

孙开元 许爱芬 主编

机械制图与公差测量 速查手册

JIXIE ZHITU YU GONGCHA CELIANG
SUCHA SHOUCHE



化学工业出版社

孙开元 许爱芬 主编

机械制图与公差测量 速查手册

JIXIE ZHITU YU GONGCHA CELIANG
SUCHA SHOUCHE



化学工业出版社

·北京·

本书是机械行业从事设计制图、制造工艺、产品检测人员的实用工具书，内容翔实可靠，简明易查。主要包括：制图国家标准的基本规定、工程图样的画法、尺寸注法、极限与配合、尺寸的检测、形状和位置公差与检测、表面粗糙度轮廓与检测、圆柱齿轮的公差与检测、圆锥的公差与检测、圆柱螺纹的公差与检测等内容。

本书可供工矿企业、科研院所从事机械制图、机械设计、加工制造、检验测量工作的工程技术人员和工人使用，也可供相关专业的大专院校及中等职业学校师生参考，还可作为机械制图与设计、加工检测与计量人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图与公差测量速查手册/孙开元, 许爱芬主编.
北京: 化学工业出版社, 2008. 2
ISBN 978-7-122-01924-0

I. 机… II. ①孙…②许… III. ①机械制图-技术手册②公差-配合-技术手册③技术测量-技术手册
IV. TH126-62 TG801-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 005244 号

责任编辑: 张兴辉 邢 浩

装帧设计: 张 辉

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{2}$ 字数 408 千字 2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

机械制图是机械设计、制造、检验过程中的重要技术资料，几何量检测是加工制造、产品验收过程中的重要环节。为使工程技术人员查阅方便，加深初学者对基本知识和理论的理解，提高操作人员技术水平，我们将机械制图和公差测量内容整合在一起，编写了本手册。

本手册具有以下主要特点：

① 内容翔实。机械制图部分，在广泛收集、严格筛选的基础上，精选了符合最新国家标准的各种画法的典型图例，图的类型包括正投影、轴测投影、标准件画法、常用件画法、零件图和装配图；作图方法包括理论画法、规定画法和简化画法；制图标准包括 ISO 标准，以及美国、日本等国家制图的基本标准。公差测量部分，在博采众长的基础上，深入浅出地介绍了几何量公差与检测的基础知识，基本操作技能，常用计量器具的原理、结构和使用，典型零件几何量精度的测量方法。

② 实用可靠。本手册融入了作者多年教学和检测实践经验，包括长期用于课堂教学与指导产品设计的图形画法示例以及工程检测实践实例，图形示例标准可信，检测方法实用可靠。

③ 简明易查。为方便读者查阅，本手册在理论上，取其精华，言简意赅；在文字叙述上，尽量做到简明扼要，使之条理化；在内容整合上，尽可能将相关内容编排在一起；在表达形式上，设计了易查易读的表格样式。

本手册由孙开元、许爱芬任主编，王鹏、张晴峰、冯叔忠、汤向东、张大鹏任副主编，参加本书编写的还有田广才、张宇、冯晓梅、冯仁余、刘宁、刘文开、杨甫勤、李晋华、白丽娜、刘永军、石红霞、李改灵、谢霞、路学成、钱继锋等。

