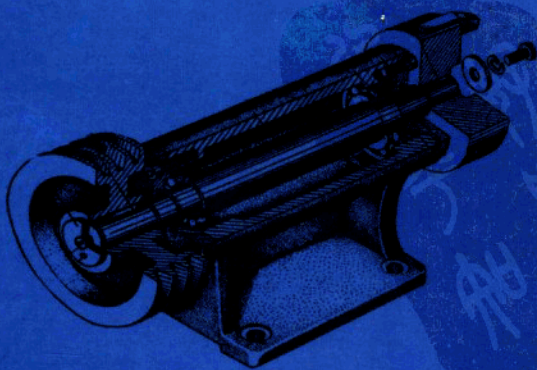


高等学校试用教材

画法几何 及工程制图

梁国栋 宋孟然 主编



山西科学技术出版社

前 言

本书是根据国家教委批准试行的高等工业学校《画法几何及工程制图课程教学基本要求》，并参考有关院校该课程的教学大纲及有关方面的意见和建议编写的。

本书本着在传授知识的同时，注意学生智能的培养，以及加强基础，拓宽知识面，增加适应性的思想进行的，并引入了计算机绘图，将逐渐把教学基点转移到以计算机为主导的理论体系上来，使学生在于制图和计算机绘图技能方面都打下坚实的基础，强化学员的能力与素质培养。

本书采用了我国最新颁布的《机械制图》、《技术制图》国家标准。在编写中精炼文字，精选图形，注重在实践的基础上，对课程内容体系进行了重构，并制做了配套的 CAI 课件，加强了运用计算机多媒体技术辅助教学的能力。

参加本书编写的有：华北工学院分院赵晓梅（绪论、第一章、第十三章）、李爱荣（第二章、第九章）、张爱荣（第三章、第五章）、乔建刚（第四章、第十章、附表）、王玉玲（第六章）、梁国栋（第七章）、郝计寿（第八章、第十二章）、杨胜利（第十一章第一节至第三节）、宋孟然（第十一章第四节至第五节）。

本书由华北工学院分院梁国栋、宋孟然任主编，赵晓梅、李爱荣任副主编。

本书由华北工学院分院仇志余教授主审。并对本教材的内容和体系提出了许多宝贵的意见和建议。本书的录入、排版、插图由董剑龙同志完成。插图由王雨、刘景权、陈永生、占德勇同志绘制完成，在此表示衷心的感谢。

编 者

内容提要

本书是根据国家教委批准试行的高等工业学校《画法几何及工程制图课程教学与基本要求》(非机类专业适用)(1995 年修订版),并参考有关院校该课程的教学大纲及多年的教学与教改经验编写而成的。是一套配合高校教学改革的系列教材之一。

本书分为画法几何、制图基础、机械图、计算机绘图基本知识,点、线、面的投影,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,立体的投影,立体的表面交线,组合体的视图及尺寸标注,轴侧投影,机件的表达方法,标准件和常用件,零件图,装配图,计算机绘图及附录等内容。

本书采用了至 1999 年最新的《技术制图》、《机械制图》国家标准。

本书与《画法几何及工程制图习题集》配套使用。

本书可作为高等学校非机械类,近机械各专业的教科书,也可供中等专业学校的教师 and 有关的工程技术人员参考。

参考学时 50~80 学时。

绪 论

一、本课程的研究对象

“画法几何及工程制图”是研究用投影理论图示空间物体和图解空间几何问题，以及绘制与阅读机械图样的原理和方法的一门学科。

本课程包括画法几何、制图基础、机械制图和计算机绘图基础等四部分内容。画法几何主要研究用正投影法图示空间物体、图解空间几何问题的理论和方法。制图基础部分除介绍制图的一些基础知识与基本规定外，着重研究绘图的操作问题、用投影图表达物体内外形状、大小，根据投影图分析与想象物体内外形状的原理和方法。机械制图部分重在研究绘制和阅读机械图样的方法。计算机绘图部分则旨在介绍用计算机生成图形的基础知识。

二、本课程的性质和任务

通常将按一定的投影方法和有关技术规定绘制的用以准确表达工程对象的形状、尺寸及其技术要求的图形称为工程图样，简称图样。机械图样是工程图样中应用最多的一种。任何机器、设备都是由许多零件和部件组成的，部件又是由若干零件组成的。表达机器或设备的总装图、表达部件的装配图和表达零件的零件图统称为机械图样。

