

绪 论

在工程上,人们把准确地表达物体的形状、尺寸与技术要求的图称为图样。在机械制造中,人们根据图样加工零件,再按图样将零件组装成部件或机器。因此,工程图样是表达和交流技术思想的重要工具,是工程的“语言”。设计者通过它把设计思想表达出来,制造者通过它控制制造过程,检验者通过它判定质量水平。若想认识、制造或发明机械,必须先学会这一“语言”。一是学会“接收”它,就是读图(看图),二是学会“传达”它,即制图(绘图)。“现代工程图学”将带领学习者走上工科之路,开始认识机械、认识工业。

1. 工程图学的发展趋势

工程图自古有之,从半坡文化到殷墟遗址,从墨家学派到王祯《农书》,从《周礼·考工记》到《营造法式》,从都江堰到天象台,从黄道婆到宋应星,人们把“图”作为工程语言由来已久。

18世纪,法国科学家蒙诺创立了画法几何学,他研究空间几何元素(点、线、面)及其相对位置在平面上的表示方法,研究在平面上用几何作图的方法解决空间几何问题。以画法几何为理论基础的工程图学为工程与科学技术领域提供了可靠的理论工具和解决问题的有效手段。

随着计算机技术的发展,CAD/CAM技术得到了广泛的应用,新的生产模式(构思三维产品→计算机三维造型→数控加工),给工程图学提出了更新更高的要求。它必须以培养适应经济发展需要,具有时代气息的人才为目标。将计算机作为工程制图的主要工具,充分利用计算机技术及其成果,特别是将计算机绘图手段与参数化实体造型技术引入工程图学教育,已成为工程图学教育发展的主要方向。

无论是传统图学还是现代图学,用构形方法培养受教育者的形象思维能力和创造思维能力都显示了图学课程的重要地位。现代工程图学借助计算机的三维设计表达能力和模拟仿真技术,对空间形体进行广泛的构思和彼此联想,较从前更具新颖性、独特性和创造性,对于培养创造性空间想象能力、思维能力和图形表达能力起到了非常好的启发作用。

在“新四化”视域下,我国制造业的转型升级方兴未艾,工业化与信息化深度融合蓄势待发。基于此,我们建立了基于信息技术的学习资源体系,设计了自主学习—实践训练—方法指导相结合的学习程序;突出工科教育特点,理论知识内容工具化,实践能力教学项目化,专业技能训练课程刚性化;设计新的教学模式,提供任务驱动、项目导向、情境教学、工学交替的教学方案。

2. 现代工程图学的主要内容

工程图学是研究、阅读、绘制工程图样和图解空间几何问题的技术基础,既有系统的理论,又有较强的实践性。现代工程图学课程主要包括画法几何、制图基础、机械图样、计算机绘图四大部分。画法几何部分主要研究正投影法原理以及图示空间形体和图解空间

几何问题的理论和方法,是阅读和绘制工程图样的理论基础,也是培养学生空间想象能力和空间解决问题能力的主要思想方法;制图基础部分训练学生用仪器和徒手绘图的操作技能,培养阅读和绘制投影图的基本能力,这一部分是本书的重点;机械图样部分主要介绍国家标准《机械制图》的有关规定,培养绘制和阅读常见机器或部件的零件图和装配图的基本能力,以培养读图能力为重点;计算机绘图部分介绍绘图软件(AutoCAD),主要介绍二维绘图基本命令的操作方法和技巧,训练在计算机上绘制工程图样的能力。

3. 现代工程图学的任务

- (1) 学习正投影法的基本原理及其应用,培养图解空间几何问题的能力;
- (2) 培养对三维空间物体的形状表达及相对位置关系的分析能力,从而培养空间逻辑思维能力和形象思维能力;
- (3) 培养阅读工程图样的基本能力;
- (4) 培养计算机绘图和三维几何体造型的基本能力;
- (5) 培养徒手绘制工程图样和使用仪器绘图的基本能力;
- (6) 培养查阅和使用有关手册和国家标准的能力;
- (7) 在教学过程中有意识地培养学生的自学能力、分析问题和解决问题的能力,以及认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

