

目 录

前言

课程教学进度表(每周讲课内容、复习章节及完成作业)	(1)
---------------------------	-----

第一章 设计与绘图方法

§ 1-1 绘画与图样	(1)
§ 1-2 工科学生须知	(2)
§ 1-3 投影的分类	(3)
§ 1-4 徒手画草图	(3)
思考题(I)	(14)
§ 1-5 用绘图仪器画正视图	(16)
思考题(II)	(30)

第二章 正投影法及三视图

§ 2-1 正投影法	(39)
§ 2-2 立体的三视图	(40)
思考题与作业	(43)

第三章 平面立体的三视图及轴测图画法

§ 3-1 简单平面立体三视图的画法	(47)
§ 3-2 平面立体上的线、面投影特性	(48)
§ 3-3 平面立体正等轴测图的画法	(58)
思考题与作业	(63)

第四章 回转体的三视图及轴测图画法

§ 4-1 回转体的形成	(70)
§ 4-2 常见回转体的三视图及尺寸注法	(71)
§ 4-3 回转体的正等轴测图和斜二等轴测图画法	(74)
思考题与作业	(78)

第五章 形体分析法

§ 5-1 概述	(82)
§ 5-2 应用形体分析法画组合体三视图	(83)
§ 5-3 应用形体分析法标注组合体的尺寸	(85)

§ 5-4 应用形体分析法画组合体的轴测图	(90)
§ 5-5 应用形体分析法读图	(92)
思考题与作业	(97)
第六章 辅助线法(一)	
§ 6-1 用辅助线法在平面内作直线和点	(107)
§ 6-2 用辅助线法作平面立体切口的投影	(109)
思考题与作业	(111)
第七章 辅助线法(二)	
§ 7-1 概述	(114)
§ 7-2 回转体表面作点、线的基本方法	(115)
§ 7-3 用辅助线法求作回转体表面的截交线	(117)
§ 7-4 用辅助线法求作两回转体表面的相贯线	(124)
思考题与作业	(127)
第八章 辅助平面法	
§ 8-1 辅助平面法的作图原理及应用举例	(133)
§ 8-2 同轴回转体相贯	(135)
§ 8-3 截交和相贯综合举例	(135)
§ 8-4 截交和相贯的尺寸注法	(137)
思考题与作业	(139)
第九章 展开图画法	
§ 9-1 一般位置直线实长的求法	(143)
§ 9-2 作表面展开图的基本方法	(145)
思考题与作业	(152)
第十章 机件形状的表达方法	
§ 10-1 视图	(154)
§ 10-2 剖视	(157)
§ 10-3 剖面	(162)
§ 10-4 局部放大图与简化画法	(164)
§ 10-5 第三角投影简介	(167)
思考题与作业	(169)
第十一章 零件图	
§ 11-1 零件图的作用和内容	(180)
§ 11-2 零件图的视图表达	(181)

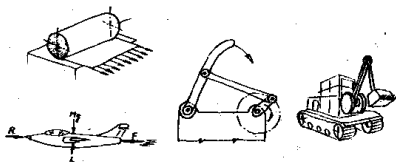
§ 11-3 零件上的典型结构及其尺寸注法	(184)
§ 11-4 零件图的尺寸注法	(188)
§ 11-5 零件表面的粗糙度	(192)
§ 11-6 零件测绘及草图画法	(197)
思考题与作业	(200)
第十二章 螺纹与螺纹连接件	
§ 12-1 螺纹	(203)
§ 12-2 螺纹连接件及其连接的画法	(210)
思考题与作业	(217)
第十三章 标准件与常用件	
§ 13-1 键和键联结	(221)
§ 13-2 销和销连接	(223)
§ 13-3 滚动轴承	(225)
§ 13-4 齿轮	(227)
§ 13-5 弹簧	(230)
思考题与作业	(235)
第十四章 装配图	
§ 14-1 装配图的作用和内容	(238)
§ 14-2 装配图中的视图	(240)
§ 14-3 装配图中的尺寸	(242)
§ 14-4 装配图中零、部件编号、明细表及标题栏	(243)
§ 14-5 装配结构的合理性	(244)
§ 14-6 装配图的画法	(245)
§ 14-7 看装配图和拆绘零件图	(249)
§ 14-8 尺寸公差和配合	(252)
思考题与作业	(263)
附录一 国家标准《机械制图》摘要	
一 图纸幅面和格式	(268)
二 比例	(268)
三 字体	(269)
四 图线	(270)
五 剖面符号	(271)
六 尺寸注法	(272)
附录二 机械设计常用标准摘要	

