

内部参考资料

工业产品的技术经济设计 指南和实例

——西德工业标准VDI 2225第一分册——

李景才译

前 言

所谓设计，就是为提出的任务求得一个在技术上尽可能完善、经济上合算并能满足美学要求的解决方案。

改进设计通常是指在技术上改进原有的解决方案和降低制造费用。为此，对设计者来说，最重要的是，要能预见到自己所提出的各项措施的作用和费用是否合适。

新发展工业产品是某种假设的解决方案，它是以体现功能的草图形式出现的，可以把它作为绘制第一份比例设计草图的依据。在VDI2222规范的第一分册〔1〕中可找到这种解决方案的查找方法。因此，以“设计方法学”为总标题的VDI2222规范第一分册“工业产品的设计”和VDI2225规范“技术经济的设计”的第三版（即本书一译注）是互相一致的设计创作指南。按照通常研制新产品的进度计划表（图2.01），首先需根据选定的课题，设想一些解决方案，并据以绘制第一份比例设计草图，然后用归纳法进行系统的技术和经济验算，以便进入成熟的设计阶段。

VDI2225的第三版中包括的许多方案已有了改善和发展：在第1章“经济的基本概念”中列出了新的计算公式，以便概算整合工业产品的制造费用，该节中还介绍了求算各零部件制造费用的简易方法。在第3章“计算尺寸规则”中通过对支架和轴，压力容器和直齿正齿轮的分节论述而充实了新的内容；本节还分段论述了成本增长规律。

本书第1章至第3章的论述可作为对设计工作的技术和经济管理方法的指导。为了加深理解，引用了各个工业部门中的许多实例来说明技术经济规律。

VDI2225第二分册第4章在材料表格方面引用范围之广达到了新的水平；表中还补充了易切削钢、钛和成型管材。本章除收录了材料标准和最重要的技术数据外，还列出了计算材料和制造费用所需的数据。

“技术经济的设计”第三版是由科学技术博士，博士工程师F.克谢林（瑞士苏黎世）为主，在瑞士工程师A.阿尔巴格乌斯、总工程师W.麦易尔（柏林）、学位工程师H.渥斯契尼茨基和西德工程师协会的工程师P.谢尔伯曼的协助下编写的。在此谨致谢忱。

目 次

1. 经济的基本概念

- 1.1 费用组成和费用示意图 (1)
- 1.2 产品的费用构成 (5)
- 1.3 材料费用的求 算 (6)
- 1.4 整台产品制造费用的求 算 (7)
- 1.5 零件制造 费用的求算..... (11)
- 1.6 大批量加工的基本计算原则 (11)

2. 整台产品的设计

- 2.1 导 言 (14)
- 2.2 进度计划, 设计和研制费用 (15)
- 2.3 技 术评价 (15)
- 2.4 经济评价 (18)
- 2.5 结构研制的控制 (19)
- 2.6 技术性能的项目 (22)
- 2.7 实 例 (31)

3. 零件和简易产品尺寸的确定 (计算尺寸规则)

- 3.1 确定尺寸的公式 (41)
- 3.2 材料力学应用例 (43)
- 3.3 电气技术中的例子 (58)
- 3.4 热工学中的例子 (59)
- 3.5 成本增长规律 (64)

参考文献 (66)

第1节和第2节中应用的代号的 意义 (66)

工业产品的技术经济设计指南和实例

1. 经济的基本概念

1.1 费用组成和费用示意图

工业产品的制造费用 H 是材料费用 M 、工资 L 和管理费 G 之和, 即 $H = M + L + G$ 。下面将详细说明各项数字。

1.1.1 材料费用 M

从设计图样, 或从比例草图中算出材料的净用量 V_n 。材料净用量可理解为被加工工件的体积。

为了求算材料费用, 应先算出材料的毛用量 V_b 。加工所需的原材料的体积就是材料的毛用量。这种原材料一般是:

- 供应时带有加工余量的铸铁件和锻件;
- 用以加工成零件的半成品 (圆钢、方钢、六方钢和型钢);
- 用以冲切成零件的板材;
- 用火焰切割法切成零件的板材。

为了求算材料费用, 在实践中通常可根据经验中的相似工件的净用量, 附加一定的百分比来算出毛用量。这种方法特别适用于铸铁零件, 但也适用于相似的焊接构件 (机器的基板和底板, 以及箱体件等等)。

每一单位体积的材料费用以 K_v 表示 (见 VD1225 规范第二分册), 则每个零件的毛材料费用为:

$$W_b = V_b \cdot K_v \quad (1.01)$$

材料的附加费用与材料、半成品和外购件的准备情况有关。诸如订货、运输、进厂检

验、库藏、付息、折旧等等附加费用都包括在材料管理费用 G_w 或外购件管理费用 G_z 中。在实践中通常以材料费用或外购件费用的百分比来算附加费用。材料费用^{*}是毛材料费用 W_b , 外购件费用 Z 与附加的管理费用 G_w 和 G_z 之和, 即:

$$M = (W_b + G_w) + (Z + G_z) \quad (1.02)$$

如把零件或外购件用 1, 2, 3……来标志, 则可把公式 (1.02) 写成:

$$M = (1 + \bar{g}_w) (V_{b1} K_{v1} + V_{b2} K_{v2} + \dots) + (1 + \bar{g}_z) (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_k) \quad (1.03)$$

式中: Z_k —外购小型零件的估算费用;
 \bar{g}_w, \bar{g}_z —半成品和外购件的附加管理费用系数 (例如 $\bar{g}_w \approx 0.25$, $\bar{g}_z \approx 0.15$ 相当于 25% 和 15% 的附加费用)。

1.1.2 工资 L

按照西德劳动定额研究委员会的规定, 所谓基本时间是指工作人员按计划完成某一项工作所需的时间, 用 t_g 表示。基本时间主要是由实际用于加工 (改变工件的形状) 的主要时间 t_h^{**} 和用于经常重复的一些附加操作 (例如夹紧、测量等等) 所需的辅助时间 t_n^{**} 组成的,