李长娜、骆素君任主审，对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此表示诚挚的谢意。

限于编者的水平，书中可能存在一些缺点和不妥之处，真诚地希望读者给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 制图国家标准的基本规定	1
1.1 图纸的幅面和格式 (GB/T 14689—1993)	1
1.1.1 图纸的幅面	1
1.1.2 图框格式及标题栏位置	1
1.1.3 对中符号及方向符号	1
1.1.4 图幅分区、剪切符号及米制参考分度	3
1.2 标题栏和明细栏	3
1.2.1 标题栏 (GB 10609.1—1989)	3
1.2.2 明细栏 (GB 10609.2—1989)	3
1.3 比例 (GB/T 14690—1993)	5
1.3.1 比例的概念、种类及系数	5
1.3.2 比例的标注	5
1.4 字体 (GB/T 14691—1993)	5
1.5 图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)	7
1.5.1 线型	7
1.5.2 图线的尺寸	8
1.5.3 图线的画法及应用	8
1.6 剖面符号 (GB/T 4457.5—1984, GB/T 17453—2005)	11
1.6.1 剖面符号	12
1.6.2 剖面符号的画法示例	13
1.7 过渡线	14
1.7.1 交线与过渡线画法比较	14
1.7.2 零件上过渡及过渡线画法示例	15
1.8 国外制图基本标准简介	16
1.8.1 图纸幅面及格式	16
1.8.2 比例	16
1.8.3 图线	17
1.8.4 剖面符号	17
1.8.5 国外标准代号及名称	18
第2章 工程图样的表达	19
2.1 图样画法	19
2.1.1 视图的画法 (GB/T 17451—1998, GB/T 4458.1—2002)	19
2.1.2 剖视图的画法 (GB/T 17452—1998, GB/T 4458.6—2002)	22
2.1.3 断面图的画法 (GB/T 17452—1998, GB/T 4458.6—2002)	28
2.1.4 局部放大图 (GB/T 4458.1—2002)	30
2.1.5 剖视图和断面图的规定画法 (GB/T 16675.1—1996)	31

2.1.6 简化画法 (GB/T 16675.1—1996)	32
2.1.7 国外标准中图样画法的基本规定	37
2.2 标准件与常用件的画法	41
2.2.1 螺纹及螺纹紧固件的画法 (GB/T 4459.1—1995)	41
2.2.2 销及其连接的画法	50
2.2.3 键及其连接的画法	51
2.2.4 齿轮的画法 (GB/T 4459.2—2003)	53
2.2.5 弹簧的画法 (GB/T 4459.4—2003)	58
2.2.6 滚动轴承的画法 (GB/T 4459.7—1998)	61
2.2.7 螺纹和齿轮国外标准的规定画法	65
2.3 轴测图 (GB/T 4458.3—1984)	68
2.3.1 轴测投影的基本概念	68
2.3.2 正等轴测图的画法	69
2.3.3 斜二等轴测图的画法	71
2.4 零件图和装配图	72
2.4.1 零件图的画法	72
2.4.2 装配图的画法	76
第3章 尺寸注法	83
3.1 基本规则	83
3.2 尺寸界线、尺寸线、尺寸数字	83
3.3 标注示例	84
3.4 常见零件结构要素的尺寸注法	89
3.5 合理标注零件尺寸	92
3.6 装配图上尺寸的标注	95
3.7 国外标准中尺寸的注法	96
第4章 极限与配合	100
4.1 极限与配合的基本术语	100
4.1.1 孔和轴	100
4.1.2 尺寸	100
4.1.3 偏差、公差及公差带	102
4.1.4 配合	104
4.2 极限与配合的标准化	106
4.2.1 标准公差系列	106
4.2.2 基本偏差系列	109
4.2.3 极限与配合的选择	119
第5章 尺寸的检测	124
5.1 精度检测的基本知识	124
5.1.1 测量的基本要素	124
5.1.2 计量器具和测量方法	125
5.1.3 测量误差的来源及分类	131
5.2 尺寸检测	134