一	常用零件结构要素	(277)
二	螺纹	(279)
三	常用的标准件	(285)
四	公差与配合	(296)
五	常用的金属材料和非金属材料	(302)

附录三 本书思考题答案

第一章

设计与绘图方法



§ 1-1 绘画与图样

图画有两大分支：一个分支是艺术图，另一个分支是工程图，艺术图的特点是美，工程图的特点是严谨。艺术图表达了人们美好丰富的想象力，工程图帮助人们进行规划和设计，去实现所想象的事物。因此，从思维概念上讲，二者是有内在联系的。当然，不能要求每个工程师都是天才的艺术家，但具有艺术素养，将会增强对事物的观察能力，现代工业造型设计的迅速发展和多学科的结合，常常会创造出更为方便适用和美观协调的新型机器来替代老的产品。对于工程设计人员和工科学子来说，培养一定的艺术素质是有益的，他们只要从已有的制图基础再跨出几步就可以做到这一点。现在世界各国在理工科院校也提倡艺术和美育教育，因为美育能振奋精神、启发思想、开阔视野和丰富生活。经常跟工业机器打交道的科技人员，应该有这个权利和义务去接受美学，这对于培养人的理想、道德、文化、纪律有着重要的意义。就拿绘画来说，它能给工程设计带来独特的效果，给古老的机械图样带来微妙的影响。当然绘画只是美育的一部分，如果能将这部分美育寓于图学教育之中，它将使制图教学生动活泼，亦将提高学生的设计创造能力。这正是目前各院校新兴的工业造型设计新专业和新课程所探求的方向。

如果你，作为一名工科学子，对于将来的生活有一个美好的憧憬，例如毕业后，分配到一个很理想的单位从事很有开创性的工作，还有一个相当不错的生活环境。



图 1-1 用图样表达设想

也可能你对于自己的工作环境和住处的布局有一个设想，你怎样才能够把这个设想准确地告诉建筑师呢？只有用图样才能做到，因为图样是你脑海中设计概念的具体体现。所有的工业企业在日常事务中都要聘用各种设计人员进行绘图，如果没有图样就很难构筑起高楼大厦、制造出精密器械。图样是规划和创造任何产品的基础，它能显示所设计产品的外形，也能表达各种部件和零件，还能对如何加工制造，作出各种提示。熟练的工人和技师就是按照

图样把零部件制造出来,最后装配成产品的。对于产品制造来说,准确完善的设计图样是关键;而对于图样来说,绘图人员的能力和素质又是关键。每个绘图人员有他们自己专门的职责,各人将在设计制造新产品的过程中,作出不同的贡献。各种绘图人员的职责和分工如下:

1. 设计员 能运用绘图技巧、各种技术信息和自己的创造性,协同工程师和科学家完成正确的设计课题,画出相应的图纸。

2. 拆图员 能在已完成的设计总图上作一些细小的补充,画出一整套零件图来。

3. 检图员 专门检查图样上有无错误。专职的检图人员知道很多关于图样的工业知识,并且有丰富的设计经验。他们能在别人画的图纸上检出很多“苍蝇”(错误)来。

4. 描图员 专职描绘或复制其他绘图人员所画的图样。很多技艺高超的绘图人员是从描图工作开始的。

除此之外,还有其他一些专业绘图人员亦是工业企业中十分需要的。例如,工具设计人员,专门设计刀具、工夹具来满足产品加工制造的需要;技术说明人员,专职编制产品使用说明书,他们能从技术图样画出各种通俗易懂的使用操作图甚至动画图来;商业艺术人员,专职制作广告图,他们的美术和绘画技艺会扩大产品的销售量,带来意想不到的效益。

