

目 录

前 言

第 1 章 提高强度和刚度的结构设计	1
1.1 避免受力点与支持点距离太远	1
1.2 避免悬臂结构或减小悬臂长度	1
1.3 勿忽略工作载荷可以产生的有利作用	2
1.4 受振动载荷的零件避免用摩擦传力	2
1.5 避免机构中的不平衡力	2
1.6 避免只考虑单一的传力途径	3
1.7 不应忽略在工作时零件变形对于受力分布的影响	3
1.8 避免铸铁件受大的拉伸应力	3
1.9 避免细杆受弯曲应力	4
1.10 受冲击载荷零件避免刚度过大	4
1.11 受变应力零件避免表面过于粗糙或有划痕	4
1.12 受变应力零件表面应避免有残余拉应力	4
1.13 受变载荷零件应避免或减小应力集中	5
1.14 避免影响强度的局部结构相距太近	5
1.15 避免预变形与工作负载产生的变形方向相同	5
1.16 钢丝绳的滑轮与卷筒直径不能太小	5
1.17 避免钢丝绳弯曲次数太多, 特别注意避免反复弯曲	6
1.18 起重时钢丝绳与卷筒联接处要留有余量	6
1.19 可以不传力的中间零件应尽量避免受力	7
1.20 尽量避免安装时轴线不对中产生的附加力	7
1.21 尽量减小作用在地基上的力	7
第 2 章 提高耐磨性的结构设计	8

2.1	避免相同材料配成滑动摩擦副	8
2.2	避免白合金耐磨层厚度太大	8
2.3	避免为提高零件表面耐磨性能而提高对整个零件的要求	9
2.4	避免大零件局部磨损而导致整个零件报废	9
2.5	用白合金作轴承衬时, 应注意轴瓦材料的选择和轴瓦结构设计	9
2.6	润滑剂供应充分, 布满工作面	10
2.7	润滑油箱不能太小	10
2.8	勿使过滤器滤掉润滑剂中的添加剂	11
2.9	滑动轴承的油沟尺寸、位置、形状应合理	11
2.10	滚动轴承中加入润滑脂量不宜过多	11
2.11	对于零件的易磨损表面增加一定的磨损裕量	11
2.12	注意零件磨损后的调整	11
2.13	同一接触面上各点之间的速度、压力差应该小	12
2.14	采用防尘装置防止磨粒磨损	12
2.15	避免形成阶梯磨损	12
2.16	滑动轴承不能用接触式油封	13
2.17	对易磨损部分应予以保护	13
2.18	对易磨损件可以采用自动补偿磨损的结构	13
第 3 章	提高精度的结构设计	14
3.1	尽量不采用不符合阿贝原则的结构方案	14
3.2	避免磨损量产生误差的互相叠加	15
3.3	避免加工误差与磨损量互相叠加	15
3.4	导轨的驱动力作用点, 应作用在两导轨摩擦力的压力中心上, 使两条导轨摩擦力产生的力矩互相平衡	16
3.5	对于要求精度较高的导轨, 不宜用少量滚珠支持	16
3.6	要求运动精度的减速传动链中, 最后一级传动比应该取最大值	16

3.7	测量用螺旋的螺母扣数不宜太少	17
3.8	必须严格限制螺旋轴承的轴向窜动	17
3.9	避免轴承精度的不合理搭配	17
3.10	避免轴承径向振摆的不合理配置	17
3.11	避免紧定螺钉影响滚动导轨的精度	18
3.12	当推杆与导路之间间隙太大时,宜采用正弦机构,不宜 采用正切机构	18
3.13	正弦机构精度比正切机构高	18
第4章	考虑人机学的结构设计问题	19
4.1	合理选定操作姿势	19
4.2	设备的工作台高度与人体尺寸比例应采用合理数值	20
4.3	合理安置调整环节以加强设备的适用性	20
4.4	机械的操纵、控制与显示装置应安排在操作者面前最合理 的位置	20
4.5	显示装置采用合理的形式	20
4.6	仪表盘上的刻字应清楚易读	21
4.7	旋钮大小、形状要合理	21
4.8	按键应便于操作	22
4.9	操作手柄所需的力和手的活动范围不宜过大	22
4.10	手柄形状便于操作与发力	23
4.11	合理设计坐椅的尺寸和形状	23
4.12	合理设计坐椅的材料和弹性	23
4.13	不得在工作环境有过大的噪声	24
4.14	操作场地光照度不得太低	24
第5章	考虑发热、腐蚀、噪声等问题的结构设计	25
5.1	避免采用低效率的机械结构	25
5.2	润滑油箱尺寸应足够大	26
5.3	分流系统的返回流体要经过冷却	26
5.4	避免高压容器、管道等在烈日下曝晒	26

5.5	零件暴露在高温下的部分忌用橡胶, 聚乙烯塑料等制造	27
5.6	精密机械的箱体零件内部不宜安排油箱, 以免产生热变形	27
5.7	对较长的机械零部件, 要考虑因温度变化产生尺寸变化时, 能自由变形	27
5.8	淬硬材料工作温度不能过高	27
5.9	避免高压阀放气导致的湿气凝结	28
5.10	热膨胀大的箱体可以在中心支持	28
5.11	用螺栓联接的凸缘作为管道的联接, 当一面受日光照射时, 由于两面温度及伸长不同, 产生弯曲	28
5.12	与腐蚀性介质接触的结构应避免有狭缝	28
5.13	容器内的液体应能排除干净	29
5.14	注意避免轴与轮毂的接触面产生机械化学磨损 (微动磨损)	29
5.15	避免易腐蚀的螺钉结构	30
5.16	钢管与铜管联接时, 易产生电化学腐蚀, 可安排一段管定期更换	30
5.17	避免采用易被腐蚀的结构	30
5.18	注意避免热交换器管道的冲击微动磨损	30
5.19	减少或避免运动部件的冲击和碰撞, 以减小噪声	31
5.20	高速转子必须进行平衡	31
5.21	受冲击零件质量不应太小	31
5.22	为吸收振动, 零件应该有较强的阻尼性	31
第 6 章	铸造结构设计	32
6.1	分型面力求简单	32
6.2	铸件表面避免内凹	33
6.3	表面凸台尽量集中	33
6.4	大型铸件外表面不应有小的凸出部分	33

6.5	改进妨碍起模的结构	33
6.6	避免较大又较薄的水平面	34
6.7	避免采用产生较大内应力的形状	34
6.8	防止合型偏差对外观造成不利影响	35
6.9	采用易于脱芯的结构	35
6.10	分型面要尽量少	35
6.11	铸件壁厚力求均匀	36
6.12	用加强肋使壁厚均匀	36
6.13	考虑凝固顺序设计铸件壁厚	37
6.14	内壁厚应小于外壁厚	38
6.15	铸件壁厚应逐渐过渡	38
6.16	两壁相交时夹角不宜太小	39
6.17	铸件内腔应使造芯方便	39
6.18	不用或少用型芯撑	39
6.19	尽量不用型芯	40
6.20	铸件的孔边应有凸台	40
6.21	铸件结构应有利于清除芯砂	41
6.22	型芯设计应有助于提高铸件质量	41
6.23	铸件的孔尽可能贯通	42
6.24	合理布置加强肋	42
6.25	保证铸件自由收缩, 避免产生缺陷	42
6.26	注意肋的受力	43
6.27	肋的设置要考虑结构稳定性	43
6.28	去掉不必要的圆角	43
6.29	化大为小, 化繁为简	44
6.30	注意铸件合理传力和支持	44
第7章	锻造和冲压件结构设计	45
7.1	自由锻零件应避免锥形和楔形	45
7.2	相贯形体力求简化	46

8.3 采用套料剪裁	56
8.4 断面转折处不应布置焊缝	56
8.5 焊件不能不顾自己特点, 简单模仿铸件	57
8.6 截面形状应有利于减少变形和应力集中	57
8.7 正确选择焊缝位置	58
8.8 不要让焊接影响区相距太近	58
8.9 注意焊缝受力	59
8.10 焊缝的加强肋布置要合理	59
8.11 减小焊缝的受力	60
8.12 减小热变形	60
8.13 合理利用型材, 简化焊接工艺	60
8.14 焊缝应避开加工表面	61
8.15 考虑气体扩散	61
8.16 可以用冲压件代替加工件	61
8.17 采用板料弯曲件以减少焊缝	61
第9章 机械加工件结构设计	62
9.1 注意减小毛坯尺寸	63
9.2 加工面与不加工面不应平齐	63
9.3 减小加工面的长度	63
9.4 不同加工精度表面要分开	64
9.5 将形状复杂的零件改为组合件以便于加工	64
9.6 避免不必要的精度要求	64
9.7 刀具容易进入或退出加工面	65
9.8 避免加工封闭式空间	65
9.9 避免刀具不能接近工件	65
9.10 不能采用与刀具形状不适合的零件结构形状	66
9.11 要考虑到铸造误差的影响	66
9.12 避免多个零件组合加工	67
9.13 复杂加工表面要设计在外表面而不要设计在内	

表面上	67
9.14 避免复杂形状零件倒角	67
9.15 必须避免非圆形零件的止口配合	68
9.16 避免不必要的补充加工	68
9.17 避免无法夹持的零件结构	68
9.18 避免无测量基面的零件结构	69
9.19 避免加工中的冲击和振动	69
9.20 避免在斜面上钻孔	69
9.21 通孔的底部不要产生局部未钻通	70
9.22 减少加工同一零件所用刀具数	70
9.23 避免加工中的多次固定	71
9.24 注意使零件有一次加工多个零件的可能性	71
第10章 热处理和表面处理件结构设计	72
10.1 避免零件各部分壁厚悬殊	73
10.2 要求高硬度的零件(整体淬火处理)尺寸不能 太大	73
10.3 应避免尖角和突然的尺寸改变	73
10.4 避免采用不对称的结构	73
10.5 避免开口形零件淬火	74
10.6 避免淬火零件结构太复杂	74
10.7 避免零件刚度过低,产生淬火变形	74
10.8 采用局部淬火以减少变形	75
10.9 避免孔距零件边缘太近	75
10.10 高频淬火齿轮块两齿轮间应有一定距离	76
10.11 电镀钢零件表面不可太粗糙	76
10.12 电镀的相互配合零件在机械加工时应考虑镀层 厚度	76
10.13 注意电镀零件反光不适于某些工作条件	76
第11章 考虑装配和维修的机械结构设计	77

11.1	拆卸一个零件时避免必须拆下其他零件	77
11.2	避免同时装入两个配合面	78
11.3	要为拆装零件留有必要的操作空间	79
11.4	避免因错误安装而不能正常工作	79
11.5	采用特殊结构避免错误安装	80
11.6	采用对称结构简化装配工艺	80
11.7	柔性套安装时要有引导部分	80
11.8	难以看到的相配零件, 要有引导部分	81
11.9	为了便于用机械手安装, 采用卡扣或内部锁定 结构	81
11.10	紧固件头部应具有平滑直边, 以便拾取	81
11.11	零件安装部位应该有必要的倒角	82
11.12	自动上料机构供料的零件, 应避免缠绕搭接	82
11.13	简化装配运动方式	83
11.14	对一个机械应合理划分部件	83
11.15	尽量减少现场装配工作量	83
11.16	尽量采用标准件	83
11.17	零件在损坏后应易于拆下, 回收材料	83
第 12 章	螺纹联接结构设计	84
12.1	对顶螺母高度不同时, 不要装反	85
12.2	防松的方法要确实可靠	85
12.3	受弯矩的螺杆结构, 应尽量减少螺纹受力	86
12.4	避免螺杆受弯曲应力	87
12.5	避免用螺纹件定位	87
12.6	螺钉应布置在被联接件刚度最大的部位	87
12.7	避免在拧紧螺母 (或螺钉) 时, 被联接件产生过大的 变形	88
12.8	法兰螺栓不要布置在正下面	88
12.9	侧盖的螺栓间距, 应考虑密封性能	88

12.10	不要使螺孔穿通, 以防止泄漏	89
12.11	螺纹孔不应穿通两个焊接件	89
12.12	对深的螺孔, 应在零件上设计相应的凸台	89
12.13	高速旋转体的紧固螺栓的头部不要伸出	90
12.14	螺孔要避免相交	90
12.15	避免螺栓穿过有温差变化的腔室	90
12.16	靠近基础混凝土端部不宜布置地脚螺栓	91
12.17	受剪螺栓钉杆应有较大的接触长度	91
12.18	考虑螺母拧紧时有足够的扳手空间	91
12.19	法兰结构的螺栓直径、间距及联接处厚度要选择适当	92
12.20	要保证螺栓的安装与拆卸的空间	92
12.21	紧定螺钉只能加在不承受载荷的方向上	93
12.22	铝制垫片不宜在电器设备中使用	93
12.23	表面有镀层的螺钉, 镀前加工尺寸应留镀层裕量	93
12.24	螺孔的孔边要倒角	93
12.25	螺杆顶端螺纹有碰伤的危险时, 应有圆柱端以保护螺纹	94
12.26	用多个沉头螺钉固定时, 各埋头不可能都贴紧	94
第13章 定位销、联接销结构设计		95
13.1	两定位销之间距离应尽可能远	95
13.2	对称结构的零件, 定位销不宜布置在对称的位置	96
13.3	两个定位销不宜布置在两个零件上	96
13.4	相配零件的销钉孔要同时加工	96
13.5	淬火零件的销钉孔也应配作	97
13.6	定位销要垂直于接合面	97
13.7	必须保证销钉容易拔出	97
13.8	在过盈配合面上不宜装定位销	98
13.9	对不易观察的销钉装配要采用适当措施	98

13.10	安装定位销不应使零件拆卸困难	98
13.11	用销钉传力时要避免产生不平衡力	99
第 14 章 粘接件结构设计		100
14.1	两圆柱对接时应加套管或内部加附加连接柱	100
14.2	改进粘接接头结构, 减少粘接面受力	101
14.3	对剥离力较大部分采用增强措施	101
14.4	粘接结构与铸、焊件有不同特点	101
14.5	粘接用于修复时不能简单地粘合, 要加大粘接面积	102
14.6	修复重型零件除粘接外, 应加波形键	102
14.7	修复产生裂纹的零件除胶粘外, 还应采取其他 措施	103
第 15 章 键与花键结构设计		104
15.1	键槽底部圆角半径应该够大	104
15.2	平键两侧应该有较紧密的配合	104
15.3	当一个轴上零件用两个平键时, 要求较高的加工 精度	105
15.4	采用两个斜键时要相距 $90^{\circ} \sim 120^{\circ}$	105
15.5	用两个半圆键时, 应在轴向同一母线上	105
15.6	轴上用平键分别固定两个零件时, 键槽应在同一母 线上	106
15.7	键槽不要开在零件的薄弱部位	106
15.8	键槽长度不宜开到轴的阶梯部位	107
15.9	钩头斜键不宜用于高速	107
15.10	一面开键槽的长轴容易弯曲	107
15.11	平键加紧定螺钉引起轴上零件偏心	107
15.12	锥形轴用平键尽可能平行于轴线	108
15.13	有几个零件串在轴上时, 不宜分别用键联接	108
15.14	花键轴端部强度应予以特别注意	108
15.15	注意轮毂的刚度分布, 不要使扭矩只由部分花键	

传递	108
第 16 章 过盈配合结构设计	109
16.1 相配零件必须容易装入	109
16.2 过盈配合件应该有明确的定位结构	110
16.3 避免同时压入两个配合面	110
16.4 对过盈配合件应考虑拆卸方便	110
16.5 避免同一配合尺寸装入多个过盈配合件	111
16.6 注意工作温度对过盈配合的影响	111
16.7 注意离心力对过盈配合的影响	111
16.8 要考虑两零件用过盈配合装配后, 其他尺寸的变化	111
16.9 锥面配合不能用轴肩定位	111
16.10 锥面配合的锥度不宜过小	112
16.11 在铸铁件中嵌装的小轴容易松动	112
16.12 不锈钢套因温度影响会使过盈配合松脱	113
16.13 过盈配合的轴与轮毂, 配合面要有一定长度	113
16.14 过盈配合与键综合运用时, 应先装键入槽	113
16.15 不要令二个同一直径的孔作过盈配合	114
16.16 避免过盈配合的套上有不对称的切口	114
第 17 章 挠性传动结构设计	115
17.1 带传动应注意加大小轮包角	116
17.2 两轴处于上下位置的带轮应使带的垂度利于加大 包角	117
17.3 小带轮直径不宜过小	117
17.4 带传动速度不宜太低或太高	118
17.5 带轮中心距不能太小	118
17.6 带传动中心距要可以调整	119
17.7 带要容易更换	119
17.8 带过宽时带轮不宜悬臂安装	120
17.9 靠自重张紧的带传动, 当自重不够时要加辅助装置	120

17.10	注意两轴平行度和带轮中心位置	120
17.11	平带传动小带轮应作成微凸	121
17.12	带轮工作表面应光洁	121
17.13	半交叉平带传动不能反转	121
17.14	高速带轮表面应开槽	121
17.15	同步带传动的安装要求比普通平带高	122
17.16	同步带轮应该考虑安装挡圈	122
17.17	增大带齿顶部和轮齿顶部的圆角半径	122
17.18	同步带外径宜采用正偏差	122
17.19	链传动应紧边在上	123
17.20	两链轮上下布置时,小链轮应在上面	123
17.21	不能用一个链条带动一条水平线上多个链轮	123
17.22	注意挠性传动拉力变动对轴承负荷的影响	124
17.23	链条用少量的油润滑为好	124
17.24	链传动的中心距应该能调整	124
17.25	链条卡簧的方向要与链条运行方向适应	124
17.26	带与链传动应加罩	125
17.27	绳轮直径不得任意减小	125
17.28	应避免钢绳反复弯曲	125
17.29	设计者必须严格规定钢绳的报废标准	125
17.30	钢绳必须定期润滑	125
17.31	卷筒表面应该有绳槽	125

第 18 章 齿轮传动结构设计 126

18.1	齿轮布置应考虑有利于轴和轴承受力	127
18.2	人字齿轮的两方向齿结合点 (A) 应先进入啮合	127
18.3	齿轮直径较小时应作成齿轮轴	128
18.4	齿轮根圆直径可以小于轴直径	128
18.5	小齿轮宽度要大于大齿轮宽度	128
18.6	齿轮块要考虑加工齿轮时刀具切出的距离	129

18.7	齿轮与轴的联接要减少装配时的加工	129
18.8	注意保证沿齿宽齿轮刚度一致	129
18.9	利用齿轮的不均匀变形补偿轴的变形	130
18.10	剖分式大齿轮应在无轮辐处分开	130
18.11	轮齿表面硬化层不应间断	130
18.12	锥齿轮轴必须双向固定	131
18.13	大小锥齿轮轴都应能作轴向调整	131
18.14	组合锥齿轮结构中螺栓要不受拉力	132
第 19 章	蜗杆传动结构设计	133
19.1	蜗杆自锁不可靠	134
19.2	冷却用风扇宜装在蜗杆上	134
19.3	蜗杆减速器外面散热片的方向与冷却方法有关	134
19.4	蜗杆受发热影响比蜗轮严重	135
19.5	蜗杆位置与转速有关	135
19.6	蜗杆刚度不仅决定于工作时受力	135
19.7	蜗杆传动受力复杂影响精密机械精度	136
19.8	蜗杆传动的作用力影响转动灵活性	136
第 20 章	减速器和变速器结构设计	138
20.1	传动装置应力求组成一个组件	139
20.2	一级传动的传动比不可太大或太小	140
20.3	传递大功率宜采用分流传动	140
20.4	尽量避免采用立式减速器	140
20.5	注意减速箱内外压力平衡	141
20.6	分箱面不宜用垫片	141
20.7	立式箱体应防止剖分面漏油	141
20.8	减速箱中应有足够的油并及时更换	141
20.9	行星齿轮减速箱应有均载装置	142
20.10	变速箱移动齿轮要有空档位置	142
20.11	变速箱齿轮要圆齿	143

20.12	摩擦轮和摩擦无级变速器应避免几何滑动	143
20.13	主动摩擦轮用软材料	144
20.14	圆锥摩擦轮传动, 压紧弹簧应装在小圆锥摩擦 轮上	144
20.15	设计应设法增加传力途径, 并把压紧力化作内力	145
20.16	无级变速器的机械特性应与工作机和原动机相 匹配	146
20.17	V 带无级变速器的带轮工作锥面的母线不是直线	146
第 21 章	传动系统结构设计	147
21.1	避免铰链四杆机构的运动不确定现象	147
21.2	注意机构的死点	148
21.3	避免导轨受侧推力	148
21.4	限位开关应设置在连杆机构中行程较大的构件上	149
21.5	注意传动角不得过小	149
21.6	摆动从动件圆柱凸轮的摆杆不宜太短	150
21.7	正确安排偏置从动件盘形凸轮移动从动件的导轨 位置	150
21.8	平面连杆机构的平衡	151
21.9	设计间歇运动机构应考虑运动系数	151
21.10	利用瞬停节分析锁紧装置的可靠性	152
21.11	选择齿轮传动类型, 首先考虑用圆柱齿轮	152
21.12	机械要求反转时, 一般可考虑电动机反转	153
21.13	必须考虑原动机的起动性能	153
21.14	起重机的起重机构中不得采用摩擦传动	153
21.15	对于要求慢速移动的机构, 螺旋优于齿条	153
21.16	采用大传动比的标准减速箱代替散装的传动装置	154
21.17	用减速电动机代替原动机和传动装置	155
21.18	采用轴装式减速器	155
第 22 章	联轴器、离合器结构设计	156

22.1	合理选择联轴器类型	156
22.2	联轴器的平衡	157
22.3	有滑动摩擦的联轴器要注意保持良好的润滑条件	157
22.4	高速旋转的联轴器不能有突出在外的突起物	158
22.5	使用有凸肩和凹槽对中的联轴器, 要考虑轴的拆装	158
22.6	轴的两端传动件要求同步转动时, 不宜使用有弹性 元件的挠性联轴器	158
22.7	中间轴无轴承支承时, 两端不要采用十字滑块 联轴器	159
22.8	单万向联轴器不能实现两轴间的同步转动	159
22.9	不要利用齿轮联轴器的外套做制动轮	160
22.10	注意齿轮联轴器的润滑	160
22.11	关于尼龙绳联轴器的注意事项	161
22.12	关于剪切销式安全离合器的注意事项	161
22.13	要求分离迅速的场所不要采用油润滑的摩擦盘式 离合器	162
22.14	在高温工作的情况下不宜采用多盘式摩擦离合器	163
22.15	离合器操纵环应安装在与从动轴相联的半离合 器上	163
第 23 章	轴结构设计	164
23.1	尽量减小轴的截面突变处的应力集中	164
23.2	要减小轴在过盈配合处的应力集中	165
23.3	要注意轴上键槽引起的应力集中的影响	165
23.4	要减小过盈配合零件装拆的困难	166
23.5	装配起点不要成尖角, 两配合表面起点不要同时 装配	167
23.6	轴上零件的定位要采用轴肩或轴环	167
23.7	盲孔中装入过盈配合轴应考虑排出空气	168
23.8	合理布置轴上零件和改进结构以减小轴的受力	168

23.9	采用载荷分流以提高轴的强度和刚度	169
23.10	采用中央等距离驱动防止两端扭转变形差	169
23.11	改善轴的表面品质, 提高轴的疲劳强度	170
23.12	轴上多键槽位置的设置要合理	170
23.13	空心轴的键槽下部壁厚不要太薄	171
23.14	轴上键槽要加工方便	171
23.15	在轴上钻细长孔很困难	171
23.16	在旋转轴上切制螺纹要有利于紧固螺母的防松	172
23.17	确保止动垫圈在轴上的正确安装	172
23.18	保证轴与安装零件的压紧或预留间隙的尺寸差	173
23.19	要避免弹性卡圈承受轴向力	173
23.20	空心轴节省材料	174
23.21	不要使轴的工作频率与其固有频率相一致或接近	174
23.22	高速轴的挠性联轴器要尽量靠近轴承	175
23.23	避免轴的支承反力为零	175
23.24	不宜在大轴的轴端直接联接小轴	176
23.25	轴颈表面要求有足够硬度	176
第 24 章 滑动轴承结构设计		177
24.1	要使润滑油能顺利地进入摩擦表面	178
24.2	润滑油应从非承载区引入轴承	178
24.3	不要使全环油槽开在轴承中部	179
24.4	剖分轴瓦的接缝处宜开油沟	180
24.5	要使油环给油充分可靠	180
24.6	加油孔不要被堵塞	181
24.7	不要形成润滑油的不流动区	181
24.8	防止出现切断油膜的锐边或棱角	182
24.9	防止发生阶梯磨损	183
24.10	不要使轴瓦的止推端面为线接触	184
24.11	止推轴承与轴颈不宜全部接触	184

24.12	重载大型机械的高速旋转轴的起动需要高压顶轴系统的轴承	184
24.13	承受重载荷或温升较高的轴承不要把轴承座和轴瓦接触表面中间挖空	185
24.14	不要发生轴瓦或衬套等不能装拆的情况	185
24.15	要减少中间轮和悬臂轴的支承轴承产生的边缘压力	185
24.16	在轴承座孔不同心或在受载后轴线发生挠曲变形条件下要选择自动调心滑动轴承	186
24.17	轴瓦和轴承座不允许有相对移动	187
24.18	要使双金属轴承中两种金属贴附牢靠	187
24.19	确保合理的运转间隙	188
24.20	保证轴工作时热膨胀所需要的间隙	188
24.21	考虑磨损后的间隙调整	189
24.22	在高速轻载条件下使用的圆柱形轴瓦要防止失稳	189
24.23	高速轻载条件下的轴承要选用抗振性好的轴承	190
24.24	含油轴承不宜用于高速或连续旋转的用途	190
24.25	滑动轴承不宜和密封圈组合	191
24.26	在轴承盖或上半箱体提升过程中不要使轴瓦脱落	191
第 25 章	滚动轴承轴系结构设计	192
25.1	考虑轴承拆卸的设计	192
25.2	轴承内圈圆角半径和轴肩圆角半径	193
25.3	一对角接触轴承的组合	193
25.4	角接触轴承同向串联组合	194
25.5	角接触轴承不应与非调整间隙轴承成对组合	194
25.6	轴承组合要有利于载荷均匀分担	195
25.7	保证由于温度变化时轴的膨胀或收缩的需要	196

25.8	考虑内外圈的温度变化和热膨胀时圆锥滚子轴承的组合	196
25.9	要求轴向定位精度高的轴宜使用可调轴向间隙的轴承	197
25.10	游轮、中间轮不宜用一个滚动轴承支承	198
25.11	在两机座孔不同心或在受载后轴线发生挠曲变形条件下使用的轴上要选择具有调心性能的轴承	198
25.12	设计等径轴的多支点轴承时要考虑中间轴承安装的困难	199
25.13	不适用于高速旋转的滚动轴承	199
25.14	要求支承刚性高的轴宜使用刚性高的轴承	200
25.15	滚动轴承不宜和滑动轴承联合使用	201
25.16	用脂润滑的滚子轴承和防尘、密封轴承容易发热	201
25.17	避免填入过量的润滑脂, 不要形成润滑脂流动尽头	202
25.18	用脂润滑的角接触轴承安装在立轴上时, 要防止发生脂从下部脱离轴承	202
25.19	用脂润滑时要避免油、脂混合	203
25.20	油润滑时应注意的问题	203
25.21	轴承箱体形状和刚性的影响	205
25.22	轴承座受力方向宜指向支承底面	206
25.23	机座上安装轴承的各孔应力求简化镗孔	206
25.24	对于内外圈不可分离的轴承在机座孔中的装拆应方便	207
25.25	不宜采用轴向紧固的方法来防止轴承配合表面的蠕动	207

第 26 章 密封装置结构设计

26.1	静密封垫片之间不能装导线	208
26.2	静联接表面应该有一定的粗糙度	209
26.3	高压容器密封的接触面宽度应该小	209

26.4	用刃口密封时应加垫片	209
26.5	O 形密封圈用于高压密封时, 要有保护圈	210
26.6	避免 O 形密封圈边缘凸出被剪断	210
26.7	当与密封接触的轴中心位置经常变化时, 不宜采用接触式密封	210
26.8	正确使用皮圈密封	211
26.9	不宜靠螺纹旋转压盖来压紧密封的填料	211
26.10	填料较多时, 填料孔深处压紧不够	212
26.11	要防止填料发	212
26.12	密封件的不同部位应分别供油	212
26.13	用油润滑密封装置时, 要保持油面有一定高度	213
26.14	当密封圈有缺口时, 多层密封圈的缺口应错开	213
第 27 章	油压系统和管道结构设计	214
27.1	管道排列要便于拆装和检查	214
27.2	大直径管的 Y 形接头强度很差	215
27.3	要避免油压管道中混入空气	215
27.4	管道低处应注意排水	216
27.5	排出管道应避免因合流而互相干扰	216
27.6	管道要通畅, 合流时要避免扰动	217
27.7	避免因管道伸缩引起的应力	217
27.8	管道系统中要求经常操作、观察的部位, 应容易操作	217
27.9	管道的接头不宜用左右螺纹	218
27.10	注意管道支承设计	218
27.11	拆装管道时不宜移动设备	218
27.12	注意油压、气动设备的滞后现象	219
27.13	避免软管受附加应力	219
27.14	软管内介质压力为脉冲变化时, 软管应固定	220
27.15	要考虑起动和停车时的供油	220

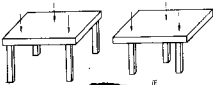

27.16	油泵的内装溢流阀不应常用	220
27.17	冷却水污染会使冷却能力降低	221
27.18	防止冷却水管表面结露	221
27.19	防止在振动时阀的手轮转动	221
27.20	大口径截止阀开启困难	221
27.21	防止安全阀开启时喷出的介质伤人	221
第 28 章 机架结构设计		222
28.1	减少型芯数目	222
28.2	避免用型芯撑以防渗漏	223
28.3	改变内腔结构保证芯铁强度和便于清砂	223
28.4	注意小尺寸的部位	223
28.5	改善铸件冷却状况	224
28.6	简化铸件造型	224
28.7	改进结构, 省去型芯	224
28.8	防止铸造机架变形	225
28.9	喉口处结构应加固	225
28.10	注意加强底座的抗扭转刚度	225
28.11	改铸件为冲焊结构	226
28.12	将锻件改为铸锻焊结构	226
28.13	减小壁厚, 节约金属	227
第 29 章 导轨的结构设计		228
29.1	一般情况下不宜采用双 V 导轨	229
29.2	导轨支持的工作台, 驱动力作用点应使两导轨的阻力矩 平衡	229
29.3	工作台与导轨应“短的在上”	229
29.4	双矩形导轨要考虑调整间隙	230
29.5	导轨的温度变化较大时, 导向面之间的距离不应 太大	230
29.6	导轨的压板固定要求接触良好, 稳定可靠	230

29.7	压板要有尺寸分界	230
29.8	镶钢导轨不宜用开槽沉头螺钉固定	231
29.9	镶条调整应无间隙	231
29.10	导向面应不变	231
29.11	镶条应装在不受力面上	232
29.12	避免导轨铸造缺陷	232
29.13	导轨支承部分应该有较高的刚度	232
29.14	固定导轨的螺钉不应斜置	233
29.15	避免拧紧紧定螺钉时引起导轨变形影响精度	233
29.16	滚珠导轨应有足够的硬度	233
29.17	滚柱导轨的滚柱不宜过长	233
29.18	尽量避免采用刮研导轨	233
29.19	要防止滚动件脱出导轨, 安装限位装置	234
29.20	减少导轨安装的调整工作	234
29.21	注意相配合的导轨面能互研	234
第 30 章	弹簧结构设计	235
30.1	弹簧应有必要的调整装置	235
30.2	螺旋压缩弹簧受最大工作载荷时应有一定余量	235
30.3	拉簧应有安全装置	236
30.4	组合螺旋弹簧旋向应相反	236
30.5	注意螺旋扭转弹簧的加力方向	236
30.6	应注意板弹簧销的磨损和润滑	237
30.7	环形弹簧应考虑其复位问题	237
30.8	弹簧应避免应力集中	237
30.9	自动上料的弹簧要避免互相缠绕	238
参考文献	238

第1章 提高强度和刚度的结构设计

为了使机械零件能正常工作，在设计的过程中都应保证零件的强度和刚度能满足要求，如合理选择机械的总体方案使零件的受力合理，正确设计各零件的结构和形状使它所受的应力和产生的变形较小。并且必须考虑零件在加工、装拆、使用中有足够的强度和刚度。

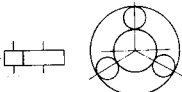
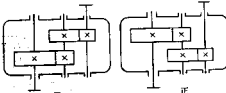
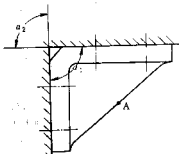
对于重要的零件要进行强度和刚度计算。要求正确地确定载荷和控制材料质量，恰当地选择安全系数和规定变形要求。通过计算还可以帮助决定最佳方案的选择。

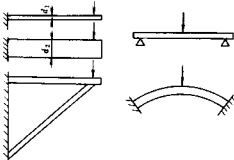
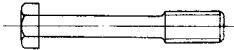
设计应注意的问题	说明
<p>1.1 避免受力点与支持点距离太远</p> 	<p>尽量设计成支持点与受力点一致。如图，某设备由3足支撑，采用4腿工作台时，台面虽厚，仍变形很大。用3腿工作台，每个腿正对设备的足（图中用力表示设备足位置），台面虽薄，却无变形。</p>
<p>1.2 避免悬臂结构或减小悬臂长度</p> 	<p>悬臂安装传动件的轴弯曲变形较大，前轴承受力也大，应尽量避免或减小悬臂伸出的长度。</p>

(续)


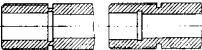
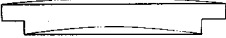

设计应注意的问题	说明
<p>1.3 勿忽略工作载荷可以产生的有利作用</p> <div data-bbox="200 240 632 576"> <p>改进前 改进后</p> </div>	<p>有些压力容器的盖,可以利用容器中介质的压力帮助压紧,以减小联接件的受力</p>
<p>1.4 受振动载荷的零件避免用摩擦传力</p> <div data-bbox="94 683 702 874"> <p>较差 较好</p> </div>	<p>摩擦传力的结构在振动载荷下容易松脱,宜采用靠零件形状传力的结构。如把联接两板的螺栓由普通螺栓改为铰制孔螺栓(两板受拉力)</p>
<p>1.5 避免机构中的不平衡力</p> <div data-bbox="70 951 705 1485"> <p>a) b) c)</p> </div>	<p>在设计机构方案时,应考虑各有关零件受力相互平衡,如图中圆锥离合器:a)不能平衡轴向推力。b)轴向推力化为离合器内力,轴不受推力。c)轴向压力互相平衡。改进方案受力合理,但结构复杂,适用于受力较大的离合器。</p>

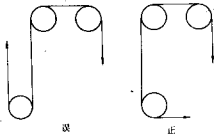
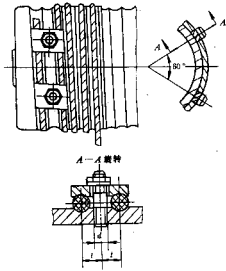
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>1.6 避免只考虑单一的传力途径</p> 	<p>对大功率传动,利用分流可以减小体积,如普通轮系改为行星轮系,靠多个行星轮传动,可以减小体积</p>
<p>1.7 不应忽略在工作时零件变形对于受力分布的影响</p> 	<p>有些零件空载时的接触情况与负载后的接触情况不同。如图示齿轮减速箱,负载运转时,由于轴弯曲变形齿轮接触不良发生偏载,但正图中高速级齿轮轴的扭转变形可以补偿弯曲产生的偏载,而误图则不能</p>
<p>1.8 避免铸铁件受大的拉伸应力</p>  <p>$\alpha_1 < \alpha_2$ $\alpha_1 \geq \alpha_2$</p> <p>不合理 合理</p> <p>(α_1、α_2 之公差要求)</p>	<p>灰口铸铁的抗压强度明显高于抗拉强度,因此应尽量避免受拉。如图中角形支座固定在互相垂直的壁上,支座夹角 α_1, 与两壁夹角 α_2, 名义值都是 90°, 但考虑制造公差时应使 $\alpha_1 \geq \alpha_2$, 以免在拧紧螺栓后在 A 处产生拉应力</p>

设计应注意的问题	说 明
<p>1.9 避免细杆受弯曲应力</p> 	<p>细杆受弯曲应力时, 承载能力很小, 变形很大。可以改变杆的截面尺寸和形状以提高其抗弯能力, 更有效的是采用桁架式支架, 把悬臂安装改为简支并采用拱形支架</p>
<p>1.10 受冲击载荷零件避免刚度过大</p> 	<p>受冲击载荷零件刚度太大时吸收冲击能的能力较低, 因此应适应降低其刚度, 尺寸应经过仔细的动强度计算</p>
<p>1.11 受变应力零件避免表面过于粗糙或有划痕</p>	<p>受变应力零件一般容易由表面开始产生裂纹, 逐渐扩展, 表面粗糙或划痕可以导致裂纹的产生和扩展, 因此必须使受变应力零件的表面光滑</p>
<p>1.12 受变应力零件表面应避免有残余拉应力</p>	<p>表面的残余拉应力使零件的疲劳强度降低。宜采用表面淬火、喷丸等强化方法使零件表面产生残余压应力, 以提高其疲劳强度</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>1.13 受变载荷零件应避免或减小应力集中</p> 	<p>尖锐缺口、尺寸突变、凹槽、螺纹等结构因素,对变应力条件下工作的零件强度有很大影响,应尽量避免,或改善其形状以减小应力集中。最近已开始将有限元、优化、CAD等技术结合,研究形状优化设计方法,设计出最优的零件几何形状,以减小应力集中</p>
<p>1.14 避免影响强度的局部结构相距太近</p> 	<p>图示圆管外壁上有螺纹退刀槽,内壁有键孔退刀槽,如二者距离太近,对管道强度影响较大,宜分散安排</p>
<p>1.15 避免预变形与工作负载产生的变形方向相同</p> 	<p>采用与工作负载产生变形方向相反的预变形,可以提高机械零件的承载能力。如桥式起重机的横梁,由于工作负载使横梁下凹,设计时使横梁加工时预先有一定的上凸变形,可以减小工作时横梁的下凹量</p>
<p>1.16 钢丝绳的滑轮与卷筒直径不能太小</p> 	<p>钢丝绳绕过滑轮或卷筒时,由于钢绳弯曲产生较大的弯曲应力,设计中要保保持滑轮或卷筒直径 D 与钢丝绳直径 d 的比值 D/d 不得小于设计规范的规定的值,否则将显著降低钢丝绳寿命</p>

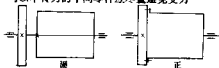
设计应注意的问题	说 明
<p>1.17 避免钢丝绳弯曲次数太多, 特别注意避免反复弯曲</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>钢丝绳经过滑轮数愈多, 则其弯曲次数愈多, 寿命愈低。尤其是向不同方向的弯曲, 更使其寿命显著降低</p>
<p>1.18 起重时钢丝绳与卷筒联接处要留有余量</p>  <p style="text-align: center;">A—A 旋转</p>	<p>起重钢丝绳的端部一般用螺栓固定在卷筒上。当起重吊钩下降至最低点时, 钢丝绳在卷筒上应至少保留两圈, 以减小螺栓受力而保证安全。钢丝绳拉力 F_1, 螺栓受力 F_2, 摩擦系数为 μ, 钢丝绳在卷筒上缠绕包角为 α 时, 有:</p> $F_1 = F_2 e^{\mu \alpha}$

(续)

设计应注意的问题

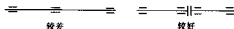
说 明

1.19 可以不传力的中间零件应尽量避免受力



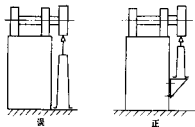
如齿轮经过轴将转矩传给卷筒,则轴受力较大。改用螺栓直接联接,轴不受转矩,则结构较合理

1.20 尽量避免安装时轴线不对中产生的附加力



如尽量避免采用对中要求高的三点轴结构。两个部件用联轴器联接时,应考虑用挠性(可移式)联轴器。轴装式减速器安装时对中要求低,不产生由于不对中产生的附加力,是一种较好的结构

1.21 尽量减小作用在地基上的力

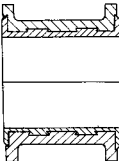


地基一般由混凝土制成,承载能力较低,尽可能不要把加力机构的力作用在地基上。如图为一轴承实验台,用油压千斤顶加载,如把千斤顶放在地面上,则地基受力很大。如果把油压千斤顶放在一个用螺栓直接固定在实验台底座上的角形支架上面,则地基不承受油压千斤顶的推力

