

绪 论

0.1 为什么要学习这门课程?

语言、文字和图形是人们进行交流的主要方式。在工程界为了准确表达一个物体的形状，用的主要工具就是图形，图形是指在纸或其他平面上表示出来的物体的形状（工程是一切与生产、制造、建设、设备相关的重大的工作门类的总称）。在工程技术中为了正确地表示出机器、设备及建筑物的形状、大小、材料及技术要求等内容，通常将物体按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上，这种根据投影原理、标准或有关规定，表示工程对象，并有必要的技术说明的图就被称为工程图样。

一切工程的设计和规划的表达都离不开工程图样，工程图样是工程界表达、交流技术思想的语言，如机械工程图样、建筑工程图样等。

机械是帮助人们降低工作难度或省力的工具装置，我们日常接触的有简单机械或复杂机械（机器）。机械和人们的生活息息相关，大到万吨巨轮，小到订书机，高精到航天飞机，普通到一双筷子，它们的制造都离不开机械专业人才。制造业是人们物质生活用品供应的基本保障，而机械设备制造和检验的依据则是我们这门课程要学习的机械工程图样。

为什么要学习这门课程？

（1）一切机器、仪器和机械装备都是根据机械工程图样进行制造和装配的。

（2）工程图样是工程界表达、交流技术思想的技术“语言”，是制造业最重要的技术信息，工程技术人员必须具备绘制和阅读工程图样的能力。

（3）《画法几何与机械制图》是普通高等学校工科专业一门必修的专业技术基础课，是一门实用的认识机械工程的入门课程，作为工科专业的学生必须学好这门课程。

0.2 这门课程学什么?

1. 本课程的主要内容

本课程的主要内容包括画法几何、制图基础、机械制图和计算机绘图 4 个部分。

（1）画法几何。画法几何主要学习用正投影图示空间物体的基本理论和方法，研究在二维平面上表示三维空间几何元素或物体的原理和方法以及求解空间几何元素的度量、定位等问题，培养空间思维和形象思维能力。

（2）制图基础。主要介绍绘制和阅读工程图样的基本方法和基本技能。掌握常用几何作图方法，能正确地使用绘图工具绘图；掌握应用形体分析法、线面分析法进行画图、读图和尺寸标注；掌握技术制图和机械制图国家标准对物体表达方法的各种规定。通过学习和实践，培养绘图和看图技能。

（3）机械制图。主要介绍标准件、常用件、零件和部件的工程表达。主要以正投影法理论为基础，研究机械工程图样的绘制和阅读。通过学习和实践，培养绘制和阅读机械工程图样的能力。

（4）计算机绘图。计算机绘图已经成为一种先进的工程图样的成图手段，计算机绘图主要学习典型的 CAD 软件，介绍 AutoCAD 绘图环境的设置、二维图形绘制和编辑、尺寸标注、图块定义及插入等，要求能灵活应用 AutoCAD 各种命令绘制机械工程图样，掌握计算机绘图软件绘图的基本方法和技能。

2. 本课程的主要任务

（1）学习并掌握正投影法图示空间物体的基本理论和方法，培养形象思维、空间思维和辩证思维能力。

（2）掌握仪器绘图、徒手绘图、计算机绘图的方法和技能，培养绘制和阅读机械工程图样的能力。

（3）掌握查阅和使用国家标准及有关手册的方法，培养标准化意识和遵守各种标准规定的习惯，具有分析和解决工程图样中所需相关研究资料的能力。

（4）培养严谨、认真、细致的工作作风和一丝不苟的工作态度，培养良好的职业道德素养。

在完成上述任务的同时，在教学中还需注意培养自主学习能力、沟通交流能力以及分析问题和解决问题的能力等。

0.3 怎么学好这门课程？

本课程是一门既有基础理论又密切结合生产实际和强调实践的技术基础课程，只有通过大量的绘图和读图实践才能学好本课程，同时要做到以下几点：

（1）掌握科学的学习方法，做好课前预习，掌握听课主动权；专心听讲，做好课堂笔记；及时复习，把知识转化为技能；认真完成作业，提高分析解决问题的能力；完善课堂笔记及时小结，把所学知识条理化、系统化。