4. 现代工程图学的学习方法

1) 强调自主学习

工程图学只是带领学习者迈进工程的门槛。在学习中必须要让学习者提高学习的主动性,认识到读图与绘图是工程实践的重要内容,是以后学习设计、制造等专业课的必要基础。主动学习的目标性要强,在教师的指导下有的放矢的学习,独立完成作业是对学生的最低限度的要求,必须要达到。但是工程图学这门学科无论从理论上还是实践上都有很强的拓展性,学有余力的学习者,还有很大的拓展相关知识的空间。要充分利用好各种资源,积极探索新领域,增加创新机会。工程图学及 CAx 课程群具有明显的信息化特色,其学习方式需要与现代教育技术更紧密的结合,融信息技术、信息资源、信息方法为一体。

2) 注重实践能力的培养

工程图学是一门应用性很强的学科,要特别重视实践。包括上好习题课,独立完成作业,学会自我检验,积极参加评图课等教学项目。学习过程中倡导实施“导生制”。导生也即优秀生,要提高学习要求,善于辅导其他学习者,同时自身也在辅导中得到提高,这种交流方式可使双方受益。学习中要先行学习一些后续课程中的内容,以提高学习的目的性。尽量争取实际的工程和设计实践,了解实际生产活动的需求。本课程只能为学生的绘图和读图能力打下初步基础,在后续课程、生产实习、课程设计和毕业设计中,学生还应继续培养和提高这种能力。

3) 运用图视思维方法

图视思维方法是通过三维立体图形,模拟仿真真实的工程零件形状,从而培训学习者。图视思维方法是根据已知视图的特点,想象形体形状;运用形体分析法和线、面分析法等看图思维的基本方法;通过几种空间形体的构思和表达,模拟实际的构形与设计。学习好图视思维方法有利于开发创造性空间想象能力、思维能力和图视能力。

4) 应用积件思想

积件将教与学的界限趋于模糊。教育者和学习者都可以将自己制作的多媒体素材、微教学单元加入教学资料库,也可以通过访问虚拟图书馆、上网获取更多的和最新的素材。既可将自己独到的教学和学习方法(教学内容呈现方式和教学策略)归纳整理,建立自己的素材呈现方式构件库和教学或学习策略库,也可以吸纳他人的优秀方法补充自己的库或直接用于目前的教学单元中去。学习者可以根据自己的学习进度和学习习惯达到学习目标。

第 1 章 制图基本知识

本章将介绍如下内容：国家标准《技术制图与机械制图》的有关规定；绘图工具及仪器的使用；徒手图的绘制；简单的几何作图；平面图形的画法及尺寸标注等内容。

1.1 机械制图标准简介

图样是现代机器制造过程中重要的技术文件之一。为了统一图样的画法，提高生产效率，便于技术管理和交流，国家标准局发布了国家标准《技术制图与机械制图》，它对图样的内容、格式、表达方法等都作了统一的规定，绘图时必须严格遵守，这样才能使图样真正成为工程界的共同语言。

国家标准简称“国标”。国标《技术制图》适用于机械、电气、工程建设等各专业领域的制图，在技术内容上具有统一和通用的特点，是通用性和基础性的技术标准；而国标《机械制图》则是专业性技术标准。《技术制图》对《机械制图》具有指导作用。本节仅摘录了《技术制图》标准中的基本规定。

1.1.1 图纸的幅面和格式(GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面尺寸

绘制图样时，应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面，必要时也允许采用加长幅面，如图 1-1 所示。加长幅面的尺寸是以某一基本幅面为基础的，即基本幅面的长边尺寸成为其短边尺寸，而基本幅面的短边尺寸成整数倍增加后成为其长边尺寸。例如代号为 A3×3 的加长幅面，其短边尺寸 420，是原 A3 幅面的长边尺寸，而其长边尺寸 891，是由 A3 幅面的短边尺寸 297 乘以 3 后得到的。