在现代工程技术中，各种设备、机器、工具、车辆、船舶、电子仪器等的设计和制造，以及各种工程建筑的设计与施工都得以图样为依据，而且在其验收、使用和维修时也必须依据相应的图样进行。因此，图样是表达设计意图、交流技术思想与指导生产、使用和维修的重要工具，也是一项重要的技术文件。所以，图样一直被喻为“工程界的技术语言”，每个工程技术人员都必须懂得并掌握这种语言。

本课程是培养工程技术人才的一门重要的技术基础课，在工科院校一直作为一门学生的必修课来设置。学习本课程的主要目的是使学生熟练地掌握这门课程所介绍的基本理论、知识和技术以及计算机绘图基础知识，培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力。其主要任务是：

- (1) 掌握正投影法的基本理论及其运用。
- (2) 培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力。
- (3) 培养学生解决简单的空间几何问题的图解能力。
- (4) 培养学生空间想象和空间分析的初步能力。
- (5) 使学生对计算机绘图有初步的认识。
- (6) 使学生养成严谨的工作作风和认真负责的工作态度(包括遵守国家标准规定的自觉性)。

此外，在教学过程中还必须有意地培养学生的自学能力、分析问题和解决问题的能力。

三、本课程的学习方法

本课程是一门既有系统理论，又有较强实践性的课程，学习时应注意以下几点：

- (1) 严格遵守、认真贯彻国家标准的有关规定，其中有些常用的标准规格还应记牢，并且要学会查阅有关标准和资料的方法。

(2) 画法几何部分系统性和逻辑性较强，在学习时，必须注意紧扣每一章节，及时弄清和理解每个概念，牢固掌握投影原理和图示方法，并注意空间几何元素、体与它们的投影图间的对应与联系。通过从空间到平面又从平面返回空间的反复思维和分析，逐步提高学生投影分析、空间想象的能力。

(3) 理论的理解、原理和方法的掌握、绘图与读图能力的培养等都离不开实践。只有通过课后及时完成一定数量的作业、习题与绘（读）图实践，才能实现知识向能力的转化。同时，要始终注意正确使用绘图工具和仪器，耐心细致地按正确的作图步骤和方法进行操作，独立思考，认真完成。

(4) 由于图样是指导生产的依据，绘图和读图的差错都会给生产带来损失。所以学生在学习和做作业时就应持认真负责的态度，养成一丝不苟的作风。

目 录

绪论	1
第一章 制图的基本知识和基本技能	1
第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一些基本规定	1
第二节 常用绘图工具和仪器的使用方法	15
第三节 几何作图	19
第四节 平面图形的分析与画法	26
第五节 绘图的方法与步骤	27
第二章 点、直线、平面的投影	31
第一节 投影法	31
第二节 点的投影	33
第三节 直线的投影	37
第四节 平面的投影	44
第三章 直线与平面、平面与平面	51
第一节 平行问题	51
第二节 相交问题	53
第三节 垂直问题	57
第四节 综合举例	59
第四章 投影变换	61
第一节 换面法	62
第二节 旋转法	69
第五章 立体及表面交线	74
第一节 立体的投影及表面上的点和线	74
第二节 平面与立体表面的交线	83
第三节 两回转体表面相交	91
第六章 表面展开	99
第一节 概述	99
第二节 平面立体表面展开	100
第三节 可展曲面的展开	102
第四节 不可展曲面的近似展开	107
第七章 轴测图	109

第一节	概述	109
第二节	正等测图	110
第三节	斜二测图	115
第四节	轴测剖视图的画法	116
第八章	组合体的视图	119
第一节	概述	119
第二节	组合体视图的画法	122
第三节	读组合体视图	127
第四节	组合体视图的尺寸标注	135
第九章	图样画法	141
第一节	视图	141
第二节	剖视	143
第三节	断面	151
第四节	其它表达方法	154
第五节	第三角投影法简介	160
第十章	标准件和常用件	162
第一节	螺纹及螺纹紧固件	162
第二节	键	175
第三节	销	177
第四节	滚动轴承	178
第五节	齿轮	180
第六节	弹簧	186
第十一章	零件图	189
第一节	概述	189
第二节	零件图的视图选择和尺寸标注	190
第三节	零件结构的工艺性及有关尺寸	205
第四节	零件图上的技术要求	209
第五节	读零件图	220
第六节	零件的测绘	222
第十二章	装配图	226
第一节	装配图的作用和内容	226
第二节	装配图的规定画法和特殊画法	226