（2）本课程实践性较强，在掌握了基本概念和理论的基础上，必须通过做作业及大量的绘图、读图实践，不断地由物画图、由图想物，以“图”为中心，随时围绕“图”进行学习和练习，才能掌握本课程的基本内容。本教材配有相应的习题集，每次课后都有绘图作业，学与练相结合，必须保质保量地完成相当数量的习题，才能使所学知识得以巩固。做作业时，注意遵循正确的作图方法和步骤，注意绘图基本技能的培养。

（3）注意抽象概念的形象化，随时进行“物体”与“图形”的相互转化训练，正确理解和掌握三视图的投影规律，以利于提高空间思维、形象思维及辩证思维能力。

（4）工程图样是现代生产中一项重要的技术文件，是工程界交流的共同“语言”，读图和绘图的一点差错都会给工作造成损失甚至严重事故。因此，学习本课程应严格要求自己，随时注重严谨、认真、负责、细致等优秀工程素养和工匠精神的培养。

通过本课程的学习和训练，将为绘制和阅读机械工程图样以及后续专业课程的学习打下必要的理论和实践基础。

1 制图的基本知识与技能

【知识目标、能力目标和育人目标】

- (1) 了解工程制图中必须遵循的技术制图和机械制图国家标准的基本规定。
- (2) 掌握基本的几何作图方法。
- (3) 具有几何作图和徒手画草图的基本能力。
- (4) 培养自主学习能力。
- (5) 养成严格遵守各种标准规定的习惯，培养良好的职业道德素养。
- (6) 在绘图技能的训练中，培养敬业、精益、专注、创新的工匠精神。

【主要内容】

- (1) 技术制图与机械制图国家标准的基本规定。
- (2) 绘图工具和仪器的使用方法。
- (3) 常用几何作图方法。
- (4) 平面图形的尺寸分析和作图。
- (5) 徒手绘制平面图形的的方法。

1.1 国家标准的基本规定

工程图样是现代工业生产中的主要技术文件，工程设计中表达设计思想、进行技术交流都离不开工程图样。因此工程图样被称为工程界的共同语言，要使用工程图样这种语言进行交流，就必须有统一的规范，这就是《技术制图》与《机械制图》的国家标准。《技术制图》国家标准是一项基础技术标准，在内容上具有统一性和通用性，在制图标准体系中处于最高层次，《机械制图》国家标准是机械专业制图标准。

标准有国际标准（ISO）、国家标准（GB）和行业标准（JB）。我国在1959年首次颁布了《机械制图》国家标准，随着现代技术的发展，特别是国际之间交流与合作的日益扩大，我国对现行标准进行了多次修改和修订，基本上等同或等效于ISO国际标准。我国的国家标准简称“国标”，代号“GB”（GB/T为推荐性国家标准），例如GB/T 14689—2008，14689为标准的顺序号，2008为标准颁布的年份。

本节主要介绍国家标准中有关绘图的部分，在绘制工程图样时必须严格遵守这些规定。

1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面

图纸幅面是指图纸本身的尺寸大小, 分别用幅面代号 A0, A1, A2, A3, A4 表示。绘制工程图样时, 应优先采用表 1.1 中规定的图纸幅面尺寸大小 (GB/T 14689—2008), 基本幅面图纸尺寸的特点是长: 宽 = $\sqrt{2}$: 1。必要时, 可按规定加长幅面, 加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边按整数倍增加后得出, 如图 1.1 所示。