以上各种绘图人员都需掌握制图知识和熟练地应用制图知识。因此,工科专业学生必学习工程制图这门基础技术课程。

§ 1-2 工科学生须知

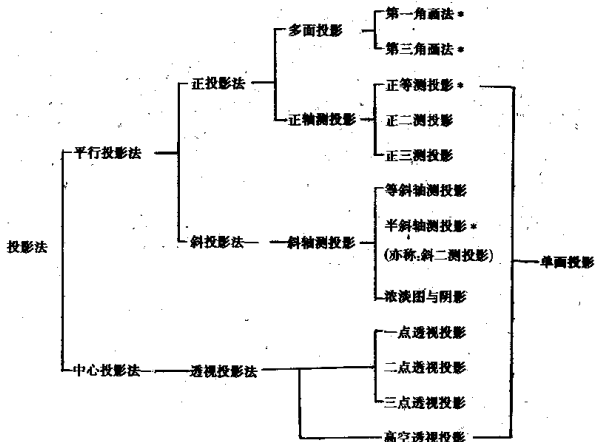
图样是设计工作中重要的技术文件,亦是制造和装配过程中不讲话的指挥者和组织者。世界各国的工科院校都很重视制图课程的开设,因为绘图技能是工科学生的一种基础能力。受过良好训练的工程师、科学家或技师都必须能运用制图的基本原理和方法,对工程问题作出明晰的构思和正确的图形表达。这种能力将贯穿于他整个的职业生涯中,也是使他们能获得成功的重要素质和必备条件之一,工科学生应充分地理解这点。

选修制图课的学生,常常会原谅自己在学习中学未能获得优良的成绩(通常是由于不肯复习和不认真练习所造成的),并且说,毕业后再也不希望画图了,将来只须在自己的指点下,让别人来画出设计图样就可以了。这些学生似乎一开始就有点过高地估计了自己。也许就在他毕业走上工作岗位后,布置给他的第一个任务就是在图板上先画图,看看他的基本功夫如何,是否具备绘图的能力。

工科学生还须面对这样的现实,在大学里学习所有后续课程时,他将面临各种教材中众多的技术图样;在毕业设计阶段,也需要用草图或正规图样来阐明他的设计方案和计算结果。因此,制图课程将不仅帮助他获取知识,而且更直接地有助于他在大学里的学习,制图能力对他的学业进步将起到一定的支承作用。具备三维空间的构思能力是有成就的工程师和科学家的一个重要条件,而正确观察空间物体和灵活运用构思的能力正是从制图课学习中所能获得的主要素质之一。此外,系统的制图训练还会使学生获得另外一些很重要的技术工作作风。准确、快速、整洁对工程师和设计师来说也是必须具备的。工科学生在将来的工作中应该能够运用各种绘图技巧和绘制各种图样,快速而准确地表达出自己的设计意图。

§ 1-3 投影的分类

这里先把制图课中要学习的各种投影方法，分类列表如下：



带*者是工程制图中，最常用的投影。

一般工科专业学生经常要用到的是多面投影第一角画法、正等测投影和斜二测投影，因为这三种投影画法简便又有直观效果。建筑专业还要用到透视投影。

§ 1-4 徒手画草图

徒手画草图技能不应该被低估，它不仅对工程绘图人员有用，而且对每一个人都是有用的。工程师、设计师、工艺师之间经常要进行设计概念的交流，而徒手画草图是最好的媒介。有时候，你将会遇到这种情况，需要画一张草图来表达某些难以用文字描述清楚的事物。图 1-2 所示的草图用来解释宇宙飞船发射过程中运载火箭返回的概念，用这样一张草图是否比文字说明更为清楚和简练些？

