



民用飞机设计手册

第六章 机加与化铣

航空航天工业部第六四〇研究所

√27.1.162
1001-F1
1001-

第六 前 言 与化铣

《民用飞机设计手册》是一套译丛，主要有材料与规范、图纸附注、锻件与铸件、金属钣金材、挤压件与管件、机加与化铣、焊接、紧固件、非金属材料、化学工艺和表面处理与无损检测、其他等共十一章。

《译丛》内容涉及标准、材料和工艺方面的设计要求，是国外某飞机公司的设计经验总结，是一本实用性很强的工程资料，对我国民用飞机尤其干线飞机的研制有较大参考价值，对民航科研、使用、维修人员以及航空院校有关专业师生有一定参考价值。为此所领导十分重视，组织专门力量花了近三年时间翻译、校对，几经审核，同时得到部民机司郑作棣、林立清的大力支持。

《译丛》约80万字。我们已就各章内容及其相关性进行编辑，并将分章于近期内陆续出版。

本书为第六章：《机加与化铣》。机加部分由熊宁辉翻译，王松泉、虞湘初和宋初镗校对；化铣部分由熊宁辉翻译，陈名烈校对。本章均由钟维洋审校，林立清审定。

本书出版时间比较紧，难免有错误之处，欢迎批评指正。

航空航天工业部第六四〇研究所

编者 郭玉瑛

一九九一年四月



30698461

698461

录 目 指 引

第六章 机加与化铣

(82) 设计 0.1

(82) 设计 1.1

(82) 设计 1.1

(82) 设计 1.1

(82) 设计 1.1

(82) 设计 1.1

机 加 目 录

1.0 机加 (1)

1.1 概述 (1)

1.1.1 设计考虑 (1)

1.1.2 有关可生产性的指导原则 (1)

1.1.3 图纸附注 (2)

1.1.4 其他设计 (2)

1.2 有关文件 (2)

1.3 材料 (2)

1.4 设备和工具 (2)

1.5 设计参数 (2)

1.5.1 可机加性 (2)

1.5.2 原材料的选择 (3)

1.5.3 毛坯加工余量 (3)

1.5.4 表面特征 (4)

1.5.5 机加公差 (4)

1.5.6 钻削 (10)

1.5.7 铰孔 (12)

1.5.8 扩孔和铳窝 (14)

1.5.9 铳锥形沉孔 (14)

1.5.10 车螺纹 (16)

1.5.11 车削和镗削 (25)

1.5.12 滚花 (28)

1.5.13 磨削, 珩磨和研磨 (28)

1.5.14 铣加工 (29)

1.5.15 拉削 (45)

1.5.16 花键和锯齿 (47)

1.5.17 方轴 (48)

1.5.18 圆柱面配合 (48)

1.5.19 氧切割 (51)

1.6 成本与进度 (51)

1.7	制图方法	(51)
-----	------	------

化 铣 目 录

1.0	化铣	(56)
1.1	概述	(56)
1.2	有关文件	(56)
1.3	材料	(56)
1.4	设备与工具	(56)
1.5	设计参数	(57)
1.5.1	铣切深度	(57)
1.5.2	表面光洁度	(57)
1.5.3	内圆角半径	(57)
1.5.4	角半径	(57)
1.5.5	最小凹槽宽度	(57)
1.5.6	最小肋宽	(58)
1.5.7	焊接件	(58)
1.5.8	边缘修整余量	(59)
1.5.9	斜面加工	(59)
1.5.10	公差	(59)
1.5.11	管件的加工	(60)
1.6	进度	(60)
1.7	制图方法	(60)
1.7.1	概述	(60)
1.7.2	图纸	(61)

机 加

1.0 机加

1.1 概述

1.1.1 设计考虑

通常，机加零件的设计必须满足外形、配合、功能以及强度、重量、防蚀等要求；此外，成功的设计还应考虑到成本、机加能力以及现有的标准。本章所包含的资料旨在帮助工程部门将可能的最佳机械加工方法和最低成本结合起来体现在设计中。

1.1.2 有关可生产性的指导原则

精巧的机床使设计师得以将几个零件组合成为一个整体机加件。这经常意味着机加件含有能方便地在五座标仿形机床上加工的模线表面或变化的斜角。有时这样的设计是为了简化设计，而不是降低成本，结果需要用五座标仿形切削加工。设计人员应尽可能设计成只需三座标机加。

下面的指导原则旨在帮助设计人员设计出成本最低和加工最易的机加零件。如限制设计的零件都能用五座标机床加工就基本上可达到这一目标，反过来，在选择加工机床时余地也较大。