表 1.1 图纸的基本幅面代号及尺寸

mm

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

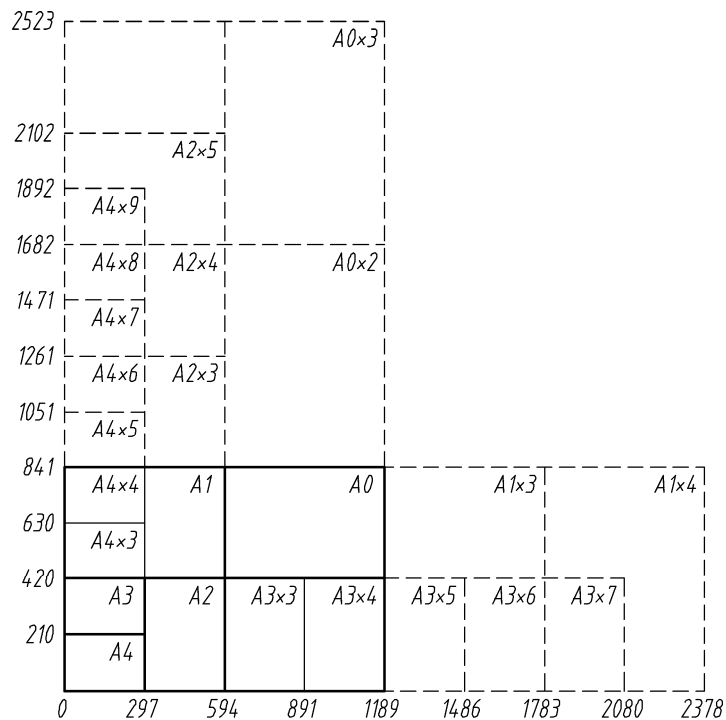


图 1.1 图纸幅面及加长

2. 图框格式

图纸上必须用粗实线画出图框, 图形必须绘制在图框线限定的范围内, 其格式有留装订边和不留装订边两种, 尺寸按表 1.1 的尺寸选取。优先采用不留装订边的格式, 同一产品的图样只能采用一种图框格式。

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便, 可在图纸的中点画出对中符号, 对中符号是从图纸边界画入图框内约 5 mm 的一段粗实线, 如图 1.2 和图 1.3 所示。