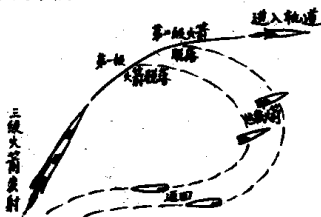


图 1-2 “用草图描述”优于“用文字描述”的例子

画草图有助于激发人的思维能力，并且能很快的将他的设想传达给别人。因此，草图是

工程师与自己或与他人之间很理想的交流工具。人们常说,设计是一种概念捕获过程。人们根据实践经验的积累,先在思想中形成概念,通过可靠的眼、脑、手思维系统,运用画草图技能来帮助思考新设计的各种因素,画草图就是概念捕获现象的记录和积累,常常在画一张草图表达设计意图时,可以触发另一次概念捕捉,而画出一张更好的设计草图。这些草图的集合完善过程,将使设计概念得到进一步发挥,最后画成正规的技术图样。这些图样就是用来组织生产、创造和实现新设计的技术文件。从这个观点出发,把培养学生画草图技能提高到一个恰当的位置。它使制图这一门刻板的课程变成很能吸引学生并且鼓励他们前进的饶有兴趣的领域,展示在他们面前。把工程制图和工业设计巧妙而简练地结合起来,这是目前的一个发展趋向。

人们还发现,如果技术员能用草图来表达心中的映象,他就能更有效地组织他的设计思路。对于特定问题给出多种解答、纪录各种设想;对于设计的修改、损坏零件的替换、丢失图纸的补充等,草图都是经济而有效的中间媒介。因此,对于工程技术领域的设计人员来说,徒手画草图的重要性当然是毋庸置疑的。

一、基本技巧

画草图的工具是一枝铅笔和一张优质中等厚度的纸。铅笔削成圆锥状,削得太尖容易折断,太钝画的线条不匀。画草图不应该用橡皮,因为橡皮擦拭损伤纸面,使线条模糊。只在画好草图之后,用橡皮擦去多余线条,使图面清晰时才用。

画线的基本手法练习,将有助于增进你绘草图的技能。图1-3是水平线的画法,移动手腕自左向右画。

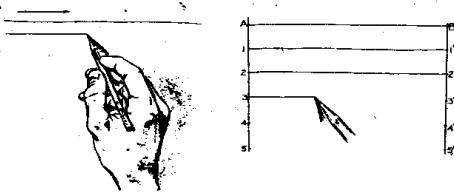


图1-3 移动手腕自左向右画水平线

图1-4是垂直线的画法,移动手腕自上向下画。图1-5是倾斜斜线的两种画法。

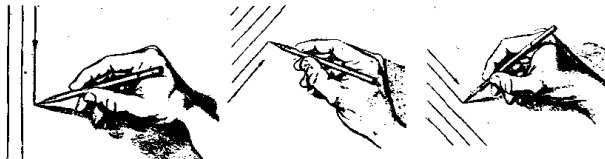


图1-4 自上向下画垂直线

图1-5 倾斜斜线的两种画法

徒手画圆和椭圆的方法类似,其步骤如图1-6所示。

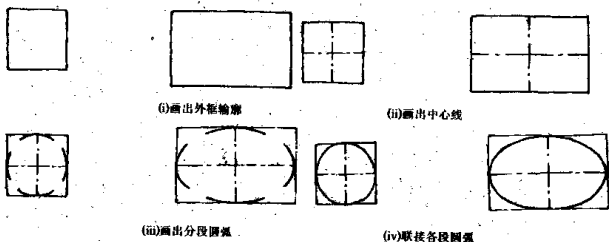


图 1-6 徒手画圆和椭圆的步骤

对于较大半径的圆弧，可以利用右手小指作为支点，旋转图纸来画出，如图 1-7 所示。

每个人不能只靠阅读来学会徒手画草图和用草图来表达设计思想，就象只站在游泳池边是永远也学不会游泳一样。练习画草图要勇于下笔和敢于下笔，图 1-8 示出了一些基本手法练习。坚持多练多画，徒手画

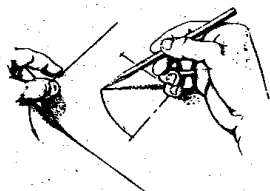
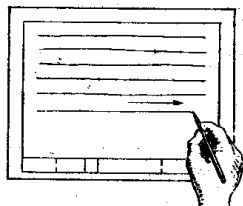
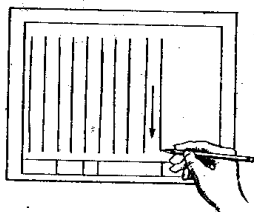