(a) 将零件的凸缘和筋条设计在腹板的单侧。将大零件的凸缘、斜削腹板、凸台或其他细节仅设计在单侧可大大减少装夹和加工的成本。

(b) 限制不同内圆角半径的数量，尽量减少切削刀具的更换。不同的半径意味着切削刀具的更换，从而延缓了机加工作（见图1）。

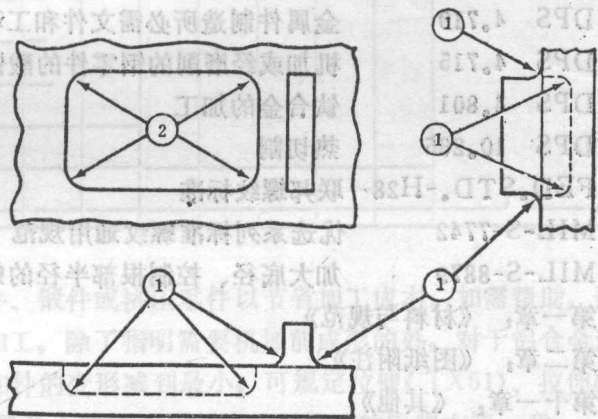
(c) 尽可能规定最大的内圆角半径。半径越大则使用的切削刀具越大，刚度越好，因此进给速度亦越大。

(d) 凸缘和肋板宜设计与腹板垂直，这样的设计使得能采用较多的三座标加工。如果不能设计成 90° ，则采用恒定的角度将降低加工成本。

(e) 避免设计位于多个平面内的腹板或造成在加工中限制刀具的可达性。

(f) 设计锻件、铸件、挤压件或其他用模具制造的零件。

(g) 使零件的总尺寸与模线轮廓无直接关系，以便于加工和检验。



如果半径①在所示部位都相同且半径②大于半径①，就可以不更换刀具完成这个图示雕刻件的加工。

图1 减少不同的半径

- (h) 对零件功能非至关重要的公差应放宽。
- (i) 凡有可能, 应允许有可供选择的制造方法。

1.1.3 图纸附注

适用于机械加工及机加零件的图注, 见第二章: 《图纸附注》。

1.1.4 其他设计

关于销钉孔尺寸的设计资料, 见第十一章: 《其他》。

1.2 有关文件

ANSI Y14.5M	尺寸与公差
ANSI B46.1	表面粗糙度
ANSI B92.1	渐开线花键与检查
DPS 1.05	金属硬度测试
DPS 2.401	表面粗糙度控制
DPS 3.077	塑料的机加工
DPS 3.51	锁紧螺纹及圆柱形零件
DPS 3.67	紧固件安装
DPS 4.50	保护性涂层
DPS 4.507	滚压螺纹及根部圆角——通则
DPS 4.601	金属磨削
DPS 4.710	金属件制造所必需文件和工程要求
DPS 4.715	机加或经磨削的钢零件的酸蚀检查
DPS 4.801	钛合金的加工
DPS 10.265	热切割
FED.STD.-H28	联邦螺纹标准
MIL-S-7742	优选系列标准螺纹通用规范
MIL-S-8879	加大底径、控制根部半径的螺纹通用规范

第一章: 《材料与规范》

第二章: 《图纸附注》

第十一章: 《其他》

国外某飞机公司制图手册

1.3 材料

见本手册第一章: 《材料与规范》。

1.4 设备和工具

在国外某飞机公司或通过外部承包商以获得广泛的机加能力。关于专用设备和刀具的资料请咨询“可生产性工程”部门。

1.5 设计参数

1.5.1 可机加性

在选择最经济的材料时应考虑价格和可机加性。表 1 指出了加工各种黑色和有色金属时相对的难易程度, 对于现用材料和加工成本请咨询“可生产性工程”部门。

表1

相对机加工时间

材 料	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200
7075-T73	—										
AL-Cu	—										
AL-Ni-Cu	—										
4130正火	—										
4140正火	—	—									
4340(180-200KSI)	—	—									
303	—	—									
17-4PH退火	—	—									
17-4PH(H1150)	—	—									
52100退火	—	—	—								
300M退火	—	—	—								
HY-TUF退火	—	—	—								
TI 6-6-2退火	—	—	—								
TI 6-4退火	—	—	—	—							
13-8(H1000)	—	—	—	—							
A-286固溶时效	—	—	—	—							
440C	—	—	—	—							
12-9-2(H1000)	—	—	—	—							
INCONEL 718	—	—	—	—							
RENE 41	—	—	—	—							

