

工业工程基础与 实战技法

主讲人：唐小林

清华大学IE工程硕士
精益生产与成本效率咨询顾问

讲课内容

- 基础工业工程（IE）概论
- 工作研究之一：方法研究
- 工作研究之二：作业测定

1 基础IE概论

1.1 生产及生产系统

1.2 IE及其体系

1.3 生产率概述

1.4 工作研究概述

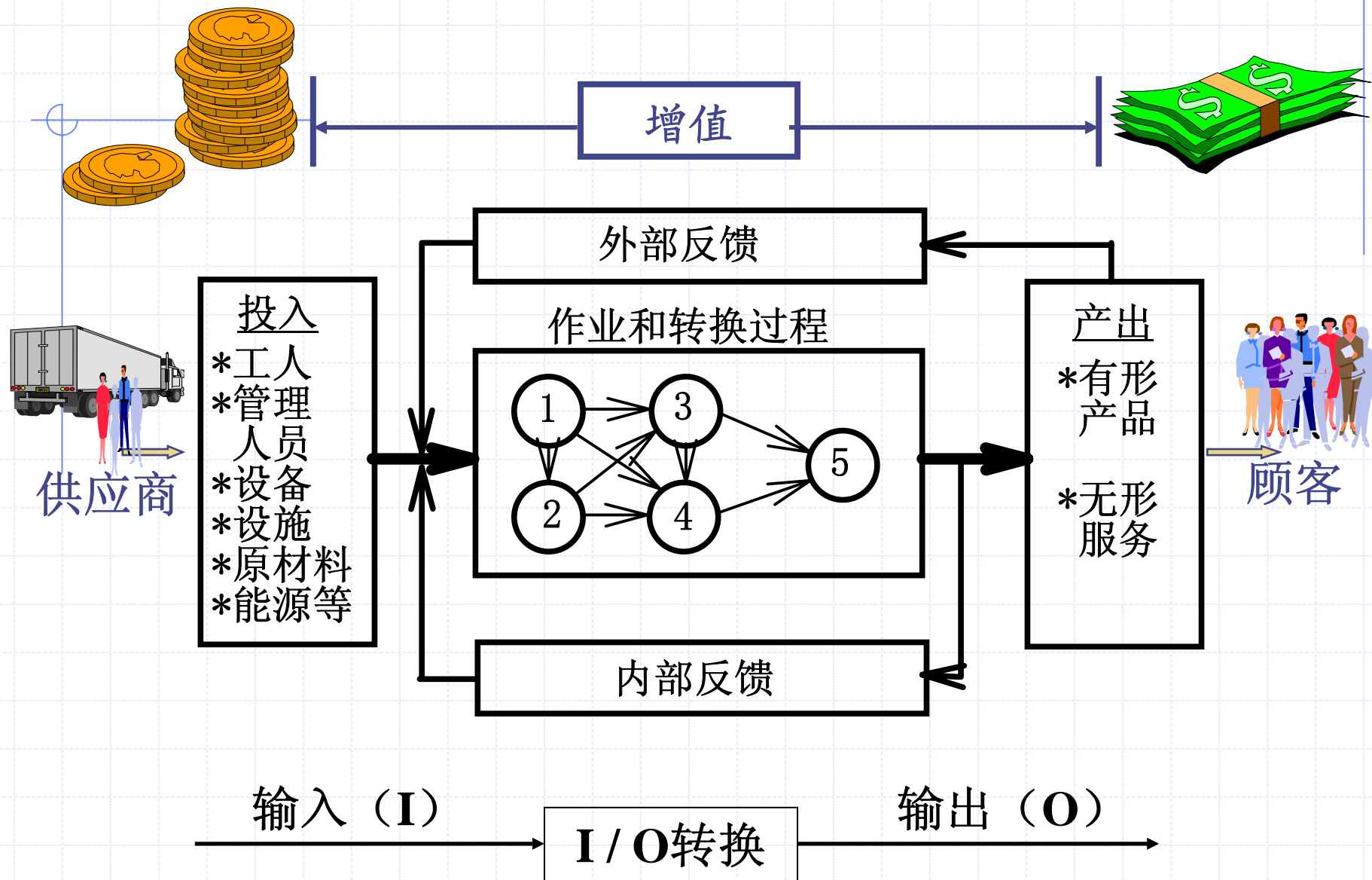
1.1 生产及生产系统

1.1.1 生产与生产系统的概念

1.1.2 概念的扩展

1.1.3 生产系统绩效的度量

生产系统的过程



1.1.1 生产与生产系统的概念

- **概念1：**生产就是将生产要素转变成经济财富，从而增加附加价值的过程
 - ❖ 生产是一种转换功能，即将生产要素转变成经济财富
 - ❖ 生产要能够增加附加价值
 - ❖ 生产包括若干种变换形式，如物理变换、化学变化、位置变换等
- **概念2：**生产系统是指生产要素经过转换过程，得到产出物的系统
 - ❖ 生产系统的三要素：生产要素、转换过程、经济财富

1.1.2 概念的扩展

- 生产活动从**制造**领域扩展到**非制造**领域
- 狭义的生产是指制造产品（有形物的生产），广义的生产不仅包括制造产品，而且还包括提供服务（即无形生产，如运输、销售、邮电、通讯、服务贸易等）
- **概念3：**生产是一切社会组织将它的输入转化为输出的过程。

1.1.3 生产系统绩效的度量

- 生产系统绩效的度量指标：质量、成本、生产率
- 经济学上用**生产率**（**Productivity**）来度量生产系统的转换功能，表示生产要素的使用效率。**生产率=产出/投入**
- 生产率的提高主要取决于生产过程中如何有效地发挥生产要素的作用，提高其使用效率。其主要途径有：
 - ❖ 改进生产技术
 - ❖ 提高企业管理水平
 - ❖ 提高劳动者的素质
 - ❖ 增加生产要素的投入
- 人们为生产率所做的努力集中表现为**改进生产技术**和**采用科学的管理方法**两个方面。
- 工业工程就是把**技术**和**管理**有机地结合起来，研究如何将生产要素组成生产力更高和更有效运行的系统，实现提高**生产率**目标的工程学科。

1.2 IE及其体系

1.2.1 IE产生的历史背景

1.2.2 IE的起源

1.2.3 IE的发展历程

1.2.4 IE的发展趋势及其特点

1.2.5 IE的应用

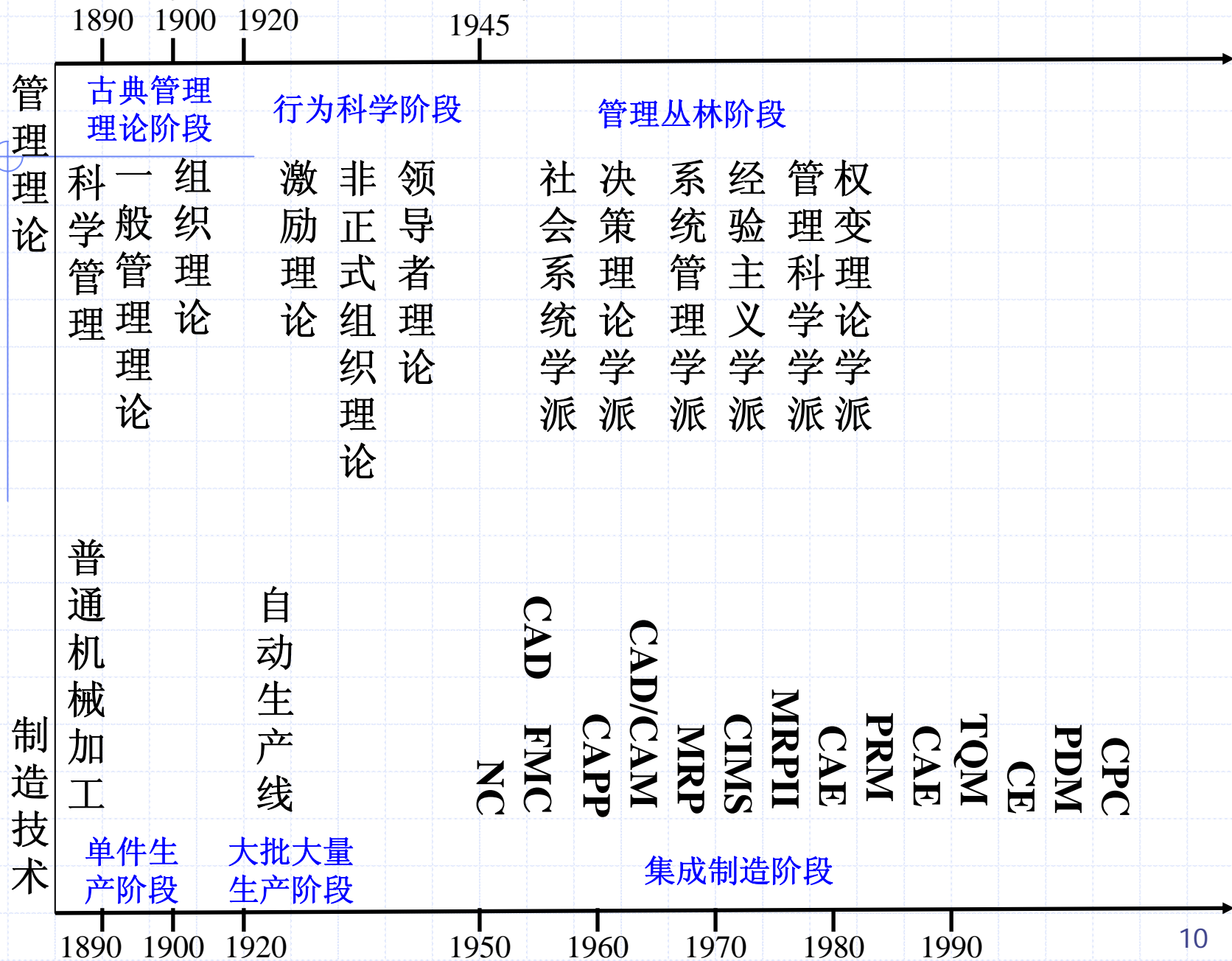
1.2.6 IE的定义、目标与功能

1.2.7 IE的基本内容

1.2.8 IE的性质

1.2.9 IE的特点和意识

1.2.1 IE产生的历史背景



1.2.2 IE的起源

■ **泰勒（Taylor, 1856~1915）**，美国古典管理学家，科学管理的创始人。创立“**时间研究**（Time Study）”，通过改进操作方法、科学制定劳动定额、采用标准化等方法，极大地提高了劳动效率、降低了生产成本。主要著作：《计件工资》（1895）、《工场管理》（1903）、《科学管理原理》（1911）。被誉为“科学管理之父”、“工业工程之父”。

■ **吉尔布雷斯（Gilbreth, 1868~1924）**另一位IE奠基人，工程师，创造了与时间研究密切相关的“**动作研究**（Motion Study）”，即对动作进行分解，确定基本“动素”，然后科学分析，建立起省工、省时、效率最高和最满意的操作顺序。1921年又创立“**工序图**”，为分析和建立良好的作业顺序提供了工具。

■ **甘特（Gantt, 1861~1919）**工业工程先驱者之一，其重大贡献是发明了著名的“**甘特图**”（Gantt Chart）。这是一种预先计划和安排作业活动、检查进度以及更新计划的系统图表方法，为工作计划、进度控制和检查提供了十分有用的方法和工具。直到今天仍被广泛应用于生产计划与控制这一工业工程的重要领域。

■ **法约尔（Fayol, 1841~1925）** 法国古典管理学家，其主要贡献是全面总结了自己的经营管理经验，将其归纳为6种经营活动、5种管理职能和14条管理原则，出版了《工业管理和一般管理》。被称为“现代经营管理理论之父”。

■ **埃默森（Emerson, 1853~1931）** 美国早期的科学管理专家，创立了“**奖励工资制**”（Emerson Premium System），对当时公认的劳动生产率提高具有重要作用，并提出了“效率十二原则”，被后人尊称为“效率的大教长”。

■ **福莱特（Follett, 1868~1933）** 美国女管理学家，把科学管理同行为科学联系起来。她的管理哲学思想主要有：通过利益的结合减少冲突；变服从个人权利为遵循形式规律；通过协作和控制达到目标；领导者应以领导者和拥护者的相互影响为基础。她把管理的任务概括为一个词——“协调”。

1.2.3 IE的发展历程

- **科学管理时代**（20世纪初~20世纪30年代中期）

IE萌芽和奠基时期。以劳动专业化分工、时间研究、动作研究、标准化等方法的出现为主要内容。

- **工业工程时代**（20世纪20年代后期~至今）

IE作为一门专业正式出现。在吸收数学和统计学知识的基础上，一系列IE原理和方法出现了，如统计质量控制、库存模型、组织理论、工程经济等。

- **运筹学发生影响的时期**（20世纪40年代中期~20世纪70年代）

IE进入成熟时期。运筹学和计算机的出现解决了IE长期缺乏理论基础的问题。运筹学用于产品和市场决策，而计算机为处理数据和对大系统进行数学模拟提供有力的手段。同时，1955年美国工业工程师学会制定出了IE的正式定义。

■ 工业与系统工程时期（20世纪70年代以后）

IE的发展与完备阶段，系统工程的原理和方法开始应用于IE。IE与系统工程（SE）结合后具有以下特征：

①从系统整体优化的目标出发，研究各生产要素和子系统的协调配合，强调综合应用各种知识和方法的整体性；②应用范围从微观系统扩大到宏观系统的分析设计，从工业和制造部门扩大到服务业和政府部门等各种组织。

- IE不断吸收现代科技成就，尤其是计算机科学、OR、SE等知识，借助这些理论基础和科学手段，才能够由经验为主发展到以定量分析为主、由研究生产局部或者小系统的改善到研究大系统整体优化和生产率提高，成为一门独立的学科。

1.2.4 IE的发展趋势及其特点

- IE的发展趋势 ——现代工业工程。它是在现代科学技术和生产力条件下研究生产（工作）系统提高生产率和竞争力的学科。
- 现代工业工程发展的特点
 - ❖ 研究对象和应用范围扩大到系统整体
 - ❖ IT为支撑条件，重点转向计算机集成制造（**CIM**）
 - ❖ 突出研究生产率和质量
 - ❖ 探索新理论，发展新方法（包括生产要素和生产技术两个方面）

1.2.5 IE的应用

■ IE的应用领域

- ❖ 首先在制造业中产生和应用，以改进生产方法，建立良好的作业程序和标准，提高效率。
- ❖ 二次大战后，扩展到其它领域尤其是服务业（如建筑业、交通运输、银行、医院、超级市场等）以及政府部门（行政管理与规划），用于整个系统的优化。
- ❖ 尽管现代IE应用广泛，但制造业仍然是最主要和代表性的一个领域。制造工业的生产活动包括**技术和管理**两个方面。IE正是将两者有机结合起来的原则和技术：

围绕制造技术研究**工艺与设备**（制造中的硬件部分）

关于**制造系统的控制和管理**（制造中的软件部分）

■ IE的应用效果

- ❖ **美国：**美国的生产率在世界上之所以处于领先地位，与IE广泛应用于各个领域并取得很高的经济效益和社会效益直接相关。
- ❖ **日本：**二战后生产率仅为美国的1/7，由于上个世纪50年代引进IE，并在工业建制上统一规划，使工业在短时间内获得振兴，生产率迅速增长，现已接近美国。
- ❖ **中国：**自上个世纪80年代一些部门和企业学习和应用某些IE方法，尤其是基础IE，取得显著效果。

1.2.6 IE的定义、目标与功能

■ IE的定义

IE是对人员、物料、设备、能源和信息所组成的集成系统进行设计、改善和配置的一门学科。它综合运用数学、物理学和社会科学方面的专门知识和技术，以及工程分析和设计的原理和方法，对该系统所取得的成果进行确定、预测和评价。

——AIIE（1955）

■ 定义的说明

- ❖ **研究的对象**不是一般孤立事物，而是一个系统（其中人是主体）；
- ❖ **研究的手段**综合运用系统理论、运筹学、工程分析等知识和技术；
- ❖ **研究的目的是**通过不断改进和优化系统，产生最佳综合效益。

■ IE的目标

- ❖ 《美国大百科全书》（1982年版）提出，IE是对一个组织中人、物料和设备的使用及其费用做详细的分析研究，这种工作由IE工程师完成，目的是使组织能够提高生产率、利润率和效率。
- ❖ 著名IE专家P.希克斯博士指出，IE的目标就是设计一个生产系统及该系统的控制方法，使它以最低的成本生产具有特定质量水平的某种或几种产品，并且这种生产必须是在保证工人和最终用户的健康和安全的条件下进行。
- ❖ 因此，IE的目标就是：使生产系统投入的要素得到有效利用，降低成本，保证质量和安全，提高生产率，获得最佳效益。

■ IE的功能

IE的具体功能表现为规划、设计、评价和创新等四个方面：

- ❖ **规划：**IE侧重于技术发展规划。如新产品发展规划、产品“三化”（标准化、系列化、专业化）规划、成本降低规划等。
- ❖ **设计：**IE设计不同于一般的机器设计，而是侧重于工程系统设计，包括系统总体设计和部分设计，概念设计和具体工程项目设计等。IE设计内容还包括：工厂选址、设备布置、生产流程设计、生产技术选择、作业程序设计、信息系统设计、运输系统设计等。
- ❖ **评价：**如产品设计评审、经济分析、规划设计方案评审、质量控制与可靠性工程、技术评价等。
- ❖ **创新：**如产品改进、工艺改进、设施改进、系统组织改进、工作方法改进、新产品新技术的工程开发等。

1.2.7 IE的基本内容

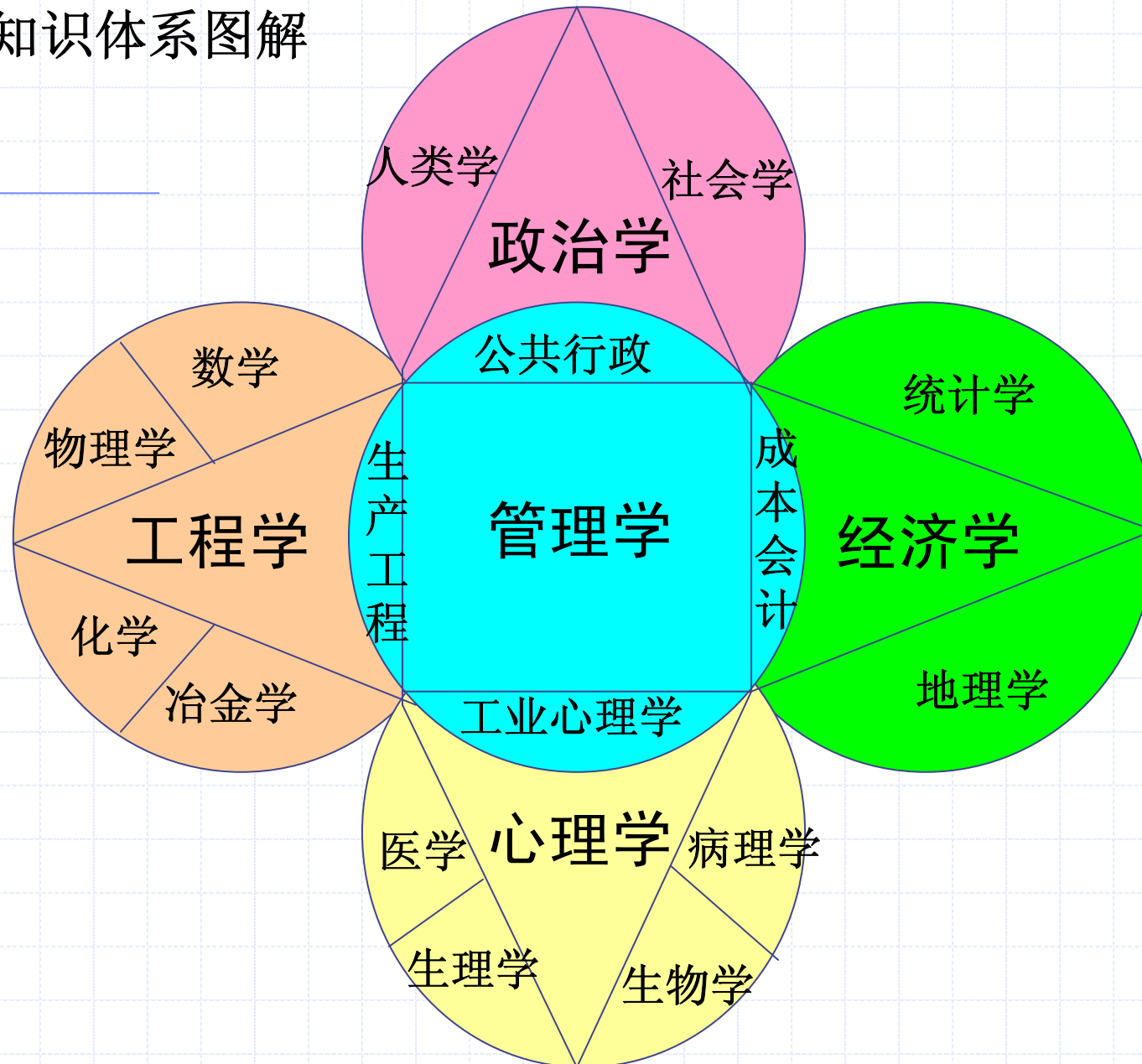
- 狭义IE的基本内容

狭义IE（即古典IE或基础IE）包括生产设计和作业研究（或工作研究）。

- 广义IE的基本内容

广义IE就是对由人、材料和设备等组成的系统进行设计、改进和配置。美国国家标准委员会于1972年把IE划分为12个知识范畴，1982年又增加了另外5个部分。

■ IE知识体系图解



■ 制造企业中IE的内容

- ❖ 工作研究（基础IE的核心）
- ❖ 设施规划与设计
- ❖ 生产计划与控制
- ❖ 工程经济和价值工程
- ❖ 质量管理与可靠性技术
- ❖ 企业管理信息系统
- ❖ 现代制造系统
- ❖ 组织行为学
- ❖ 人类工效学

■ IE技术人员知识结构要求

- ❖ 工程技术知识（如机械工程、电气工程等专业理论和应用技术）
- ❖ 基础IE知识（方法研究、作业测定、设施规划与设计、物料搬运、质量管理等）
- ❖ 数学与统计学知识（包括应用数学、概率论与数理统计、统计学等）
- ❖ 经济学知识（包括工程经济、会计学特别是成本会计等）
- ❖ 经营管理知识（包括经营学、市场学、生产管理、物资管理、组织与行政管理等）
- ❖ 管理科学知识（包括SE, OR, 模拟技术、预测和决策理论等）
- ❖ 人类和社会科学知识（包括工业心理学、人类工程学、组织行为学等）
- ❖ 计算机科学与信息技术（包括计算机应用、MIS、网络、数据库等）

总之，IE技术人员需要懂得广泛的技术和管理知识，与其他专业工程技术人员相比，要求IE技术人员的知识面更宽，但掌握专业知识的深度则不及专业工程技术人员。

1.2.8 IE的性质

- 国外一般把IE划入**工程学**范畴，因为IE具有鲜明的工程属性。IE的首要任务是生产系统的设计，这是典型的工程活动。
- IE又不同于一般的工程学科。IE不是单纯的工程技术，它不仅包括自然科学和工程技术，而且还包括社会科学及经济管理知识的应用，所以IE是一门**边缘科学**。
- 由于IE起源于科学管理，为管理提供方法和依据，具有管理特征，所以IE又常被当作**管理技术**。

IE与相关学科的关系

管理科学、运筹学、系统工程、工效学、工程经济学等学科是IE的基础和相关学科，与IE有很多共同点，目标都是使管理优化，资源得到有效利用，取得最佳效果。但是，它们涉及的范围、研究方式和侧重点不同。

■ IE与管理

管理与IE的区别在于它不是对整个生产系统进行研究、分析、设计和改进等工程活动，而是偏重于对各部门（也包括IE部门）及整个企业的决策和指挥，进行协调和组织等行政职能。

■ IE与系统工程(SE)

系统工程适用于一切系统，而不仅仅局限于某种特定的工程物质对象。IE则是以各种生产系统为主要研究对象。可以说是SE在生产系统上的具体应用。

■ IE与工效学

■ IE与运筹学

■ IE与技术经济学

1.2.9 IE的特点与意识

- **IE**作为管理和技术相结合的交叉学科被誉为“工业文明之光”，“划时代的管理技术”。有专家指出：管理和技术犹如推动经济发展的两只车轮，而**IE**恰似连接两只车轮中间的车轴，现象地说明了**IE**举足轻重的作用。
- **IE**的特点：
 - ❖ **IE**的核心是降低成本，提高质量和生产率；
 - ❖ **IE**是综合性的应用知识体系；
 - ❖ 注重人的因素；
 - ❖ **IE**的重点面向微观管理；
 - ❖ **IE**是系统优化技术。

■ IE的意识

对于IE工程师来说，掌握方法和技术固然重要，但更重要的是掌握IE本质，树立IE意识，学会运用IE考察、分析和解决问题的思想方法，这样才能以不变（IE实质）应万变（具体事物对象）。

- ❖ 成本和效益意识。IE追求最佳整体效益，必须树立成本和效率意识。
- ❖ 问题和改革意识。IE追求合理性，使各生产要素有效组合，形成一个有机整体系统。
- ❖ 工作简化和标准化意识。IE追求高效与优质的统一。推行“3S”——**Simplification**（简化）、**Specialization**（专门化）、**Standardization**（标准化）。
- ❖ 全局和整体意识。IE追求系统整体优化、生产要素和子系统的提高。
- ❖ 以人为中心的意识。人是生产经营活动中的最重要要素，其它要素要通过人的参与才能发挥作用。必须坚持以人为中心来研究生产系统的设计、管理、革新和发展，坚持以人为本。

学习基础IE的准备工作

- 工程技术的背景
- 管理科学的思想
- 系统优化的意识

1.3 生产率概述

1.3.1 生产率的定义

1.3.2 提高生产率的意义

1.3.3 生产率管理

1.3.4 生产率测定

1.3.5 影响生产率的因素

1.3.6 提高企业生产率的途径

1.3.1 生产率的定义

- 生产率是经济学上一个用来衡量生产系统转换效率的指标。一般定义为：生产系统的产出与投入之比。即：

$$\text{生产率 (P)} = \text{产出 (O)} / \text{投入 (I)}$$

式中：产出——满足外界需要而生产的产品或提供的服务
投入——为获得这些产出而投入的生产要素。

- 生产率实际上就是衡量生产要素（资源）使用效率的尺度。是一个重要的效益指标。
- 生产率适用各种层次和规模的系统，既可用于一个企业，也可用于一种行业乃至整个国民经济。
- **IE**的目标就是设计和不断改善生产系统，使之更有效地运行，因此生产率也是衡量**IE**应用效果的指标，是**IE**工程师必须掌握的一个尺度。

1.3.2 提高生产率的意义

- 德鲁克指出，“生产率是一切经济价值的源泉”。
- 生产率的重要性表现在：
 - ❖ 生产率提高的速度决定国家经济发展的速度。
 - ❖ 提高生产率是增加工资和改善人民生活的基本条件。
 - ❖ 提高生产率可以缓和通货膨胀。
 - ❖ 提高生产率可以增强国际市场竞争力，保持国际贸易平衡。
 - ❖ 提高生产率对就业和社会发展具有促进作用。
 - ❖ 生产率与质量是同步发展的关系。

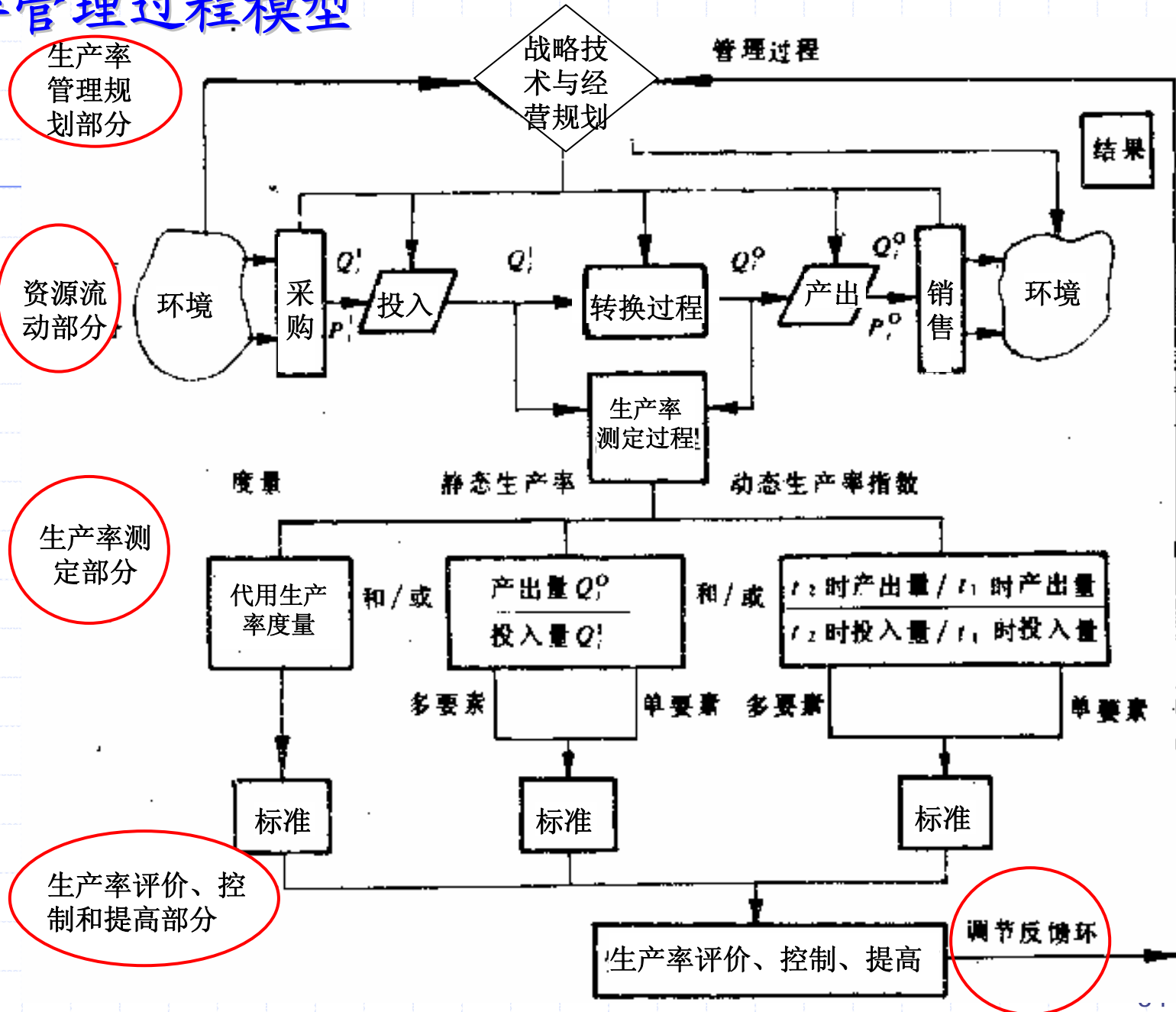
1.3.3 生产率管理

- 生产率管理的定义

生产率管理是一个较大的管理过程中的一个子系统，其内容包括根据系统的产出量和投入量之间的关系来规划、组织、指挥、控制和协调。

- 由定义可知，生产率管理就是对一个生产系统的生产率进行规划、测定、评价、控制和提高的系统管理过程。它是一个以不断提高生产率为动力、积极促进IE应用、不断改善生产系统的控制系统。