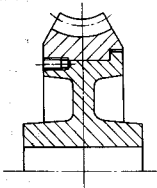
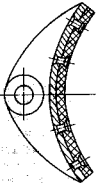
第2章 提高耐磨性的结构设计

磨损是常见的机械零件报废原因。由于耐磨性设计不合理而导致零件甚至整个机械不能正常工作，或达不到应有的使用寿命，是设计者必须注意避免的。

避免机械零件发生严重磨损的措施主要有：合理设计机械零件的结构形状和尺寸，以减小相对运动表面之间的压力和相对运动速度；选择适当的材料和热处理；采用合适的润滑剂、添加剂及其供给方法；在污染、多尘的条件下工作时，加必要的密封或防护装置；提高加工及装配精度避免局部磨损等。必要时采用流体动压润滑、流体静压润滑或利用磁浮支撑，可以满足摩擦、磨损极小而寿命很长的要求。

设计应注意的问题	说 明
2.1 避免相同材料配成滑动摩擦副	当相互摩擦表面由同一材料制成时，其抗磨性很差，容易磨损。常采用的配对材料如铜—青铜，钢—白合金等
2.2 避免白合金耐磨层厚度太大	 <p>当轴瓦表面贴附的一层白合金厚度太大时，由于白合金强度差，易产生疲劳裂纹，使轴瓦失效</p>

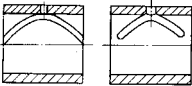


(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>2.3 避免为提高零件表面耐磨性能而提高对整个零件的要求</p> 	<p>为提高零件的耐磨性,常采用铜合金、白合金等耐磨性好的材料,但它们都属于有色金属,价格昂贵。因此对较大的零件,采用只有接近工作面的部分局部采用有色金属,如铜轮轮缘用铜合金,轮芯用铸铁或钢,滑动轴承座用铸铁或钢制造,用铜合金作轴瓦等</p>
<p>2.4 避免大零件局部磨损而导致整个零件报废</p> 	<p>相互摩擦的两个零件,往往一个较大、较贵,另一个较小,成本较低,如主轴或曲轴与轴瓦。设计中,应使大而复杂的零件工作表面有较高的耐磨性,而较小的零件磨损后更换。如主轴轴颈用淬火钢,轴瓦用铜合金。对于易磨损件,如轴瓦、制动瓦块(或瓦块表面的耐磨材料)、摩擦片等,应考虑更换容易、价格较低,性能可靠</p>
<p>2.5 用白合金作轴承衬时,应注意轴瓦材料的选择和轴瓦结构设计</p>	<p>白合金轴承衬与轴颈直接接触,轴瓦的材料应与轴承衬牢固结合,铸铁中含大量石墨,白合金与铸铁粘合不牢固,轴瓦表面应作出凹槽等以增加结合牢固性</p>

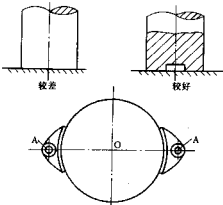
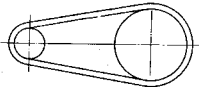
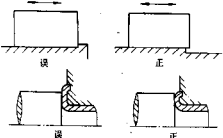
(续)

设计应注意的问题	说 明
	<p>铜含碳量比铸铁低,与白合金结合力较强。青铜轴瓦与白合金结合力最强,而且在白合金被磨光后,由于青铜的抗磨、减摩性都很好,仍有较高的承载能力,因而青铜轴承有较高的安全性。但成本较高</p>
<p>2.6 润滑剂供应充分,布满工作面</p> <div data-bbox="222 518 471 1029"> </div>	<p>应选择适用的润滑剂和供应方式。设计油沟、油室等使润滑剂能散布到整个工作表面。特别应注意立式轴承和导轨的润滑设计,因为在这种情况下,润滑剂容易流失。图中所示的导轨油槽直通式只用于水平导轨,曲折的油沟才适用于垂直导轨,润滑油可以较好的散布在工作面上</p>
<p>2.7 润滑油箱不能太小</p> <div data-bbox="165 1133 554 1540"> </div>	<p>采用循环润滑的设备,都有一个贮油箱,此箱应足够大以保证润滑油有足够的冷却时间和沉淀混入油内的杂质,否则润滑油的工作温度将显著升高,此外还应注意油箱的通风和散热。对精度要求高的设备,油箱不宜装在机架内,以免机架受热不均匀产生扭曲变形,使机器精度降低</p>


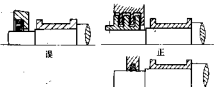
(续)

设计应注意的问题	说 明
2.8 勿使过滤器滤掉润滑剂中的添加剂	<p>为改善润滑剂的性能,在其中加入添加剂,但循环供油系统中的过滤网孔如果太小,则可能将添加剂滤掉(如 MoS_2 的颗粒可达几个 μm),因而使润滑剂达不到设计者预期的效果</p>
2.9 滑动轴承的油沟尺寸、位置、形状应合理  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 误 正 </div>	<p>向心滑动轴承的油沟应开在非承载区,两端不应开通以免润滑油泄漏而导致油膜压力降低。油沟边缘应有足够大的圆角,以利于油的流动</p>
2.10 滚动轴承中加入润滑脂量不宜过多	<p>滚动轴承中润滑脂量过多,导致发热过多,因此加脂量不应超过轴承空间的 $1/3 \sim 1/2$</p>
2.11 对于零件的易磨损表面增加一定的磨损裕量  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 较差 较好 </div>	<p>开式齿轮的齿面磨损后,轮齿变薄,齿根弯曲强度降低,不能满足强度要求,因而适当加大齿轮模数(加大 $10\% \sim 15\%$),以保证齿轮有一定寿命。机床导轨,未使用时如正好平直,使用时则由于磨损,精度不断降低,如作成一定的上凸则可在较长时间内保持精度</p>
2.12 注意零件磨损后的调整  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 较差 较好 </div>	<p>有些零件在磨损后丧失原有的功能,采用适当的调整方法,可部分或全部恢复原有的功能,如图中整体式圆柱轴承磨损后调整困难,图中的剖分式轴承可以在上盖和轴承座之间预加垫片,磨损后间隙变大,减少垫片厚度可调整间隙,使之减小到适当的大小</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>2.13 同一接触面上各点之间的速度、压力差应该小</p> 	<p>图示的推力轴承中心与边缘处滑动速度差很大,边缘磨损比中严重得多,因而中心处压强增大。所以一般端面摩擦面多作成环形,把中间部分去掉,内外径的差别不宜太大以保证磨损较均匀。此外,应使摩擦表面各处接触压强相等,以免产生不均匀的磨损,这就要求零件有足够的刚度和精度,以保证均匀地接触。如图中的制动瓦块,应有足够的厚度,并保证安装瓦块的轴 A,与制动轮轴 O 平行等,使瓦块和制动轮均匀地接触。</p>
<p>2.14 采用防尘装置防止磨粒磨损</p> 	<p>对于在多尘条件下工作的机械应注意防尘和密封,以免异物进入摩擦面,产生磨粒磨损。如链条加防尘罩,导轨为防止切屑进入摩擦面产生严重磨损,也应加防护罩。</p>
<p>2.15 避免形成阶梯磨损</p> 	<p>当一对相互接触的滑动表面尺寸不同,因而有一部分表面不接触时,则可能由于有的部分不磨损而与有磨损的部分之间形成台阶,称为阶梯磨损。</p> <p>如图中如果移动件的行程比支承件短,则有一部分支承件无磨损而发生阶梯磨损,因而要合理设计行程终端的位置。</p>

(续)


设计应注意的问题	说 明
 <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>轴肩与推力滑动轴承的止推端面尺寸很难达到完全一致,一般应采用磨损量较大的一侧全面磨损(如铜轴瓦),另一侧为钢轴肩磨损量很小,阶梯磨损效果不显著。如果两侧摩擦面都有明显的磨损,则令较易修复的一面出现阶梯磨损较合理(轴肩比轴瓦端面难修)</p>
<p>2.16 滑动轴承不能用接触式油封</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>毡圈密封、皮圈密封等接触式密封适用于滚动轴承但不适用于滑动轴承。当轴承间隙和磨损量较小时可以考虑采用间隙式或径向曲路密封。这是因为滑动轴承比滚动轴承间隙大,而且当滑动轴承磨损后,轴中心位置有较大的变化</p>
<p>2.17 对易磨损部分应予以保护</p>	<p>有些气体或液体中混有粉末、颗粒或块状的固体,对零件表面有很强的研磨作用。零件表面与这些介质接触的部分应具有较强的耐磨性,如采用耐磨材料或采用表面堆焊等措施。也可以把某些易磨损部分作成易磨损件,经常更换</p>
<p>2.18 对易磨损件可以采用自动补偿磨损的结构</p>	<p>零件磨损后,尺寸发生变化,如不能及时改变其位置,则不能实现原来的功能。如1.5中c图的圆锥摩擦离合器,弹簧不但将离合器压紧,而且补偿磨损</p>

第3章 提高精度的结构设计

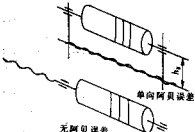
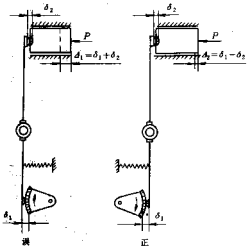
为了提高机械的精度必须保证每个零件具有一定的加工和装配精度。此外，零件应有一定的刚度，保证在工作载荷下能满足精度要求，零件还应有较高的耐磨性以保持精度，此外设计时还应考虑机械使用一段时间，精度降低以后能经过调整、修理或更换部分零件能提高，甚至恢复原有的精度。

首先要注意的是按照使用要求合理确定对机械的总体精度要求。其次要分析各零部件误差对总体精度的不同影响，由精度的角度选择合理的机械方案和结构。

在结构设计中，整体的结构方案和零件的细部结构都可能对精度有一定的影响，设计时必须对影响精度的各种因素进行全面的分析，按总体要求对各零部件提出精度要求，特别要注意对精度影响最大的一些关键零件。要确定对零部件的尺寸及形状的精度要求、允许误差，此外，应考虑在工作载荷、重力、惯性力和加工、装配等产生的各种力影响下如何保证精度，以及发热、振动等因素的影响。

设计应注意的问题	说 明
<p>3.1 尽量不采用不符合阿贝（Abbe）原则的结构方案</p> 	<p>阿贝原则是读数线尺应位于被测尺寸的延长线上。机械结构符合阿贝原则可避免导轨误差对测量精度的影响。此原则可用于各种机械，例如加工螺纹的车床或磨床，被加工螺纹与传动丝杆之间</p>

(续)

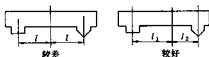
设计应注意的问题	说 明
	<p>应符合阿贝原则,即二者应在一条直线上。但实际上往往在水平与垂直方向都与被加工丝杆有一定距离,消除这一距离可提高设备精度,但是会增加机床长度</p>
<p>3.2 避免磨损量产生误差的互相叠加</p> 	<p>图中凸轮与触点处的磨损量同为 δ_1、δ_2。但误图中滑块的运动误差 $\Delta_1 = \delta_1 + \delta_2$。正图中滑块运动误差 $\Delta_2 = \delta_1 - \delta_2$, 可避免磨损产生的误差互相叠加</p>
<p>3.3 避免加工误差与磨损量的互相叠加</p> <p>同 2.11 图</p>	<p>如机床导轨使用后由于磨损使导轨下凹,加工时导轨应上凸,以得到较长的时间能保持精度在要求范围内,从而延长了机床的使用寿命</p>

(续)

设计应注意的问题

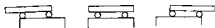
说 明

- 3.4 导轨的驱动力作用点,应作用在两导轨摩擦力的压力中心上,使两条导轨摩擦力产生的力矩互相平衡



如图所示工作台由两条导轨支持,由于两条导轨断面形状不同,产生的摩擦力 F_A 、 F_B 大小不同(方向垂直于纸面)。设用丝杆驱动推动工作台,如将丝杆安置在导轨正中间,距两导轨等远,则由于两导轨对丝杆中心的摩擦力不等产生不平衡的摩擦力矩,工作台在水平面中受此力矩而转动(明显地表现在工作台反向时)。应使丝杆与两导轨的距离 l_1 、 l_2 满足 $l_1 F_A = l_2 F_B$

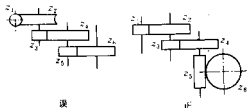
- 3.5 对于要求精度较高的导轨,不宜用少量滚珠支持



由导轨运动速度是滚动速度的二倍,工作台运动到左右不同位置时,滚珠受力不同,工作台向不同方向倾斜,产生误差

宜增加滚珠数目或采用滚子支承(滚柱刚度显著大于滚珠而摩擦阻力也较大)

- 3.6 要求运动精度的减速传动链中,最后一级传动比应该取最大值



设三级传动的传动比为 i_1 、 i_2 、 i_3 , 运动误差为 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 ($i_1 = z_2/z_1$, $i_2 = z_3/z_2$, $i_3 = z_4/z_3$)

最后输出的传动系统总误差

$$\Delta \approx \frac{\delta_1}{i_1 i_2} + \frac{\delta_2}{i_2} + \delta_3$$

当 i_3 为最大值时传动系统总误差最小(一般最后一级用蜗杆传动)。此时其他各级传动误差影响很小

(续)

设计应注意的问题

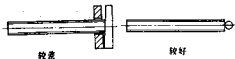
说 明

3.7 测量用螺旋的螺母扣数不宜太少



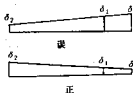
因为螺母各扣与螺旋接触情况不同,对螺旋的螺距误差引起的运动误差有均匀化作用。测量螺杆得到的螺杆累积误差,大于螺杆与螺母装配后螺杆运动的累积误差,就是螺母产生的均匀化作用。当螺母扣数过少时,均匀化效果差

3.8 必须严格限制螺旋轴承的轴向窜动



螺旋轴承的轴向窜动直接影响螺旋的轴向窜动,从而使螺旋机构产生运动误差。对螺旋轴承应有较高的要求。对于受力较小的螺旋,可以用一个钢球支持在螺旋中心,轴向窜动极小

3.9 避免轴承精度的不合理搭配



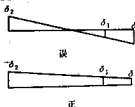
对悬臂轴轴端有跳动精度要求时,接近悬臂端的前轴承精度应高于后轴承

δ_1 —前轴承回转误差;

δ_2 —后轴承回转误差;

δ —轴端回转误差

3.10 避免轴承径向振摆的不合理配置



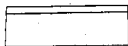
前后轴承的最大径向振摆应在同一方向。如果相反的安装在相距 180° 的方向,则悬臂轴端的精度较低

(续)

设计应注意的问题

说 明

3.11 避免紧定螺钉影响滚动导轨的精度



较差

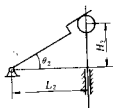


较好

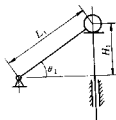


为避免扭紧紧定螺钉时引起导轨变形,使导轨工作面精度降低,把固定部分与导轨支承面部分作成柔性较好的连接,使紧定螺钉产生的变形不影响导轨面的精度

3.12 当推杆与导路之间间隙太大时,宜采用正弦机构,不宜采用正切机构



正切机构



正弦机构

正弦机构摆杆转角 θ_1 与推杆升程 H_1 之间的关系式为

$$\sin \theta_1 = \frac{H_1}{L_1}$$

正切机构摆杆转角 θ_2 与推杆升程 H_2 之间的关系式为

$$\tan \theta_2 = \frac{H_2}{L_2}$$

推杆与导路之间的间隙使推杆晃动,导致尺寸 L_2 改变,因此对正切机构引起误差,而对正弦机构精度影响很小

3.13 正弦机构精度比正切机构高

$$\Delta_1 = \theta - \sin \theta$$

$$\approx \theta - \left(\theta - \frac{\theta^3}{3!} + \dots \right)$$

$$= \frac{\theta^3}{6}$$

$$\Delta_2 = \theta - \tan \theta$$

$$\approx \theta - \left(\theta + \frac{\theta^3}{3} + \dots \right)$$

$$= -\frac{\theta^3}{3}$$

实用中,常用摆杆转角表示升程 H ,而 H 与 L 之正弦或正切成比例,因而两种机构都有误差,其误差值分别为 Δ_1 及 Δ_2 。由计算可知正弦机构的误差 Δ_1 是正切机构误差 Δ_2 的一半,而且误差符号相反

第4章 考虑人机学的结构设计问题

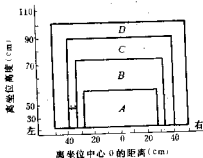
人机学是把操作或使用机器的人、机器设备（或仪器仪表）和环境作为一个系统，运用生理学、心理学、机械学和有关科学知识，使系统中以上的三种要素互相协调，目的是保证机器使用者的身心健康、操作方便、省力、准确、提高工作效率。

在设计中经常要考虑的环境因素很多，如温度、湿度、有害气体、振动、噪声、尘埃、风力等。人的心理和生理条件如：人体尺度、人体力学、人对各种信息的反映敏感程度、对环境条件的耐受能力、对形状和色彩的要求等。设计者必须全面考虑各种条件和要求，进行分析和决策，求得正确的解决方案。

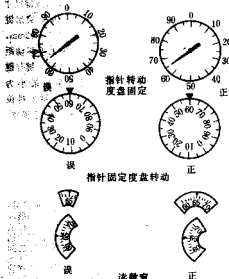
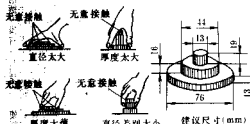
设计应注意的问题	说 明
4.1 合理选定操作姿势	设计者必须正确地决定机器或仪器的操作位置和操作姿势，作为设计的一项基本内容。常见的操作姿势为立或坐。立式容易发力，活动范围较大，但对要求精密观察、读数的工作和活动范围较小的手工操作的装置则以选用坐式为好

(续)

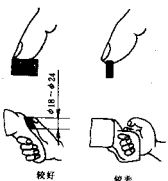
设计应注意的问题		说 明																		
4.2 设备的工作台高度与人体尺寸比例应采用合理数值		工作台高度不适当容易引起操作者疲劳。根据一般情况统计,有一系列推荐数值 ⁽²⁾ ,如站姿用工作台高度为人体高度的 10/19,坐姿则为 7/17																		
4.3 合理安置调整环节以加强设备的适用性		如目视测量仪器应按使用者情况调整两个目镜间的目距和视度																		
4.4 机械的操纵、控制与显示装置应安排在操作者面前最合理的位置 ⁽³⁾		<p>按坐姿考虑,操作者面前的设计布置区域如图所示。对于站姿最下面的横线相当于人体腰部位置</p> <p>A 区(一般区域)位于一般视觉区内,在这一区内可以布置操作频繁的常用操纵装置</p> <p>B 区(最佳区域)这一区域内视觉及手操作最佳,在这一区内布置精确调整和认读的装置或应急操作按钮</p> <p>C 区(辅助区域)布置次要的辅助操纵装置或指示装置</p> <p>D 区(最大区域)最次要的辅助操纵装置或指示装置</p>																		
4.5 显示装置采用合理的形式 ⁽⁴⁾	<table border="1"> <tr> <th>刻度盘类型</th> <th>开窗式</th> <th>圆 形</th> <th>半圆形</th> <th>水平直线</th> <th>垂直直线</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>读数误差率</td> <td>0.5%</td> <td>10.9%</td> <td>16.6%</td> <td>27.5%</td> <td>35.5%</td> </tr> </table>	刻度盘类型	开窗式	圆 形	半圆形	水平直线	垂直直线							读数误差率	0.5%	10.9%	16.6%	27.5%	35.5%	<p>刻度盘的示数装置形式,对读数误差率影响很大。由于人眼水平读数运动比垂直方向的快。为了集中读数注意力,读数窗尺寸应小一些</p>
刻度盘类型	开窗式	圆 形	半圆形	水平直线	垂直直线															
读数误差率	0.5%	10.9%	16.6%	27.5%	35.5%															



(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>4.6 仪表盘上的刻字应清楚易读⁽³⁾</p>  <p>指针转动 度盘固定</p> <p>正</p> <p>误</p> <p>指针固定 度盘转动</p> <p>正</p> <p>误</p> <p>读数窗</p> <p>正</p> <p>误</p>	<p>对刻度线长度、粗细、间隔、字符的字形、尺寸、位置、书写方法等都有一定要求。刻度线上标示的数字，度盘固定而指针转动的，所有的字应正对操纵者；度盘转动而指针固定的，转到正对指针的数字应正对指针，并便于认读。此外，读数应明确地认出哪边大，哪边小</p>
<p>4.7 旋钮大小、形状要合理⁽³⁾</p>  <p>无意接触</p> <p>直径太大</p> <p>无意接触</p> <p>厚度太大</p> <p>无意接触</p> <p>厚度太薄</p> <p>直径差别太小</p> <p>建议尺寸 (mm)</p>	<p>旋钮多作成圆形，在圆柱面上常作出内纹以免转动时打滑。为了用一个旋钮控制多个指示器，可以作成多层旋钮，这样即节省位置，操作也方便。对多层旋钮的各旋钮尺寸应合理安排，以免使用时互相干扰</p>

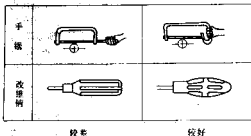
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>4.8 按键应便于操作</p>  <p>较好 较差</p>	<p>按键在机械中使用很广泛,一般按键尺寸为8~20mm,突出键靠面高度5~12mm,按动时键上下移动距离为3~6mm,键与键之间的距离最小为0.6mm。按键安排位置应合理,便于操作</p>
<p>4.9 操作手柄所需的力和手的活动范围不宜过大⁽³⁾</p>	<p>设计手柄时应注意:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 手柄有推拉的摆动手柄(杆)和转动360°的手柄。推拉手柄的两个极限位置之间的夹角一般为30°~60°(90°),回转360°的手柄长度对于较轻的负荷长度l不超过120mm,对于重负荷l可达400mm。 2) 操纵手柄的推力与推动手柄的方向(前后、上下、侧方),手柄距地面的高度、右手、左手、单手、双手、操作频率等诸多因素有关,常用范围是100~150N(40~200N)。 3) 手柄操作频率不宜太高,对受力不大的手柄可达每1~2s转一转 <p>以上数据设计者使用时宜作一些按实际操作情况的测试</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

4.10 手柄形状便于操作与发力⁽⁴⁾

按人手形状与骨骼构造设计手柄形状,不便于操作,发力较大,还可以减少操作者的职业病

4.11 合理设计坐椅的尺寸和形状⁽³⁾

设计坐椅的尺寸、形状时,既要考虑操作者的舒适性,以免迅速疲劳和出现职业病,又要考虑操作方便提高工作效率,根据工作性质不同,操作者身高也有差异,可以有多种不同的尺寸和形状

4.12 合理设计坐椅的材料和弹性

对于工作环境温度高、湿度大的场合,不宜采用吸热、保温性能强、透气性差的材料作为坐椅面料。对于工作环境温度低的场合,不宜采用传热性好的材料作为坐椅面料。对振动较大的车辆,则应避免坐椅弹簧产生共振,要有好的吸振和阻尼性能

(续)

设计应注意的问题	说 明
4.13 不得在工作环境有过大的噪声	<p>噪声不但降低工作效率,而且容易发生事故,对工作者的健康也有很大影响。中国科学院声学研究所建议,为保护听力,噪声不超过75dB(分贝)为理想值,最大不得超过90dB。1977年美国工业卫生医师协会规定对八小时工作的环境噪声应不大于85dB(1969年美国政府规定为90dB),噪声每提高5dB,允许工作时间减少一半,应减小设备噪声</p>
4.14 操作场地光照度不得太低	<p>作业环境应尽量用天然光照明,采用人工照明必须有足够的照度。照度不足容易发生事故。采用人工照明时,要考虑识别对象的最小尺寸、识别对象与背景的亮度对比、采用混合照明还是单独照明等情况,按要求的照度选择照明方法⁽³⁾。对一些加工设备,应设计专门的照明设备</p>

第5章 考虑发热、腐蚀、噪声等问题的结构设计

有些机械或部件发热量较大，有些与腐蚀性介质直接接触，有些产生较大的噪声。为了机械能正常地工作，设计中必须采取相应的措施。这些措施可以分为以下四类：

第一类措施是减轻损害的根源。如减小发热、振动，减少腐蚀介质的排出量或降低腐蚀介质的浓度等。

第二类措施是隔离。如把发热的热源与机械工作部分隔开，把腐蚀介质与有关机械部件隔开，把产生噪声的振动源与发声部分隔开，把产生噪声的设备与人员隔开等。

第三类措施是提高抗损坏能力。如加强散热措施，采用耐热、耐腐蚀性强的材料等。

第四类措施是更换易损件。设计中考虑到某些在强烈受损部位工作的零部件首先损坏，但使它们易于更换，定期更换这些易损件，以保持整个机器正常工作。

设计应注意的问题	说 明
5.1 避免采用低效率的机械结构	有些机械结构效率低、发热大，不但浪费了能源，而且所发出的热量引起热变形、热应力、润滑油粘度降低等一系列不良后果。因此在传递动力较大的装置中，建议尽量采用齿轮传动、滚动轴承，以代替效率较低的蜗杆传动、滑动轴承。

(续)

设计应注意的问题	说 明
5.2 润滑油箱尺寸应足够大	<p>对采用循环润滑的机械设备,应采用尺寸足够大的油箱,以保证润滑油在工作后由机械设备排至油箱时,有足够长的在油箱中停留的时间。油的热量可以散出,油中杂质可以沉淀,使润滑油再泵入设备时,有较低的温度,含杂质较少,提高润滑的效果</p>
5.3 分流系统的返回流体要经过冷却 <div data-bbox="10 702 621 1197"> <p>The diagram illustrates two configurations for a return flow system. On the left, labeled '误' (Incorrect), a rectangular tank has a vertical line descending from its bottom. This line turns left and then up, with an arrow pointing back into the tank, bypassing a cooler box labeled '冷却器' (Cooler) which is positioned below the tank. On the right, labeled '正' (Correct), a similar tank setup is shown, but the vertical line from the tank bottom passes through the '冷却器' box before turning left and up to re-enter the tank.</p> </div>	<p>压缩机、鼓风机等为了控制输出介质量,可以采用分流运转,即把一部分输出介质送回机械中去。这部分返回的介质,在再进入机械以前应经过冷却,以免反复压缩介质引起温度升高</p>
5.4 避免高压容器、管道等在烈日下曝晒 <div data-bbox="10 1340 621 1564"> <p>The diagram shows two scenarios for high-pressure equipment. On the left, labeled '误' (Incorrect), a vertical rectangular container is shown with a pipe and two valves on its right side, all exposed to direct sunlight. On the right, labeled '正' (Correct), the same container and piping are shown, but they are partially covered by a shaded triangular area, representing effective shading to protect them from direct sunlight.</p> </div>	<p>室外工作的高压容器、管道等,如果在烈日下长时间曝晒,则可能导致温度升高,运转出现问题,甚至出现严重的事故。对这些设备应加以有效的遮蔽</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
5.5 零件暴露在高温下的部分忌用橡胶、聚乙烯塑料等制造	在高温环境中暴露在外面的零件,由于热源(包括日光)辐射等作用,长期处于较高的温度。这种情况下,会引起橡胶、塑料等材料变质,或加速老化
5.6 精密机械的箱体零件内部不宜安排油箱,以免产生热变形	在精密机械的底座等零件内,常有较大的空间。这些空间内不宜安排作为循环润滑的储油箱等之用。因为由于箱内介质发热,会使机座产生变形,特别是产生不均匀的变形,使机器发生扭曲,导致机械精度显著降低
5.7 对较长的机械零部件,要考虑因温度变化产生尺寸变化时,能自由变形	较长的机械零部件或机械结构,由于温度变化,长度变化较大,必须考虑这些部分能自由伸缩。如采用可以自由移动的支座,或可以自由胀缩的管道结构
5.8 淬硬材料工作温度不能过高	经淬火处理的零件,在高温条件下工作时,零件温度不能超过其回火温度,否则零件表面硬度会降低。要加热屏蔽保护



(续)

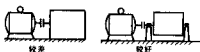
设计应注意的问题

说 明

5.9 避免高压阀放气导致的湿气凝结

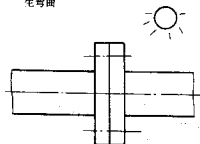
高压阀长时间连续排气时,由于气体膨胀,气体温度下降,并使零件变冷。空气中的湿气会凝结在零件表面,甚至造成阀门机构冻结,导致操纵失灵

5.10 热膨胀大的箱体可以在中心支持



图中所示的两个部件之间用联轴器联接两轴。由于右边部件发热较大,工作时其中心高度变化较大,引起两轴对中误差。可以在中心支持右边部件,以避免由于发热引起的对中误差

5.11 用螺栓联接的凸缘作为管道的联接,当一面受日光照射时,由于两面温度及伸长不同,产生弯曲



在太阳光下照射的机械装置,有向光的一面和背光的一面,其温度不同,受热后的变形也不同。可能产生管道变形或凸缘泄漏,应加遮蔽,减小螺栓长度以减小热变形

5.12 与腐蚀性介质接触的结构应避免有狭缝



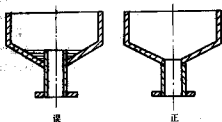
零件的狭缝容易产生腐蚀性介质存留,应使零件相邻两壁之间有足够的空间

(续)

设计应注意的问题

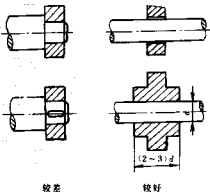
说 明

5.13 容器内的液体应能排除干净



必须保证容器中的腐蚀性液体能排放干净,在容器中不应该有起阻隔作用的结构,排放液体的孔应安排在容器的最低处

5.14 注意避免轴与轮毂的接触面产生机械化学磨损(微动磨损)



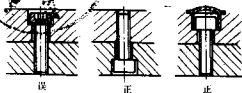
微动磨损发生在相对静止的接合面上,如轴与轴上零件之间采用过盈配合联接或键联接处,在工作时接合面间有小幅度的摆摆,和接合面间的相互作用是产生微动磨损的主要原因。接触面上的粗糙表面峰顶产生塑性变形,发生粘着,小幅度摆摆使粘着点剪切脱落,露出新的金属表面发生氧化,脱落的颗粒成为磨料,使接合面松动。若应力较大时,磨损点形成的应力集中源处产生疲劳裂纹,裂纹不断扩展,轴断裂。断口处有红色粉状颗粒(Fe_2O_3)。在接合面间采用粘接使轮毂与轴隔开,采用塑料零件,用粘接联接,加长轮毂以加大接触面积,在轮毂与轴之间加入有极压添加剂的润滑油或二硫化钼,都可以减小或避免微动磨损

设计应注意的问题

说 明

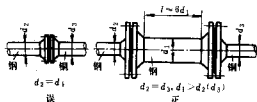
5.15 避免易腐蚀的螺钉结构

在露天工作的机械设备, 螺纹联接处最容易产生腐蚀。尤其是内六角螺栓头部凹坑易腐蚀, 宜令钉头朝下, 或加塑料保护盖



5.16 钢管与钢管联接时, 易产生电化学腐蚀, 可安排一段管定期更换

对于接触腐蚀的零件, 可以在结构设计中安排一个易损件, 及时更换。如钢管与钢管联接时, 由于电化学作用发生腐蚀, 可以在两管之间加入一段容易定期更换的管。这段管的材料应采用两种金属中较活泼的金属制造, 其直径应比正常管道大一些, 以避免更换得太频繁



5.17 避免采用易被腐蚀的结构

有些零件表面结构容易被腐蚀, 设计中应尽量避免。零件应力集中处, 表面粗糙, 焊缝咬边、气泡等缺陷容易腐蚀, 应妥善处理

5.18 注意避免热交换器管道的冲击微动磨损⁽⁵⁾

管壳式热交换器中, 由于管内流体诱导振动, 使管子与管板间冲击微动磨损, 使热交换器失效, 成为主要的失效原因。解决方法一是选择合理的间隙, 间隙在某一定值时磨损最严重。另外管道表面刷镀 Cr、Ni、W 合金可显著提高抗磨性

设计应注意的问题

说明

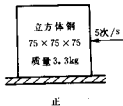
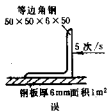
5.19 减少或避免运动部件的冲击和碰撞,以减小噪声

减小机械的冲击碰撞是减少噪声首先应考虑的措施。如带传动采用橡胶带、汽车的钢制要用无缝钢管等,都可以提高运动平稳性。

5.20 高速转子必须进行平衡

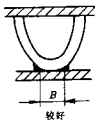
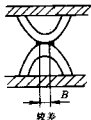
高速转子的重心偏离回转中心线是产生振动和噪声的重要原因。如磨床砂轮经过平衡以后,不但减小噪声而且提高了加工质量。根据实际经验,必须综合考虑转子与轴承支座整个系统的振动问题,才能使这一问题得到正确的解决。

5.21 受冲击零件质量不应太小



受冲击的挡块,质量轻、厚度小时,受冲击则发出很大的噪声,改为质量大的实体结构时,噪声显著降低。

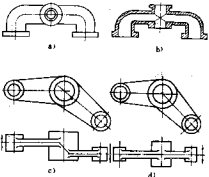
5.22 为吸收振动,零件应该有较强的阻尼性



两零件之间应该有一定的接触面积,在零件工作时,由于互相摩擦产生阻尼可以吸收振动和噪声。在零件表面粘贴或喷涂一层有高内阻尼的材料,也可以阻尼振动减小噪声。

第6章 铸造结构设计

铸造方法有砂型、金属型及离心铸造等造型方法，可以制造成毛坯，再进行机械加工，也可以直接铸造成零件。铸铁容易加工，经济性好，与其他加工方法相比较，铸造容易获得形状比较复杂的零件。所以铸件在机械中所占比重较大，如箱体、支架、机床的床身等。但是铸造工艺质量不易控制，容易产生缺陷，因此，设计铸件时，不仅要考虑机械结构的强度和刚度，还要考虑铸件的铸造性能，使所设计的铸件尽量合理，达到较好的使用效果。

设计应注意的问题	说 明
<p data-bbox="36 750 308 780">6.1 分型面力求简单</p> 	<p data-bbox="697 758 1002 1069">铸件外形应使分型方便，如三通管各管口最好在一个平面上，图b结构较合理。弯曲的分型面难于保证尺寸准确，图c改为图d时，分型面为平面，较合理</p>

(续)

设计应注意的问题

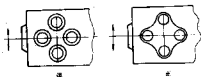
说 明

6.2 铸件表面避免内凹



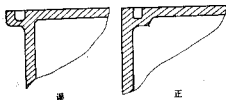
有内凹的表面在造型时取模困难,考虑起模要求将内凹处结构予以改变,则对铸造合理

6.3 表面凸台尽量集中



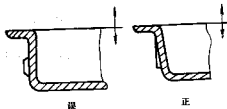
为便于铸件上孔的加工,铸件表面上常要铸出一些凸台,当凸台的中心距较小时,建议将位置相近的凸台连成一片,连成整体后便于造型

6.4 大型铸件外表面不应有小的凸出部分



大型铸件外表面上,不应有薄壁边槽,此部位冷却快,容易造成内应力,而且在清理时容易损伤

6.5 改进妨碍起模的结构



铸件侧壁上工艺凸台和工艺搭子、夹棱、肋条等有碍起模,增加造型和造芯的工作量,应尽量避免

设计应注意的问题

说 明

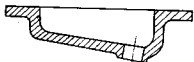
6.6 避免较大又较薄的水平面



误



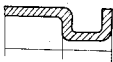
正



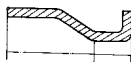
正

薄壁零件,尤其是面积较大的薄壁,不应设计成水平的平面结构。水平平面浇铸时容易造成冷隔或形成气孔、渣眼或夹砂,改为有斜坡的平面,有利于排出液态金属中的杂质和由于铁液漫流造成的冷隔等缺陷

6.7 避免采用产生较大内应力的形状



误



正

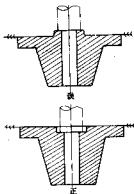
两截面交接处有直角形转弯,产生较大的应力集中。改为斜面和圆弧过渡时,可以减少应力集中,防止热裂,结构较合理

(续)

设计应注意的问题

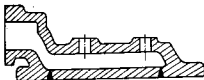
说 明

6.8 防止合型偏差对外观造成不利影响



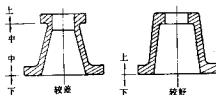
铸型时可能因合型不正而产生凸台与轴孔的偏心,不但影响美观,也产生对中误差,若将凸台改为鱼眼坑(沉孔),则合型偏移不会影响外观

6.9 采用易于脱芯的结构



图示零件为汽笛的剖面图,如用整体铸造则铸件型芯要用金属骨架加强,但由于铸件口很小,清除型芯及芯骨很困难,如采用图示铸焊结构,先铸出主要部分,再焊上一块钢板,则容易加工,但应注意焊接结构不宜用铸铁,应采用铸钢

6.10 分型面要尽量少



铸件应尽量减少分型面,以便于保证尺寸的准确性,如图三箱造型改为两箱造型

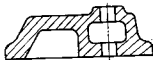
设计应注意的问题

说 明

6.11 铸件壁厚力求均匀



误



正

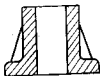
均匀的壁厚可以提高铸件的质量,减小铸件中断面厚度大的部分,避免金属聚集以致产生缩孔或缩松

6.12 用加强肋使壁厚均匀

用肋板代替厚壁,可以保证壁原来的刚度,又使壁厚均匀,结构合理,减轻质量



较差



较好

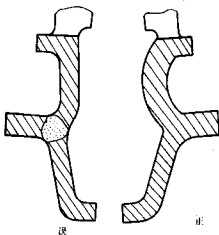
(续)

设计应注意的问题

说 明

6.13 考虑凝固顺序设计铸件壁厚

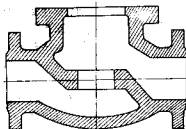
按结构要求,有的铸件不能保持壁厚均匀,这时可将铸件设计成自下而上逐渐增厚或上厚下薄的结构,使铸件下面先凝固上面后凝固。可以在凝固时自下而上逐层补缩,使铸件有较高的质量



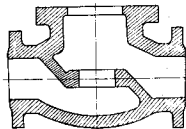
设计应注意的问题

说 明

6.14 内壁厚应小于外壁厚



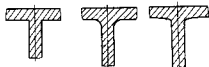
较差



较好

形状较复杂或尺寸较大的铸件,内部壁厚应小于外壁厚。因内壁散热条件较差,所以冷却速度比外壁慢,且当外壁冷却后,内壁不能自由收缩,容易产生内应力或裂纹(上图内部壁厚较厚不合理)

6.15 铸件壁厚应逐渐过渡



差

较差

较好

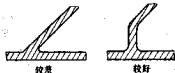
铸件两相邻部位壁厚应是平稳而圆滑的过渡,要使厚壁的截面逐渐过渡到薄壁的截面,不应有壁厚突变或尖角等

(续)

设计应注意的问题

说 明

6.16 两壁相交时夹角不宜太小



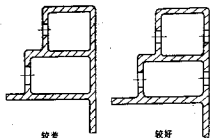
铸件的相邻两壁相交时,特别是小于 75° 的斜向联接,单纯以圆角作为过渡不能满足工艺要求,应有一过渡部分

6.17 铸件内腔应使造芯方便



铸件的内腔形状应尽量简单,以简化或减少芯盒

6.18 不用或少用型芯撑



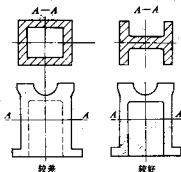
靠型芯撑支持的型芯,在摆放型芯和浇铸时,容易错位或移动,而且比较费时间。因此应尽量避免,如图示,在箱壁上增加一些型芯支撑孔即可少用或不用型芯撑

(续)

设计应注意的问题

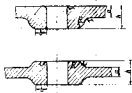
说 明

6.19 尽量不用型芯



不影响强度和刚度的条件下, 改变铸件结构, 免去型芯, 则该铸件的工艺性得到改善。如图中的零件原设计有矩形空腔, 必须用型芯, 改为工字型剖面结构, 可省去型芯

6.20 铸件的孔边应有凸台



铸件的孔周围应该有凸台 (尤其是当壁较薄时), 以免铸孔边缘产生裂纹, 可以在壁的一面或两面设置凸台

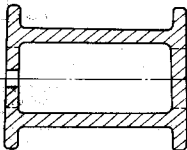
(续)

设计应注意的问题

说 明

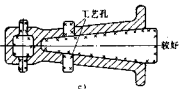
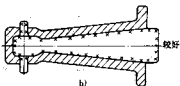
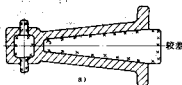
6.21 铸件结构应有利于清除芯砂