1.5.2 原材料的选择

在可能的情况下尽量设计诸如铸件、锻件或挤压零件以节省加工成本。如需帮助，请咨询“可生产性工程”部门。为了便于加工，除了指明需要机加前成形的，对于铝合金坯料应规定适当的“T”状态。为了使机加件的变形减到最小，可规定拉伸(TX51)、拉伸校直(TX511)或冷作(TX52)。铝合金和黑色金属的最大热处理截面的限制在第一章：《材料与规范》中列出，毛坯尺寸限制也必须考虑。

1.5.3 毛坯加工余量

各种材料的毛坯表面状态见第一章：《材料与规范》，在成品件上不允许存在毛坯表面状态(光洁度、公差、脱碳等)，在毛坯尺寸中必须包括机加余量。

钢材(中厚板、锻件、棒材等)的表面在热处理时既会增碳也会脱碳。不允许增碳。如果不允许脱碳，则可增加机加余量或化铣去掉脱碳层。*

为了要满足磁粉检验要求，某些合金钢切削量要求减少到最低量。根据冶金方面的考虑机加切削余量是不同的，见第一章：《材料与规范》所列。如毛坯尺寸包括了毛坯切削余量，那么毋需增加机加余量。

*原文为增碳层——编者注

由于毛坯公差(光洁度、厚度、直线度和平直度等),表面切削机加余量最少需要0.09英寸。对锻件、铸件和挤压件的机加余量,分别见第三章和第五章。

1.5.4 表面特征

表面特征是反映理想表面随机偏离的情况。它包括了粗糙度、波度、加工纹理和表面缺陷。国外某飞机公司的机加件、铸件和锻件等图纸控制理想表面光洁度用表面粗糙度表示,而对某些零件,仅以表面粗糙度还不够,这些零件的表面特征必须按 ANSI B46.1-1978的粗糙度平均值、波度和加工纹理的符号来控制。

1.5.4.1 表面特征结构型式

表面特征是用三种结构型式即粗糙度、波度和加工纹理来描述,各部分是沿取样长度测量算术平均值偏离中线来决定的。

1.5.4.1.1 粗糙度

粗糙度是微观不平度的表面特征,这通常是由加工引起的,它包括在粗糙度取样长度内的横向刀痕。

1.5.4.1.2 波度

波度是由表面特征的宽节距部分组成,它包括所有的间距大于粗糙度取样长度而小于波度取样长度的不平度。

波度是由机加时机器或工件的偏斜、振动、热处理或翘曲应变造成的。粗糙度可以认为是叠加在波形表面上。

1.5.4.1.3 加工纹理

加工纹理是由制造工艺方法(车、磨、铣)所引起占优势的表面花纹的方向。

1.5.4.2 表面特征与疲劳要求

表面特征影响零件抗疲劳性能,因为大多数机加件留下某种缺口花纹,这些缺口往往是疲劳裂纹源,如内圆角、过渡区、孔等应力集中部位的表面特征往往要比其他部位更加重要。仅在重要的区域要求规定高光洁度,而零件的其他表面则不必规定,见图2。

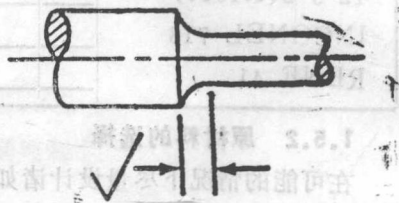


图2 重要的区域

1.5.4.3 表面特征标识

表面光洁度要求高于一般质量的,需要增加额外工序的成本,高于Ra125表面光洁度,由于额外工序使成本迅速增加。

表2所列表面粗糙度值,仅规定锻造、铸造、挤压和机加零件上要求。对特殊用途表面的粗糙度要求见《设计组手册》。

仅当机加件、锻造或铸造表面光洁度比DPS 2.401还要高时,应规定表面光洁度要求。表3列举了各种加工方式可获得的表面粗糙度值,与DPS 2.401规定的相同。

1.5.5 机加公差

表4列出了各种机加工工艺可达到的公差。只要零件的配合、功能允许,应采用较大的公差。这些公差仅用于由直径、厚度、宽度、长度等尺寸所定义的零件要素,但不用在位置或定位尺寸上。

由本手册指出的某些用途的专用公差则应予采用。

不论何时,都应尽可能规定正负对称公差。但公差也可以规定在实际误差最可能产生的

表2

表面粗糙度值(微英寸)