生产率管理过程模型



- 生产率管理过程模型的基本组成部分：
 - ❖ 生产率的管理规划部分（根据上一次的测定和评价结果对生产率的控制和提高进行规划）；
 - ❖ 资源流动部分（生产过程）；
 - ❖ 生产率测定和评价部分；
 - ❖ 生产率控制和提高的调节反馈；
 - ❖ 对调节作用的效果进入新一轮测定、评价、规划、控制和提高。

1.3.4 生产率测定

- 生产率测定就是对某个研究对象的生产率进行度量和计算。
- 生产率测定是提高生产率的前提，是生产率管理系统过程的中心环节，因为有度量才能鉴别和评价，才能知道改进的方向。

生产率的种类

■ 按生产要素的种类分：单一考察某一种生产要素，用其投入量做分母所得到的生产率称为该要素生产率。如：

- ❖ 劳动生产率——用劳动工时作为总投入
- ❖ 资本生产率——用折旧费或者固定资产帐面值作为分母
- ❖ 原材料生产率——以投入原材料的数量（如重量）或价值作分母
- ❖ 能源生产率——用能源单项要素作为投入（通常以KW为单位）
- ❖ 直接劳动成本生产率——用直接劳动总成本作为资源投入
- ❖ 总成本生产率——将所有要素的成本总计作为投入
- ❖ 外汇生产率——投入要素成本中只考虑所需的外汇一项

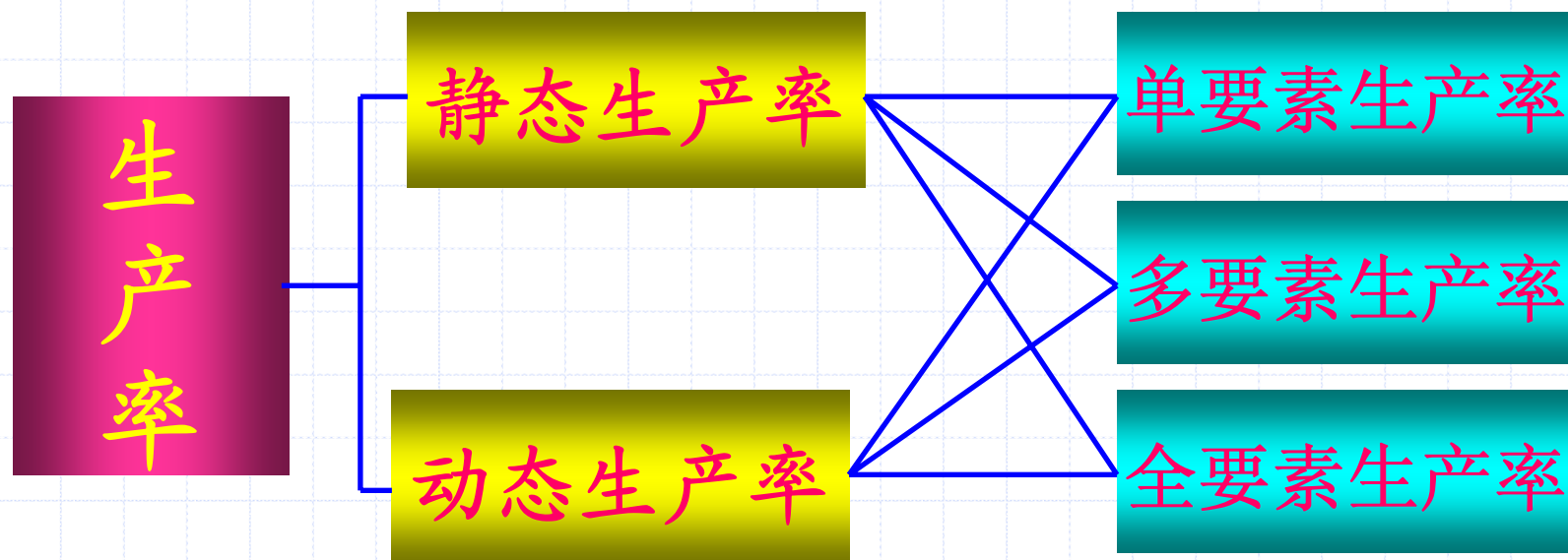
■ 按生产要素的数量分类：

- ❖ 总生产率或全要素生产率——一个系统的总产出量与全部生产要素真实投入量之比
- ❖ 多要素生产率——实际产出量对某几种要素的实际投入量之比。
(几种生产要素的综合使用效率)
- ❖ 单要素生产率——实际产出量对某一种给定要素的实际投入量之比。

■ 按测定方式分类：

- ❖ 静态生产率——某一给定时期的产出量与投入量之比（绝对生产率）
- ❖ 动态生产率——测量期的静态生产率除以基准期（以前某个时期）所得的商，它反映了不同时期生产率的变化（相对生产率）。大于1即表明生产率提高了。

- 无论静态生产率还是动态生产率均可计算单要素、多要素、全要素生产率。



生产率计算公式

- 静态生产率：某一时期内的生产率

$$\text{静态生产率} = \frac{\text{测定期内总产出量}}{\text{测定期内要素投入量}}$$

$$\text{单要素生产率 } P = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^o}{Q_i^I}$$

$$\text{多/全要素生产率 } P = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i^o}{\sum_{i=1}^n Q_i^I}$$

Q_i^o , Q_i^I 分别为测定期内第 i 种产出量与投入量

■ 动态生产率：两个不同时期生产率的比值

动态生产率指数 = $\frac{\text{测定期内产出量} / \text{测定期内投入量}}{\text{基准期内产出量} / \text{基准期内投入量}}$

$$\text{动态生产率指数 } P = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{iK}^o / \sum_{i=1}^n Q_{iK}^I}{\sum_{i=1}^n Q_{iJ}^o / \sum_{i=1}^n Q_{iJ}^I}$$

Q_{ic}^o, Q_{ic}^I — 分别为测定期 K 内第 i 种产出量与投入量

Q_{ij}^o, Q_{ij}^I — 分别为测定期 J 内第 i 种产出量与投入量

生产率测定的示例

一个5人作业小组，在一个月內生产了500个单位量的产品，所花费的劳力为880个单位（这里采用的单位是小时：5人*22日*8小时=880人·时/月）。

(1)试计算该作业小组每个小时的生产率？

(a) 第1个月內每个小时的生产率为——单生产要素的静态生产率

$$\frac{500 \text{ 个单位产出}}{880 \text{ 个单位劳力}} = 0.57 (\text{单位产品/人} \cdot \text{时})$$

(2)假定该小组第二个月内生产了**600**个单位产品，而所用的劳动力为**800**个单位（**5人*20日*8小时=800人.时/月**），试计算该作业小组每个小时的生产率指数？

(b) 第2个月内每个小时的生产率为

$$\frac{600 \text{ 个单位产出}}{800 \text{ 个单位劳力}} = 0.75 (\text{单位产品/人} \cdot \text{时})$$

(c) 每个小时的动态生产率指数为——单生产要素的动态生产率指数

$$\frac{600/800}{500/880} = \frac{0.75}{0.57} = 1.32$$

(3)假定除了劳力投入（以工时来度量）以外，还考虑到材料投入这一因素（如下表所示），用价格和成本来度量，计算生产率和生产率指数？

某作业小组产出与投入数据

| | 第1个月 | | | 第2个月 | | |
|-----------|------|------|-------|------|------|-------|
| | 数量 | 价格 | 指数（%） | 数量 | 价格 | 指数（%） |
| 1、产出（单位量） | 500 | 1000 | —— | 600 | 1000 | 120 |
| 2、投入（工时） | 880 | 15 | —— | 800 | 15 | 90.9 |
| 3、投入（材料） | 1000 | 150 | —— | 1250 | 150 | 125.0 |

作业小组的生产率计算

| | 第1个月 | | | 第2个月 | | |
|---------------------------|--|----|-------|--|----|-------|
| | 数量 | 价格 | 指数（%） | 数量 | 价格 | 指数（%） |
| 4、每小时的产出（单位产品/人·小时） | 0.57 | —— | —— | 0.75 | —— | 131.6 |
| 5、每单位量材料的产出（单位产品/ 单位材料） | 0.50 | —— | —— | 0.48 | —— | 96.0 |
| 6、多要素静态生产率 （用价格和成本来度量） | $\frac{500(1000)}{880(15)+1000(150)}=3.06$ | | | $\frac{600(1000)}{800(15)+1250(150)}=3.01$ | | |
| 7、多要素动态生产率指数 | $\frac{3.01}{3.06}=0.98$ | | | | | |

注意事项

- 静态生产率常常简称为“生产率”，而动态生产率指数简称为“生产率指数”。只有动态生产率指数才能反映生产率的变化。
- 当采用不同的单位（如工时或者材料）时，所得到的计算结果是不同的。因此在进行数据统计和计算静态生产率时必须相应地说明所用的度量单位。
- 在计算动态生产率指数并进行比较时，测定期和基准期的度量单位也必须一致，否则容易造成混乱。
- 当测定多要素生产率时，必须解决合并不同类别量的计量问题，需要选择不同的投入和产出所共有的度量。

生产率测定的实施

- 数据采集

- ❖ 产品数据

- ❖ 会计数据

- ❖ 作业测定数据

- 生产率测定模型选择：

- ❖ 单要素生产模型（有局限性）

- ❖ 多要素或全要素模型（反映整体效果）

我国工业中的生产率测定

■ 劳动生产率（又称劳动效率，反映劳动者在一定时间内创造使用价值的能力）

❖ 劳动生产率是我国工业企业和国民经济统计中所用的一项最主要的生产率指标。它属于单要素生产率，并且通常是静态值（绝对值）。

❖ 劳动生产率的测定

(1) 直接法：劳动生产率 = 产品总量或总产值/所消耗的劳动量（单位劳动量所生产的产品数量，劳动生产率正指标）

(2) 逆自法：劳动生产率 = 所消耗的劳动量/产品总值或总产量（生产单位产品所消耗的劳动量，劳动生产率逆指标，用于企业内部制定劳动定额）

❖ 劳动生产率的度量指标

(1) 产出（生产量指标）：实物指标，标准食物指标，价值指标

(2) 投入（劳动消耗量指标）：人·时，人·日，人·月，人·年，...

- **材料生产率**：每单位材料（或材料费用）所提供的产值或产量。目前常用材料占用率，即每单位产值或产量占用的材料，是材料生产率的倒数。
- **能源生产率**：每单位量能源所提供的产值或产量。常用能源消耗率，为能源生产率的倒数。
- **固定资产生产率**：每单位固定资产所提供的产值或产量。常用固定资产占用率，为固定资产生产率的倒数。
- **流动资金生产率**：每单位流动资金所提供的产值或产量。常用流动资金占用率，为流动资金生产率的倒数。
- **工资生产率**：单位工资值所提供的产值或产量。常用工资占用率，为工资生产率的倒数。

1.3.5 影响生产率的因素

- 影响国家和部门生产率的因素（宏观经济层次的因素）：

- ❖ 人力资源状况；
- ❖ 科技发展水平；
- ❖ 宏观管理机制（经济体制、产业结构、产业政策、技术政策、技术装备政策、技术引进政策）

- 影响企业生产率的因素（微观经济层次的因素）：

- ❖ 产品设计（产品结构、用材，三化设计）
- ❖ 生产系统设计（IE主要任务）
- ❖ 生产规模（有利于提高生产率）
- ❖ 员工素质

1.3.6 提高生产率的途径

- 企业外部要素法：是一种间接途径

如国内外市场规模、市场需求的变化、生产要素的变动性、原材料的质量和适用性、有效的培训机制等

- 企业内部方法：是一种直接途径，实际上主要是IE范畴的方法，例如

- ❖ 工厂布置、机器和设备
- ❖ 成本会计和降低成本的技术
- ❖ 生产的组织、计划和控制
- ❖ 人事策略

- IE的应用：其目标是提高系统的**总生产率**，所有IE技术都是提高生产率的直接手段。

- 运用IE对现有生产组织进行系统分析，改进工厂布置；
- 更新改造生产技术和设施，采用现代化制造技术；（**CAD /CAPP /CAM, FMS/CIMS**）
- 加强研究开发（**R&D**），开发新工艺，建立新流程；
- 应用价值分析改进产品设计，减少产品工作量，降低成本；
- 开展工作研究，改善作业和工艺系统，减少多余操作和无效工作时间；
- 应用现代生产及库存管理技术（如**MRP/MRP II/ERP**），建立均衡和高效的生产系统；
- 在生产系统设计和改造中运用现代物流技术；
- 运用可靠性工程进行系统维护，保证系统运行质量；
- 采用工效学知识和技术改善作业环境，创造良好的工作条件；
- 注重进行组织和职务设计，充分发挥各环节、各工作的智职能，发挥组织的整体优势
- 提倡和鼓励革新创造，激励员工的积极进取精神。

1.4 工作研究概述

1.4.1 工作研究的基本概念

1.4.2 工作研究的目标

1.4.3 工作研究的范畴

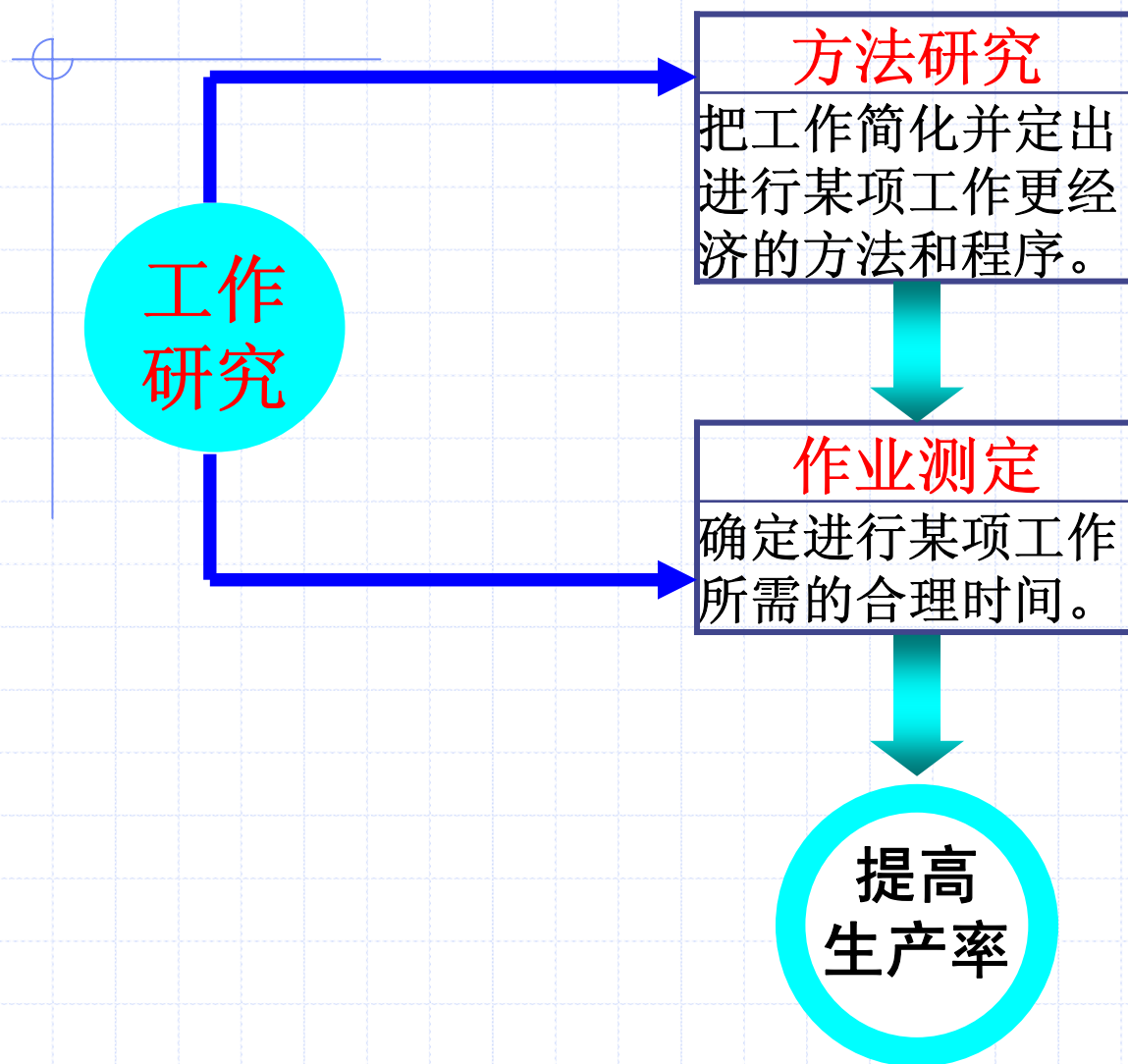
1.4.4 工作研究对提高生产率的作用

1.4.5 工作研究的实施程序

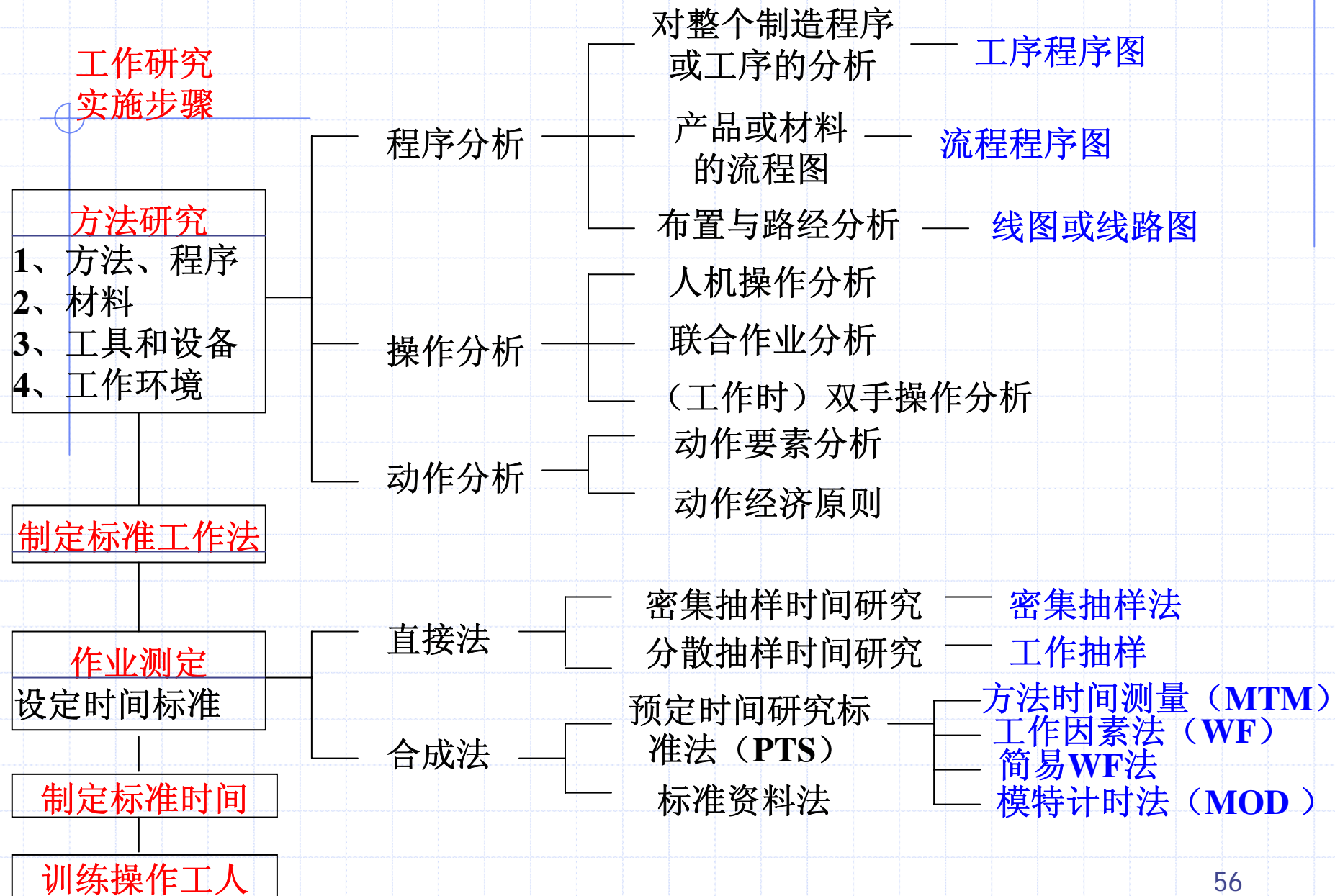
1.4.1 工作研究的概念

- 工作研究（**Work Study**）是方法研究和作业测定的总称，是IE体系中最重要的高新技术。
- 工作研究的目的是在现有设备的条件下，对生产程序和操作方法进行分析研究，寻找效率最高、成本最低及质量最好的工作方法，并制定标准时间。
- 工作研究包括“**方法研究**”和“**作业测定**”两大技术。
 - ❖ **方法研究**——对现有的各项作业、工艺和工作方法进行系统分析，寻求完成某项工作的最经济合理的方法，达到减少人员、机器、以及无效动作和物料消耗的目的，并使工作方法标准化；
 - ❖ **作业测定**——在掌握和消除生产过程中多余和无效时间后，制定出用经济合理的工作方法完成某项工作所需的标准时间，达到减少人员、机器以及设备空闲的目的。
- 世界各国都把工作研究作为提高生产率的首选技术。如美国**90%**以上的企业都应用了工作研究，企业的生产率普遍提高**51%**。

1.4.2 工作研究的目标



1.4.3 工作研究的范畴



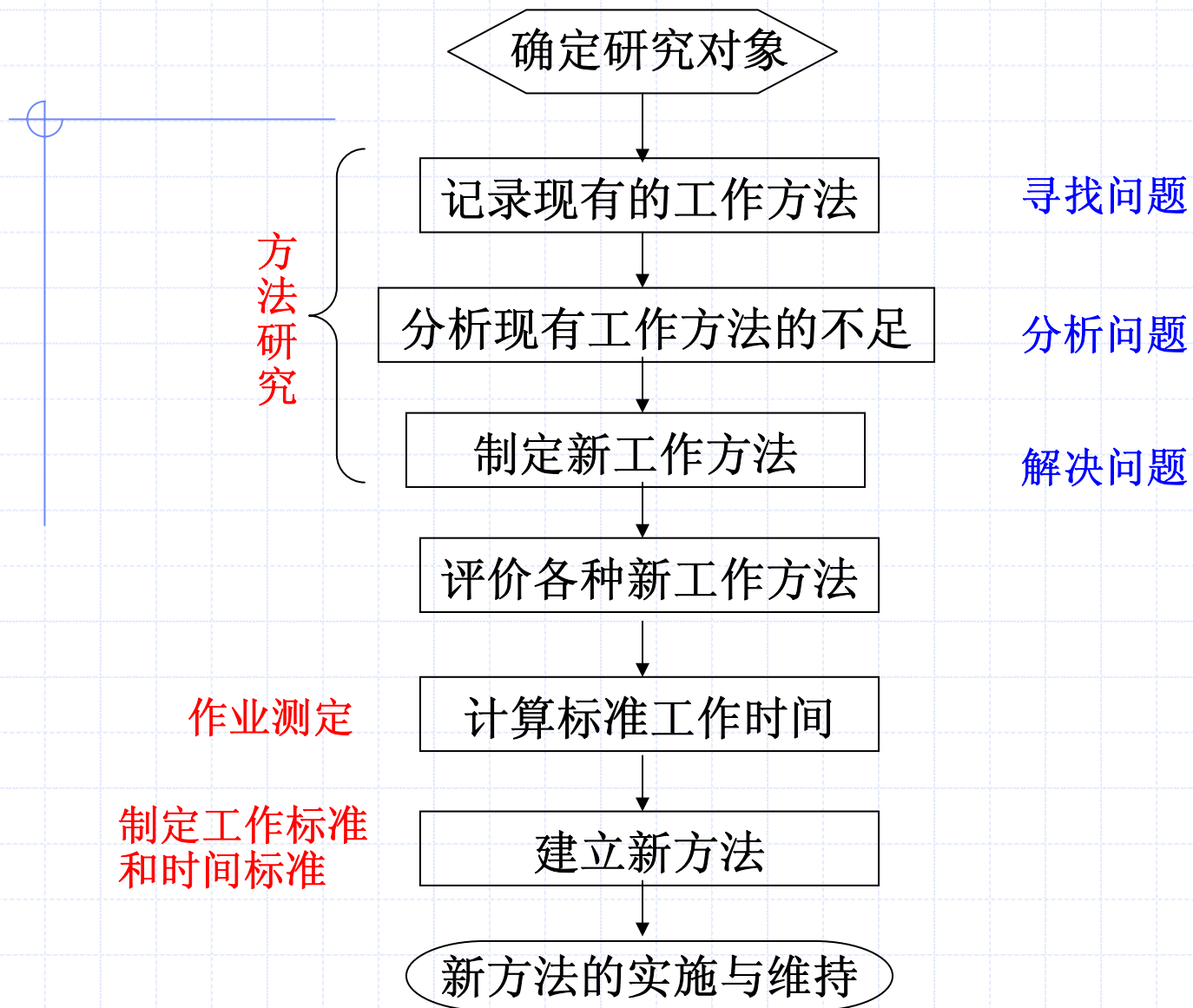
1.4.4 工作研究对提高生产率的作用

| | 提高方式 | 采取方法 | 成本代价 | 见效快慢 | 生产率提高程度 |
|----|----------------------|-------------------------|------|--------------|----------|
| 投资 | 1.开发新技术,或对现有工艺做根本性改变 | 基础研究,应用研究,实验开发 | 高昂 | 数年 | 无明显限制 |
| | 2.增设先进设施,或使现有工厂现代化 | 工艺研究 | 高昂 | 立即 | 无明显限制 |
| 改进 | 3.减少产品的工作量 | 产品R&D, 质量管理, 方法研究, 价值分析 | 较低 | 数月 | 有限 |
| | 4.减少工艺的工作量 | 工艺研究, 方法研究, 培训, 价值分析 | 低廉 | 立即 | 有限, 程度较高 |
| 改进 | 5.减少无效时间 | 作业测定, PPC, 维修保养, 工作设计 | 低廉 | 开始较慢,但效果迅速增加 | 有限, 程度较高 |

1.4.5 工作研究的实施程序

- 选择所要研究的工作或工艺(考虑经济因素、技术因素、人的因素等);
- 观察现行方法, 记录全部事实(采用图表法、图解法, 如工艺流程图、流程程序图、双手操作图, 人机程序图, 线路图等); (提出问题阶段)
- 严格分析所记录的事实: 采用“5W1H”提问技术对记录的每一件事项逐一进行考查, 按照“ECRS”(取消-合并-重排-简化)四大原则来建立最经济的新方法。(分析问题阶段)
- 制定新方法: 设计新的方法正确地解决问题, 设计若干可行的方案 (解决问题阶段)
- 评选新方案: 根据适用性、经济性等原则评价这些备选方案, 并确定新的工作方法;
- 计算标准作业时间(确定所选择方法的工作量及有关的作业时间, 采用作业测定制定这一工作的标准作业时间);
- 建立新方法: (报告书, 工作标准, 工作的时间标准)
- 实施与维持新方案。

实施工作研究的流程图示意图



2 方法研究

2.1 概述

2.2 程序分析

2.3 操作分析

2.4 动作分析

2.1 概述

2.1.1 方法研究的定义、目的和特点

2.1.2 生产过程的基本概念

2.1.3 方法研究的技术

2.1.4 方法研究的内容与步骤

2.1.1 方法研究的定义、目的和特点

- “方法”是人们进行工作和生活所运用的整体手段的组成部分，人们使用方法完成自己所要做的任何事情。好的方法可以帮助人们减少物质、能源、时间以及资金的消耗和浪费，从而降低成本；可以改善人们的工作环境；可以提高生产率。
- **定义：**对现有的或即将进行的工作方法（如加工、制造、装配、操作）进行系统的记录和严格的考查，作为开发和应用更容易、更有效的工作方法、以及降低成本的一种手段。