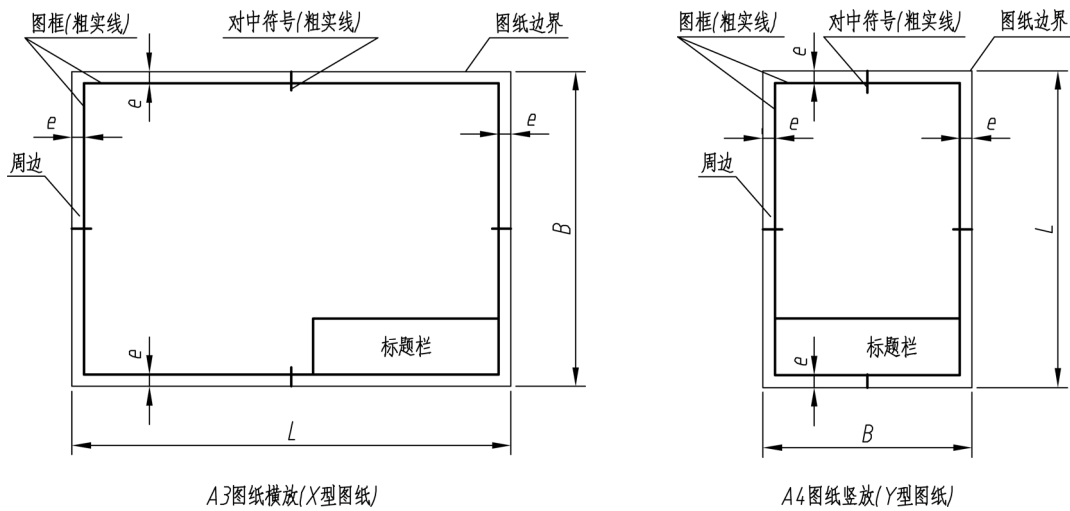


图 1.2 不留装订边的图纸格式

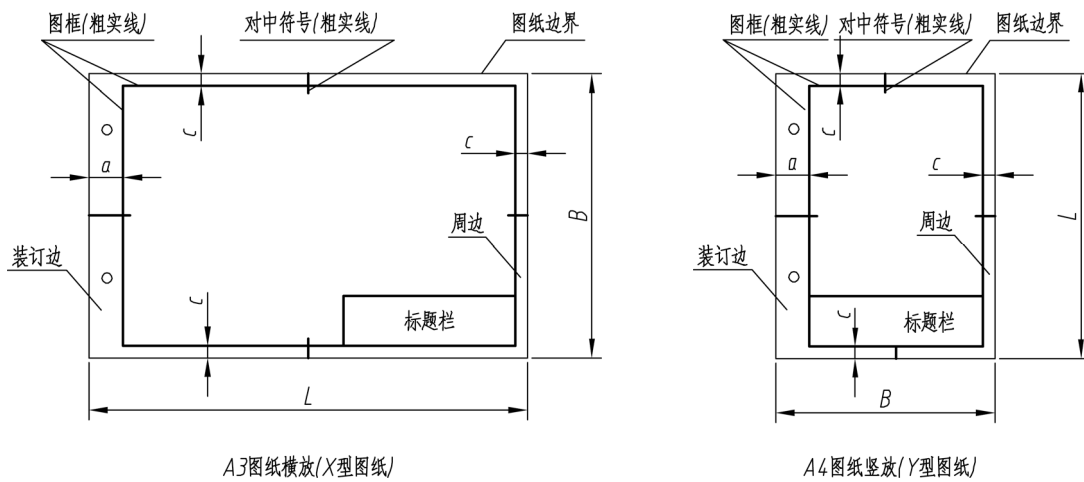


图 1.3 留装订边的图纸格式

为了利用预先印刷好图框和标题栏的图纸，允许将图纸逆时针旋转 90° ，标题栏位于图框右上角，此时应在图框下边的中间位置画一个方向符号（细实线的等边三角形），如图 1.4 所示。

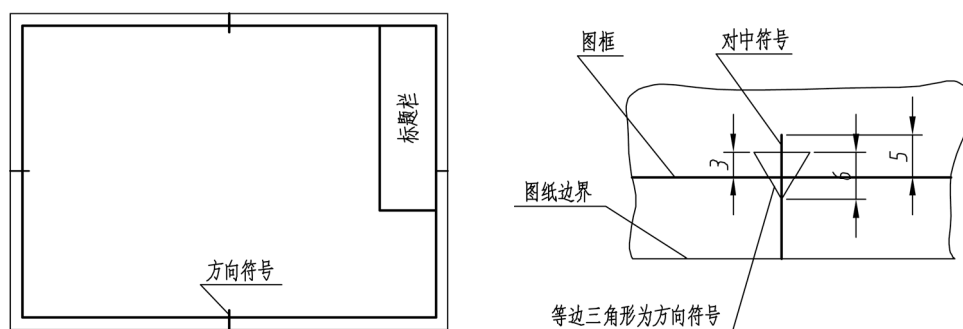


图 1.4 图纸中的方向符号

3. 标题栏

每张图纸上都应画出标题栏，标题栏中文字的方向是看图的方向。根据视图的布置需要，图纸可以横放或竖放，标题栏的位置应位于图纸的右下角，其格式与尺寸应符合国标 GB/T 10610.1—2008 的规定，如图 1.5 所示。学校制图作业使用的标题栏推荐用如图 1.6 所示的简化格式。