铸件的孔太小或内腔中有内凹等复杂结构,则不利于清除芯砂,有时甚至无法清除,图中的结构即为不好的结构,若改为图中虚线所示结构则较合理



6.22 型芯设计应有助于提高铸件质量

图中a的结构不好,要用两个型芯,不仅工艺复杂而且要用型芯撑支持。改为图b的结构后,可以不用型芯撑,有利于提高铸件质量。若使用要求中间不得打通,可在铸件两侧设工艺孔,使型芯稳定以保证铸件质量,如图c。此外,铸件的型芯要简单且便于固定

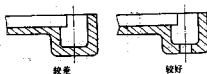


设计应注意的问题

说 明

6.23 铸件的孔尽可能贯通

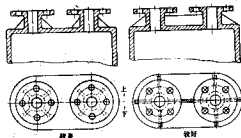
为了使成型方便或容易安放型芯棒,铸件的孔最好作成贯通的结构



6.24 合理布置加强肋

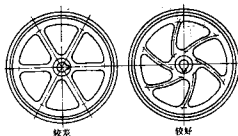
加强肋可以增加铸件强度和刚度,减轻零件质量,改善结构和节约金属,并能防止铸件的变形和减小收缩等。加强肋的结构设计应合理,否则,不但不能加强铸件,反而会使铸件产生收缩、缩松、内应力或裂纹,有时还会使造型困难

图中所示加强肋应位于造型面上,有利于出模



6.25 保证铸件自由收缩,避免产生缺陷

为避免铸件冷却时阻碍金属收缩,产生内应力而导致轮辐产生裂纹,将直辐条改成弧形,冷却时辐条能够自由收缩,结构较合理



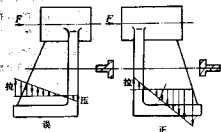
(续)

设计应注意的问题

说 明

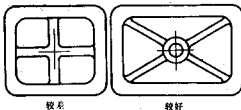
6.26 注意肋的受力

铸铁件的加强肋应承受压力,因为铸铁的抗压强度比抗拉强度高得多。肋板承受拉力时,则其结构不合理,应改变结构使铸铁肋板受压力



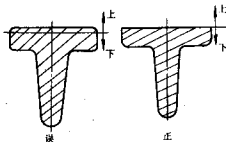
6.27 肋的设置要考虑结构稳定性

铸件内部肋的安置应考虑几何原理。图中所示加强肋如按矩形分布,对铸件强度和刚度只有较小的影响,因矩形是不稳定的形状。若按三角形安置,形状稳定,造型较好,结构比较合理

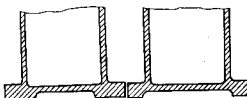


6.28 去掉不必要的圆角

有些圆角对铸件质量影响不大,但增加造型造芯的困难,为此应将圆角取消



(续)

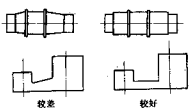
设计应注意的问题	说 明
<p>6.29 化大为小,化繁为简</p>	<p>对大型铸件,在不影响强度和刚度情况下,可以分成几块铸造、加工,再装配起来,以便铸造、加工和运输。如 16m 立式车床的工作台就是分成两半制造的</p>
<p>6.30 注意铸件合理传力和支持</p>  <p>正 误</p>	<p>铸件的箱壁应可靠地支持在地面上,以保持它的强度和刚度</p>

第7章 锻造和冲压件结构设计

机器中的重要零件多采用锻造毛坯，锻造时的塑性变形改善了金属的结构，使金属获得较细的晶粒，可以消除内部的小裂缝及气孔等缺陷，从而改善了金属的力学性能。

锻造有自由锻和模锻，自由锻的适应性较好，采用的设备和工具通用性较大，所以应用广泛；模锻的精度较高，加工余量小，多适用于中小型零件。不同的锻造方法结构工艺性不同，所以设计锻件时应注意锻造方法。

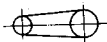
冲压件质量轻，外形适用性较好，生产率高，但成本也较高，适用于大批量生产。冲压件的结构工艺性主要由冲压条件决定，所以冲压件的结构工艺性是否合理的判断应结合具体的冲压条件。

设计应注意的问题	说 明
<p data-bbox="10 856 704 928">7.1 自由锻零件应避免锥形和楔形</p> <div data-bbox="103 999 621 1285"><p data-bbox="196 1256 248 1285">较差</p><p data-bbox="476 1256 528 1285">较好</p></div>	<p data-bbox="704 856 987 1142">自由锻适用于锻造外形简单的零件。自由锻制造的毛坯，大部或全部表面均需经过切削加工才能达到要求。所以，生产效率低，消耗金属较多，劳动强度大，适用于多品种小批量生产。</p> <p data-bbox="704 1142 987 1375">自由锻不易锻出锥形和楔形，设计时应尽量采用平直结构。</p>

设计应注意的问题

说 明

7.2 相贯形体力求简化

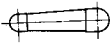
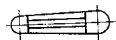
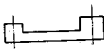


误

正

自由锻无法锻出几何形体(圆柱、立方体等)表面相贯的复杂相贯形状。如图所示的圆柱体与平板联接的形状比较复杂,采用自由锻制造困难。

7.3 避免用肋板

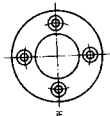
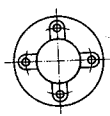


误

正

自由锻件不应有加肋,工字形截面等复杂形状。

7.4 自由锻件不应设计复杂的凸台

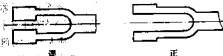
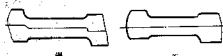
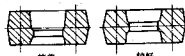
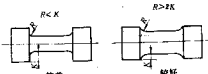
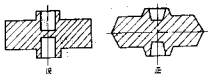


误

正

自由锻件很难锻出误图中所示的复杂凸台,应予以简化。

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>7.5 自由锻造的叉形零件内部不应有凸台</p>  <p>误 正</p>	<p>自由锻件内部凸台无法锻出,应采用简化的结构</p>
<p>7.6 模锻件的分模面尺寸应当是零件的最大尺寸,且分模面应为平面</p>  <p>误 正</p>	<p>模锻可以获得较复杂的外形,毛坯上有相当一部分表面不需要进行切削加工。与自由锻相比,模锻的尺寸较精确,表面光洁,节约金属而且生产率较高。设计模锻件时,应使零件结构与模锻工艺相适应。 分模面应为零件最大尺寸而且是平面</p>
<p>7.7 模锻件形状应对称</p>  <p>较差 较好</p>	<p>对称形状的零件便于分模,应将模锻件尽量设计成对称的外形</p>
<p>7.8 模锻件应有适当的圆角半径</p>  <p>较差 较好</p>	<p>模锻件的圆角半径通常应当设计得大一些,既可改善锻造工艺性,又可减少应力集中</p>
<p>7.9 模锻件应适于脱模</p>  <p>误 正</p>	<p>模锻件形状应便于脱模,内外表面都应有足够的拔模斜度,孔不宜太深,分模面应尽量安排在中间</p>

(续)

设计应注意的问题

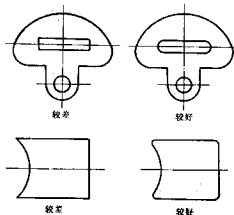
说 明

7.10 模锻件形状应尽量简单

模锻件形状应尽可能设计成平直或对称结构,最大与最小尺寸之比不应大于2。对回转变锻件,为直观方便,其直径之比不应比1:0.6差得更多

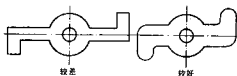
7.11 冲压件的外形应尽可能对称

冲压件结构直接关系到质量和成本。为便于冲压,工件外形应对称,轮廓要平滑,孔应是圆的或方的,避免采用窄而长的细孔及单独伸出的细长结构等。满足这些最基本的要求,有利于保证零件的加工质量及模具制造质量



7.12 零件的局部宽度不宜太窄

冲压件的每个局部的宽度都不应太小,冲压件中尺寸过窄的部分不仅凹模难于制造,冲出的工件也难于保证质量

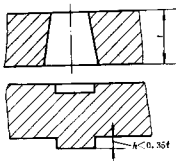


(续)

设计应注意的问题

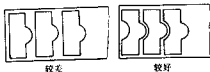
说 明

7.13 凸台和孔的深度和形状应有一定要求



当冲压板厚 $t \geq 5\text{mm}$ 时,冲孔直径在板厚方向应允许有一定斜度,在板料上要求冲出凸台时,凸台高度不应大于 $0.35t$ (t —板厚),否则凸台容易冲脱

7.14 冲压件设计应考虑节料



冲压件用板材冲压而成,有些零件形状不能互相嵌入来安排下料,可以在设计中作一些小的修改,不降低零件性能,而节省很多材料

7.15 冲压件外形应避免大的平面



冲压件外形有大的平面,制模较难,零件刚度较差,设计成拱形结构会使单位面积压强减小,提高零件的强度和刚度,可减薄壁厚,拱形形状向内或向外拱均可,视零件具体情况确定,图中所示为几种零件的剖面形状

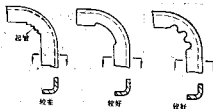
(续)

设计应注意的问题

说 明

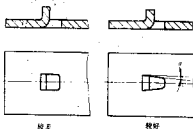
7.16 弯曲件在弯曲处要避免起皱

带竖边的弯曲件为避免弯曲处起皱,可切去弯角处的部分竖边,以避免弯曲处起皱变宽



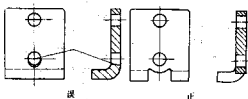
7.17 注意设计斜度

局部切口带压弯的零件,舌部应设计斜度,以免舌部与模具之间摩擦



7.18 防止孔变形

弯曲带孔的零件时,为避免弯曲时产生孔变形,可在零件的弯折圆角部分的曲线上冲出工艺孔或月牙槽,这样在折弯处就不会影响孔的变形



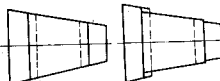
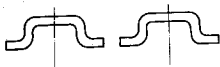
(续)

设计应注意的问题

说 明

7.19 简化展开图

弯曲件外形应尽可能有利于简化板料展开图的形状,以便于下料

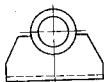


误

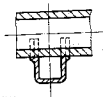
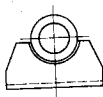
正

7.20 注意支撑不应太薄

对于管道等零件,用薄板冲压件支持时,为保持装配的同心率等,不应直接用薄的壁边支撑,支架应翻出一些窄边



较差



较好

(续)

设计应注意的问题

说 明

7.21 薄板弯曲件在弯曲处要有切口

用薄板作小半径弯曲时,若对宽度准确性有要求时,应在弯曲处切口,以免弯曲处变宽



较差



较好



7.22 压肋能提高刚度但有方向性

压制的凸(凹)肋可能在一定方向可提高刚度,另一方向则不能,如较差的图中,其结构只能提高对Y轴的弯曲刚度,压肋的形状应尽量与零件外形相近或对称



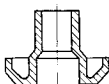
较差



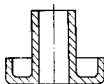
较好

7.23 拉伸件外形力求简单

拉伸件的成型过程应尽量减少拉伸次数,在满足使用性能的前提下,尽量使结构简单。如图中的实例,改变结构以后,减少了加工工序,节约了金属材料



较差



较好

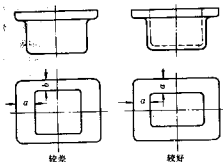
(续)

设计应注意的问题

说 明

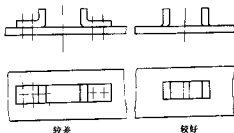
7.24 拉伸件的凸边应均匀

拉伸件周围凸边的大小尺寸和形状要合适,边宽最好相等以利于拉伸时夹紧



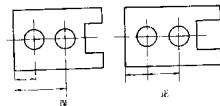
7.25 利用切口工艺可以简化结构

在薄板制造的零件表面,有时要用螺栓或焊接把一些凸块、角形铁等固定上去,改用切口以后将板弯曲,可以达到同样效果,而结构简化



7.26 冲压件标注尺寸应考虑冲模磨损

以零件的一边为基准标注尺寸,当冲模磨损后,两个尺寸的误差都会影响孔间距。如直接注明孔间距要求则能较好地保证两孔之间的距离

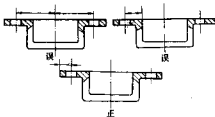


(续)

设计应注意的问题

说 明

7.27 标注冲压件尺寸要考虑冲压过程



前两种尺寸标注方法不合理, 必须将主体冲制弯曲成型后才能冲孔, 加工困难。改进后可以在板料冲裁时一并冲出, 节省工序, 提高效率

第 8 章 焊接零件毛坯的结构

焊接技术几乎完全代替了铆接,而且还能部分地代替铸造、锻造和冲压等方法制造机器零件的毛坯。焊接结构造型灵活,有美观的直线和棱角等外形,能充分发挥材料的性能,而且焊接结构是以小拼大,不需要制模,造型(翻砂)和浇铸等,生产准备周期较短,所以机械制造业中已较多地采用焊接方法制造零件毛坯,尤其当零件尺寸较大,形状较简单,机加工面积较小,且为单件小批量生产时,采用焊接结构会更为合理和更经济。

焊接件多由钢板或型钢焊接而成,对于形状复杂的可以采用铸(钢)焊结构。由于钢的强度和弹性模量都高于铸铁,所以焊接件可以提高承载能力、减轻质量。但焊件钢件对振动的阻尼性能不如铸铁。

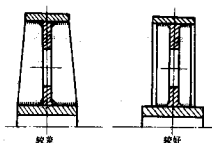
设计应注意的问题	说 明
8.1 合理设计外形	焊接件应尽量采用直线轮廓,以提高焊接工艺性,并使造型美观。其结构最好能用各种标准的型钢或钢板拼焊而成,其种类和尺寸型号也应尽量少。只有当必要时,才用铸焊结构

(续)

设计应注意的问题

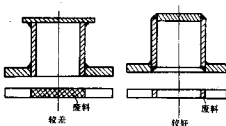
说 明

8.2 减少边角料



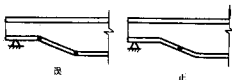
用钢板焊制零件时，尽量使所用板料形状规范，以减少下料时产生边角废料

8.3 采用套料剪裁



设计时设法搭配各零件的尺寸，使有些板料可以采用套料剪裁的方法制造，以减少边角料。如图所示，原设计底板冲下的圆板为废料。改进后，可以利用这块圆板制成零件顶部的圆板，废料大为减少

8.4 断面转折处不应布置焊缝



一般情况下不应在断面转折处布置焊缝。如确实需要，则焊缝在转折处不应中断，否则容易产生裂纹

(续)

设计应注意的问题

说 明

8.5 焊件不能不顾自己特点, 简单模仿铸件



铸件改为焊件时, 应保证焊接件的刚度。如图所示机座的地脚部分改为焊件时, 由于钢板较铸件壁薄, 为保证焊件的刚度, 可将凸台设计成双层结构, 并增设加强肋

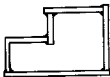
8.6 截面形状应有利于减少变形和应力集中



较好

较好

焊接件设计应具有对称性。焊缝布置与焊接顺序也应对称。这样, 就可以利用各条焊缝冷却时的力和变形的互相均衡, 以得到焊件整体的较小变形



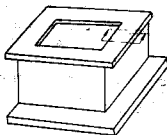
较差

(续)

设计应注意的问题

说 明

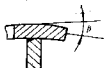
8.7 正确选择焊缝位置



选择好焊缝位置可以减少变形量。图中底座顶板内侧刚度大,在内侧开坡口,在内侧焊接可以减小变形量。内侧焊接顶板变形角度为 β ,外侧焊接顶板变形角度为 α ,而 $\beta < \alpha$ 。内侧焊接时,使顶板比较平直



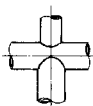
较差



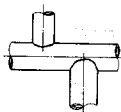
较好

8.8 不要让焊接影响区相距太近:

为使热影响减小,各条焊缝应相互错开,以免影响区相距太近,使变形太大,强度降低



较差



较好

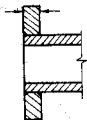
(续)

设计应注意的问题

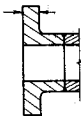
说 明

8.9 注意焊缝受力

避免焊缝承受剪力或集中载荷,避免在应力最大的部位布置焊缝。如焊接法兰避免焊缝受剪力,不要在简支梁受弯曲应力最大的部位布置焊缝



较差



较好



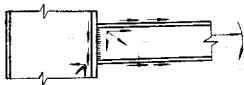
较差



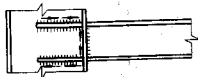
较好

8.10 焊缝的加强肋布置要合理

合理布置加强肋可以提高焊接件强度和刚度,反之不但不起作用,甚至引起更大的焊接变形。受力集中处的焊缝应增设加强肋以改善焊缝的受力状况,使水平梁上下翼板的力通过隔板传递到立柱两侧

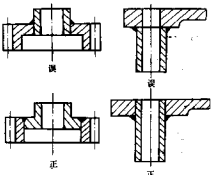
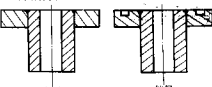
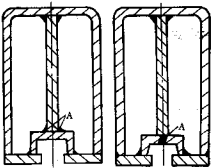


较差



较好

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>8.11 减小焊缝的受力</p>  <p>误</p> <p>正</p>	<p>焊缝应安排在受力较小的部位,如轮毂与轮圈之间的焊缝应尽量安排在距回转中心远一些的部位。套管与板的联接,应将套管插入板孔,进行角焊,这种结构可以减小焊缝受力</p>
<p>8.12 减小热变形</p>  <p>较差</p> <p>较好</p>	<p>较差的图中为刚性接头,焊接时产生的热应力较大,零件的热变形也较大。改用弹性较大的结构,如在环上开一个槽以增加零件的柔性,则成为弹性接头,可以减小热应力,或使热变形显著减小</p>
<p>8.13 合理利用型材,简化焊接工艺</p>  <p>较差</p> <p>较好</p>	<p>较差的图中下部的封口用热轧普通槽钢, A 处焊接困难,若改为两条角钢焊接,则 A 所指处焊接较方便</p>

(续)

设计应注意的问题

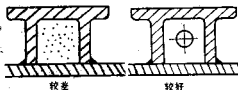
说 明

8.14 焊缝应避开加工表面



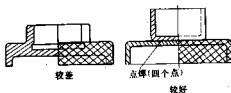
加工表面如果距焊缝太近,则焊缝的热影响区或热变形会对加工面有影响。采用焊接后加工,也是一种避免焊接变形影响的方法

8.15 考虑气体扩散



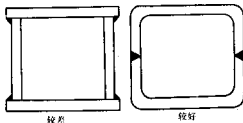
焊接密闭容器时,应考虑焊接时容器中的气体是否能释放出来。较差的图中所示结构气体释放不好,不易焊牢,若预先设计一放气孔,使气体能够释放,则有利于焊接

8.16 可以用冲压件代替加工件



较差的图所示是棒料经过机加工而成的小手轮(最大直径 $\phi 50\text{mm}$)。若将它分为两个部分,各用拉延方法制造,可以大量节约材料和机加工工作量

8.17 采用板料弯曲件以减少焊缝



用钢板焊接的零件,如改为先将钢板弯曲成一定形状再进行焊接,不但可以减少焊缝,而且可使焊缝对称和外形美观

第9章 机械加工件结构设计

大部分机械零件都要经过机械加工才能装在机械上使用，机械加工常是装配前的最后工序，因此，机械加工的质量和成本对机械零件以至整个机器的质量和成本有极大的影响。此外，机械加工工艺复杂，所用的机床、刀具、夹具、量具形式很多，它们的性能、特点、加工精度、生产率各不相同。有些热处理（如淬火、人工时效等）要穿插在加工过程中进行。因此设计机械零件时，必须仔细考虑机械加工工艺问题。

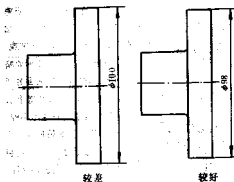
机械加工件结构设计必须由功能要求出发，确定工件的尺寸、形状、精度、表面粗糙度、硬度、强度等。再明确所需的数量和预期的成本要求等条件，以决定加工装配应采用的加工方法与设备。

由于加工、装配自动化程度的不断提高，机械人、机械手的推广应用，以及新材料、新工艺的出现，出现了不少适合于新条件的新机械结构，与传统的机械加工件有较大的差别，这是必须予以注意和仔细研究的。

设计应注意的问题

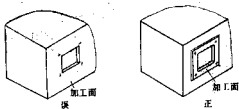
说 明

9.1 注意减小毛坯尺寸



凸缘由圆钢直接车制而成,如设计最大直径为 $\phi 100\text{mm}$ 则要用 $\phi 105$ 或 $\phi 110\text{mm}$ 的圆钢加工。如最大直径为 $\phi 98\text{mm}$, 则可以用 $\phi 100\text{mm}$ 的圆钢加工,可节省大量钢材

9.2 加工面与不加工面不应平齐



在一太平面上,如有一小部分要加工,则该面应突出在不加工表面之上,以减小加工工作量

9.3 减小加工面的长度



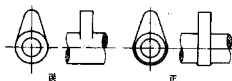
两表面配合时,配合面应精确加工,为减小加工量应减小配合面长度。如配合面很长,为保证配合件稳定可靠,可将中间孔加大,中间部分不必精密加工。加工方便,配合效果好

(续)

设计应注意的问题

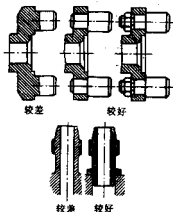
说 明

9.4 不同加工精度表面要分开



两表面粗糙度不同时,两表面之间必须有明确的分界线。这样,不但加工方便,而且形状美观。如图,凸轮工作表面要精加工,必须与轴表面分开

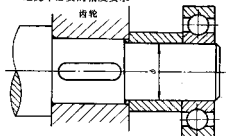
9.5 将形状复杂的零件改为组合件以便于加工



在一带轴的凸缘上有两个偏心的圆柱形小轴,加工困难。如果把这一零件改为组合件,小轴用装配式结构装上去,可以改善工艺性


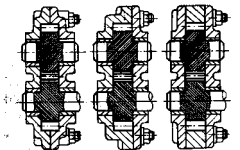

又如在较大机座上,有薄壁的管形零件,因与主体部分尺寸差别大,加工不便,改为装配件,另作一个管件安装在机座上较为合理

9.6 避免不必要的精度要求

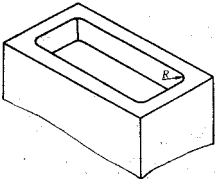
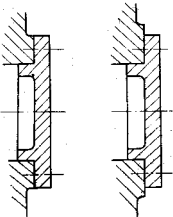


在不降低机械性能的前提下,应尽量减少要求的精度项目和各项精度要求的数值。如图中所示的轴系结构中,用套筒在齿轮与滚动轴承之间作为定位套。如将套内径与轴之间取较紧密的配合,则不仅要求套筒两端面平行,而且要求孔与端面垂直。如安排套筒与轴之间有较大间隙的配合,则只要求套筒两端面有足够的平行度即可

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>9.7 刀具容易进入或退出加工面</p>  <p>误 正</p>	<p>刀具进入或退出加工面时,都要求有一定的运动空间,设计时应保留足够的间隙</p>
<p>9.8 避免加工封闭式空间</p>  <p>误 较差 正</p>	<p>加工出有底的槽形凹空即称为封闭式空间。对这种空间一般只能用立式铣床加工,加工效率低,深度、形状也有较大的限制。尤其当要求加工两个相互对准的形状一致的凹槽时,更加困难,宜采用穿通式结构</p>
<p>9.9 避免刀具不能接近工件</p>  <p>误 正 正 误 正 正</p>	<p>机械加工所用的刀具、机床都有一定的结构和尺寸。加工部位周围如果有长的壁或上下有凸台,都可能妨碍刀具的运动,甚至无法加工。为此应设置必要的工艺孔、槽,或改变结构形状</p>

(续)

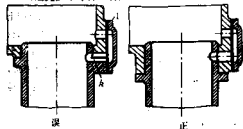
设计应注意的问题	说 明
<p>9.10 不能采用与刀具形状不适合的零件结构形状</p> 	<p>如图所示的矩形槽,由立铣刀加工而成,槽四角的圆角半径,应等于铣刀半径,如要求的半径很小,则加工速度很慢而且刀具容易损坏。凹下的方形孔加工应尽量避免</p>
<p>9.11 要考虑到铸造误差的影响</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>铸造零件的误差是比较大的,在设计铸件加工面时必须充分考虑。如轴承端盖与箱体上的凸台相配,但箱体上凸台的位置难以作到十分准确,如端盖凸缘与凸台直径设计成正好相等,则往往会出现端盖凸出到凸台以外的情况。因此铸造的凸台直径应该大一些</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

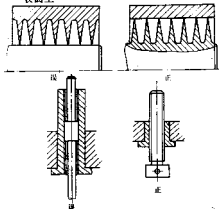
9.12 避免多个零件组合加工



如图所示,要求在由两个零件组合而成的零件上,钻孔、加工平面,由于在生产中必须配在一起加工、装配,因而不能具有互换性,而改进后则工艺性得到改善

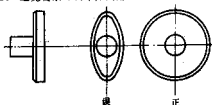
只有在特殊情况下选用组合零件加工才是有利的,如减速箱的剖分式箱体,键装式蜗轮等

9.13 复杂加工表面要设计在外表面而不要设计在内表面上



轴类零件比孔的加工容易。因此当两个轴、孔形状的零件配在一起,它们中间有一些比较复杂的结构时,把这些结构设计在轴上,往往比设计在孔的内表面更好

9.14 避免复杂形状零件倒角



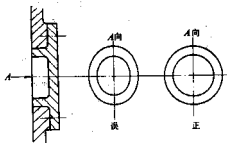
复杂形状的零件倒角加工困难。如椭圆形等复杂形状,难以用机械加工方法倒角,用手工方法倒角,很难保证加工质量

(续)

设计应注意的问题

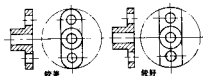
说 明

9.15 必须避免非圆形零件的止口配合



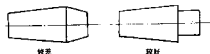
在箱形零件表面有一凸缘与之相配。为使配上之量定位准确,除用螺钉固定外,设计有止口配合,此配合孔宜用圆形,不宜用矩形、正方形、椭圆形等其他形状

9.16 避免不必要的补充加工



有些零件的形状变化并不影响其使用性能,在设计时应采用最容易加工的形状。如图中所示的凸缘,是用先加工成整圆,切去两边再加工两端圆弧的方法。不进行两端圆弧的补充加工,并不影响使用性能

9.17 避免无法夹持的零件结构



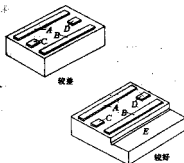
机械零件在加工时(如车削时)必须夹持在机床上,因此机械零件上必须有便于夹持的部位。另外,夹持零件必须有足够大的支持力,以保证在切削力作用下,零件不会晃动。因此零件应有足够的刚度,以免产生夹持变形

(续)

设计应注意的问题

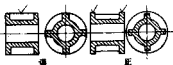
说 明

9.18 避免无测量基面的零件结构



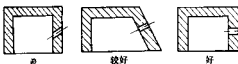
零件的尺寸或形位误差要求设计,必须考虑测量时有必要的测量基面。如图中所示铸铁底座,要求A、B两个凸台表面平行(上面安装滚动导轨),并要求C、D两个凸台等高而且平行(上面放丝杆的轴承座)每个面都很窄(宽度都是20mm)。以上平面的平行度测量困难,如果设置一个测量基面E,则测量大为改善。

9.19 避免加工中的冲击和振动



车、磨等工艺是连续切削,工作中没有振动,易得到光洁表面。但如设计结构不当,会产生不连续的切削,因而产生振动,不但影响加工质量,而且降低刀具寿命。如图所示的肋在车削外圆时即产生冲击,降低肋的高度可避免加工时的冲击和振动。

9.20 避免在斜面上钻孔



在斜面上钻孔不但位置不准,而且容易损伤刀具,应尽量避免,可用改变孔的位置或改变零件表面形状,使零件表面与孔中心线垂直来解决。

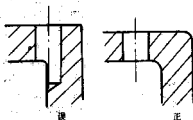
(续)

设计应注意的问题

说 明

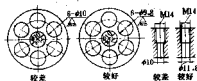
9.21 通孔的底部不要产生局部未钻通

如图之通孔,底部有一部分未钻通,钻孔时产生不平衡力,易损坏钻头,应尽量避免



9.22 减少加工同一零件所用刀具数

加工一个零件所用刀具数应少,以提高效率。如图所示为一阀座,中间孔 $\phi 10H7$ 阀杆与之相配,粗糙度 $R_{a3.2\mu m}$ 。周围六孔为液体流动通道, $\phi 10$ 粗糙度 $R_{a25\mu m}$ 。加工时要用不同的钻头。如将周围的孔改为 $\phi 9.8$,不影响使用性能,则中间孔同样用 $\phi 9.8$ 钻头钻孔后,再铰制即可。又如图中所示螺纹孔, M14, 下面有一光孔 $\phi 10$, 如将光孔改为与螺纹孔螺纹内径钻孔一致 ($\phi 11.8$), 则加工方便

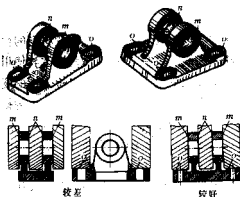


(续)

设计应注意的问题

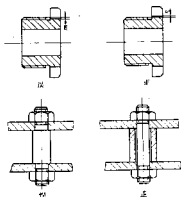
说 明

9.23 避免加工中的多次固定



在加工机械零件的不同表面时,应避免多次装夹。希望能在一次固定中加工尽可能多的零件表面。这样,不但可以节约加工时间,而且可以提高加工精度。如图中所示的机座,原设计在加工孔端面以后,要将零件转过 90° ,才能加工地脚螺钉凸台面。改进后可在一次加工中完成

9.24 注意使零件有一次加工多个零件的可能性



如图中所示的螺母,扳手槽底比螺纹顶低一个尺寸 m ,槽只能用低生产率的加工方法(如插)逐个加工。改用新结构,即可几个串在一起加工。又如图中所示的定位轴,尺寸要求准确,如改为把定位套和固定螺柱分为两个,定位套可用平面磨床大量加工

第10章 热处理和表面处理件结构设计

热处理是机械零件加工的重要工序。它能改变材料的性质，从而提高机械零件的强度、硬度、韧性、耐磨性和使用寿命。但热处理，尤其是淬火处理，常会引起机械零件的变形，使其精度降低，产生很大的内应力甚至发生裂纹。为提高零件的质量，必须考虑尽量减小热处理引起的内应力和变形。为提高零件精度，必须对淬火后的零件进行精加工。因此热处理在机械加工工艺过程中成为一个重要的考虑因素。

表面处理多用于紧固件（如螺钉、螺母、垫圈）、操作件（手柄）及防护板等。对于小型机械、仪器仪表更应特别注意零件表面处理的设计。经表面处理后零件外形美观，可以防锈，氧化处理（发蓝）等则可以避免反光。常用的表面处理方法有：

钢—镀锌、铬、镍、镉、铜、磷化、氧化（发蓝）等。

铜及铜合金—镀镍、铬、镉、锌、氧化等

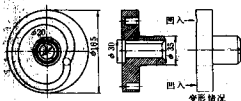
铝及铝合金—电化学氧化着色、化学氧化等。

应按使用要求选用表面处理方法。

设计应注意的问题

说 明

10.1 避免零件各部分壁厚悬殊



同一零件各部分如果壁厚相差太多,则在淬火时冷却速度差别很大,因而产生变形、内应力、甚至开裂。

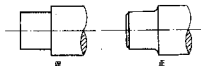
如图中所示凸轮,原设计为15号钢渗碳淬火,要求凹槽硬度59~62HRC。由于凹槽底太薄,淬火后变形向里凹入,加厚槽底可以得到改善。

又如图中所示齿轮,将不通孔改为通孔并改变齿轮结构使热处理性能改善。

10.2 要求高硬度的零件(整体淬火处理)尺寸不能太大

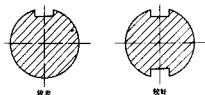
直径或厚度很大的零件,冷却速度不可能很快,因而在淬火时不能达到预期硬度。对于这种零件宜采用表面淬火。

10.3 应避免尖角和突然的尺寸改变

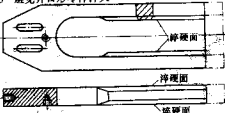
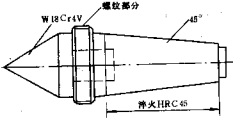
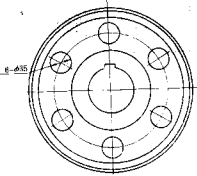


零件边缘处的尖角和尺寸改变处(如阶梯轴),由于淬火时应力集中容易产生裂纹。这些地方应该有较大的过渡圆角。更应避免阶梯轴相邻两段轴径尺寸变化过大。

10.4 避免采用不对称的结构

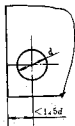
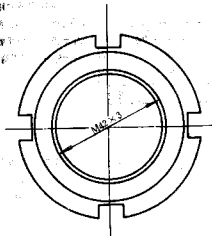


图中所示长轴断面上有一个键槽,由于形状不对称,淬火时变形较大。改为两个对称布置的键槽时,变形减小。

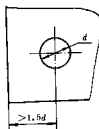
设计应注意的问题	说 明
<p>10.5 避免开口形零件淬火</p> 	<p>开口形零件淬火变形很大。可在机械加工成形后,开口处作成封闭结构(保留一小部分材料或用铜焊联接),淬火后再切开。如图中所示叉形零件用 T8A 钢制造,硬度 58~62HRC,平行度公差 0.15mm,先加工成封闭结构,淬火后再切开。</p>
<p>10.6 避免淬火零件结构太复杂</p> 	<p>淬火零件在加热后骤冷,容易产生变形、内应力或裂纹,零件愈复杂,愈难以控制。如图所示磨床顶尖,原设计用合金工具钢 W18Cr4V 制造,整体淬火,经常出现裂纹。修改后改为组合结构,头部仍用 W18Cr4V 制造,尾部用 45 号钢制造,用过盈配合联接,不但能避免产生裂纹,而且节约合金钢材。</p>
<p>10.7 避免零件刚度过低,产生淬火变形</p> 	<p>如图示齿轮高频淬火后靠近 $\phi 35$ 孔处的齿轮轮齿发生下凹,改为高频淬火后加工六个 $\phi 35$ 孔,淬火时齿轮刚度加大,变形减小。因此对一些较薄的轴套等零件,采用表面高频淬火,心部硬度较低,可以淬火后再加工孔。</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>10.8 采用局部淬火以减少变形</p>	<p>图中所示圆螺母, 容易变形。它只要求四个槽有高硬度 (35~40HRC), 即可满足使用要求。因而采用槽口高频淬火, 以减小变形。把螺纹 M42×3 留在淬火后加工, 可以进一步减小淬火变形</p>
<p>10.9 避免孔距零件边缘太近</p>	<p>孔距零件边缘太近时淬火变形很大。应保证孔中心与零件边缘的距离大于孔直径的 1.5 倍</p>



误



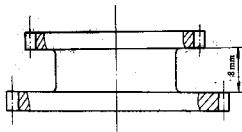
正

(续)

设计应注意的问题

说 明

10.10 高频淬火齿轮块两齿轮间应有一定距离



二联或三联齿轮块,当齿轮外径相近时,两相邻齿轮之间的距离不应小于 8mm。否则由于淬火时相互影响使齿轮硬化层不均匀

10.11 电镀钢零件表面不可太粗糙

钢零件表面如太粗糙,电镀不能覆盖加工刀痕,镀后外观很差

10.12 电镀的相互配合零件在机械加工时应考虑镀层厚度

两个相配的零件如轴与孔、螺钉与螺母,机械加工尺寸的确定必须考虑镀层厚度,才能保证装配后达到预期的要求

10.13 注意电镀零件反光不适于某些工作条件

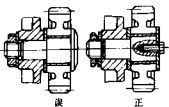
有些电镀方法(如镀亮铬)使零件对光线有较强的反射能力,它对于某些零件是不适用的,如有刻度的读数盘,应采用不反光的镀层

第11章 考虑装配和维修的机械结构设计

装配在机械制造过程的全部工作量中占有较大的比重,而且直接影响机器的质量。维修是使机器保持和恢复其使用性能,延长使用寿命的重要手段。为了提高机械的装配和维修的工艺性应考虑以下几方面:

1. 机械的零部件具有互换性,以便于装配和维修;
2. 在装配时相配零件不须进行修配;
3. 装配时操作方便,便于使用高效的装配工具和装配方法;

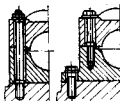
4. 机器具有单元性,可以先装成若干组件,然后进行总体装配,以加快总装速度,提高质量,维修时也可以更换部件。

设计应注意的问题	说 明
<p>11.1 拆卸一个零件时避免必须拆下其他零件</p> <div data-bbox="129 1230 580 1511"><p>误 正</p></div>	<p>在设计时应避免各零件之间的装配关系相互纠缠。其中主要零件可以单独拆装,这样就可以避免许多安装中的反复调整工作。如图中的小齿轮拆下时,不应必须拆下固定齿轮的轴。拆下轴承盖时,底座不应同时被拆动,这样在调整轴承间</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

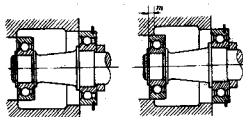


误

正

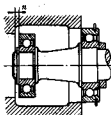
隙时,底座的位置不需重新调整

11.2 避免同时装入两个配合面



误

误



正

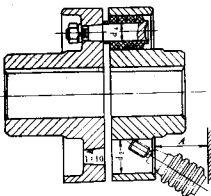
图中所示轴承与箱体相配,两个轴承同时装入,装配困难,不易同时对准。先装入外面的大轴承,则在继续打入装里面的小轴承时,装配很难观察对准情况,应该设计成两个轴承依次装入孔中,先装入里面的小轴承,后装入外面的大轴承

(续)

设计应注意的问题

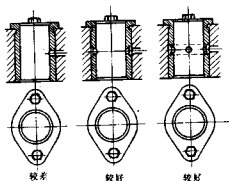
说 明

11.3 要为拆装零件留有必要的操作空间



如螺栓联接应为拧紧螺母留有必要的扳手空间,弹性套柱销联轴器的弹性柱销,应在不移动其他零件的条件下自由装拆。在联轴器标准中,尺寸 A 有一定要求,就是为拆装弹性柱销而定

11.4 避免因错误安装而不能正常工作

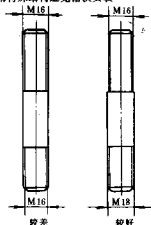


错误安装对装配者而言是应该尽量避免的。但设计者也应考虑到万一错误安装时,不致引起重大的损失,并采取适当措施,这些措施不应该是昂贵的。如图中所示轴瓦上的油孔,安装时如反转 180° 装上轴瓦,则油孔不通;造成事故,如在对称位置再开一油孔,或再加一个油槽,则可避免由错误安装引起事故

设计应注意的问题

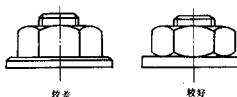
说 明

11.5 采用特殊结构避免错误安装



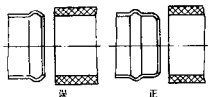
有些零件有细微的差别,安装时很容易弄错,应在结构设计中突出显示差异。如图中所示双头螺柱,两端螺纹都是 M16 但长度不同,安装时容易弄错。如将其中一端改用细牙螺纹 M16×1.5 (另一端仍用标准螺纹 M16 螺距为 2mm) 则不易错装。如将另一端改为 M18 则更不易装错,但加工较难。

11.6 采用对称结构简化装配工艺



如图中所示的螺母与垫圈,在改进后,两面对称,不必判别方向,装上即可。这种结构对自动化装配更为重要,可以省去一个判断零件正反方向的步骤。有人提出考虑装配方便设计“傻瓜装配”的结构设计思想。

11.7 柔性套安装时要有引导部分



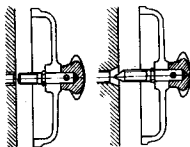
如图所示要求将橡胶套安装在钢管上,如果没有引导部分则安装困难。

(续)

设计应注意的问题

说 明

11.8 难以看到的相配零件,要有引导部分

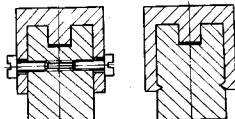


误

正

如图所示的螺栓,要装入螺纹孔中,但装配时难以观察到其配合情况,因而难以对准装入。设计一个引导锥形头和锥孔以后,安装方便

11.9 为了便于用机械手安装,采用卡扣或内部锁定结构



较差

较好

对于用机械手安装的零件,采用止口定位,螺钉固紧的结构不便于安装。采用卡扣或内部锁定结构,一经压入便联接牢固,是值得推荐采用的结构

11.10 紧固件头部应具有平滑直边,以便拾取



较差

用机械手装配的紧固件头部不应该采用半球形、锥形等形状,不便于抓取。应该用六角形、圆柱形钉头

(续)