方法研究的目的

- 改进工艺和程序；
- 改进工厂、车间和工场的平面布置；
- 改进整个工厂和设备的设计；
- 经济地使用人力，减少不必要的疲劳；
- 改进物料、机器和人力的利用，提高生产率；
- 改善实际工作环境，实现文明生产；
- 降低劳动强度。

方法研究的特点

■ 指导思想——充分挖掘企业内部潜力

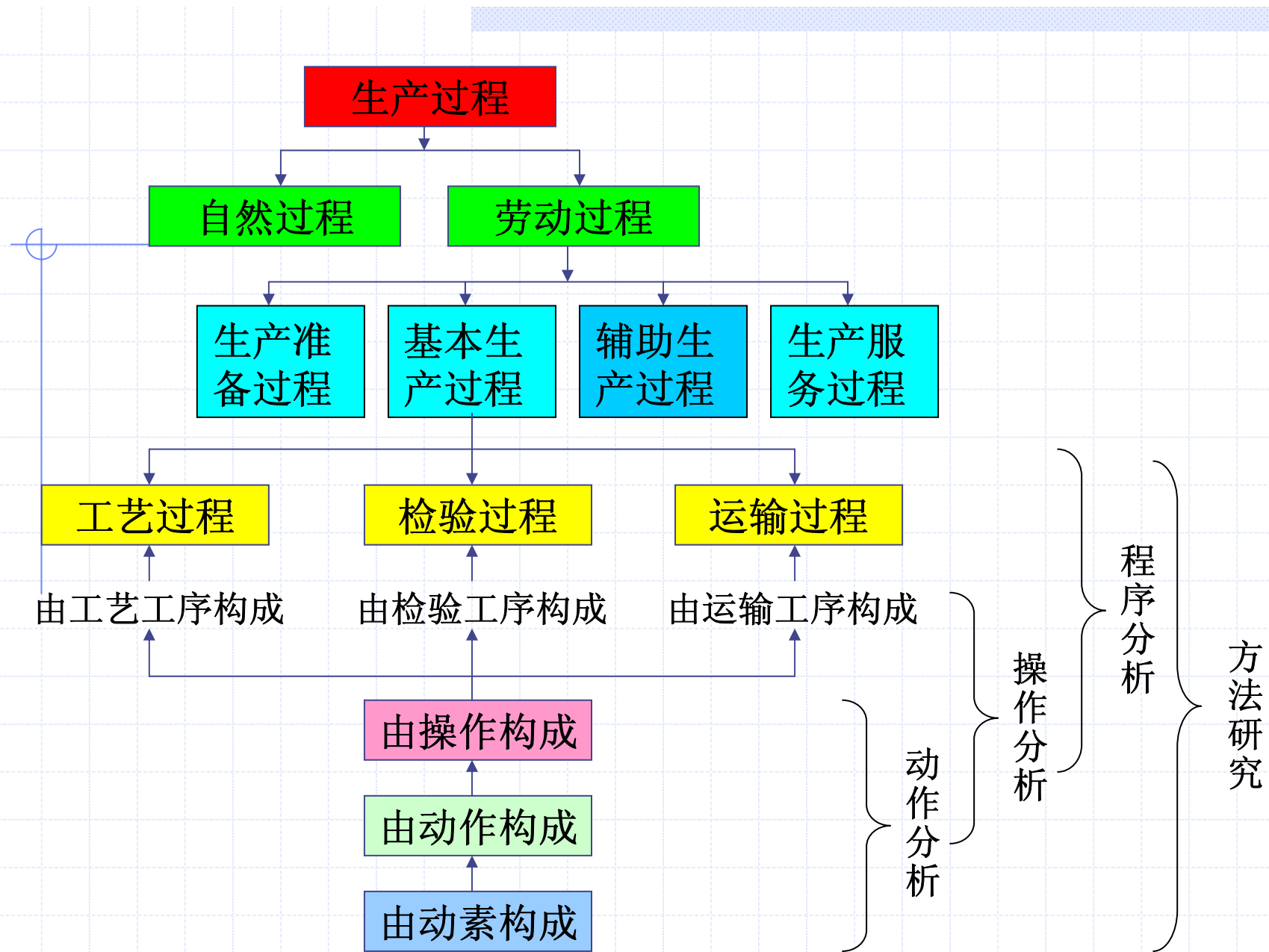
力求在不投资（即增加人力、设施、原材料等）或者少投资的情况下，通过挖掘企业内部的潜力（即改进工作方法），获得最大的经济效益。

■ 着眼点——系统整体优化

方法研究首先着眼于整个工作系统、生产系统的整体优化（**程序分析**），然后再深入解决局部关键问题（**操作分析**），进而解决微观问题（**动作分析**），最终达到系统整体优化的目的。

2.1.2 生产过程的基本概念

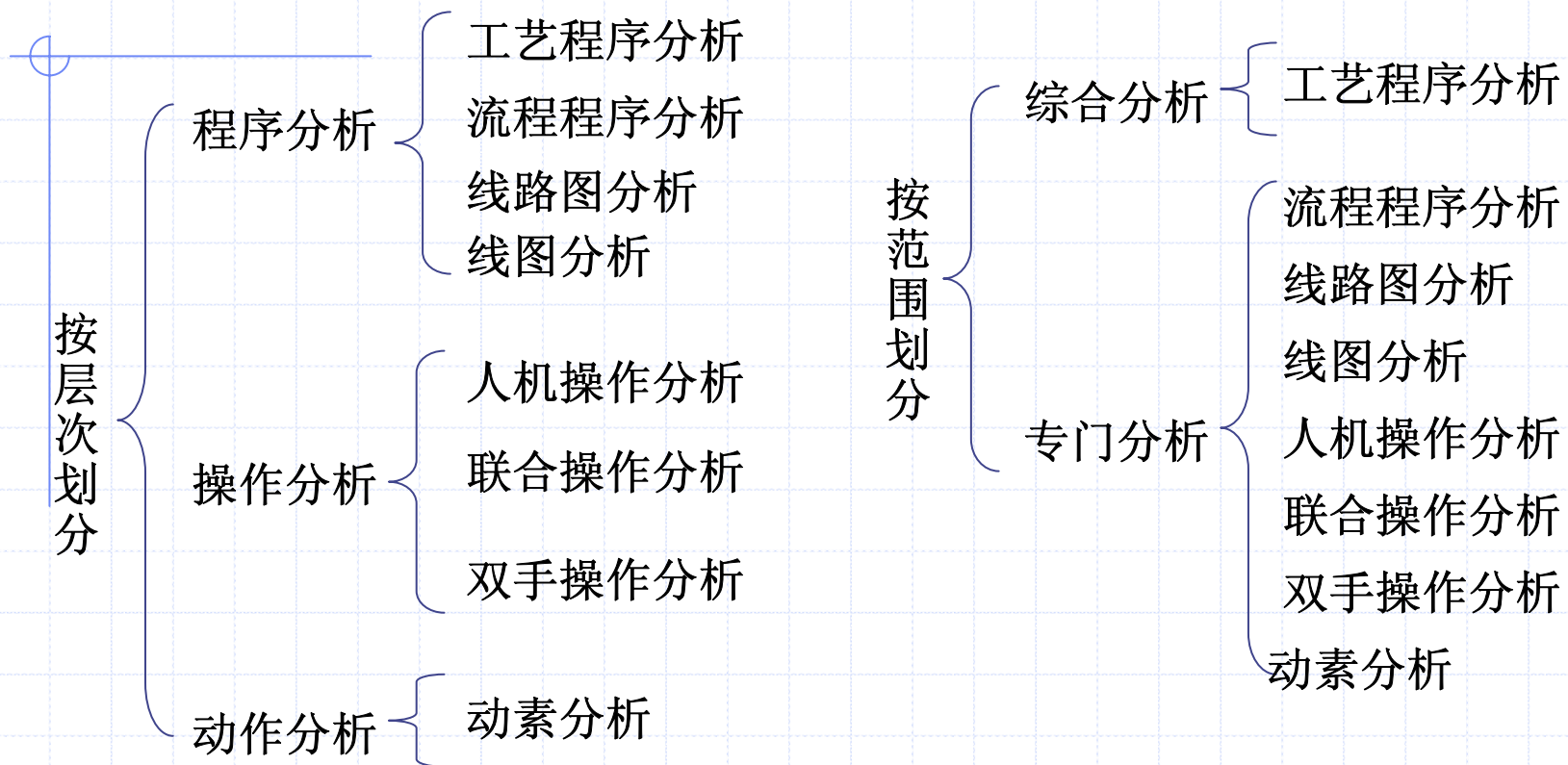
- 任何产品都有一个从原材料的投入到产品产出的生产过程
- **定义：**生产过程是从产品投产前一系列的生产技术组织工作开始，直到把它生产出来为止的整个过程。
- 生产过程的构成



几个基本概念

- **工序**：指一个工人或一组工人在一个工场对一个或一组劳动对象进行加工，完成生产过程中的一部分。**同一道工序中的操作者、操作对象、操作工具和工作场所均不发生变化。**工序可以进一步分解为操作和动作。
- **操作**：是工序的组成部分。是工人为达到某一目的，使用一定方法所完成的若干动作的总和。
- **动作**：是手工操作的构成因素。指工人接触物件、移动物件或离开物件的行为。动作由基本动素构成。

2.1.3 方法研究的技术



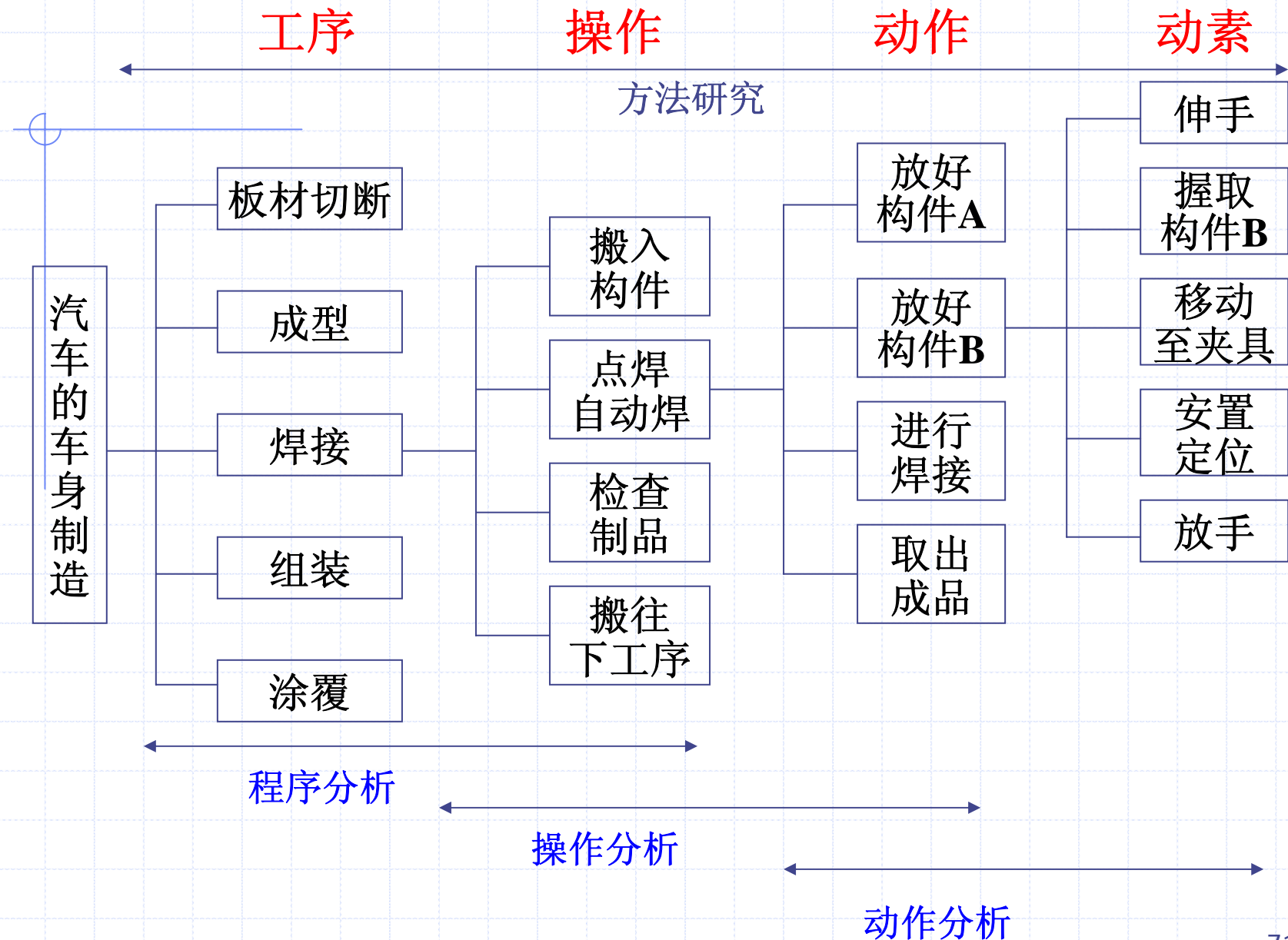
- **程序分析**：完成任何工作所需经过的路线和手续即为**程序**。程序分析主要以**整个生产过程**为对象，研究一个**完整的工艺程序**。从第一个工作地到最后个工作地进行全面研究分析，通过取消、合并、改变、调整、重排等手段以达到简化、改善和优化的目的。
- **操作分析**：研究分析**以人为主体的工序**，使操作者、操作对象和操作工具三者科学地组织、合理地布局与安排，以达到减轻工人劳动强度、减少作业工时、保证工作质量的目的。
- **动作分析**：研究分析人在进行各种操作时的**身体动作**，以达到排除多余动作、简化操作、减轻疲劳、从而制定最佳动作程序的目的。

三种分析技术的对比

| | 程序分析 | 操作分析 | 动作分析 |
|-----------|--------------------------|-------------------------------|-------------|
| 在方法研究中的层次 | 宏观层次 | 中观层次 | 微观层次 |
| 研究对象 | 整个生产过程（包含全部工序） | 一个工序（以人为主体的） | 一个操作中人的身体动作 |
| 表现手段 | 工艺程序图 流程程序图 线路图、线图 | 人机操作程序图 联合操作程序图 双手操作程序图 | 动素程序图 |

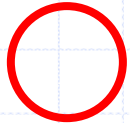
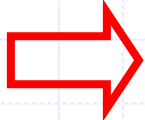
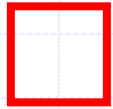

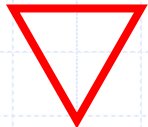
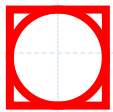
- 也有人称他们为工序分析、作业分析、动作分析。

方法研究层次的示例



2.1.4 方法研究的内容与步骤

图表技术

1.  ——表示操作
2.  ——表示搬运、运输
3.  ——表示检验
4.  ——表示暂存或等待
5.  ——表示受控制的贮存
6.  ——派生符号，表示同时执行操作与检验

工作程序分析的内容

| 分类 | 研究对象 | 属性 | 图表 |
|---------|--------------------|------|------------------|
| 工艺程序分析 | 整个制造程序 | 综合分析 | 工艺程序图 |
| 流程程序分析 | 产品、材料、人的流动分析 | 专门分析 | 流程程序图（人型、物型） |
| 布置与路线分析 | 对厂房、设施的布局及工作路线进行分析 | 专门分析 | 线路图或线图 |
| 闲余能量分析 | 联合程序分析 | 专门分析 | 人机程序图 联合作业程序图 |
| 双手操作分析 | 操作时两手的移动分析 | 专门分析 | 双手操作程序图 |

工作程序分析的原则

- 尽可能取消不必要的工序；
- 合并工序，减少搬运；
- 安排最佳的顺序；
- 使各工序尽可能经济化；
- 找出最经济的移动方法；
- 尽可能减少在制品的库存。

方法研究的步骤（对比工作研究的实施程序）

- 选择：选择所需研究的工作
- 记录：用程序分析的有关图表工具对现行方法全面记录
- 分析：用**6W提问技术**对记录的事实（包含**五个方面**）进行逐项提问，并根据**ECRS四个原则**对有关程序进行分析。
- 建立：在上述基础上建立最经济合理、实用的新方法
- 实施：采取措施使此新方法得以实现
- 维持：坚持规范及经常性检查，维持该标准方法不变。

工作程序分析的技巧

- 技巧1：分析时的五个方面
 - 技巧2：分析时的六大提问技术
 - 技巧3：分析时的**ECRS**四原则
 - 技巧4：程序分析时的动作经济原则
-
- 1个不忘：动作经济原则
 - 4大原则：**ECRS**
 - 5个方面：操作、运输、储存、检验、等待
 - 6W技术：**What/ Where/ When/ Who/ How/ Why**

技巧1: 五个方面(与符号记录相对应)

- 操作分析: 最重要的分析, 涉及产品设计
- 搬运分析: 考虑搬运重量、距离及消耗时间, 运输方法、工具、布局等
- 检验分析: 最合适的检验方法, 检验工具
- 贮存分析: 着重对仓储管理、物资供应计划和作业进度等进行检查分析, 以保证材料及零部件的及时供应, 避免不必要的物料积压。
- 等待分析: 等待应减至最低限度, 分析引起等待的原因。

技巧2: 六大提问技术(6W技术或5W1H技术)

| | | | |
|---------------------|------------------------|-------|-------------|
| What -完成了什么? | Why 为什么 | 要做? | 有无其它更好的工作? |
| Where -在何处做? | | 在此处做? | 有无其它更合适的地方? |
| When -何时做? | | 在此时做? | 有无其它更合适的时间? |
| Who -由谁做? | | 要此人做? | 有无其它更合适的人? |
| How -如何做? | | 要这样做? | 有无其它更合适的方法? |

技巧3: ECRS四大原则

- **Eliminate——取消**: 取消不必要的工序、操作、动作, 都是不需投资的一种改进, 是改进的最高原则。
- **Combine——合并**: 对于无法取消者看是否能合并以达到简化之目的。
- **Rearrange——重排**: 通过取消、合并后通过重排达到最佳顺序。
- **Simple——简化**: 经过ECR后的必要工作, 可考虑能否采用最简单的方法及设备, 以节省人力、时间及费用。
- 简而言之, 通过提问技术, 首先**取消**不必要的工作(工序、操作、动作); 其次将某些工序(或设备、动作等)**合并**, 减少处理的手续; 再次就是对工作程序进行**重排**或者对工作场地进行重新布置, 以减少搬运的距离或避免重复的工作; 最后可以用最简单的设备、最少的人力、最简单的动作完成工作任务(即**简化**)。

方法研究的要点

在进行工作程序的实际分析时，应该对以上**五个方面**按照**6W提问技术**逐一进行分析，然后采用**ECRS四大原则**进行对这五个方面分别处理，以寻求最经济合理的工作方法。

2.2 程序分析

2.2.1 工艺程序分析

2.2.2 流程程序分析

2.2.3 线路图分析

2.2.4 线图分析

2.2.1 工艺程序分析

- 工艺程序分析是对工作现场的宏观分析，它把整个生产系统作为分析对象。
- 工艺分析的目的在于改善整个生产过程中不合理的工艺内容、工艺方法、工艺程序及作业现场的空间配置，通过严格的考察与分析，设计出最经济合理、最优化的工艺方法、工艺程序和空间配置。
- 进行工艺程序分析采用“工艺程序图”和“流程程序图”。
- 工艺程序图的优点：工艺程序图仅作出程序中的“**操作**”和保证操作效果的“**检验**”两种主要动作，避免了图形的冗长和复杂，可以很方便地体现整个程序的先后次序。

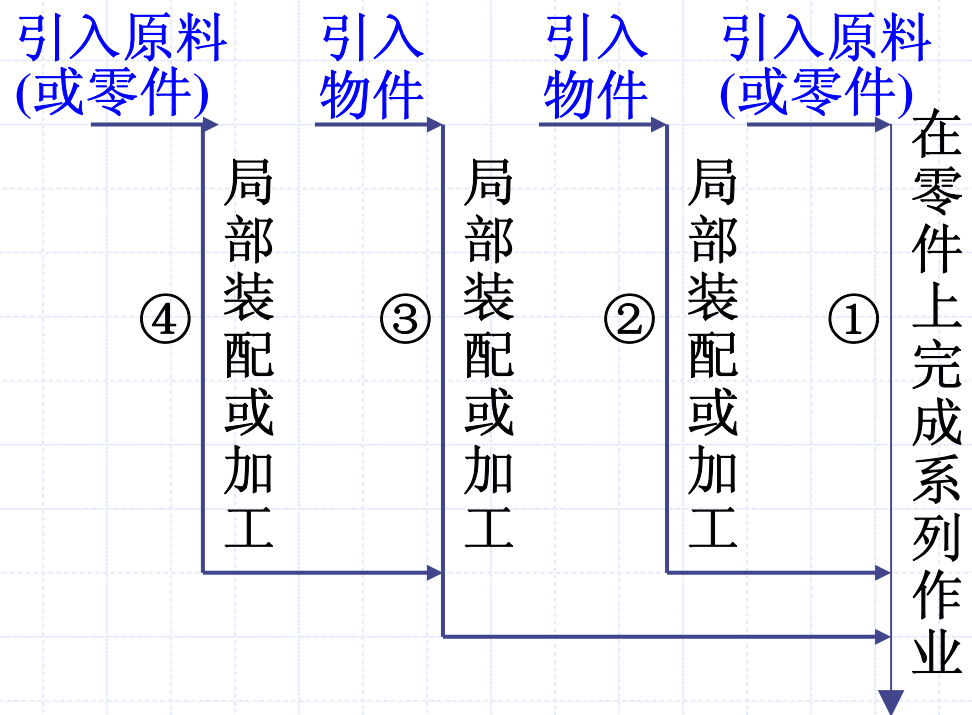
工艺程序图的内容

- 制造程序及工艺布置的大概轮廓；
- 各项操作及检验的内容及生产线上工位的设置情况；
- 原材料的规格和零件的加工要求；
- 所需工具和设备的规格、型号和数量，因而可计算投资数额及生产成本。

工艺程序图的绘制

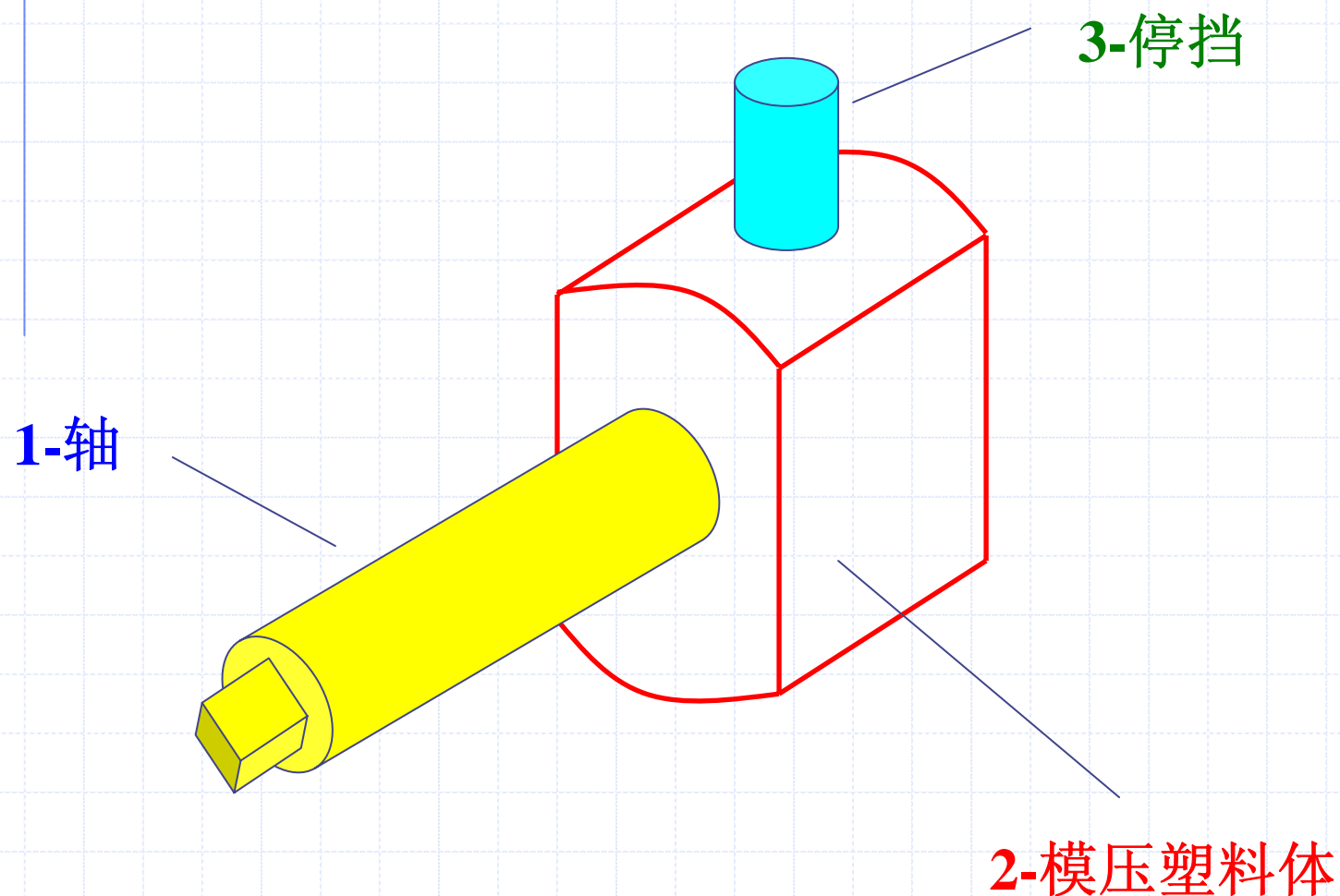
- 在工艺程序图中，工艺程序的顺序以垂线表示，从上往下垂直地表示装配件中主要元件或零部件所进行的操作和检查。各种操作（或检验）符号之间用垂直短线（约6mm）连接。
- 在符号的右边填写操作（或检验）的内容，通常还要标注使用的工具或设备，在符号的左边记录操作时间（以小时为单位计量）。由于检验员是计时工作的，因此检查不需专门规定时间。
- 而以水平线代表物料（或零、部件）的引入，引入线上应填写材料或零件规格、型号。
- 以主要零件作为工艺程序图的主要垂直线。若有多个零件均从右向左，按其要在主要件上的装配顺序，依次排列。
- 按照实际加工、装配的先后顺序，将操作与检验的符号分别编号，从上向下，从右至左，遇有水平线则转入下一个零件连续编号。
- 如果有很多的工作，需要分成几部分去分别处理，此时一个主要程序分成几个分程序，将主要的分程序置于最右边，其余的依照重要性自右向左依次排列。