5.2.1 尺寸的检测方法	134
5.2.2 常用的计量器具	135
5.2.3 用立式光学计测量轴径	138
5.2.4 用内径百分表测量孔径	140
5.2.5 用万能测长仪测量轴承内径	142
5.2.6 大轴径的测量	143
第6章 形状和位置公差与检测	147
6.1 基本概念	147
6.1.1 几何要素及分类	147
6.1.2 形位公差项目及其符号	147
6.1.3 形位公差带	148
6.2 形位公差的标注和公差原则	157
6.2.1 被测要素的表示方法和标注	157
6.2.2 基准要素的表示方法和标注	158
6.2.3 公差原则	161
6.3 形位误差的评定及检测原则	167
6.3.1 形位误差的评定	167
6.3.2 检测原则	173
6.4 直线度误差的检测	174
6.4.1 常用检测方法及其计量器具	174
6.4.2 光隙法	176
6.4.3 节距法	177
6.4.4 任意方向的直线度误差检测	178
6.5 平面度误差的检测	178
6.5.1 平晶干涉法	178
6.5.2 三点法	179
6.5.3 四点法	180
6.5.4 按“最小条件”评定平面度误差的方法	180
6.6 圆度误差的检测	181
6.6.1 分度头测量	181
6.6.2 圆度仪测量	182
6.6.3 二点法、三点法测量	183
6.7 圆柱度误差的检测	184
6.7.1 圆度仪测量	184
6.7.2 V形法测量	184
6.8 平行度误差的检测	185
6.8.1 面对基准平面的平行度误差的检测	185
6.8.2 直线对基准平面的平行度误差的检测	185
6.8.3 面对基准直线的平行度误差的检测	186
6.8.4 直线对基准直线的平行度误差的检测	187
6.9 垂直度误差的检测	187

6.9.1	面对基准平面的垂直度误差的检测	187
6.9.2	直线对基准平面的垂直度误差的检测	188
6.9.3	面对基准直线的垂直度误差的检测	189
6.9.4	直线对基准直线的垂直度误差的检测	189
6.10	同轴度误差的检测	190
6.11	对称度误差的检测	191
6.12	位置度误差的检测	192
6.13	跳动误差的检测	192
6.13.1	径向圆跳动误差的检测	192
6.13.2	端面圆跳动误差的检测	193
6.13.3	斜向圆跳动误差的检测	194
6.13.4	径向全跳动误差的检测	195
6.13.5	端面全跳动误差的检测	196
第7章	表面粗糙度轮廓与检测	197
7.1	表面粗糙度轮廓的评定	197
7.1.1	基本概念和基本术语	197
7.1.2	评定指标及标注	199
7.2	表面粗糙度轮廓的测量	201
第8章	圆柱齿轮的公差与检测	206
8.1	齿轮精度和侧隙的评定指标	206
8.1.1	对齿轮传动的使用要求	206
8.1.2	影响齿轮使用要求的主要误差	207
8.1.3	评定参数	210
8.2	渐开线圆柱齿轮精度标准化	215
8.2.1	精度等级、公差组和误差检验组	215
8.2.2	齿轮副侧隙的评定	216
8.2.3	图样标注	218
8.3	圆柱齿轮单项参数的测量	218
8.3.1	齿距检查仪测量齿距累积总偏差和单个齿距偏差	218
8.3.2	万能工具显微镜测量齿距累积总偏差和单个齿距偏差	219
8.3.3	渐开线检查仪测量齿廓总偏差	220
8.3.4	偏摆检查仪测量螺旋线总偏差	221
8.3.5	齿厚游标卡尺测量齿厚偏差	223
8.3.6	公法线千分尺测量公法线长度偏差	223
8.3.7	偏摆检查仪测量齿轮径向跳动	224
8.3.8	齿轮径向跳动检查仪测量齿轮径向跳动	225
8.4	圆柱齿轮的综合测量	227
8.4.1	齿轮单面啮合检查仪测量切向综合误差和一齿切向综合误差	227
8.4.2	齿轮双面啮合检查仪测量径向综合误差和一齿径向综合误差	227
第9章	圆锥的公差与检测	229
9.1	圆锥公差	229

9.2 锥度的检测	234
9.2.1 正弦规测量	234
9.2.2 钢球法测量	235
9.2.3 圆锥量规检测	235
第10章 圆柱螺纹的公差与检测	237
10.1 螺纹的结构参数和公差标准	237
10.1.1 螺纹的分类和牙型结构形式	237
10.1.2 螺纹的有关名词术语、几何参数和定义	239
10.1.3 普通螺纹的基本尺寸	240
10.1.4 普通螺纹的公差与配合	243
10.2 普通螺纹的综合检验	245
10.3 圆柱外螺纹主要参数的测量	246
10.3.1 用工具显微镜测量外螺纹的主要参数	246
10.3.2 外螺纹中径的测量方法	249
10.4 圆柱内螺纹主要参数的测量方法	251
10.4.1 内螺纹螺距的测量方法	251
10.4.2 内螺纹牙型角的测量方法	251
10.4.3 内螺纹中径的测量方法	252
10.4.4 内螺纹大径和小径的测量方法	253
参考文献	254