Ra	用途说明
500	粗加工光洁度, 仅用于无应力区。
250	热处理至200,000PSI的钢的名义机加光洁度。 疲劳高应力部位, 铝合金或与铝接触的钢表面不应采用。
125	除具有敞开的平的或圆柱表面外, 对于钢件达到这一等级是比较困难的。 作为最大可接收的粗糙度有下述情况: <ul style="list-style-type: none"> • 铝合金。 • 与铝合金相接触的钢表面(与7075零件高应力部位接触除外)。 • 热处理超过200,000PSI的钢。
63	圆柱形钢件磨削加工或铝件精加工的名义粗糙度。 作为最大可接收的粗糙度有下述情况: <ul style="list-style-type: none"> • 在疲劳载荷下受到高应力集中的高载断面或区域。 • 不连续运动, 轻至中等载荷的轴承。 • 与7075零件高应力部位相接触的表面。
32	具有良好精度磨削的钢件或手工精加工的铝零件, 用于低速运动。
16	精细磨削, 用于快速转动轴和承受高载的轴承。
8	珩磨或精细磨削, 高成本的光洁度。
4	研磨或珩磨。除非证明是必要的, 一般不用。

方向上。例如, 孔径通常采用正(+)公差, 轴径用负(-)公差。长度和面积的大小是两个影响公差的因素。通常, 长度越大或面积越大, 公差也越大。

按普通的机加车间惯例所加工的零件, 将具有表5所列的最大公差(参见表5)。如设计时需要紧公差, 图纸上必须注出。

1.5.5.1 错位

错位发生在二个分别切削表面的连接处或机加切削与挤压、铸造、锻造面的连接处。把

表3

推荐的表面粗糙度Ra值

加工类型		材 料													
		铝-镁		低碳钢及 易切削不 锈钢		正 火 钢		125KSI 钢		160-200 钢		钛和PH 钢 H1000		INCO- NEL和 PH钢 H925	
		正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本	正 常	较 高 成 本
表 面 平 整	平面铣、带圆角	125	63	250	125	250	125	250	125	250	125	63	250	125	
	平面铣、无圆角	125	63	250	125	250	125	125	63	250	125	63	250	125	
	平面及仿形铣	125	63	250	125	250	125	125	63	250	125	250	125	250	125
	开槽双面铣	125	63	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125
	带 锯	1000	500	1000	500	1000	500	1000	500	1000	500	1000	500	1000	500
	盘 磨	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—
	车床切断	125	63	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125
	端面车削	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63
	氧 切 割	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—
	翼梁顶铣	63	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
表面磨削	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32	
外 圆 柱	成形刀具	125	63	125	63	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125
	磨 削	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16
	旋转和面铣	63	32	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63
内 圆 柱	镗 削	63	32	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125	250	125
	拉 削	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32	63	32
	钻 孔	125	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—
	磨 削	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16	63	16
	珩 磨	16	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16	8
	绞 孔	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63
自 然 形 成 表 面	压 铸	125	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金 属 铸	250	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	砂 铸	500	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	挤 压 件	250	125	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—
	冷轧表面	63	—	250	—	—	—	250	—	—	—	—	—	—	—
	热轧表面	—	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—	250	—
	熔模铸造	125	63	—	—	125	63	125	63	125	63	125	63	125	63
	模 锻	125	—	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—	500	—

错位弄平整、光顺要采用成本较高的手工工序,除非图中另有注明,该工序由车间直接下达。

在不影响零件功能的情况下,可在图样中采用图 3 所示方法之一来规定错位的允许量或对错位进行控制。

表4 机 加 公 差

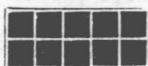
尺寸范围		总 公 差						
起	至							
0.000	0.599	0.005	0.003	0.0020	0.0012	0.0008	0.0005	0.0003
0.600	0.999	0.006	0.004	0.0025	0.0015	0.0010	0.0006	0.0004
1.000	1.499	0.008	0.005	0.0030	0.0020	0.0012	0.0008	0.0005
1.500	2.799	0.010	0.006	0.0040	0.0025	0.0015	0.0010	0.0006
2.800	4.499	0.012	0.008	0.0050	0.0030	0.0020	0.0012	0.0008
4.500	7.799	0.015	0.010	0.0060	0.0040	0.0025	0.0015	0.0010
7.800	13.599	0.020	0.012	0.0080	0.0050	0.0030	0.0020	0.0012
13.600	20.999	0.025	0.015	0.0100	0.0060	0.0040	0.0025	0.0015

机加种类	公 差 范 围						
珩 磨				////	////	■	■
抛 光				////	////	■	■
研 磨			////	////	////	■	■
精 镗				////	////	■	■
铰 孔		////	////	////	////	■	■
拉 削		////	////	////	■	■	■
镗 削	////	////	////	■	■	■	■
车 削	////	////	////	■	■	■	■
铣 削	////	■	■	■	■	■	■
钻 削							