设计应注意的问题

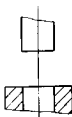
说 明



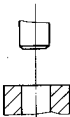
较好

11.11 零件安装部位应该有必要的倒角

对用机械手安装的零件应该有倒角,以保证零件装入时的柔顺性。如果有一个零件有倒角,则装配柔顺性较好,如两个零件都有倒角则柔顺性很好



差



较好



很好

11.12 自动上料机构供料的零件,应避免缠绕搭接

用自动上料机构供料的自动装配机构(如用振动式料斗供料),应避免零件在运动中互相缠绕搭接,以致必须人工将它们分开



误



正

(续)

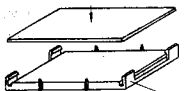
设计应注意的问题

说 明

11.13 简化装配运动方式



避免:插入需三个方向运动



改进:只需单方向运动插入

对于需要联接固定的零件装配时,应尽量减少装配运动方式,这对自动化装配尤为重要。如图中所示结构,把原来的结构改为卡扣联接,把原来需要作三个方向的运动改为一个方向的运动,使装配操作大为简化

11.14 对一个机械应合理划分部件

一台机械设备如果能合理地划分为若干部件,分别平行作业进行装配,然后总装,可以减少装配时间。在修理时,可以更换损坏的部件,加快修理进度、提高修理质量

11.15 尽量减少现场装配工作量

有些设备,如重型机床、起重机械、矿山设备等,必须分为若干部分运至现场进行装配。现场与制造厂条件不同,困难较多,应尽量减少现场装配工作

11.16 尽量采用标准件

标准件对于修配特别重要,采用标准件便于修理和更换

11.17 零件在损坏后应易于拆下,回收材料

在设计时应考虑到由于磨损、疲劳等原因使零件失效,甚至整机报废后,机械零件(尤其是由贵重材料制成的零件)应易于拆下。可以按类分组,回收再用

第 12 章 螺纹联接结构设计

螺纹联接是在机械及仪器中广泛采用的一种联接方式。螺纹联接，工作可靠，拆装方便，标准化程度高，有多种结构形式（还不断出现新结构）可以满足各种工作要求。因此，正确使用螺纹联接对设计是十分重要的。

为了螺纹联接能正常工作，要求螺纹联接有足够的强度，在工作时不会自动松脱，加工（包括加工被联接零件上的孔、凸台等）方便，拆装容易，螺栓布置合理，标准选用恰当。此外，还应正确地确定螺纹联接件的材料、热处理、表面处理（镀层、氧化等）等要求。

在同一机械上，螺纹联接件的种类、形状、尺寸、材料和热处理方法等不宜选用过多。同一组的螺栓联接件应完全一致。

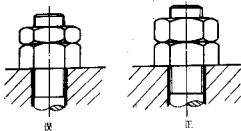
对振动较大或螺纹松脱后会引起严重后果的场合，必须注意防松装置的设计。

由于螺纹联接件是大量使用的，应注意经济性，包括对螺纹联接件本身及被联件上孔、凸台的加工，以及装配、修理等费用，作全面的分析。

设计应注意的问题

说 明

12.1 对顶螺母高度不同时,不要装反

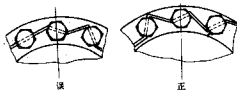


误

正

使用对顶螺母是常用的防松方法之一,两个对顶螺母拧紧后,使旋合螺纹间始终受到附加的压力和摩擦力的作用,根据旋合螺纹接触情况分析,下螺母螺纹牙受力较小,其高度可小些。但是,使用中常出现下螺母厚,上螺母薄的情况,这主要是由于扳手的厚度比螺母厚,不容易拧紧,通常为了避免装错,两螺母的厚度取相等为最佳方案

12.2 防松的方法要确实可靠



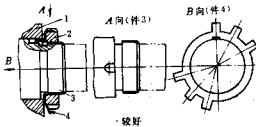
误

正

用钢丝穿入各螺钉头部的孔内,将各螺钉串起来,以达到防松的目的时,必须注意钢丝的穿入方向

采用止动垫圈防松时,如果垫圈的舌头没有完全插入轴侧的竖槽里则不能止动

使用新螺母止动垫圈,轴槽加工量较少,省去了麻烦的去螺纹毛刺工作,防松的可靠性达到100%,对轴强度削弱较少



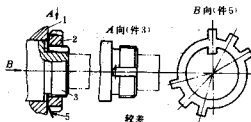
较好

1—被紧固件 2—圆螺母 3—轴 4—新型圆螺母止动垫圈 5—圆螺母止动垫圈(GB858--76)

(续)

设计应注意的问题

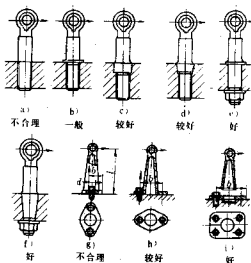
说明



1—被紧固件 2—圆螺母 3—轴 4—新型圆螺母
止动垫圈 5—圆螺母止动垫圈 (GB858—76)

12.3 受弯矩的螺杆结构, 应尽量减少螺纹受力

主要考虑螺钉的受力条件, 其中 a)、g) 螺钉所受应力大, e)、f) 圆柱和圆锥配合面抗弯强度高, 结构最为合理, i) 采用了四个螺钉, 提高了强度

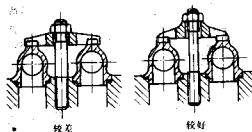


(续)

设计应注意的问题

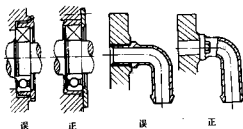
说 明

12.4 避免螺杆受弯曲应力



螺栓受弯曲应力时,强度将受到严重削弱。当两个零件高度不等,使压板歪斜时,在拉杆中引起弯曲应力,在螺母下放一球面垫圈,压板端部设计为球面,可以避免产生弯曲应力

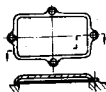
12.5 避免用螺纹件定位



螺纹联接一般不能保证准确的对中,因为不可避免地有中径误差和间隙

弯曲的管道与机座之间不应采用螺纹联接,因为无法保证管道正好位于要求的方向,改用靠配合联接或用凸缘加螺栓固定较合理

12.6 螺钉应布置在被联接件刚度最大的部位



螺钉布置在被联接件刚度较小的凸耳上不能可靠地压紧被联接件

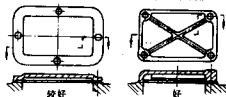
加大边缘部分的厚度,可使结合面贴合得好一些

(续)

设计应注意的问题

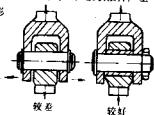
说 明

12.6 螺钉应布置在被联接件刚度最大的部位



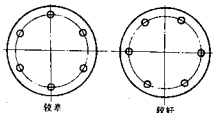
在被联接件上面加十字或交叉对角线的筋,可以提高刚度,提高螺钉联接的紧密性

12.7 避免在拧紧螺母(或螺钉)时,被联接件产生过大的变形



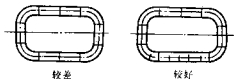
由于螺钉的预紧力过大,使叉形零件变形,杆件不能灵活转动,加一套筒撑住叉形零件,使叉形零件变形受到限制,保证了转动的灵活性

12.8 法兰螺栓不要布置在正下面



法兰的正下面的螺栓容易受泄水的腐蚀,而影响螺栓的连接性能,且易产生泄漏,适当改变螺栓布置,效果较好

12.9 侧盖的螺栓间距,应考虑密封性能



侧面的观察窗等的盖子,即使内部没有压力,也会有油的飞溅等情况,从而产生泄漏,特别是在下半部分产生泄漏

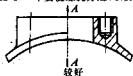
为了避免泄漏需要把下半部分的螺栓间距缩小,一般上半部的螺栓间距是下半部分间距的两倍

(续)

设计应注意的问题

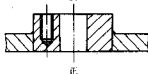
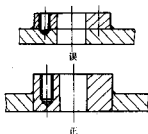
说 明

12.10 不要使螺孔穿通,以防止泄漏



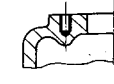
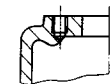
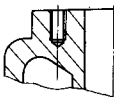
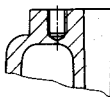
在壁厚不够的位置尽量不开螺孔。(或者不开通孔), 否则容易发生泄漏现象。因为螺栓与螺纹孔之间有间隙(主要在螺纹顶部及根部), 由此可以产生泄漏

12.11 螺纹孔不应穿通两个焊接件



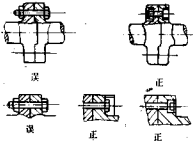
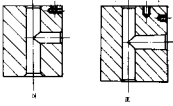
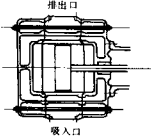
对焊接构件, 螺孔即不要开在搭接处又不要穿通, 防止泄漏和降低连接强度

12.12 对深的螺孔, 应在零件上设计相应的凸台



对于较深的螺孔需要有凸台结构, 为了防止由于凸台错位而造成螺孔穿通, 设计时要留出一定的余量

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>12.13 高速旋转体的紧固螺栓的头部不要伸出</p> 	<p>如果高速旋转轴的联轴器的螺栓的头部、螺母等超出法兰面,由于高速旋转而搅动空气,造成不良影响且也是不安全因素</p>
<p>12.14 螺孔要避免相交</p> 	<p>轴线相交的螺孔碰在一起,削弱机体的强度和螺钉的连接强度</p>
<p>12.15 避免螺栓穿过有温差变化的腔室</p> 	<p>如图所示,当螺栓穿过按环圈分为三块的压缩机气缸时,穿过吸入侧的螺栓,在停止和运转时的温度变化不大,因为这一部分的气缸有水冷却,穿过排出侧腔室的螺栓,由于湿度的变化使拉紧的螺栓松弛,再拧紧又增加了应力,因此,在这样的地方要避免使用螺栓,在不得已的情况下,使用高强度螺栓</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

12.16 靠近基础混凝土端部不宜布置地脚螺栓



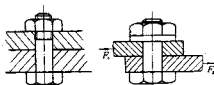
较差

较好

如果在混凝土基础的端部设置有轴承等,常常容易使混凝土破损

解决办法是最好尽量远离基础端部,在不得已靠近端部时,要把混凝土基础加厚,提高强度

12.17 受剪螺栓钉杆应有较大的接触长度

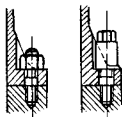


一般

好

螺栓螺纹部分在螺母支承面以下的余留长度和伸出螺母的高度,都应按标准。用受剪螺栓连接时,此余留螺纹长度应尽可能小,可以采用补偿垫圈容纳螺纹收尾,以使被连接部分的孔壁全长都与螺栓杆接触

12.18 考虑螺母拧紧时有足够的扳手空间



较差

较好

部分箱体的接合面法兰部分和箱体壁面有壁厚差,因为希望壁厚变化尽量平缓,又希望螺栓中心尽量接近壁面,还希望缩小螺栓间距,因此容易造成螺孔非常深,或由于螺母太靠近壁面而扳手空间不够而不容易拧紧,甚至拧不紧。可以设法提高钉头或螺母的位置,以加大扳手空间

(续)

设计应注意的问题

说 明

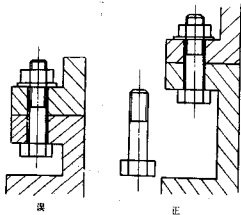
12.19 法兰结构的螺栓直径、间距及联接处厚度要选择适当

对于有压力密封要求的联接,螺栓强度、法兰的刚性、螺栓的紧固操作三个要素中任何一个要素不适当,都会影响在密封面全长上接触压力的均匀性。化工设备的管接头法兰或换热器的设计要执行规定的有关标准。

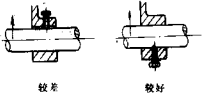
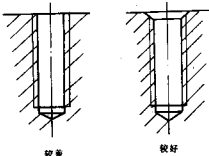
两开箱体的轴承安装处,为了防止发生泄漏,也要保证一定的螺栓间距。

12.20 要保证螺栓的安装与拆卸的空间

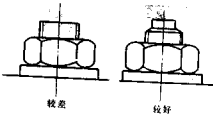
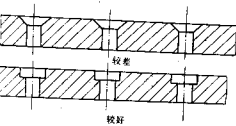
进行结构设计时要留出螺栓的安装与拆卸的空间,以保证螺栓在装拆时有足够的空间使螺栓能顺利地装入或取出。



(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>12.21 紧定螺钉只能加在不承受载荷的方向上</p> <div data-bbox="122 294 660 541">  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 较差 较好 </div> </div>	<p>使用紧定螺钉进行轴向定位止动时,要在不受轴的载荷作用的方向进行紧定,否则会简单地压坏,不起紧定作用</p> <p>当轴承受变载荷时,用紧定螺钉止动是不合适的</p>
<p>12.22 铝制垫片不宜在电器设备中使用</p>	<p>拧紧螺母时,其支承面与垫片有相互擦动,使铝制垫片表面有一些屑末落下,如落至电器系统中,会引起短路</p>
<p>12.23 表面有镀层的螺钉,镀前加工尺寸应留镀层裕量</p>	<p>表面镀铬或镍的螺钉,镀层厚度可达0.01mm左右。在制造这种螺钉时,应留有足够的裕量,使镀后尺寸符合国家标准,镀前切削加工尺寸必须留有裕量</p>
<p>12.24 螺孔的孔边要倒角</p> <div data-bbox="103 1181 660 1594">  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 较差 较好 </div> </div>	<p>螺纹孔孔边的螺纹容易碰坏,碰坏后产生装拆困难,将钉孔口倒角可以避免</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
12.25 螺杆顶端螺纹有碰伤的危險时,应有圆柱端以保护螺纹	<p>螺杆头部为平端时,螺纹易被碰坏,使螺母较拆困难。在螺杆端部倒角,并设置圆柱以保护螺纹</p>
 <p>较差</p> <p>较好</p>	
12.26 用多个沉头螺钉固定时,各埋头不可能都贴紧	<p>用多个锥端沉头螺钉固定一个零件时,如有一个钉头的圆锥部分与钉头锥面贴紧,则由于加工孔间距误差,其它钉头不能正好贴紧。如改用圆柱头沉头螺钉固定,则可以使每个螺钉都压紧,而使固定比较可靠</p>
 <p>较差</p> <p>较好</p>	

第 13 章 定位销、联接销结构设计

常用的销钉是圆柱销和圆锥销。圆锥销直径公差有 $u8$ 、 $m6$ 、 $h8$ 、 $h11$ 等四种。圆锥销有 $1:50$ 的锥度。销孔都需要铰制。圆锥销定位精度较高。

对于在加工、装配、使用和维修过程中，需要多次装拆而能准确地保持相互位置的零件，采用定位销来确定零件的相互位置。因此要求定位销定位准确，装拆方便。

销钉也可以用于传递力或转矩，如两块板搭接用螺钉联接传递横向力时，可以用销钉作为辅助的传力装置。对于轴毂联接可以用轴向或径向销来传递转矩。

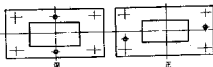
设计时应注意使销钉定位有效，装拆方便，受力合理，还应注意不要因为在零件上有销钉孔而使零件强度严重削弱，导致断裂失效。

为了装拆方便，还有弹性圆柱销，可多次装拆但定位精度较差。槽销上有三条纵向沟槽，销孔不必铰制，不易松脱，用于有严重振动和冲击的场合。

设计应注意的问题

说 明

13.1 两定位销之间距离应尽可能远



为了确定零件位置，常用两个定位销。这两个定位销在零件上的位置，应尽可能采取距离较大的布置方案。这样可以获得较高的定位精度。

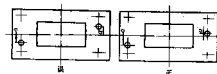
(续)

设计应注意的问题

说 明

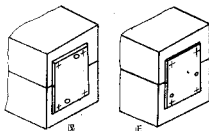
13.2 对称结构的零件, 定位销不宜布置在对称的位置

对称结构的零件, 为保持与其他零件的准确的相对位置, 不允许反转 180° 安装。因此定位销不宜布置在对称位置, 以保证不会反转安装



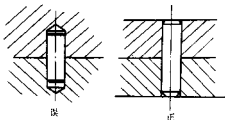
13.3 两个定位销不宜布置在两个零件上

如图所示的箱体由上下两半合成, 用螺栓联接 (图中未表示), 侧盖固定在箱体侧面, 不宜在上下箱体各布置一个定位销, 一般以固定在下箱上比较好



13.4 相配零件的销钉孔要同时加工

对相配零件的销钉孔, 一般采用配钻、铰的加工方法, 以保证孔的精度和可靠的对中性。用划线定位, 分别加工的方法不能满足要求

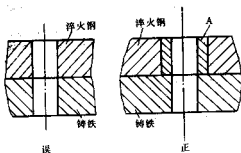


(续)

设计应注意的问题

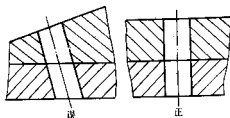
说 明

13.5 淬火零件的销钉孔也应配作



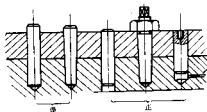
淬火零件的销钉孔也必须配作,但淬火后不能配钻、铰,可以在淬火件上先作一个较大的孔(大于销钉直径),淬火后,在孔中装入由软钢制造的环形件 A,此环与淬火钢件作过盈配合。再在件 A 孔中进行配钻、铰(装配时,件 A 的孔小于销钉直径)

13.6 定位销要垂直于接合面




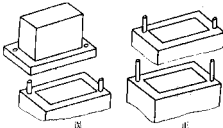
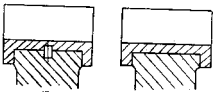
定位销与接合面不垂直时,销钉的位置不易保持精确,定位效果较差

13.7 必须保证销钉容易拔出



销钉必须容易由销钉孔中拔出。取出销钉的方法有:把销钉孔作成通孔,采用带螺纹尾的销钉(有内螺纹和外螺纹)等,对盲孔,为避免孔中封入空气引起装拆困难,应该有通气孔

(续)

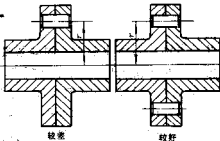
设计应注意的问题	说明
<p>13.8 在过盈配合面上不宜装定位销</p> 	<p>对过盈配合面上, 如果设置定位销, 则由于钻销孔而使配合面张力减小, 减小了配合面的固定效果</p>
<p>13.9 对不易观察的销钉装配要采用适当措施</p> 	<p>如图所示在底座上有两个销钉, 上盖上面有两个销孔, 装配时难以观察销孔的对中情况, 装配困难。可以把两个销钉设计成不同长度, 装配时依次装入, 比较容易。也可以将销钉加长, 端部有锥度以便对准</p>
<p>13.10 安装定位销不应使零件拆卸困难</p> 	<p>有时, 安装定位销会妨碍零件拆卸。如图所示, 支持转子的滑动轴承轴瓦, 只要把转子稍微吊起, 转动轴瓦即可拆下。如果在轴瓦下部安装了防止轴瓦转动的定位销, 则上述装拆方法不能使用, 必须把轴完全吊起, 才能拆卸轴瓦</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

13.11 用销钉传力时要避免产生不平衡力



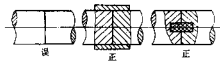
如图所示的销钉联轴器, 用一个销钉传力时, 销钉受力为 $F = T/r$, T 为所传转矩, 此力对轴有弯曲作用。如果用一对销钉, 每个销钉受力为 $F' = T/2r$, 而且二力组成一个力偶, 对轴无弯曲作用。

第 14 章 粘接件结构设计

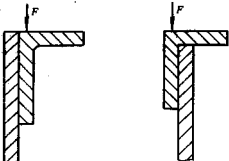


采用粘接技术可以把多种金属和非金属牢固地联接起来,而且能达到较高的强度。粘接要求的工艺、设备简单,操作方便,成本低廉,适用范围广,不需要在被联接件上钻孔,因而能充分利用被联接件的强度。此外,胶接的密封性好并有一定绝缘性。粘接的主要缺点是胶粘剂的粘接强度与高强度被联接件材料强度相比,强度还不够高,抗高、低温能力有限,在光、热、空气作用下会老化等。

胶接接头设计应注意以下原则:

1. 尽量使胶接接头承受剪力;
2. 尽量避免接头承受不均匀的扯离力、剥离力等;
3. 尽量增大胶接面积,增大胶接面宽度比增大胶接面长度好;
4. 可以采用胶-焊、胶-铆等复合接头形式以提高接头强度。

设计应注意的问题	说 明
<p>14.1 两圆柱对接时应加套管或内部加附加连接柱</p>  <p>The diagram illustrates two methods of joining two cylinders. On the left, labeled '误' (Wrong), two cylinders are shown joined by a sleeve. On the right, labeled '正' (Right), two cylinders are shown joined by an internal pin. The internal pin is shown in cross-section, passing through the center of both cylinders and secured with a nut and washer on the right side.</p>	<p>两圆柱体对接时,接触面积太小,联接强度不够。在联接处,两圆柱外面附加增强的粘接套管或在圆柱体内部钻孔,放入附加联接柱与圆柱体粘接,强度能满足要求</p>

(续)

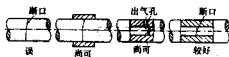
设计应注意的问题	说 明
<p data-bbox="36 239 585 272">14.2 改进粘接接头结构, 减小粘接面受力</p> <div data-bbox="72 305 699 792">  <div data-bbox="98 759 150 792">较差</div> <div data-bbox="554 759 606 792">较好</div> </div>	<p data-bbox="787 239 979 528">如图所示粘接接头, 粘接面受剪力。如改善接头结构, 使载荷由钢板承受, 则可以减小粘接接头受力</p>
<p data-bbox="36 842 528 875">14.3 对剥离力较大部分采用增强措施</p> <div data-bbox="41 916 740 1148">  <div data-bbox="119 1115 170 1148">较差</div> <div data-bbox="466 1098 518 1131">较好</div> </div>	<p data-bbox="787 842 979 1123">如图所示两个零件联接在一起端部受力较大, 容易损坏。将端部尺寸加大或增加固定螺钉, 可提高联接强度</p>
<p data-bbox="36 1189 528 1222">14.4 粘接结构与铸、焊件有不同特点</p> <div data-bbox="88 1313 673 1511">  <div data-bbox="150 1486 191 1511">铸造</div> <div data-bbox="357 1486 398 1511">焊接</div> <div data-bbox="564 1486 606 1511">粘接</div> </div>	<p data-bbox="787 1189 979 1577">粘接件由于粘接的强度比焊接低, 所以设计时应该有较大的粘接面积, 与铸件、焊接件的结构有明显的不同。另外粘接的变形较小, 可以简化零件结构</p>

(续)

设计应注意的问题

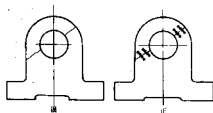
说明

14.5 粘接用于修复时不能简单地粘合,要加大粘接面积



对于产生裂纹甚至断裂的零件,可以采用粘接工艺修复。如图中所示轴断裂后的联接。采用简单除胶粘接的方法不能达到强度要求。可在轴外加一个补充的套筒(但轴外形改变了)或将断口处加工成相配的轴与孔,再粘接起来(但轴尺寸变短)。把轴断口加工得细一些,外面加一层套联接,是较好的方法

14.6 修复重型零件除粘接外,应加波形键



重型零件(如图示大型轴承座)断裂后,除用胶粘接断口外,应该用波形键联接以增加联接强度

(续)

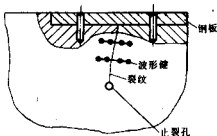
设计应注意的问题

说 明

14.7 修复产生裂纹的零件除胶粘外,还应采取其他措施

对于产生裂纹的大型零件,可采取以下综合修复措施:

1. 在裂纹末端钻止裂孔
2. 在零件表面开深 $2 \sim 3\text{mm}$ 的槽, 嵌入钢板, 用销钉固定
3. 沿裂纹开 V 形槽, 涂胶加入快干粉填充剂联接
4. 加跨裂纹的波形键 —



第 15 章 键与花键结构设计

键是常用的轴与轮毂联接方式。

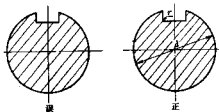
键的种类有平键、半圆键、斜键、花键等。按轴的尺寸、传递转矩的大小和性质、对中要求、键在轴上是否要作轴向移动等选择键的形式和尺寸。

键槽引起轴和轴上零件的应力集中，削弱了轴的强度，此外，有些类型的键结构和受力都不对称，使轴上零件偏离了轴的回转中心，因而产生了离心力，引起振动和疲劳。

设计应注意的问题

说 明

15.1 键槽底部圆角半径应该够大



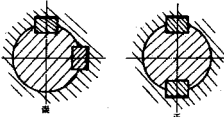
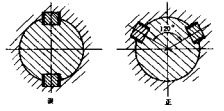
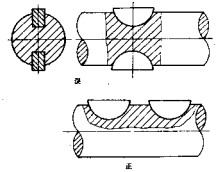
键槽底部的圆角半径 r 对应力集中系数影响很大。键槽底部的应力由两种原因引起，一是由轴所受的转矩，另外是由于键打入键槽时，如果配合很紧，则在键槽根部引起较大的应力，而上述二者联合作用，再加键槽根部应力集中的影响，对轴强度影响很大。根据资料的数据， r/d 应大于 0.03，至少应大于 0.015 (d —轴直径)。

15.2 平键两侧应该有较紧密的配合

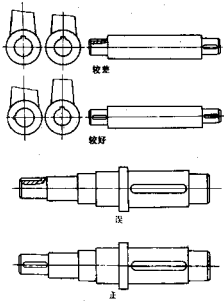
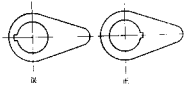


平键的两侧应该与轴和轮毂的键槽有较紧密的配合，当受冲击较大时，配合应更紧些。键的顶面与键槽底面有 0.2~0.4mm 的间隙。如能按国家标准确定键和键槽尺寸，则能保证以上要求。

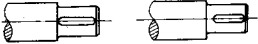
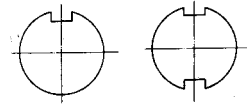
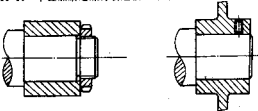
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>15.3 当一个轴上零件用两个平键时, 要求较高的加工精度</p> 	<p>轴上零件与轴如采用平键联接传递转矩, 当因转矩较大必须用双键时, 两键应位于一个直径的两端 (即相差 180°), 以保证受力的对称性。为保证两键均匀受力, 键和键槽的位置和尺寸都必须有较高的精度</p>
<p>15.4 采用两个斜键时要相距 $90^\circ \sim 120^\circ$</p> 	<p>同一零件如采用两个斜键与轴联结, 不可将两个斜键布置为相距 180°, 因为这样布置能传递的转矩与一个键相同。布置为相距 $90^\circ \sim 120^\circ$ 效果最好, 如两键相距更近, 虽对转矩有利, 但是因为键槽相距太近, 使轴强度降低较多</p>
<p>15.5 用两个半圆键时, 应在轴向同一母线上</p> 	<p>两个半圆键不宜布置在同一剖面内, 因为半圆键是靠侧面传力的, 如在一个剖面内布置则应相差 180°。但因为半圆键键槽较深, 如布置在同一剖面内, 对轴的强度削弱严重。由于半圆键长度较短, 可在同一母线上, 沿轴向安排两个键</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>15.6 轴上用平键分别固定两个零件时, 键槽应在同一母线上</p> 	<p>在一根轴上, 用平键分别固定两个零件时, 要在轴上开两个键槽, 为了铣制键槽时加工方便, 键槽应布置在同一母线上。如轴上两零件要求错开某一角度, 则以零件上键槽位置来确定轴上零件位置为好, 轴上键槽仍应在同一母线上。</p>
<p>15.7 键槽不要开在零件的薄弱部位</p> 	<p>轮毂或轴上开键槽后, 其强度即被削弱, 因此应避免在轮毂很薄、距轴上零件薄弱部位 (如齿轮的齿根, 零件上的螺钉孔、销钉孔等) 很近的地方开键槽。</p>

(续)

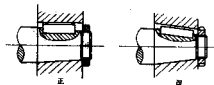
设计应注意的问题	说 明
15.8 键槽长度不宜开到轴的阶梯部位	<p>阶梯轴的两段联接处有较大应力集中。如果轴上键槽也达到轴的过渡圆角部位,则由于键槽终止处也有较大应力集中,使两种应力集中,深重叠起来,对轴的强度不利。</p>
 <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 误 正 </div>	<p>钩头斜键打入后,使轴上零件对轴产生偏心,高速零件离心力较大而产生振动,外伸钩头容易引起安全事故,高速下更危险。</p>
15.10 一面开键槽的长轴容易弯曲	<p>轴如果只有一面开有键槽,而且轴很长,则在加工时,由于轴结构的不对称性容易产生弯曲。如果在180°处对称的再开一同样大小的键槽,则轴的变形可以减轻。</p>
 <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 误 正 </div>	
15.11 平键加紧定螺钉引起轴上零件偏心	<p>用平键联接的轴上零件,当要求固定其轴向位置时,需加附加的轴向固定装置,如安装一紧定螺钉,顶在平键上面,虽可固定其轴向位置,但使轴上零件产生偏心。</p>
 <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 较好 较差 </div>	

(续)

设计应注意的问题

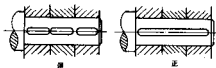
说明

15.12 锥形轴用平键尽可能平行于轴线



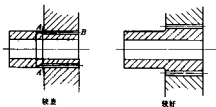
锥形轴上安装平键有两种结构, 平行于轴线的, 键槽加工方便, 但键两端嵌入高度不同。当锥度较大(大于 $1:10$) 或键较长时, 宜采用键槽平行于轴表面的结构

15.13 有几个零件串在轴上时, 不宜分别用键联接



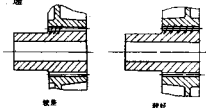
如一个轴上有几个零件, 孔径相同, 与轴联接时, 不应用几个键, 分段联接。因为由于各键方向不完全一致, 使安装时推入轴上零件困难, 甚至不可能安装, 宜采用一个连通的键

15.14 花键轴端部强度应予以特别注意



花键联接的轴上零件, 由 B 至 A , 轴所受扭矩逐渐加大, 在 AA 断面不但所受扭矩最大, 还有花键根部的弯曲应力。因此这一断面的强度必须满足, 可以把花键小径加大到比轴直径大 $15\% \sim 20\%$

15.15 注意轮毂的刚度分布, 不要使扭矩只由部分花键传递



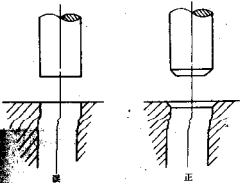
当轮毂刚度分布不同时, 花键各部分受力也不同, 应适当设计轮毂刚度, 使花键齿面沿整个长度均匀受力。原结构(左)的右部轮毂刚度很小, 主要由左部花键传力, 不合理

第 16 章 过盈配合结构设计

过盈配合联接结构简单, 加工方便, 零件数目少, 对中性好, 可以用于较高转速下传递转矩。

设计过盈配合要选择适当的配合种类和精度等级, 使其最小过盈能传递足够大的转矩, 而在最大过盈条件下, 轴与轮毂装配产生的应力不会导致失效。

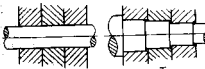
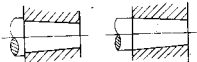
过盈配合的结构设计必须考虑装拆方便, 定位准确, 有足够的配合长度。

设计应注意的问题	说 明
<p data-bbox="32 860 410 893">16.1 相配零件必须容易装入</p> <div data-bbox="21 981 677 1476"></div>	<p data-bbox="728 860 990 1108">过盈配合件在开始装入时是比较难以顺利装入的, 因此在相配的两个零件入口处都应作出倒角, 或起引导作用的锥面</p>

(续)

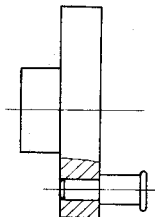
设计应注意的问题	说 明
<p>16.2 过盈配合件应该有明确的定位结构</p> <div data-bbox="56 454 709 702"> </div>	<p>过盈配合件相配时,装到什么位置合适,应该有轴肩、轴环、凸台等定位结构,装入的零件靠定位面上即为安装到位。这是因为过盈配合在压入或用温差法装配零件时,不易控制零件的位置,完成安装后,又不好调整其位置。在不便于作出轴肩、轴环、凸台时,可以用套筒、定位块定位,甚至可以在安装到位后,再把为安装方便设置的临时定位结构拆除</p>
<p>16.3 避免同时压入两个配合面</p> <div data-bbox="77 949 704 1148"> </div>	<p>两个过盈配合表面要求同时压入,安装十分困难。要求能逐个压入,而要求压入第一个配合面后,第二个配合面能够看见,以便于操作</p>
<p>16.4 对过盈配合件应考虑拆卸方便</p> <div data-bbox="108 1255 673 1577"> </div>	<p>过盈配合件由于配合很紧,拆卸往往要用较大的力,因此在零件上应有适当的结构以便于拆卸时加力</p>

(续)

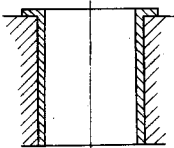
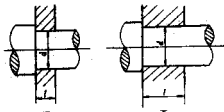
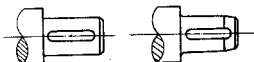
设计应注意的问题	说 明
<p>16.5 避免同一配合尺寸装入多个过盈配合件</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>如在一根等径轴上,用过盈配合安装多个零件,则它的安装、定位、拆卸都是很困难的,安装时压入的距离很长,易损伤配合面,拆卸时同样是困难的。应作成阶梯轴,或采用锥形紧固套结构</p>
<p>16.6 注意工作温度对过盈配合的影响</p>	<p>当过盈配合的两个零件由不同材料制造时(如钢制的轴与轻合金制的转子相配),如果工作温度较高,则由于两个零件的线膨胀系数不同,使实际过盈量减小。设计时必须考虑而采取适当的措施</p>
<p>16.7 注意离心力对过盈配合的影响</p>	<p>对于高速转动零件间的过盈配合联接(如高速转动的轴与转子),由于离心力的作用,使转子的孔直径增大,因而使轴与轮毂之间的过盈减小,降低了过盈配合的可靠性,设计时必须考虑</p>
<p>16.8 要考虑两零件用过盈配合装配后,其他尺寸的变化</p>	<p>如滚动轴承,其内圈与轴装配后,内圈的外径增大。同时,外圈与机座的孔装配后,外圈内径减小,因而滚动轴承装配后,其间隙减小</p>
<p>16.9 锥面配合不能用轴肩定位</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>锥面配合表面,靠轴向压入得到配合面间的压紧力,实现轴向定位并靠摩擦力传递扭矩。对锥面配合不能在轴上用轴肩固定轴上零件,否则可能得不到轴向的压紧力</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
16.10 锥面配合的锥度不宜过小	<p>对于锥面配合,如果所用的锥度太小,则为了产生必要的压紧力,以及加工误差的影响,其轴向移动量变化范围较大。因为当锥度很小时,为了产生必要的压力(相当于产生一定的过盈量)和消除加工误差产生的间隙,当径向变形量一定时,锥度小的要在轴向移动较大距离。此外,锥度小时容易因自锁而发生咬入现象,对铝合金锥角较大也可能发生咬入,因此,铝合金件不宜用锥面配合</p>
16.11 在铸铁件中嵌装的小轴容易松动	<p>由于铸铁没有明显的屈服极限,在铸铁圆盘上用过盈配合安装的曲柄销,在外载荷的作用下,配合孔边反复承受压力而产生松动。宜改变铸铁材料</p>



(续)

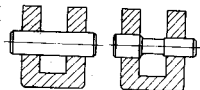
设计应注意的问题	说 明
<p>16.12 不锈钢套因温度影响会使过盈配合松动</p> 	<p>在铸铁座内安装的不锈钢套,因受热后,线膨胀系数不同,不锈钢套受到较大的热应力。又由于不锈钢没有明显的屈服点,受压后由于塑性变形使气缸套与铸铁座之间原有的过盈配合发生松动</p>
<p>16.13 过盈配合的轴与轮毂,配合面要有一定长度</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>当轮毂与轴采用过盈配合时,配合面要有一定长度,否则轴上零件容易发生晃动。若配合直径为 $d_1(\text{mm})$, 配合部分长度 $l_1(\text{mm})$ 的最小值推荐为 $l_{\min} = 4d_1^{2/3}$</p>
<p>16.14 过盈配合与键综合运用时,应先装键入槽</p>  <p style="text-align: center;">较差 较好</p>	<p>过盈配合的轴毂联接面上,如果还有键联接,当过盈配合压入一段后,键与键槽有一些未对准则无法靠平键的圆头使轴转动来调整轴的位置使之插入键槽。因此设计结构时,应使键先插入键槽(如右图减小轴端直径),然后再装入过盈配合。也可把轴端作出较大锥度以利于装配</p>

(续)

设计应注意的问题

说明

16.15 不要令二个同一直径的孔作过盈配合

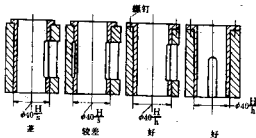


错

正

在同一轴线上的两个孔,如果直径相同,则压入的轴为一等径轴,此轴压入第一个孔后难免有些歪斜,轴表面损伤,此时再压入第二个孔时将十分困难。在这种情况下,两孔直径应不同,而且不应同时压入(参见16.3)

16.16 避免过盈配合的套上有不对称的切口



由于套形零件一侧有切口时,其外形将有改变,不开口的一侧将外凸,在切口处将包围件的尺寸加大,可以避免装配时产生的干涉。最好的方案是用 H/h 配合,端部作成凸缘用螺钉固定,或用 H/h 配合,在套上作开通的缺口,用螺钉固定

第 17 章 挠性传动结构设计

机械中常使用的挠性传动元件包括带（V 带、平带、同步带等）、链（套筒滚子链、齿形链等）、绳（钢绳）等。挠性元件可以用于距离较大的传动。挠性元件的弹性较大，可以吸收振动，工作比较平稳，结构简单，加工方便。但由于挠性元件的变形较大，以及链传动的多边形效应，带传动的弹性滑动等，它的传动比误差较大，不宜用于精确传动。

此外，挠性元件磨损较大，寿命较短，必须注意采取适当的维护措施，如加强防护、润滑等。在结构设计方面应能方便地更换挠性元件，便于检查，能及时了解其疲劳和磨损情况以免发生事故。还应考虑避免挠性元件由传动件上脱落和下垂太大等问题。

设计应注意的问题

说 明

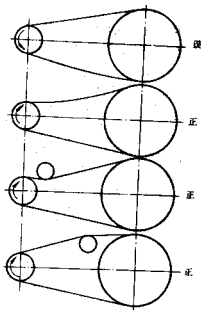
17.1 带传动应注意加大小轮包角

根据欧拉公式, 带传动紧边拉力 F_1 与松边拉力 F_2 , 按打滑的临界条件, 有如下关系

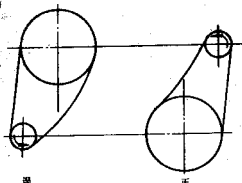
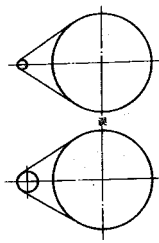
$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu \alpha}$$

式中, μ —带与轮间摩擦系数; α —小轮包角; e —自然对数的底。因此应尽量加大小带轮包角

带传动应紧边在下。紧边下垂较小, 松边下垂较大, 如紧边在上则下面的松边下垂使下轮包角减小。如紧边在上, 松边的下垂反而使包角加大。压紧轮应装在松边上, 因松边力小, 应靠近小轮以加大包角。如采用由内向外撑的张紧轮, 则应靠近大轮, 因为大轮包角大, 有增力。对三角带一般不用张紧轮



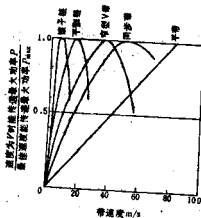
(续)

设计应注意的问题	说明
<p>17.2 两轴处于上下位置的带轮应使带的垂度利于加大包角</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>如果带轮两轴平行, 而一个在上, 一个在下, 则布置两位置和轮的转向时应注意, 松边的垂度较大, 应使松边处于当带产生垂度时, 有利于增大小轮包角的位置。此外, 由于带本身重量下垂, 使下面的轮与带间摩擦力减小, 小轮包角小, 易打滑, 不应在下</p>
<p>17.3 小带轮直径不宜过小</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>当大轮直径一定时, 减小小带轮直径虽然可以加大带传动的传动比, 但它使小轮包角减小, 传递功率一定时, 要求的有效拉力 F 加大 (要求 $F = F_1 - F_2$ 加大), 容易打滑, 而且减小小轮直径使带所受弯曲应力加大, 带寿命降低。对小轮直径, 设计资料中有推荐值</p>

(续)

