

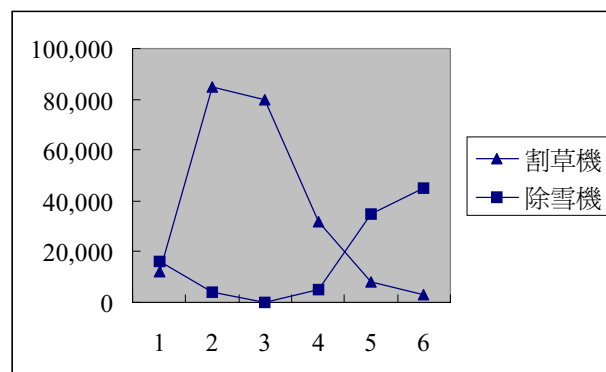
總合生產計劃實例

Force-Master 公司是一間中型的製造商，主要產品是汽油引擎驅動的庭園工具，公司初期只生產割草機，八年前開始製造除雪機，之後還推出幾種次要的產品。由於各種產品的相似度高，因此都在同一廠房內生產。Force-Master 的員工都具有多種技能，而且常常輪調工作，公司根據經驗與實際量測認定製造一部割草機需要 1.8 人工小時，除雪機則需要 2.5 人工小時，兩種產品的市場需求幾乎是相反的。

本年度已進入最後階段，Force-Master 公司準備擬定下一年度的總合生產計劃，此計劃以兩個月為一期，一月與二月為第一期，其餘類推。公司目前有 350 名員工，每個員工每期約工作 300 小時，平均薪資約為\$6000，加班的薪資為每小時\$28，但公司規定每個員工每期加班時數不得超過 60 小時。員工每期的自動離職率約為 2%，根據法律與勞資合約規定，員工被解僱時應領取相當兩個月薪資的遣散費(\$6000)，而僱用新進員工時需付出廣告、面試、訓練等成本，每人約是\$2000。另外，新進員工在第一期的平均生產力是熟練員工的一半，因此可以假設新進員工有效的工作時數只有一半。

Force-Master 公司預估在本年度結束時，庫存將有 4500 部除雪機與 500 部割草機，割草機每期的庫存成本大約是\$8，除雪機每期的庫存成本大約是\$10。下一年度割草機的製造成本估計為\$95，除雪機的製造成本為\$110，割草機的預定出貨價格為\$210，除雪機則為\$250，業務部門根據此價格與過去的銷售量估計下一年度各期的需求量如下：

期別	割草機	除雪機
1-2	12,000	16,000
3-4	85,000	4,000
5-6	80,000	0
7-8	32,000	5,000
9-10	8,000	35,000
11-12	3,000	45,000



Force-Master 公司向來採取保守的人事策略，需求增加時先加班，再考慮增聘員工，而且儘量不解僱員工。生管主任 Ira Laust 根據這個策略規劃出下年度的總合生產計劃：

期別	員工人數			加班 時數	割草機		除雪機	
	熟練	新聘	解僱		製造	庫存	製造	庫存
11-12	350					500		4,500
1-2	343	0	0	0	41,194	29,694	11,500	0
3-4	336	27	0	21,780	64,344	9,038	4,000	0
5-6	356	0	0	20,932	70,962	0	0	0
7-8	349	0	0	0	32,000	0	18,840	13,840
9-10	342	0	0	0	8,000	0	35,280	14,120
11-12	335	0	0	0	3,500	500	37,680	6,800
合計	2,061			42,712	220,000	39,232	107,300	34,760

計劃的成本如下所示：

薪資	$(2061+27) \times \$6,000$	=	\$12,528,000
加班費	$42,712 \times \$28$	=	\$ 1,195,936
僱用成本	$27 \times \$2,000$	=	\$ 54,000
製造成本	$220,000 \times \$95$	=	\$20,900,000
	$104,500 \times \$110$	=	\$11,495,000
庫存成本	$39,232 \times \$8$	=	\$ 313,856
	$34,760 \times \$10$	=	\$ 347,600
總計			\$46,834,392