^{*}) 也称制造材料费用—原注。

^{**}) 为了简明起见, 这里未采用人或工具的主要时间和辅助时间两个项目 t_{MH} 或 t_{BH} 和 t_{HN} 或 t_{BN} —原注。

即:

$$t_g \approx t_h + t_n \quad (1.04)$$

有些无规律的时间消耗,如与工作有关的谈话和个人在工作时的自然需要等非作业定额时间 t_v 以及恢复时间 t_{er} 也算在单位时间内。基本时间、恢复时间和非作业定额时间的总和是单位时间 t_e 。

$$t_e = t_g + t_{er} + t_v \quad (1.05)$$

f_a (马克/分)是按所属工种的工资级别和相应工作的难度或责任大小来定的工资标准。因此,在对完成加工任务中仅出现一次的生产准备时间 t_r 忽略不计的情况下,可按式求得工资数:

$$L_e \approx f_a t_e = f_a (t_g + t_{er} + t_v) \quad (1.06)$$

但须注意,单件生产时的准备时间 t_r 往往大于非作业定额时间。

为加工一种产品的全部零件或构件需要支付的工资 L_t 用下式表示:

$$L_t = L_{e1} + L_{e2} + \dots \quad (1.07)$$

为装配支付的工资 L_m (工厂中的总装包括测试)是:

$$L_m = L_{m1} + L_{m2} + \dots \quad (1.08)$$

为每个产品支付的工资(准备时间忽略不计)是:

$$L = L_t + L_m \quad (1.09)$$

通过设计措施(例如金属切除量较小、装夹较简便、公差较大和便于测量等)可使基本时间 t_g 保持在较小的水平上而工资级别也可定得较低。

1.1.3 加工管理费用G

与加工有关的附加管理费用分为固定管理费用(例如机床的付息和折旧费,按基本面积支付的房租和薪金,有关照明、取暖和清扫的费用以及与业务繁忙程度无关的费用等)和与加工有间接关系的可变(按比例分摊的)管理费用(例如库存的付息、社会费用、能源费用、标准工具费用、修理费用和辅助工资等)。

1.1.4 制造费用、成本和价格

制造费是材料费、工资和管理费之和,

即:

$$H = M + L + G \quad (1.10)$$

其中L和G两项之和是加工费用F,即:

$$F = L + G \quad (1.11)$$

在单个和成批生产中的加工管理费通常是生产工人的工资L的倍数,在实践中这一部分管理费用常用百分比来表示,例如用装配费用的300%来表示装配管理费用。以后把它作为管理费用系数g(例如加工管理费用系数 $g_t = 3.0$ 或装配管理费用系数 $g_m = 1.2$),并算出相应的管理费用加入账内,由此可得出管理费是生产工人工资的3倍或1.2倍。

通常在每个会计年度的年末用簿记方式算出管理费和生产工资数,并由此算出平均管理费用系数 \bar{g} 或 \bar{g}_t 和 \bar{g}_m 。 \bar{g} 值受管理方式的制约,并与业务的繁忙程度有很大关系。

在本规范中假设业务繁忙程度为80%。

在大量生产中可不必计算管理费用(见1.1.4.2节)。

1.1.4.1 管理费用的计算

把平均管理费用系数 \bar{g} 代入公式(1.10)和(1.11)可求得制造费用和加工费用

$$H = M + (1 + \bar{g}) L \quad (1.12)$$

和加工费用

$$F = (1 + \bar{g}) L \quad (1.13)$$

或者求得分为零件加工(t)和装配(m)两部分的加工费用:

$$\begin{aligned} F &= F_t + F_m \\ &= (L_t + G_t) + (L_m + G_m) \end{aligned} \quad (1.14)$$

或

$$\begin{aligned} F &= F_t + F_m \\ &= (1 + \bar{g}_t) L_t + (1 + \bar{g}_m) L_m \end{aligned} \quad (1.15)$$

从MLF(即工、料、费)曲线图(图1.01)中可看出材料、工资和费用之间的相互关系,

本规范中采用的工位费用计算法用来求算零件或由少数几种零件组成以至不能采用统计方法来计算的产品制造费用。

1.1.4.3 费用示意图

为了计算附加费用，给出了费用示意图 1.02。

表1.02 费用示意图

毛材料费用	W_b
+ 材料管理费用	G_w
+ 外购件费用	Z
+ 外购件管理费用	G_z
材料费用	M
零件的加工工资	L_t
+ 零件管理费用	G_t
+ 装配工资费用	L_m
+ 装配管理费用	G_m
加工费用	F
+ 零件加工费用(刀具, 模型)	$[E_F]$
制造费用 ($M + F + [E_F]$)	H
+ 研制费用	G_E
+ 行政管理费用	G_{vw}
工厂产品成本 ($H + G_E + G_{vw}$)	S_F
+ 销售管理费用	G_{vt}
成本 ($S_F + G_{vt}$)	S
+ 盈利	Δ_k
+ 纳税	S_t
标准价格 ($S + \Delta_k + S_t$) [*]	P

* 在定产品的标准价格时应考虑到代理商行的手续费。

上表同样适用于计算工位费用。但加工费用F需从1.01表内选取。

标准价格P(计算价格)是企业力求达到的数值。由用户支付的实际价格可用售价 P_E 表

示。根据市场情况(供货量和需要量)而定的价格称为市场价格 P_M 。

成本S可按式求得:

$$S = H + (G_E + G_{vw} + G_{vt}) \\ = \alpha \cdot H \quad (1.16)$$

标准价格P可按式算出:

$$P = S + \Delta_k + S_t = \beta \cdot H \quad (1.17)$$

除了算出制造费用H外, 还要注意按1.02表求得成本S和算标准价格P。这时, 可根据市场价格 P_M 来求算允许的制造费用 $H_{允许}$, 这一任务通常属于生产计划方面的工作。