设计应注意的问题

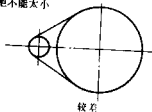
17.4 带传动速度不宜太低或太高



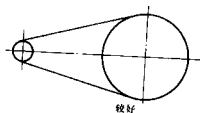
挠性件的最佳圆周速度

当带传动传递功率 P 一定时, 若其速度 V 很低, 则由于 $P = FV$, 要求的有效拉力 F 很大, 要求带的断面尺寸很大。若带速太高, 则所受离心力很大, 能传递的工作拉力 F 很小, 甚至没有传递工作拉力的余力。此外当速度很高时, 带将发生振动, 不能正常工作。带的质量较轻时可以达到较高的速度

17.5 带轮中心距不能太小



较差



较好

带传动中心距一般大于齿轮传动。为求紧凑, 常减小其中心距。但中心距小时, 小轮包角随之亦减小, 因此, 带传动中心距以在一定范围以内为宜 (见设计资料推荐)

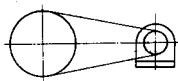
(续)

设计应注意的问题

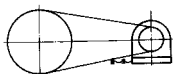
说 明

17.6 带传动中心距要可以调整

带传动长度尺寸误差较大,而且在工作中它的长度不断增加(被拉长)。为了保持一定的初拉力,实现带与轮间的摩擦传动,带轮的中心距应该可以调整,或用其它张紧装置(如张紧轮)



较差



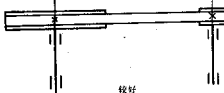
较好

17.7 带要容易更换

传动带的寿命远较齿轮为低,有时几个月就要更换。V带传动有几条一起工作时,有一条损坏即要全部更换。对于无端的传动带(无接头)带轮最好为悬臂安装,暴露在外,可加一层防护罩。拆下防护罩即可更换传动带



较差



较好

(续)

设计应注意的问题

说 明

17.8 带过宽时带轮不宜悬臂安装



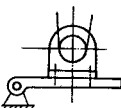
较差



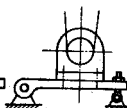
较好

带过宽时,如带轮为悬臂安装则由于轴端弯曲变形较大,带轮歪斜,沿宽度带受力不均,应改为简支支承

17.9 靠自重张紧的带传动,当自重不够时要加辅助装置



较差



较好

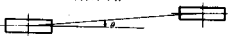
(当张紧力不足时)

有些带传动靠一些传动件的自重产生张紧力。如图所示,把电动机和小带轮固定在一块板上,板用铰链固定在机架上,由于电动机、带轮的自重产生张紧力。但当传动功率过大,或起动力矩过大时,传动带将板上翘,上翘力超过其自重时,会产生颤动或冲击。可在板上加辅助的螺旋加力,以消除板的颤动

17.10 注意两轴平行度和带轮中心位置



两轴不平行



中心平面不一致

当带轮两轴不平行或两轮中心平面不共面误差较大时,传动带将很快地由带轮上脱落。因此设计中应提出要求并保证其精度,或设计必要的调节机构。一般要求两轴平行度误差 θ 在 $20'$ 以内⁽¹⁾

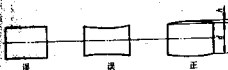
(续)

设计应注意的问题

说 明

17.11 平带传动小带轮应作成微凸⁽¹⁹⁾

为使平带在工作时能稳定地处于带轮宽度中间而不滑落,应将小带轮作成中凸。中凸的小带轮有使平带自动居中的作用。若小带轮直径为 d , 中间凸起高度为 A , 则当 $d = 40 \sim 112\text{mm}$ 时取 $A = 0.3\text{mm}$, 当 $d > 112\text{mm}$ 时取 $A/d = 0.003 \sim 0.001$, d/b 大的 A/d 取小值, (b —带轮宽度, 一般 $d/b = 3 \sim 8$)

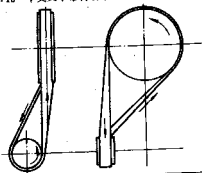


17.12 带轮工作表面应光洁

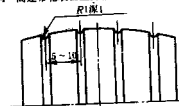
因为带与带轮之间有弹性滑动, 在正常工作时, 不可避免地有磨损产生。为增加带与轮间的摩擦故意把带轮表面加工得很粗糙是错误的。一般带轮表面粗糙度要求 $Ra = 3.2\mu\text{m}$

17.13 半交叉平带传动不能反转

两轴在空间交错(不平行、不相交)一般成 90° 的传动称为半交叉传动。为使带能正常运转, 不由带轮上脱落, 必须保证带从带轮上脱下进入另一带轮时, 带的中心线必须在要进入的带轮的中心平面内。这种传动不能反转

17.14 高速带轮表面应开槽⁽¹¹⁾

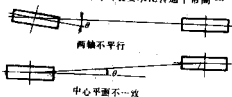
带速 $v > 30\text{m/s}$ 为高速带, 采用特殊的轻而强度大的纤维编制而成。为防止带与带轮之间形成气垫, 在小带轮轮缘表面开环形槽



(续)

设计应注意的问题

说 明

17.15 同步带传动的安装要求比普通平带高⁽²²⁾

据实验及分析得知,两轮轴线不平行和中心平面偏斜都对带寿命有很大影响。若 $\theta=0$ 时同步带寿命为 L ,则在 $\theta \leq 60'$ 时有带寿命 $L=L_0(1-\frac{\theta}{75})$ 。因此要求 $\theta \leq 20' \times (\frac{25}{b})$, b —带宽 (mm)

17.16 同步带轮应该考虑安装挡圈⁽²²⁾

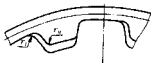
为避免同步带滑落,应按具体条件考虑在链轮侧面安装挡圈。可参照以下建议⁽²²⁾:

1. 在两轴传动中,两个带轮中必须有一个带轮两侧装有挡圈,或两带轮的不同侧边各装有一个挡圈

2. 在中心距超过小带轮直径 8 倍以上时,由于带不易张紧,两个带轮的两侧均应装有挡圈

3. 在垂直轴传动中,由于同步带的自重作用,应使其中一个带轮的两侧装有挡圈,而其他带轮均应在下侧装有挡圈

17.17 增大带齿顶部和轮齿顶部的圆角半径



同步带的齿与带轮的齿属非共轭齿廓啮合,所以在啮合过程中二者的顶部会发生干涉和撞击,因而引起带齿顶部产生磨损。适当加大带轮齿和带齿顶部的圆角半径,可以减少干涉和磨损,延长带的寿命

17.18 同步带外径宜采用正偏差^(11,22)

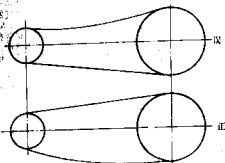
给同步带外径正偏差,可以增大带轮节距,消除由于多边形效应和在拉力作用下使带伸长变形,产生的带的节距大于带轮节距的影响。实验证明在一定范围内,带轮外径正偏差较大的,同步带的疲劳寿命较长

(续)

设计应注意的问题

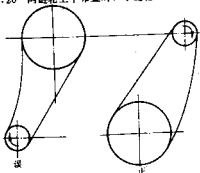
说 明

17.19 链传动应紧边在上



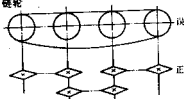
与带传动相反,链传动应该紧边在上。当松边在上时,由于松边链下垂度较大,链与链轮不易脱开,有卷入的倾向,尤其在链离开小链轮时这种情况更加突出和明显。如果链条在应该脱离时未脱离而继续卷入,则有将链条卡住或拉断的危险

17.20 两链轮上下布置时,小链轮应在上面



两轮上下布置时,由于链条本身重量的作用使链条下垂,因而下面的链与链轮齿有脱开的倾向(或接触部分减少),而小轮的啮合齿数比大轮少,因此大轮在下比较合理。还应避免因链条松边下垂而卡链的现象

17.21 不能用一个链条带动一条水平线上多个链轮

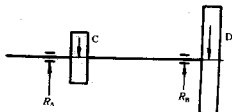


在一条直线上有多个链轮时,不能一根链条将一个主动轮的功率依次传给其他链轮,因为中间链轮的啮合齿数太少。在这种情况下,只能用一对对的链轮,进行逐个轴的传动

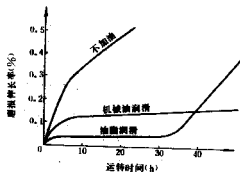
设计应注意的问题

说 明

17.22 注意挠性传动拉力变动对轴承负荷的影响



在轴上有 C D 两个传动件, D 为挠性传动的轮。由于力和位置的配置左轴承的反力 R_A 可能很小。带、链等在空中的部分产生跳动会引起拉力反复变动,这样就会引起轴承 A 的负荷反复变动,使轴产生振动。应重新配置传动件的位置与受力方向,使 R_A 方向固定

17.23 链条用少量的油润滑为好⁽²³⁾

润滑可以显著地延长链传动的寿命。由图可知,不加油磨损明显加大,润滑油只能短期有效。润滑良好可以起到冷却、降噪声、减缓啮合冲击、避免胶合的效果,但不应使链传动带入大量润滑油中,以免搅油损失过大

17.24 链传动的中心距应该能调整

链传动在安装以后需要调整中心距以达到链条松紧适度。工作一段时间后链节伸长,要求进一步调整

17.25 链条卡簧的方向要与链条运行方向适应⁽²³⁾

链条合理运动方向



链条不合理运动方向

使链条首尾相接的链节,要用一个卡簧锁住。应注意止锁零件方向与链条的运行方向相适应,以免冲击、跳动、碰撞时卡簧脱落

(续)

设计应注意的问题

说 明

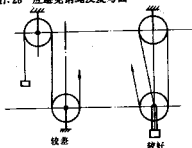
17.26 带与链传动应加罩

带与链传动加罩的目的首先是为了保证安全,对链传动还有防尘和保持润滑油以及避免飞溅的作用

17.27 绳轮直径不得任意减小

为了保证绳的寿命,必须限制它所受的弯曲应力,因而绳轮直径必须符合规范的要求,否则对其寿命影响很大

17.28 应避免钢丝绳反复弯曲



钢丝绳经过多个滑轮时,每经过一次就产生一次弯曲,如果这些弯曲为不同的方向则钢丝绳所受应力为对称循环应力,如向同一方向弯曲则为脉动循环应力,而对称循环应力对钢丝绳的危险性要严重得多

17.29 设计者必须严格规定钢丝绳的报废标准

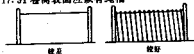
按有关专业规范规定,钢丝绳使用中如果出现断丝数或磨损,到达一定程度时即应更换钢丝绳,以免发生事故。这些指标常用钢丝绳每个捻距中的断丝数或表面钢丝的磨损率表示。在使用说明书中必须明确地写明检查和报废标准

17.30 钢丝绳必须定期润滑

钢丝绳各股之间、钢丝绳和滑轮、卷筒都有可能产生磨损。为减轻钢丝绳磨损和防锈要加润滑油。不仅在最初安装时要加油,而且要定期的维护、加油。这一点在实际中经常被忽略,设计者应在使用说明书中予以明确规定

17.31 卷筒表面应该有绳槽

卷筒表面应切出圆弧形的螺旋线绳槽,有了绳槽可以减小绳与卷筒接触时的接触应力



第 18 章 齿轮传动结构设计

齿轮传动可以达到很高的圆周速度 (300m/s) 和转速 (10^5r/min), 传递功率达 $10^5\text{kW}^{[1]}$ 。目前齿轮向高硬度、高精度、大功率、高速度发展, 其设计和制造技术发展很快。

齿轮的类型很多, 直齿和斜齿圆柱齿轮用于平行轴传动, 直齿锥齿轮用于相交轴传动, 准双曲面锥齿轮可用于交错轴传动, 圆弧齿轮有较大的承载能力, 多用于重载传动。

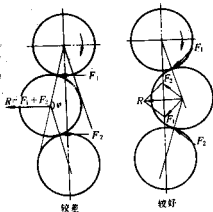
齿轮的机械加工、热处理、测量所用的刀具、加工和测量设备、材料等都是比较复杂的, 有时因具体条件限制, 而对设计者有较大的制约。设计齿轮必须全面考虑齿轮的强度、硬度、精度和寿命要求, 采用适当可行的加工方法和测量方法, 选定合用的材料和热处理, 润滑剂和润滑方法, 设计合理结构, 以保证质量和满足使用要求。

设计应注意的问题

说明

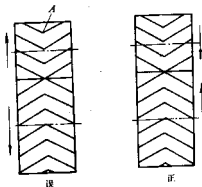
18.1 齿轮布置应考虑有利于轴和轴承受力

对于受二个或更多力的齿轮, 当布置位置不同时, 所受的力或叠加或抵消, 轴承和轴受力有较大的不同, 设计时应仔细分析。如图所示, 中间齿轮位置不同时, 它的轴和轴承受力有很大差别, 决定于齿轮位置和 ϕ 角大小⁽²⁾。左图中间齿轮所受的力正好叠加起来, 受力最大, 右图则可以互相抵消一部分。图中 $\phi = 180^\circ - 2\alpha$, α —压力角



18.2 人字齿轮的两方向齿结合点(A)应先进入啮合

人字齿轮啮合时, 如两端先进入啮合, 则到达 A 点处时, 为挤出润滑油可能产生很大的力, 发生振动。如果 A 点先进入啮合则工作比较平稳

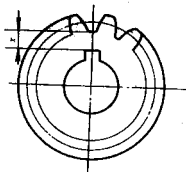


(续)

设计应注意的问题

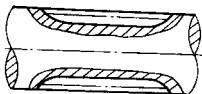
说 明

18.3 齿轮直径较小时应作成齿轮轴



一般规定 $x \leq 2.5m$ 时, 由于齿根与键槽距离近, 强度不够, 齿轮容易断裂, 要设计成齿轮轴。此外, 若齿轮与轴直径相近 (有的资料推荐当齿顶圆直径小于轴直径的两倍时) 也可以设计成齿轮轴^[11], 这样可以节省加工轴、孔、键、键槽的时间

18.4 齿轮根圆直径可以小于轴直径

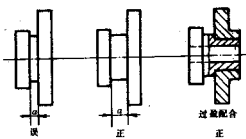
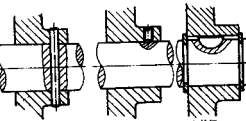
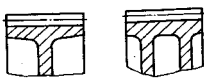


必要时可以设计成如图所示的结构, 即齿顶圆直径等于甚至小于轴直径, 但此时应计算轴的强度。初学设计的人常认为必须要求齿根圆直径大于轴直径, 实际上并没有这个限制

18.5 小齿轮宽度要大于大齿轮宽度

对于固定传动比的齿轮, 为保证即使安装时齿轮轴向位置有误差, 仍能保证原设计的接触宽度, 常使小齿轮宽度比大齿轮宽 5~10mm

(续)

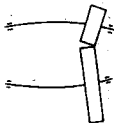
设计应注意的问题	说 明
<p>18.6 齿轮块要考虑加工齿轮时刀具切出的距离</p>  <p>过盈配合</p>	<p>设计两个或三个齿轮相联的齿块时,要按齿轮轮齿的加工方法(插齿、滚齿等)和所采用刀具的尺寸(如滚刀直径)、刀具运动的需要等,定出足够的尺寸a。当结构要求a值小不能满足要求时,可采用过盈配合结构</p>
<p>18.7 齿轮与轴的联接要减少装配时的加工。</p>  <p>较差 较好 较好</p>	<p>为将齿轮轴向和切向固定,可以采用键加紧定螺钉的固定方法,但这两种方法都要求配作,在装时,进行这些加工效率是比较低的,应尽量避免,可以采用轴用弹簧卡圈作轴向固定</p>
<p>18.8 注意保证沿齿宽齿轮刚度一致</p>  <p>较差 较好</p> <p>(齿轮宽度很大)</p>	<p>当齿轮的宽度比较大,而且受力也比较大时,在有幅板支撑的部分,齿轮刚度较大,而其他部分刚度较小,宜加大轮缘厚度,并采用双幅板或双层幅条,以保证沿齿宽有足够的刚度,使啮合受力均匀(这里设轴的刚度很好)</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

18.9 利用齿轮的不均匀变形补偿轴的变形

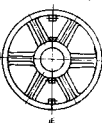
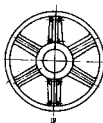


大齿轮右边受力大，令其轮缘刚度小

当轴和轴承的刚度较差，由于轴和轴承的变形使齿轮沿齿宽不均匀接触造成偏载时，可改变轮辐的位置和轮缘形状，使沿齿宽受力大处齿轮刚度较小，受力小处刚度较大，利用齿轮的不均匀变形补偿轴和轴承的不均匀变形。其结果使沿齿宽受力均布。这一方案的实现要用有限元等方法进行精确计算。

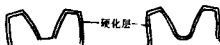
(18.8, 18.9 说明利用零件柔性的设计方法)

18.10 剖分式大齿轮应在无轮辐处分开



当齿轮尺寸太大时，铸造有困难，常分为两半制造。分开部位应该在两齿之间，不应该在轮辐之间分开^{〔1〕}。因为在轮辐处分开，被分开的轮辐结构将不合理。连接两半齿轮的螺钉或双头螺柱，应分别靠近轮缘和轮毂。

18.11 轮齿表面硬化层不应间断



渗淬火和表面淬火的齿轮，齿的硬化表面应连续不断。否则齿面的软硬相接的过渡部分强度将很低。

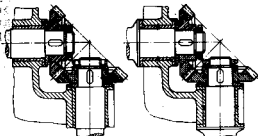
(续)

设计应注意的问题

说 明

18.12 锥齿轮轴必须双向固定⁽⁷⁾

直齿圆锥齿轮不论转向如何,其轴向力始终向一个方向,即指向大端,但仍应双向固定其轴系的轴向位置,否则将有较大的振动和噪声

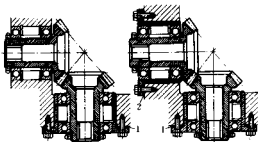


误

正

18.13 大小锥齿轮轴都应能作轴向调整⁽⁷⁾

为了锥齿轮正常啮合,要求大锥齿轮顶面在安装时重合,而小锥齿轮顶面在安装时重合,其啮合后由轴变形引起的啮合误差,应通过调整垫片来调整。调整垫片应安装在锥齿轮的轴上,通过增减垫片的位置,使锥齿轮的轴系中增减小锥齿轮的轴向位置,从而满足啮合要求。



误

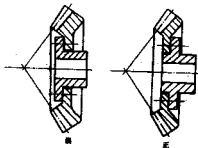
正

(续)

设计应注意的问题

说 明

18.14 组合锥齿轮结构中螺栓要不受拉力



(对直齿圆锥齿轮)

直齿圆锥齿轮只受单方向的轴向力, 所以组合的直齿圆锥齿轮结构应注意轴向力由支承面承受, 螺栓不受拉力。而曲齿圆锥齿轮可能受由大端至小端的轴向力, 其结构应调整仍使螺栓不受轴向力 (对直齿圆柱齿轮为不合理的结构, 对这种直齿圆锥齿轮合理了。)

第 19 章 蜗杆传动结构设计

蜗杆传动可以达到很大的传动比, 结构紧凑, 传动平稳, 可以自锁, 在许多场合成为难以替代的传动方式。

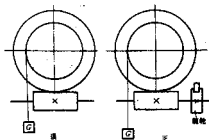
蜗杆传动的形式很多, 有阿基米得 (ZA) 蜗杆、渐开线 (ZI) 蜗杆、齿槽法向直廓 (ZN_1) 蜗杆、齿体法向直廓 (ZN_2) 蜗杆、齿面法向直廓 (ZN_3) 蜗杆、锥面包络圆柱 (ZK) 蜗杆、圆弧圆柱 (ZC) 蜗杆等^[11, 17]。在一般机械中常用阿基米得蜗杆。新型蜗杆的性能比阿基米得蜗杆有较大的提高, 但是常要求一些专门的加工技术, 设计时必须考虑加工条件选用。

蜗杆传动效率较低, 发热较高, 设计时在散热、材料的抗胶合性能、润滑条件等方面都应采取必要的措施。蜗杆所受的轴向力较大, 由于发热的影响, 其轴向尺寸变化较大, 在结构设计中必须充分考虑。

设计应注意的问题

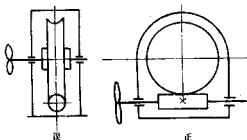
说 明

19.1 蜗杆自锁不可靠



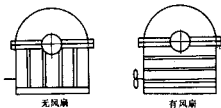
在一般情况下,可以利用蜗杆自锁固定某些零件的位置。但是对一些自锁失效会产生严重事故的情况,如起重机、电梯等,不能只靠蜗杆传动自锁的功能把重物停止在空中,要采用一些更可靠的止动方式,如棘轮

19.2 冷却用风扇宜装在蜗杆上



当蜗杆传动发出的热量只靠自然通风不能达到散热要求时,可以采用风扇吹风冷却。吹风用的风扇应装在蜗杆上,而不应该装在蜗轮上,因为蜗杆的转速较高。冷却蜗杆传动所用的风扇与一般生活中的电风扇不同,电风扇向前吹风,而冷却蜗杆传动的风扇向后吹风,风扇外有一个罩起引导风的作用

19.3 蜗杆减速器外面散热片的方向与冷却方法有关



蜗杆减速箱表面积不能满足散热要求时,要在表面加散热片以增加散热面积。当没有风扇时,靠自然通风冷却,因为空气受热后上浮,散热片应取上下方向。有风扇时,风扇向后吹风,散热片应取水平方向

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>19.4 蜗杆受发热影响比蜗轮严重</p>	<p>蜗杆传动中,蜗杆和蜗轮相互啮合,但受发热影响的大小二者不同。在蜗杆传动中蜗杆转一圈,蜗轮转过 Z_1 个齿 (Z_1—蜗杆线数),因而蜗杆工作比蜗轮频繁得多,造成热量在蜗杆上的积聚。另外,由于蜗杆轴距啮合点比蜗轮近,因而蜗杆受发热影响比蜗轮和蜗轮轴严重。在设计蜗杆轴承时应允许较大的热变形</p>
<p>19.5 蜗杆位置与转速有关</p> <div data-bbox="41 763 621 1088"> <p>The diagrams illustrate two common worm gear configurations. The left diagram shows a worm gear set where the worm is positioned at the bottom, below the gear mesh. This is labeled with the condition $v \leq 4 \sim 5 \text{ m/s}$. The right diagram shows a configuration where the worm is positioned at the top, above the gear mesh. This is labeled with the condition $v > 4 \sim 5 \text{ m/s}$. Both diagrams show a circular gear mesh with a central vertical axis and a horizontal shaft passing through the center.</p> </div>	<p>蜗杆发热和磨损比较严重,因而尽可能地把它安排在蜗轮下面,至少一个齿高浸入油中,以保证润滑和冷却。当蜗杆圆周速度较大时 ($v > 4 \sim 5 \text{ m/s}$),搅油损失过大,应将蜗杆放在蜗轮上面,使蜗轮下部浸入油中,将油带到啮合处,以利于润滑</p>
<p>19.6 蜗杆刚度不仅决定于工作时受力</p>	<p>蜗杆变形不仅会造成轮齿的载荷集中,而且影响蜗杆蜗轮的正确啮合。因此要控制蜗杆的变形。但是对于受力较小而要求精度高的蜗杆传动(如用于精密机械的蜗杆传动),上述刚度计算很容易满足,但是在加工蜗杆时(车、磨)蜗杆必须有足够的刚度,以保证加工质量</p>

设计应注意的问题	说 明
<p>19.7 蜗杆传动受力复杂影响精密机械精度</p> <p>较差</p> <p>较好</p>	<p>如图所示为一万能工具显微镜立柱结构示意图。立柱 2 支持在轴上,在滑动轴承中转动。立柱上装有显微镜 1。用手转动蜗杆 4,带动蜗轮 3,使立柱 2 转动(联接件未示出)。由于蜗杆的切向力 F_t 对蜗轮为轴向推力,对立柱有轴向推动和两种作用。致使显微镜晃动,影响了仪器的精度。采用螺旋固定件,传动螺旋时,件 1 为螺旋固定件,传动螺旋时由于螺母相对螺旋运动使立柱 2 转动。这种结构受力比较简单,能达到要求的精度。</p>
<p>19.8 蜗杆传动的作用力影响传动灵活性</p>	<p>有一机构简图如图所示。由手转动蜗杆带动蜗轮 1,在机座 2 中转动。由于直径 d 较大(100mm),蜗轮宽度 b 较小(5mm),蜗轮 1 与机座 2 之间间隙较大,转动蜗杆时,蜗轮除切向力、径向力外,受到轴向力,使蜗轮偏斜,以至手转不动蜗杆,但此时蜗杆可</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

以反转,但反转一圈左右,又卡住。这是因为大直径小宽度的配合面,在轴向力作用下,产生偏斜和自锁。采用直齿圆柱齿轮或加大 b 减小 d , 可得到改进

第 20 章 减速器和变速器结构设计

减速器和变速器（可分为有级和无级变速器）装在原动机和工作机之间，常被设计成一个独立的部件，用联轴器等与机器的其他部分连接。一些减速器与变速器已有国家标准，在设计时可以按具体条件选用，维修时可以作为易损部件整体更换。

标准减速器和变速器，除用一般的齿轮、蜗轮传动外，有的还采用了渐开线齿轮行星传动、摆线针轮行星传动、谐波齿轮传动、三环式传动、摩擦传动等。这些传动形式要求的设计和加工条件较高，一般都由专门工厂作为标准部件生产。

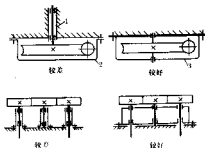
有些情况下，要求针对某一具体使用条件，设计专用的减速器或变速器。在设计时，应考虑的主要问题有：传动形式选择、传动参数设计、传动布置、材料和热处理选择、传动件、支承件、密封件和箱体等零件的结构设计，润滑剂和润滑方法的选择、散热等。还应该利用优化设计等新的设计理论和方法以提高设计质量。

摩擦轮传动与无级变速器关系密切，所以在这一章中一起介绍。

设计应注意的问题

说 明

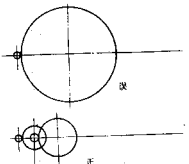
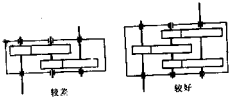
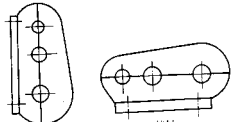
20.1 传动装置应力求组成一个组件



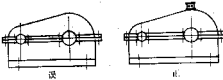
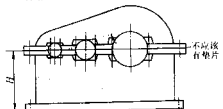
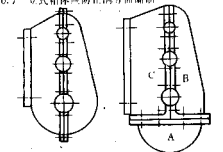
传动装置一般由传动件、轴、轴承、联接件和支座组成。这些零件如果分散地装在总体上，则装配费时，调整麻烦，而且难以保证传动质量，因为各轴之间的平行度、中心距等难以达到较高的精度。因此应把轴承的支座联成一体，轴承、轴、传动件等都固定在它的上面。如果再用箱体把这些零件封闭起来组成一个减速箱或变速箱，则不但可以解决单元性和安装精度问题，而且可以改善润滑，隔离噪声，防尘防锈，保证安全，延长寿命等。传动质量有进一步提高。但这样的传动成本较高，散热较差应予以注意。

图中所示蜗杆传动原设计蜗轮装在机座1上，蜗杆固定在箱体2中，再把箱体2固定在机座1上，难达到高精度。改进后，蜗杆、蜗轮都安装在箱体3中，再将箱体3固定在机座上，质量有很大提高。又如如图所示的三个齿轮的传动机构，原方案各用一个支座分别固定在机座上，改进后三对轴承共用一个机座，传动质量、安装工艺性等都有明显地提高。

(续)

设计应注意的问题	说明
<p>20.2 一级传动的传动比不可太大或太小</p> 	<p>在减速或增速传动中,每一级传动的传动比不宜太大或太小。一级传动比太大时,大小轮相差悬殊,反而不如用两级传动合理。如图,减速传动,要求总传动比 $i=16$,采用一级传动,大小齿轮相差悬殊,尺寸很不紧凑。采用两级传动,每级传动比为 4, $i=4 \times 4$,则较为合理</p>
<p>20.3 传递大功率宜采用分流传动</p> 	<p>大功率减速器采用分流传动可以减小传动件尺寸。如展开式二级齿轮减速器低速轴采用分流传动轴受力是对称的,齿轮接触情况较好。但为了保证两路传动受力均匀,常采用一些均载措施。行星齿轮传动,也有分流式传动的优点</p>
<p>20.4 尽量避免采用立式减速器</p> 	<p>减速器各轴排列在一条垂直线上时,称为立式减速器,其主要缺点是最上面的传动件润滑困难,分箱面容易漏油。在无特殊要求时,采用普通卧式减速器较好</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>20.5 注意减速箱内外压力平衡</p>  <p>误 正</p>	<p>减速箱工作时,由于机械件摩擦发热,使箱内空气温度上升,压力增大,箱内压力大于箱外大气压力,由此会引起箱体的密封装置、分箱面等部位漏油。为了平衡箱内外压力应安装通气器。实践证明,不仅没有通气器是不允许的,甚至通气器不够大也不能满足要求。</p>
<p>20.6 分箱面不宜用垫片</p>  <p>不应该有垫片</p>	<p>剖分式减速箱由上下两半组成,由轴承中间把箱体分为两半。这种剖分方法打开箱盖即可任意拆装各轴系,拆装方便。上下分箱面加工后合拢上下箱,用螺钉固定,加工轴承孔,为保证轴承孔圆度,在分箱面处不应加任何垫片。</p>
<p>20.7 立式箱体应防止剖分面漏油</p>  <p>较差 较好</p>	<p>立式减速器的箱体最下部的分箱面处是最容易漏油的部位。因此可以把箱体分为A、B、C三块,用螺栓连接起来。最下面的A是一个整体的零件,可以较好地解决漏油问题。这种结构适应于中心距较大的传动。</p>
<p>20.8 减速箱中应有足够的油片及时更换</p>	<p>减速器所用润滑油必须作为一个重要问题来考虑,润滑油(包括添加剂)选择适当,在其它条件相同时,可显著提高减速箱的承载能力。</p>

(续)

设计应注意的问题

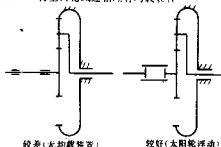
说 明

20.8 减速箱中应有足够的油并及时更换

润滑油的数量应足够,即减速箱中心高 H 可以作为控制箱内润滑油量的尺寸(见 20.6 图)。足够的油量一是可以减小润滑油的温度,二是可以使磨屑能沉淀到箱底。

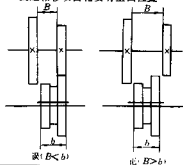
设计者应在说明书中标明减速器用油的种类、牌号、更换时间。一般第一次换油时间较短(开始工作跑合磨屑较多),以后周期正常。在室外工作的设备,在有些地区冬季和夏季要用不同的润滑油。

20.9 行星齿轮减速箱应有均载装置



行星齿轮减速箱一般用 3~5 个行星轮。由于制造误差等这些行星轮之间的载荷分配常会出现不均匀现象。为了使各行星轮均载,有各种均载装置。^①常用的有基本构件浮动和采用柔性结构两大类。对于静定结构用基本构件浮动(如太阳轮浮动)即可。对非静定结构(如有四个行星轮),则应采用柔性结构,如行星轮用弹性支承。

20.10 变速箱移动齿轮要有空档位置



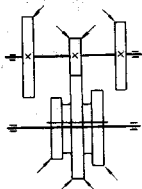
变速箱用齿轮块变速时,两个固定齿轮之间的距离应大于相邻齿轮的宽度。即齿轮在改换啮合齿轮时,移到中间应该有一个空档的位置。否则,齿轮在要进入第二对齿轮啮合时,第一对齿轮尚未脱开,无法转动齿轮使两齿轮的齿与齿间相对,进入啮合。

(续)

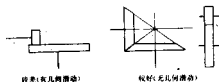
设计应注意的问题

说明

20.11 变速箱齿轮要圆齿



渐开线齿轮变速箱, 为了变换啮合齿轮时容易相互插入, 要把啮入端轮齿端部作成圆锥形, 称为圆齿。如图所示箭头所指端面的每个齿端都必须圆齿。中间齿轮由两个方向进入啮合要两面圆齿, 两旁的齿轮只从一面进入啮合, 单面圆齿即可。

20.12 摩擦轮和摩擦无级变速器应避免几何滑动⁽¹⁹⁾

两滚动体在接触区由于速度分布不同引起的相对滑动称为几何滑动。几何滑动的大小决定于滚动体的几何形状。如图中圆柱与圆盘的几何滑动, 圆柱体在外表面上各点速度相同, 圆盘上由内到外各点速度逐渐增加, 因此二者接触时只有一点速度相等, 其他点都有相对滑动, 这种由几何形状产生的滑动称为几何滑动。几何滑动使传动磨损增加, 效率降低, 这是摩擦轮和摩擦无级变速器设计(还包括其他机械零件如滚动轴承)必须考虑的问题。避

(续)

设计应注意的问题

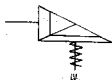
说 明

免几何滑动的途径有二：1. 两轮接触线与回转体两轴平行（如圆柱平摩擦轮）；2. 接触线的长线与两滚动体转轴线汇交于一点（如图圆锥摩擦轮，圆锥滚子轴承）

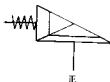
20.13 主动摩擦轮用软材料

若两个相互结合的摩擦轮中有一个表面为软材料（如塑料、皮革），另一个为硬材料（如钢、铸铁），则应把软材料轮缘的摩擦轮作主动轮。因为当过载打滑时，主动轮转动（原动机尚未停止）而从动轮停止（摩擦轮主动轮带不动从动轮），主动轮作均匀磨损。反之，如从动轮表面为软材料，则当打滑时较硬的主动轮将把从动轮表面磨出一个凹坑。这样就影响摩擦轮的正常工作了。

20.14 圆锥摩擦轮传动，压紧弹簧应装在小圆锥摩擦轮上



误



正

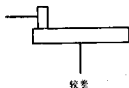
一对圆锥摩擦轮工作时，靠轴向压紧弹簧产生摩擦力带动工作。为产生一定的压力，大小轮的轴向力不同，小轮轴向力小，大轮轴向力大，因此如果弹簧装在小轮上则所需轴向力较小，弹簧尺寸可以小一些。

(续)

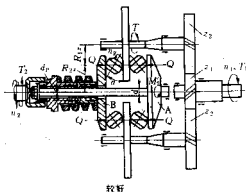
设计应注意的问题

说 明

20.15 设计应设法增加传力途径,并把压紧力化作内力



较差



较好

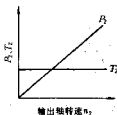
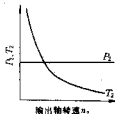
摩擦轮传动和摩擦无级变速器的缺点之一是所需压力较大。如传动所需圆周力为 F_t , 轮间摩擦系数为 μ , 则所需压力为 $N = F_t / \mu$ 。若摩擦系数为 $\mu = 0.05 \sim 0.2$, 则 $N = (5 \sim 20) F_t$ 。为减小所需压力的措施常用的有: 1. 增加传力途径, 2. 把压力化为内力。滚锥平盘式 (FU 型) 无级变速器较好地运用了以上二个方法。传动输入转矩 T_1 , 输出转矩 T_2 。输入转矩经齿轮 z_1, z_2 分两路传给圆盘, 每个圆盘通过两个滚锥传给中间圆盘, 共有四个接触点传递摩擦力 (四个途径)。最后带动两个中间圆盘 A、B, 输出合成转矩 T_2 。由弹簧产生的压力 Q 通过圆盘 A、B 直接压紧滚锥, 使压力的产生成为封闭的内力。以上措施使该无级变速器比较紧凑⁽¹⁸⁾。但结构复杂要求制造技术较高。

(续)

设计应注意的问题

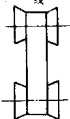
说明

20.16 无级变速器的机械特性应与工作机和原动机相匹配



在输入轴转速 n_1 一定时, 输出轴转速 n_2 与受摩擦无级变速器的限制, 输出轴能输出的最大功率 P_2 , 最大扭矩 T_2 之间的关系, 称为该无级变速器的机械特性。各种无级变速器的机械特性曲线是有差异的。常见的有恒转矩与恒功率两种。恒功率传动能充分利用原动机的全部功率, 机床的主传动系统在变速范围内, 传递功率基本恒定, 适用恒功率无级变速传动 (如 V 带式, 圆锥平盘式, 摩擦轮式无级变速器等) 而机床进给系统, 则工作转矩基本恒定, 适用恒转矩无级变速器。恒功率式无级变速器一般变速范围较小, 如果原动机—传动装置—工作机系统机械特性不匹配, 则造成某一部分工作能力不能充分发挥而产生浪费。

20.17 V 带无级变速器的带轮工作锥面的母线不是直线



靠轴向移动主动与从动圆锥, 改变 V 带在轮上的位置, 以实现无级变速的, 称为 V 带无级变速器。带轮工作面采用曲面是保证带长为一定值时, 在任何位置都能有适当的张紧力。盘面圆弧曲线计算公式可查阅有关资料^[54]

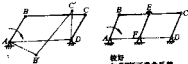
第 21 章 传动系统结构设计

传动系统的功能有减速（包括增速）、变速、改变运动形式（旋传运动变为直线运动或曲线运动等）、改变运动方式（连续运动变为间歇运动等），单向运动变为往复运动等。

实现以上功能可以采用机械传动、气动、液压、电磁等方式。在计算机逐渐推广应用以后，传动装置可以大大简化，用于传动的零件可以大大减少。但是机械传动由于结构简单，性能可靠；不易受电、磁、热等条件的影响，加工、修理方便，目前仍得到广泛应用。

将现有的机械传动适当搭配，巧妙运用，可以很好地满足多种工作要求。

这一章主要讨论传动简图设计问题和传动系统结构设计问题。

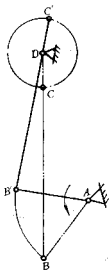
设计应注意的问题	说 明
<p>21.1 避免铰链四杆机构的运动不确定现象</p>  <p>较差 A 点杆经过水平位置 时 C D 杆可能反转</p> <p>较好 加 E F 杆可避免反转</p> <p>更好 用两套机构互成 90°</p>	<p>平行四边形机构，当以长边为机架时，在长短边四杆重合的位置可能发生运动不确定现象，导致从动杆反转，破坏四杆的平行四边形关系。增加一根与短边平行且相等的杆，可以避免运动不确定，但此时出现虚约束，要求精度高。除上例所示的情况以外，凡最短杆与相邻最长杆之和等于另两杆之和的铰链四杆机构都可能出现运动不确定现象，可加大从动件惯性以避免之。用两套机构错开 90°，则更好</p>

(续)

设计应注意的问题

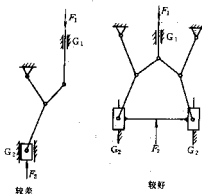
说 明

21.2 注意机构的死点



有连杆机构在运动过程中出现死点, 如图示曲柄摇杆机构, 当摇杆主动时, 在曲柄与连杆在一条直线上时, 摇杆不能对曲柄产生推动力矩即为死点, 对转动缓慢、惯性很小的机械, 在死点可能停止转动或反转。加大曲柄的惯性(如加一飞轮), 或使工作速度加快, 那有利于使机械顺利通过死点

21.3 避免导轨受侧推力



如图所示连杆机构可以用较小的推力 F_1 , 产生较大的推力 F_2 。但原机构中导轨 G_1 和 G_2 受很大的侧推力。改用两套对称的机构互相联在一起, 则产生的侧推力互相平衡, 导轨免受侧推力, 机械效率较高, 运动灵活
图中: F_1 —驱动力

F_2 —工作阻力

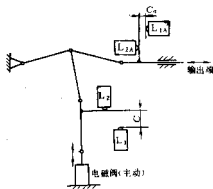
注意改进的机构中有虚约束, 对机构精度(如导轨 G_2 的平行度、对称杆长度等)要求较高

(续)

设计应注意的问题

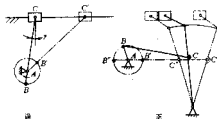
说 明

21.4 限位开关应设置在连杆机构中行程较大的构件上

 L_1L_2 较好 $L_{1A}L_{2A}$ 较差

图中所示机构电磁阀的运动经连杆机构由连杆端部输出。由于这一机构利用死点附近的运动使电磁阀的拉力得到放大,但行程缩小。为限制运动行程开关应装在 L_1L_2 的位置其行程 C 较大。不应装在 L_{1A} 、 L_{2A} 的位置,其行程 C_a 较小,控制的精度较低。

21.5 注意传动角不得过小



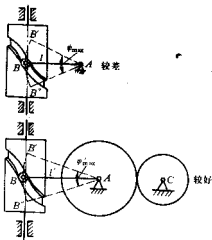
传动角过小时,推动从动件的有效分力很小,而无效(一般有害)分力很大。应改变构件尺寸比例或改变连杆机构形式。如图,原设计传动角 γ 很小,改为摇杆机构后有很大改善。

(续)