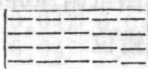
见1.5.6节



一般水平



需经“可生产性工程”部门批准



不推荐

表5

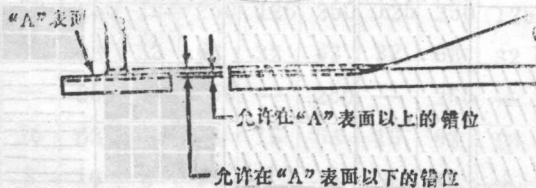
最大机加公差

- a. 所示为平行的面和中心轴线，其总量在0.030英寸以下，每英寸范围在0.003英寸以下。
- b. 所示为垂直的面和中心轴线，在 $0^{\circ}30'$ （每英寸0.007英寸）以内。
- c. 粗糙度为Ra125或更小的平面，其总量为0.030英寸，且每10英寸为0.010英寸。
- d. 所示为直线的要素，其总量为0.30英寸，且每10英寸为0.010英寸。
- e. 机加轮廓表面总量为0.030英寸，且应平滑光顺。
- f. 继而成形的机加零件，偏离模线的总量在0.030英寸以内，且应平滑光顺。
- g. 图示同轴的所有机加直径表面，其径向跳动为0.015英寸（FIM）。
- h. 当孔规定在同一轴线时，与孔的过规有相同直径的棒，必须能同时通过这一组孔，而无阻涩。
- i. 铤平深度至少应保证75%的支承面，而浅边的深度最大为0.010英寸。
- j. 所示中心线上的孔，偏离中心线的任一边在0.010英寸以内。