为了阐明制造费用和成本对利润的意义, 企业首先要注意所制造的三种相类似的产品(分别用1、2、3标注), 即:

N_1, N_2, N_3 代表三种产品的月产件数;
 H_1, H_2, H_3 代表三种产品的制造费用;
 P_{E1}, P_{E2}, P_{E3} 代表三种产品的售价;
 α 是把制造费用换算为成本的系数, 见公式(1.16)。

参照公式(1.16)和(1.17), 当利润以 Δ_E 表示时, 可得以下关系式:

$$\Delta_E = (P_{E1} - \alpha H_1) N_1 \\ + (P_{E2} - \alpha H_2) N_2 \\ + (P_{E3} - \alpha H_3) N_3 \\ - S_t > 0 \quad (1.18)$$

如企业不仅制造三种, 而是制造n种不同产品时, 则按企业资源保持不变的规律, 把公式(1.18)改写成:

$$\Delta_E = \sum_{v=1}^n (P_{Ev} - \alpha H_v) N_v \\ - S_t > 0 \quad (1.19)$$

根据公式(1.19)中各项数值的相互关系, 可得以下情况: 件数 N_v 可根据市场的吸收(销售)能力进行调整; 它又与价格 P_{Ev} 的高低有很大关系。另外, 如出现具有较好竞争能力的产品和改变了式样等等, 就必定能定出有利的价格。制造费用 H_v 以及成本 S_v 可根据

设计水平和估算出来的开支，在假定生产件数的情况下较为精确地计算出来。因此公式(1.19)又可还原为实际所需的关系式。改变的原则是，在满足给定的技术要求情况下尽可能使产品的制造费用H和成本 $S = \alpha \cdot H$ 保持最小。用这种方式可使公式(1.19)给定的条件，在市场情况较差，即价格较低，和产量较少的情形下一般说来尚能得到满足。

公式(1.19)包含这样一个要求，即企业要采取一切措施使利润 Δ_E 尽可能大。既可在较低的价格 P_{EV} 和较大的批量 N_V 的情况下，也可在加工要求较高、价格相当和批量小的情况下获得利润。往往适用于：

$$H \rightarrow \text{最小},$$

式中的箭头表示要努力追求的最低的经济数值H。

1.2 产品的费用构成

把公式(1.10)除以H，并乘以100%，则得：

$$H' = M' + L' + G' = 100\% \quad (1.20)$$

M' ， L' ， G' 是与 $H' = 100\%$ 有关的费用系数。

费用系数之比 ($M' : L' : G'$) 称为费用构成，在图中采用线柱形式来表示这种构成。图1.02所示是铁路货车和精密手表厂的费用构成。最重要的差别在于铁路货车的 M' 占全部费用的69%，而精密手表厂的 M' 仅占30%。制造铁路货车时消耗的材料多而工资低；而精密手表厂则由于校准工作多和公差要求严，使工资在结构中占很大比例。图1.02所示的费用构成不仅可用来表示所生产的各个产品，而且也可用来表示与这个产品的结构和制造方式相似的其他工业产品。图1.03表示某种小型自动开关在十五年内经历的 I，II，III 三个发展阶段的费用构成。

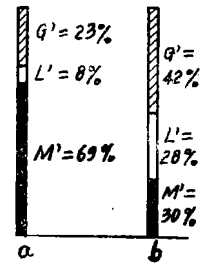


图1.02 铁路货车(a)和精密手表厂(b)的费用百分比(费用构成)

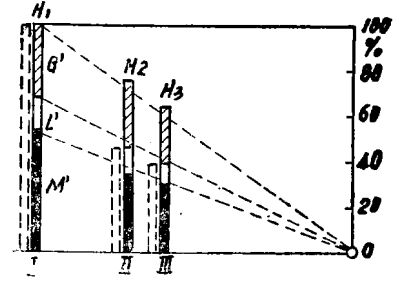


图1.03 某种小型自动开关在三个发展阶段中的费用构成比(虚线线柱表示重量)

线柱表明，绝对制造费用H有了急剧降低，费用构成几乎没有什么变化，而重量(虚线线柱)则有很大变化。

计算的经验是特别重要的，如果设计结构和加工方式没有什么重大的变动，则通过计算可知，一定的工业产品在不同发展阶段的费用构成是近似不变的(见1.4节)。

与此相反，如果通过不断的合理化，使加工方法获得改进，则费用构成就会有明显的变化。

图1.04表示一种需要车削加工的形状简单的硬铝质工件(C)在不同加工方法[不用专用刀具的车床(I)，用专用刀具的车床(II)，六角车床(III)，自动车床(IV)]和相应的不同批量生产时的绝对费用(用货币计算)构成(a)和相对费用(用百分比计算)构成(b)。如图1.04 a所示，如果在批量大

时不改变加工方法，则材料费用M与批量的关系很小。

所需的加工时间，也即每件的工资L与加工方式有很大关系。从图1.04 b中可看出，管理费G'所占的百分数增加得很多（当 $g=2$ 和4.5时相当于从200%增加到450%）；但每100件的管理费G却从52马克降低到11.50马克（见图1.04a）。

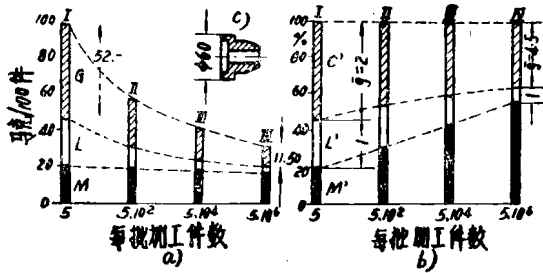


图1.04 车削硬铝质工件(C)时，与加工批量(件数)有关的绝对费用(用货币表示)构成(a)和相对费用(用百分比表示)构成(b)

在自动化加工时完全有可能出现如图1.04b所示的情况，即由于投资增加而影响了曲线的分布，这时管理费用G'的百分数只会增加而不会减少。材料费用M'所占百分数的多少具有特殊的意义，如图1.04b所示，材料费