设计应注意的问题

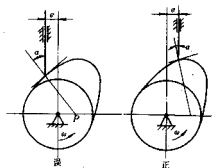
说 明

21.6 摆动从动件圆柱凸轮的摆杆不宜太短



摆动从动件的圆柱凸轮,若摆杆愈短则滚子轨迹的曲率愈大。滚子可能滑出槽外与圆柱凸轮脱离。加大摆动杆的长度时,滚子轨迹逐渐趋向于平直,与圆柱凸轮槽的接触得到改善。但如果滚子行程 $B'B''$ 不变则摆杆加长时其转角减少, $\phi'_{\max} < \phi_{\max}$ 。为使转角输出值仍能达到原来的 ϕ_{\max} 值,可用一对齿轮 A 、 C 以增大输出的转角

21.7 正确安排偏置从动件盘形凸轮移动从动件的导轨位置



如图中所示,两个凸轮的尺寸、形状、转向、从动件形状都相同。但导轨对凸轮中心的偏置位置在通过凸轮中心垂线的不同侧,以在右侧的较好,压力角较小,运转灵活

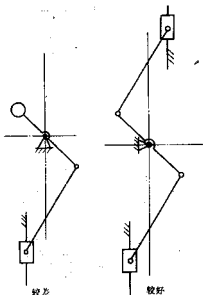
(续)

设计应注意的问题

说 明

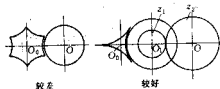
21.8 平面连杆机构的平衡

连杆机构的平衡是比较困难的。对一单曲柄滑块机构，在曲柄上加配重只能达到部分平衡。采用相同机构对称布置的方法，可使机构的总惯性力和惯性力矩达到完全平衡

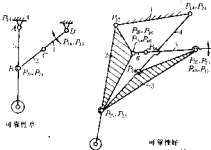


21.9 设计间歇运动机构应考虑运动系数

设有间歇运动机构带动一工作台转动，该工作台有六个工位，工作台停止时进行加工和操作，工作台转动时不能进行加工。工作台转动时间 t_m 与工作台转动与停止的总时间 t 之比称为运动系数 $\tau = t_m/t$ 。 τ 值应尽可能减小以提高工作效率。但应注意 τ 愈小则惯性力加大。如图所示 6 槽的槽轮机构，槽轮转一圈停六次，可安排六个工位，其运动系数



(续)

设计应注意的问题	说 明
	$r = \frac{z-2}{2z} = \frac{6-2}{2 \times 6} = \frac{1}{3}$ <p>用 3 个槽的槽轮, 再用一对 $z_2/z_1=2$ 的齿轮减速, 用齿轮 2 带动工作台, 齿轮 2 转一圈时也停六次, 可安排六个工位, 但其运动系数</p> $r = \frac{3-2}{2 \times 3} = \frac{1}{6}$ <p>由此可以看出用 3 槽的槽轮时, 可用于操作的时间比用 6 槽槽轮多, 其比值为 $\frac{2}{3} : \frac{5}{6} = 4 : 5$, 即用第二种方案时机械的工作效率可提高 25%</p>
<p>21.10 利用瞬停节分析锁紧装置的可靠性</p> 	<p>瞬停节是这样一种速度瞬心: 与该点有关的相邻两构件和该机构中另一构件的两个速度瞬心重合, 因此该构件具有两个以上的速度瞬心, 相当于瞬时圆接。瞬停节的存在, 对机构从运动上提供了更多的约束。因此瞬停节越多, 锁紧越可靠。图中所示为两种飞机起落架机构示意图。左图只有一个瞬停节 P_{24}, 右图有四个瞬停节: P_{12}、P_{23}、P_{34}、P_{14}, 因而右图结构可靠性好</p>
<p>21.11 选择齿轮传动类型, 首先考虑用圆柱齿轮</p>	<p>在传动系统中, 对于各种齿轮传动应尽可能选用圆柱齿轮 (按转速高低、平稳性要求、是否变速等决定用直齿或斜齿)。在两轴必须成 90° (或其他角度) 时, 可用圆锥齿轮。交错轴斜齿轮副也可用于传递两轴在空间成某一角度的传动, 但为点接触, 磨损大, 只用于传递运动, 传递功率很小。蜗杆传动只用于要求传动比大、自锁, 两轴空间成 90° 的场合, 因为它的效率低, 不宜用在大功率连续传动</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

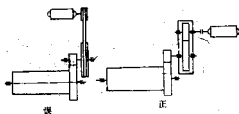
20.12 机械要求反转时,一般可考虑电动机反转

有些机械要求能正反转两方向转动,设计时应首先考虑采用电动机正反转的方案。对内燃机、汽轮机等不能反转的原动机则必须采用在传动系统中设置反向装置的方案。

20.13 必须考虑原动机的起动性能

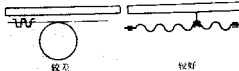
有些工作机可以空载起动,如机床。有些工作机必须负载起动,如汽车,对它的传动系统必须考虑原动机的起动性能,必要时安排摩擦离合器或液力偶合器,避免起动力矩过大,超过了原动机的负荷能力

20.14 起重机的起重机构中不得采用摩擦传动



在一般情况下,传动系统中的摩擦传动,在超载时可以打滑,起安全装置的作用。但是在起重机构中,如果重物起吊在高空,摩擦传动打滑将引起严重的事故。因此,起重传动系统必须有足够的安全系数,不得采用摩擦传动,也不能采用安全离合器。

20.15 对于要求慢速移动的机构,螺旋优于齿条



对于要求慢速移动的工作台,用电动机通过传动装置带动时,可以采用螺旋螺母或齿轮齿条等把旋转运动化作直线运动的机构。但螺旋转动一圈工作台只移动一个螺距(一般用单线)而齿轮齿条转动一圈齿条移动量为 $\pi m z$ (z —齿轮齿数, m —齿轮模数)

(续)

设计应注意的问题

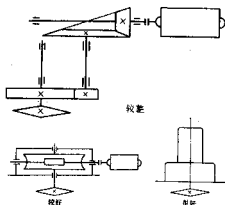
说 明

螺旋每转一圈工作台移动的距离一般为几 mm, 而齿轮转一圈齿条移动的距离为十几、甚至几十 mm。当电动机转速 n_1 和要求工作台移动速度相同时, 螺旋转速 n_2 可以比齿轮转速 n_3 高很多。而采用螺旋的传动比 $i_2 = n_1/n_2$ 比用齿轮的传动比 $i_3 = n_1/n_3$ 小很多。所以对于低速移动的工作台采用螺旋传动时, 传动系统比较简单。

齿轮齿条传动适用于移动速度较高的工作台, 如龙门刨的台面往复移动, 有的用齿轮齿条装置。

由此应注意, 把旋转运动变作直线运动的机构很多, 但其适用条件各不相同。

21.16 采用大传动比的标准减速箱代替散装的传动装置



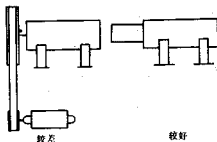
对于要求传动比大而且对其工作位置有一定要求的传动装置, 往往传动级数较多, 结构也比较复杂。如图所示为链式悬挂运输机的传动装置。电动机水平放置, 链轮轴与地面垂直而且转速很低, 这就要求传动比大而且轴要成 90° 角。原设计采用了带传动、锥齿轮、圆柱齿轮传动的结构, 这些传动装置作为散件安装, 精度不高, 缺乏润滑, 安装困难, 寿命较短。改为传动比较大的一级蜗杆传动, 安装方便, 但效率较低。采用传动比大, 效率高的行星传动或摆线针轮减速器改用立式电动机直接装在减速器上, 是很好的方案。

(续)

设计应注意的问题

说 明

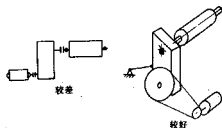
21.17 用减速电动机代替原动机和传动装置



目前有把电动机和减速器作为一个整体的减速电机,作为一个标准部件供应。不但可以简化传动装置,而且可以减少工作机受力

如图示之螺旋输送机,原设计为用电动机经V带传动,带动螺旋旋转。V带的拉力对螺旋输送机有使之移动、倾覆和转动的作用,各联接部位都应考虑这些力的作用,有足够的强度。改用带有减速器的电动机,选用带法兰式端面安装结构,不但简化了结构,减小了支撑件受力,还节省占地面积

21.18 采用轴装式减速器

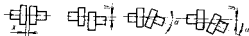


许多机械的传动装置,常可以分为电动机、减速器、工作机(图中所示为运输机滚筒)三个部分,各用螺栓固定在地基或机架上。各部分之间用联轴器联接,这些联轴器一般都用挠性的,即对其对中要求较低。但是为了提高传动效率、减小磨损和联轴器不对中产生的附加力,在安装时还是尽量提高对准的精度,这就使安装工作繁重。改用轴装式减速器,用带传动联接电动机和减速器,就避免了安装联轴器的麻烦。减速器输出轴为空心轴,套在滚筒轴上,并用键联接传递转矩。为避免减速器摆动,装有一个拉杆

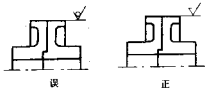
第 22 章 联轴器、离合器结构设计

一些比较常用的联轴器或离合器已经系列化、标准化,有的已由专业工厂生产。因此,可以根据使用条件、使用目的、使用环境等进行选用。如果现有的联轴器或离合器的工作性能不能满足要求,则需要设计专用的。当然,要想选择或设计比较恰当的联轴器或离合器,不仅要考虑到整个机械的工作性能、载荷特性、使用寿命和经济性问题,有时也由于选择方法和维修保养方法的不同,而成为意想不到的重要影响因素。

设计应注意的问题	说 明
22.1 合理选择联轴器类型	<p>联轴器的类型品种繁多,要想选择适合于某一传动系统的最佳联轴器有时并不容易,除了要了解各种类型联轴器的结构、性能、参数外,还要根据传动的动力特性、载荷、工作环境、安装和维护等情况进行合理选择。</p> <p>安装在同一机座上或基础上的部件,工作载荷平稳,被联接两轴能严格对中和工作时不会发生相对位移的场合,可以采用固定式刚性联轴器。</p> <p>如果被联接的两轴分别安装在两个机座上,由于制造和安装误差,或由于机座的刚性较差,不易保证两轴线都能精确对中,则宜</p>



(续)

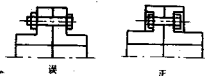
设计应注意的问题	说 明
	<p>采用无弹性元件的挠性联轴器（即刚性可移式联轴器）</p> <p>如果被联接的两轴有较大的角位移或径向位移，宜采用单万向联轴器或双万向联轴器</p> <p>对于高速、受变载荷、冲击载荷以及启动频繁的机器，宜采用有弹性元件的挠性联轴器（即弹性联轴器）这类联轴器都具有一定的补偿轴线位移的功能</p> <p>要注意部分联轴器已标准化。有关联轴器的型号、轴颈范围、许用转矩和转速、最高工作温度、补偿量、质量、转动惯量等数据要查阅有关数据，以便正确确定联轴器类型型号</p>
<p>22.2 联轴器的平衡</p> <div data-bbox="56 876 606 1112">  </div>	<p>联轴器的本体一般为铸件或锻件，并不是所有的表面都经过切削加工，因此要考虑其不平衡。依据速度的高低可以采用静平衡或动平衡。在高速条件下工作的联轴器要进行动平衡，并且联轴器本体应该是全部经过切削加工的表面，以利于平衡</p>
<p>22.3 有滑动摩擦的联轴器要注意保持良好的润滑条件</p>	<p>有些联轴器，例如十字滑块联轴器、齿轮联轴器、链条联轴器、万向联轴器等可移性联轴器，它们相互接触元件间会产生滑动摩擦，工件时需要保持良好的润滑条件。润滑油膜对联轴器的工作性能和滑动元件的使用寿命影响很大。如果润滑条件不好，油量不足或油的品质过差，将会引起滑动接触元件的擦伤、磨损或胶合，导致过早损坏</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

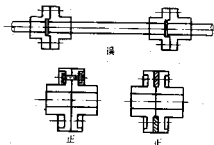
22.4 高速旋转的联轴器不能有突出在外的突起物



因此,在联轴器上必须要考虑相应的加油润滑系统,并经常保持良好的润滑,注意定期检查,及时更换新油和已损坏的密封件

在高速旋转的条件下,如果联轴器联接螺栓的头,螺母或其它突出物等从凸缘部分突出,则由于高速旋转而搅动空气,增加损耗,或成为其它不良影响的根源。而且还容易危及人身安全。所以,一定要考虑使突出物埋入联轴器凸缘的防护边中。

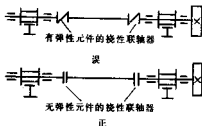
22.5 使用有凸肩和凹槽对中的联轴器,要考虑轴的拆装



采用具有凸肩的半联轴器和具有凹槽的半联轴器相嵌合而面对的凸缘联轴器时,要考虑在拆装时,轴必须作轴向移动。如果在轴不能作轴向移动或移动很困难的场合,则不宜使用这种联轴器。

因此,为了能对中而轴又不能作轴向移动的场合,要考虑其它适当的联接方式,例如采用铰制孔精配螺栓对中,或采用剖分环相配合需对中。

22.6 轴的两端传动件要求同步转动时,不宜使用有弹性元件的挠性联轴器



在轴的两端上被驱动的是车轮等一类的传动件,要求两端同步转动,否则会产生动作不协调或发生卡住。

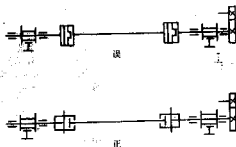
如果采用联轴器和中间轴传动,则联轴器一定要使用无弹性元件的挠性联轴器,否则会由于弹性元件变形关系使两端扭转变形不同,达不到同步转动。

(续)

设计应注意的问题

说 明

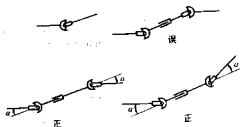
22.7 中间轴无轴承支承时, 两端不要采用十字滑块联轴器



通过中间轴驱动传动件时, 如果中间轴是没有轴承支承的, 则在两端不能采用十字滑块联轴器与其相邻的轴联接。

因为十字滑块联轴器中的十字盘是浮动运动的, 容易造成中间轴运转不稳, 甚至掉落, 在这种情况下, 应改用别的类型联轴器, 例如采用具有中间轴的齿轮联轴器。

22.8 单万向联轴器不能实现两轴间的同步转动



应用于联接轴线相交的两轴的单万向联轴器, 能够可靠地传递扭矩和两轴间的连续回转, 但是它不能保证主、从动轴之间的同步转动, 即当主动轴以等角速度回转时, 从动轴以一转为周期作不等角速度回转。

因此, 在要求同步转动的场合, 这一点必须加以考虑。若要求在相交的两轴或平行的两轴之间实现同步转动, 应采用双万向联轴器, 并且必须使联轴器的中间轴与主、从动轴之间的夹角相等, 联轴器中间轴两端叉形接头的叉口应位于同一平面内。这样, 角速度的变化能相互抵消, 从而实现同步转动。

(续)

设计应注意的问题

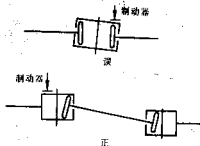
说明

22.9 不要利用齿轮联轴器的外套做制动轮

在需要采用制动装置的机器中,在一定条件下,可利用联轴器中的半联轴器改为钢制后作为制动轮使用。

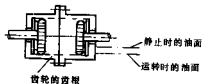
对于齿轮联轴器,由于它的外套是浮动的,当被联接的两轴有偏移时,外套会倾斜。因此,不宜将齿轮联轴器的浮动外套当作制动轮使用,否则容易造成制动失灵。

只有在使用具有中间轴的齿轮联轴器的场合,可以在其外套上改制或联接制动轮使用,因为此时外壳不是浮动的,不会发生与轴倾斜的情况。

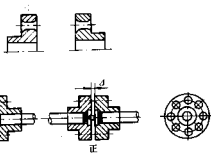
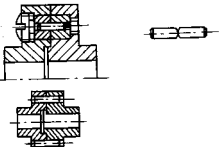


22.10 注意齿轮联轴器的润滑

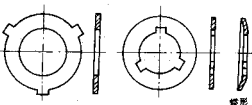
为了减小磨损,必须对齿轮联轴器进行润滑。要注意不应采用油脂润滑,因为润滑脂被齿挤出来后不会自动流回到齿的摩擦面上,齿轮联轴器只应采用润滑油进行润滑,润滑油在运转时由于离心力的作用均匀分布在外周的所有齿上,停止时油集中在下部。所以,在任何情况下都不要将油加到密封部,否则会造成漏油甩出。



(续)

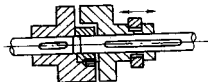
设计应注意的问题	说 明
<p>22.11 关于尼龙绳联轴器的注意事项</p> 	<p>某些高速机械采用尼龙绳联轴器时,应将尼龙绳穿入两半联轴器的轮孔中,并用尼龙绳的缓冲器,使尼龙绳在轮孔中有一定的缓冲作用。使用时,必须注意尼龙绳的凸缘上应制有较大的圆角,以使尼龙绳的使用寿命延长。为防止两半联轴器在运行过程中产生滑动,应在两半联轴器的端面保持一定的间隙,这一间隙由轴上的联轴器来控制。</p>
<p>22.12 关于剪切销式安全离合器的注意事项</p> 	<p>采用剪切销式安全离合器时,应保证销的强度,使其在过载时能自动剪断,从而保护机器不受损坏。若要求准确时,在销的V形环槽处,也可以采用双销式的安全离合器,这样可以采用双销式的安全离合器,这样可以采用双销式的安全离合器。</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
	<p>销。此时, 对称两销的切向载荷方向相反而相互抵消, 可避免轴和轴承所承受的附加径向载荷。但双销有可能因载荷分配不均匀而使安全扭矩的准确度降低, 因此必须有较高的精度。</p> <p>为了使圆柱销被剪断后断口的半圆轴器端面, 通常要在半联轴器的销孔中设置经淬火的硬质合金套。</p>
<p>22.13 要求分离迅速的场所不要采用油润滑的摩擦盘式离合器</p>  <p style="text-align: right;">螺旋形</p>	<p>在某些场合下, 主、从动轴的分离要求迅速, 在分离位置时, 没有拖滞。此时不宜采用油润滑的摩擦盘式离合器。</p> <p>由于润滑油具有粘性, 使主、从动摩擦盘间容易迅速分离, 造成拖滞现象。若必须采用摩擦盘式离合器时, 应采用干摩擦盘式离合器或碟形、松脱时, 由于盘内的弹力作用, 可使迅速分离。</p>

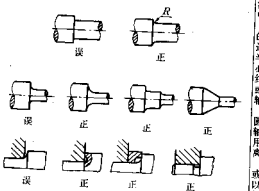
(续)

设计应注意的问题	说 明
22.14 在高温工作的情况下不宜采用多盘式摩擦离合器	<p>多盘式摩擦离合器能够在结构空间很小的情况下传递较大的转矩,这有利于它的广泛应用</p> <p>但是要注意,对于承受高温的离合器,在滑动时间长的情况下会产生大量热量,容易导致损坏,因此,宁可采用摩擦面少的离合器,例如单盘摩擦离合器</p>
22.15 离合器操纵环应安装在与从动轴相联的半离合器上	<p>多数离合器采用机械操纵机构,最简单的是由杠杆、拨叉和滑环所组成的杠杆操纵机构</p> <p>由于离合器在分离前和分离后,主动半离合器是转动的而从动半离合器是不转动的,为了减少操纵环与半离合器之间的磨损,应尽可能将离合器操纵环安装在与从动轴相联的半离合器上</p>



第 23 章 轴结构设计

轴主要是用来支承作旋转运动的零件，以实现旋转运动并传递动力。因此，轴的结构应满足强度和刚度要求，要考虑轴和轴上零件的布置和定位固定形式、轴的合理受力、轴承类型和尺寸情况，轴的加工和装配工艺要求以及节约材料和减轻重量等等。由于影响轴的结构因素很多，差别也大，因而必须依据轴的具体情况，综合考虑解决。

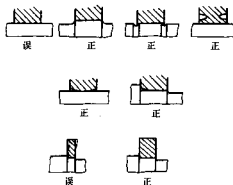
设计应注意的问题	说 明
<p>23.1 尽量减小轴的截面突变处的应力集中</p> 	<p>为了改善轴的抗疲劳强度，轴的结构应尽量避免形状的突然变化，若需要制成阶梯结构时，宜采用较大的过渡圆角，以减小应力集中。</p> <p>阶梯形轴相邻轴段的直径不宜相差太大，过渡部分要平缓，圆角半径应尽可能取大些，必要时可将过渡部分结构增设一阶梯轴段或锥形轴段，借以缓和轴的截面变化。</p> <p>如轴肩或轴环处的圆角半径受到固定在轴上零件的限制，则可用凹切圆角或加隔离肩环。</p> <p>为了磨削退出砂轮或为了放置弹性卡圈以固定轴上零件而必须设置的环形槽，由于有较大的应力集中，则只允许在受轻载的轴段上或轴端使用。</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

23.2 要减小轴在过盈配合处的应力集中

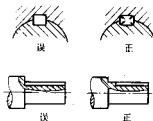


当轴上零件与轴为过盈配合时,轴上配合边缘处为应力集中之源,从而使局部应力增大。为此,除应保证传递载荷的前提下尽量减小过盈量外,还可以采用增大配合处直径,轴上开减载槽和零件轮毂两端开减载槽等结构形式以减小配合边缘处的应力集中。

另外还可以采用逐渐减少过盈配合端部的过盈量。对于阶梯的轴,为不使由过盈引起的端部应力集中和阶梯部分应力集中相叠加,也要考虑逐渐减少阶梯部分附近的过盈量等减轻应力集中的措施。

将轴向宽度比较薄的零件用过盈配合装到轴的阶梯部分上时,由于应力集中的影响,会使零件产生变形而会向一侧。为了避免这种情况的出现,要适当加大零件的宽度,如果不能加大宽度时,要从粗的一侧向细的一侧调整过盈量。

23.3 要注意轴上键槽引起的应力集中的影响



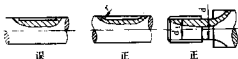
轴上有键槽部分一般是轴的较弱部分,因此对这部分应力集中要给予注意。

必须按 GB1095 规定给出键槽圆角半径 r 。为了不使键槽的应力集中与轴阶梯部分的应力集中相重合,要避免把键槽铣削至阶梯部。

用盘铣刀铣出的键槽要比用端铣刀铣出的键槽应力集中小,渐

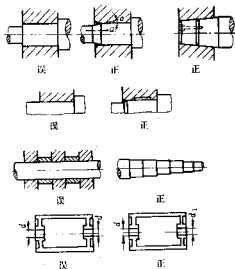
设计应注意的问题

说 明



开线花键的应力集中要比矩形花键小。花键的环槽直径 d 不宜过小,可取其等于花键的内径 d_1 。

23.4 要减小过盈配合零件装拆的困难



过盈配合零件一般要用压入法或加热法进行安装,装拆都不甚方便,所以要特别注意减小其装拆困难。

过盈配合表面多为圆柱面,为便于装配,在配合轴段的一端要制成锥形结构。对于大型、重载或圆锥面过盈配合零件要考虑利用液压装拆,装拆时高压油从轮毂或轴中油孔通过油沟压入配合表面,使毂孔胀大、轴颈缩小,同时施加一定轴向力。

过盈配合表面较长,装拆也很困难,因此在满足传递载荷的条件下,要使过盈配合的长度限制在必要的最小尺寸,而使其余部分稍有间隙。

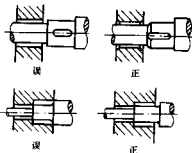
在一根轴上安装有多个过盈配合的零件,要在各段逐一给予稍许的阶梯差,安装部分以外不要加过盈量。同一零件在轴上有几处合过盈配合时也要符合上述要求。在不能给予自由的微小尺寸的阶梯差的场合(如用滚动轴承支承的多支点轴),应考虑利用带斜度的紧套配合(参见 25.12)。

(续)

设计应注意的问题

说 明

23.5 装配起点不要成尖角, 两配合表面起点不要同时装配

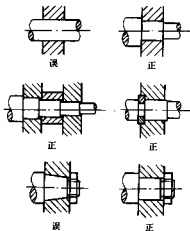


将零件安装在轴上时,即使不是过盈配合,如果装配的起点呈尖角或微小倒角,在安装时常常很费事。

为了使安装容易和平稳,两零件的装配起点,或者至少其中一件要有适当的倒角或锥度,使尽量靠近装配起点。

两处装配起点的尺寸为同时安装时,即使有充分的锥度也难以使两处相关位置吻合,因此要错开两处的相关位置,首先使一处安装,以此为支承再安装另一处。

23.6 轴上零件的定位要采用轴肩或轴环



为了将零件安装到轴的正确位置上,轴必须制成阶梯形轴肩或轴环,如果不采用定位轴肩或轴环等方法则很难限定零件在轴上的正确位置。

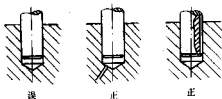
如受某些条件限制,轴的阶梯差很小或不便加工出轴肩的地方,可采用加定位套筒,或者加对开的轴环进行定位。

圆锥形轴端能使轴上零件与轴保持较高的同心度,且联接牢靠,拆装方便,但是不能限定零件在轴上的正确位置,需要限定准确的轴向位置时只能改用圆柱形轴端加轴肩才是可靠的。

设计应注意的问题

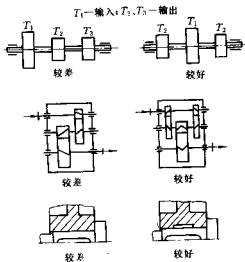
说 明

23.7 盲孔中装入过盈配合轴应考虑排出空气



在盲孔中装入过盈配合轴,如果孔内部形成封闭空间,则使安装困难,在拔出时由于内部成为真空,则拔出更为困难。为避免形成封闭空间,必须设置供通气用的小孔或沟槽。

23.8 合理布置轴上零件和改进结构以减小轴的受力



轴主要承受转矩和弯矩,为了减小轴的直径和提高轴的承载能力,合理布置轴上零件和结构可以减小轴所受的转矩和弯矩。当动力需用两个或两个以上的轮输出时,将输入轮布置在输出轮中间,就可以减小轴的转矩。在轴上有斜齿时会产生一个轴向力,增大了轴的弯矩和变形。若改为人字齿轮,则轴向力抵消。把轮毂与轴的配合面分为两段,不仅减小轴的弯矩,提高了轴的强度和刚度,而且也改善了轴孔的配合。把转动的心轴改成不转动的心轴,可使轴不受反复的弯曲应力。

(续)

设计应注意的问题

说 明

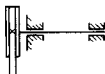
23.9 采用载荷分流以提高轴的强度和刚度



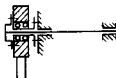
较差



较好



较差

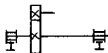


较好

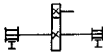
转轴都承受弯矩和转矩的作用,采用载荷的分流,可以将弯矩和转矩分流到不同的分件和轴上,可以达到提高轴的强度和刚度的目的。在卷筒轴中,如将大齿轮和卷筒装配在一起,转矩经过大齿轮直接传到卷筒,卷筒轴则只承受弯矩而不承担转矩,使轴的强度提高。

某些机床主轴的悬伸端装有带轮,刚度低。采用将带轮结构可压轴座分流给箱体,而轴仅承受带轮所传递的转矩,减少了弯曲变形。

23.10 采用中央等距离驱动防止两端扭转变形差



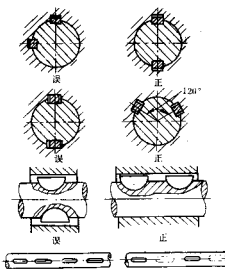
误



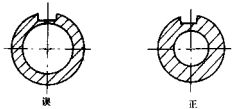
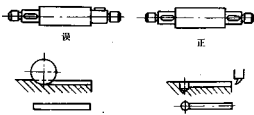
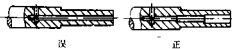
正

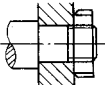
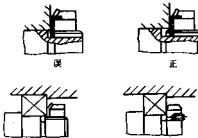
在轴的两端上被驱动的是车杠或杆一类的构件,要求两端的扭转变形相同,否则会产生相位差,从而导致相互动作失调。为了防止产生扭转变形的差别,要采取等距离的中央驱动,轴的直径也应大一些为好。

(续)

设计应注意的问题	说 明
23.11 改善轴的表面品质, 提高轴的疲劳强度	<p>轴的表面品质对轴的疲劳强度有很大的影响, 因此必须注意改善表面状态。</p> <p>由于疲劳裂纹常发生在表面粗糙的部位, 应十分注意轴的表面粗糙度的参数值, 即使是自由表面也不应忽视。合金钢对应力集中更为敏感, 降低表面粗糙度尤为重要。</p> <p>采用辗压、喷丸、渗碳淬火、氮化、高频淬火等表面强化方法, 可以显著提高轴的疲劳强度。</p>
<p>23.12 轴上多键槽位置的设置要合理</p>  <p>The diagrams illustrate the correct and incorrect placement of multiple keyways on a shaft. The top row shows cross-sections: the left 'Incorrect' (误) diagram shows two keyways at 90° intervals, while the right 'Correct' (正) diagram shows two keyways at 180° intervals. The middle row shows cross-sections: the left 'Incorrect' (误) diagram shows two keyways at 90° intervals, while the right 'Correct' (正) diagram shows two keyways at 120° intervals. The bottom row shows longitudinal views: the left 'Incorrect' (误) diagram shows two keyways on the same side of the shaft, while the right 'Correct' (正) diagram shows two keyways on opposite sides of the shaft.</p>	<p>轴毂采用两个键联接时, 轴上键槽位置要保证有效的传力和不过分削弱轴的强度。</p> <p>当采用两个平键时, 一般设置在同一轴段上相隔 180° 的位置, 有利于平衡和轴的截面变形均匀性。当采用两个楔键时, 为使轴毂之间传递转矩的摩擦力相互抵消, 两键槽应相隔 120° 左右为好。当采用两个半圆键时, 为不过分削弱轴的强度, 则常设置在轴的同一母线上。</p> <p>在长轴上要避免在一侧开多个键槽或长键槽, 因为这会使轴丧失全周的均匀性, 易造成轴的弯曲。因此, 要交替相反在两侧布置键槽, 长键槽也要相隔 180° 对称布置。</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>23.13 空心轴的键槽下部壁厚不要太薄</p> <div data-bbox="82 324 725 617">  </div>	<p>在空心轴段上采用键联接时,要注意空心轴的壁厚。</p> <p>如果键槽下部太薄,就有可能使其过分变弱而导致轴的损坏</p>
<p>23.14 轴上键槽要加工方便</p> <div data-bbox="41 779 745 1088">  </div>	<p>一根轴上在两个以上的轴段都有键槽时,应置于同一加工直线上,槽宽应尽可能统一,以利加工。</p> <p>在轴上加工键槽时,要考虑因加工设备和加工方法的不同而需要相适的退刀槽,否则会带来加工困难</p>
<p>23.15 在轴上钻细长孔很困难</p> <div data-bbox="62 1299 704 1429">  </div>	<p>在轴上钻小直径的深孔加工非常困难,钻头易折断。钻头折断了,取出也非常困难。</p> <p>要根据孔的深度尽可能选定稍大的孔径,或者采用向内依次递减直径的方法</p>

设计应注意的问题	说 明
<p>23.16 在旋转轴上切制螺纹要有利于紧固螺母的防松</p> 	<p>轴上零件常用螺母紧固, 为了不致在起动、旋转和停车时使螺母松动, 螺纹的切制应按照轴的旋转方向有助于旋紧的原则。</p> <p>轴向左旋转就取左旋螺纹。如果向右旋转则取右旋螺纹。但是, 在驱动一侧如果装有制动器, 反复进行快速减速和急停车的轴系例外且应与此相反</p>
<p>23.17 确保止动垫圈在轴上的正确安装</p> 	<p>在轴上用圆螺母紧固零件的场合, 为了防止螺母松动, 使用止动垫圈</p> <p>要注意止动垫圈外侧卡爪弯折入螺母槽中以后, 也常有止动不灵的情况, 止动垫圈内侧舌片如处于轴上螺纹退刀槽部分时, 往往就起不到止转的作用。因此, 轴上的螺纹退刀槽必须加工得靠里一些, 以确保安装时内侧舌片不处于轴的沟槽内而不是在退刀槽内</p> <p>如果在止动垫圈安装的周围有障碍或受空间限制, 会出现不能弯折卡爪的情况, 在这样的场合要改用其它止动方法</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

23.18 保证轴与安装零件的压紧或预留间隙的尺寸差

用螺母压紧安装在轴上的零件时,如果轴的配合部分长度和安装零件的宽度相同,则螺母在压到零件上之前就碰到了轴,因而出现压不紧的情况。在这种情况下,要使轴的配合部分长度稍短于安装零件的宽度,以保证有一定的压紧尺寸差。

如果在安装零件和螺母(或其它定位零件)之间有隔离套筒,也要按照上述原则保证有关部分的尺寸差。

与上面相反,如果要求安装件在轴上转动或在轴向有一定游动时,不应依靠调整螺母的松紧来给出间隙,而应拧紧螺母,使其与轴的阶梯接触。在这种情况下,是依靠轴的配合部分长度稍大于安装零件的宽度,以保证预定的间隙。



误



正



正



误



正

23.19 要避免弹性卡圈承受轴向力



误



正

为了固定轴上零件有时使用弹性挡圈,这种挡圈除定位以外,最好不要用于承受轴向推力,因为它只是为了防止零件脱出,而不是用于承受轴向力的场合。再者,如果把弹性挡圈不适当的装入槽内或倾斜地安装,即使在轻微的轴向力反复作用下,弹性挡圈也容易脱落。因此,一定要把挡圈装牢在轴上的槽中。

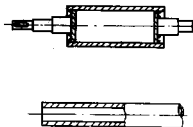
由于挡圈槽对轴的削弱作用,这种固定方式只适用于受力不大的轴段或轴端部。

(续)

设计应注意的问题

说 明

23.20 空心轴节省材料



一般对小直径的轴多采用实心轴以便于制造,大直径的轴适宜做成空心轴,使得其受弯矩作用时的正应力和受扭矩时的切应力都分布得较为合理。因此,在满足强度和刚度条件下与实心轴相比空心轴可大大节省材料,如用管材作为原材料则尤为经济。

当轴段的工作直径与轴颈直径相差较大时,可以做成焊有轴颈的空心轴。

23.21 不要使轴的工作频率与其固有频率相一致或接近

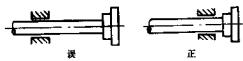
如果轴的工作频率与其固有频率十分接近或一致时,就会发生激烈的有害振动,它将引起不可轻视的工作故障。

由横向力引起的弯曲振动其固有频率除受轴的刚性和轴上旋转质量产生的力的影响外,也因轴承间隙、轴承和轴承座刚性的不同而变化。

由于传递有周期性的变化而引起的扭转振动,因大多数轴扭转刚度很大而不会发生。然而,对于某些机械,如具有曲轴的机械,或与具有曲轴机械相连接的机械有与曲拐数和转速相关的扭振源,要特别注意。

必须使轴的工作频率避开其固有频率运转,若轴的工作频率很高时,还应考虑使其避开相应的二次、三次或四次高阶固有频率。

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>23.22 高速轴的挠性联轴器要尽量靠近轴承</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>在高速轴的悬臂端上安装有挠性联轴器的场合, 如果悬伸量越大和不平衡重量越大, 则轴的固有振动频率越低, 容易引起轴的振动。因此, 要尽量将联轴器设置在靠近轴承的位置上, 并且尽可能选择重量轻的联轴器。</p>
<p>23.23 避免轴的支承反力为零</p>	<p>在轴的两个支承中, 如果有其中一个的支反力为零或接近于零, 则在此支点上的轴承载荷为零。在载荷为零的轴承上的轴, 在轴承的哪一个方向上都不接触, 轴心的位置很不稳定, 容易发生油膜振荡, 使轴产生强烈振动。</p> <p>避免的方法是首先合理安排好轴上传动零件和轴承位置, 不使轴承上的载荷为零。如果不能避免这种情况, 则务必采用稳定性好的轴承 (参见 24.23)。</p>

设计应注意的问题	说 明
23.24 不宜在大轴的轴端直接联接小轴	<p>在有些情况下,有从主运动轴端直接联接出一根小轴用以带动润滑油泵或其它辅助传动。这时,由于直径相差较大的两轴其轴承间隙有较大差别,磨损情况也很不相同。再者这种联接方式彼此的轴心也不易一致,因此小轴的轴承部承受不合理的附加载荷,容易破损。</p> <p>要尽力避免直接传动的方式。如果必要,也要采用与这种传动不相关的联接方式。</p> <p>另外,也不希望采用在大轴端部直接加工出小轴的传动方式,这样,即使小轴部分发生故障,也没有必要对大轴进行修配。</p>
23.25 轴颈表面要求有足够硬度	<p>通常,轴是支承在滑动轴承或滚动轴承上,为了保证轴颈的磨损寿命,轴颈表面必须具有足够的硬度。</p> <p>与轴承合金配转的轴颈,可以用软钢制造,轴的硬度不应低于200HBS。与铝和铜合金配转的轴颈,则应有300HBS的最低硬度,如为高载荷时,轴颈的硬度推荐用50HRC。</p> <p>与滚动轴承相配的轴颈,虽然与轴承内圈间没有直接的转动关系,但为了保证配合可靠精确以及减轻装拆时表面受损,理论上,轴颈应有的最低硬度为40HRC,同时磨削成形。如果在特殊情况下,例如无内圈滚针轴承直接与轴颈接触使用的情况,轴颈表面硬度应不低于58HRC。</p>

设计应注意的问题

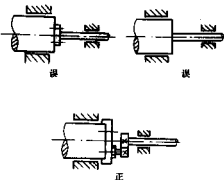
说 明

23.24 不宜在大轴的轴端直接联接小轴

在有些情况下,有从主运动轴端直接联接出一根小轴用以带动润滑油泵或其它辅助传动。这时,由于直径相差较大的两轴其轴承间隙有较大差别,磨损情况也很不相同。再者这种联接方式彼此的轴心也不易一致,因此小轴的轴承部承受不合理的附加载荷,容易破损。

要尽力避免直接传动的方式。如果必要,也要采用与这种传动不相关的联接方式。

另外,也不希望采用在大轴端部直接加工出小轴的传动方式,这样,即使小轴部分发生故障,也没有必要对大轴进行修配。



23.25 轴颈表面要求有足够硬度

通常,轴是支承在滑动轴承或滚动轴承上,为了保证轴颈的磨损寿命,轴颈表面必须具有足够的硬度。

与轴承合金配转的轴颈,可以用软钢制造,轴的硬度不应低于200HBS。与铝和铜合金配转的轴颈,则应有300HBS的最低硬度,如为高载荷时,轴颈的硬度推荐用50HRC。

与滚动轴承相配的轴颈,虽然与轴承内圈间没有直接的转动关系,但为了保证配合可靠精确以及减轻装拆时表面受损,理论上,轴颈应有的最低硬度为40HRC,同时磨削成形。如果在特殊情况下,例如无内圈滚针轴承直接与轴颈接触使用的情况,轴颈表面硬度应不低于58HRC。

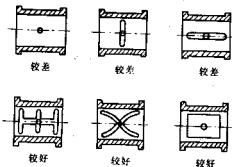
第 24 章 滑动轴承结构设计

滑动轴承的支承部分是面接触，在支承面与轴之间要形成和保持适当的油膜。为了这一目的，正确合理的结构设计是重要的，它对于保证轴承合理受力，充分供油，减少发热和维持稳定的油膜是必要条件。选择合适的轴承形式以适合各种使用环境和条件，以及良好的加工安装条件也是重要的。在工作中，也不能避免一定程度上的磨损和发生故障的可能性，要注意考虑减少磨损和间隙发生变化后的维修调整措施，对有可能引起故障以及其它附带各种问题也要注意。

设计应注意的问题

说明

24.1 要使润滑油能顺利地进入摩擦表面



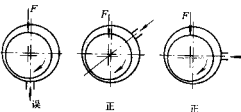
为使润滑油顺利地进入轴承全部摩擦表面，要开油沟使油、脂能沿轴承的圆周方向和轴向方向得到适当的分配。

油沟通常有半环形油沟、纵向油沟、组合式油沟和螺旋槽式油沟，后两种可使油在圆周方向和轴向方向都能得到较好的分配。对于转速较高，载荷方向不变的轴承，可以采用宽槽油沟，有利于增加流量和加强散热。油沟在轴向方向都不应开通。

对液体动压润滑轴承，不允许将油沟开在承载区，因为这会破坏油膜并使承载能力下降。对非液体摩擦润滑轴承，应使油沟尽量延伸到最大压力区附近，这对承载能力影响不大，却能在摩擦表面起到良好的贮油和分配油的作用。