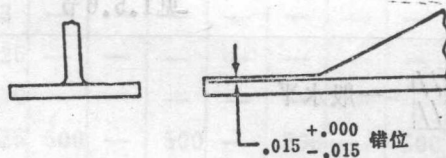
零件上任何可接收错位的地方，采用以下图纸附注：

- a) 1AZJ—单独机械切削的情况下，当推荐的最大值为0.015英寸时。
- b) 1AZK—在机加面到模压面的情况下，当推荐的最大值为0.030英寸时。

注：采用上述图纸附注，是在任一方向上都允许错位。



当错配只允许在一个方向上，则应在图中表示出这一方向，并加上图纸附注。



当错配只允许在某局部区域的两个方向上，则可采用上述图纸附注并指明其有效范围。当在某局部区域要求一个光滑连续的表面，则可采用下述图纸附注并指明其有效范围。

(注1AZU) 本区域不允许切削错位

图3 错位

表6

小于1/2英寸直径的标准孔尺寸及公差

注: 螺栓连接的紧固件孔径, 见第8章

钻头号	相当于十进制值	推荐最小公差	绝对最小公差	钻头号	相当于十进制值	推荐最小公差	绝对最小公差	钻头号	相当于十进制值	推荐最小公差	绝对最小公差
80	0.0135	0.012 0.016	0.013 0.014	3/64	0.0469	0.046 0.051	0.046 0.049	34	0.1110	0.109 0.116	0.111 0.113
79	0.0145	0.013 0.017	0.014 0.015	55	0.0520	0.050 0.056	0.052 0.054	33	0.1130	0.111 0.118	0.113 0.115
1/64	0.0156	0.015 0.019	0.015 0.017	54	0.0550	0.053 0.059	0.055 0.057	32	0.1160	0.114 0.121	0.116 0.118
77	0.0180	0.017 0.021	0.018 0.019	53	0.0595	0.058 0.064	0.059 0.061	31	0.1200	0.118 0.125	0.120 0.122
76	0.0200	0.019 0.023	0.020 0.021	1/16	0.0625	0.061 0.067	0.062 0.064	1/8	0.1250	0.123 0.130	0.125 0.127
75	0.0210	0.020 0.024	0.021 0.022	52	0.0635	0.062 0.068	0.063 0.065	30	0.1285	0.126 0.134	0.128 0.131
74	0.0225	0.021 0.025	0.022 0.023	51	0.0670	0.065 0.071	0.067 0.069	29	0.1360	0.134 0.142	0.136 0.139
73	0.0240	0.023 0.027	0.024 0.025	50	0.0700	0.068 0.074	0.070 0.072	9/64	0.1406	0.139 0.147	0.140 0.144
72	0.0250	0.024 0.028	0.025 0.026	49	0.0730	0.071 0.077	0.073 0.075	27	0.1440	0.142 0.150	0.144 0.147
71	0.0260	0.025 0.029	0.026 0.027	48	0.0760	0.074 0.080	0.076 0.078	26	0.1470	0.145 0.153	0.147 0.150
70	0.0280	0.027 0.031	0.028 0.029	5/64	0.0781	0.076 0.082	0.078 0.080	25	0.1495	0.147 0.155	0.149 0.152
69	0.0292	0.028 0.032	0.029 0.030	46	0.0810	0.079 0.085	0.081 0.083	24	0.1520	0.150 0.158	0.152 0.155
1/32	0.0313	0.030 0.034	0.031 0.032	45	0.0820	0.080 0.086	0.082 0.084	23	0.1540	0.152 0.160	0.154 0.157
67	0.0320	0.031 0.035	0.032 0.033	44	0.0860	0.084 0.091	0.086 0.088	5/32	0.1562	0.154 0.162	0.156 0.159
66	0.0330	0.032 0.036	0.033 0.034	43	0.0890	0.087 0.094	0.089 0.091	22	0.1570	0.155 0.163	0.157 0.160
65	0.0350	0.034 0.038	0.035 0.036	42	0.0935	0.091 0.098	0.093 0.095	21	0.1590	0.157 0.165	0.159 0.162
64	0.0360	0.035 0.039	0.036 0.037	3/32	0.0937	0.092 0.099	0.093 0.096	20	0.1610	0.159 0.167	0.161 0.164
63	0.0370	0.036 0.040	0.037 0.038	41	0.0960	0.094 0.101	0.096 0.098	19	0.1660	0.164 0.172	0.166 0.169
62	0.0380	0.037 0.041	0.038 0.039	40	0.0980	0.096 0.103	0.098 0.100	18	0.1695	0.167 0.175	0.169 0.172
61	0.0390	0.038 0.042	0.039 0.040	39	0.0995	0.097 0.104	0.099 0.101	11/64	0.1719	0.170 0.178	0.171 0.175
60	0.0400	0.039 0.044	0.040 0.042	38	0.1015	0.099 0.106	0.101 0.103	17	0.1730	0.171 0.179	0.173 0.176
59	0.0410	0.040 0.045	0.041 0.043	37	0.1040	0.102 0.109	0.104 0.106	16	0.1770	0.175 0.183	0.177 0.180
58	0.0420	0.041 0.046	0.042 0.044	36	0.1065	0.104 0.111	0.106 0.108	15	0.1800	0.178 0.186	0.180 0.183
57	0.0430	0.042 0.047	0.043 0.045	7/64	0.1094	0.107 0.114	0.109 0.111	14	0.1820	0.180 0.188	0.182 0.185
56	0.0465	0.045 0.051	0.046 0.048	35	0.1100	0.108 0.115	0.110 0.112	13	0.1850	0.183 0.191	0.185 0.188

续表

小于1/2英寸直径的标准孔尺寸及公差

注: 螺栓连接的紧固件孔径, 见第8章

钻头号	相当于十进制值	推荐最小孔公差	绝对最小孔公差	钻头号	相当于十进制值	推荐最小孔公差	绝对最小孔公差	钻头号	相当于十进制值	推荐最小孔公差	绝对最小孔公差
3/16	0.1875	0.185 0.193	0.187 0.190	1/4	0.2500	0.248 0.257	0.250 0.254	T	0.3580	0.356 0.365	0.358 0.362
12	0.1890	0.187 0.195	0.189 0.192	F	0.2570	0.255 0.264	0.257 0.261	23/64	0.3594	0.357 0.366	0.359 0.363
11	0.1910	0.189 0.197	0.191 0.194	G	0.2610	0.259 0.268	0.261 0.265	U	0.3680	0.366 0.375	0.368 0.372
10	0.1935	0.191 0.199	0.193 0.196	17/64	0.2656	0.263 0.272	0.265 0.270	3/8	0.3750	0.373 0.382	0.375 0.379
9	0.1960	0.194 0.202	0.196 0.199	I	0.2720	0.270 0.279	0.272 0.276	V	0.3770	0.375 0.384	0.377 0.381
8	0.1990	0.197 0.205	0.199 0.202	J	0.2770	0.275 0.284	0.277 0.281	W	0.3860	0.384 0.393	0.386 0.390
7	0.2010	0.199 0.207	0.201 0.204	9/32	0.2812	0.279 0.288	0.281 0.285	25/64	0.3906	0.388 0.397	0.390 0.395
13/64	0.2031	0.201 0.209	0.203 0.206	L	0.2900	0.288 0.297	0.290 0.294	X	0.3970	0.395 0.404	0.397 0.401
6	0.2040	0.202 0.210	0.204 0.207	M	0.2950	0.293 0.302	0.295 0.299	Y	0.4040	0.402 0.411	0.404 0.408
5	0.2055	0.203 0.211	0.205 0.208	19/64	0.2969	0.295 0.304	0.296 0.301	13/32	0.4062	0.404 0.413	0.406 0.410
4	0.2090	0.207 0.215	0.209 0.212	N	0.3020	0.300 0.309	0.302 0.306	Z	0.4130	0.411 0.420	0.413 0.417
3	0.2130	0.211 0.219	0.213 0.216	5/16	0.3125	0.310 0.319	0.312 0.316	27/64	0.4219	0.420 0.429	0.421 0.426
7/32	0.2187	0.217 0.225	0.218 0.222	O	0.3160	0.314 0.323	0.316 0.320	7/16	0.4375	0.435 0.444	0.437 0.441
2	0.2210	0.219 0.227	0.221 0.224	P	0.3230	0.321 0.330	0.323 0.327	29/64	0.4531	0.451 0.460	0.453 0.457
1	0.2280	0.226 0.234	0.228 0.231	21/64	0.3281	0.326 0.335	0.328 0.332	15/32	0.4687	0.467 0.476	0.468 0.473
15/64	0.2344	0.232 0.240	0.234 0.237	Q	0.3320	0.330 0.339	0.332 0.336	31/64	0.4844	0.482 0.491	0.484 0.488
B	0.2380	0.236 0.244	0.238 0.241	R	0.3390	0.337 0.346	0.339 0.343	1/2	0.5000	0.498 0.507	0.500 0.505
C	0.2420	0.240 0.248	0.242 0.245	11/32	0.3437	0.342 0.351	0.343 0.348				
D	0.2460	0.244 0.252	0.246 0.249	S	0.3480	0.346 0.355	0.348 0.352				