用M'所占的比重随着加工的逐渐合理化而大大增加；这种现象对总的趋势来说是适用的；因此材料费用将来对制造费用的影响会越来越

1.3 材料费用的求算

根据图1.05所示的比例草图可算出零件的材料净用量 V_n ，加上相应的附加管理费用可算出材料毛用量，即毛材料费用 W_b ，而外购件费用Z可按价格表或报价单来确定。用小型零件的估算费用 Z_k 和管理费系数 g_w 与 g_z 按表1.03来给定材料费用，表中的 $K_v = K_v^* \cdot K_v$ 。（见VDI2225规范第二分册）。

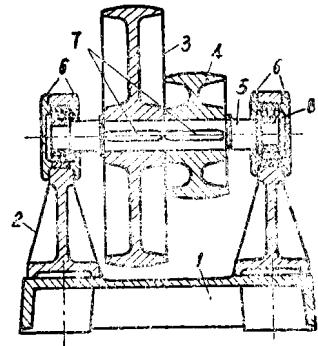


图1.05 皮带传动装置(1.底板;2.轴承座;3.和4.皮带轮;5.轴;6.轴承盖;7.平键;8.向心滚珠轴承)

表 1.03 材料费用的求算

件数	序号	零件名称	材料	V_n (厘米 ³)	V_b (厘米 ³)	K_v^* —	K_v (马克/厘米 ³)	$1 + \bar{g}_w; 1 + \bar{g}_z$ —	M (马克)
1.草图(图2.05)									
							$\cdot 10^{-3}$		
1	1	底板	GG—20	1580	1725	1.6	10.3	1.2	21.30
2	2	轴承座	GG—20	700	810	2.3	14.7	1.2	14.30
1	3	皮带轮	GS—38	920	1035	4.3	27.6	1.2	33.60
1	4	皮带轮	GS—38	310	350	4.6	29.5	1.2	12.40

(续表)

件数	序号	零件名称	材料	V_n (厘米 ³)	V_b (厘米 ³)	K_v^* —	K_v (马克/厘米 ³)	$1 + \bar{g}_w; 1 + \bar{g}_z$ —	M (马克)
1. 草图 (图2.05)									
1	5	轴	钢50—2	280	320	1.1	7.1	1.1	2.50
4	6	轴承盖	非合金钢 37—2	250	410	1.0	6.4	1.1	2.90
2	8	外购件 Z_1 : DIN1025 向心 滚珠轴承 (单价: 3.30 马克, 50% 外购时)						1.1	7.25
20	—	螺栓	}					1.1	9.50
2	—	保险环							
2	7	平键							
材料费用								$M_1 = 103.75$	
外购件费用 $Z_1 + Z_{k1} = 16.25$ 马克 $\cong M_1$ 的 16%									

1.4 整台产品制造费用的求算

可按公式 (1.10) 和 (1.11) 求算产品的制造费用:

$$H = M + L + G = M + F$$

求算新发展产品的制造费用应与改进产品有所区别。虽可根据手头的草图来算出材料费用 M , 但在设计阶段却没有什么依据来算出加工费用 F 。如果有一类产品 (1.2节) 的设计图与新产品的草图相似, 而前者的材料费用所占的百分数 M' 又是已知的, 就可用简单的方法来求算制造费用。得下式 (见图1.03):

$$H = \frac{M}{M'} \cdot 100\% \quad (1.21)$$

如果已知现有产品的制造费用 $H_0 = M_0 + L_0 + G_0 = M_0 + F_0$, 为了算出新设计产品的制造费用 H_1 , 首先就应根据手头的草图求出

材料费用 M_1 ; 而加工费用 F_1 则可根据原设计的加工费用 F_0 算出。

例如, 由于新产品的结构合理和加工简便而使工资降低了 ΔL ($L_1 < L_0$), 则新产品的工资费用 L_1 (这时用 P_L' 来表示工资所占比重之差) 是:

$$\begin{aligned} L_1 &= L_0 - \Delta L \\ &= L_0 - \frac{P_L'}{100\%} L_0 \\ &= \left(1 - \frac{P_L'}{100\%}\right) L_0 \end{aligned} \quad (1.22)$$

$$\text{式中: } P_L' = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \cdot 100\% \quad (1.23)$$

按公式 (1.12) 扩展得

$$L_0 = \frac{H_0 - M_0}{1 + g_0} = \frac{F_0}{1 + g_0}$$

按公式 (1.11) 和 (1.13) 得

$$G_1 = \bar{g}_1 \cdot L_1 \text{ 和 } G_0 = \bar{g}_0 \cdot L_0$$

把以上关系式代入制造费用 $H_1 = M_1 + L_1 + G_1$ 的公式内, 得:

$$H_1 = M_1 + \frac{F_0}{1 + \bar{g}_0} \left(1 + \bar{g}_1 - \frac{P_L'}{100\%} (1 + \bar{g}_1) \right)$$

和

$$H_1 = M_1 + \left(1 - \frac{P_L'}{100\%} \right) \frac{1 + \bar{g}_1}{1 + \bar{g}_0} F_0$$

或

$$H_1 = M_1 + f_L \cdot f_G \cdot F_0 \quad (1.24)$$

式中:

$$f_L = 1 - \frac{P_L'}{100\%} \quad (1.25)$$

和

$$f_G = \frac{1 + \bar{g}_1}{1 + \bar{g}_0} \quad (1.26)$$

f_L 是工资变化系数, f_G 是管理费用变化系数。

在改进产品时可把产品分为以下三类:

同类产品

规定新设计的产品属于同一类产品, 即:

$$M_1' : L_1' : G_1' = M_0' : L_0' : G_0'$$

故工资和管理费用也与材料费用一样按相同的比例变化:

$$\frac{M_1}{M_0} = \frac{L_1}{L_0} = \frac{G_1}{G_0} = \frac{F_1}{F_0} \quad (1.27)$$