總銷售金額為 $220,000 \times \$210 + 105,000 \times \$250 = \$72,450,000$ ，若所有預測與假設成立，在扣除上述成本以及固定成本 \$20,500,000 (機器維修折舊、管理人員薪資等) 後，可望有稅前盈餘 \$5,115,608。但是 Laust 的主管認為加班費過高，他發現在第二期內所有員工均加班達最高限制的 60 小時，覺得過於浮濫，要求 Laust 重新擬定計劃，附帶條件是在下一年度結束時員工人數需在 335 至 365 之間，而且至少要有 4000 部除雪機與 500 部割草機的安全庫存。

Laust 的副手 Oliver Robertson 認為公司經常利用加班來應付增多的市場需求，但是仍然面臨加班成本過高與庫存積壓過多的雙重問題。原因是公司常到最後關頭才增聘員工，但為時已晚，新進員工無法立即解決缺貨的壓力，導致訂單流失，等到新進員工技術熟練時，市場需求已經下降，造成庫存過多。Robertson 利用線性規劃軟體希望能得到較理想的總合生產計劃，明顯降低加班與庫存成本。他定義：

W_t	=	第 t 期的熟練員工人數
N_t	=	第 t 期的新進員工人數
F_t	=	第 t 期的解僱員工人數
OW_t	=	第 t 期熟練員工的總加班時數
ON_t	=	第 t 期新進員工的總加班時數
L_t	=	第 t 期製造的割草機數目
S_t	=	第 t 期製造的除雪機數目
LI_t	=	第 t 期結束時的割草機庫存量
SI_t	=	第 t 期結束時的除雪機庫存量

除了庫存量以外，以上均為構成總合生產計劃的決策變數，必須符合下列限制：

第一組限制式是熟練員工人數的變動，必須考慮訓練完成的新進員工人數、2% 的離職率、解僱的員工人數：

$$W_0 = 350, N_0 = 0, W_t = 0.98(W_{t-1} + N_{t-1}) - F_t, t = 1, \dots, 6$$

第二組限制式是每期的總工作時數需足夠製造出預定的產量：

$$1.8L_t + 2.5S_t \leq 300W_t + 150N_t + OW_t + 0.5ON_t, t = 1, \dots, 6$$

第三組限制式是加班時數的限制：

$$OW_t \leq 60W_t, ON_t \leq 60N_t, t = 1, \dots, 6$$

第四組限制式是產量與庫存量的關係：

$$LI_{t-1} + L_t = LS_t + LI_t, SI_{t-1} + S_t = SS_t + SI_t, t=1, \dots, 6$$

前一期的庫存量加上本期的產量等於本期的銷售量加上本期剩餘的庫存。LS_t是第 t 期預估的割草機銷售量，SS_t是第 t 期預估的除雪機銷售量。

最後是下年度結束時主管要求的條件：

$$LI_6 \geq 500, SI_6 \geq 4000, W_6 + N_6 \geq 335, W_6 + N_6 \leq 365$$

整個決策的目標函數當然是總合生產計劃的總成本：

$$\sum_{t=1}^6 (6000W_t + 8000N_t + 6000F_t + 28OW_t + 28ON_t + 8LI_t + 10SI_t)$$

輸入以上的線性規劃模式後，軟體計算出最低成本的總合生產計劃如下：

期別	員工人數			加班 時數	割草機		除雪機	
	熟練	新聘	解僱		製造	庫存	製造	庫存
11-12	350					500		4,500
1-2	343	18	0	0	37,138	25,638	15,500	4,000
3-4	354	0	0	19,732	69,962	10,600	0	0
5-6	347	0	0	20,820	69,400	0	0	0
7-8	340	0	0	0	32,000	0	17,760	12,760
9-10	333	0	0	0	8,000	0	34,200	11,960
11-12	326	9	0	0	3,500	500	37,140	4,100
合計	2,043			40,552	220,000	36,738	104,600	32,820

各項成本分別為：

薪資	(2043+27)×\$6,000	=	\$12,420,000
加班費	40,552×\$28	=	\$ 1,135,456
僱用成本	27×\$2,000	=	\$ 54,000
製造成本	220,000×\$95	=	\$20,900,000
	104,500×\$110	=	\$11,495,000
庫存成本	36,738×\$8	=	\$ 293,904
	32,820×\$10	=	\$ 328,200
總計			\$46,626,560