用作分配润滑油的油沟要比用于分配稀油的要宽些，因为这种油沟还要求具有贮存干油的作用。

24.2 润滑油应从非承载区引入轴承



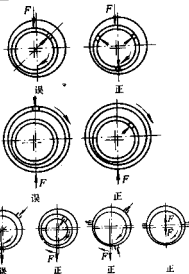
不应当把进油孔开在承载区，因为承载区的压力很大。显然，压力很低的润滑油是不可能进入轴承间隙中，反而会从轴承中被挤出。

当载荷方向不变时，进油孔应开在最大间隙处。若轴在工作中的位置不能预先确定，习惯上就把进油孔开在与载荷作用线成 45° 角之处，对剖分轴瓦，进油孔也可开在接合面处。

(续)

设计应注意的问题

说 明

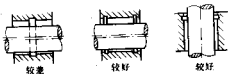


因结构需要从轴中供油时,若油孔出口在轴表面上,则轴每转一转油孔通过高压区一次,轴承周期性地进油,油路上易产生脉动,因此最好作出三个油孔。

当轴不转,轴承旋转,外载方向不变时,进油孔应从非承载区由轴中小孔引入。

当作用在轴上的载荷方向随轴的旋转而变化时,应从轴上小孔中引入润滑油,油孔应大致位于载荷方向的对面。如果因结构需要从轴承中个油孔,因为轴每转一次,进油孔会被高压区压住一次,造成供油不连续,所以应采用三个进油孔。当轴受上下方向的交变载荷时,油孔可开在轴瓦的两侧。

24.3 不要使全环油槽开在轴承中部



为了加大供油量和加强散热,有时在轴承中切有环形油槽,布置在轴承中部具有较大宽度和深度的全环油槽把轴承一分为二,实际上成为两个短轴承,这就破坏了轴承油膜,使承载能力降低。

如果将全环油槽开设在轴承的一端或两端,则油膜的承载能力可降低得较少些。

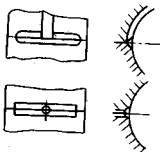
比较好的方法是在非承载区切出半环形的宽槽油沟,既有利增加流量又不降低承载能力(参见 24.1)。

对于竖直放置的轴承,全环油槽宜开设在轴的上端。

设计应注意的问题

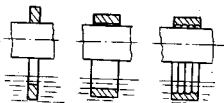
说 明

24.4 剖分轴瓦的接缝处宜开油沟



在上、下两轴瓦组成的剖分式轴承中，通常在两侧接缝处开有不太深的油沟或油腔，这可以消除轴瓦接缝处向里弯曲变形对轴承工作的有害影响，同时可以将磨屑等杂质积存在油沟中，以减少发生擦伤的危险，要注意接缝处的油沟也不宜开得太宽，有的也可以做成一个倒角，以免对承载油膜产生不良的作用

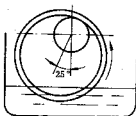
24.5 要使油环给油充分可靠



较差

较好

较好



自由悬挂式油环的位移

使用油环润滑的场合，要尽量使悬挂在轴上的油环容易转动，否则给油就不充分

转动油环的力是与轴接触面的摩擦，妨碍转动的力是侧面的摩擦。因此对油环要选择宽度方向大而厚度方向小的截面尺寸，以增加与轴的接触面积。油环应做得重些（钢或铜合金），以保证滑动很小。根据试验，在油环内表面开若干条纵向槽时，润滑效果最为良好

自由悬挂在轴上的油环工作时，轴心和油环中心的连接线要位移 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 左右，这点在设计轴承壳和轴瓦时，必须加以考虑

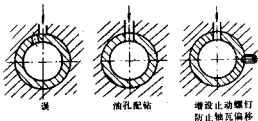
当轴承的上部承受载荷时，不宜用油环润滑，因为这时必须在轴瓦受载荷的部位开槽。轴作摆动运动时也不宜采用油环润滑

(续)

设计应注意的问题

说明

24.6 加油孔不要被堵塞

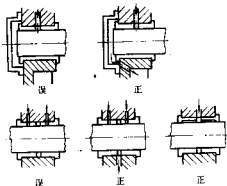


加油孔的通路部分,如果由于安装轴瓦或轴套时其相对位置偏移或在运转过程中其相关位置偏移,其通路就会被堵塞,从而导致润滑失效。

所以,在组装后对加油孔可采用配钻方法,以及对轴瓦增设止动螺钉。

对于组装前单独加工了孔的轴瓦或轴套,或者在更换备件等场合,其位置不一定能与相配合的孔对准,此时需要根据加工和组装的偏差程度,预先考虑不使其发生故障。

24.7 不要形成润滑油的不流动区



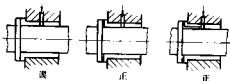
对于循环供油,要注意油流的畅通,如果油存在着流到尽头之处,则油在该处处于停滞状态,以致热油聚集并逐渐变质劣化,不能起正常的润滑作用,这是造成轴承烧伤的原因。

如果轴承端盖是封闭的或轴与轴承端部被闷死,则油不流向端盖或闷死的一侧,那里将成为高温区。由于在端盖处设置了排油通道,从轴承中央供给的油才能在轴承全宽上正常流动。

(续)

设计应注意的问题

说 明



在同一轴承中从两个相邻的油孔处给油，润滑油向里侧的流动受阻，那里油流停滞会造成轴承烧伤。改进的办法是在轴承中都空腔处开设油孔或使油由轴承非承载区的空腔中引入。

对于承受轴向力的带有凸缘的轴承，由于油的出口被轴上的止推轴肩所封闭，也使油流受阻，轴瓦凸缘抵住轴肩的过渡圆角，这同样使油的侧向流动受阻。在那里还同时发生非常强烈的磨损。正确的结构可在止推表面做出径向槽或在非承载区做出通油的纵向槽。凸缘要有倒角，不使抵住轴肩圆角。

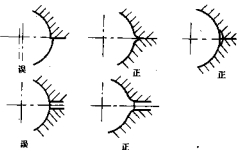
24.8 防止出现切断油膜的锐边或棱角



为使供给的油顺畅地流入润滑面，轴瓦油槽、剖分面处要尽量作成平滑的圆角而不要出现锐边或棱角，因为尖锐的边缘会使轴承中油膜被切断并有刮伤的作用。

轴瓦剖分面的接缝处，相互之间多少会产生一些错位，错位部分要作成圆角或不大的油腔。

在轴瓦剖分面处加调整垫片时，要使垫片后退少许。



(续)

设计应注意的问题

说 明

24.9 防止发生阶梯磨损



误



正



误



正



误



正



误



正



误



正

相互滑动的同一面内如果存在着完全不接触部分,则由于该部分未磨损而形成阶梯磨损

轴颈工作表面在轴承内终止,轴颈在磨合时将在较软的轴承合金层上磨出凸肩,它将妨碍润滑油从端部流出,从而引起过高的温度和造成轴承烧伤的危險,这种场合需要将较硬的轴颈的宽度加宽,使之等于或稍大于轴承的宽度

在轴颈上加工出一条位于轴承内部的油槽,这同样会造成危險,即在磨合过程中形成一条棱角,应尽量将油槽开在轴瓦上

对于青铜轴瓦等高载荷低速轴承轴瓦,在相当于圆周上油槽在部分的轴颈也发生阶梯磨损,这种场合有时的需要,将上下半油槽的位置错开以消除不接触的地方

轴的止推环外径小于轴承止推面外径时,也会造成较软的轴合金层上出现阶梯磨损,原则上其尺寸应使磨损多的一侧全面磨损

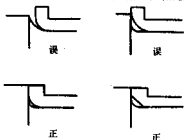
但是,在有的情况下,由于事实上不可避免双方都受磨损,最好是能够避免修配困难的一方(如轴的止推环)出现阶梯磨损

(续)

设计应注意的问题

说 明

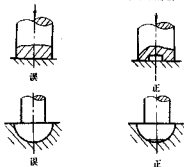
24.10 不要使轴瓦的止推端面为线接触



滑动接触部分必须是面接触，如果是线接触时，则局部压强异常增大而成为强烈磨损和烧伤的原因

轴瓦止推端面的圆角必须比轴的过渡圆角大，并必须保持有平面接触

24.11 止推轴承与轴颈不宜全部接触



非液体摩擦润滑止推轴承的外侧和中心部分滑动速度不同，磨损很不均匀，轴承中心部分润滑油难以进入，造成润滑条件劣化。为此，轴颈与轴承的止推面不宜全部接触，在轴颈或轴承的中心部分切出凹坑，不仅改善了润滑条件，也使磨损趋于均匀

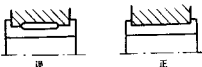
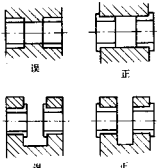
24.12 重载大型机械的高速旋转轴的起动能需要高压顶轴系统的轴承

重载大型机械的转子自重较大，起动转矩非常大，在起动时也容易产生异常磨损和烧伤

在一些场合应用一种“高压顶轴系统”，由高压油使转子浮起，以解决起动瞬间轴与轴承金属摩擦带来的困难

动静压轴承特别适用于要求带载起动而又要长期连续运行的场合。重载大型机械中的动静压轴承多有两套供油系统。一套高压小流量系统用于满载起动、制动或减速时。一套低压大流量系统供正常工作时轴承润滑

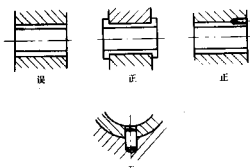
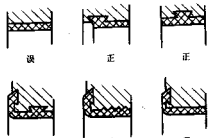
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>24.13 承受重载荷或温升较高的轴承不要把轴承座和轴瓦接触表面中间挖空</p> <div data-bbox="31 406 590 584">  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 误 正 </div> </div>	<p>通常,轴瓦与轴承座接触面,在中间开槽或挖空以减小机械加工量,可是承受轴承载荷特别是承受重载荷的轴承,如果轴瓦薄,由于油膜压力的作用,在挖空的部分轴瓦向外变形,从而降低承载能力</p> <p>为了加强热量从轴承瓦向轴承座上传导,对温升较高的轴承也不应在两者之间存在不流动的空气包</p> <p>在以上两种场合,都应使轴瓦具有必要的厚度和刚性并使轴瓦与轴承座全面接触</p>
<p>24.14 不要发生轴瓦或衬套等不能装拆的情况</p> <div data-bbox="103 779 538 1234">  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 误 正 </div> </div>	<p>整体式轴瓦或圆筒衬套只能从轴向安装、拆卸,所以要使其有能装拆的轴向空间,并考虑卸下的方法</p>
<p>24.15 要减少中间轮和悬臂轴的支承轴承产生的边缘压力</p>	<p>中间轮的支承装置不宜做成悬臂的,因为作用在轴承上的力是偏心的,它使得轴承一侧产生很高的边缘压力,加速了轴承的磨损。比较好的结构是力的作用平面应通过轴承中心</p>

(续)

设计应注意的问题	说明
<p>误 正 误 正 正</p>	<p>悬臂轴的支承轴承最易产生边缘压力，支承在一个轴承中的齿轮轴是一种不合理的结构，在接近于齿轮一侧轴承边缘压力大，齿轮容易歪斜，把轴承分成两个，加工比较简单，边缘压力可以减少，缺点是两个轴承载荷不相等，比较合理的结构应使接近于齿轮一侧的轴承直径大一些，使两个轴承压强大致相等</p>
<p>24.16 在轴承座孔不同心或在受载后轴线发生挠曲变形条件下要选择自动调心滑动轴承</p>	<p>轴颈在轴承中过于倾斜时，靠近轴承端部会出现轴颈与轴瓦的边缘接触，使轴早期损坏。对于铸铁之类脆性材料的轴瓦，边缘接触特别有害。消除边缘接触的措施一般是采用自动调心轴承</p> <p>轴瓦外支承表面呈球面，球面的中心恰好在轴线上，这种结构承载能力高</p> <p>轴瓦外支承表面为窄环形突起，靠突起的较低刚度也可达到调心目的</p> <p>依靠柔性的膜板式轴承壳体和采用降低轴承边缘刚度的办法也能达到部分调心目的</p>

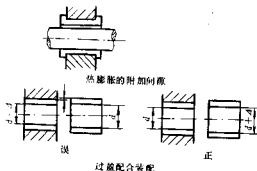
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>24.17 轴瓦和轴承座不允许有相对移动</p> 	<p>轴瓦装入轴承座中, 应保证在工作时轴瓦与轴承座不得有任何相对的轴向和周向移动</p> <p>为了防止轴瓦沿轴向和周向移动, 可将其两端做出凸缘来作轴向定位和用紧定螺钉或销钉将其固定在轴承座上</p>
<p>24.18 要使双金属轴承中两种金属贴附牢靠</p> 	<p>为了提高轴承的减摩, 耐磨和跑合性能, 常应用轴承合金、青铜或其它减摩材料覆盖在铸铁、钢或青铜轴瓦的内表面上以制成双金属轴承</p> <p>双金属轴承中两种金属必须贴附得牢靠, 不会松脱, 这就必须考虑在底瓦内表面制出各种形式的棒头或沟槽, 以增加贴附性, 沟槽的深度以不过分削弱底瓦的强度为原则</p>

设计应注意的问题

说明

24.19 确保合理的运转间隙



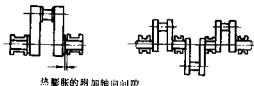
滑动的轴承依据使用目的和不同需要的工作条件需要合适的间隙。

轴承间隙因轴承材质、轴瓦装配条件、运转引起的温度变化及其它因素的不同而发生变化，所以事先要对这些因素进行预测，然后合理选择间隙。

工作温度较高时，需要考虑轴颈热膨胀时的附加间隙。尼龙等非金属材料轴瓦，由于导热系数低，易膨胀，也需要考虑附加间隙。

对轴承衬套用过盈配合装入轴承的情况，此时由于存在装配过盈量，安装后衬套内径比装配前的尺寸缩小，这一点也不可忽略。

24.20 保证轴工作时热膨胀所需要的间隙



为保证轴系能正常工作且不发生轴向窜动，支承轴系的滑动轴承的轴瓦通常带有止推凸缘，运转中轴的温度和支承机架的温度之间产生差别，则发生相对伸缩，所以各轴承的轴瓦凸缘和轴接触时就有可能发生卡住的现象。

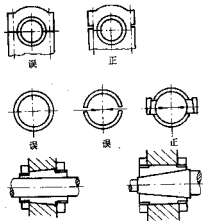
(续)

设计应注意的问题

说 明

对普通工作温度下的短轴,为允许轴工作时略有少量热膨胀,应在轴瓦凸缘与轴接触处留有一定轴向附加间隙。当轴较长、工作温度较高或多支点支承时,则只需使轴向定位的一个轴承的凸缘止推面接触,而其它轴承在轴向全部是游动的,不接触。

24.21 考虑磨损后的间隙调整



带锥形表面的轴套

滑动轴承在工作中发生磨损是不可避免的,为了保持适当的轴承间隙,要根据磨损量对轴承间隙进行相应调整。

磨损不是全周一样,而是有显著的方向性,需要考虑针对此方向的易于调整的措施或结构。

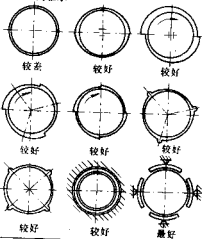
剖分轴瓦在剖分面间加调整垫片,三块或四块瓦块组成可调间隙轴承和带锥形表面轴套的轴承等都是可供考虑的结构。

对于结构上不可调间隙的轴承,如果达到极限磨损量就要更换新的轴瓦。

24.22 在高速轻载条件下使用的圆柱形轴瓦要防止失稳

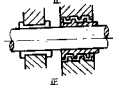
圆柱形轴瓦在高速轻载的场合使用容易失稳,使轴发生剧烈摆动而失效,因此需要采取措施予以防止。

减少轴承面积,增大压强是最为简单易行的措施之一。如减少轴承的宽径比或尽量扩展油槽的宽度,使接触面积变窄以减少轴承面积。轴承压强增大以后则轴承偏心率增加,有利于消除不稳定现象。

设计应注意的问题	说 明
	<p>增大轴承间隙有利于增加轴的稳定性,缺点是旋转精度降低,故不宜用于精密机械</p> <p>现场中常通过提高供油温度的办法,使润滑油粘度下降,或通过提高供油压力,以增加轴的稳定性</p> <p>对于重要的机器由于不允许偏心率过大,则需要采用抗振性好的轴承(参见24.23)</p>
<p>24.23 高速轻载条件下的轴承要选用抗振性好的轴承</p> 	<p>高速旋转轴的轴承载荷非常小或接近零的场合,由于轴承偏心率很小,轴颈在外部微小干扰力的作用下而偏离平衡位置,油膜有可能出现不稳定状态,并引起半速涡动和油膜振荡,使轴发生强烈振动而导致轴承工作失稳</p> <p>为防止轴承工作失稳,需要选择抗振性能好的轴承。双油楔、多油楔和多油叶形状轴承或浮环轴承等的抗振性能都比普通圆形轴瓦好</p> <p>可倾瓦块轴承,轴瓦由3~5块扇形块组成,扇形块背面有球面形支承,轴瓦的倾斜度可随轴颈位置不同而自动调整,以适应不同的载荷、转速、轴的弹性变形和偏斜,是抗振性最好的轴承</p>
<p>24.24 含油轴承不宜用于高速或连续旋转的用途</p>	<p>轴承的润滑,除为降低摩擦和减少磨损的目的外,对轴承进行散热和冷却也是主要目的之一</p> <p>含油轴承和其它的自润滑轴承所含润滑油仅是为自身减摩降磨的目的,然而在高速或连续运转的场合,还应考虑摩擦热的散发和冷却滑动的需要</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
24. 25 滑动轴承不宜和密封圈组合	<p>因此, 含油轴承一般限于低速或者短时间, 或间歇工作等发热不大的场合应用。即使是轻载荷在连续运转时也要避免使用</p> <p>滑动轴承在工作中会产生磨损, 如果磨损了就会发生轴心的偏移。密封圈不适用于轴心偏移的地方, 特别是动态移动的地方</p> <p>如果必须使用滑动轴承和密封组合, 密封要采用即使轴心偏移也不致发生故障的其它密封方法或使密封圈与滚动轴承相组合</p>
24. 26 在轴承盖或上半箱体提升过程中不要使轴瓦脱落	<p>在一些大型机器中, 提升轴承盖或上半箱体时, 轴承上的轴瓦, 由于油的渗入而贴在轴承盖或箱体上, 最初常常是一起上升, 在提升过程中轴瓦有脱落的危险</p> <p>为了防止轴瓦脱落, 要将轴瓦用螺钉或其它装置固定在轴承盖或箱体上</p>



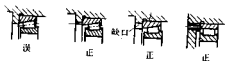
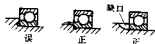
第 25 章 滚动轴承轴系结构设计

滚动轴承的摩擦形式和磨损特性不同于滑动轴承，所以在使用上要对此加以考虑。另外，滚动轴承的结构类型和尺寸是标准的，因此，在设计时除正确选择轴承类型和确定型号尺寸外，还需合理设计轴承的组合结构，要考虑轴承的配置和装卸、轴承的定位和固定、轴承与相关零件的配合、轴承的润滑与密封和提高轴承系统的刚性等。正确合理的支承结构设计对轴系受力、运转精度、提高轴承寿命及可靠性，保证轴系性能等都将起着重要的作用。

设计应注意的问题

说 明

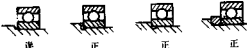
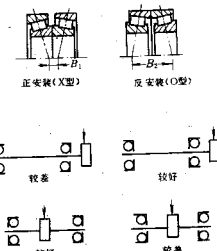
25.1 考虑轴承拆卸的设计



滚动轴承的安装和拆卸都要注意不使力作用于滚动体和内外圈滚道面之间，从轴颈上拆卸轴承时施力于内圈，从轴承座中取出轴承时则施力在外圈上，这是拆卸轴承的基本原则。

因此，轴承的定位轴肩或孔肩应有一个适当的尺寸，它的高度既要提供足够的支承面积，又要不妨碍轴承的拆卸，一般情况不应超过座圈厚度的 $2/3 \sim 3/4$ ，如不得不超过上述界限时，应在结构设计上采取措施，使得轴承能够拆卸，如应开设供拆卸用的缺口、槽孔或螺孔等，有些特殊的结构不保证拆卸要求，则零件与轴承同时更换。

(续)

设计应注意的问题	说明
<p>25.2 轴承内圈圆角半径和轴肩圆角半径</p>  <p>误 正 正 正</p>	<p>为了使轴承端面可靠地紧贴定位表面,轴肩的圆角半径必须小于轴承的圆角半径,如果由于减小轴肩的圆角半径,使轴的应力集中增大而影响到轴的强度,则可以采取如图所示措施,使轴的圆角半径不过小</p>
<p>25.3 一对角接触轴承的组合</p>  <p>正安装(X型) 反安装(O型)</p> <p>较差 较好 较好 较差</p> <p>角接触轴承组合的刚性</p>	<p>同样的轴承作不同排列,轴承组合的刚性将不同。一对角接触轴承可以有正安装(X型)和反安装(O型)两种排列方案</p> <p>一对角接触轴承并列组合为一个支点时,反安装方案上两轴承反力在轴上的作用点距离 B_2 较大,支承有较高的刚性和对轴的弯曲力矩具有较高的抵抗能力。正安装方案两轴承反力在轴上的作用点距离 B_1 较小,支承的刚性较小。如果估计到可能发生轴的弯曲或轴承的不对中,就应选用刚性较小的正安装方案</p> <p>一对角接触轴承分别处于两支点时,应根据具体受力情况,分析其刚性。当受力零件在悬伸端时,反安装方案刚性好,当受力零件在两轴承之间时,正安装方案刚性好</p>

设计应注意的问题

说 明

25.4 角接触轴承同向串联组合



同向串联



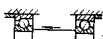
串联反安装

一对角接触轴承同向串联组合为一个支点时,用于需要承受一个方向的极高轴向载荷,特别是由于速度和空间地位的限制,不允许使用较大的轴承或较简单的安排时,对于异常高的轴向载荷也可以使用三个以上同向串联的组合。当一个方向的轴向载荷很大而另一个方向也存在一定的轴向载荷时,那就应该使用两个同向串联和另外一个单独的轴承组成反安装形式,成为“串联反安装”。如果两个方向的轴向载荷都很大,那末可以使用两对同向串联轴承组成反安装的形式。

25.5 角接触轴承不应与非调整间隙轴承成对组合



正



正



正



正

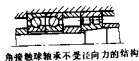
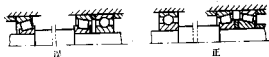
成对使用的角接触轴承的应用是为了通过调整轴承内部的轴向和径向间隙,以获得最好的支承刚性和旋转精度。如果角接触球轴承或圆锥滚子轴承与向心球轴承等非调整间隙轴承成对使用,则在调整轴向间隙时会迫使球轴承也形成角接触状态,使球轴承增加较大附加轴向载荷而降低轴承寿命。

(续)

设计应注意的问题

说 明

25.6 轴承组合要有利于载荷均匀分担



角接触球轴承不受径向力的结构



向心球轴承只受轴向力的结构

同一支承处使用可调整的和不可调整的两种轴承不是同类型的，因不是圆锥滚子轴承，在装配时必须调整以得到最适宜的间隙，而向心的轴承的间隙是不可调整的，因此有可能由于径向载荷的作用，将同一类型的两个轴承组合为一个支承，而向心轴承安置在另一支承上。

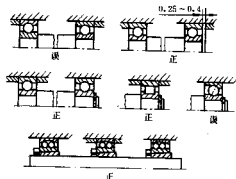
若同一支承处需要使用两种类型轴承时，对圆锥滚子轴承可成对使用并自行相互调整间隙，其内圈或外圈可与轴颈或轴承座孔间留有间隙，则轴承受径向载荷时，由两种类型轴承分担。

如果径向力较大而轴向力不大时，可用圆锥滚子轴承承受径向力，用向心的球轴承承受不大的轴向力，但其外圈应与机座孔间应留有间隙，以保证只承受纯轴向力而不承受径向力。

设计应注意的问题

说 明

25.7 保证由于温度变化时轴的膨胀或收缩的需要



由于工作温度的变化而引起轴的热膨胀或冷收缩, 将使两端都固定的支承结构产生较大的附加轴向力而使轴承提前损坏, 应避免发生这种情况。

普通工作温度下的短轴(跨距 $\leq 400\text{mm}$)采用两端固定方式时, 为允许轴工作时少量热膨胀, 轴承安装应留有约 $0.25 \sim 0.4\text{mm}$ 的间隙, 间隙量常用垫片或调整螺钉调节。

当轴较长或工作温度较高时, 轴的伸缩量大, 宜采用一端固定、一端游动的方式, 由游动端保证轴伸缩时能自由游动。采用外圈或内圈无挡边的圆柱滚子轴承, 依靠内圈相对于外圈作小的轴向移动也能达到轴向游动的目的。角接触轴承不适于作游动轴承, 因为它们需要进行间隙调整, 它只能成对组合用作固定轴承。

在长度很大的多支点轴上, 一般应把中段上的某一个轴承用作固定轴承, 以限定轴的位置, 而其余的轴承都应当是游动的。

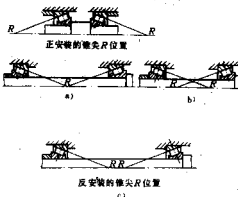
25.8 考虑内外圈的温度变化和热膨胀时圆锥滚子轴承的组合

对圆锥滚子轴承在选择正安装或反安装方案时, 要考虑内外圈的温度变化和热膨胀的影响, 为此应根据外圈滚道延长线与轴承轴线的交点即外滚道锥尖 R 的位置来决定。

(续)

设计应注意的问题

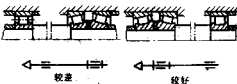
说 明



一般轴的温度高于机座孔的温度，轴的轴向和径向膨胀大于机座孔，这样在正安装(X型)结构中就减小了预先调整好的间隙

反安装(O型)结构须分三种情况，如果两个外滚道锥尖 R 重合，则轴向和径向膨胀得到平衡而使预先调整的间隙保持不变。反之，轴承间距小时外滚道锥尖 R 交错，则径向膨胀比轴向膨胀对轴承间隙的影响大，这样间隙就会减小。第三种情况是当轴承间距大时，外滚道锥尖 R 不能相交，则径向膨胀比轴向膨胀对轴承间隙影响小，这样间隙就会增大。所以装配时对轴承可不留间隙甚至可以采用少量预过盈

25.9 要求轴向定位精度高的轴宜使用可调轴向间隙的轴承



轴向定位精度要求高的主轴，宜使用可调整的角接触轴承或推力轴承来固定轴的轴向位置，固定轴承应装置在靠近主轴前端，另一端为游动端，热胀后，轴向后伸长，对轴向定位精度影响小，轴向刚度也高

设计应注意的问题

说 明

25.10 游轮、中间轮不宜用一个滚动轴承支承



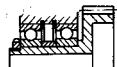
误



正



误



正

游轮、中间轮等承载零件，尤其当为悬臂装置时，如采用一个滚动轴承支承，则球轴承内外圈的倾斜会引起零件的歪斜，在弯曲力矩的作用下会使形成角接触的球体产生很大的附加载荷，使轴承工作条件恶化并导致过早失效。正确的结构应采用二个滚动轴承支承。

25.11 在两机座孔不同心或在受载后轴线发生挠曲变形条件下使用的轴上要选择具有调心性能的轴承



误



误



误



正



正

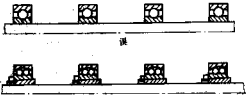
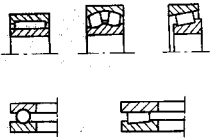


误

当两机座孔不同心或轴挠曲变形较大，会使轴承内外圈倾斜角较大，此时应选用调心轴承。因为不具有调心性能的滚动轴承在内外圈的轴线发生相对偏斜的状态下工作时，滚动体将楔住而产生附加载荷，从而使轴承寿命降低。

即使采用了调心轴承也不能在多支点轴承的轴承座孔间有过大的偏心，这时只允许有 $2^\circ \sim 3^\circ$ 的偏转。

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>25.12 设计等径轴的多支点轴承时要考虑中间轴承安装的困难</p>  <p style="text-align: center;">误</p> <p style="text-align: center;">正</p>	<p>因为滚动轴承的尺寸是标准的,在长轴上安装几个滚动轴承时,里头的轴承安装非常困难,此时,要使用装有锥形紧定套的轴承,以使装拆无困难</p>
<p>25.13 不适用于高速旋转的滚动轴承</p> 	<p>滚针轴承的滚体是直径小的长圆柱滚子,相对于轴的转速高,这就限制了它的承载能力,无保持架的轴承滚子相互的接触,摩擦大,且长而又不受约束的滚子不具有歪斜的倾向,因而也限制了它的极限转速。承受大的径向载荷,径向结构要求很紧凑,低速是这类型轴承的适用范围</p> <p>调心滚子轴承适合于承受大的冲击载荷或冲击载荷,还能承受一定程度的轴向载荷。但是,由于结构复杂,精度不高,以及滚子和滚道接触带有角接触性质,使接触区的滑动比圆柱滚子轴承大,所以这类轴承也不适用于高速旋转</p>

设计应注意的问题

说 明

圆锥滚子轴承在承受大的径向载荷的同时,还能承受较大的单向轴向载荷。由于滚子端面和内圈挡边之间呈滑动接触状态,且在高速旋转条件下,因离心力的影响要施加充足的润滑油变得困难,因此它的极限转速也较低,一般只能达到中等水平。

推力球轴承在高速下工作时,因离心力大,钢球与滚道、保持架之间有滑动,摩擦和发热比较严重。推力滚子轴承,在滚动过程中,滚子内、外尾端会出现滑动,滚子愈长,滑动愈烈,因此,推力轴承都不适用于高速旋转的场合。

25.14 要求支承刚性高的轴宜使用刚性高的轴承



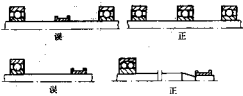

刚性高的轴承

提高支承的刚性,首先应选用刚性高的轴承。一般滚子轴承(尤其是双列)的刚性要比球轴承的刚性高。滚针轴承具有特别高的刚性,但由于容许转速不高,应用受到很大限制。圆柱滚子和圆锥滚子轴承也具有很高的刚性,广泛应用于机床、动力、冶金和起重运输等机械设备中。角接触球轴承的刚性虽然比上述轴承小,但与同尺寸的向心球轴承相比较,仍具有较高的径向刚性。

承受轴向力的推力轴承轴向刚性最高。其它类型的轴承的轴向刚性则取决于轴承接触角的大小,接触角大则轴向刚性高。圆锥滚子轴承的轴向刚性比角接触球轴承高。

对于角接触轴承还可采取预加负荷来提高刚性。合理的轴承组合也是提高支承刚性的重要方法(参见25.3)。

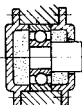
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>25.15 滚动轴承不宜和滑动轴承联合使用</p> 	<p>一根轴上既采用滚动轴承又采用滑动轴承的联合结构不宜使用,这是因为滑动轴承的径向间隙和磨损比滚动轴承大许多,因而会导致滚动轴承过载和歪斜而滑动轴承又负载不足</p> <p>如果因结构需要不得不采用这种装置的话,则滑动轴承应设计得尽可能距滚动轴承远一些,直径尽可能小一些,或采用具有调心性能的滚动轴承</p>
<p>25.16 用脂润滑的滚子轴承和防尘:密封轴承容易发热</p> 	<p>由于滚子轴承在运转时搅动润滑脂的阻力大,如果高速连续长时间运转则温升高,发热大,润滑脂很快变质恶化而丧失作用。因此,不适于高速连续运转,以限于低速或不连续使用为宜</p> <p>具有将润滑脂密封,组装后不需补充等防尘,密封轴承用于安装后不可能补充润滑剂的场合是很合适的,并且能用于高速旋转,但由于都是密封的,如果用在连续高速的情况下则温升发热是不可避免的</p>

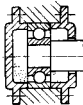
设计应注意的问题

说 明

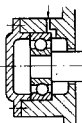
- 25.17 避免填入过量的润滑脂, 不要形成润滑脂流动尽头



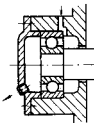
误



正



误



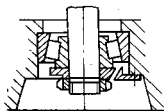
正

采用脂润滑的滚动轴承不需要特殊的成套设备, 密封也最简单。

在低速、轻载或间歇工作的场合, 在轴承箱和轴承空腔中一次性加入润滑脂后就可以连续工作相当长时间而无需补充或更换新脂。一般用途的轴承箱, 其内部宽度约为轴承宽度的 $1.5 \sim 2$ 倍为宜, 而润滑脂的填入量以占其空间容积 $1/2 \sim 1/3$ 为佳。若加脂太多, 由于搅拌发热, 使脂变质恶化或软化而丧失作用。

在较高速度和载荷的情况下使用脂润滑, 则需要有脂的输入和排出的通道, 以便能定期补充新的润滑脂并排出旧脂。若轴承箱是封闭的, 则进入这一部份的润滑脂就没有出口, 新补充的脂就不能流到这一头, 持续停留的旧脂恶化变质而丧失润滑性, 所以一定要设置润滑脂的出口。在定期补充润滑脂时, 应该先打开下部的放油塞, 然后从上部打进新的润滑脂。

- 25.18 用脂润滑的角接触轴承安装在立轴上时, 要防止发生脂从下部脱离轴承



误

正

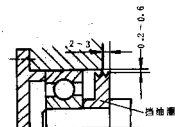
安装在立轴上的角接触轴承, 由于离心力和重力的作用会发生脂从下部脱离轴承的危险。对于这种情况, 就安装一个与轴承的配合件构成一道窄隙的滞流圈来避免。

(续)

设计应注意的问题

说 明

25.19 用脂润滑时要避免油、脂混合



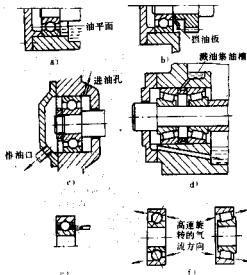
当轴承需要采用脂润滑,而轴上的传动件又采用油润滑时,如果油池中的热油进入轴承中,会造成油、脂混合,脂易被冲刷、熔化或变质,导致轴承润滑失效。

为防止油进入轴承及脂流出,应在轴承靠油池一侧加置挡油圈,挡油圈随轴旋转,可将流入的油甩掉,挡油圈外径与轴承孔之间的间隙为 $0.2 \sim 0.6 \text{ mm}$ 。

25.20 油润滑时应注意的问题

轴承油润滑的方法很多,但应注意使用条件和经济性,以期获得最佳效果。

油浴和飞溅润滑一般适用于低、中速的场合。油浴润滑的浸油不宜超过轴承最低滚动体中心(图 a),如果是立轴,油面只能稍稍触及保持架,否则搅油厉害,温度上升。利用旋转轴上装有齿轮或简单叶片等零件进行飞溅润滑时,轴承宜靠近齿轮,为防止过量的油进入轴承和磨屑、异物等进入轴承,最好采用密封轴承或轴承一侧装有挡油板(图 b)。



(续)

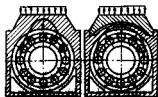
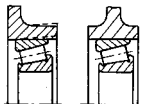
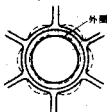
设计应注意的问题	说 明
	<p>循环润滑用于高速重载和需要排出相当大热量的场合,进油口和排油口应设计在轴承两侧(图c),为使轴承箱内的油不致积存并有利排出磨损微粒,排油口一定要比进油口大,利用轴承的非对称结构进行油循环是最简单的(图d),如正安装或反安装的圆锥滚子轴承,以保持架较小直径一侧输入油,由离心力的作用即可驱动油通过轴承,如需使轴承在起动期间保持少量的油,可将排油口倾斜开在外壳下部一侧。</p>
	<p>喷油润滑用于高温、高速和重载等非常严酷的场所,在极高速时,由于滚动体和保持架也以相当高的速度转动,在轴承周围形成了较强气流,很难将油输送到轴承中去,这时必须用油泵将高压油喷射进去,喷嘴设置在轴承保持架和内圈间的间隙处润滑最为有效(图e)深沟球轴承如承受有轴向力,则应以轴向力作用的方向喷入,如果使用角接触轴承,在高速旋转时,从外圈腔孔大端即喷出强气流(图f),如果喷射油流与气流方向相反,润滑油就很难喷入轴承中,设计时应当考虑轴承箱内的气流方向。喷嘴的数量可以是一个、两个或三个,视供油量的大小而定。供量太大时,轴承箱中会积存很多油,导致油温急剧上升而烧伤轴承,必须用油泵排出积油。</p>

(续)

设计应注意的问题

说 明

25.21 轴承箱体形状和刚性的影响



较差

较好

箱体刚性对受力分布的影响

轴承箱体形状和刚性的不同是造成轴承受力不均匀的原因之一。在重载荷时如采用薄壳带加强肋的箱体结构,由于无加强肋的部位刚性小,承受大载荷时即产生变形,成为虚线所示形状。有加强肋的部位承受的载荷量大,造成了接触应力过大,易引起早期损伤。所以载荷增大时也应相应地增加箱体壁厚。

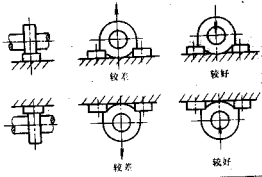
圆锥滚子轴承箱体中箱体支承部位靠近一侧,壁厚较薄的部分易产生变形,使滚子大端承载小,而小端载荷反倒很大。所以应采用支承在中部的箱体结构较好。

承受径向载荷的无间隙轴承理论上是半圈滚动体受力,各滚动体之间受力极不均匀。合理设计轴承箱结构,使之具有不同的刚性,可以改善各滚动体受力不均匀状况。例如在铁路轴承箱中,具有一定柔性的箱体结构比刚性结构对改善各个滚动体受力分布有利。

设计应注意的问题

说明

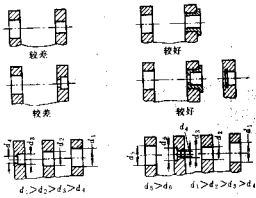
25.22 轴承座受力方向宜指向支承底面



安装于机座上的轴承座，轴承受力方向应指向与机座联接的接合面，使支承牢固可靠。如果受力方向相反，则轴承座支承的强度和刚性会大大减弱。

在不得已用于受力方向相反的情况下，要考虑即使万一损坏轴也不会飞出的保护措施。

25.23 机座上安装轴承的各孔应力求简化镗孔



对于一根轴上的轴承机座孔，须精确加工，并保证同心度，以避免轴承内外圈轴线的倾斜角过大而影响轴承寿命。

同一根轴的轴承孔，直径最好相同，如果直径不同时，可采用衬套的结构，以便于机座孔一次镗出。机座孔中有止推凸肩时，不仅增加成本，而且加工精度也低，要尽可能用其它结构代替，例如用带有止推凸肩的套筒，当承受的轴向力不大时，也可以用孔用弹性挡圈代替止推凸肩。

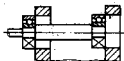
如果采用联动镗床加工时，各孔直径可以阶梯式的缩小。

(续)

设计应注意的问题

说 明

- 25.24 对于内外圈不可分离的轴承在机座孔中的装拆应方便



较差



较好

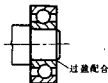
一根轴上如果都使用两个内外圈不可分离的轴承,并且采用整体式机座时,应注意装拆简易方便

上图中因为在安装时两个轴承要同时装入机座孔中,所以很不方便,如果依次装入机座孔则比较合理

- 25.25 不宜采用轴向紧固的方法来防止轴承配合表面的蠕动



误



正

承受旋转负荷的轴承套圈应选过盈配合。如果承受旋转负荷的内圈选用带间隙配合的松配合时,负荷将迫使内圈绕轴蠕动,因为配合处有间隙存在,内圈的周长略比轴颈的周长大一些,因此,内圈的转速将比轴的转速略低一些,这就造成了内圈相对轴缓慢转动,这种现象称之为蠕动。由于配合表面间缺乏润滑剂呈干摩擦或边界摩擦状态,当在重负荷作用下发生蠕动现象时,轴和内圈急剧磨损,引起发热,配合面间还可能引起相对滑动,使温度急剧升高,最后导致烧伤

避免配合表面间发生蠕动现象的唯一方法是采用过盈配合。采用圆螺母将内圈端面压紧或其它轴向紧固方法不能防止蠕动现象,这是因为这些紧固方法并不能消除配合表面的间隙,它们只是用来防止轴承脱落的

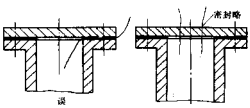
合理的轴承配合是保证轴承正常工作,使之不发生有害蠕动的必要条件。不同工作条件下轴承配合的选择可参见 GB275-84

第 26 章 密封装置结构设计

机械装置中有些装有油、气、水或其他介质。有些介质的压力很高达到几百上千个大气压,有些则要求形成真空。对于航天、深海工作的容器则高压或真空存在于容器内部。为保证这些机械能正常工作,必须采用可靠的密封。