1.5.5.2 紧公差

对给定的工艺如公差比较紧时, 成本就要增加。图 4 表示了相对成本对总公差的影响。成本比较可近似地估算。

1.5.6 钻削

1.5.6.1 麻花钻头

麻花钻头是加工圆孔最普遍的工具, 表 6 和表 7 列举了直径为 2 英寸以下的标准钻头规格, 并列出了钻制孔的公差。必须注意, 这些公差代表精加工可达到的精度范围。凡功能上可

行,应尽量选用一般公差,如 ± 0.030 , ± 0.010 ,而不用成本较高的精密公差(参考本章表8)。根据制造的分工,制孔方法是可以随选的,所以凡有可能应规定表6和表7中所列的标准孔尺寸。

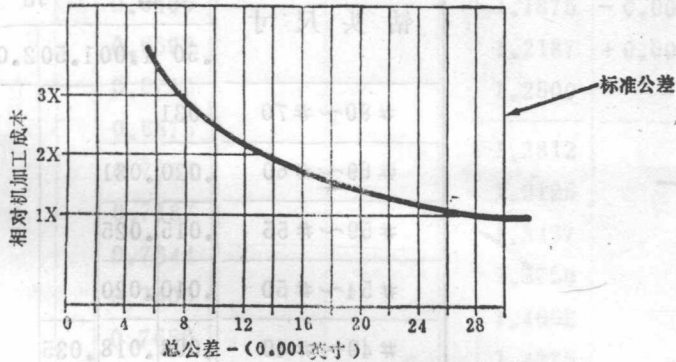


图4 机加工成本与制造公差关系

表7 大于1/2英寸至2英径直径的标准孔尺寸及公差

直 径	增 量	推荐最小公差 *	绝对最小公差
33/64~3/4	1/64	-0.002 +0.008	-0.000 +0.005
49/64~1	1/64	-0.003 +0.010	-0.000 +0.007
1 1/32~1 3/4	1/32**	-0.003 +0.012	-0.000 +0.010
1 25/32~2	1/32	-0.003 +0.015	-0.000 +0.010

*这些数据是可实现的最小值,凡有可能应规定较大公差,螺栓连接的紧固件孔直径见第8章。用双星号(**)表示麻花钻头可提供1/64的增量,凡有可能,应采用1/32的增量。

1.5.6.2 材料

强度高达200KSI的金属可以被钻削,但较适宜于钻孔的金属强度范围在125~145KSI之间。对于需热处理到200KSI的零件,可先钻初孔,淬火后铰孔或珩磨至最终尺寸。

1.5.6.3 补钻孔

补钻孔是一种扩孔深度小于导孔深度的机加方法,补钻孔优于镗孔,如果补钻孔底部呈圆锥形是可接受的,则按此形状设计并规定按此加工(见图5)。为了出屑的原因常常使用补钻孔,它也使得能够加深小直径的导孔,超过推荐的深度。

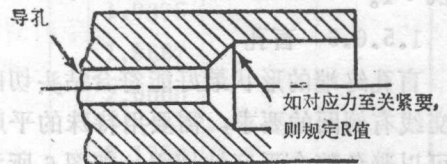


图5 带内圆角半径的盲孔

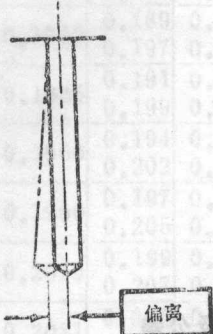
1.5.6.4 钻孔的偏差(偏心)