表 1-1 基本幅面及周边尺寸

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				

2. 图框格式

在图纸上，图框线必须用粗实线绘制。图框格式分留装订边和不留装订边两种，这两种格式的周边尺寸见表 1-1，但同一产品的图样只能采用一种格式。

留装订边的图纸，其图框格式如图 1-2 所示。不留装订边的图纸，其图框格式如

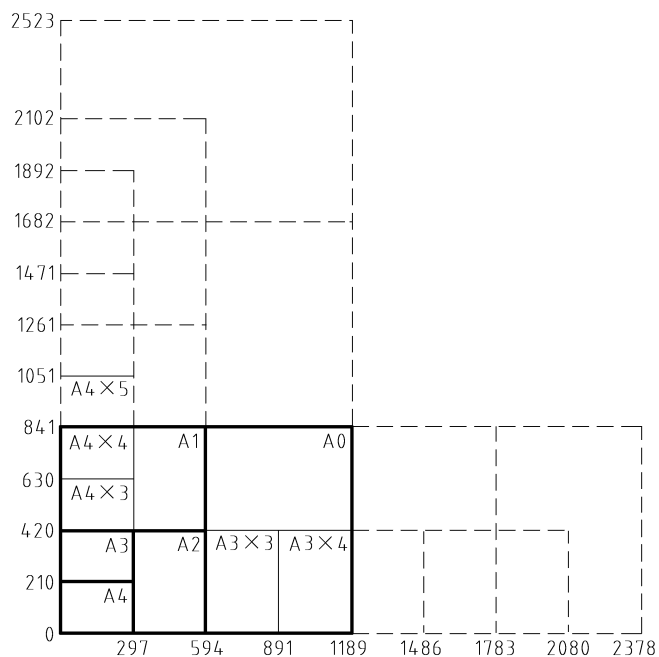


图 1-1 图纸的基本幅面(粗实线)及加长幅面(细实线及虚线)

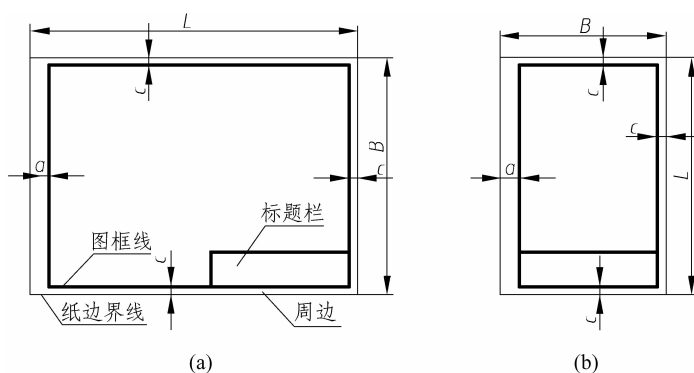


图 1-2 留有装订边的图框格式

(a) 图纸幅面横放; (b) 图纸幅面竖放

图 1-3 所示。图纸幅面一般采用 A3 幅面横放或 A4 幅面竖放的形式。加长幅面的周边尺寸按所选用的基本幅面大一号的周边尺寸确定。例如, A3×3 的周边尺寸按 A2 的周边尺寸确定,即 c 为 10(或 e 为 10)。