按密封的零件表面之间没有或有相对运动,密封可以分为静密封和动密封两大类。静密封有靠密封垫、密封胶、直接接触三种密封方式。动密封可以分为接触式和非接触式密封两种。

对密封的要求有:1. 密封性能好,无泄漏现象,2. 密封可以长时间的可靠工作(耐磨损、耐高低温、耐腐蚀介质、抗老化等),3. 摩擦小,4. 对零件安装误差或变形有适应性,5. 易加工,6. 经济性。

设计应注意的问题	说 明
<p>26.1 静密封垫片之间不能装导线</p>  <p style="text-align: center;">误 正</p>	<p>如图所示容器底部与上盖之间装有两层垫片,为了将容器中一些量的变化,测试结果用极细的电线通过垫片之间引出。因为垫片之间的空隙,容器间的物质将会溢出,甚至的连接上盖与容器的螺栓产生的压力作用下,导线的压力会使垫片被切开。导线应设法由其他部位引出。</p>

(续)

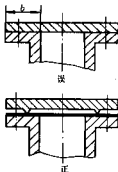
设计应注意的问题

说 明

26.2 静联接表面应该有一定的粗糙度

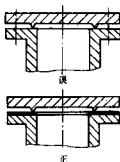
对于静联接表面,如果用垫片或O形圈密封,则机械零件的表面仍须有一定的粗糙度(不能太粗糙),不能完全靠垫片变形补偿粗糙度对于泄漏的影响。有些国家对粗糙度的要求有一定的规定

26.3 高压容器密封的接触面宽度应该小

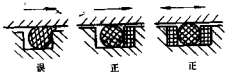
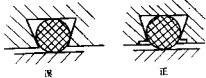
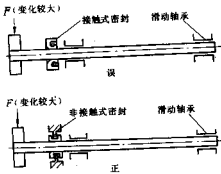


有些容器中有高压的介质,为了密封,要用螺栓扭紧上盖和容器。为了有效地密封,不应该增加接触面的宽度 b 。因为接触面愈大,接触面上的压强就愈小,愈容易泄漏。有效的方法是,在盖上作出一圈凸起的窄边,压紧时可以产生很高的压强。但是应注意这一圈凸起必须连续不断,凸起的最高点处(刃口)不得有缺口,而且必须有足够的强度和硬度,避免在安装时碰伤或产生过大的塑性变形

26.4 用刃口密封时应加垫片



采用凸起的刃口作为高压容器的密封时,若不加垫片则由于接触点压力很大,必然使下面的容器口部产生一圈凹槽,若经过几次拆装就会因为永久变形而使密封失效。因此在接触处应加用铜或软铜制造的垫片,一方面可以保护盖上的圈凸起(刃口)不致损伤,又可以在拆装时便于更换以保证密封的可靠性

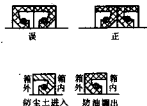
设计应注意的问题	说 明
26.5 O形密封圈用于高压密封时,要有保护圈	O形密封圈用于高压时,密封圈因被压挤而变形,被挤入间隙而将密封圈夹坏,导致密封被破坏。在密封圈一边或两边加保护圈可以避免此种现象发生
	
26.6 避免O形密封圈边缘凸出被剪断	有些O形密封圈,工作时有时接触有时脱离。O形圈安装在燕尾槽中,可以避免O形圈在不接触时脱出。但仍应注意,O形圈突出到燕尾槽外面会被挤坏,因此应在槽的边缘作出缺口
	
26.7 当与密封接触的轴中心位置经常变化时,不宜采用接触式密封	轴的刚度较差,而且在外伸端作用着变动的载荷时;轴用滑动轴承支持,由于轴承间隙和磨损轴的位置变化较大等,与伸出端密封相接触的轴径位置有较大的变化。接触式密封的接触情况经常变化,工作情况处于不稳定状态,磨合困难,因而密封效果较差,对于这种情况,宜采用非接触式密封
	

(续)

设计应注意的问题

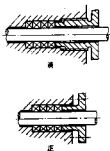
说 明

26.8 正确使用皮圈密封

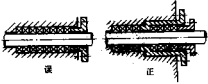
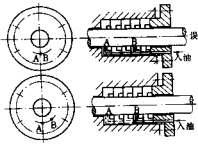


皮圈密封用的皮圈是由耐油橡胶或皮革制成的。有的在外面加一层钢制的外壳制成密封皮碗。起密封作用的是与轴接触的唇部。有一圈螺旋弹簧把唇部压在轴上,可以增强密封效果。要注意密封唇的方向,密封唇应朝向要密封的方面。密封唇向箱外是为了防止尘土进入,密封唇向箱内是为了避免箱内的油漏出。如果既要求避免尘土进入,又要避免润滑油漏出则应采用两个皮圈密封。正确的安装方法是使它们的唇口方向相反的方向。使唇口相对的结构是错误的

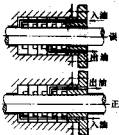
26.9 不宜靠螺纹旋转压盖来压紧密封的填料



对于承受很高工作压力的往复式泵的活塞杆或阀杆,可采用多层填料密封。这些密封必须压紧,与杆作紧密的接触才能达到密封要求,可达数千个大气压(几百 MPa)。压紧这些填料时,常用一个法兰,但不宜采用法兰外表面与箱壁用螺纹配合的结构,因为螺纹直径愈大,扭紧力矩愈大,同时,法兰与填料接触的端面也有端面摩擦,进一步加大的扭紧所须的力矩。此外法兰与填料的摩擦会使填料损坏,由于法兰端面与填料的接触可能不均匀,产生的压力也不均匀。改为用若干个螺钉扭紧压缩填料,则由于螺钉直径比法兰小,而且没有法兰端面摩擦,扭紧省力。由于是多螺钉扭紧,压紧力均匀,可以保证填料合理地压紧

设计应注意的问题	说 明
<p>26.10 填料较多时,填料孔深处压紧不够</p>  <p style="text-align: center;">错 正</p>	<p>对于在高压下工作的阀或泵,为了防泄漏须用多个填料重叠。若在外部用一个压盖压紧则由于填料与器壁间的摩擦使填料的压力迅速逐级减小,使密封效果下降。为使填料压力比较均匀,可以用两个压盖逐级压紧,或在中间设一压紧装置先压紧里边的一组,然后压紧外面</p>
<p>26.11 要防止填料发热</p>	<p>当密封圈或填料与运动件压得很紧或相对运动速度很高时,由于摩擦会大量发热,甚至导致被密封件包围的轴或导杆升温过高而变色、烧毁。尤其当填料很多,其长度大于导杆行程长度时,有一段导杆始终在填料中摩擦,由于填料的传热性能差,这一段导杆可能发热很高。为避免发热过高可以采取的措施有:对密封、填料或导杆采用冷却措施,限制密封对导杆的压力,提高相对运动表面的光洁程度,改用摩擦系数较小的材料对相对运动表面加润滑剂(可用循环润滑油兼作冷却)等</p>
<p>26.12 密封件的不同部位应分别供油</p>  <p style="text-align: center;">错 正</p>	<p>为降低密封装置的发热,在密封的相对运动表面要加入润滑油以减小摩擦。当密封装置两端介质压力差较大,密封装置较长时常要多点供油。但密封中的压力是逐渐变化的,这些供油点的压力有较大的差别,如果用同一油路向各点供油,即等于通过油路把不同压力区连通了,必然会降低密封的效果。因此向不同点供油的油路,必须是单独的</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>26.13 用油润滑密封装置时,要保持油面有一定高度</p> 	<p>油润滑的密封,要使密封装置和移动(或转动)轴之间得到充分的润滑,即油面必须高于轴的最高点。因此,应该把进油口安排在轴下面,出油口安排在轴上面。当润滑油达到一定高度时才能由出油口流出。若出油口位置较低,则使润滑油能顺利地泄出,无法达到预期的高度</p>
<p>26.14 当密封圈有缺口时,多层密封圈的缺口应错开</p>	<p>密封圈最好是无缺口的,其密封效果较好。但有时为了安装方便或加工的原因不得不在其上作出缺口,则应要求在安装时将多层密封圈的缺口逐个错开,以提高密封效果。单层密封圈不应有缺口</p>

第 27 章 油压系统和管道结构设计

在现代机械中除机械传动外,液压与管道几乎是不可少的组成部分。管道联系机械的有关部分或安装在机械设备之间。要求这些管道畅通,无泄漏,对温度变化、腐蚀、振动等有一定承受能力,拆装容易,便于检修。

管道系统中的元件如管、接头、阀、泵、过滤器等都是标准化的,其可使用的介质条件、管径、流量、压力等都有一定限制。设计者应按工作要求进行计算,并选用标准件,这些标准可查专业手册。

对于油压系统中各元件和管道的布置及在机架或基体上的固定是设计者应注意的问题。要求管道短、弯折少,还要考虑便于散热、观察和检修。

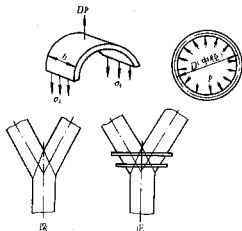
设计应注意的问题	说 明
27.1 管道排列要便于拆装和检查	在大型设备和成套设备中,各种管道纵横交叉,密如蛛网,如不妥善安排使其整齐平顺,则安装拆卸都十分困难,而且很容易产生错误连接,一旦产生错误,查找也很困难。因此管道排列有序就成为一个必须十分重视的问题。即使管道不多,也应使其排列整齐,这对机器的外观有较大影响,而且可以避免碰坏。设计者对于管道的布置应根据机器各部分的结构和功能,以及拆装、检修、搬运等的需要,进行全面考虑,作出妥善的安排。

(续)

设计应注意的问题

说 明

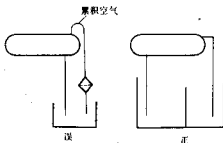
27.2 大直径管的 Y 形接头强度很差



各种圆形和其他形状断面的大直径管道强度差,能耐的内压力低。它的切向应力计算式 $\sigma_t = \frac{D\delta p}{2b\delta} = \frac{Dp}{2\delta}$, 由此可知当壁厚 δ 一定时,管直径 D 愈大,能承受的压力愈小。

大直径管道接成 Y 形接头时,其强度更差。因此应在接头处设置加强结构(如焊接附加的加强板等)。

27.3 要避免油压管道中混入空气



油压系统如果混入空气则会发生运动误差和冲击,齿轮泵中进入空气会发生异常的噪声。在油路中不应在最高点有造成气泡累积的空间。在吸入油路由油箱吸入润滑油的入口,应减小负压的吸入值和吸入管道的阻力,以免吸入气体。过滤器增加油路的阻力,不宜放在吸入油路管道中。刚由机器中流出的润滑油不宜立即泵回机械使用,因为刚流出的油中常有一些气泡,应在设计油箱时保证润滑油在箱中停留一定时间,气泡排出后,再使用。

设计应注意的问题	说 明
27.4 管道低处应注意排水	<p>在输送液体的管道或装液体的容器的最低处,经一段时间运转以后会聚有残渣。而在输送气体的管道或装气体的容器的最低处,会有凝结水。在这样的部分应装有排污或排水阀,以便定期排除累积在该处的物质。在设计中应注意不要在不希望有沉积物的部位,由于设计不善形成低洼而导致沉积物在该处积累,也应注意在长的水平管道中会在各处形成沉积而很难清除,因此,可以把水平输送管道设计有约 $1/200$ 的斜度,在适当位置设有低洼处和阀,以便排出沉积</p>
27.5 排出管道应避免因合流而互相干扰	<p>由机械或容器中排出液体的管道应由机械或容器的最低处引出,以免有残留或沉积物排不出。此外,应避免二排出管道合流(如 A、B),这种情况下会造成 A、B 两者之间的互相干扰,应如 A'、B' 那样分别排出。如 C、D,则更不合理,两个容器高低不同,会造成由高处排出的液体倒灌入低处的容器。这种情况下应分别排入与大气联通的一条管道</p>



误



正



误



正

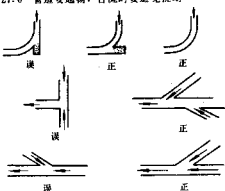


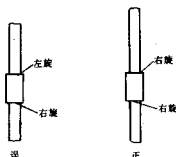
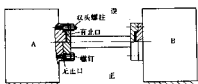
误



正

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>27.6 管道要通畅, 合流时要避免扰动</p> 	<p>管道应避免突然的弯折和转向, 以保证管中流动通畅。对于 90° 角的转弯处, 不要正对流入的管道有沉积物质, 否则会由于流体的冲击或搅动而被流体带入机械中。两股流体合流时, 应避免它们对面冲击汇合, 应使其流向相近。如有两个分支进入主管道, 则应令其先后与主管道汇合, 以避免同时进入造成较大的扰动</p>
<p>27.7 避免因管道伸缩引起的应力</p>	<p>联接在两个机械设备(或同一设备的两个部分)之间的管道, 由于工作介质或其他原因引起的温度变化, 会导致管道伸缩。当管道伸缩受到限制时, 会产生温度应力和变形。为避免温度应力的产生, 可以在这一段管道中安装伸缩管接头, 或使一个设备安装在一个可以自由移动的支撑上面</p>
<p>27.8 管道系统中要求经常操作、观察的部位, 应容易操作</p>	<p>管道系统中有很多阀门等要经常开关调整, 也有些部位要经常观察, 这些部位应设计安排在容易达到、安全、开阀的场所。不宜太高、太低, 附近不应有复杂的管道。应与热源、电源有足够的距离。阀门附近应有足够的操作空间</p>

设计应注意的问题	说 明
<p>27.9 管道的接头不宜用左右螺纹</p>  <p>左旋 右旋 误 右旋 右旋 正</p>	<p>对于一般管道的螺纹接头,有的设计成左右螺纹,其设想是管道较长,用左右螺纹时,只要扭紧接头即可把管道联接好,不必扭动较长的管子。而实际上,两端很难作到同时达到扭紧要求,而当有一端较松时,如扭动管道使其达到预期的紧固要求时,又会使另一端松开。此外,这种接头即使同时扭紧,经过一段时间,如接头有一点转动则可以松开。而采用同向螺纹,如接头转动则一端变松,一端变紧,实际上阻止了接头转动,起了防松作用。用左右螺纹则不能自动防松。</p>
<p>27.10 注意管道支承设计</p>	<p>管道支承设计对于它的正常工作有很大影响。首先支承应该有足够的强度、刚度、支承的高度适当,能承受管道的作用力又能保证管内液体顺利流动。其次支承的距离和位置正确,支承应靠近在管道上安装的阀门、法兰等较重的零件,以减小管道应力。另外,支承的位置直接影响管道的自振频率,应注意正确安排支承位置以避免共振。此外,还应保证管道在温度变化时,允许管道自由胀缩,留有变形的余地。</p>
<p>27.11 拆装管道时不宜移动设备</p>  <p>双头螺栓 止口 螺钉 止口 误 正</p>	<p>联接在设备之间的管道,在拆装时,不应由于结构的互相干涉而必须移动某些设备,以节省装配时间。如图示有AB二设备中间有管道联接,用螺纹紧固件将法兰盘固定在设备的端面上以实现联接,如果采用双头螺栓则在松开螺母以后,由于双头螺栓尚在A、B设备中,管道不能取下,必须至少移动一个设备。如果用螺钉联接则在取下螺钉后,可以顺利地拆下管道。此外如果在管道法兰端面上有定位用的突出的止口,也将影响装拆。</p>

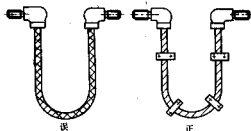
(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>27.12 注意油压、气动设备的滞后现象</p> <div data-bbox="41 470 383 795"> </div> <p style="text-align: center;">误</p> <div data-bbox="518 454 745 779"> </div> <p style="text-align: center;">正</p>	<p>油压、气动系统的工作介质在管道中运动时,由于管道的阻力,介质压力在管道中传递需要一定的时间。这对于要求同步工作的几个设备的运动准确性有明显的影响。当进入设备以前的管道长度不同时,设备的动作将有先后之分。因此对于要求同步运动的设备,由分路点至各设备的距离应尽量缩短,各段管道长度应相等</p>
<p>27.13 避免软管受附加应力</p> <div data-bbox="51 1201 362 1477"> </div> <p style="text-align: center;">误</p> <div data-bbox="424 1185 745 1477"> </div> <p style="text-align: center;">正</p>	<p>用软管输送介质时,应避免在安装时软管受拉伸或扭转。特别应注意避免软管有曲率半径很小的弯曲,因为在这种情况下软管将受很大的弯曲应力</p>

设计应注意的问题

说 明

27.14 软管内介质压力为脉冲变化时,软管应固定

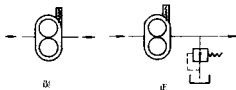


当软管内的介质压力脉动变化时,软管将随着压力变化而改变其形状,发生抖动。为此应增加软管厚度以减小抖动变形,并用固定装置固定住软管

27.15 要考虑起动和停车时的供油

有些高速运转机械如汽轮机转子等用滑动轴承支持。在转子开始运转时轴与轴承之间尚未建立油膜,当切断动力后,由于转子的惯性,它仍能继续转动一段时间。在起动、停车时如润滑油供应不充分会引起较大的磨损,甚至引起事故。因此,应有专门的供油系统,在起动和停车阶段向轴承供应润滑剂

27.16 油泵的内装溢流阀不应常用



有些齿轮泵中有内装的溢流阀。此阀如经常工作便会大量发热,使油温升高。此阀只是作安全阀使用。当泵容量大,经常要有多余的油返回油箱时,应采用专门的回油路

(续)

设计应注意的问题

说 明

27.17 冷却水污染会使冷却能力降低

由于各种原因会使一些化学物质或杂物混入冷却水。这些物质附着在管壁上,使管道的传热能力下降。因此应保持冷却水质清洁,并采取过滤等清洁措施

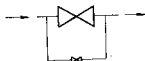
27.18 防止冷却水管表面结露

在室内工作设备上的冷却水管,由于室内温度高,空气与温度较低的管道表面接触时,会在管道表面凝结出露水。这些露水会弄湿机械零件和电气器件,引起机械金属件腐蚀和电气器件失效甚至短路而引起事故。为避免冷却水管表面结露,应采取各种隔热措施

27.19 防止在振动时阀的手轮转动

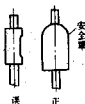
由于振动等原因阀门的手轮可能自动转动而改变阀门开度。应采取措拖将手轮锁住

27.20 大口径截止阀开启困难



大口径的截止阀由于阀两边管道中压力差的作用,使阀门开启十分费力。可在管道中装一小口径的旁通阀,先开启小阀使两边压力差减小以后,再开大口径阀

27.21 防止安全阀开启时喷出的介质伤人



当安全阀打开时有高压或高温气体喷出,速度很快,如果触及操作人员则可能十分危险。因此要使喷出口朝向安全的方向,或采取适当的防护措施

第 28 章 机架结构设计

机架是机器中的基础零件，如机座、床身及箱体等，许多零部件都直接或间接固定在机架上从而保持其相对位置。设计应着重考虑机架的强度、刚度、精度、尺寸稳定性、吸振性及耐磨性等，还要求造型美观。重量轻、成本低、结构及工艺性合理。制造机架费工费时又费料，结构尺寸如壁厚、凸缘及肋板布置等对机座和箱体的工作能力、材料消耗、质量和成本等均有较大的影响。

固定式机器机架和箱体的结构较复杂，多用铸铁件，受力较大的用铸钢件、生产批量很少或尺寸很大铸造困难的用焊接件。为了减轻机械或仪器重量用铸铝作机架，而要求高精度的仪器（如高精度经纬仪）用铸铜机架以保证尺寸稳定性。

设计应注意的问题	说 明
28.1 减少型芯数目	<p>图示龙门刨床床身，原设计有三条肋板，将整个床身隔成彼此不相通的四个部分，要用四个型芯。为固定中间两块型芯，要在导轨面上安放型芯撑 A，斜面上安放型芯撑也很困难。在肋上开方形孔 C，使四块型芯连成一体。在下面开二个孔支承型芯，可不要型芯撑</p>



原形

较好

(续)

设计应注意的问题

说 明

28.2 避免用型芯撑以防渗漏

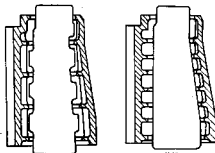


较差

较好

有些铸件,底部为油槽(如床身铸件底部有储存切削液的油槽),要注意防止漏油。在铸造油槽时,要安放型芯撑以支持型芯,而这些有型芯撑的部位会引起缺陷产生渗漏。把槽底面设计成有凹凸台边的铸孔,油槽部分的型芯可通过型头固定,避免缺陷。

28.3 改变内腔结构保证芯铁强度和便于清砂

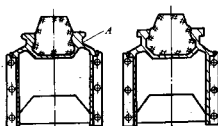


较差

较好

对于需要用大型芯铸造的床身、立柱等,在布肋时应考虑能方便地取出芯铁。图中所示为座标镗床立柱,原设计肋板之间的小区较宽,为加补该处强度,需将芯铁作成城墙垛的形状,这种形状不利于清理和回收,改进后结构比较合理。

28.4 注意小尺寸的部位



较差

较好

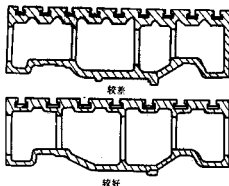
图中所示为铸件剖面形状。图中A处所指尺寸很小,造型时砂不易紧实,修型也不方便,容易出现铸造缺陷,改进后的结构,尺寸稍作调整,效果较好,结构较合理。

(续)

设计应注意的问题

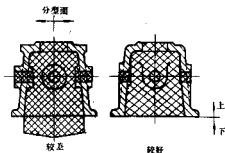
说 明

28.5 改善铸件冷却状况



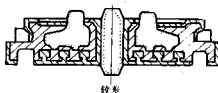
图中所示为机床工作台,原结构不够合理,改进后减少了T型槽的数量,减小了铸件的壁厚,加大了T型槽之间凹槽的尺寸。新结构改善了T形槽的冷却状况,防止产生缺陷

28.6 简化铸件造型



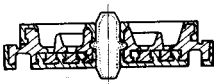
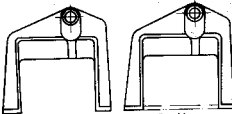
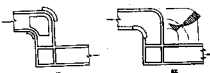
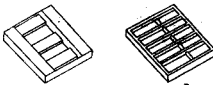
图中所示的原结构,只能从中心线处分模,两箱造型,内腔要用砂芯。修改后结构可以采用整模造型,内腔不必另作砂芯

28.7 改进结构,省去型芯



图中所示为圆形回转工作台,工作台面向下(图中不同剖面线方向的外层表示铸造后机械加工要去掉的材料)。原设计要用几个型芯,改进后使内腔成为开式。

(续)

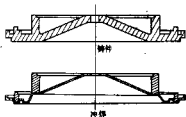
设计应注意的问题	说 明
 <p style="text-align: center;">较好</p>	<p>省去了型芯, 简化了铸型的装配</p>
<p>28.8 防止铸造机架变形</p>  <p style="text-align: center;">差 好</p>	<p>为消除金属冷却时所产生的铸件变形和提高加工时机架的刚度, 对门形机架的两腿之间可设置横向联接肋。在最终加工后, 将此肋切除</p>
<p>28.9 喉口处结构应加固</p>  <p style="text-align: center;">差 好</p>	<p>在零件转折的喉口处, 受力较大容易损坏。如图所示受拉机架的喉口结构, 内侧受拉, 是最危险的部位 (特别对铸铁零件), 加强部位应该安排在内侧板而不是在外侧板</p>
<p>28.10 注意加强底座的抗扭转强度</p>  <p style="text-align: center;">差 好</p>	<p>图中所示为两种底座的结构模型。一种为由细杆组成的框架形结构, 另一种为由曲折的板构成的板形结构。框架形结构扭转刚度差, 无法承受生产、吊装、运输时由于不均匀受力产生的扭转载荷。改为板形结构, 底座的抗扭转刚度显著地得到改善</p>

(续)

设计应注意的问题

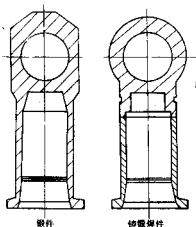
说 明

28.11 改铸件为冲焊结构



图中所示结构,原来采用铸件,其断面形状如图。为了减轻重量改用冲压件焊接结构。内外滚珠座圈均可用带料弯曲成环状焊接而成,底盘用钢板冲制,不但节约了材料,而且节约机加工工时

28.12 将锻件改为铸锻焊结构



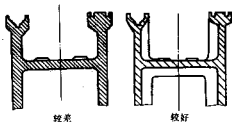
图中所示的零件原采用整体锻造,加工余量大。修改设计后采用铸锻焊复合结构,将整体分为两个部分,下部为锻成的腔体,另一为铸钢制成的头部,将二者用焊接连成一个整体,可以使毛坯重量减轻一半,机加工量也减少了40%

(续)

设计应注意的问题

说 明

28.13 减小壁厚，节约金属



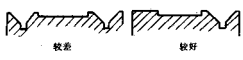
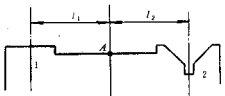
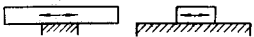
机架的体积和重量很大，壁厚取得是否合适对机架的强度、刚度、和重量有很大的影响。减小壁厚可以减轻机架重量，为了保证原有的强度和刚度必须恰当地安排加强肋

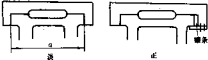
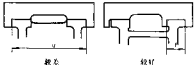
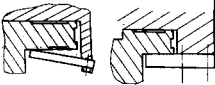
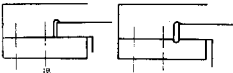
第 29 章 导轨的结构设计

导轨可以保证机器零部件之间有相对往复运动或环形运动时的位置精确度，如机床的溜板箱和床身、动力滑台台面与滑座。导轨的性能主要决定于它的精度、刚度、灵活性和耐磨性。导轨多与箱形零件，如床身和立柱等作成一体，这些零件多是由铸铁制造的，需要特别提高耐磨性时，可采用镶嵌式或焊接式结构。导轨的材料应有较高的耐磨性、减摩性和尺寸稳定性，较好的经济性。

按运动情况，有滑动导轨和滚动导轨两大类。滑动导轨制造简单，使用和维护方便，能承受较大载荷，它的刚度大小、制造、调整和维护的难易程度主要与强度和横截面形状有关。滚动导轨摩擦阻力小，能达到较高的相对速度和保持较长时间的运动精度，但制造较难，成本较高，精密机械中使用较多。

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>29.1 一般情况下不宜采用双 V 导轨</p>  <p style="text-align: center;">较差 较好</p>	<p>双 V 导轨由于两条导轨都有导向作用, 在一般情况下, 难以达到两条导轨都密切接触, 因此导轨的导向和支承作用难以圆满地实现。一般以采用 V 平导轨比较合适。采用双 V 导轨必须有很高的加工精度, 以保持两条导轨平行、等高、尺寸一致等, 这种导轨的精度比较稳定, 但造价很高</p>
<p>29.2 导轨支持的工作台, 驱动力作用点应使两导轨的阻力矩平衡</p>  <p style="text-align: center;">较差 较好</p> <p> X_A $l_1 = l_2$ $l_1 \cdot F_1 = l_2 F_2$ $F_1 F_2$ 为二导轨摩擦力 </p>	<p>用螺旋驱动的工作台, 螺旋中心 A 的位置应适当选择, 使两条导轨产生的摩擦力 F_1、F_2 对 A 的摩擦力矩互相平衡, 即 $F_1 l_1 = F_2 l_2$。否则将产生不平衡的摩擦力矩, 在工作台反向时, 由于摩擦力矩的作用, 使工作台在水平面内旋转一个角度 (决定于导轨刚度和间隙大小)</p>
<p>29.3 工作台与导轨应“短的在上”</p>  <p style="text-align: center;">较差 较好</p>	<p>在床身上通过导轨支承着工作台, 二者之间有相对运动。如上面的移动件较长, 而下方的支承件较短, 则当移动到左右极限位置时, 由于工作台及其上工件的重量偏移, 使导轨受力不均匀, 产生不均匀的磨损</p>

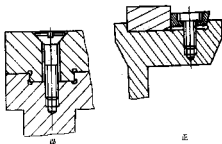
设计应注意的问题	说 明
<p>29.4 双矩形导轨要考虑调整间隙</p> 	<p>双矩形导轨用侧面导向时, 靠加工精度以保持导向面两边良好接触是困难的。应该采用镶条以调整间隙</p>
<p>29.5 导轨的温度变化较大时, 导向面之间的距离不应太大</p> 	<p>双矩形导轨利用两侧面作为导向面: 用距离较远(a)的两面导向时, 导轨的摩擦力是对称的, 工作比较平稳。但是当温度变化较大时, 间隙变化较大, 可能产生较大的晃动或卡得太紧。采用一侧导轨的两侧导向, 适用于温度变化较大的场合</p>
<p>29.6 导轨的压板固定要求接触良好, 稳定可靠</p> 	<p>固定工作台用的压板常与下导轨面接触。在工作台受向上的力或翻转力矩时, 压板起固定作用。因此压板与下导轨面必须全面、密切接触。由于压板受力时相当于悬臂梁, 压板与床身之间不能只用一个螺栓固定。压板应有足够的厚度, 以保证刚度满足要求</p>
<p>29.7 压板要有尺寸分界</p> 	<p>为了调整压板与导轨底面之间的间隙, 常采用加工压板 A 面的方法。在压板与导轨和床身之间结合面处开出沟槽, 便于加工压板 A 面以调整间隙</p>

(续)

设计应注意的问题

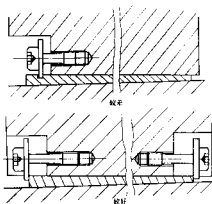
说 明

29.8 镶钢导轨不宜用开槽沉头螺钉固定



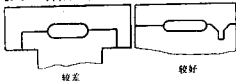
在机座上安装镶钢导轨时，机座上常先加工出凸台或凹槽以定位镶钢导轨，也可以采用定位销来定位。在已有定位装置的情况下，就不宜再采用头部为锥面，有定心用的开槽沉头螺钉。因为这种螺钉在导轨已定位的情况下，常因无法调整位置而使头部锥面不能全部均匀接触。

29.9 镶条调整应无间隙



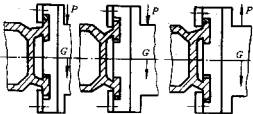
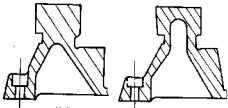
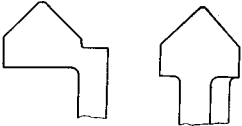
图中用一个螺钉调整镶条位置，结构虽然简单，但螺钉头与镶条凹槽之间有间隙，工作中引起镶条窜动，使导轨松紧不一致，会产生间隙。改为用两个螺钉固定，消除了凹槽间隙，结构比较合理。但这一改进结构仍有缺欠，因为螺钉没有锁紧装置，容易松脱。应予以改进（图未示出）。

29.10 导向面应不变



在工作台受力变化时，应避免因改变导向面引起的误差，即应保持导向面不变，所以采用V-平导轨的导向精度比双矩形导轨好。

(续)

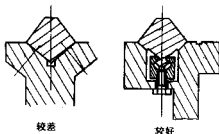
设计应注意的问题	说明
<p>29.11 镶条应装在不受力面上</p>  <p>不合理 合理 较好 ($P < G$)</p>	<p>有镶条的表面导向精度和承载能力较差, 所以不应该用有镶条的面作为导向面。当不能避免有镶条的表面也要受力时, 应使有镶条的导向表面处于受力较小的位置</p>
<p>29.12 避免导轨铸造缺陷</p>  <p>较差 较好</p>	<p>铸造与机座连接在一起的导轨, 浇铸时应使导轨处于最低的位置以保证铸造质量。此外应使导轨壁厚均匀以避免铸造缺陷</p>
<p>29.13 导轨支承部分应该有较高的刚度</p>  <p>误 正</p>	<p>当导轨与铸造床身为一体时, 应保证导轨的支承部分有足够的强度和刚度。不应把导轨设计成悬臂的结构, 应该用箱壁支承在导轨下面, 并设有必要的肋</p>

(续)

设计应注意的问题

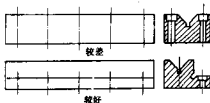
说 明

29.14 固定导轨的螺钉不应斜置



如图所示结构, 当螺钉斜置时, 加工装配都不方便, 结构不合理。改进后结构较合理

29.15 避免扭紧紧定螺钉时引起导轨变形影响精度



如图所示, 当拧紧螺钉时, 螺钉使导轨下凹, 形成波浪形, 影响了导轨的直线性。若改变导轨的剖面形状, 使导轨部分成为一个独立的、刚度较大的部分。而螺钉固定部分与导轨部分用有较大柔性的小截面相连, 以减小紧定螺钉引起的变形对导轨直线性的影响

29.16 滚珠导轨应有足够的硬度

滚珠导轨的滚珠与导轨面为点接触, 接触应力较大。在装配时可能有偶然的冲击, 导轨面应有足够的硬度 (一般大于 60HRC)。否则容易产生塑性变形 (凹坑)

29.17 滚柱导轨的滚柱不宜过长

滚柱导轨应该有隔离架把滚柱隔开。但滚柱的长度不宜太长, 以免工作时滚柱歪斜

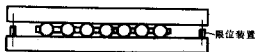
29.18 尽量避免采用刮研导轨

刮研导轨工作量大, 劳动条件差, 应设法改变导轨结构, 以磨制工艺代替刮研

设计应注意的问题

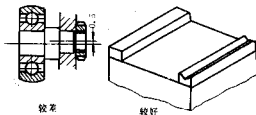
说 明

29.19 要防止滚动件脱出导轨, 安装限位装置



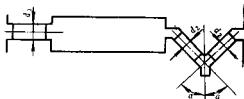
滚动导轨的滚珠是在导轨上自由运动的。长期工作之后滚珠可能从导轨的一端脱出。因此应在导轨两端设置限位装置以防滚珠脱出

29.20 减少导轨安装的调整工作



对于高精度导轨, 应尽量减少调整工作。例如万能工具显微镜导轨, 原设计用滚动轴承支持, 滚动轴承轴有 0.5mm 的偏心, 靠调整达到要求的精度。改为用 V-平滚珠导轨, 用磨床磨制导轨工作面以达到要求精度。这样改进以后, 在保证原有精度情况下, 生产率明显提高

29.21 注意相配合的导轨面能互研



对于 V-平滚柱导轨, 如果使滚柱直径的关系为 $d_1 = \frac{d_2}{\cos \alpha}$ 则当取下滚柱后, 上下导柱可以互研。如果取为 $d_1 = d_2$ 则由于导轨不能互研而精度较低

$$d_1 = d_2$$

误

$$d_1 = \frac{d_2}{\cos \alpha}$$

正

第 30 章 弹簧结构设计

弹簧具有多次重复地在外载荷下产生较大的弹性变形(力与变形之间的关系大多为线性的,也有非线性的),卸载后又能恢复到原来形状的特性。有些弹簧还有阻尼作用。可利用弹簧的上述特性来满足机器的某些特殊要求,如作为在零件间产生力的装置,减少冲击和吸收振动的装置,在机构中产生运动的装置及在仪器仪表中测量力的装置等。

弹簧结构型式比较成熟,保证弹簧性能的关键是选择弹簧形式、材料、确定尺寸参数和热处理工艺。

设计应注意的问题	说 明
30.1 弹簧应有必要的调整装置	<p>对于要求弹簧的力或变形数值比较精确的弹簧,只靠控制弹簧尺寸往往难以达到要求。例如螺旋拉压弹簧,其变形量λ可由下式计算:$\lambda = \frac{8FD^3n}{Gd^4}$式中:$F$—弹簧载荷;$D$—弹簧中径;$n$—弹簧有效圈数;$G$—弹簧材料的切变模量;$d$—弹簧截面直径。</p> <p>由以上公式可以看出D、d的较小误差会引起变形λ较大的变化。调整装置具体结构可参见有关资料 [11]</p>
30.2 螺旋压缩弹簧受最大工作载荷时应有一定余量	<p>随着弹簧受力不断增加,螺旋压缩弹簧的弹簧丝逐渐靠近。在达到工作载荷时,各弹簧丝之间必须留有间隙,以保证此时弹簧仍有弹性。否则,在最大载荷下,弹簧各丝并拢,失去弹性,无法工作</p>

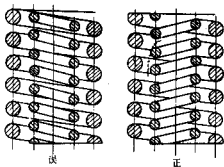
设计应注意的问题

说 明

30.3 拉簧应有安全装置

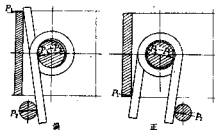
压缩弹簧设计应使弹簧丝所受应力接近其屈服极限时, 弹簧丝并拢, 此时如外载再加大, 弹簧应力不再加大, 起安全作用。但拉伸螺旋弹簧没有自己保护作用, 必须对它的最大变形予以限制。最简单的方法是在弹簧内装一棉线绳, 拴在弹簧两端, 开始此绳是松的, 至载荷达极限值时绳张紧, 限制了弹簧继续伸长。

30.4 组合螺旋弹簧旋向应相反



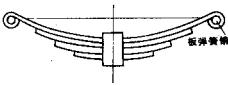
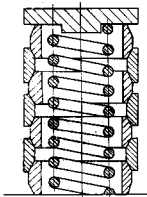
圆柱螺旋弹簧受力较大而空间受到限制时, 可以采用组合螺旋弹簧, 使小弹簧装在大弹簧里面, 可作成双层甚至三层的结构。为避免弹簧丝的互相嵌入, 内外弹簧旋向应相反。此外, 为避免内外弹簧相碰, 应使弹簧端面平整。

30.5 注意螺旋扭转弹簧的加力方向

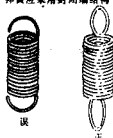


圆柱螺旋扭转弹簧工作中承受扭矩。如因外力 P_1 、 P_2 对弹簧产生扭矩作用。左图结构弹簧轴受力为 $P_1 + P_2$, 受力较大, 而右图的结构, P_1 、 P_2 方向相反, 使弹簧轴受力较小。

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>30.6 应注意板弹簧销的磨损和润滑</p> 	<p>板弹簧工作时, 支持弹簧的销与板弹簧两端的环形套之间有相对转动。这一部位会发生磨损, 因此必须有注油孔、油沟, 有时甚至采用青铜套以减小磨损</p>
<p>30.7 环形弹簧应考虑其复位问题</p> 	<p>环形弹簧靠内环的收缩和外环的胀大产生变形, 圆锥面相对滑动产生轴向变形。这种弹簧摩擦很大, 摩擦所消耗的功可占加载所作功的 60%~70%。因此这种弹簧应设置另一圆柱螺旋压缩弹簧以帮助其复位</p>
<p>30.8 弹簧应避免应力集中</p>	<p>弹簧多由高屈服极限的材料制造, 含碳量较高, 并经过热处理以提高其屈服极限。因此弹簧材料对应力集中敏感, 又加弹簧多在变载荷下工作, 由于应力集中会引起疲劳失效。所以, 弹簧应避免剧烈的弯折, 太小的圆角等</p>

(续)

设计应注意的问题	说 明
<p>30.9 自动上料的弹簧要避免互相缠绕</p> <p>弹簧应采用封闭端结构</p>  <p>误</p> <p>正</p>	<p>有些弹簧在机械上自动装配,用自动上料装置运送到装配工位。这种弹簧设计应避免有钩、凹槽等,以免在供料时互相接触而嵌入纠缠。如图示拉伸弹簧端部的钩宜改为环状</p>

参 考 文 献

- (1) [德] 帕尔 G, 拜茨 W 著. 工程设计学. 张直明等译. 北京: 机械工业出版社, 1992
- (2) 吴宗泽主编. 机械结构设计. 北京: 机械工业出版社, 1988
- (3) 赖维铁编著. 人机工程学. 武昌: 华中工学院出版社, 1983
- (4) 黄纯颖著. 工程设计方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1989
- (5) 裘进浩、戴振东. 热交换器管道冲击微动磨损实验研究. 全国第一次摩擦学设计学术会议论文集. 沈阳, 1991. 415~420
- (6) [俄] Orlov P. Fundamentals of Machine Design, Moscow: Mir Publishers. 1977, 1~5
- (7) [俄] Орлов П. И. Основы конструирования. Москва: машиностроение, 1977 (1~3)
- (8) [日] 小栗富士雄, 小栗逢男著. 机械设计禁忌手册. 陈祝同等译. 北京: 机械工业出版社, 1989
- (9) 潘筠, 机器及其零部件结构工艺性. 北京: 机械工业出版社, 1993
- (10) 机械工程手册编辑委员会. 机械工程手册. 第 5, 6 卷. 北京: 机械工业出版社, 1982