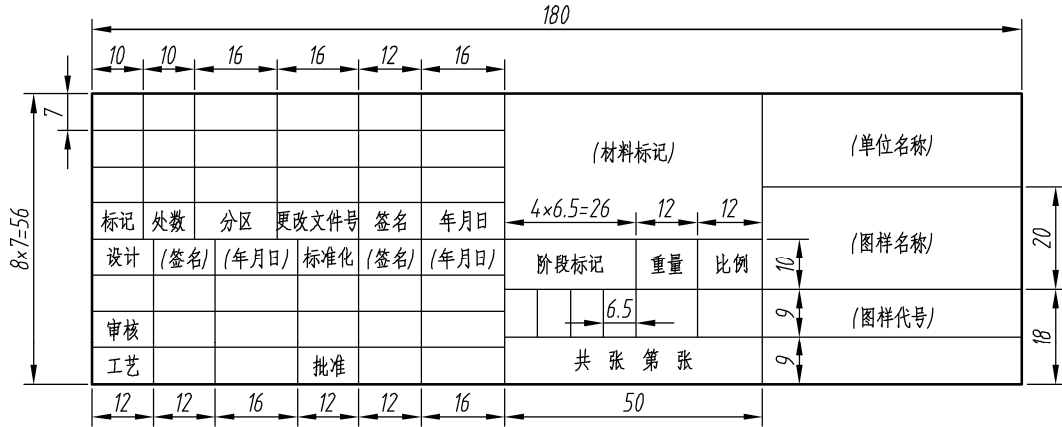


图 1.5 标题栏格式

4. 明细栏

装配图中一般应有明细栏，明细栏应该配置在标题栏的上方，由下而上的顺序填写，格数根据需要而定，如图 1.6 所示。当向上延伸位置不够时，可紧靠标题栏左边再自下而上延续。明细栏更详细的要求可参照有关国家标准（GB/T 10609.1—2009）。

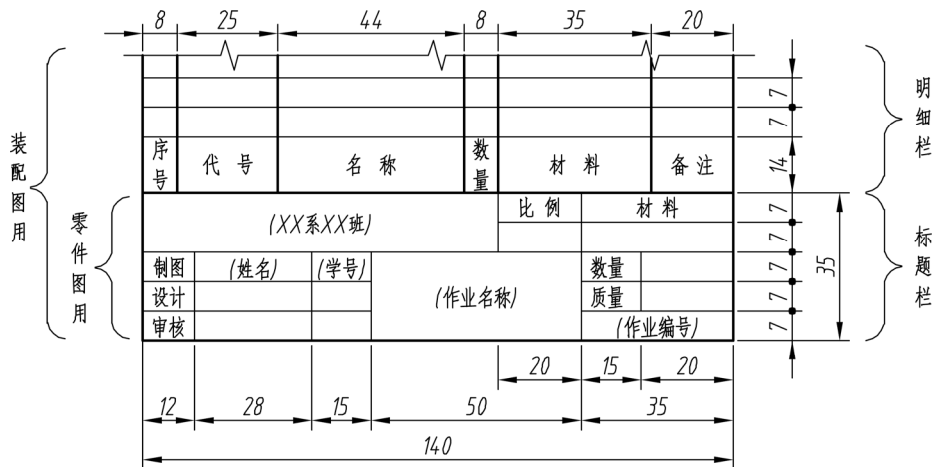


图 1.6 学校用简化标题栏格式

1.1.2 比例（GB/T 14690—1993）

图样的比例是指图形要素的线性尺寸与实物相应要素的线性尺寸之比。图样比例分为原值比例、放大比例、缩小比例三种。国家标准《技术制图比例》对比例的选择做了规定，如

表 1.2 所示。绘图时，优先选用第一系列，必要时，可以选用第二系列。

表 1.2 比例

种类	第一系列		第二系列		
原值比例	1 : 1		—		
放大比例	2 : 1	5 : 1	2.5 : 1	4 : 1	
	$1 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	$4 \times 10^n : 1$	
	$5 \times 10^n : 1$				
缩小比例	1 : 2	1 : 5	1 : 1.5	1 : 2.5	1 : 3
	1 : 10	$1 : 2 \times 10^n$	1 : 4		1 : 5
	$1 : 5 \times 10^n$		$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	
	$1 : 1 \times 10^n$		$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$