第 1 章 制图国家标准的基本规定

《技术制图》国家标准是我国最高层次的制图标准。经过多次修订的《机械制图》国家标准与《技术制图》国家标准的有关内容趋于一致。两个标准相互补充、不断完善。本章列出了在机械制图中常用的有关图纸幅面及格式、比例、字体、图线等标准，其他相关标准将在以后章节中摘要介绍。

1.1 图纸的幅面和格式 (GB/T 14689—1993)

1.1.1 图纸的幅面

图纸的幅面见表 1-1。

表 1-1 图纸幅面尺寸

mm

基本幅面 (第一选择)	幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
	尺寸 $B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
加长幅面 (第二选择)	幅面代号	A3×3	A3×4	A4×3	A4×4	A4×5
	尺寸 $B \times L$	420×891	420×1189	297×630	297×841	297×1051
加长幅面 (第三选择)	幅面代号	A0×2	A0×3	A1×3	A1×4	A2×3
	尺寸 $B \times L$	1189×1682	1189×2523	841×1783	841×2378	594×1261
	幅面代号	A2×4	A2×5	A3×5	A3×6	A3×7
	尺寸 $B \times L$	594×1682	594×2102	420×1486	420×1783	420×2080
	幅面代号	A4×6	A4×7	A4×8	A4×9	
	尺寸 $B \times L$	297×1261	297×1471	297×1682	297×1892	

注：1. 根据 GB/T 14689—1993《技术制图 图纸幅面和格式》的规定，绘制技术图样时，优先采用表 1-1 所规定的基本幅面。

2. 加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增后得出的。

3. 必要时，也允许选用表 1-1 所规定的加长幅面。

1.1.2 图框格式及标题栏位置

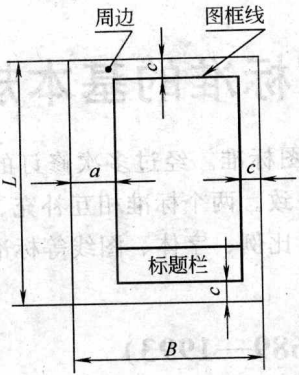
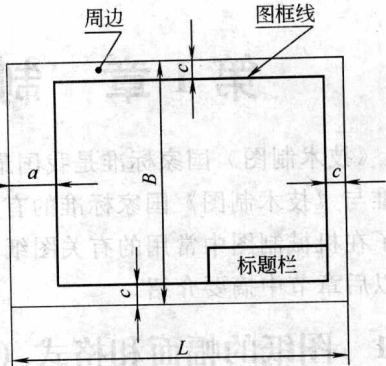
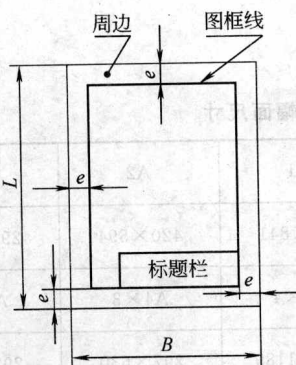
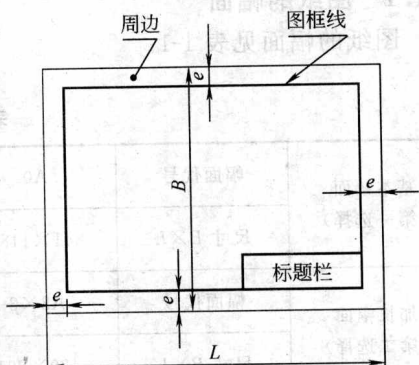
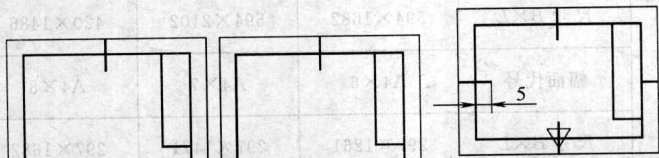
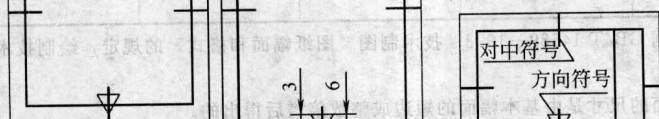
图框格式分为留装订边和不留装订边两种，见表 1-2。