■ 工艺程序图的绘制原理



工艺程序图的绘制示例

- 现以某开关转子的加工、装配为例绘制其工艺流程图。
- 该开关转子由轴1、模压塑料体2、停挡3组成。



开关转子的加工装配工艺分析

■ 轴：材料为铜棒料，直径10mm

操作1：在转塔车床上车端面、肩面并切断(0.025h)；

操作2：在同一车床上车另一端面(0.010h)，然后将工件送检查处检验；

检查1：检查尺寸和表面粗糙度(不计时间)，然后送铣床；

操作3：在卧式铣床上铣端部的4个平面(0.070h)，然后送钳工台；

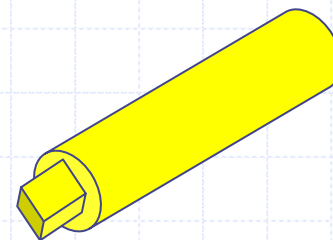
操作4：在钳工台去毛刺(0.020h)。工件送回检查处；

检查2：机械加工的最终检查(不规定时间)。工件送往电镀车间；

操作5：去除油污(0.0015h)；

操作6：镀镉(0.008h)。工件送回检查处；

检查3：最终检查(不规定时间)。



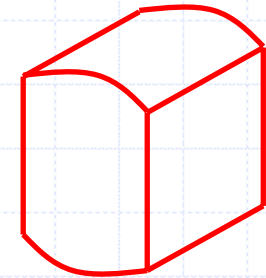
■ 模压塑料体：体上已有纵横相交的2个孔

操作7：在转塔车床上车两边、镗孔并铰至尺寸(0.080h)；

操作8：在双轴台钻上钻横孔(装停挡用)并去毛刺(0.022h)，送检查处；

检查4：检查最终尺寸和表面粗糙度(不计时间)，然后送至零件轴处；

操作9：把压模体装入轴的小端 (0.020h)。



■ 停挡：材料为圆钢，直径5mm

操作10：在转塔车床上车柄部、倒角并切断(0.025h)；

操作11：在砂轮机去除尖头(0.005h)，然后工件送检查处检验；

检查5：检查尺寸和表面粗糙度。然后送电镀车间；

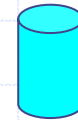
操作12：去除油污(0.0015h)；

操作13：镀镉(0.006h)。工件送回检查处；

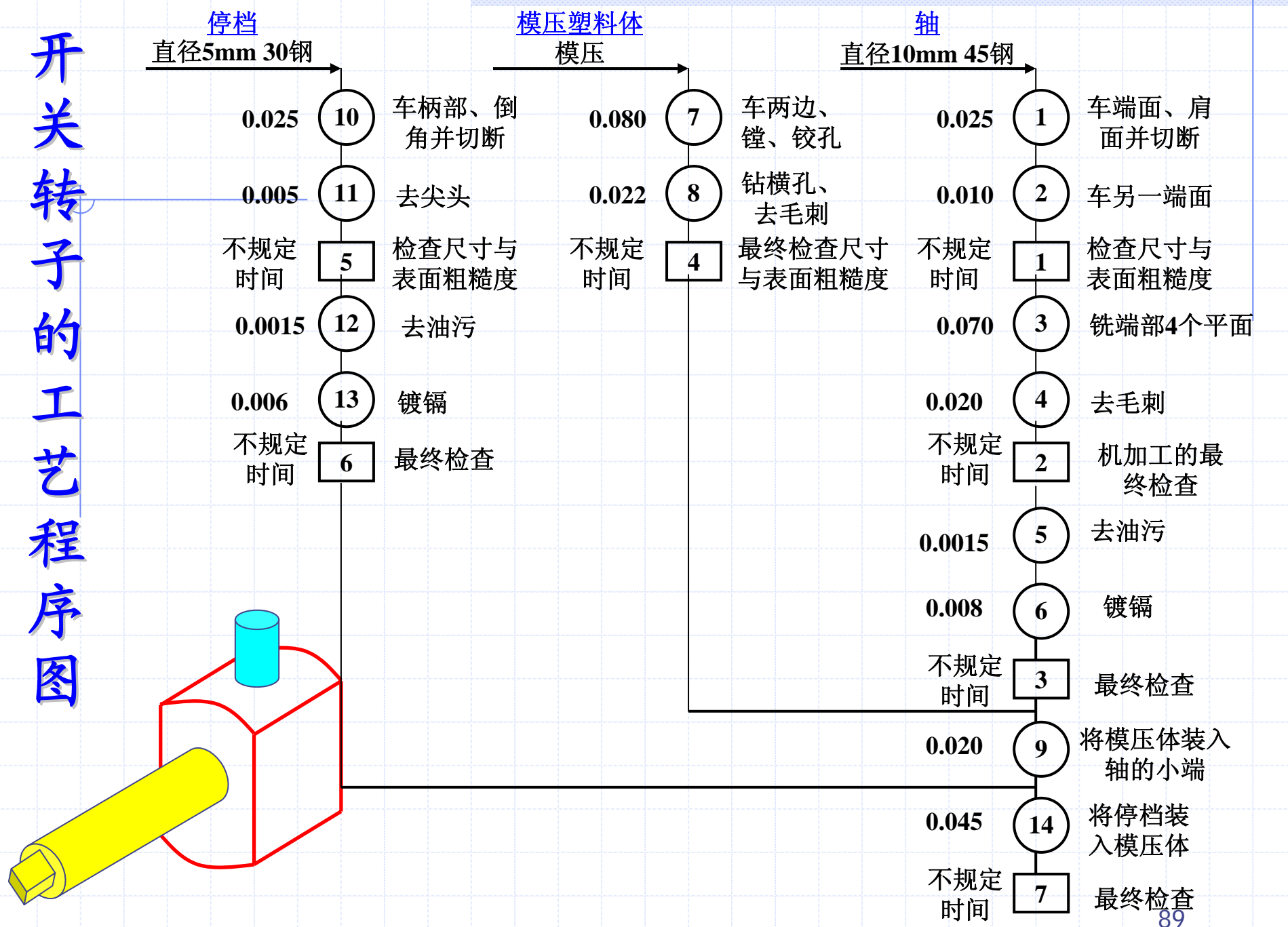
检查6：最终检查(不规定时间)。检查合格后送往成品零件处待装配；

操作14：将停挡装入模压体(装配件)，轻轻铆合使其固定(0.045h)；

检查7：最终检查完工部件(不规定时间)。送往成品零件库。



开关转子的工艺程序图

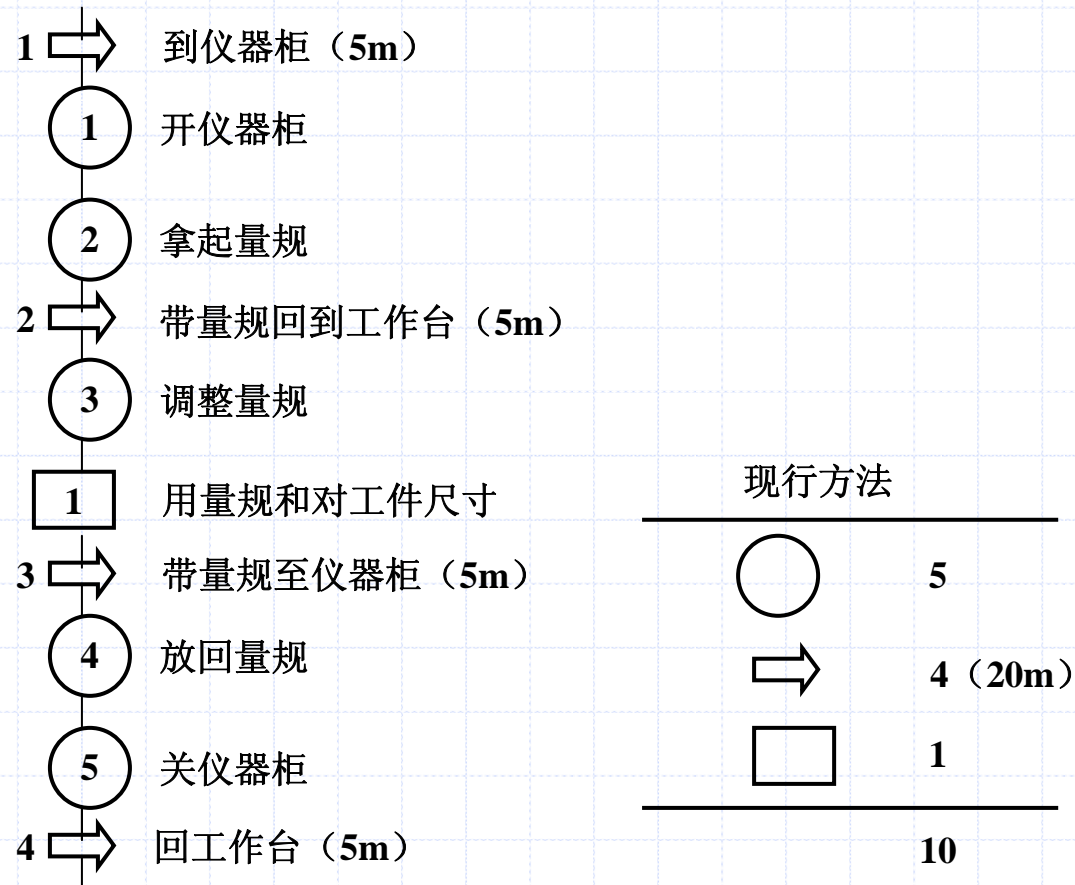


2.2.2 流程程序分析

- 了解工作的概貌需用工艺程序图，而流程程序图则进一步对生产现场的整个制造程序作详细的记录与分析，特别是用于分析其搬运距离，减少暂存、贮存等隐藏成本的浪费。或者说，工艺程序图属于宏观分析，而流程程序图属于微观分析。
- 流程程序图与工艺程序图的构成极为相似，其差别仅为加入了“搬运”、“贮存”、“暂存”三种符号，并在时间之外再加上搬运的距离。
- 流程程序图比工艺程序图详尽而复杂，常对每一主要零件单独作图，进行独立研究。
- 根据研究对象分类：
 - ❖ 材料或产品流程程序图（物料型）：描述生产或搬运过程中，材料或零件被处理的步骤。
 - ❖ 人员流程程序图（人型）：记录操作人员在生产过程中一连串活动。

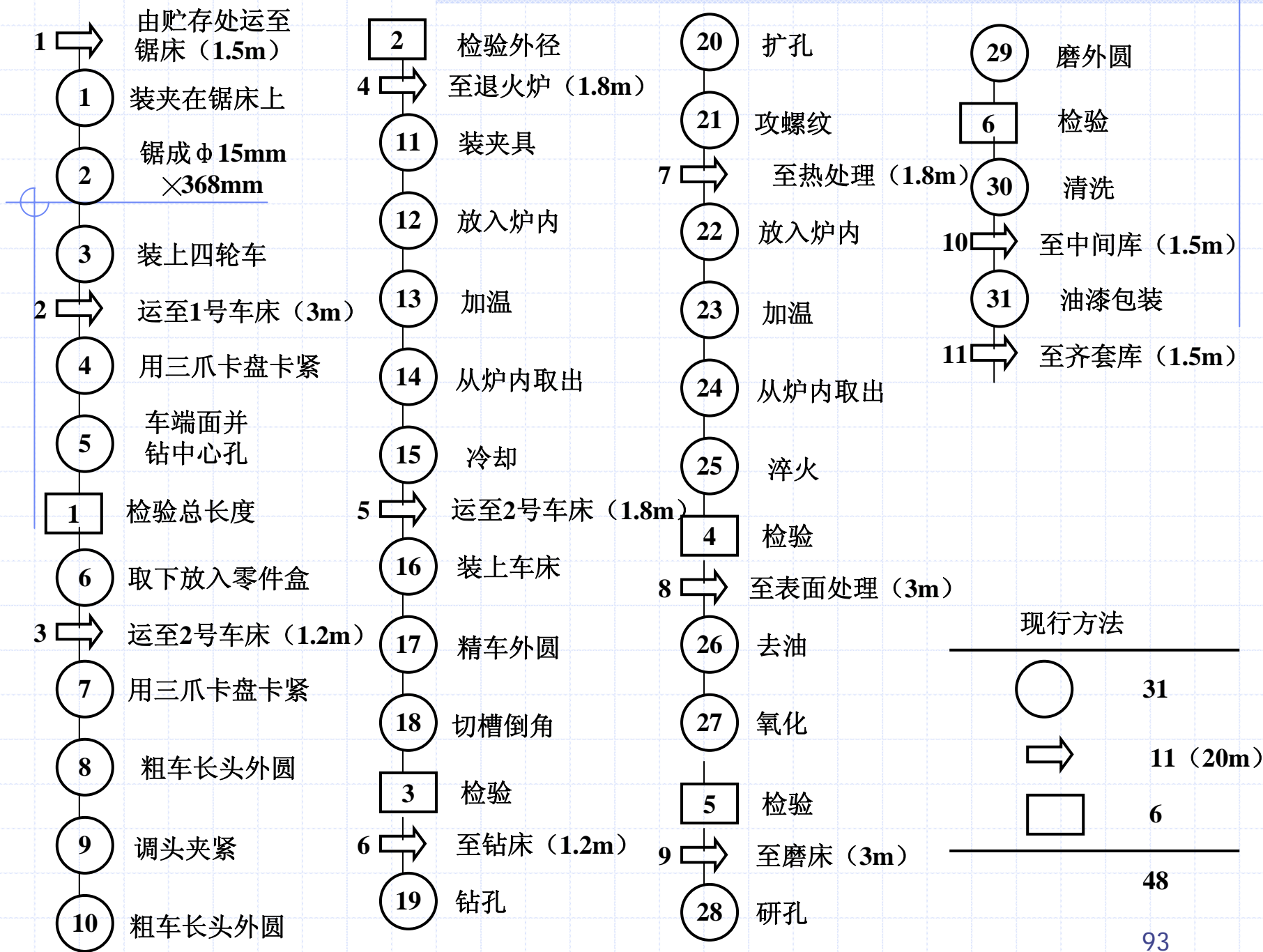
人型流程程序图的绘制示例

- 工作任务：用量规核对工件尺寸。
- 开始：工人坐在工作台旁，工件在工作台上。
- 结束：工人坐在工作台旁，已核对过的工件在工作台上。



物料型流程程序图的绘制示例

- 工作任务：车制长轴。
- 开始：钢棒由储存架至锯床。
- 结束：涂防锈油至齐套库。



- 在实际工作中，一般采用事先设计好的流程程序表。它是将五种符号印在表格中，分析记录时，只需将各项工作按照发生的顺序用直线将符号连接起来。而表头部分标有工作部别、工作名称、现行方法与简易方法及最后统计。

绘制流程程序图表的注意事项

- 图表上记述的内容必须是直接观察所得到的；
- 图表应提供尽可能全面的信息，所有的图表都应具备有关信息的标头部分，包括：
 - ❖ 产品、物料或设备的名称，附上图号或编号；
 - ❖ 所记录的流动程序，应明确说明起点和终点，以及该方法是现行方法还是建议方法；
 - ❖ 进行操作的地点（部门、工厂、工地等）；
 - ❖ 图表查阅好、总页数、页号；
 - ❖ 记录者、审定人的姓名、记录日期等；
 - ❖ 距离、时间的总计、人工成本、材料成本，以便对新旧方法进行比较。

[illegible]

95

案例1： 流程程序图分析

■ 某仓库领、发料工作的流程分析及改进（流程程序图）

某工厂新上任仓库主任发现每日上班后领料人甚为拥挤，且等待时间较长。由于此仓库每日要供应全厂六个车间的物料，领料发生延迟必将影响全厂的工作。而且该仓库发料员常发生锯伤手指的情况。与仓库人员商量后，主任决定选择仓库的发料工作为改进对象。

■ 分析步骤：

选择对象→记录→分析→建立新方法→实施。

(1) 选择对象

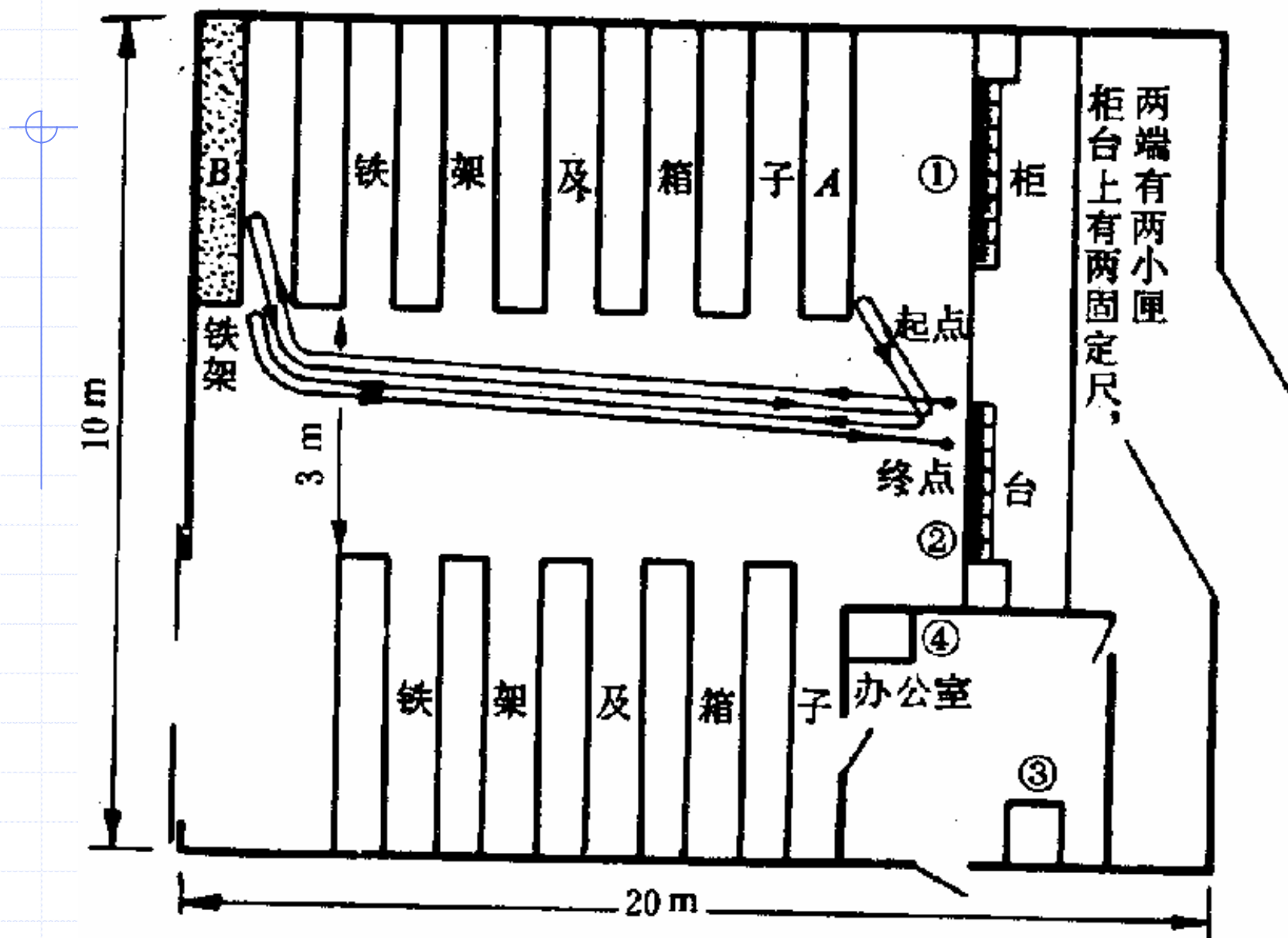
- 以仓库发料作为研究对象

(2) 记录

- 仓库的平面布置。该仓库为一层平房，起平面布置如图1所示。

①、②表示发料员，③是仓库管理员，④是仓库主任
A处放锯切用的手锯，B处为堆放钢管、铁管及橡皮管等物料的铁架

图1: 仓库的平面布置图



■ 实际发料情况。以发1.2m橡皮管为例，发料情况为：

- 1) 工作开始为发料员②审阅领料单；
- 2) 发料员②由中间过道走到铁架B处（约15m），选取比所需长度稍长的橡皮管，拿回柜台；
- 3) 放在柜台固定尺上量取所需长度，以大拇指按住锯切点；
- 4) 用手握住橡皮管走至距2m远的A处，拿到锯子后再返回到柜台上；
- 5) 在柜台上锯切所需长度的橡皮管。锯时以手指按住锯切点（有锯伤手指的危险），锯毕便将锯子放在柜台上；
- 6) 将橡皮管在固定尺上校对长度后交给领料人；
- 7) 在领料单上签字，再将领料单放入小匣内；
- 8) 将锯下之余料送回仓库后面的铁架B上。

图2:仓库发料流程序图 (原方法)

| 现 行 方 法 | | | | | | | | | | 改 良 方 法 | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|---------------|-----------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|---------------|-----------------|--|--|
| 步 骤 | 情 况 | | | | | 工作说明 | 距 离 (m) | 需 时 (min) | 改善要点 | | | | 步 骤 | 情 况 | | | | | 工作说明 | 距 离 (m) | 需 时 (min) | | |
| | 操 作 | 运 送 | 检 验 | 等 待 | 贮 存 | | | | 剔 除 | 合 并 | 排 列 | 简 化 | | 操 作 | 运 送 | 检 验 | 等 待 | 贮 存 | | | | | |
| 1 | ○ | → | ■ | D | ▽ | 审阅领料单 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 2 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 至铁架处 | 15 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 3 | ● | → | ■ | D | ▽ | 选取比需要稍长的 橡皮管(必须要稍长) | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 4 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 回柜台 | 15 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 5 | ● | → | ■ | D | ▽ | 量取尺寸指往锯切点 (用大拇指指出锯切点) | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 6 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 带橡皮管至铁架 A 处 | 2 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 7 | ● | → | □ | D | ▽ | 从箱内取弓锯 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 8 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 带橡皮管及弓锯回柜 台处 | 2 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 9 | ● | → | □ | D | ▽ | 锯切需要长度(手指 有受伤危险, 锯不平) | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 10 | ● | → | □ | D | ▽ | 放锯于柜台上(因此, 下次常找不到锯子) | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 11 | ○ | → | ■ | D | ▽ | 再量试尺寸 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 12 | ● | → | □ | D | ▽ | 发给领料人 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 13 | ● | → | □ | D | ▽ | 在领料单上签字 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 14 | ● | → | □ | D | ▽ | 放领料单于匣中 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 15 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 带余料至铁架上 | 15 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 16 | ● | → | □ | D | ▽ | 放余料在铁架上 | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |
| 17 | ○ | ● | □ | D | ▽ | 回柜台 | 15 | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | | | | |

(3) 分析

- 严格分析所记录的全部事实。采用提问技术对所记录的全部事实逐项提问。
- 对步骤3的“**操作**”进行提问：
 - ❖ 问：完成了什么？是否必要？ (**What**)
 - ❖ 答：选取比需要稍长的橡皮管。该操作为保证需要所必须。
 - ❖ 问：为什么？
 - ❖ 答：怕在柜台上量时不够长，故必须选择稍长的橡皮管。
 - ❖ 问：有无其它更好的办法？
 - ❖ 答：可能有，假如能够储存各种不同长度的管子。
 - ❖ 问：何处做？（即在什么地方锯） (**Where**)
 - ❖ 答：在柜台上。

- ❖ 问：为何在此处（柜台）上锯？
- ❖ 答：因为锯子在附近，柜台上固定有尺，柜台平面可作锯切台用。
- ❖ 问：有无其它更合适之处？
- ❖ 答：如能在存放管子的铁架处锯，则可以节省来回的行走。
- ❖ 问：何时做？（什么时候锯的）（When）
- ❖ 答：在整个发料工作进行一半时锯，即大约走了35m之后。
- ❖ 问：为何要此时锯？
- ❖ 答：因为要走到后面铁架取橡皮管及A处取锯子，然后才能放到柜台上锯。
- ❖ 问：有无其它更合适的时间锯？
- ❖ 答：似可在最初于铁架处取管子时锯，或事先锯好最常用的各种尺寸的管子。

- ❖ 问：由谁做？（由什么人来锯）（Who）
- ❖ 答：由发料员锯。
- ❖ 问：为何要发料员锯？
- ❖ 答：仓库没有其他人。
- ❖ 问：有无其他更合适的人锯？
- ❖ 答：如果由具有锯切经验的专人来锯可能更好。
- ❖ 问：如何做？（他是如何锯的）（How）
- ❖ 答：用左手握住管子，以大拇指按住锯切的地方作为锯切点。
- ❖ 问：为何要如此锯？
- ❖ 答：因为在锯切的过程中，并无其它专用夹具。
- ❖ 问：有无其它更合适的办法？
- ❖ 答：如果使用一个简单的夹具夹住管子，则既可保持平整的锯缝，又不锯伤手指。

■ 对步骤5的“**检验**”进行提问：

❖ 问：完成了什么？是否必要？ **(What)**

❖ 答：找出了锯切点，并用拇指按住。有必要。

❖ 问：为什么？

❖ 答：因为这样可以保证锯出所需的长度。

❖ 问：有无其它更好的办法？

❖ 答：如果仓库存储有所需长度的管子则可取消此动作。

❖ 问：何处做？ **(Where)**

❖ 答：在柜台上做。

❖ 问：为何要在此处做？

❖ 答：因为尺固定在柜台的边缘。

❖ 问：有无其它更合适的地方？

❖ 答：有，在最后面的铁架B处。

❖问：何时做？（When）

❖答：在柜台与铁架间行走约35m后，在A出锯前做。

❖问：为什么要在那时候？

❖答：因为尺子在柜台上，所以必须将管子携至柜台处后才可做。

❖问：有无其它更合适的时候做？

❖答：有。如果在选择管子时做则不需将管子带到柜台前。

❖问：由谁做？（Who）

❖答：发料员。

❖问：为什么需此人做？

❖答：因为他的工作就是发料。

❖问：有无其他更合适的人。

❖答：如果找到有锯切经验的专人做则更好。

❖问：如何做？（How）

❖答：将管子平放在尺上，使其一端位于尺的起点，再移动左手到达所需要的尺寸时以大拇指按住锯切点。

❖问：为什么要这样做？

❖答：一向如此。

❖问：有无更合适的办法？

❖答：如果有一台设备，能夹住橡皮管，并能调整和找出锯切点，又不会锯伤手指为最好。

❖.....

根据提问，归纳、整理出3种改进意见

| 改进意见 | 采取措施 | 评价 |
|-------------|---|--|
| 1.在该仓库不需要锯切 | <ol style="list-style-type: none"> 1) 储存一定长度的管子； 2) 由专门的锯工来锯。 | 对于措施1，如果产品固定则容易做到，否则很难；对于措施2，增加人员似无必要。 |
| 2.减少锯切 | <ol style="list-style-type: none"> 1) 管子入库时即锯成各种常用尺寸； 2) 比需要长2寸以内的管子不再锯切； 3) 收料入库时即在管子上注明其尺寸。 | 将改进意见2和3合并考虑。可在铁架B处适当高度的地方刻上尺寸刻度，以10cm为单位，这样发料员发料时便可方便地在选择时量取长度。但在铁架处锯需要增加锯切工作台。 |
| 3.采取安全简易的锯切 | <ol style="list-style-type: none"> 1) 在铁架B处，选择与锯切同时进行，不用来回走动； 2) 使用可以夹持管子、又可安全控制锯切的设备； 3) 在铁架B处量长度，与管子的选择合并。 | |

(4) 建立新方法

■ 新方案的流程如下：

- 1) 发料员首先审阅领料单；
- 2) 根据领料单要求(1.2m橡皮管)，走到最后面的铁架B处取出一根橡皮管，在铁架的刻度上一比就很容易取得所需长度；
- 3) 在锯切架B处安全而容易地完成锯切工作(锯子就在锯切架旁)；
- 4) 锯完后，将余料顺手放回铁架上，并将锯子挂到钩子上；
- 5) 携带锯好的管子返回柜台；
- 6) 办理发料及领料单手续。

■ 改进后的仓库平面布置图

图3: 改进后的仓库平面布置图

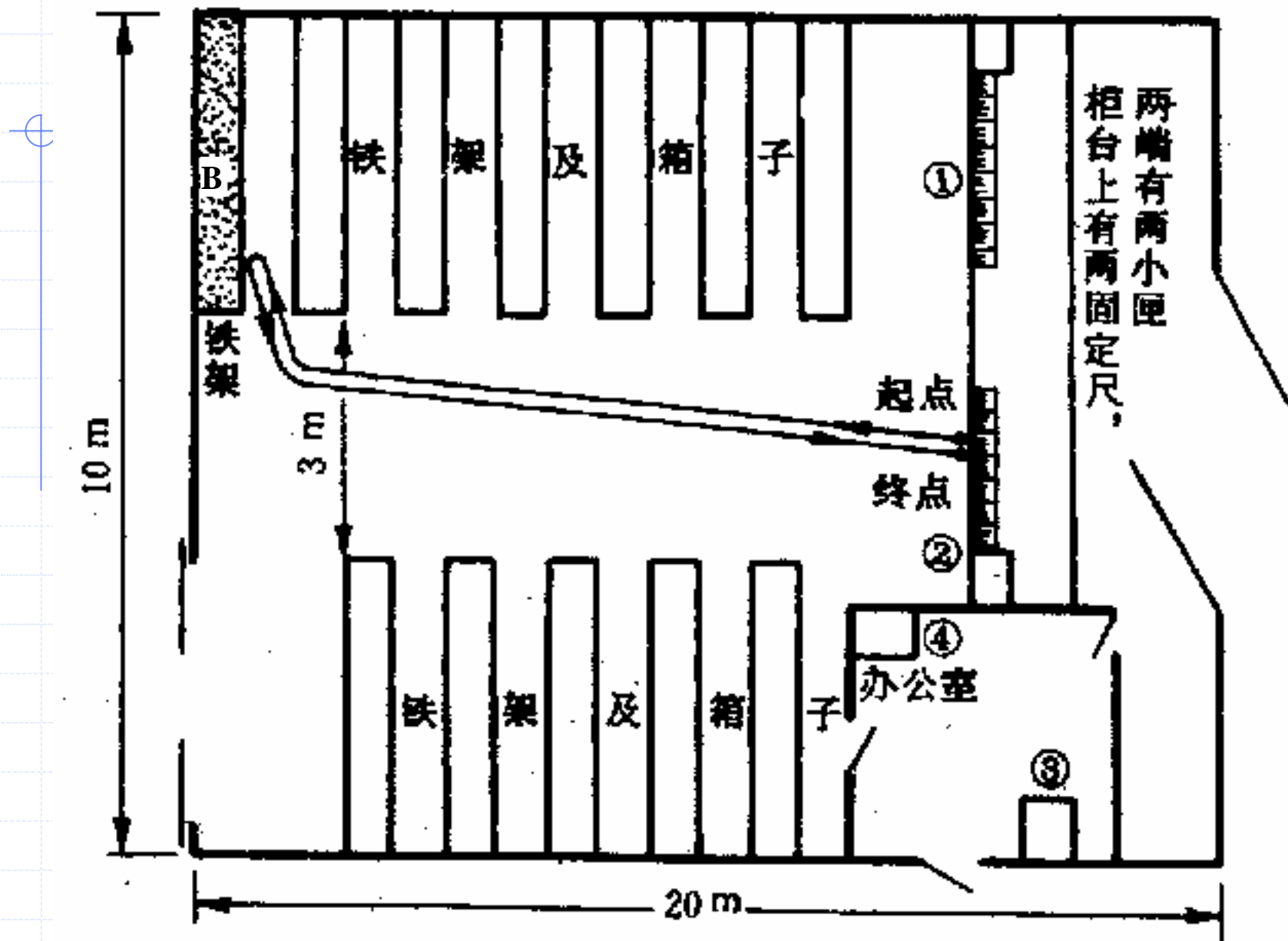


图2:仓库发料流程序图 (改进方法)

| 现 行 方 法 | | | | | | | | | | 改 良 方 法 | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|----|----|----|----|---------------------------|-----------|-------------|------|---------|----|----|--------|-----|----|----|----|----|------------------|-----------|-------------|
| 步 骤 | 情 况 | | | | | 工作说明 | 距离 (m) | 需时 (min) | 改善要点 | | | | 步 骤 | 情 况 | | | | | 工作说明 | 距离 (m) | 需时 (min) |
| | 操作 | 运送 | 检验 | 等待 | 贮存 | | | | 剔除 | 合并 | 排列 | 简化 | | 操作 | 运送 | 检验 | 等待 | 贮存 | | | |
| 1 | ○ | → | ■ | D | ▽ | 审阅领料单 | | | | | | | 1 | ○ | → | ■ | D | ▽ | 审阅领料单 | | |
| 2 | ○ | → | □ | D | ▽ | 至铁架处 | 15 | | | | | | 2 | ○ | → | □ | D | ▽ | 至铁架处 | 15 | |
| 3 | ● | → | ■ | D | ▽ | 选取比需要稍长的橡皮管 (必须稍长) | | | | | | ✓ | 3 | ● | → | ■ | D | ▽ | 取合适长度管子 放锯铁架上 | | |
| 4 | ○ | → | □ | D | ▽ | 回柜台 | 15 | | | | | | 4 | ● | → | □ | D | ▽ | 自钩上取锯 | | |
| 5 | ● | → | ■ | D | ▽ | 量取尺寸指往锯切点 用大拇指指出锯切点 | | | | | ✓ | | 5 | ● | → | □ | D | ▽ | 锯切需要长度 | | |
| 6 | ○ | → | □ | D | ▽ | 带橡皮管至铁架 A 处 | 2 | | ✓ | | | | 6 | ● | → | □ | D | ▽ | 余料放回铁架 锯挂钩上 | | |
| 7 | ● | → | □ | D | ▽ | 从箱内取弓锯 | | | | | | ✓ | 7 | ○ | → | □ | D | ▽ | 带管至柜台 | 15 | |
| 8 | ○ | → | □ | D | ▽ | 带橡皮管及弓锯回 柜台处 | 2 | | ✓ | | | | 8 | ● | → | □ | D | ▽ | 发给领料人 | | |
| 9 | ● | → | □ | D | ▽ | 锯切需要长度 (手指 有受伤危险, 锯不平) | | | | ✓ | | | 9 | ● | → | □ | D | ▽ | 在领料单上签字 | | |
| 10 | ● | → | □ | D | ▽ | 放锯于柜台上 (因此, 常下次找不到锯子) | | | ✓ | | | | 10 | ● | → | □ | D | ▽ | 放领料单于匣 中 | | |
| 11 | ○ | → | ■ | D | ▽ | 再量试尺寸 | | | ✓ | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 12 | ● | → | □ | D | ▽ | 发给领料人 | | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 13 | ● | → | □ | D | ▽ | 在领料单上签字 | | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 14 | ● | → | □ | D | ▽ | 放领料单于匣中 | | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 15 | ○ | → | □ | D | ▽ | 带余料至铁架上 | 15 | | ✓ | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 16 | ● | → | □ | D | ▽ | 放余料在铁架上 | | | | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |
| 17 | ○ | → | □ | D | ▽ | 回柜台 | 15 | | ✓ | | | | | ○ | → | □ | D | ▽ | | | |