第三节	装配图的视图选择及画法	229
第四节	装配图的尺寸标注及技术要求	233
第五节	装配图中的零件序号、明细表和标题栏	234
第六节	常见的合理装配结构	236
第七节	装配体的测绘	238
第八节	读装配图和拆画零件图	241
第十三章	计算机绘图	249
第一节	Auto CAD2000 概述	249
第二节	设置一个样板图	253
第三节	绘制平面图形	256
第四节	物体视图的画法	260
第五节	尺寸标注	265
附表		
一	螺纹	270
二	倒圆、倒角、退刀槽、螺栓通孔	275
三	螺纹紧固件	277
四	键、销	288
五	滚动轴承	291
六	公差与配合	296
七	其他	304

第一章 制图的基本知识和基本技能

本章着重介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》的一些基本规定,以及绘图的基本技能和方法,以便为今后的学习打下必要的基础。

第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一些基本规定

图样是“工程界的技术语言”,为便于指导生产和进行技术交流,就必须对它的内容、格式、画法、尺寸标注等作统一的规定。由国家标准化主管机构批准并颁布的国内统一标准就称为国家标准(简称国标),其代号为“GB”。每一个工程技术人员都必须严格遵守,认真贯彻执行。

由于《技术制图》方面的国家标准的制定是为了尽可能扩大制图标准在工业领域中的应用范围,以增强其普遍性,从而改变《机械制图》国家标准只局限于机械行业的内容这一特点,实现了制图基础部分在各行业间的统一。所以,本节摘要介绍的标准中有关图纸幅面和格式、比例、字体、图线、圆锥的尺寸等部分,均采用1993年至1999年颁布并实施的《技术制图》国家标准。对于还未制定、颁布的部分内容仍沿用最新的《机械制图》标准。

一、图纸幅面和格式(GB/T 14689—93)

1. 图纸宽度与长度组成的图面称为图纸幅面,幅面代号为:A0、A1、A2、A3、A4。

在绘制技术图样时,应优先使用表1-1中所规定的图纸基本幅面。必要时,也允许选用表1-2和表1-3所规定的加长幅面,这些幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出的(见图1-1)。

表1-1	基本幅面	mm
幅面代号	尺寸 $B \times L$	
A0	841×1189	
A1	594×841	
A2	420×594	
A3	297×420	
A4	210×297	

表1-2	加长幅面(一)	mm
幅面代号	尺寸 $B \times L$	
A3×3	420×891	
A3×4	420×1189	
A4×3	297×630	
A4×4	297×841	
A4×5	297×1051	

表1-3	加长幅面(二)	mm
幅面代号		尺寸B×L
A0×2		1189×1682
A0×3		1189×2523
A1×3		841×1783
A1×4		841×2378
A2×3		594×1261
A2×4		594×1682
A2×5		594×2102
A3×5		420×1486
A3×6		420×1783
A3×7		420×2080
A4×6		297×1261
A4×7		297×1471
A4×8		297×1682
A4×9		297×1892