每张图纸上都必须绘制标题栏。标题栏位于图纸的右下角或右上角，见表 1-2。

1.1.3 对中符号及方向符号

为了使图样复制和缩微时定位方便，应在图纸各边中点绘制对中符号。为了明确看图方向，应在图纸的下边对中符号处画出方向符号，见表 1-2。

表 1-2 图框的格式

留装订边 图框格式						
						
图框尺寸	幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
	e	20		10		
	c	10			5	
	a	25				
标题栏位于 于右上角						
对中符号						
方向符号						

注：1. 同一种产品采用同一种图框格式，图框线用粗实线绘制。

2. 加长幅面的图框尺寸，按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。如 A2×3 的图框，按 A1 的图框尺寸绘制；再如 A3×4 的图框，按 A2 的图框尺寸绘制。

3. 当标题栏位于右上角时，为了明确看图方向，必要时，在图纸的下边对中符号处画出方向符号。

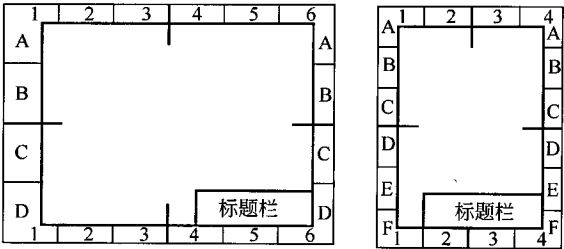
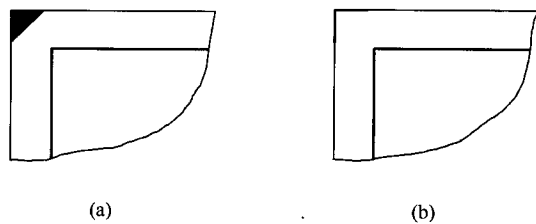
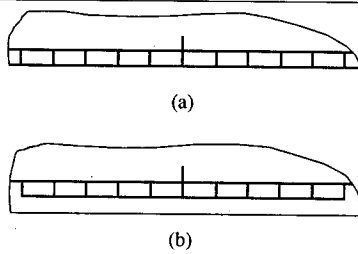
4. 为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，一般应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号，对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5mm，长度从纸边界开始至伸入图框内 5mm。

5. 对中符号的位置误差应不大于 0.5mm，当对中符号处于标题栏范围时，伸入标题栏部分省略不画。

1.1.4 图幅分区、剪切符号及米制参考分度

图幅分区、剪切符号及米制参考分度见表 1-3。

表 1-3 图幅分区、剪切符号及米制参考分度

图幅分区		垂直方向用大写拉丁字母由上至下顺序编写；水平方向用阿拉伯数字从左至右顺序编写
剪切符号		剪切符号可采用直角边边长为 10mm 的黑色等腰三角形，如图(a)；也可以将剪切符号画成两条粗线段，线段的线宽为 2mm，线段长为 10mm，如图(b)
米制参考分度		用粗实线绘制，线宽不小 0.5mm，总长为 100mm，等分 10 格，格高为 5mm，图纸周边宽为 5mm，画法如图(a)；周边宽为 10mm，画法如图(b)