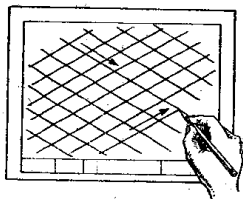
图 1-7 徒手画大圆弧的方法



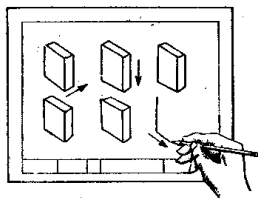
(a) 练习画水平线



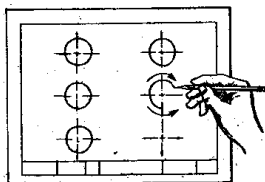
(b) 练习画垂直线



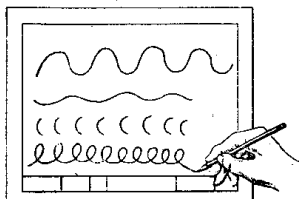
(c) 练习画倾斜线



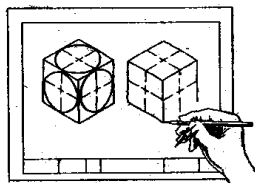
(d) 练习画长方块



(c)练习画小圆



(d)练习画曲线



(e)练习画正方体及椭圆

图 1-8 徒手画草图基本练习

在右图 1-9 中，用您的视力，在 AB 线上估计定出一个中点 L；在 CD 线上估计定出两个三等分点 M 及 N。然后，用尺度量出精确的中点及三等分点，您将会发现它们是否靠近您用视力所估计定出的点。这就是您的脑、眼、手系统众多的功能之一，而且愈实践愈精确。

二、简单立体的草图

作了一定的基本练习以后，现在可以观察一下绘制立体草图的几个简单方法，它对于学习第二章以后的多面投影将有很大帮助。

1. 正等测草图

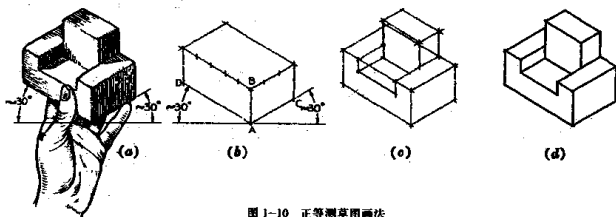


图 1-10 正等测草图画法

如图 1-10(a) 的方向手拿物体，倾斜地对着你，则前角边 AB 将处于垂直位置，二条后

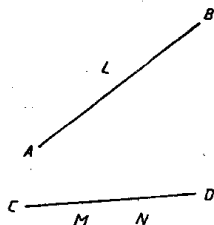


图 1-9 估计等分点

倾的边 AD 及 AC 相应地与水平线约成 30° 角，这三条线即为正等测图的轴线。如图 1-10(b)所示，在其上截取相应边的长度，轻轻地画出长方块的底线。然后如图 1-10(c)所示画出物体的凹陷部分和凸起部分。最后擦去作图线、加深轮廓线，如图 1-10(d)所示。