图1-1中粗实线所示为基本幅面(第一选择);细实线所示为表1-2所规定的加长幅面(第二选择);虚线所示为表1-3所规定的加长幅面(第三选择)。

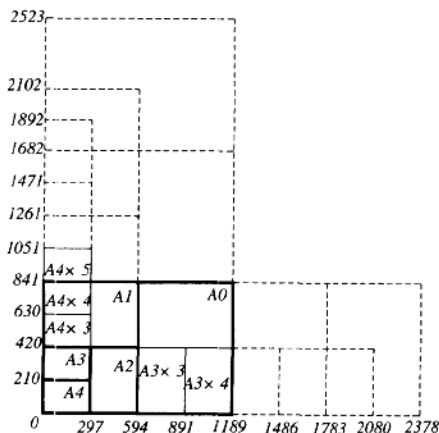


图1-1 图纸幅面

2. 图框格式

在图纸上,根据规格尺寸绘制的用以限定绘图区域的线框称为图框。图框线必须用粗实线,其格式可分为不留装订边和留有装订边两种,但同一产品的图样只能采用一种格式。

不留装订边的图纸，其图框格式如图1-2、图1-3所示，规格尺寸按表1-4的规定选用。

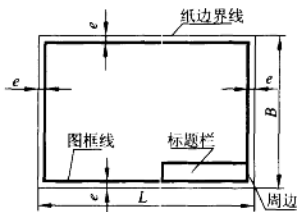


图1-2

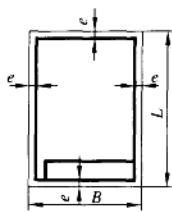


图1-3

留有装订边的图纸，其图框格式如图1-4和图1-5所示，规格尺寸按表1-4的规定选用。

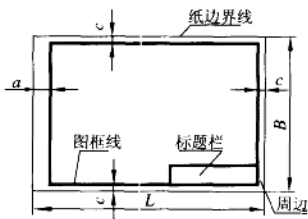


图1-4

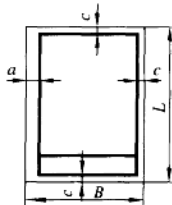


图1-5

表1-4

基本幅面的图框格式尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	294×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

注：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。例如，A2×3的图框尺寸按A1的图框尺寸确定，即e为20(或e为10)。

3. 标题栏的方位与格式

(1) 标题栏的方位

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的位置应位于图纸的右下角或下方，如图1-2、图1-3、图1-4、图1-5所示。

当标题栏的长边置于水平方向，并与图纸的长边平时，则构成X形图纸，如图1-2、图1-4所示。若标题栏的长边与图纸的长边垂直时，则构成Y形图纸，如图1-3、图1-5所示。在此情况下，便保证了看图方向与看标题栏方向的一致。

为了利用预先印制的图纸，允许将X形图纸的短边置于水平位置使用，如图1-6所示；或将Y型图纸的长边置于水平位置使用，如图1-7所示。

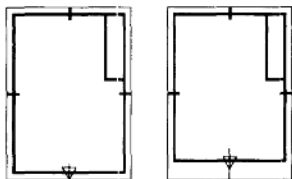


图1-6

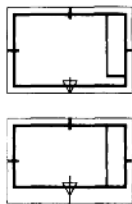


图1-7

(2) 对中符号

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，对表1-1和表1-2所列的各号图纸，均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约5mm，如图1-6和1-7所示。