3. 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

1) 标题栏的格式

标题栏的格式已由国家标准(GB/T 10609.1—2008)作出规定,如图 1-4(a)所示。学校的制图作业中的标题栏可采用图 1-4(b)所示的简化形式。

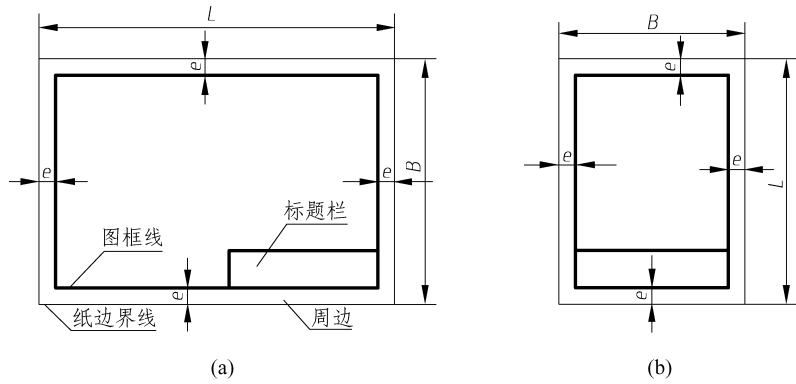
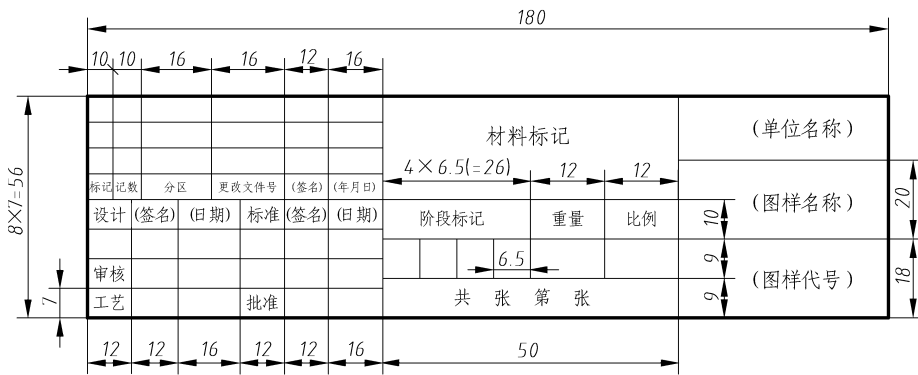
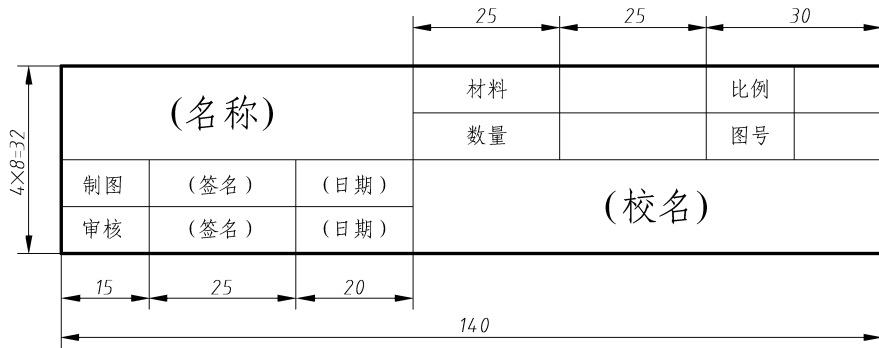


图 1-3 不留有装订边的图框格式

(a) 图纸幅面横放; (b) 图纸幅面竖放



(a)



(b)

图 1-4 标题栏的格式

(a) 国家标准规定的格式; (b) 学校用的简化格式

2) 标题栏的方位

每张图样都必须画出标题栏,标题栏一般位于图纸的右下角,如图 1-2 和图 1-3 所示,此时看图的方向应与标题栏的方向一致。必要时,标题栏也可位于图纸的右上角(如

利用预先印制好的图纸),如图 1-5(a)、(b)所示。此时,看图方向与标题栏的方向不一致,需采用方向符号来标明看图方向。方向符号用细实线绘制的等边三角形表示,其画法如图 1-5(c)所示。

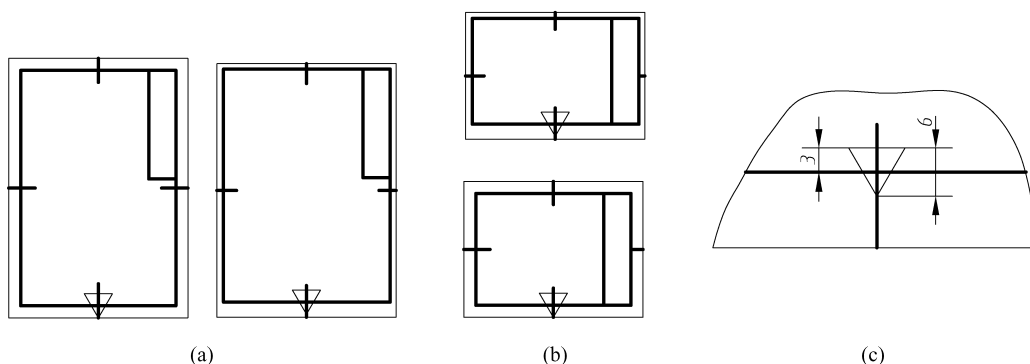


图 1-5 对中符号及方向符号

4. 附加符号

1) 对中符号及方向符号

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,可采用对中符号。对中符号是从周边画入图框内约 5 mm 的一段粗实线,如图 1-5(a)所示。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 1-5(b)所示。方向符号的意义和画法如前述。