和

$$L_1 = \frac{M_1}{M_0} L_0 \quad (1.28)$$

用公式 (1.28) 代入公式 (1.23), 再与公式 (1.25) 解, 得:

$$f_L = \frac{M_1}{M_0}$$

这时, 两种设计方案的管理费用系数 $\bar{g}_1 = G_1/L_1$ 和 $\bar{g}_0 = G_0/L_0$ 大小相等 ($\bar{g}_1 = \bar{g}_0$), 这就是说, 两种产品的加工过程 (就管理费用的开支来说) 是在相似的车间内和类似的机床上进行的。

因此公式 (1.26) 的系数 f_G 是:

$$f_G = \frac{1 + \bar{g}_1}{1 + \bar{g}_0} = 1$$

按公式 (1.24) 求得的制造费用是

$$H_1 = M_1 + f_L \cdot f_G \cdot F_0 = M_1 + \frac{M_1}{M_0} F_0 \quad (1.29)$$

因为是同类产品, 如果 M_0' 为已知, 也可按公式 (1.27) 求得制造费用:

$$H_1 = \frac{M_1}{M_0} 100\% \quad (1.30)$$

类似产品

类似产品的情况是: 管理费系数不变 ($\bar{g}_1 = \bar{g}_0$), 工资有变化 ($L_1 \neq L_0$), 材料费用不按相同比例关系发生变化 ($L_1/L_0 \neq M_1/M_0$)。各项费用所占的百分数不再是常数。则得:

$$f_L = 1 - \frac{P_L'}{100\%} \text{ 和 } f_G = 1 \text{ 和}$$

$$H_1 = M_1 + \left(1 - \frac{P_L'}{100\%} \right) \cdot F_0 \quad (1.31)$$

当 $L_1 < L_0$ 时, P_L' 标以正号; 当 $L_1 > L_0$ 时, P_L' 标以负号。

非同类产品

非同类产品的情况是, 两者的管理费用系数不相等 ($\bar{g}_1 \neq \bar{g}_0$), 例如通过进一步实现合理化 (采用较贵的加工设备), 就有必要提高管理费用系数 \bar{g} , 见图 1.01, 则得:

$$f_L = 1 - \frac{P_L'}{100\%} \text{ 和 } f_G = \frac{1 + \bar{g}_1}{1 + \bar{g}_0}$$

并根据公式 (1.24) 得:

$$H_1 = M_1 + \left(1 - \frac{P_L'}{100\%} \right) \frac{1 + \bar{g}_1}{1 + \bar{g}_0} F_0 \quad (1.32)$$

一般原则

首先要算出新结构的材料费用 M_1 。如果是新发展的产品, 而不是老产品改进, 则在 $H_0 = M_0 + L_0 + G_0$ 为已知时, 要弄清它属于

那类产品，即求出该产品的M'值是多少。假如对比产品的M'值不能用计算法求得，则可用本规范的第二分册规定的方法概略地估算出M'值。并用公式(1.21)算出H₁值。

如果是老产品的改进，则须弄清假定的费用构成是否合适。如适用，则可用公式(1.29)或(1.30)来算出H₁值。

如不适用，则可按公式(1.23)算出工资所占的百分数之差P_{L'}。这时可用手头已有的草图来算P_L就足够精确了。设L₁/L₀ ≈ M₁/M₀，并能取相同的管理费用系数，则H₁可用公式(1.31)来确定。

最后，如果把g₀修正为g₁，那末就适于用公式(1.32)。

根据经验，用专门的计算方法和经过验算几乎能在一切情况下足够精确地算出H₁值。只有零件数量多和用多道工序进行制造的产品才能按公式(1.21)，(1.29)和(1.32)来计算制造费用。这时至少要满足“零件数量多”这个原则。

1.4.1 实例

要改进某种现有产品，根据上述计算步骤算出的制造费用是：

$$\begin{aligned}
 H_0 &= M_0 + L_0 + G_0 \\
 &= 55 \text{ 马克} + 11 \text{ 马克} + 44 \text{ 马克} \\
 &= 110 \text{ 马克}
 \end{aligned}$$

加工费用是：

$$\begin{aligned}
 F_0 &= L_0 + G_0 = 11 \text{ 马克} + 44 \text{ 马克} \\
 &= 55 \text{ 马克}
 \end{aligned}$$

平均管理费系数是：

$$\bar{g}_0 = G_0 / L_0 = 4$$

属于同类产品的新的设计的材料费用是M₁ = 45马克。于是可按公式(1.29)算出制造费用：

$$\begin{aligned}
 H_1 &= M_1 + \frac{M_1}{M_0} \cdot F_0 \\
 &= 45 \text{ 马克} + \frac{45}{55} \cdot 55 \text{ 马克} = 90 \text{ 马克}
 \end{aligned}$$

材料费用和管理费用系数相同时，算出的节省工资数为P_{L'} = 25%，则H₂可用公式(1.31)求得：

$$\begin{aligned}
 H_2 &= M_2 + \left(1 - \frac{P_{L'}}{100\%}\right) \cdot F_0 \\
 &= 45 \text{ 马克} + \left(1 - \frac{25\%}{100\%}\right) \cdot 55 \text{ 马克} \\
 &= 86.25 \text{ 马克}
 \end{aligned}$$

可使材料费用降低到M₃ = 40马克和节省工资数P_{L'} = 35%，假使为此而需将管理费用系数从g₀ = 4提高到g₃ = 5，则按公式(1.32)可求得：

$$\begin{aligned}
 H_3 &= M_3 + \left(1 - \frac{P_{L'}}{100\%}\right) \cdot \frac{1 + \bar{g}_3}{1 + \bar{g}_0} \cdot F_0 \\
 &= 40 \text{ 马克} + \left(1 - \frac{35\%}{100\%}\right) \cdot \frac{1 + 5}{1 + 4} \\
 &\quad \cdot 55 \text{ 马克} \\
 &= 82.90 \text{ 马克}
 \end{aligned}$$