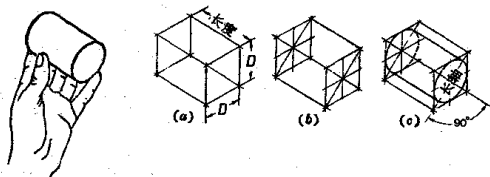


图 1-11 正等测圆柱的画法

图 1-11 示出了绘制圆柱体正等测草图的步骤。图 1-12 示出了带圆孔正方形板的正等测草图的作图步骤。

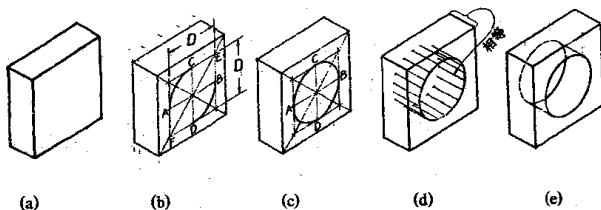


图 1-12 带圆孔的正方形板的画图步骤

2. 斜二测草图

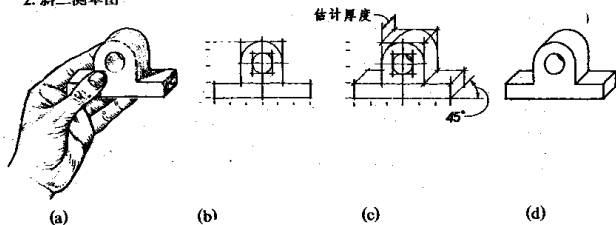


图 1-13 斜二测草图画法

画立体草图的另一种简便方法是斜二测草图。如图 1-13(a)所示,手拿物体将正面对观察者。先勾画出正面的形状,如图 1-13(b)所示。再画出向后倾斜的线条,可以选择任意角度,一般采用与水平线成 30° 或 45° 的倾角,如图 1-13(c)所示,并在这些斜线上截取正确的厚度,可以截取全长(得到等斜轴测投影),或厚度的一半(得到半斜轴测投影,亦称斜二测投影)。最后擦去多余的线条,加深轮廓线,完成作图,如图 1-13(d)所示。

常用的方格纸对于绘制斜二测草图是适用的。现在以一个轴承支架作为示例,说明画图步骤:

1. 先轻轻地画出它的框架结构,如图 1-14(a)所示,后倾的斜线采用 45° ,厚度减半。

2. 在框架中,画出正面的各个圆和圆弧,如图 1-14(b)所示。

3. 擦去多余的线条,并加深轮廓,如图 1-14(c)所示。

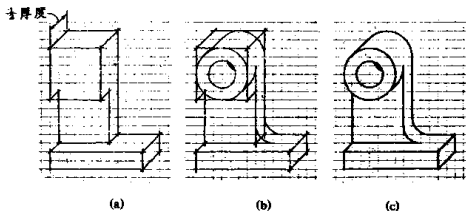


图 1-14 轴承支架的斜二测草图画法

三. 透视草图

透视图可以分为:一点透视,有一个灭点 VP(vanishing point);二点透视,有左、右二个灭点 VPL(left VP)和 VPR(right VP);以及三点透视,有三个灭点。

1. 一点透视

图 1-13 所画的物体,可以很容易地改画成单点透视草图,它的画图步骤如下:

(1) 与画斜二测草图相同,先勾画正面的形状,如图 1-15(a)所示。选择适当的灭点 VP,不宜选得太靠近物体,以免斜线过于集中,使图形失真。

(2) 过各顶点与灭点连线,如图 1-15(b)。

(3) 估计物体厚度,以图形看上去舒适为宜,并画出后面的轮廓。注意后面的形状要相应地小于前面的形状,如图 1-15(c)所示。

(4) 擦去多余的线并加深,如图 1-15(d)所示。

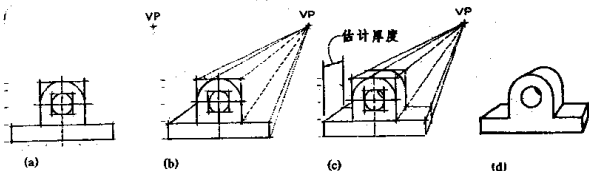


图 1-15 一点透视草图的画图步骤

2. 二点透视

二点透视草图是所有立体图画法中,最接近于真实生活的图象,但要画得好,则需要一定的写生画能力和较多的实践。这里介绍一种简单的、能被非艺术系的学生成功地运用的草

图画法，其步骤如下：

(a). 先在视平线上选择左、右二个灭点 VPL 和 VPR，根据实际经验，其间的 C 点以

$$\frac{VPL-C}{VPR-C} = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \text{ 为宜。}$$

自 C 向下作垂线，在其上截取 A 和 B 二点，AB 是物体前端的实际高度，CA 可任意选择，CA 表示视平线的高度，CA 愈大，所俯视物体顶面部分的面积就愈大。