1.2 标题栏和明细栏

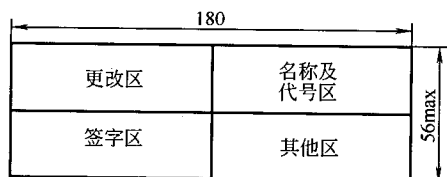
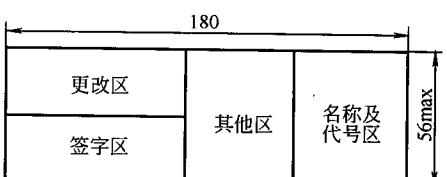
1.2.1 标题栏（GB 10609.1—1989）

GB 10609.1—1989《技术制图 标题栏》规定了技术图样中标题栏的画法和填写要求，标题栏的分区和样式见表 1-4。

1.2.2 明细栏（GB 10609.2—1989）

GB 10609.2—1989《技术制图 明细栏》规定了技术图样中明细栏的画法和填写要求，图样中明细栏的样式和在 A4 图纸上单独画明细栏的样式见表 1-4。

表 1-4 标题栏和明细栏

标题栏的分区		
	(a) 国际标准中的分区格式	(b) 国内制定的分区格式

标题栏	180														
	10	10	16	16	12	16					(单位名称)				
							(材料标记)								
							4×6.5(=26)				12	8			
	标记	处数	分区	更改 文件号	签名	年、月、日					(图样名称)				
	设计	(签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)	阶段标记				重量	比例			
											10				
	审核										9				
图样中的 明细栏	180														
	8	40				44				8	38		10	12	(20)
	序号	代号				名称				数量	材料		件数	总计	备注
													重量		
在 A4 图纸 上单独绘制 的明细栏	180														
	10	46				70				10	(44)				
	序号	代号				名称				数量	备注				
	180														

注：表中的标题栏和明细栏均为参考画法。

1.3 比例 (GB/T 14690—1993)

1.3.1 比例的概念、种类及系数

GB/T 14690—1993《技术制图 比例》规定了比例的系数和注法,见表 1-5、表 1-6。

表 1-5 比例的概念、种类及系数

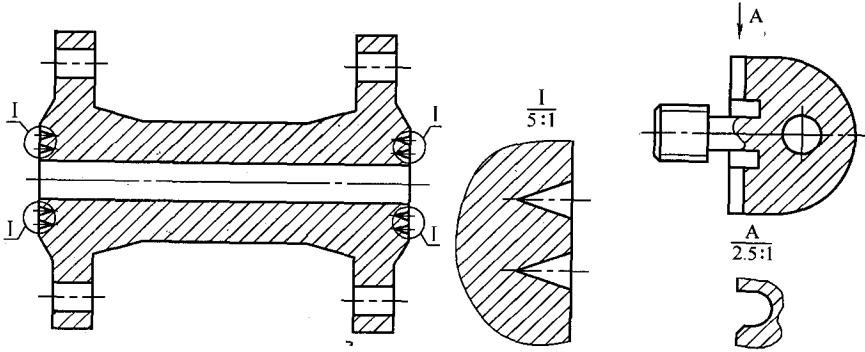
比例概念	图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比						
比例种类	原值比例、放大比例、缩小比例						
优先选用	原值比例	1:1					
	放大比例	5:1	2:1	$5\times 10^n:1$	$2\times 10^n:1$	$1\times 10^n:1$	
	缩小比例	1:2	1:5	1:10	$1:2\times 10^n$	$1:5\times 10^n$	$1:1\times 10^n$
允许选用	放大比例	4:1	2.5:1	$4\times 10^n:1$	$2.5\times 10^n:1$		
	缩小比例	$1:1.5$	$1:2.5$	1:3	1:4	1:6	$1:1.5\times 10^n$ $1:2.5\times 10^n$ $1:3\times 10^n$ $1:4\times 10^n$ $1:6\times 10^n$

注: n 为正整数。

1.3.2 比例的标注

特殊情况下比例的标注见表 1-6。

表 1-6 比例的标注

视图中的标注		
水平与垂直方向不同比例的标注	铅垂方向 1:1000 水平方向 1:2000	

1.4 字体 (GB/T 14691—1993)