值得注意的是不论采用何种比例，尺寸数值均按原值注出，如图 1.7 所示。

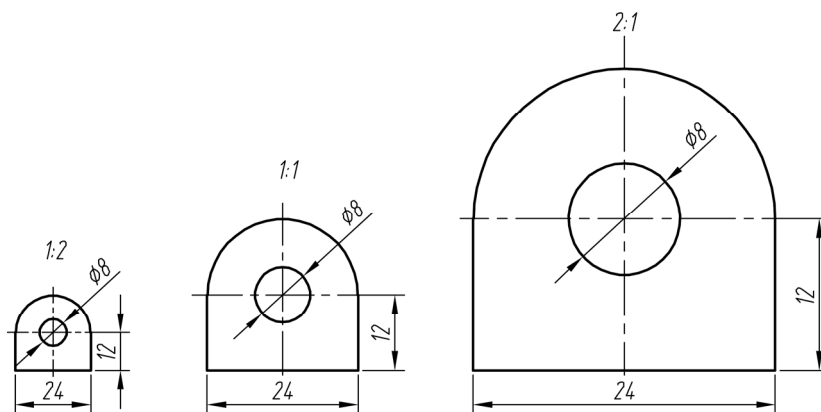


图 1.7 比例及其标注

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

工程图样中除了表达物体的形状的图形外，还必须有一些文字（汉字或英文）、数字等，用于说明物体的大小、技术要求等内容。

图样上的字体书写必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度代表字体的号数，字体高度（用 h 表示，单位符号为 mm）的公称尺寸系列为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20。如需要书写更大的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

汉字应写成长仿宋字体，并应采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 应不小于 3.5 mm，字宽 $= h/\sqrt{2}$ 。

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 $d = h/14$ ，B 型字体的笔画宽度 $d = h/10$ 。字母和数字可写成斜体或直体，全图统一斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° ，如表 1.3 所示。

表 1.3 字体应用示例




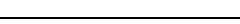
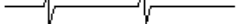




字 体		示 例
长仿宋 体汉字	5号	字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐
	3.5号	学好机械图, 培养和发展空间想象能力
拉丁 字母	大写 斜体	ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
	小写 斜体	abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
阿拉伯 数字	斜体	1234567890
	正体	1234567890
字体应用示例		Part 5 $\phi 20_{-0.023}^{0.010}$ 10^3 1: 2000 58k m=14 z=28 55° $\frac{3}{4}$ 20Mn $\phi 50_{F8}^{H9}$ $\phi 50h6$

1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998 和 GB 4457.4—2002)

1. 图线的型式及应用

图样中常用的图线有粗实线、细实线、细虚线、细点画线、细双点画线、波浪线等基本线型, 见表 1.4。各种图线的应用示例如图 1.8 所示。

表 1.4 常用工程图线的名称、线型、线宽和主要用途

名称	线型	代号	线宽 d/mm		主要用途
粗实线		01.2	0.7	0.5	可见棱边线, 可见轮廓线
细实线		01.1	0.35	0.25	尺寸线, 尺寸边界线, 剖面线, 引面的轮廓线, 过渡线
波浪线		01.1			断裂处的边界线, 视图与剖视图
双折线		01.1			断裂处的边界线, 视图与剖视图
细虚线		02.1			不可见棱边线, 不可见轮廓线
粗虚线		02.2	0.7	0.5	允许表面处理的表示线
细点画线		04.1	0.35	0.25	轴线, 对称中心线, 分度圆(线) 孔系分布的中心线, 剖切线
细双点画线		05.1			相邻辅助零件的轮廓线, 可动零件的极限位置轮廓线, 中断线
粗点画线		04.2	0.7	0.5	限定范围表示线