2) 剪切符号

为使复制图样时便于自动剪切,可在图纸的四角上分别绘出剪切符号。剪切符号可采用直角边为 10 mm 长的黑色等腰三角形,如图 1-6(a)所示;也可采用两条粗线段表示,如图 1-6(b)所示。

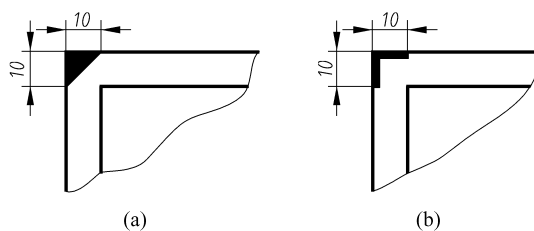


图 1-6 剪切符号

1.1.2 比例(GB/T 14690—1993)

图样中机件要素的线性尺寸与实际机件相应的线性尺寸之比称为比例。画图时尽可能采用 1:1 的比例,当机件过大或过小时,为便于画图可将它缩小或放大画出。国标规定:绘制图样时应优先选用表 1-2 中规定的比例,必要时可选用表 1-3 中规定的比例。无论采用何种比例,在标注尺寸时均应按机件的实际尺寸标注,如图 1-7 所示。

同一个机件的各个图形一般应采用相同的比例,并填写在标题栏“比例”栏内,如

“1:1”或“1:2”。若某个图形所用的比例和标题栏内比例不符时,应在该图形上方注明,如图 1-7 所示。

表 1-2 优先采用的比例

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:表中 n 为正整数。

表 1-3 必要时可选用的比例

种类	比例				
放大比例	4:1	2.5:1			
	$4 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$		
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:表中 n 为正整数。

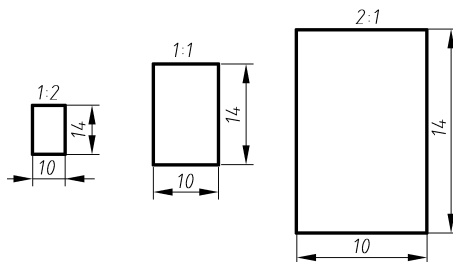


图 1-7 比例

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)

图样中书写的汉字、数字和字母必须做到“字体端正、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。字体的号数即字体的高度(用 h 表示,单位为 mm),分别为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20 共 8 种。若要书写更大的字,则其字体高度按 $\sqrt{2}$ 的比例递增。

1. 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋体,并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的字号应不小于 3.5 号(即字高不小于 3.5 mm),其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体字的特点是:

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

长仿宋体字基本笔画有横、竖、撇、捺、点、挑、钩、折等,每一笔画要一笔写成,不宜勾描。



2. 字母和数字

字母和数字分 A 型和 B 型两种型式。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 $1/10$ 。同一图样只能采用同一种型式的字体,我们国家一般采用 A 型字体。