两种发料方法的对比（改进前和改进后）

- 新方案比老方案节省了2个操作、4次运送、2次检验，路程缩短34米。
- 新方案解决了领料人在柜台处的拥挤及等待，提高了管子的锯切质量，且操作更安全。有利于提高全厂的生产效率。

| 项 别 | 原方法 | 改进方法 | 节省 |
|-----------|-----|------|----|
| 操作次数 | 9 | 7 | 2 |
| 运送次数 | 6 | 2 | 4 |
| 检验次数 | 4 | 2 | 2 |
| 等待次数 | | | |
| 贮存次数 | | | |
| 运输距离（m） | 64 | 30 | 34 |
| 共需时间（min） | | | |

(5) 实施

■提案人：**XXX** 工作部门：**XXXX**

■内容：**XX**仓库领、发料工作的流程分析及改进

■改良方案的效益：

❖间接效益：解决了领料人在柜台处的拥挤及等待，提高了管子的锯切质量，且操作更安全。有利于提高全厂的生产效率。

❖直接效益：平均每人每次节省**3min**等待时间，按每天平均**600**人次计算，共节省**1800min(30h)**，相当于每天节省了**3~4**人的工作量。节省工人锯伤的医疗费及工资损失。

■所需设备及措施：

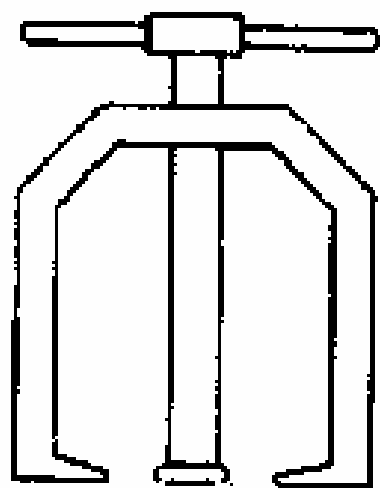
❖在铁架的适当高度处做各种长度标记，以**10cm**为单位；

❖在铁架上添置一个**2m**长的台架，作为锯切的工作台；

❖添置锯切架及活动夹。

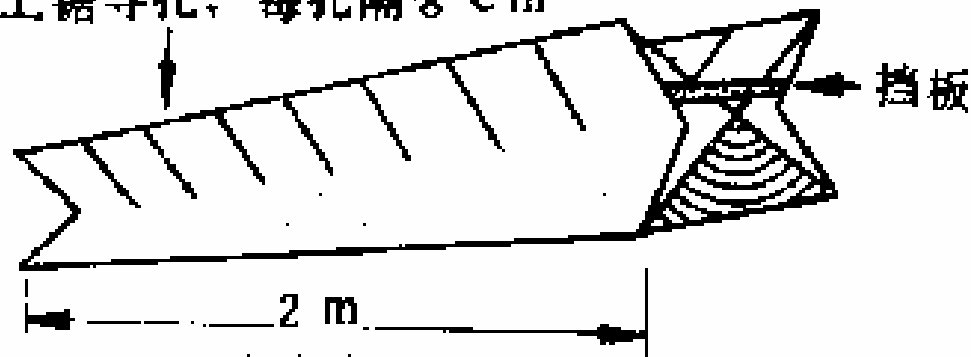
■新设备的成本：

台架**200**元，锯切架及活动夹**150**元，共**350**元。



活动夹

用两角铁焊接而成，并装在一
硬木上锯导孔，每孔隔 8 c m



锯切架

锯切的设备（活动夹与锯切架）

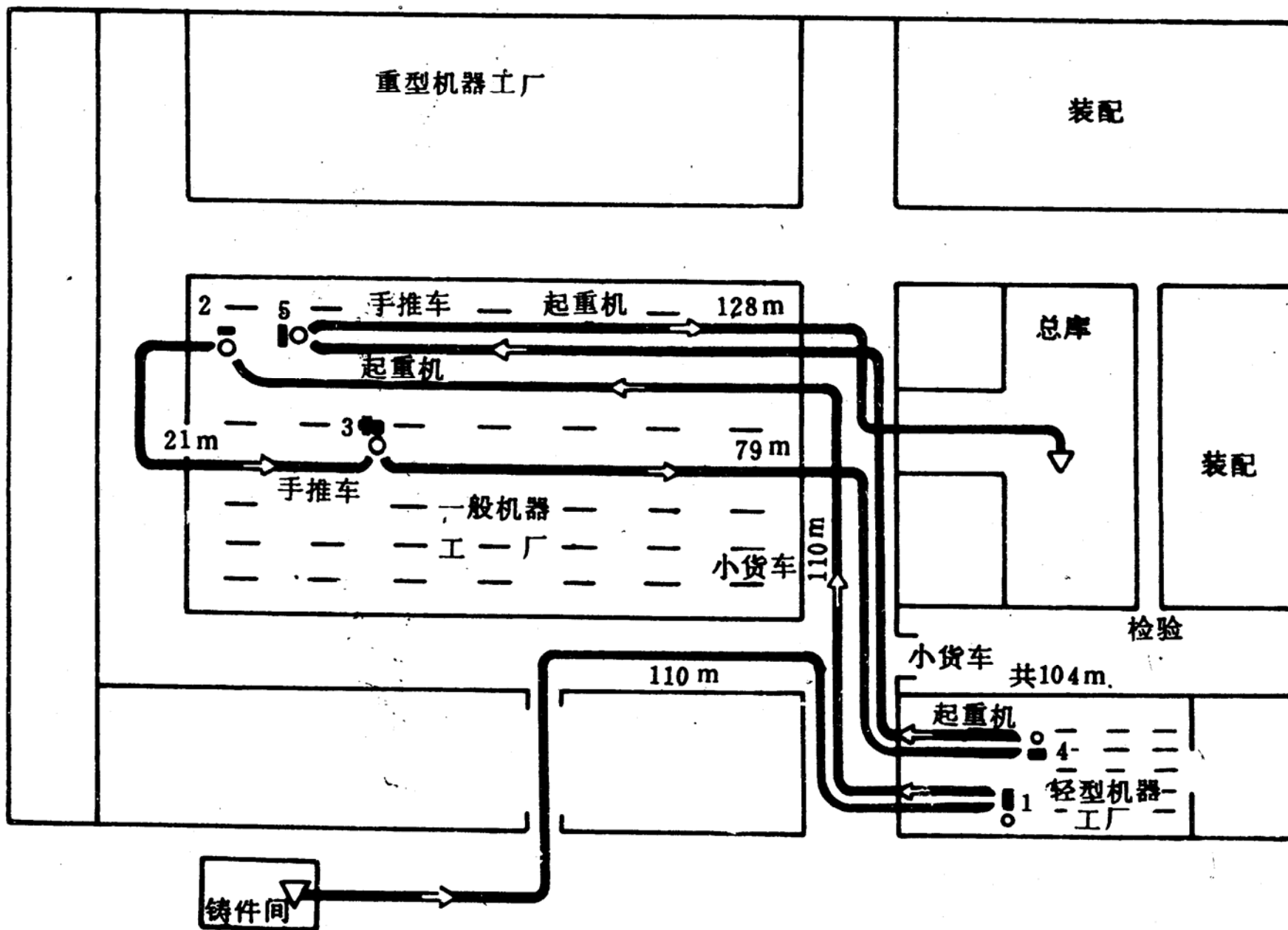
2.2.3 线路图分析

- 线路图是以作业现场为对象，对现场布置及物料（包括零件、产品、设备）和作业者的实际流通路线进行分析。
- 线路图常与流程程序图配合使用，以达到改进现场布置和移动路线、缩短搬运距离的目的。
- 线路图按比例缩尺绘制工厂简图或车间平面布置图，将机器、工作台等相互位置一一绘制于图上，并将流程程序图上所有的动作以线条或符号表示。特别是材料与人员的流通路线，要按照流程程序记录的次序和方向用直线或虚线表示，各项动作发生的位置则用符号及数字表示。流通方向一般以箭头表示。
- 线路图主要用于“搬运”或“移动”路线分析。

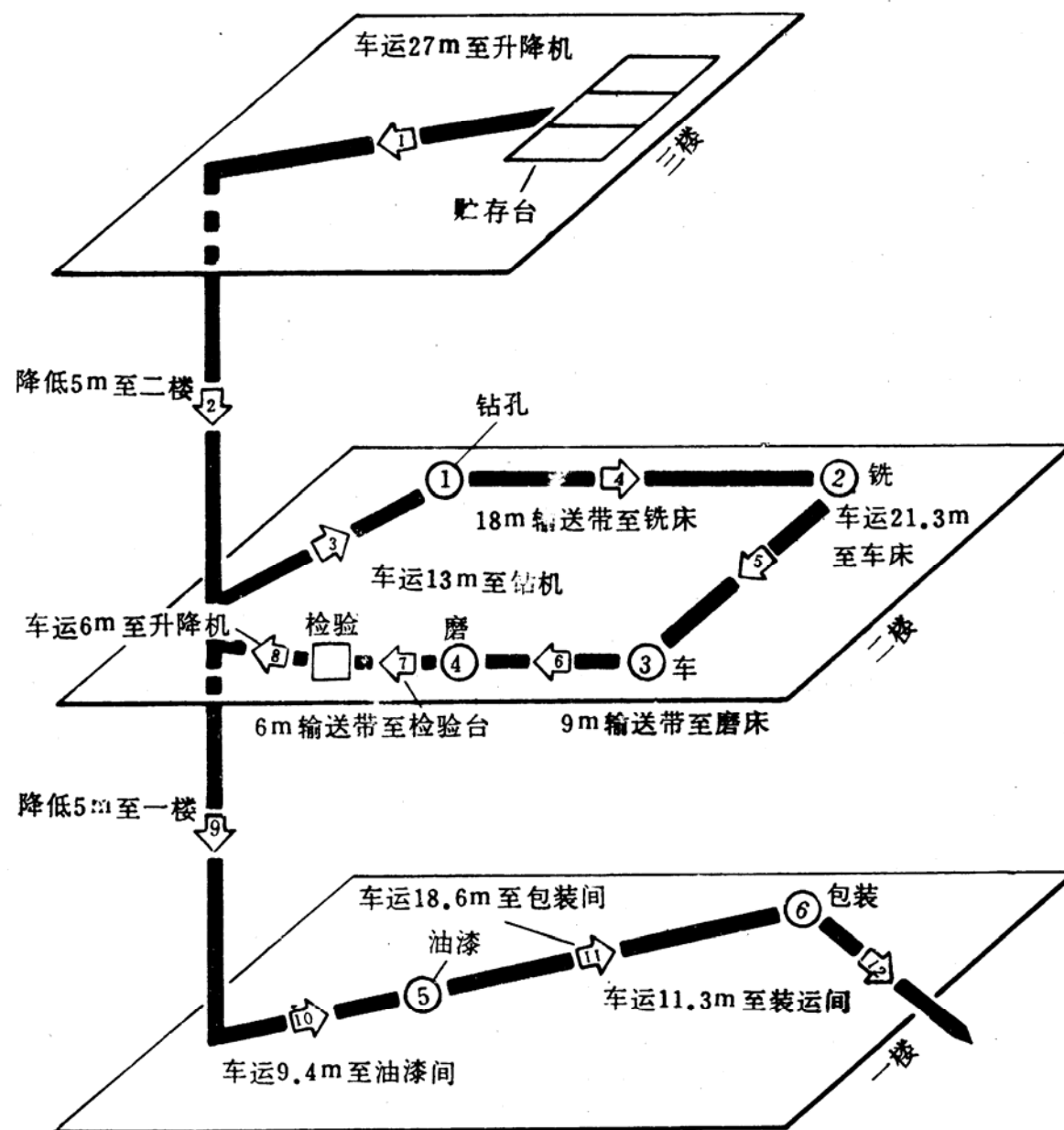
线路图的绘制要求

- 在同一图面表示加工、装配等程序时，所有在制品的流程均应画出。如在制品种类甚多，可分别采用实线、虚线、点划线以及不同颜色表示，而其移动方向则以短箭头重叠于各线上。
- 许多流程由同一路径通过时，将流程数及其重量表示在线上，并用不同颜色的丝线表示不同的流程。
- 表示搬运的方法亦可用各类不同的线及不同颜色表示。
- 线与线的交叉处，应以半圆形线以示避开。
- 流程遇有立体流程时，则宜用三维空间图表示。

加工线路图示例（平面）



加工线路图示例（立体）



三种程序图的对比

| | 工艺程序图 | 流程程序图 | 线路图 | 其他 |
|------|--------------|------------------|------------------|----|
| 研究对象 | 整个生产系统（宏观分析） | 整个生产系统（材料、产品、人员） | 作业现场（现场布置、物料、人员） | |
| 符号 | 操作、检验 | 操作、检验、搬运、暂存、贮存 | 操作、检验、搬运、暂存、贮存 | |
| 图形维度 | 平面图 | 平面图 | 平面图或立体图 | |

2.3 操作分析

2.3.1 概述

2.3.2 人机操作分析

2.3.3 联合操作分析

2.3.4 双手操作分析

2.3.1 概述

■ 定义

通过对**以人为主的工序**的详细研究，使操作者、操作对象和操作工具三者科学地组合、合理地布置与安排，达到工序结构合理、减轻劳动强度和作业的工时消耗，以提高产品质量和产量为目的而进行的分析。

■ 分类

根据不同的调查目的，操作分析可分为**人机操作分析**（含闲余能量分析）、**联合操作分析**和**双手操作分析**三种基本类型。

2.3.2 人机操作分析

■ 人机操作分析的目的：

在机器的工作过程中，为调查了解在操作周期内机器操作与工人操作的相互关系，以充分利用机器与工人的能量以及平衡操作。通过人机操作分析，可将工人操作的手动时间和机器的机动时间清楚地表达出来，并对闲余时间进行分析、改进与利用，从而达到提高生产率、降低成本的目的。

■ 人机操作图的绘制

- ❖ 以适当的线段长短代表时间比例（如1cm代表10min）；
- ❖ 在纸上以适当的间隔分开人与机，作出垂线。左侧为工人操作时的动作单元及垂线，并在此垂线上按所取的时间比例由上向下记录工人每一动作单元所需时间；右侧为机器的运作。当机器动作时用实线表示，空闲时用虚线表示。
- ❖ 待人与机器的操作时间均已记录之后，在此图下端将工人与机器的操作时间、空闲时间及每周工时数等予以统计，供分析时参考。

人机操作图示例

- 工作任务
零件铣沟槽
- 开始动作
装夹零件待铣
- 动作结束
卸下加工件

| 作业名称: <u>在零件上铣沟槽</u> 编号: _____ 图号: _____ 日期: _____ 开始动作: <u>装夹零件待铣</u> 动作结束: <u>卸下加工件</u> 研究者: _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|-------------------|---|-----|---|--|--|-------|---|--|---|-------|---|--|
| 动作单元 | 操作者 | 1" 机床 (No5 铣床) | 2" 机床 (No6 铣床) | | | | | | | | | | | | |
| 按停 1" 机床 | 0.0004 | 停 | 铣 | | | | | | | | | | | | |
| 将 1" 机床台面空退 12 cm | 0.0010 | | 沟 | | | | | | | | | | | | |
| 松夹具, 卸下零件放在一边 | 0.0010 | 机 | 槽 | | | | | | | | | | | | |
| 捡起零件放 1" 机床台面上夹紧 | 0.0018 | 被 | 空 | | | | | | | | | | | | |
| 开动 1" 机床 | 0.0004 | 操 | | | | | | | | | | | | | |
| 铣床空进, 调整进给 | 0.0010 | 作 | | | | | | | | | | | | | |
| 走到 2" 机床 | 0.0011 | 铣 | 闲 | | | | | | | | | | | | |
| 按停 2" 机床 | 0.0004 | 沟 | 停 | | | | | | | | | | | | |
| 将 2" 机床台面空退 12 cm | 0.0010 | | | | | | | | | | | | | | |
| 松夹具, 卸下放在一边 | 0.0010 | 槽 | 机 | | | | | | | | | | | | |
| 将零件捡起, 放 2" 机床台面上夹紧 | 0.0018 | 空 | 被 | | | | | | | | | | | | |
| 开动 2" 机床 | 0.0004 | | 操 | | | | | | | | | | | | |
| 铣床空进, 调整进给 | 0.0010 | | 作 | | | | | | | | | | | | |
| 走到 1" 机床前 | 0.0011 | 闲 | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>统</td><td>操作者</td><td colspan="2">每周期空闲时间: 0.0000; 操作时间: 0.0134; 每周期工时数: 0.0134</td></tr> <tr> <td></td><td>1" 机床</td><td colspan="2">每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134</td></tr> <tr> <td>计</td><td>2" 机床</td><td colspan="2">每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134</td></tr> </table> | | | | 统 | 操作者 | 每周期空闲时间: 0.0000; 操作时间: 0.0134; 每周期工时数: 0.0134 | | | 1" 机床 | 每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134 | | 计 | 2" 机床 | 每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134 | |
| 统 | 操作者 | 每周期空闲时间: 0.0000; 操作时间: 0.0134; 每周期工时数: 0.0134 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1" 机床 | 每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134 | | | | | | | | | | | | | |
| 计 | 2" 机床 | 每周期空闲时间: 0.0038; 生产时间: 0.0096; 周期时间: 0.0134 | | | | | | | | | | | | | |

案例2：人机操作程序图分析

- 在立式铣床上精铣铸铁件平面的操作分析及改进（人机操作程序图）
- 基本操作流程：准备—装夹—加工—卸夹—移开
 - 1) 准备工作：用压缩空气清洗机器；取新铸件，去毛刺等。
 - 2) 装上工件：将铸件装入夹具（开动机器）。
 - 3) 机器加工：机器精铣铸件平面。
 - 4) 卸下工件：松开夹具，移开铣成件。
 - 5) 移开工件：用压缩空气清洗铣成件；用模板测量铣削深度；将铣成件放入箱内。

一般方法:

| 时间 | 时间单位 | 人 | 机器 | 时间单位 |
|----|------|------|-------|------|
| 0 | | | | |
| 1 | 2 | 准备工作 | 空闲 | 2 |
| 2 | | | | |
| 3 | 1 | 装上工件 | 被装上工件 | 1 |
| 4 | | | | |
| 5 | 4 | 空闲 | 加工 | 4 |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | 1 | 卸下工件 | 被卸下工件 | 1 |
| 9 | 2 | 移开工件 | 空闲 | 2 |
| 10 | | | | |

总周期时间 = 10个时间单位

人的利用率 = $6/10 = 60\%$

机器的利用率 = $6/10 = 60\%$

改良方法一：

| 时间 | 时间单位 | 人 | 机器 | 时间单位 |
|----|------|------|-------|------|
| 0 | 1 | 装上工件 | 被装上工件 | 1 |
| 1 | 2 | 准备工作 | 加工 | 4 |
| 2 | 2 | 空闲 | | |
| 3 | | | | |
| 4 | 1 | 卸下工件 | 被卸下工件 | 1 |
| 5 | 2 | 移开工件 | 空闲 | 2 |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |

总周期时间 = 8个时间单位

人的利用率 = $6/8 = 75\%$

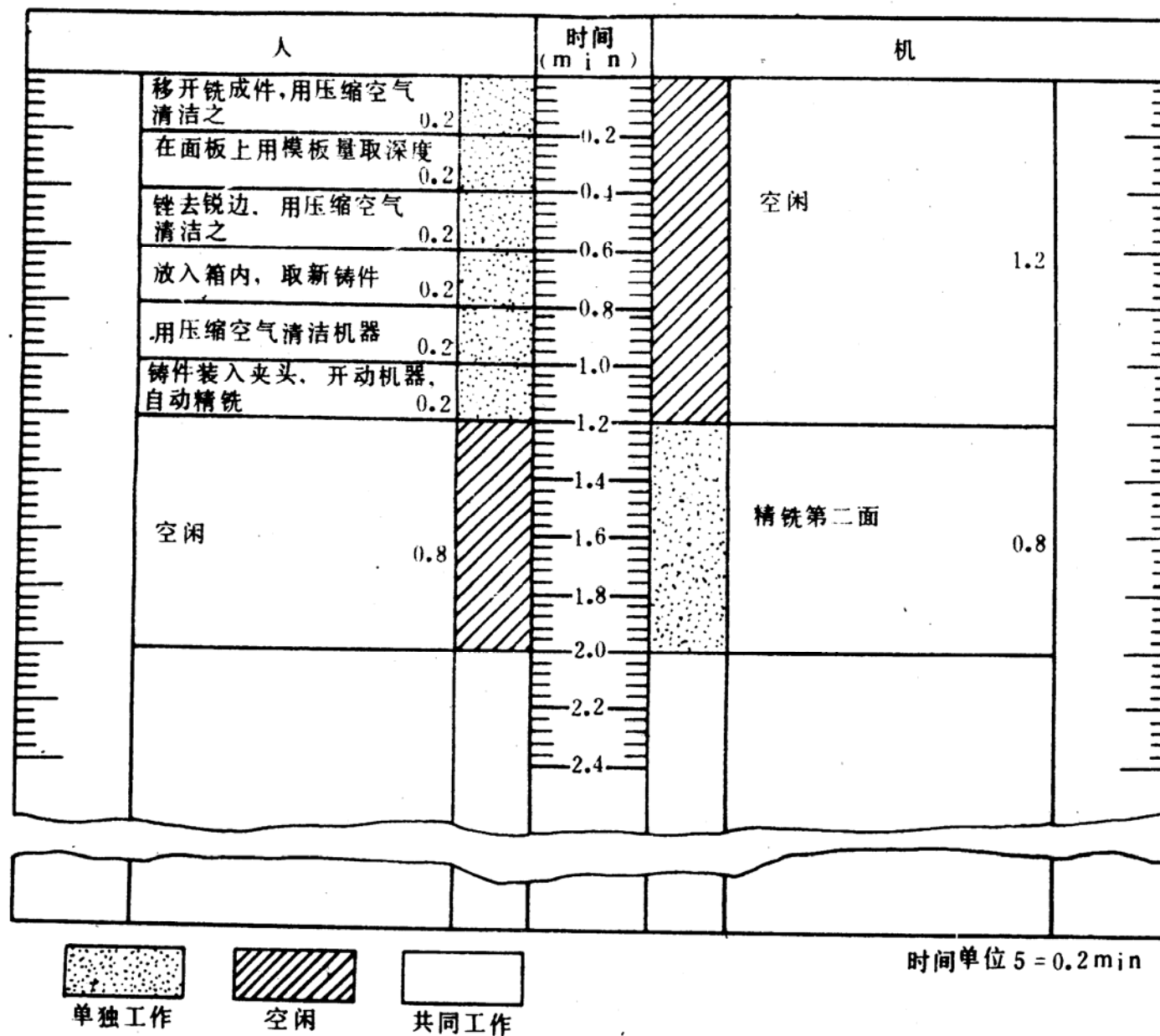
机器的利用率 = $6/8 = 75\%$

改良方法二（理想情况）：

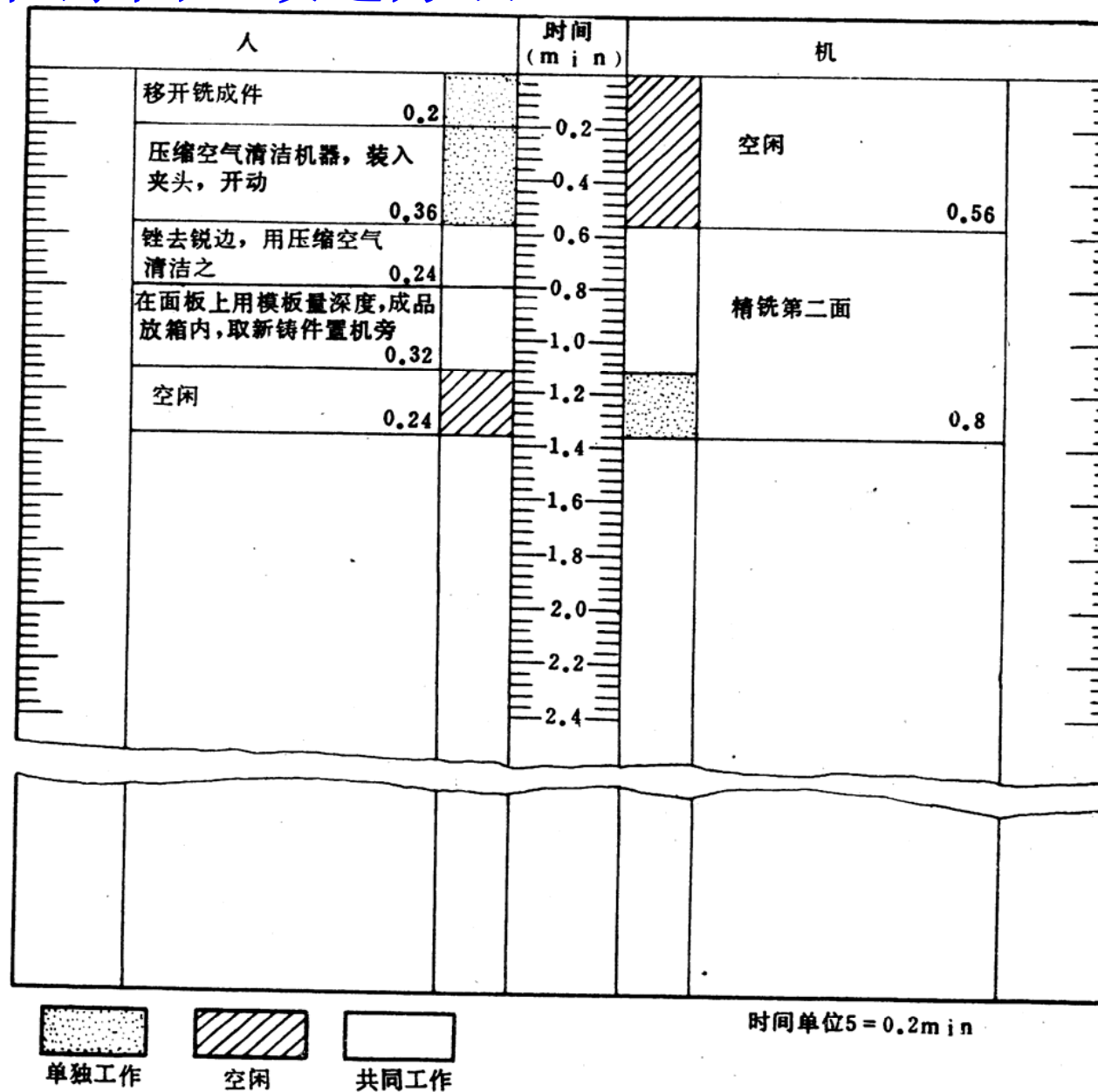
| 时间 | 时间单位 | 人 | 机器 | 时间单位 |
|----|------|------|-------|------|
| 0 | | | | |
| 1 | 1 | 装上工件 | 被装上工件 | 1 |
| 2 | 2 | 移开工件 | 加工 | 4 |
| 3 | | | | |
| 4 | 2 | 准备工作 | | |
| 5 | | | | |
| 6 | 1 | 卸下工件 | 被卸下工件 | 1 |