对中符号的位置误差应不大于0.5mm。

当对中符号处在标题栏范围内时，则伸入标题栏部分省略不画，如图1-7所示。

(3) 方向符号

对于按规定使用预先印制的图纸时，为了明确绘图和看图时图纸的方向，应在图纸的下边对中符号处画出一个方向符号，如图1-6、图1-7所示。

方向符号是用细实线绘制的等边三角形，其大小和所处的位置如图1-8所示。

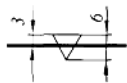


图1-8

(4) 标题栏的格式

国家标准GB10609.1—89已对标题栏的格式作了统一规定，如图1-9所示。但在校学习期间的制图作业中，可采用图1-10所示的推荐格式。

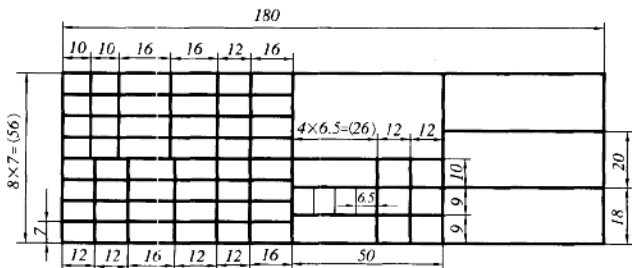


图1-9 标题栏的格式及其各部分的尺寸

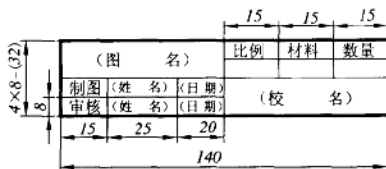


图1-10 制图作业中推荐使用的标题栏格式

标题栏的外边框线采用粗实线绘制，其右边和底边均要与图框线重合。标题栏的内部分格线采用细实线绘制。

4. 图幅分区

必要时，可以用细实线在图纸周边内画出分区，如图1-11和图1-12所示。

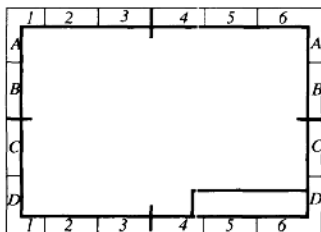


图1-11

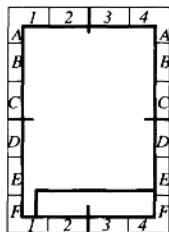


图1-12

图幅分区数目按图样的复杂程度确定，但必须取偶数。每一分区的长度应在25~75mm之间选择。

分区的编号，沿上下方向(按看图方向确定图纸的上下和左右)用大写拉丁字母从上到下顺序编写；沿水平方向用阿拉伯数字从左到右顺序编写。当分区数超过拉丁字母的总数时，超过的各区可用双重字母依次编写，如AA、BB等。拉丁字母和阿拉伯数字的位置应尽量靠近图框线。

在图样中标注分区代号时，分区代号由拉丁字母和阿拉伯数字组合而成，字母在前、数字在后并排地书写，如B3、C5等。分区代号与图形名称同时标注时，则分区代号写在图形名

称的后边，中间空出一个字母的宽度，如：A向 B3；E-EA7； $\frac{D_{\text{前}}}{2:1}$ C5等。

二、比例(GB/T 14690—93)

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。

需要按比例绘制图样时，应由表1—5规定的系列中选取适当的比例。

表1-5

种 类	比 例		
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
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$

注：n为正整数。

必要时，也允许选取表1-6中的比例。

表1-6

种类	比例				
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。

比例符号应以“:”表示。比例的表示方法如1:1、1:500、20:1等。比例一般应注写在标题栏中的比例栏内。必要时，可在视图名称的下方或右侧标注比例，如 $\frac{1}{2}:1$ ， $\frac{A}{1:100}$ ， $\frac{B-B}{2.5:1}$ ，平面图形1:100等。标注图例如图1-13。

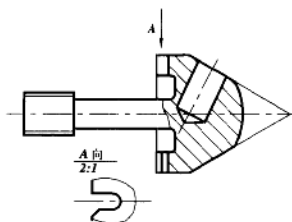


图1-13

应当指出，在作图时，不论采用何种比例，图样中所标注的尺寸数值都必须是机件的实际尺寸。即图样中的尺寸标注与绘图所用的比例及作图的准确度无关，如图1-14所示。

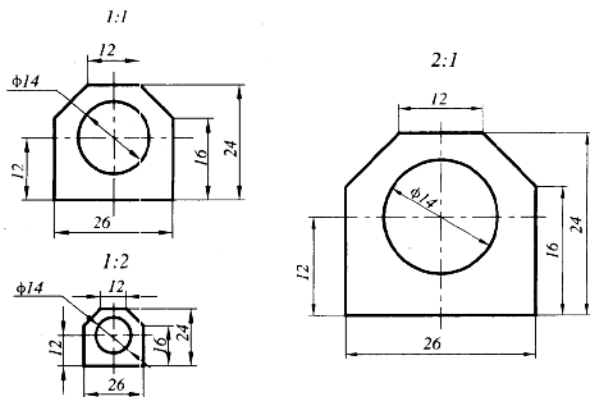


图1-14

三、字体(GB/T 14691-93)

字体是指图样中汉字、数字、字母的书写形式。

1. 基本要求

- (1) 在图样中书写字体时必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。
 - (2) 字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为：1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20mm。需要书写更大的字时，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体高度代表字体的号数。
 - (3) 汉字应写成成长仿宋体字，并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字字高不应小于3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。
 - (4) 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。
- 在同一图样上，只允许选用一种形式的字体。
- (5) 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度。
 - (6) 汉字、拉丁字母、希腊字母、阿拉伯数字和罗马数字等组合书写时，其排列格式和间距应符合图1-15至图1-18和表1-7、表1-8的规定。

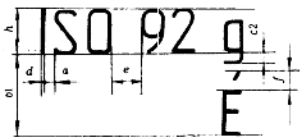


图1-15



图1-16



图1-17

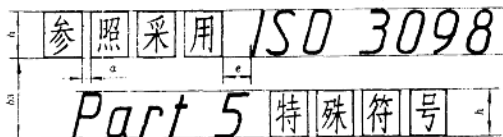


图1-18

表1-7 A型字体 (mm)