GB/T 14691—1993《技术制图 字体》规定了技术图样中字体的大小和书写要求等,在标准中还列举了各种字例,见表 1-7。

表 1-7 字例

汉字	字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐 横平竖直注意起落结构均匀填满方格 技术制图装配图零件图
数字	阿拉伯数字 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 罗马数字 I II III IV V VI VII VIII IX X
字母	拉丁字母 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
	希腊字母 α β γ δ ϵ ζ η θ ϑ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ ψ χ ψ ω

续表

综合字例	3.5号字体
	ISO 2005 Part 5 $\phi 20^{+0.010}_{-0.023}$ 10^3 1:2000 58kg
	5号字体
	GB/T 14691—1993 $m=14$ $z=28$ 55° $\frac{3}{4}$
	7号字体
	10号字体
	HT200 20Mn $\phi 50 \frac{H9}{f8}$ $\phi 50h6$
	R30 Td $\delta 2$ M36X2

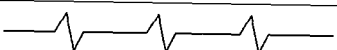
- 注：1. 书写要求：字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。
2. 字号分别是 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20。若需要书写大于 20 号的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的倍数递增。
3. 字体的高度称为字体的号数，如 2.5 号字是指字体的高度为 2.5mm。
4. 图样中的汉字应写成仿宋体字，汉字宽高之比为 $1/\sqrt{2}$ 。
5. 字母和数字分 A 型和 B 型，A 型字体的笔画宽度 (d) 为字高 (h) 的 $1/14$ 。B 型字体的笔画宽度 (d) 为字高 (h) 的 $1/10$ 。在同一张图样上，只允许选用同一形式的字体。
6. 字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。
7. 用作指数、脚注、极限偏差、分数等的数字及字母一般采用小一号的字体，如 5 号字的脚注为 3.5 号字。

1.5 图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)

GB/T 17450—1998《技术制图 图线》规定了图样中图线的线型、尺寸和画法。GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》详细地规定了各种线型的应用，并列举了应用示例。

1.5.1 线型

表 1-8 常用线型

类 型	代码 No.	名 称		线 型
基本线型	01.2	实线	粗实线	
	01.1		细实线	
	02.1	虚线		
	04.1	点画线	细点画线	
	04.2		粗点画线	
	05.1	双点画线		
基本线型的变形	01.1	波浪线		
图线的组合	01.1	双折线		

- 注：1. GB/T 17450—1998《技术制图 图线》中规定了 15 种基本线型，以及多种基本线型的变形和图线的组合。
2. 表 1-8 中列出了技术制图常用的四种基本线型、一种基本线型的变形（波浪线）和一种图线组合（双折线）。

1.5.2 图线的尺寸

表 1-9 图线宽度组别

线型组别	粗线	细线	线型组别	粗线	细线
0.25	0.25	0.13	1	1	0.5
0.35	0.35	0.18	1.4	1.4	0.7
0.5 ^①	0.5	0.25	2	2	1
0.7 ^①	0.7	0.35			

① 为优先选用的组别。

注：1. 所有线型的宽度（ d ）应按图样的类型和尺寸在所列表数中选择。

2. 宽度公比为 $1:\sqrt{2}$ ($\approx 1:1.4$)。图线宽度分别为 0.13mm, 0.18mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.5mm, 0.7mm, 1mm, 1.4mm, 2mm。

表 1-10 线素长度

线 素	线 型	长 度	示 例
点	点画线、双点画线	$\leq 0.5d$	
短间隔	虚线、点画线	$3d$	
画	虚线	$12d$	
长画	点画线、双点画线	$24d$	

注： d 为粗线的宽度。

1.5.3 图线的画法及应用

表 1-11 图线的画法及应用

画法	中心线超出轮廓线2~5mm 画与画相交 虚线留出空隙 虚线与虚线相交 画与画相交 虚线之间不留空隙 虚线与粗实线相交 (a) (b)
----	--