总周期时间 = 6个时间单位
人的利用率 = $6/6 = 100\%$
机器的利用率 = $6/6 = 100\%$

人机操作程序图（现行方法）



人机操作程序图（改进方法）



两种操作方法的对比

| 项 目 | | 现行方法 | 改进方法 | 节 省 |
|---------------|---|------|------|------|
| 工作时间 (min) | 人 | 1.2 | 1.12 | 0.8 |
| | 机 | 0.8 | 0.8 | --- |
| 空闲时间 (min) | 人 | 0.8 | 0.24 | 0.56 |
| | 机 | 1.2 | 0.56 | 0.64 |
| 周期时间 (min) | | 2.0 | 1.36 | 0.64 |
| 利用率 (%) | 人 | 60 | 83 | 23 |
| | 机 | 40 | 59 | 19 |

2.3.3 联合操作分析

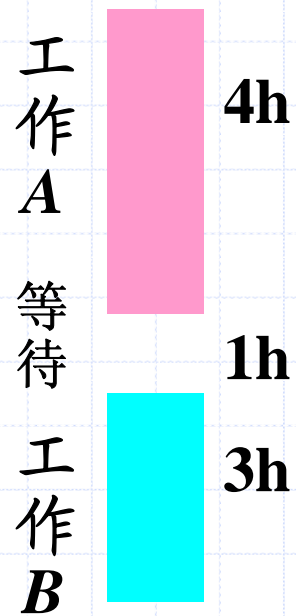
- **定义：**在生产现场中，常有两个或两个以上的操作人员同时对一台设备（或一项工作）进行操作，称为联合操作作业。
- 联合操作作业分析常采用“**联合操作分析图**”。该图使用普通的时间单位，记录一个以上的工作者、工作物及机器设备的动作，以显示其相互关系。因此，当需要研究某一工作程序内各个对象的各种不同动作的相互关系时，最好的方法就是采用联合操作分析图。
- 联合操作分析的目的
 - ❖ 发掘空闲与等待时间，可将那些不明显的空闲与等待时间完全暴露出来；
 - ❖ 平衡工作，可使共同工作中的每一个工人的工作趋于平衡，以获得更好的人工成本；
 - ❖ 减少周期时间，对各个对象的工作进行调配，合适地指派人员与机器，从而缩短操作周期，；
 - ❖ 获得最大的机器利用率；
 - ❖ 决定最合适的方法。

联合操作程序图的绘制

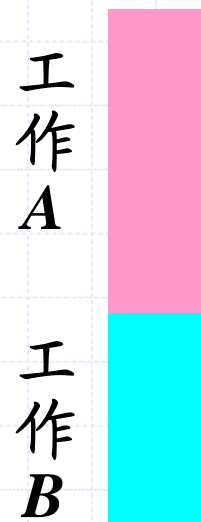
- 联合操作分析图的绘制与人机操作图基本相同。图的顶部应有工作名称、研究人员姓名、时间线所代表的单位，是现行方法还是改良方法的说明。
- 绘图时首先要决定一周循环工作的起始点作为一周期，同时又作为图形的起点和终点。
- 将每位操作者或机器设备名称填入各纵栏的顶端。然后根据时间线，按照个动作的时间分别填入各纵栏内，并用不同的形式分别表示“工作”、“空闲”或“等待”等。
- 填入资料时，应依次填入一个研究对象的动作，填写完后再填写第二个对象的动作，以此类推。

联合操作分析的基本原则

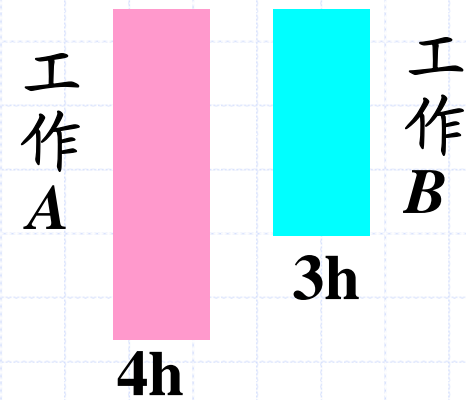
- 人与机器的动作如能同时完成为最佳。



(1)周期=8h



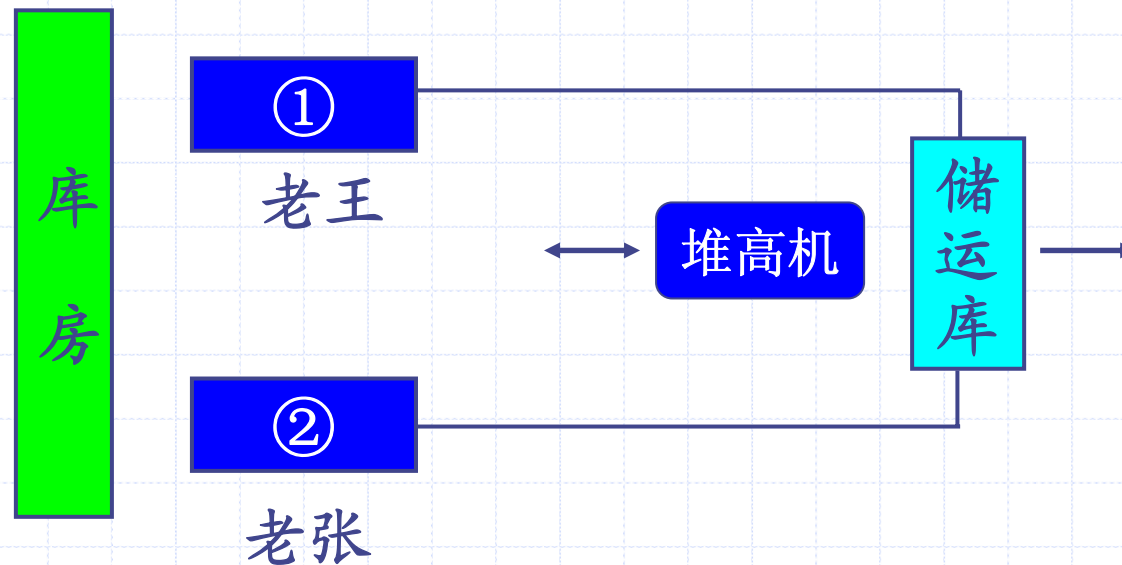
(2)周期=7h



(3)周期=4h

案例3: 联合操作程序图分析

- 某工厂的成品用小木箱包装后堆放在库房内。每天由老张和老王两人用2小时将小木箱装在搬运板上（每装满一块运输板需要**6min**），再由堆高机运送到储运库（待运出厂）。堆高机每次搬运一块板，回程时将空板运回，再继续搬运另一块板（堆高机来回一次需要**3min**）。试用联合操作分析法对上述作业过程进行改进。



1) 记录现行方法:

■ 第1次3min:

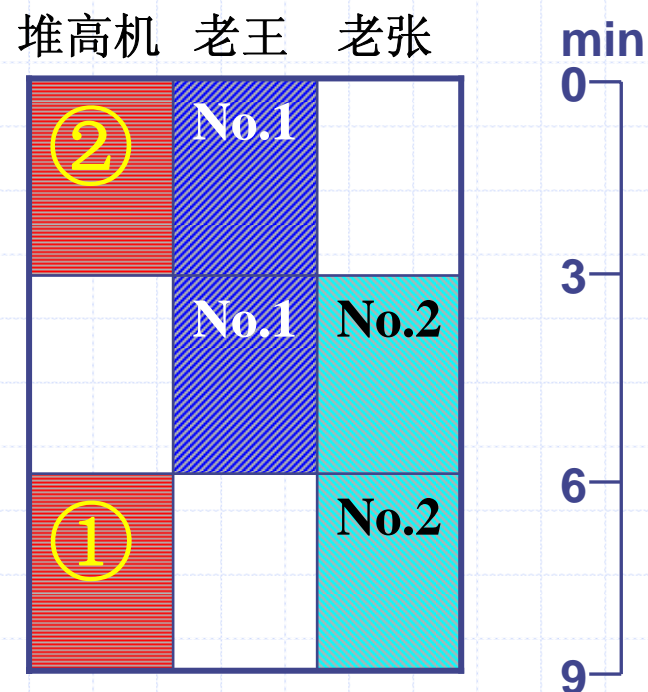
- ❖ 堆高机正在运送No.2运板;
- ❖ 老王将No.1运板装了一半;
- ❖ 老张在等待堆高机送回No.2运板。

■ 第2次3min:

- ❖ 老王装满了No.1运板;
- ❖ 老张装满了No.2运板的一半;
- ❖ 堆高机在等待。

■ 第3次3min:

- ❖ 堆高机正在运送No.1运板;
- ❖ 老王在等待;
- ❖ 老张继续装满No.2运板。



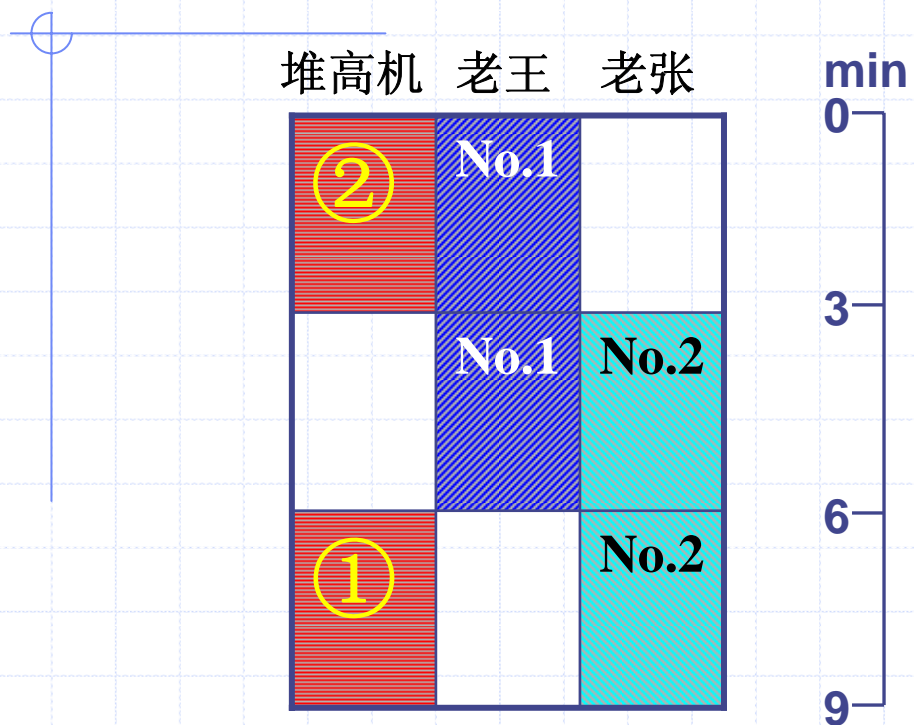
| | | | |
|------|------|------|----|
| 6min | 6min | 6min | 工作 |
| 3min | 3min | 3min | 等待 |
| 2箱 | | | 搬运 |

2) 6W分析（对第1次3min）

- ❖ 问：老张完成了什么？
- ❖ 答：什么也没做，正在等待。
- ❖ 问：他为什么要这样做？是否必要？
- ❖ 答：因为老张要等待运板回来，所以必须等待。
- ❖ 问：有无更好的办法，避免老张空闲？
- ❖ 答：老张可以与老王合装一块运板，省去等待运板返回时间。

3) 绘制联合操作程序图

现行方法



改良方法



| | | | | | | |
|------|------|------|----|------|------|------|
| 6min | 6min | 6min | 工作 | 9min | 9min | 9min |
| 3min | 3min | 3min | 等待 | 0 | 0 | 0 |
| 2箱 | | | 搬运 | 3箱 | | |

2.3.4 双手操作分析

- 生产现场的具体操作主要靠工作人员的双手完成。调查、了解、分析如何用双手进行实际操作时采用“**双手操作程序图**”。
- 双手操作程序图以**双手**为对象，记录其动作，表示其关系，并可指导操作者如何有效运用双手从事生产性的工作，提供一种新的动作观念，找出一种新的改善途径。
- 双手操作分析的作用：
 - ❖ 研究双手的动作及其平衡；
 - ❖ 发掘“独臂”式的操作；
 - ❖ 发现伸手、找寻以及笨拙而无效的动作；
 - ❖ 发现工具、物料、设备等不合适的放置位置；
 - ❖ 使动作规范化。

双手操作程序图的绘制

- 必须深入生产现场，仔细观察操作全过程，决定操作中的循环周期、起点和终点；
- 作图时，先在左上角记录有关资料，如工作名称、现行方法、研究日期、操作者等等；
- 在右上角画工作场所的平面布置图，描述操作对象、操作工具的名称；
- 图的中间分别记录左右手的动作。边观察、边记录，一次只观察一只手的动作。**左右手的同时动作应画在同一水平位置。**
- 记录完成后，对左右手的动作数量分别进行统计，统计结果写在右下方。

■ 简单画法:

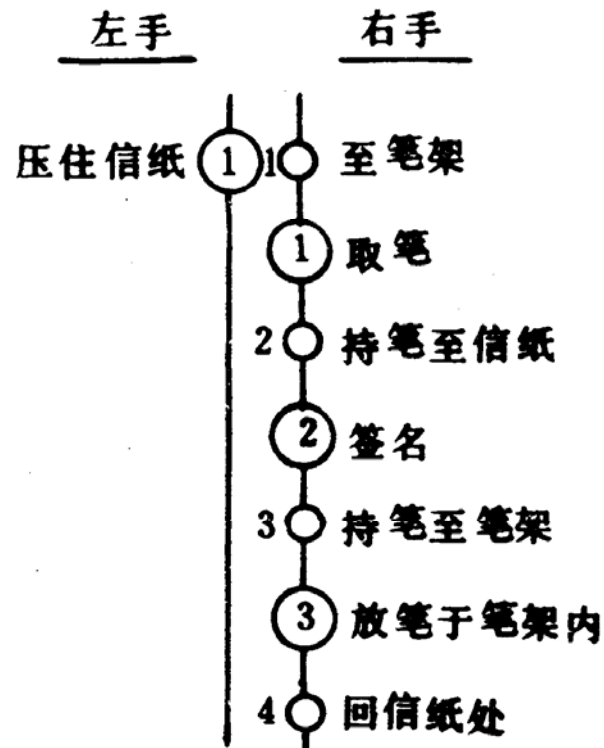
- ❖ 用小圆圈“o”表示伸手或运送（移动距离过程）；
- ❖ 用大圆圈“O”表示握取、对准、使用及放下物件的动作（没有移动）。



工作：在信纸上签名

开始：信纸在桌上，笔在笔架内

结束：签名毕，将笔还置笔架内



| 统计 | | |
|----|---|---|
| 左 | | 右 |
| 1 | ○ | 3 |
| | ○ | 4 |
| 1 | | 7 |

工作：检查轴套

开始：丢掉第一个报废轴套之后

结束：丢掉第二个报废轴套

一般画法（对比程序分析的5种符号）：

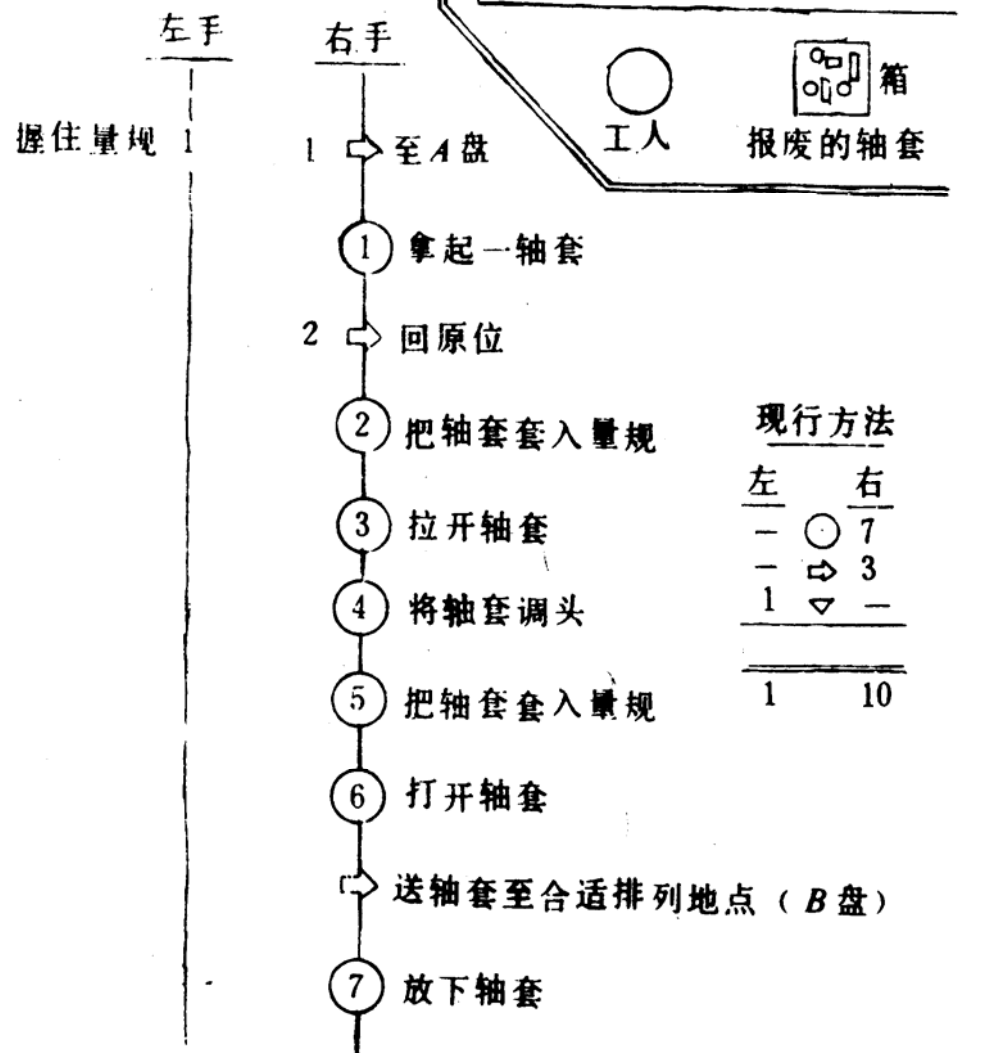
O ——表示操作，即握取、放置、使用、放手的动作；

⇒ ——表示搬运、手移动的动作；

□ ——表示检查。

D ——表示等待，即手的延迟、停顿；

▽ ——表示持住，即手握住物件的动作；



双手操作程序图的分析要点

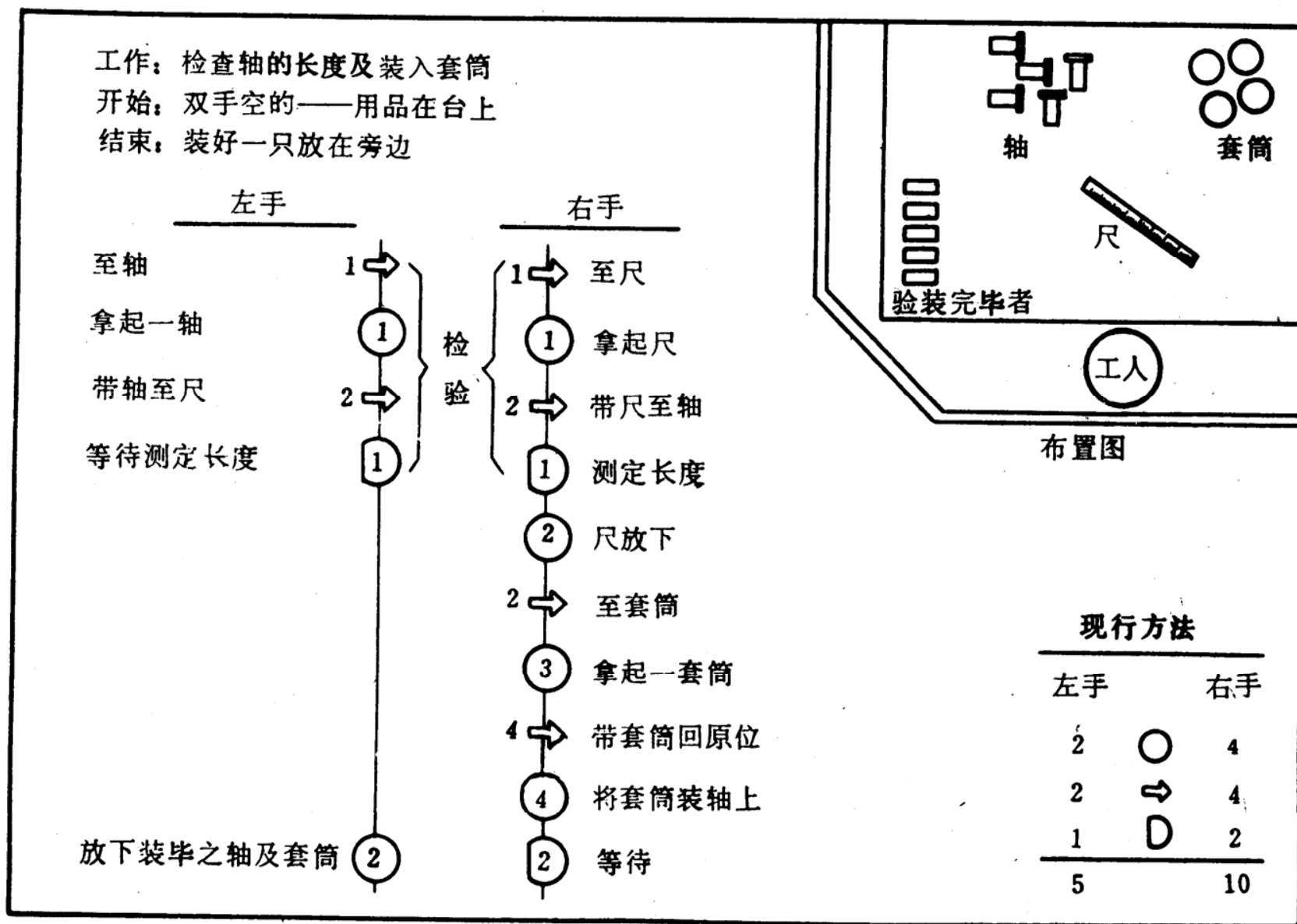
■ 分析、改善操作的原则：

- ❖ 尽量减少操作中的动作；
- ❖ 排列成最佳顺序；
- ❖ 合适时合并动作；
- ❖ 尽可能简化各动作；
- ❖ 平衡双手的动作；
- ❖ 避免用手持物；
- ❖ 工作设备应合乎工作者的身材。

■ 采用6W提问技术:

- ❖ 有无操作可剔除? (改变动作顺序、改变工具及设备、改变工作场所的布置、合并所用的工具、改变所用的材料、改变产品设计、夹具动作迅速等)
- ❖ 有无等待可避免? (因动作的改变、因身体各部动作的平衡、双手同时动作等)
- ❖ 有无动作可简化? (使用较好的工具、改变物件放置位置、改变工作台高度等)
- ❖ 有无运送可简化? (因改变布置而缩短距离、因改变方向、因动作路线变化等)

双手操作程序图示例



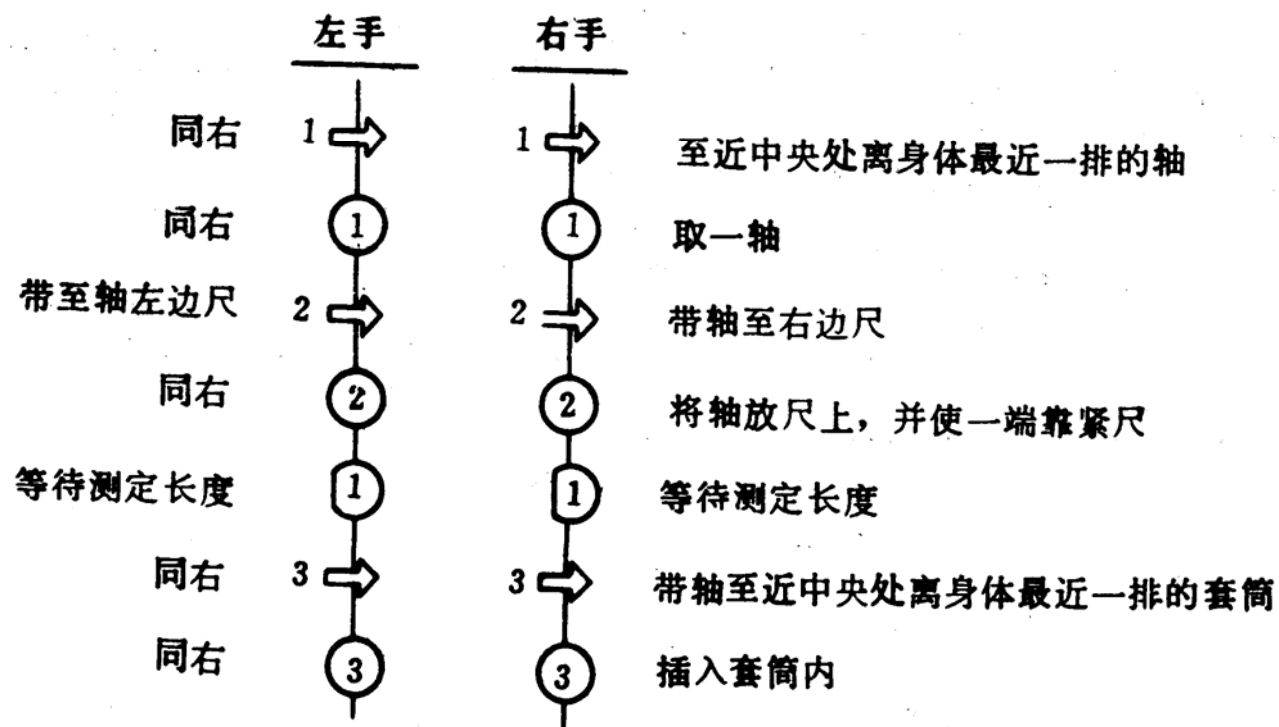
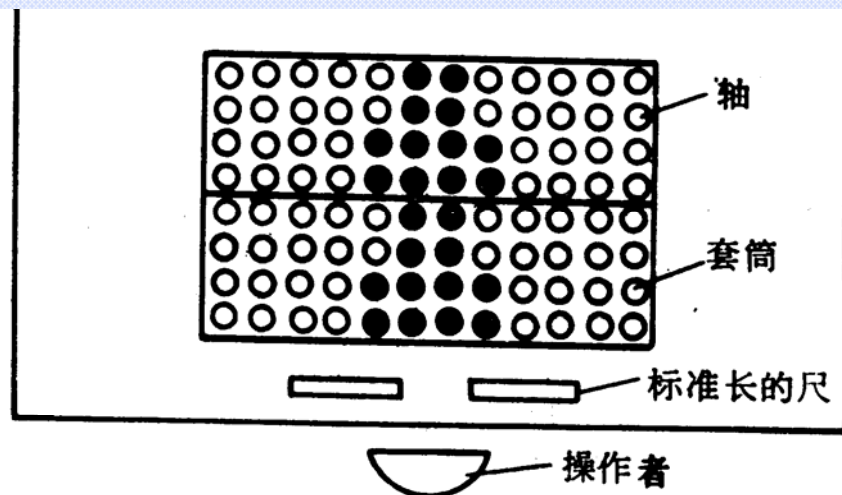
改进方法

名称: 检查轴的长度及装入套筒

开始: 双手空的, 用品在台上

结果: 装好一只

工具: 两支标准长的尺固定在台上



| 改良方法 | | |
|-------|---|----|
| 左手 | | 右手 |
| 3 | ○ | 3 |
| 3 | ⇒ | 3 |
| 1 | ⊖ | 1 |
| <hr/> | | |
| 7 | | 7 |

改进之处

- 使双手动作数目减少，尤其完全达到双手同时对称动作的优化原则。
- 取消了以下三种无效动作：
 - ❖ 一手持物，另一只手的往复动作；
 - ❖ 将套入的方法改变，将轴直接套入套筒，避免了套筒拿起与放下的无效动作；
 - ❖ 改变轴的测量方法，省去每次将尺重复拿起、放下的无效动作。

2.4 动作分析

2.4.1 动作分析的含义及目的

2.4.2 动作分析方法

2.4.3 动素的名称、定义及形象符号

2.4.4 动作经济原则

2.4.5 动作改善

2.4.1 动作分析的含义及目的

- 动作分析是在程序决定后，研究人体各种动作及其浪费，以寻求省力、省时、安全和最经济的动作。
- 动作分析的**实质**：研究分析人在进行各种操作的细微动作，删除无效动作，使操作简便有效，以提高工作效率。
- 动作分析的**目的**：发现操作人员的无效动作或浪费现象，简化操作方法，减少工作疲劳，降低劳动强度。在此基础上制订出标准的操作方法，为制定动作的时间标准作技术准备。