书写格式	基本比例	尺寸								
大写字母高度	h	(14/14) h	1.8	2.5	3.5	5	7	10	14	20
小写字母高度	C1	(10/14) h	1.3	1.8	2.5	3.5	5	7	10	14
小写字母伸出尾部	C2	(4/14) h	0.5	0.72	1.0	1.43	2	2.8	4	5.7
小写字母出头部	C3	(4/14) h	0.5	0.72	1.0	1.43	2	2.8	4	5.7
发音符范围	F	(5/14) h	0.64	0.89	1.25	1.78	2.5	3.6	5	7
字母间间距 ¹⁾	A	(2/14) h	0.26	0.36	0.5	0.7	1	1.4	2	2.8
基准线最小间距(有发音符)	$b1$	(25/14) h	3.2	4.46	6.25	8.9	12.5	17.8	25	35.7
基准线最小间距(无发音符)	$b2$	(21/14) h	2.73	3.78	5.25	7.35	10.5	14.7	21	29.4
基准线最小间距(仅为大写字母)	$b3$	(17/14) h	2.21	3.06	4.25	5.95	8.5	11.9	17	23.8
词间距	e	(6/14) h	0.78	1.08	1.5	2.1	3	4.2	6	8.4
笔画宽度	d	(1/14) h	0.13	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4

注: 特殊的字符组合, 如LA、TV、Tr等, 字母间间距可为 $a=(7/14)h$ 。

表1-8 B型尺寸 (mm)

书写格式	基本比例	尺寸								
大写字母高度	h	(10/10) h	1.8	2.5	3.5	5	7	10	14	20
小写字母高度	C1	(7/10) h	1.26	1.75	2.5	3.5	5	7	10	14
小写字母伸出尾部	C2	(3/10) h	0.54	0.75	1.05	1.5	2.1	3	4.2	6
小写字母出头部	C3	(3/10) h	0.54	0.75	1.05	1.5	2.1	3	4.2	6
发音符范围	F	(4/10) h	0.72	1.0	1.4	2.0	2.8	4	5.6	8
字母间间距 ¹⁾	A	(2/10) h	0.36	0.5	0.7	1	1.4	2	2.8	4
基准线最小间距(有发音符)	$b1$	(19/10) h	3.42	4.75	6.65	9.5	13.3	19	26.6	38
基准线最小间距(无发音符)	$b2$	(15/10) h	2.7	3.75	5.25	7.5	10.5	15	21	30
基准线最小间距(仅为大写字母)	$b3$	(13/10) h	2.34	3.25	4.55	6.5	9.1	13	18.2	26
词间距	e	(6/10) h	1.08	1.5	2.1	3	4.2	6	8.4	12
笔画宽度	d	(1/10) h	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2

注: 特殊的字符组合, 如LA、TV、Tr等, 字母间间距可为 $a=(1/10)h$ 。

2. 字体示例

① 长仿宋体汉字示例

10号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7号字

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

5号字

技术制图 机械电子 汽车船舶 土木建筑 矿山井坑 港口

3.5号字

螺纹 齿轮 端子 接线 飞行 指导 驾驶 舱位 挖填 施工 引水 通风闸 阀坝 棉麻化纤

② 拉丁字母示例(A型)。

大写斜体

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

小写斜体

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

大写直体

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

小写直体

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

③ 阿拉伯数字(A型)示例

斜体 **0123456789**

直体 **0123456789**

④ 罗马数字(A型)示例

斜体 **IIIIIIVVVIVIIIIIXX**

直体 **IIIIIIVVVIVIIIIIXX**

3. 综合应用规定

用作指数、分数、注脚、极限偏差等的数字和字母，一般应采用小一号的字体。

综合应用举例： 10^3 S^{-1} O_1 T_d $\phi 20_{-0.023}^{+0.010}$ 7_{-2}^{+1} $\frac{3}{5}$

10Js5(± 0.003) M24—6h $\phi 25 \frac{H6}{m5} \frac{H}{2:1} \frac{A \text{向旋转}}{5:1}$

$\frac{6.3}{\nabla}$ R8 5% $\nabla \frac{3.50}{\nabla}$