图1.06表示也可通过MLF一图表(见1.1.4.1节)用简单的方法来求得制造费用。

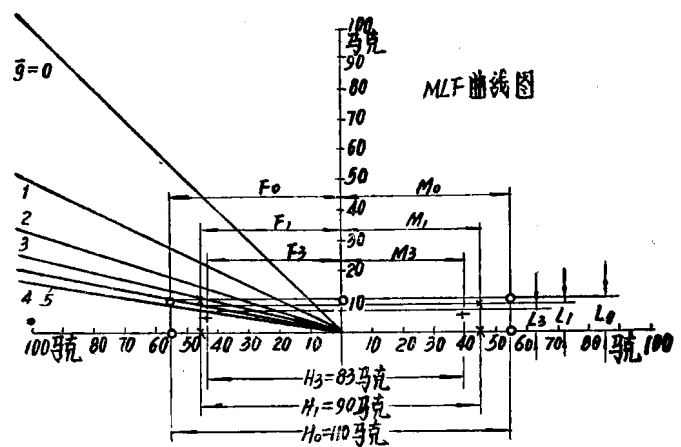


图1.06 用MLF一图表来求得制造费用H的计算实例(说明见下页)

1) 现行产品	$M_0 = 55$ 马克, $L_0 = 11$ 马克; $\bar{g} = 4$; 从图表中查得: $F_0 = 55$ 马克, $H_0 = 110$ 马克
2) 第一次的新设计, 同类产品	$M_1 = 45$ 马克, $L_1 = \frac{M_1}{M_0} \cdot L_0 = 9$ 马克, $\bar{g} = 4$; 从图表中查得: $F_1 = 45$ 马克, $H_1 = 90$ 马克
3) 第三次的新设计, 非同类产品	$M_3 = 40$ 马克, 节省工资数 $\approx 35\%$, $L_3 = 7.15$ 马克, $\bar{g} = 5$; 从图表中查得: $F_3 = 43$ 马克, $H_3 = 83$ 马克

1.4.2 外购件多时制造费用的求算

在本规范第二分册中给出的材料费用百分数 M_0' 适用于外购件费用百分数不超过总材料费用 20% 的产品。如果外购件费用的比例较高, 则可按表 1.04 的规定来计算制造费用。为了使这一计算方法适用于一切场合, 需对 M_0' 值所要求的外购件百分比进行验算, 看它是否能满足 $M_z < 20\%$ 这一条件。

在这种情况下对两种设计结构的费用进行比较时, 还须考虑到单件的加工费用 E_F 。如果对外购件还要作一定的加工处理, 则 \bar{g}_z^* 就相应地大于 \bar{g}_z 。

在计算相似产品和非同类产品时, 对 H 和 H_E 来说, 可采用 1.4 节中展开的相似公式。

表 1.04 外购件费用的比例较高时制造费用的求算

材料费用	
自制件的费用	$(1 + \bar{g}_w) \cdot \sum V_b \cdot K_v = M_E$
外购件费用 (包括标准件)	$(1 + \bar{g}_z) \cdot \sum Z = M_Z$
材料费用总计	$M_E + M_Z = M$
外购件费用占总材料费用的百分数	$Z' = \frac{M_Z}{M} 100\%$
制造费用	
$Z' \leq 20\%$ 时	$\frac{M}{M_0'} \cdot 100\% = H$
$Z' > 20\%$ 时	
自制件的制造费用	$\frac{M_E}{M_0'} \cdot 100\% = H_E$
外购件的制造费用	$(1 + \bar{g}_z^*) \cdot \sum Z = H_Z$
制造费用总计	$H_E + H_Z = H$

1.5 零件制造费用的求算

在1.4节中介绍的各个计算关系式适用于多数场合，即使是在手头只有比例草图的最初研制阶段也能近似地算出制造费用。但有时不仅要算出零件的材料费用，而且往往还要算出零件的制造费用，例如在对比铸铁结构和焊接结构时，对工资所占的比例较大的工件和新结构来说不能可靠地算出 M_0' 值，在这种情况下适于采用下述的MF一法（即材料和加工费用法）。

从比例草图（总装配图）中可知全部重要的尺寸、材料种类和最主要的公差。第一步由设计者根据1.3节算出材料费用。然后和有经验的会计师（在小型企业中也可由师傅或具有西德劳动定额研究委员会经验的工人）根据手头的总装配图来分析每个被加工零件。再一起确定对加工提出的要求。首先要确定每道加工工序所用的有关机床（工位费用/分是已知的）。由加工者算出所需的加工时间（工位占用时间），并填入计算表内（表1.05）。把各工序的制造费用累加起来即得总制造费用。

按表1.05（自动装配机几个零件的制造费用）中的实例估算出每个项目的加工时间平均要6分钟，即估计出全部13个项目的加工时间约需1.5小时。这项工作由上过西德劳动定额研究委员会短训班课程的加工组长来做。

头十台自动装配机发货后进行复算；图1.07表示13个项目的估算加工费用的对比情况。

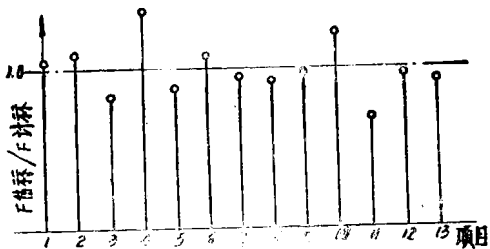


图1.07 自动装配机加工费用的对比（用MF法估算出来的加工费用与计算出来的加工费用之间的对比）

虽然有一些项目存在着很大的偏差，但平均误差小于2%。

1.6 大批量加工的基本计算原则

所谓自动化，就是用技术手段来安排作业过程，使人在这一强迫节拍的过程中既无固定位置，也不起作用。除了从人的观点出发来看问题以外，还有一个经济观点，它对过渡到自动加工经常起主要的推动作用。发电和加工工艺方面的自动化技术最为完善。发电厂、精炼厂、轧钢厂以及大型企业中几乎是不用人来进行操作的。这类全自动化企业的重要特点是，所制造的产品在相当长的一段时间内是保持不变的。大批量生产工业产品时的零件品种比例关系是比较复杂的，但仍要求所制造的产品保持不变。VDI3237规范在“适用于自动上料、加工和装配的便于加工的零件结构”一节中指出：设计者能用什么方法使设计的零件适于实现自动化（加工）。