2.4.2 动作分析方法

- 目视动作方法：以目视观测的方法寻求改进动作方法。
- 影片分析方法：采用摄象机将各个操作动作拍摄成影片放映而加以分析。
- 动素分析方法：**17+1**个基本动作（动素）。将工作中所用的各个动素逐项分析以谋求改进。（分析工具：动素程序图）

动素程序图示例

■ 工作名称

检查轴的长度并装入套筒

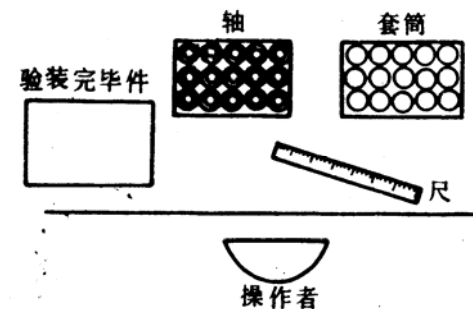
■ 开始

零件放置操作台上

■ 结束

装配一组放入左边箱中


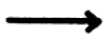
















工作名称：检查轴长度及装入套筒
开始：零件放置台上
结束：装配一组放入左边箱中



| 左手 | 符号 | 右手 |
|---------|----|-----------|
| 至轴 | ┌┐ | 至尺 |
| 取一轴 | ┌┐ | 拿起尺 |
| 带轴至尺 | ┌┐ | 带尺至轴 |
| 持住轴 | ┌┐ | 对准位置 |
| | ┌┐ | 决定轴长度是否合适 |
| | ┌┐ | 带尺至桌 |
| | ┌┐ | 对准大概位置 |
| | ┌┐ | 放下尺 |
| | ┌┐ | 至套筒 |
| | ┌┐ | 取一套筒 |
| | ┌┐ | 带套筒至轴 |
| | ┌┐ | 对准位置 |
| | ┌┐ | 套入轴上 |
| 至验装完毕件箱 | ┌┐ | 延迟 |
| 对准位置 | ┌┐ | |
| 放入箱内 | ┌┐ | |

| 现行方法 | | |
|------|----|----|
| 左手 | | 右手 |
| 1 | ┌ | 2 |
| 1 | ┐ | 2 |
| 2 | ┌┐ | 3 |
| 0 | 9 | 2 |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 井 | 1 |
| 0 | 2 | 1 |
| 1 | ┌ | 1 |
| 1 | ┐ | 0 |
| 7 | | 15 |

2.4.3 动素的名称、定义及形象符号

| 符 号 | 名 称 | 缩 写 | 颜 色 | 符 号 | 名 称 | 缩 写 | 颜 色 |
|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|
|  | 伸手 | T E | 草绿 |  | 选择 | S t | 浅灰 |
|  | 握取 | G | 红 |  | 计划 | P n | 棕 |
|  | 移物 | T L | 绿 |  | 定位 | P | 蓝 |
|  | 装配 | A | 紫 |  | 预定位 | P P | 淡蓝 |
|  | 使用 | U | 紫红 |  | 持住 | H | 金 赭 |
|  | 拆卸 | D A | 淡红 |  | 休息 | R | 桔黄 |
|  | 放手 | R L | 洋红 |  | 迟延 | U D | 黄 |
|  | 检查 | I | 深褐 |  | 故延 | A D | 柠檬黄 |
|  | 寻找 | S h | 黑 |  | 发现 | F | |

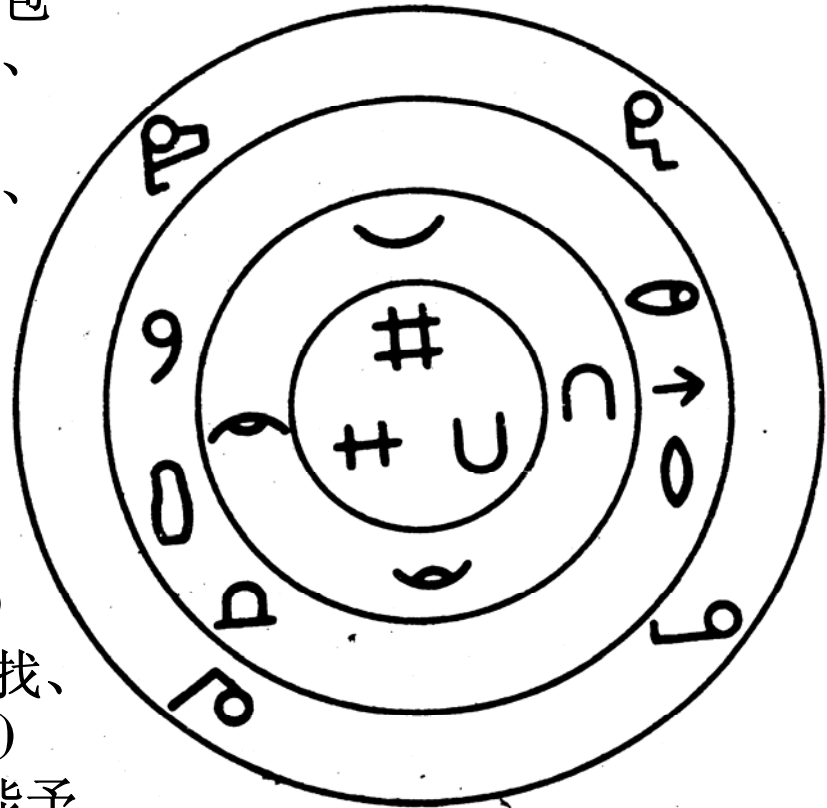
动素的性质划分

■ 按照对操作的影响，动素可分为：

- ❖ 有效动素：对操作有直接贡献者。包括装配、拆卸、使用、伸手、握取、移物及放手等。
- ❖ 无效动素（或辅助动素）：如寻找、选择、检查、持住、定位等。

■ 动素同心圆：

- ❖ 第1圈：中心圈，为核心动素（装配、拆卸、使用）
- ❖ 第2圈：常用动素，是改善的对象（伸手、握取、移物、放手）
- ❖ 第3圈：辅助性动素，越少越好（寻找、选择、检查、持住、定位、预定位）
- ❖ 第4圈：外圈，消耗性动素，尽可能予以取消（休息、故延、延迟、计划）



(1) 伸手 (Transport Empty, 用TE表示)

- 定义：空手移动，伸向目标，又称运空。
- 起点：当手开始伸出的瞬间开始。
- 终点：当手触及目的物的瞬间终了。
- 分析：
 - 1) 伸手系指空手；
 - 2) 此动素前常接“放手”，后跟“握取”；
 - 3) 此动素不能取消，但可缩短距离；
 - 4) 移动距离是指动素的实际路径，非两点间的直线距离；
 - 5) 在其他条件不变时，手移动长距离较短距离需要的时间较多；
 - 6) 熟练的操作者在重复性工作的继续周程内，其手的移动几乎经过完全相同的路线；
 - 7) 伸手通常包括下列三种过程：①由精致开始，加速达最大。②以后即已此速度等速前进。③最后减速到完全停止。
 - 8) 手移动时，必须以眼引导手，鼓眼的移动次数及距离长短，常对操作有影响。

■ 改善：

- ❖ 能否缩短其距离。
- ❖ 能否减少其方向的多变，尤其是突变。
- ❖ 能否使工具物件移向手边。
- ❖ 手移动的种类，按其需时的多少，顺序如下（应选择需时较少的移动）：
 - 1) 伸手至一固定位置的物件或地点。
 - 2) 伸手至每次位置均略有变动的物件（此时需要用眼寻找）。
 - 3) 伸手至一堆混杂物中选取，或伸手至甚小的物件。

(2) 移物 (Transport Loaded, 用TL表示)

- 定义：手持物从一处移到另一处的动作称移物，又称运实
- 起点：手有所负荷并开始朝向目的地移动的瞬间开始。
- 终点：有所负荷的手抵达目的地的瞬间结束。
- 分析：
 - 1) 运动的物件可能成为手或手指携带，亦可能由一地点滑送、托送、推送等。
 - 2) 此动素所需时间，依其距离及移动种类而定，故可缩短距离、减轻重量及改良移动种类，以达到改善。
 - 3) 运实途中发生“预对”。
 - 4) 此动素前常接“握取”，后跟“对准”及“放手”。

■ 改善：

- 1) 能否减少其重量。
- 2) 是否可应用合适的器具，如输送带、容器、盛器、镊子、钳子及夹具等。
- 3) 是否使用身体的合适部位，如手指、前臂、肩等。
- 4) 能否用重力来滑送或坠送。
- 5) 搬运设备能否用脚来操作。
- 6) 是否因物料的搬运或程序的往返，而增加搬动时间。
- 7) 是否可因增加一小工具或放搬运物靠近使用点而取消搬运。
- 8) 搬运方向的突变是否可以取消？各种障碍物能否搬去。
- 9) 常用物料是否已放置于使用点。
- 10) 是否已用合适的手具。小盒子等，且其操作是否按装配顺序排列。
- 11) 是否视搬运物的重量，使用身体最合适的部位，而达到最快的搬运速度。
- 12) 是否有些身体的动作可以取消。
- 13) 双手的动作能否同时，对称而又反方向。
- 14) 能否由提送改为滑送。
- 15) 眼的动作能否与手的动作相协调。

(3) 握取 (Grasp, 用G表示)

- 定义：利用手指充分控制物体。
- 起点：当手指或手掌环绕一物体，欲控制该物体的瞬间开始。
- 终点：当物体已被充分控制的瞬间结束。
- **注意：**当物体已被充分控制后的握取称为持住（即已不是握取了）。
- 分析：
 - 1) 此动素不能取消，惟可以改善。
 - 2) 此动素的定义着重点在以手围绕物，如用任何工具夹物，则不能称为握取。
 - 3) 握取常发生在“运空”与“运实”之间，其后常跟“持住”。

■ 改善:

- 1) 是否可一次握取多件或减少握取次数。
- 2) 是否可以在容器端开一定缺口，以便握取。尤其是较小零件，是否可以改善容器的边缘，以利握取。
- 3) 工具、物件能否预先放好，以利握取。
- 4) 前一工位的操作者放下工件的位置以及工具等放的位置，能否使下一位操作者简化握取。
- 5) 是否能用其它工具代替手的握取。
- 6) 工具、物件能否预先放于回转盘内，以利握取。

(4) 装配 (Assemble, 用A表示)

- 定义：为了两个以上的物件的组合而做的动作。
- 起点：两个物件开始接触的瞬间。
- 终点：两个物件完全配合的瞬间。
- 分析：
 - 1) 此动素的改善多于取消。
 - 2) 此动素前常有“对准”或“预对”后常跟“放手”。
- 改善：
 - 1) 能否用夹具或固定器。
 - 2) 能否使用自动设备。
 - 3) 能否同时装配数件。
 - 4) 工具是否已达最有效的速度及送进。
 - 5) 是否可用动力工具，以减少人的装配时间。

(5) 使用 (Use, 用U表示)

- 定义：利用器具或装置所做的动作，称使用或应用。
- 起点：开始控制工具进行工作的瞬间。
- 终点：工具使用完毕的瞬间。
- 分析：
 - 1) 此动素常可获得改善，不但可节省时间，更可节省物料。
 - 2) 在某种操作内，常可发生多次的“使用”。
 - 3) 以手代替工具工作时，亦属此动素，如用手裁纸，即属于在“应用”。
- 改善：同“装配”

（6）拆卸（Disassemble,用DA表示）

- 定义：对两个以上的组合物件，做分解动作。
- 起点：两个物体开始分离的瞬间。
- 终点：两个物体完全分离的瞬间。
- 注意：尽量使用工具，以减少时间。
- 分析：
 - 1) 此动素常为改善。
 - 2) 此动素前常为“握取”，后常跟“运实”或“放手”。
 - 3) 此动素所需时间，常与两件物体的连接情况及松紧程度有关。
- 改善：同“装配”。

(7) 放手 (Release Load, 用RL表示)

- 定义：从手中放掉东西，称放手或放开。
- 起点：手指开始脱离物体的瞬间； 终点：手指完全脱离物体的瞬间。
- 注意：考虑放手的终点是否为下一个动素开始的最佳位置。
- 分析：
 - 1) 此动素为所有动素需时最少者。
 - 2) 实际测时，常与前一动素合并计时。
- 改善：
 - 1) 能否取消此动素？
 - 2) 能否在工作完成处放手，用坠送法收集物件？
 - 3) 能否在运送途中放手？
 - 4) 是否必须要极小心的放手？能否避免？
 - 5) 容器或盛具是否经过特殊设计，以便能接纳放手后的物件？
 - 6) 放手后，手或运送的位置是否对下一动作或次一移动最为有利？
 - 7) 能否一次放手多件物件？

(8) 检查 (Inspect, 用I表示)

- 定义：将产品和做制定的标准作比较的动作，叫检查或检验。
- 起点：开始检查人员物体的瞬间。
- 终点：产品质量的优劣被决定的瞬间。
- 分析：
 - 1) 此动素为眼注视一物，而脑正在判断是否合格。
 - 2) 此动素的重点是心理上的反应。
 - 3) 检验时，按操作情况需用视觉、听觉、触觉、嗅觉等器官。
 - 4) 此动素所需时间常因下列因素决定：①个人的反应快慢；②标准的精确度；③物料的误差；④视力等感官的好坏。
 - 5) 如其他条件相同，则人对声音的反应比对光的反应快，而对触觉的反应比对声和光的反应更快。人对声音的反应时间为**0.185s**；人对光的反应时间为**0.225s**；人对触觉的反应时间为**0.175s**。

■ 改善:

- 1) 能否取消或与其它操作合并?
- 2) 能否同时使用多种量具或多种用途的量具?
- 3) 增加亮度或改善灯光的布置是否可以减少检验时间?
- 4) 检验物与检验者眼睛的距离是否合适?
- 5) 检验物的数量是否能够采用电动自动检验?

(9) 寻找 (Search, 用Sh表示)

- 定义：确定目的物位置的动作。
- 起点：眼睛开始致力于寻找的瞬间。
- 终点：眼睛找到目的物的瞬间。
- 分析：
 - 1) 新手及不熟练者此动素较多，训练有素者及工作熟练者，则费时极少。
 - 2) 如工具、零件、物料各有定所，工作现场布置合适，则此动素费时极少。且此亦为取消此动素最有效的方法。
 - 3) 如能取消此动素为好。
 - 4) 操作愈复杂，愈需记忆、愈不稳定，或物件愈精细时，此动素费时愈多。
- 改善：
 - 1) 物件给予特别标示（用标签或涂颜色）。
 - 2) 良好的工作场所布置。
 - 3) 是否需要特殊的灯光。
 - 4) 物件、工具有固定位置，并放置于正常工作范围内。
 - 5) 操作人员应培训，使之成为习惯性的动作，而取消此动素。

(10) 选择 (Select, 用St表示)

- 定义：在同类事物中，选取其中一个。
- 起点：寻找终点即为选择的起点。终点：物件被选出。
- 分析：
 - 1) 实用上常将“寻找”与“选择”合并来计时。
 - 2) 物件愈精细，规格愈严格，此动素的时间愈长。
 - 3) 物件分类放置，避免混杂在一起，以及有效的现场布置，常可取消此动素。
- 改善：
 - 1) 是否可取消此动素？
 - 2) 能否改善安排，而是选择较容易或可以取消？
 - 3) 能否当前一操作完毕时即将零件(物料)放于下一操作的预放位置？
 - 4) 能否涂上颜色，以利选择？

(11) 计划 (Plan, 用Pn表示)

- 定义：在操作进行中，为决定下一步骤所做的考虑。
- 起点：开始考虑的瞬间。
- 终点：决定行动的瞬间。
- 分析：
 - 1) 此动素完全为心理的思考时间，而非手动的时间。
 - 2) 操作中由于操作者的犹豫，即发生此动素。
 - 3) 操作愈熟练，此动素时间愈短。
- 改善：
 - 1) 是否可以改善工作方法，简化动作？
 - 2) 是否可以改善工具，设备，使操作简单易行？
 - 3) 操作人员是否已培训，使其熟练而减少或消除此动作？

(12) 定位 (Position, 用P表示)

- 定义：将物体放置于所需的正确位置为目的而进行的操作，又称对准。
- 起点：开始放置物体至一定方位的瞬间。
- 终点：物体被安置于正确方位的瞬间。
- 分析：
 - ❖ 此动素前常为移动，后常跟“放手”。
 - ❖ 很多情况此动素常可能发生在“运实”途中。
 - ❖ 此动素所需时间常按下列情形而定：
 - 1) 对称的物体，或任何方向均可放置的物体，需时最少。
 - 2) 半对称的物体，即能有数个位置可以放置，需时较对称物体多，较不对称物件少。
 - 3) 不对称的物件，仅有一个位置可以放置，需时最多。

■ 改善:

- 1) 是否必须对准?
- 2) 是否用量具以利对准?
- 3) 松紧度是否可以放宽?
- 4) 手臂能否有依靠, 时手能放稳而减少对准的时间?
- 5) 物件的握取是否容易对准?
- 6) 是否利用脚操作的夹具?

(13) 预定位 (Pre-position, 用PP表示)

- 定义：物体定位前，先将物体安置到预位置。
- 起点：与定位的起点、终点相同。
- 分析：
 - 1) 此动素常与其它动素混合在一起，最常见的情况是与“运实”一起发生。
 - 2) 所谓预对，必须能将体放置于合适的位置上，方便以后的再行取用。如将用完的笔，放置于倾斜竖起的笔架上，此处宜用“预对”，因为下次从笔架上拿笔时，就能握取使用时的位置。
 - 3) 可以利用夹持工具或特设容器，使物体保持应用时的姿势，以利握取时即已成为使用时的姿势。
- 改善：
 - 1) 物体能否在运送途中预先对正？
 - 2) 工具的设计是否能使放下后的手柄保持向上，以利下次使用？
 - 3) 工具是否悬挂起来，以便一伸手即可拿到？
 - 4) 物体的设计能否使每一面（边）均相同？

(14) 持住 (Hold, 用H表示)

- 定义：手握住并保持静止状态，又称拿住。
- 起点：用手开始将物体定置于某一方位的瞬间。
- 终点：当物体不必在定置于某一方位为止的瞬间。
- 分析：
 - 1) 此动素常发生在装配工作及手动机器的操作中，前为握取，后为放手。
 - 2) 手绝对不是有效的持物工具，而是成本最贵的夹持工具。
 - 3) 应设法利用各种夹具来代替手持物。
 - 4) 能否于操作中取消此动素？
- 改善：
 - 1) 能否用夹具来持物？
 - 2) 能否运用摩擦力或粘着力？
 - 3) 能否应用磁铁？
 - 4) 如持住不能取消。则是否已设“手靠”、“手垫”以减轻手的疲劳？

(15) 休息 (Rest, 用R表示)

- 定义：因疲劳而停止劳动。

- 起点：停止工作的瞬间；终点：恢复工作的瞬间。

- 分析：

- 1) 此动素所需的时间的长短，视工作性质及操作者的体力而定。
- 2) 此动素通常都在工作周期中发生。
- 3) 改善工作环境及动作等级可减少或消除此动素。

- 改善：

- 1) 肌肉的运用及人体动作的等级是否合适？
- 2) 温度、湿度、通风、噪声、光线、颜色及其它工作环境是否合适？
- 3) 工作台的高度是否合适？
- 4) 操作者是否坐立均可？
- 5) 操作者是否有高度合适的座椅？
- 6) 重物是否用机械装卸？
- 7) 工作的时间是否合适？

(16) 迟延 (Unavoidable Delay, 用UD表示)

- 定义：不可避免的停顿。
- 起点：开始等候的瞬间。
- 终点：连续开始工作的瞬间。
- 分析：
 - 1) 当程序发生故障或中断时，即为延迟。
 - 2) 当程序发生的需要，而等待机器或其它人的工作，或等待检验、待热、待冷等。
- 改善：

此动素的发生非操作者所能控制，必须在管理及工作方法上做某种改善。

(17) 故延 (Avoidable Delay, 用AD表示)

- 定义：可以避免的停顿。
- 起点：开始停顿的瞬间。
- 终点：开始工作的瞬间。
- 分析：
 - 1) 这是操作者的疏忽而产生的，可以避免。
 - 2) 如能建立一个有工作意愿，有纪律、有效率的工作团体，此动素可以避免。
- 改善：
 - 1) 改善管理方法、规章、制度、政策，使操作者毫无抱怨。
 - 2) 改善工作环境：提供一个合适、健康、愉快而有效的生产现场。
 - 3) 改善工作方法，降低劳动强度等。

(18) 发现 (Find, 用F表示)

- 这个动素是美国机械工程师学会增加的
- 定义：东西已找到的瞬间动作。
- 起点：眼睛开始寻找到物体的瞬间。
- 终点：眼睛已找到物体的瞬间。

2.4.4 动作经济原则

- 吉尔布雷斯首创，后经过多位学者研究改进，美国巴恩斯将此原则分为22条，归纳为三大类：
 - ❖ 关于人体的运用：8条（1-8条）
 - ❖ 关于工作地的布置：8条（9-16）
 - ❖ 关于工具设备：6条（17-22）

(1) 关于人体的运用：8条

- 1) 双手应同时开始并同时完成其动作；
- 2) 除规定的休息时间外，双手不应同时空闲；
- 3) 双臂的动作应该对称，反向并同时进行；
- 4) 手的动作应以最低的等级而能得到满意的结果；
- 5) 物体的运动量应尽可能地利用，但如果需要肌力制止时则应将其减少至最小的程度；
- 6) 连续的曲线运动，比方向突变的直线运动为佳；
- 7) 弹道式的运动，教受限制或受控制的运动轻快自如；
- 8) 动作应尽可能地运用轻快的自然节奏，因节奏能使动作流利及自发；

(2) 关于工作地的布置：8条

- 9) 工具物料应放置在固定的地方；
- 10) 工具物料及装置应布置在工作者前面近处；
- 11) 零件物料的供给，应利用其重量坠送至工作者的手边；
- 12) 坠落应尽量利用重力实现；
- 13) 工具物料应依最佳的工作顺序排列；
- 14) 应有适当的照明，使视觉舒适；
- 15) 工作台及座椅的高度，应保证工作者坐立适宜；
- 16) 工作椅式样及高度，应能使工作者保持良好姿势；

(3) 关于工具设备：6条

- 17) 尽量解除手的工作，而以夹具或脚踏工具代替；
- 18) 可能时，应将两种工具合并使用；
- 19) 工具物料应尽可能预放在工作位置上；
- 20) 手指分别工作时，其各指负荷应按照其本能予以分配；
- 21) 设计手柄时，应尽可能增大与手的接触面；
- 22) 机器上的杠杆、十字杆及手轮的位置，应能使工作者极少变动姿势，且能最大地利用机械力。

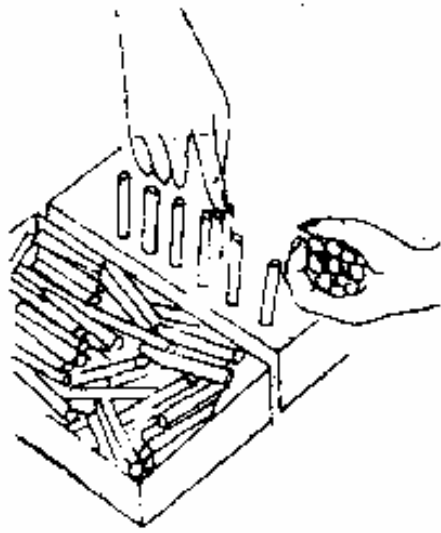
■ 上述原则可进一步归纳合并为以下**10**条原则：

- **第一条原则（1，2，3）：**双手的动作应同时而对称。
- **第二条原则（4）：**人体的动作应以尽量应用最低级而能得到满意结果为妥。
- **第三条原则（5，6，7，8）：**尽可能利用物体的动能，曲线运动较方向突变的直线运动为佳，弹道式运动较受控制的运动轻快，动作尽可能使之有轻松的节奏。
- **第四条原则（9，10，13）：**工具、物料应置于固定处所及工作者前面近处，并依最佳的工作顺序排列。
- **第五条原则（11，13）：**零件、物料应尽量利用其重量坠送至工作者前面近处。

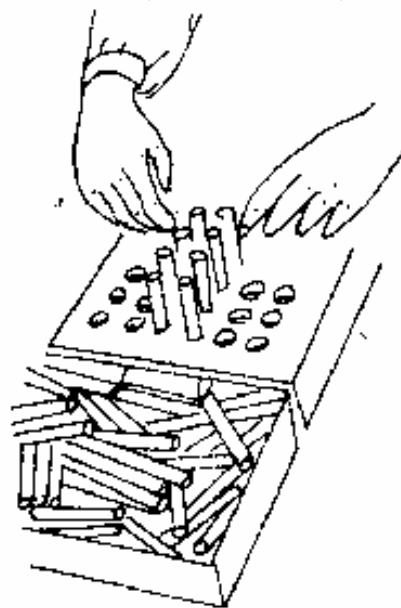
- **第六条原则（14，15，16）：** 应有适当的照明设备，工作台及座椅式样和高度应使工作者保持良好的姿势及坐立适宜。
- **第七条原则（17）：** 尽量解除手的工作，而以夹具或足踏工具代替。
- **第八条原则（18）：** 可能时应将两种或两种以上工具合并为一。
- **第九条原则（20，21，22）：** 手指分别工作时，各指负荷应按其本能予以分配。手柄的设计应尽可能与手接触面大；机器上的杠杆、手轮的位置应尽可能使工作者少变动其姿势。
- **第十条原则（19）：** 工具及物料应尽可能事前定位。

动作经济原则的应用示例

- **第一条原则：**双手的动作应同时而对称。



用一只手的方法插销子



用两只手的方法插销子

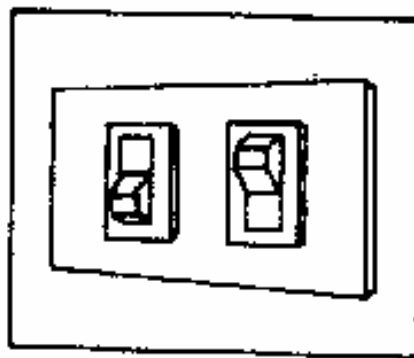
- ❖ 用一只手：插完**30**只销子需**30S**
- ❖ 用双手：插完**30**只销子只需**23S**，节约时间**29%**

- **第二条原则：**人体的动作应以尽量应用最低级而能得到满意结果为妥。

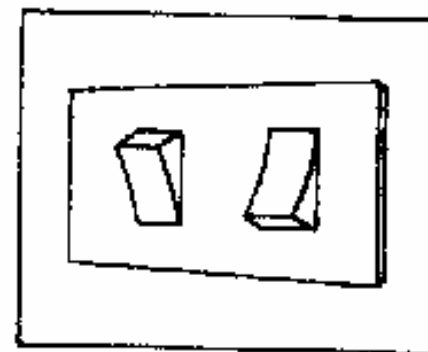
人体的动作等级表

| 级别 | 运动枢纽 | 人体运动部位 |
|----|------|---------------|
| 1 | 指节 | 手指 |
| 2 | 手腕 | 手指及手腕 |
| 3 | 肘 | 手指、手腕及小臂 |
| 4 | 肩 | 手指、手腕、小臂及大臂 |
| 5 | 身体 | 手指、手腕、小臂、大臂及肩 |

电灯开关的设计

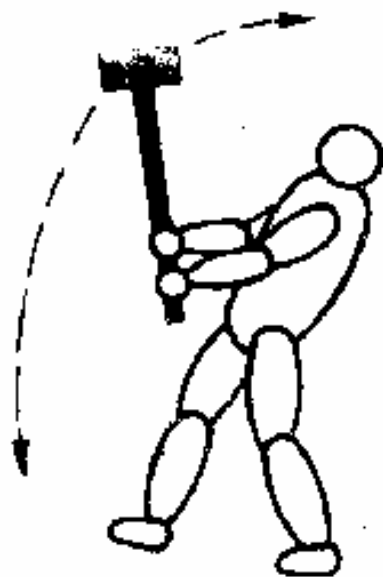


旧式开关



新式开关

- **第三条原则：**尽可能利用物体的动能，曲线运动，弹道式运动



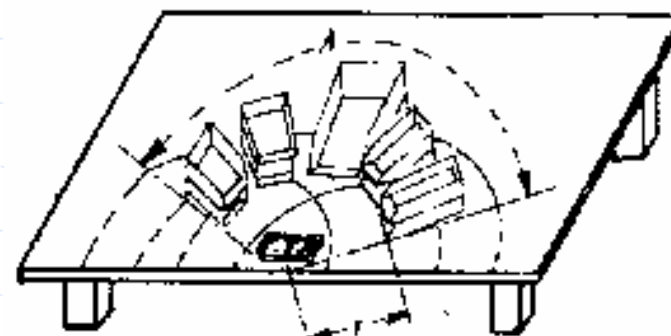
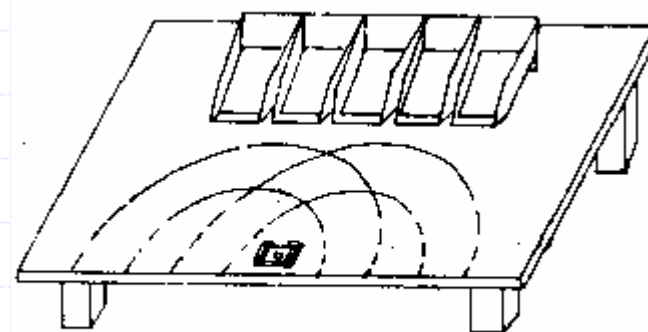
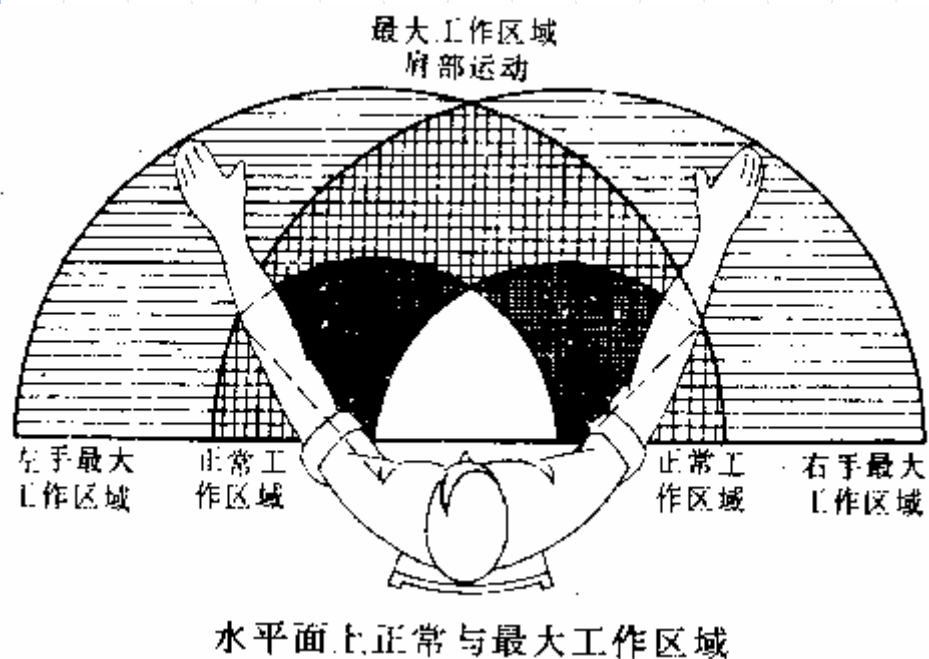
上、下型挥动