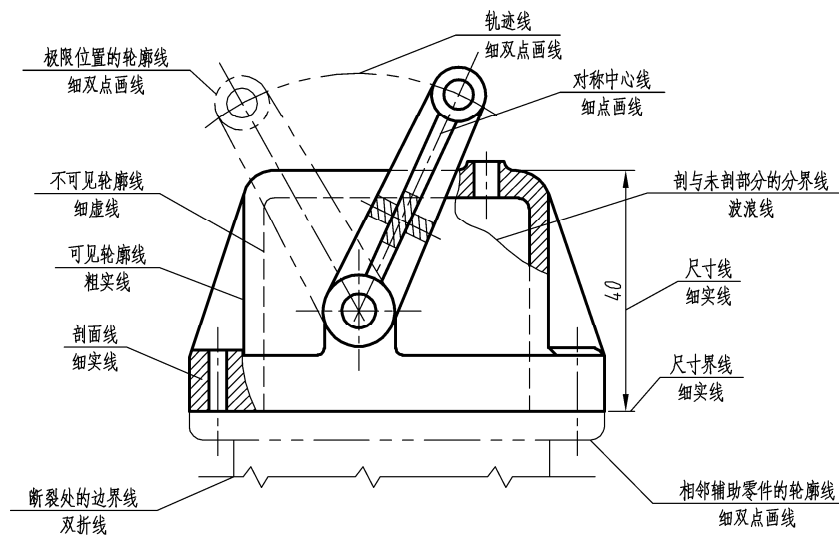


图 1.8 图线的应用

2. 图线的宽度

所有线型的图线宽度 (d) 应按图样的类型和尺寸大小在下列数字中选择：

0.13 mm, 0.18 mm, 0.25 mm, 0.35 mm, 0.5 mm, 0.7 mm, 1.0 mm, 1.4 mm, 2 mm。

机械工程图样上采用两类线宽，称为粗线和细线，其宽度比例关系为 2:1。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。在通常情况下，粗线的宽度不小于 0.25 mm，优先采用 0.5 mm 或 0.7 mm。

3. 图线画法和注意事项

(1) 在同一张图样中，同类图线的宽度应一致。同一条虚线、点画线和双点画线中的短画、短间隔、长画和点的长度应大致相等，可采用表 1.4 所示的规格。

(2) 画圆的对称中心线（点画线）时，圆心应为长画的交点，点画线两端应超出圆弧或相应图形 3~5 mm。在较小的图中画点画线或双点画线有困难时，可用细实线代替。

(3) 点画线或双点画线的首末两端应是线段而不是点，点画线、虚线与其他图线相交时都应是线段相交，不能交在空隙处，如图 1.9 所示。

(4) 当虚线处在粗实线的延长线上时，应先留空隙，再画虚线的短画线，如图 1.9 所示。

(5) 两条平行线（包括剖面线）之间的最小间隙不得小于 0.7 mm。

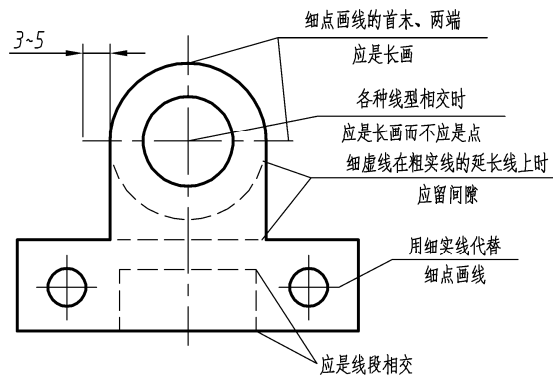


图 1.9 虚线和点画线的画法

1.1.5 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)

在图样中，除需表达零件的结构形状外，还需标注尺寸，以确定零件的大小。

图形和图形上的尺寸是加工制造零件的主要依据，如果尺寸标注错误、不完整或不合理，将会给生产带来困难，甚至生产出废品而造成浪费。因此，标注尺寸是一项非常重要的工作，必须有一丝不苟和认真负责的态度。

1. 基本规则

(1) 零件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米（mm）为单位时，不需标注单位符号（或名称），如采用其他单位，则应注明相应的单位符号（或名称）。

(3) 图样中所标注的尺寸为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

(4) 机件的每个尺寸一般只标注一次，并应标注在反映该结构特征最清晰的图形上。

(5) 标注尺寸时，应尽可能使用符号或缩写词，如表 1.5 所示。

表 1.5 图样中常见符号或缩写词

名称	符号或缩写词	名称	符号或缩写词	名称	符号或缩写词
直径	ϕ	厚度	t	沉孔或铳平	
半径	R	正方形	\square	埋头孔	
球直径	$S\phi$	45°倒角	C	均布	EQS
球半径	SR	深度	∇	弧长	

2. 尺寸要素

每个完整的尺寸一般由尺寸界线、尺寸线及其终端、尺寸数字组成，称为尺寸的三要素。尺寸线终端有箭头、斜线两种形式，在机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端，如图 1.10 所示。

(1) 尺寸界线。

尺寸界线为细实线，并应由轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可用这些线代替。

尺寸界限一般应与尺寸线垂直并略超过尺寸线 2~5 mm 为宜，当尺寸界限过于贴近轮廓