钻孔的深度受到麻花钻出屑槽长度的限制,孔深超过5倍直径时可能导致孔偏心,因此不推荐采用。当在钢铁材料上钻孔时,表8列出了孔的深度相对于钻头直径所对应的孔中心平均偏差值。铝材料的钻孔偏差值对于小直径钻头与表8所列值相同,对于大钻头的钻孔偏心

值比表 8 所列值小 5%。对黄铜的钻孔偏差值将比表 8 增大 10%~15%。表 8 仅为设计提供信息，表中的值不能作为公差用在图纸上。

表 8

钻孔偏离 (偏心)



钻头尺寸	钻 孔 深 度							
	.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
# 80~# 70	.031							
# 69~# 60	.020	.031						
# 59~# 55	.015	.025						
# 54~# 50	.010	.020						
# 49~# 40	.008	.018	.035					
# 39~# 30	.006	.015	.031					
# 29~# 20	.005	.012	.022	.035				
# 19~# 10	.004	.008	.018	.031				
# 9~1/4	.003	.006	.014	.024	.035			
17/64~5/16	.002	.004	.007	.012	.020	.031		
21/64~3/8	.001	.002	.005	.008	.012	.020	.031	
25/64~1/2	.000	.001	.003	.005	.008	.012	.020	.031

1.5.6.5 深孔

深孔是在零件转动而钻头静止的机床上加工的。这些钻头被称为“枪钻”或“靶钻”，通常是为了特殊应用而设计的。当使用这种类型的钻头时，孔的偏心极小，孔的直径的公差可以达到麻花钻公差的 1/2 以内。对于直径 0.75 英寸以下的孔，可做到深度同直径的比值高达 20:1。

1.5.6.6 盲孔

盲孔终端的形状最好能符合钻头切削端的形状，如果用麻花钻加工的盲孔，其底与孔壁的交线有倒圆的要求，需要用特殊的平底钻进行第二次加工。用留下一部分第一次钻孔的尖端可以避免整个平底钻切削，如图 6 所示。

1.5.7 铰孔

铰孔是为提高精度和表面光洁度而对钻制孔的精加工。表 9 列出了国外某飞机公司标准铰刀的尺寸。用高速钢(H.S.S)铰刀加工的材料限制在硬度低于 R_c40(182KSI)。

1.5.7.1 铰盲孔

铰刀的切削刃是在各条槽端头的 45° 倒角。铰刀多次磨快后，这个倒角与铰刀端有一定的距离，因此需铰盲孔时，应规定对于直径小于 0.50 的孔，钻制孔底到倒角至少要有 0.15 的间隙，对于更大直径的，至少要有 0.25 的间隙 (见图 7)。

表9

标准铰刀尺寸

铰刀尺寸	推荐的公差	绝对最小公差	铰刀尺寸	推荐的公差	绝对最小公差	铰刀尺寸	推荐的公差	绝对最小公差
0.1250			0.6406			1.1875	-0.001	-0.0005
0.1406			0.6592			1.2187	+0.001	+0.0005
0.1562			0.6719			1.2500		
0.1719			0.6875			1.2812		
0.1875			0.7031			1.3125		
0.2031			0.7187			1.3437		
0.2187			0.7344			1.3750		
0.2344			0.7500			1.4062		
0.2500			0.7656			1.4375		
0.2656			0.7812			1.4687		
0.2812			0.7969			1.5000	-0.0015	-0.0005
0.2969			0.8125			1.5312	+0.0020	+0.0010
0.3125			0.8281			1.5625		
0.3281			0.8437			1.5937		
0.3437	-0.001	-0.0005	0.8594	-0.001	-0.0005	1.6250		
0.3594	+0.001	+0.0005	0.8750	+0.001	+0.0005	1.6562		
0.3750			0.8906			1.6875		
0.3906			0.9062			1.7187		
0.4062			0.9219			1.7500		
0.4219			0.9375			1.8125		
0.4375			0.9531			1.8437		
0.4531			0.9687			1.8750	-0.0015	-0.0005
0.4687			0.9844			1.9062	+0.0025	+0.0015
0.4844			1.0000			1.9375		
0.5000			1.0156			1.9687		
0.5156			1.0312			2.0000		
0.5312			1.0469			2.1250		
0.5469			1.0625			2.2500	-0.0015	-0.0005
0.5625			1.0781			2.3750	+0.0030	+0.0020
0.5781			1.0937			2.5000		
0.5937			1.1094					
0.6094			1.1250					
0.6250			1.1562					