圆弧型挥动

- ❖ 上下型挥动：最佳效果的效率为**9.4%**。动能未得到利用，为肌肉所制止。
- ❖ 圆弧型挥动：后面挥上，前面打下，效率可达为**20.2%**，不易疲劳。

- **第四条原则：**工具、物料应置于固定处所及工作者前面近处，并依最佳的工作顺序排列。

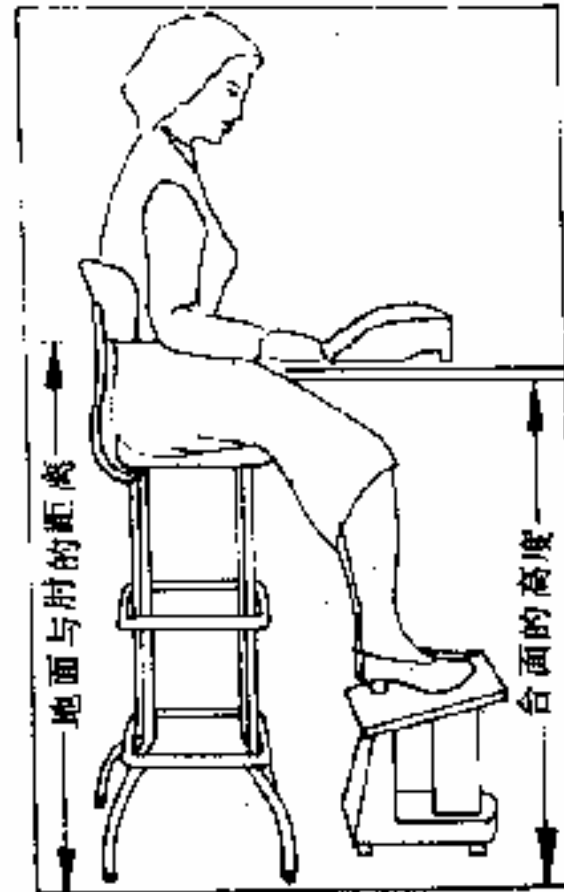
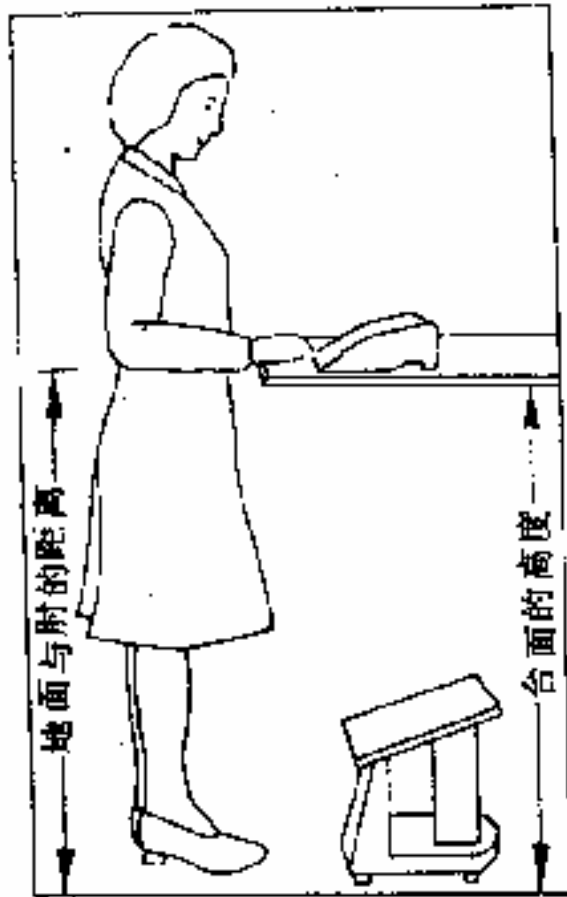


- **第五条原则：**零件、物料应尽量利用其重量坠送至工作者前面近处。

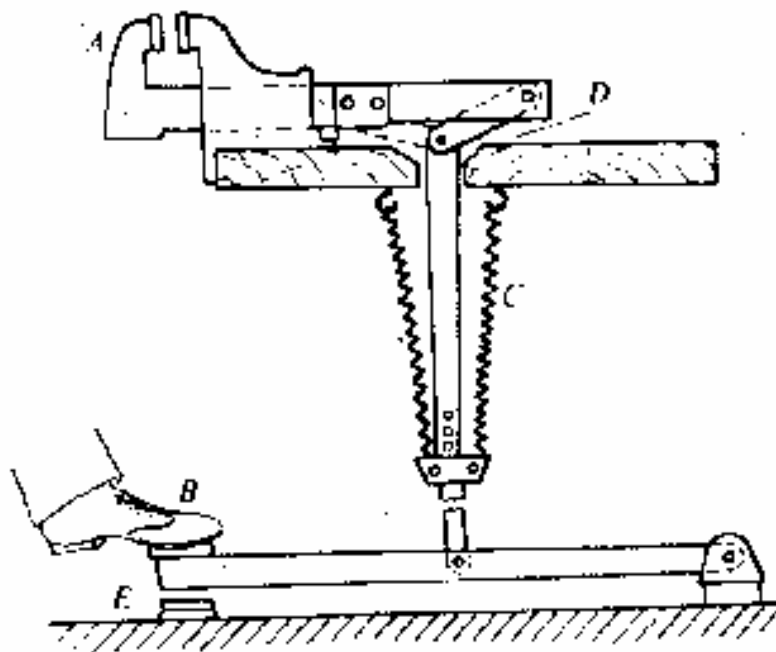
- 重力滑槽

- 重力滑箱

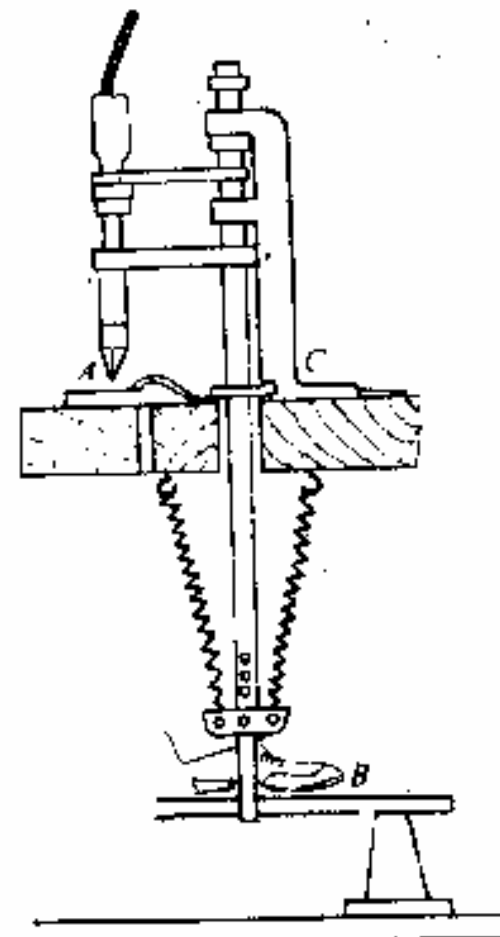
- **第六条原则：**应有适当的照明设备，工作台及座椅式样和高度应使工作者保持良好的姿势及坐立适宜。



- **第七条原则：** 尽量解除手的工作，而以夹具或足踏工具代替

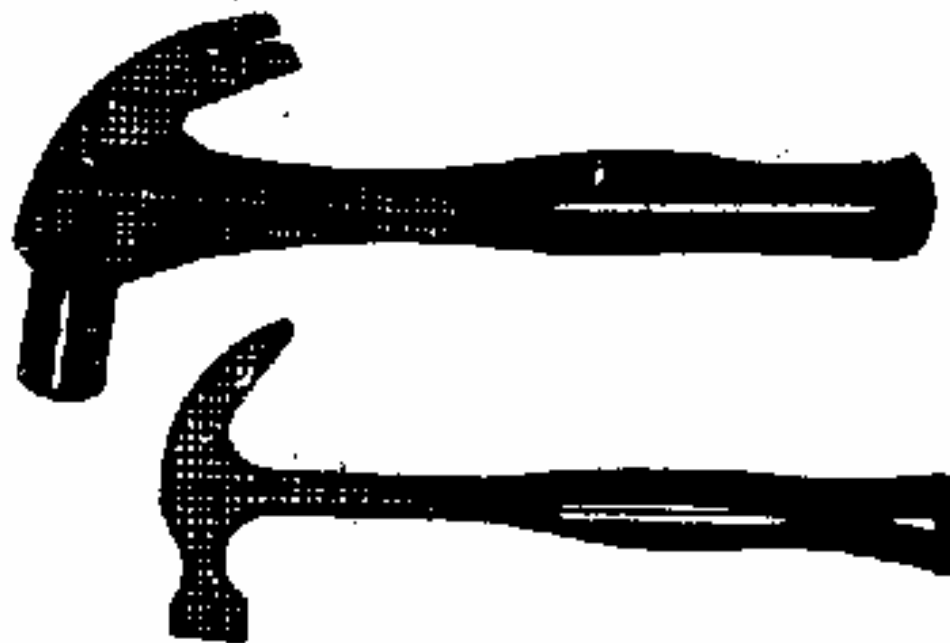


脚操纵的虎钳



脚操纵的焊接烙铁

- **第八条原则：**可能时应将两种或两种以上工具合并为一。

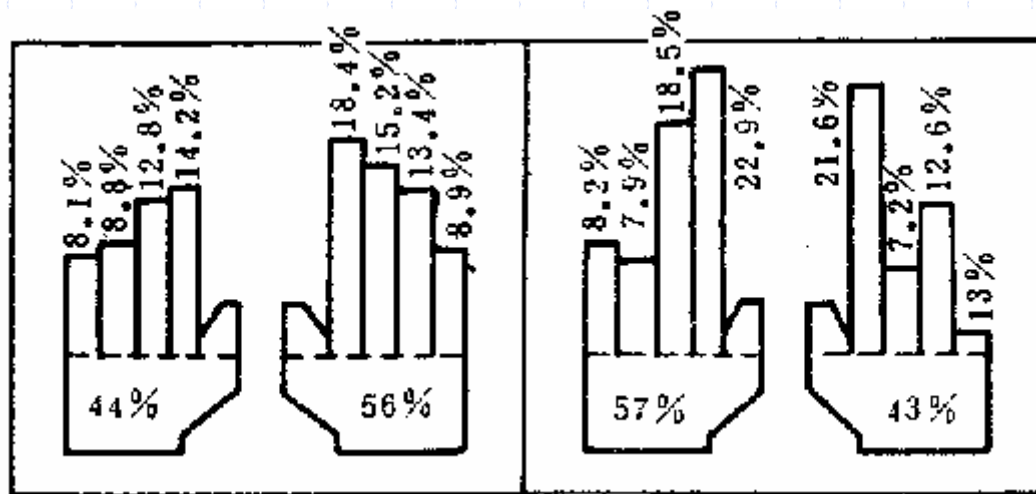


两用钉锤

- **第九条原则：**手指分别工作时，各指负荷应按其本能予以分配。手柄的设计应尽可能与手接触面大；机器上的杠杆、手轮的位置应尽可能使工作者少变动其姿势。

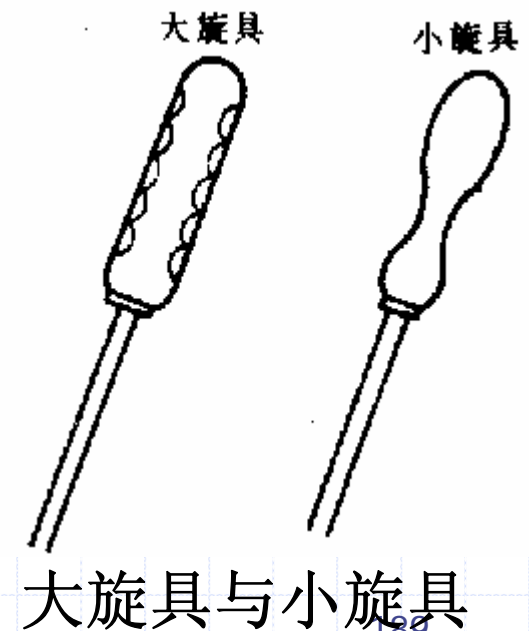
| | 右手 | | | | 左手 | | | |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|----|
| 手指 | 食指 | 中指 | 无名指 | 小指 | 食指 | 中指 | 无名指 | 小指 |
| 能力顺序 | 1 | 2 | 4 | 6 | 3 | 5 | 7 | 8 |

英文打字键位置安排与各手指能力匹配：



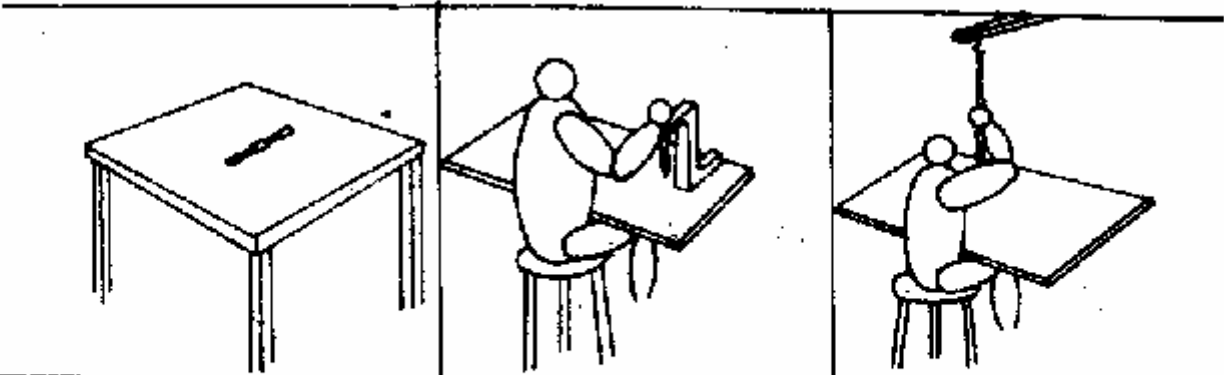
德伏拉克型

标准型



■ **第十条原则：** 工具及物料应尽可能事前定位。

电动扳手的放置：

| | | | |
|---|---------|-----|-------------|
|  | | | |
| 放置位置 | 平卧在工作台上 | 挂架上 | 用弹簧吊于工作位置上方 |
| 预放类别 | 未预放 | 半预放 | 完全预放 |
| 需时(%) | 146 | 123 | 100 |

2.4.5 动作改善

- 目的：运用**6W**提问技术和**ECRS**原则，根据上述动作经济原则改进工作，寻求省时、省力办法。
- 方法：**ECRS**法（取消、合并、重排、简化）。

(1) 取消

- 取消所有可能取消的作业、步骤和动作（包括身体、足、手臂或眼的动作）。
- 取消工作中的不规律性，使动作成为自发性，并使各种物品固定放置在操作者前面近处。
- 取消以手作为持物工具的动作。
- 取消不方便或不正常的动作。
- 取消必须使用肌肉才能维持的姿势。
- 取消必须使用肌力的工作，而以运输工具取代之。
- 取消危险的工作。
- 取消所有不必要的闲置时间。

(2) 合并

- 把必须突然改变方向的各种小动作结合成一个连续的曲线动作。
- 合并各种工具，使其成为多用途的工具。
- 合并可能的作业。
- 合并可能同时进行的动作。

(3) 重排

- 使工作平均分配于两手，且两手的同时动作最好呈对称性。
- 分组作业时，应把工作平均分配给各成员。
- 将取消、合并之后的工序，重新排成清晰的直线顺序。

(4) 简化

- 使用最低级次的动作。
- 减少每一动作的复杂性。
- 使用最简单的动素组合来完成动作。
- 缩短动作距离。
- 使手柄、操作杆、足踏板、按钮都在手足可及之处。

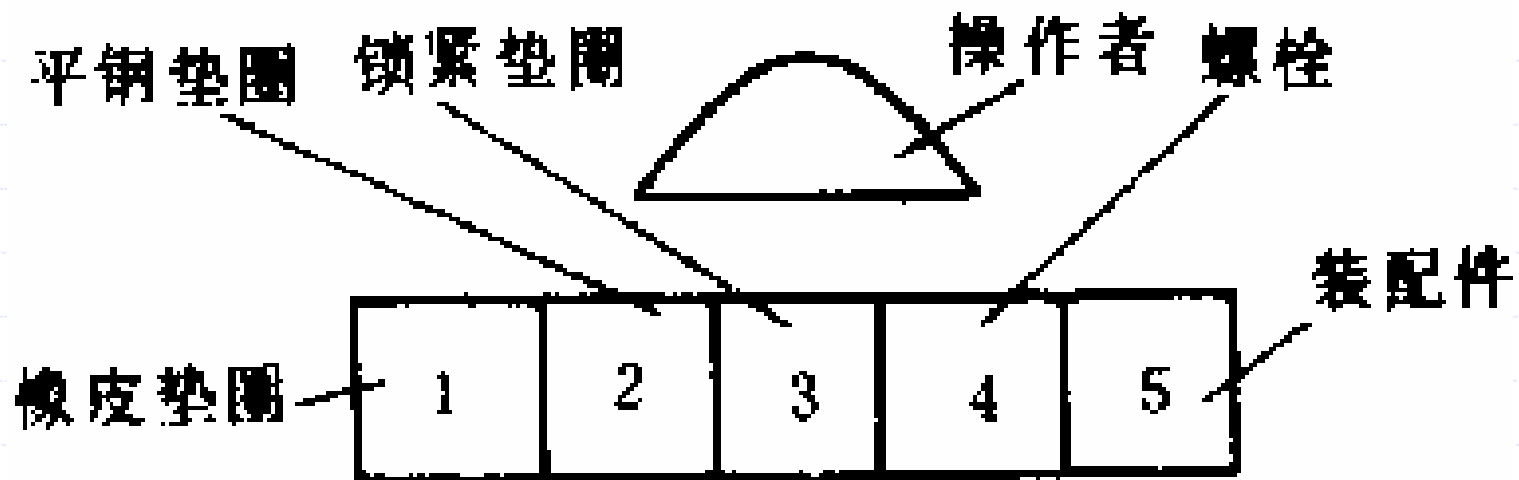
案例4: 动作分析

- 装配螺栓与垫圈的动作分析与改进。
- 在某项产品的总装中，需将M10×25的螺栓装上3只垫圈成一组件。



(1) 记录

- **原方法：**按装配次序把放置螺栓、锁紧垫圈、平钢垫圈和橡皮垫圈的小盒子成一字形排列在钳工台上，然后装配工伸左手到放置螺栓的盒子里取出一个螺栓，把它拿到自己的正前方，再用右手从锁紧垫圈里拿出一个锁紧垫圈并把它套在螺栓上，重复此动作依次套上平钢垫圈和橡皮垫圈。最后把装配完成的组件放在操作者左边的5号箱内。用这种方法每分钟能完成12个组件的装配。



装配螺栓与垫圈的动素程序图（原方法）

| 操作者左手的动作 | 符号 | 操作者右手的动作 | 符号 |
|----------------|------|----------------------|--------|
| 伸向4号箱中的螺栓 | TE | 伸向3号箱中的锁紧垫圈 | TE |
| 从4号箱中选出并握取一个螺栓 | St+G | 从3号箱中选出并握取一个锁紧垫圈 | St+G |
| 带螺栓到桌子的中心部位 | TL | 带锁紧垫圈到桌子的中心部位 | TL |
| 持住螺栓 | H | 定好锁紧垫圈装上螺栓的位置并装配在螺栓上 | P+A+RL |
| | | 伸向2号箱中的平钢垫圈 | TE |
| | | 从2号箱中握取一个平钢垫圈 | St+G |
| | | 定好平钢垫圈的位置并装配在螺栓上 | P+A+RL |
| | | 伸向1号箱中的橡皮垫圈 | TE |
| | | 从1号箱中握取一个橡皮垫圈 | St+G |
| | | 带橡皮垫圈到放螺栓处 | TL |
| | | 定好橡皮垫圈的位置并装配在螺栓上 | P+A |
| 带已完成的装配件到5号箱 | TL | 放开已完成的组件 | RL |
| 放开装配件 | RL | 等待左手 | AD |

(2) 分析

- 由动素程序图可知，在整个操作过程中，左手绝大多数时间用在持住螺栓上，而由右手单独动作。这种动作，左右手既不同时利用，也不对称。
- 根据动作经济的第一条原则，即双手的动作应该是同时和对称的，因此可对原方法进行改良。

(3) 改进

- 用木料做一个简单的夹具。

在夹具的正前面有两个尺寸相同的沉头孔，每个沉头孔可以松松地放进垫圈。夹具中有一个略大于螺栓直径的通孔，木制夹具两边是两个金属板做成的滑道槽，其开口分别在两沉头孔左右侧，因此装配完成的螺栓组件可顺手丢进滑道槽的入口，并滑落入装配台下的容器中。在夹具周围成对放置装有三种垫圈的重力供料式金属盒，盒内分别放橡皮垫圈、平钢垫圈及弹簧锁紧垫圈，中间的4号盒内放螺栓。每一个盒的底部都做成前倾30度的斜面溜板，这些零件便可借助于本身重量的作用被输送到装配台的台面上等待装配。这样两手可以同时动作。

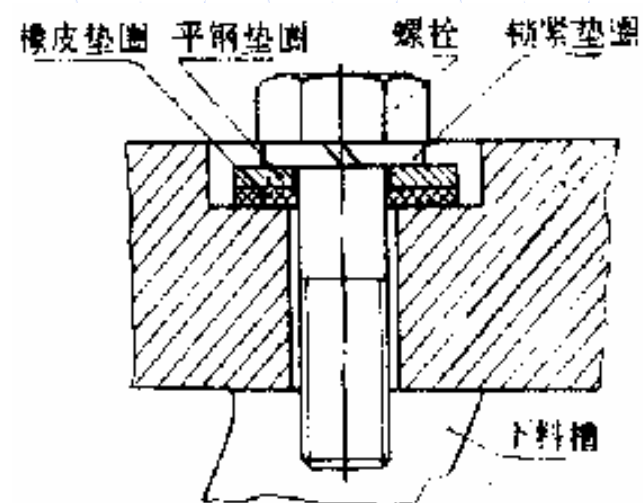
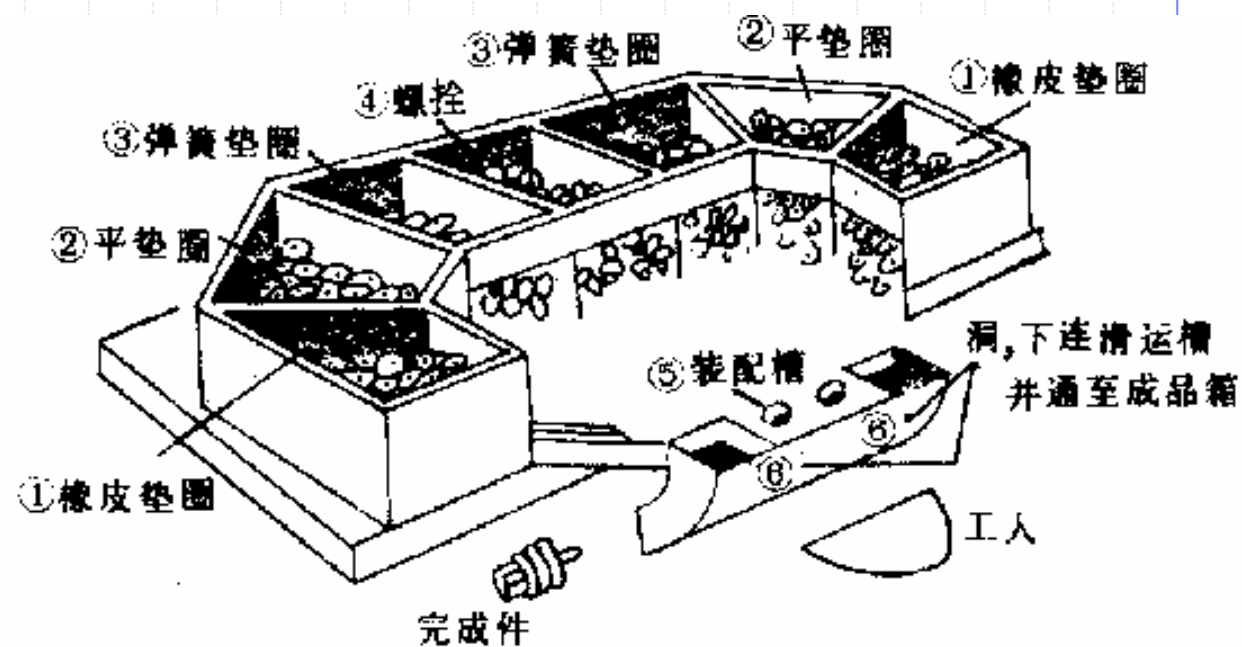


图 7-7 夹具的示意图



■ 改良后的动素程序：

- 装配时，两手同时移向两个1号盒，将两个橡皮垫圈同时放入夹具的两个装配槽5中，然后分别以同样的方式处理平钢垫圈和锁紧垫圈。然后左右手各握取一个螺栓并把它们分别装入呈同心状态的一组垫圈的孔内。（由于橡皮垫圈的孔径略小于螺栓直径，故螺栓压入后即被夹住，即使螺栓带着垫圈被垂直提起，这些垫圈也不会松脱）。两手同时从夹具中将装配好的组件提出并放入滑道槽口6。

■ 上述改良分别运用了下列动作经济原则：

- ❖ **第一条原则：**双手的动作应同时而对称。
- ❖ **第四条原则：**工具、物料应置于固定处所及工作者前面近处，并依最佳的工作顺序排列。
- ❖ **第五条原则：**零件、物料应尽量利用其重量坠送至工作者前面近处。

装配螺栓与垫圈的动素程序图（改进方法）

| 操作者左手的动作 | 符号 | 操作者右手的动作 | 符号 |
|------------------------------|---------|-----------------|----------------|
| 伸向1号盒中的橡皮垫圈 | TE | 伸向1号盒中的橡皮垫圈 | TE |
| 从1号盒中选出和握取橡皮垫圈并将其推向装配槽5（沉头孔） | St+G+TL | 同左手动作 | St+G+TL |
| 在装配槽中定好橡皮垫圈的位置并离开 | P+RL | 同左手动作 | P+RL |
| 伸向2号盒中的平钢垫圈 | TE | 同左手动作 | TE |
| 从2号盒中选出和握取平钢垫圈并将其推向装配槽5 | St+G+TL | 同左手动作 | St+G+TL |
| 在装配槽中定好平钢垫圈的位置并离开 | P+RL | 同左手动作 | P+RL |
| 伸向3号盒中的锁紧垫圈 | TE | 同左手动作 | TE |
| 从3号盒中选出和握取锁紧垫圈并将其推向装配槽5 | St+G+TL | 同左手动作 | St+G+TL |
| 在装配槽中定好锁紧垫圈的位置并离开 | P+RL | 同左手动作 | P+RL |
| 伸向4号盒中的螺栓 | TE | 同左手动作同左手动作 | TE |
| 从4号盒中选出和握取螺栓 | St+G | 同左手动作 | St+G |
| 带螺栓到装配槽5处 | TL | 同左手动作 | TL |
| 定好螺栓的位置并插入装配槽5处的垫圈内 | P | 同左手动作 | P |
| 用螺栓插穿3个垫圈 | A | 同左手动作 | A |
| 握取螺栓与垫圈的组件并带到左边 | DA+TL | 握取螺栓与垫圈的组件并带到右边 | DA+TL |
| 放入斜槽6中 | RL | 同左手动作 | 2RL |

两种方法的对比

- 旧方法: **0.084min/件, 11.9件/min**
- 新方法: **0.055min/件, 18.2件/min**
- 节省时间: **0.029min/件, 35%**
- 增加产量: **6.3件/min, 53%**



Thanks!!!