字母和数字分直体和斜体两种,但在同一图样上只能采用一种书写形式。常用的是斜体,其字头向右倾斜,与水平线成 75° 。

斜体拉丁字母、阿拉伯数字的字体示例如图 1-8 所示。

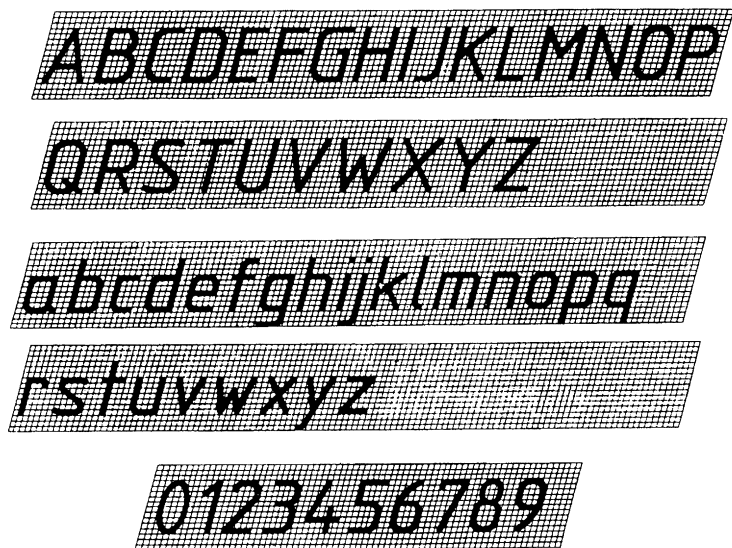


图 1-8 斜体字母、数字

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



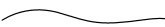

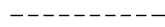
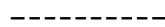


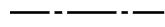
GB/T 17450—1998《技术制图 图线》规定了适用于各种技术图样的图线的名称、型式、结构、标记及画法规则; GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》规定了机械制图中所用图线的一般规则,适用于机械工程图样。

1. 图线的型式及应用

各种图线的名称、型式以及在图样上的一般应用示例见表 1-4 和图 1-9。图线分为粗、细两种,粗线的宽度 d 应按图的大小和复杂程度在 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 之间选择;细线的宽度约为 $0.5d$ 。图线宽度的推荐系列为: $0.25, 0.35, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2 \text{ mm}$, 优先采用

$d=0.5\text{ mm}$ 或 0.7 mm 。

表 1-4 图线及其应用

图线名称	图线型式	图线宽度	图线的一般应用
粗实线		d	可见轮廓线、相贯线等
细实线		$0.5d$	尺寸线和尺寸界线、剖面线、过渡线、重合断面轮廓线、螺纹的牙底线及齿根线、引出线、分界线及范围线、弯折线、辅助线、不连续的同—表面的连线、成规律分布的相同要素的连线等
波浪线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图与剖视图的分界线等
双折线		$0.5d$	断裂处的边界线
细虚线		$0.5d$	不可见轮廓线、不可见棱边线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$0.5d$	轴心线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线、分度圆(线)及节圆(线)
粗点画线		d	有特殊要求的线或表面的表示线
细双点画线		$0.5d$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、坯料的轮廓线或毛坯图中制成品的轮廓线、假想投影轮廓线、试验或工艺结构(成品中不存在)的轮廓线、中断线等

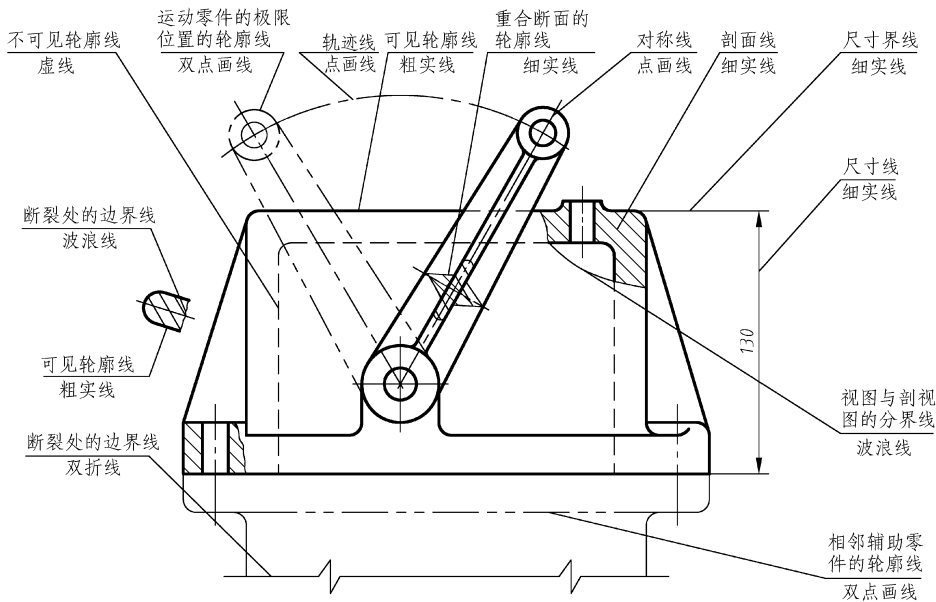


图 1-9 各种图线的应用示例