由於新計劃的成本比 Laust 的計劃減少\$207,832，因此稅前盈餘可增加相同的數目，大約是 4%。成本較低的主要原因在於新計劃提前在第一期就增聘員工，減少後來需要的加班時數，甚至不需要效率低的新進員工加班。生產部門主管在比較之後，決定採用新的總合生產計劃，但是要求在每期結束時回報實際的成本，並根據實際的銷售量與庫存量重新估算後續各期的成本。

故事並沒有就此結束，Laust 與 Robertson 再仔細分析總合生產計劃的內容後，發現公司不僅在需求旺季時加班生產，甚至必須在先前的淡季製造庫存才能滿足市場需求。

期別	需求	加班時數	製造	庫存
1-2	12,000	0	37,138	25,638
3-4	85,000	19,732	69,962	10,600
5-6	80,000	20,820	69,400	0

他們認為如果能在淡季時進行降價促銷的活動，不僅可減少庫存成本，也許還能紓解旺季的生產壓力，進而減少加班費用。他們向部門主管報告後，便與業務部門的人員開會討論，Laust 建議公司在第一期(一月與二月)降低割草機的出貨價格，但是業務人員反對並認為損失的利潤可能超過省下的庫存與加班費用。

業務部門主管 Beth Adams 覺得降價促銷也許能刺激需求的增加，她指出割草機的製造成本不到售價的一半，只要需求量有小幅的增加，就能彌補降價的損失。她又主張修改降價促銷的方式，可以規定經銷商如果進貨超過一定數量，則超過的部分才能享受折扣，這個想法獲得與會者的支持。會後她要求部屬研究適當的折扣標準，並預測可能增加的需求量。

從過去的銷售紀錄以及對經銷商的意見調查，業務部門建議對於在第一期內訂購超過 12 部割草機的經銷商給予折扣優待，從第 13 部割草機起降低出貨價格 5%(\$10.50)，如此割草機的第一期需求量將從 12000 部增為 24000 部，但是大部分的需求應該是由於經銷商提前訂購所致，因此割草機各期需求量的預測修正為

期別	原先預測	修正
1-2	12,000	24,000
3-4	85,000	78,000
5-6	80,000	77,000
7-8	32,000	32,000
9-10	8,000	8,000
11-12	3,000	3,000

割草機全年度的總需求量僅增加 2000 部。此外，業務部門估計第一期所銷售的 24000 部割草機只有 15000 部可以享受折扣。Laust 與 Robertson 利用線性規劃軟體針對新的銷售預測計算出第三個總合生產計劃：

期別	員工人數			加班 時數	割草機		除雪機	
	熟練	新聘	解僱		製造	庫存	製造	庫存
11-12	350					500		4,500
1-2	343	18	0	2,499	38,527	15,027	15,500	4,000
3-4	354	0	0	21,050	70,694	7,721	0	0
5-6	347	0	0	20,602	69,279	0	0	0
7-8	340	0	0	0	32,000	0	17,760	12,760
9-10	333	0	0	0	8,000	0	34,200	11,960
11-12	326	9	0	0	3,500	500	37,140	4,100
合計	2,043			44,151	222,000	23,248	104,600	32,820

各項變動成本分列如下：

$$\text{薪資} \quad (2043+27) \times \$6,000 = \$12,420,000$$

加班費	44,151×\$28	=	\$ 1,236,228
僱用成本	27×\$2,000	=	\$ 54,000
製造成本	222,000×\$95	=	\$21,090,000
	104,500×\$110	=	\$11,495,000
庫存成本	36,738×\$8	=	\$ 185,984
	32,820×\$10	=	\$ 328,200
總計			\$46,809,412

第三個計劃的員工人數與第二個計劃完全相同，增加的 2000 部割草機必須由員工加班生產，雖然導致加班費用由\$1,135,456 增加到\$1,236,228，但是庫存成本的確由\$293,904 明顯降低\$185,984，而且由於銷售量增加，實際營業額增為

$$(15,000 \times \$199.50) + (207,000 \times \$210) + (105,000 \times \$250) = \$72,712,500$$

扣除上述變動成本與固定成本\$20,500,000 後仍有稅前盈餘\$5,403,088，顯著超越第一個計劃的\$5,115,608 與第二個計劃的\$5,323,440，因此生產主管決定將第三個計劃付諸實行，公司也覺得有必要深入分析所有產品的訂價與促銷策略。