图1.08表示VDI3237规范中介绍的一些例子；从草图中可直接看出所采取的措施。

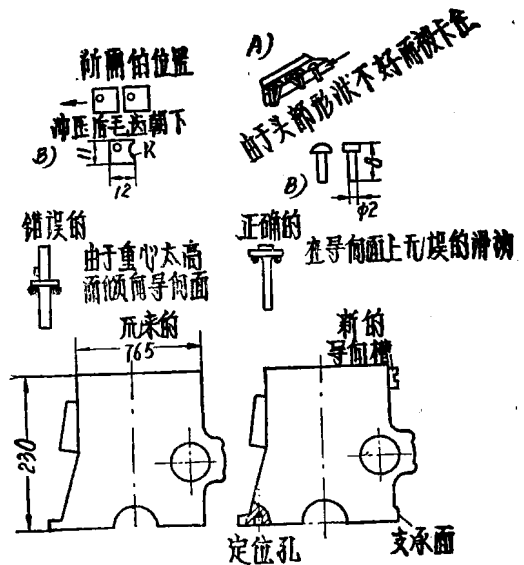


图1.08 适于进行自动加工的零件设计实例（见VDI3237规范）

表1.09 自动装配机几个零件的制造费用计算表

项目	件数和 工序名称	材料	M (马克)	机床 编号	工位费用 (马克/小时)	加工时间 (分)	F _{估算} (马克)	F _{估算} = M + F _{估算} (马克)
1	法兰盘 1件							
	车削			408	27.50	60	27.50	
	6个配合孔			409	30.40	15	7.60	
	6个螺纹孔 铣槽			409 406	30.40 31.50	15 5	7.60 2.60	
			$M_1 = 15.70$				$F_1 = 45.30$	$H_1 = 61.00$
13	主轴 1件	铬钢						
	车削(车外 圆和切端面)			407	21.00	10	3.50	
	镗和铣削			402	27.80	20	9.20	
	磨削			403	42.30	30	21.15	
			$M_{13} = 2.00$				$F_{13} = 33.85$	$H_{13} = 35.85$
估算的制造费用 $H_1 \sim H_{13} = 569.70$								

除了切削加工费用以外，在大批量加工中要求保持的公差（零件的互换性）对加工费用有很大影响。由于产品的公差（微米）和加工费用（%）的乘积近似于一个常数，故公差愈严，则加工费用愈高（见图1.09中的双曲线）。

冲压件、壁板或底部衬板及其它类似的工件应设计得使下脚料为最少。赫舒(Heesch)和金茨勒(Kienzle)〔3〕两人在这方面进行了基础研究。可分解为28种类型的无穷个有规则的平面封闭形状。图1.10表示一个实例。连线A—C和AM就可以是任意形状，而连线B—C和B—M是按图示的箭头方向转动60°和180°而产生的，图1.10右方表示有关的封闭面的分解图。曲线三角形有六个不同的位置，这使制造造成困难。根据目前的经验，如采用赫舒定律，就可使零件的材料净用量平均节省50%左右。

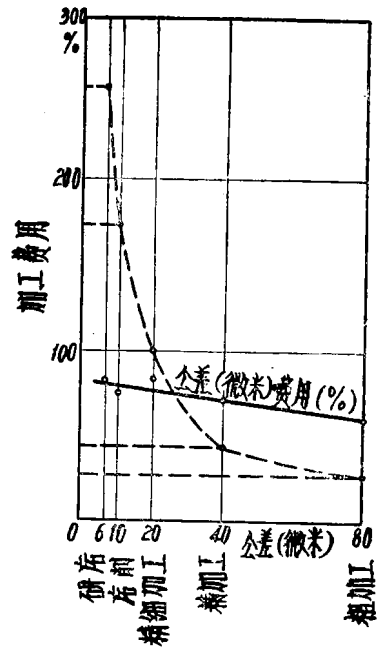


图1.09 按勃朗涅尔(Bronner)〔2〕计算出来的规定公差对加工费用的影响

在设计加工设备时，对加工规划和设计的费用则要根据另外的考虑。下面引述勃朗涅尔

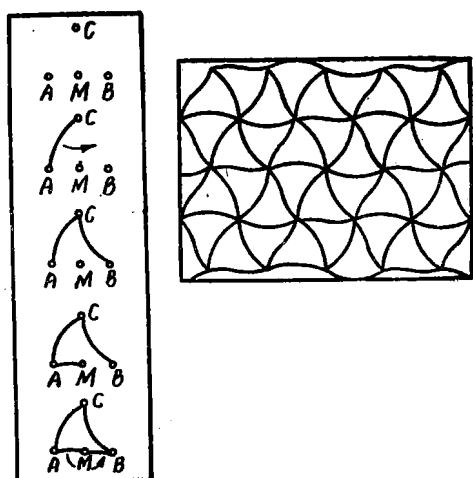


图1.10 按赫舒和金茨勒的封闭面展开图

图1.11a表示汽车工业的产品在成批制造时的费用构成（为了清楚起见，把构成比算成整数）。由于产品的销路很好，所以要验证一下转向自动化生产在经济上是否合算。首先由专业主管人员粗略地估算出相应自动线的购置费用，并据此算出规定使用期限内每年的资金偿付（折旧和付息）（见公式1.35）。这一数值在很大程度上决定自动化生产的管理费用（图1.11b）。为调整和维护自动线而付的工资可忽略不计。

由所述的费用估算而算出的费用构成如图1.11b所示。材料费用构成比由50%增加到71.2%，而工资构成比则由10%降低到1.8%。比例 $G_1' : L_1' = 4$ 增长至 $G_2' : L_2' = 15$ 。因此在自动化加工中总加工费用与工资之间的关系就没有多大意义了。

根据绝对制造费用 $H_1 = 90$ 马克和 $H_2 = 56$ 马克的比较，即 $\Delta H = 90$ 马克 - 56马克 = 34马克，得出结论是转向自动化生产是非常有利的（因为资金偿付已包括在 G_2 内）。当然在线高相等时，即 $\Delta H \approx 0$ ，往往还能有节省人力的优点，在市场景气时期内这个数值是比较大的。

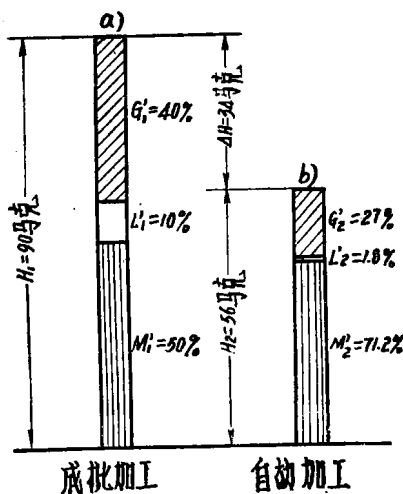


图1.11 成批和自动化加工时，每种工业产品的费用组成

〔2〕的一篇论文中最重要的关系（ $\lambda = L_1 / L_0$ = 线性放大比例）：

材料费用：

$$M_1 \approx M_0 \lambda^3 \quad (1.33)$$

加工费用：

$$B_1 \approx B_0 \lambda^\chi; (\chi = 2.2 \text{ 至 } 1.8) \quad (1.34)$$

资金偿付：

$$K \approx \frac{Z'}{1 - \frac{1}{(1 + Z')^n}} \cdot A \quad (1.35)$$

购置费用：

$$\begin{aligned} A_1 &\approx A_0 \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= A_0 \cdot \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^2 \end{aligned} \quad (1.36)$$

每件加工费用：

$$\begin{aligned} F_1 &\approx F_0 \left(\frac{N_0}{N_1} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= F_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_0}{N_1}} \end{aligned} \quad (1.37)$$

公式(1.33)的材料费用 M 因线性放大 $\lambda = L_1 / L_0$ 的3次方而增加了，当然这是不

会有其它问题的。公式(1.34)很有意义。它对切削加工来说较为合适的是：单件加工时 $\chi=2.2$ ；成批加工时 $\chi=2.0$ ；大量加工时 $\chi=1.8$ 。资金偿付的公式(1.35)具有特别重要的意义，式中：A是购置费用，n是使用期限(年)， $Z'=Z\%/100\%$ 表示相对利率。只有当资金偿付K小于因投资而获得的节约或额外收益的时候，转向自动化加工在经济上才是合算的。 N_0 是至今用一种设备加工的件数， N_1 是大于 N_0 的件数，为增添加工设备的购置费用不是随 N_1/N_0 成比例增长，而是随这个量的 $2/3$ 次方增长，因为根据经验可知，全部加工设备并非经常满负荷工作的〔公式(1.36)〕。公式(1.37)仍有效，把 (N_0/N_1) 开立方后每件的加工费用 F_1 随着件数 N_1 的增加而减少。

当两个企业实际上生产相同的产品时，小型企业每月生产的件数为 $N_0=2000$ ，而大型企业每月生产的件数为10000，则每件的加工费用有以下的关系式：

$$F_1 = \sqrt[3]{\frac{2000}{10000}} F_0 = 0.58 F_0$$

当件数增加五倍时，每件的加工费用就减少 $\frac{6}{10}$ 。图1.12表明，这一关系式是适用于工

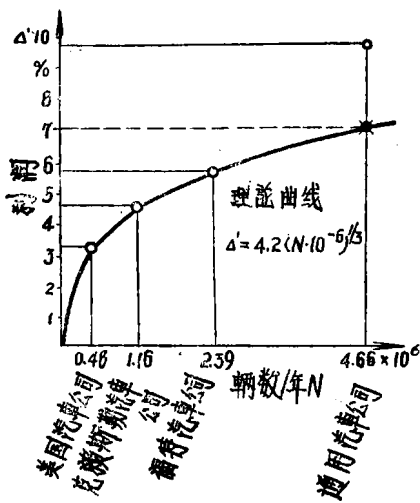


图1.12 1963年售出的汽车数和获得的利润

业中的情况的。横座标上列出了美国四家大型汽车康采恩每年生产的辆数，纵座标上列出了取决于加工费用的全年利润。

图中的曲线与上述计算原则相符。通用汽车公司的交点较高，其原因之一是在该公司的利润之内包括了销售其它产品(化工)的收入。该公司的产量大主要是通过该公司的努力使产品获得畅销，这就是目前的市场特点，只要谁能向市场提供全新产品，他就能争取主动，免遭淘汰。

2. 整台产品的设计

2.1 引言

本规范把“整台产品”理解为从最简单的仪表、机器、构件直到整台工业装备。

每一项技术发展的目的是创制出富有生命力的产品，即创制出长期具有竞争能力的技术水平高和设计成熟的产品。只有细致地研究各方面的观点才能作出详细的预测，由此作出的技术经济评价才特别有用。

为了保持与V DI2222规范第一分册〔1〕之间的关系和把“设计草案”正确地安排到整个研制过程中的适当阶段，在这里列出了该规范中的进度计划图(图2.01)。根据已选定的任务而提出的解决方案，既是创新设计阶段的终结，同时也是下一个设计阶段的起点。

为了清楚地列出“要求注意事项”的清单和在研制过程中系统地进行技术评价，应把要求注意事项区分为：

1. 固定要求：用数量(如需规定公差时)和说明(例如：规定的管理方式，技术安全规范*)来表示；
2. 最低要求：根据情况只可以是超过(\geq)或不超过(\leq)(例如：效率高，噪声低)；

*) 1968年7月24日发布的技术措施的法则
——原注。