(b) 估计物体的宽度 W 和厚度 D，以看上去舒适为宜，画出包含该物体的框架。

(c) 为了画出细节，通过二个灭点作出更多的斜线。

(d) 擦去多余的线条，加深并完成全图。

四、徒手画草图在工科专业后继课程中的应用

工科专业的师生在后

继课程的教与学中，经常要用到草图。有些线条画在草图上，能够增加特殊的效果，例如，可以表达光线、声音、运动、速度和方向等。在很多大学课程的教学，事实上常常在使用这些表达方法。如果在两物体之间加上几条短虚线，如图 1-17 所示，就可以表达出撞击的效果，这些短虚线可以被理解为撞击时发出的噪声或飞出的灰尘；从中心向外逐渐扩大的部分圆弧，可以代表声音的传播，如图 1-18 所示。在喷嘴出口处画几条短直线，外加几条半圆弧，就能生动地表示流体的流动，如图 1-19 所示。



图 1-17 撞击效果



图 1-18 声音效果



图 1-19 运动效果

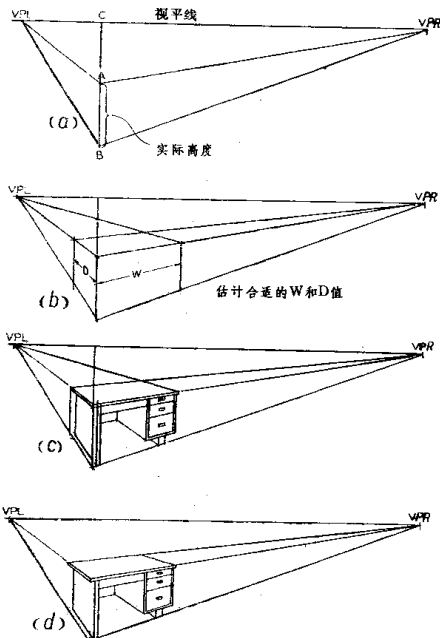


图 1-16 二点透视草图的简易画法

对于工程师来说,箭头是非常重要的符号,它除了用来定义尺寸之外,最重要的用途是表示矢量。矢量有方向 and 大小,箭头端可指示方向,箭身长度用来表示大小。箭头的用途很广。图 1-20 所示的管路示意图中,正确的尺寸标注增强了它的立体图效果。

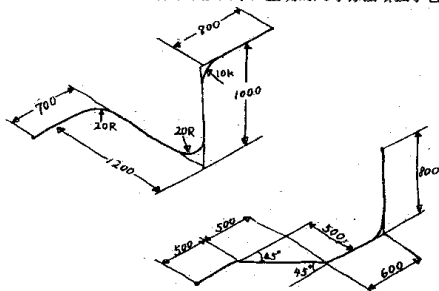


图 1-20 尺寸标注增强了立体图效果

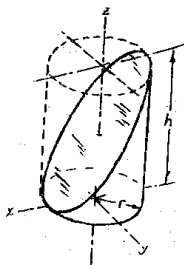


图 1-21 尺寸增加草图的清晰性

作图线和尺寸线亦可增进草图的清晰性,例如图 1-21 所示圆柱体的轴线和尺寸线。

草图中的箭头还可用来显示工作情况和进行矢量分析,例如在图 1-22 中表示卷筒的受力、飞机的受力、水库的受力、机构的运动等。箭头的应用给草图带来动的效果和灵活的生命。工程师和设计师在进行技术讨论和交流中,应能娴熟地运用这些技巧。

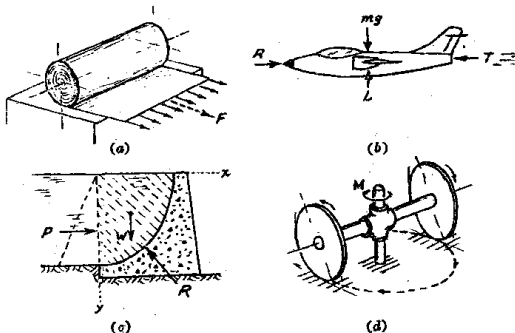


图 1-22 箭头在草图中的应用

五、徒手画草图是新设计的源泉

需要是发明之母。众多国际工商企业经常在推出新的设计和产品,来最大限度地满足社会发展和人类生活的需要。从这个意义上来说,工程设计和产品设计是具有创造性的职业,而绘图能力是它的重要基础。科技人员经常要把概念和设想用草图纪录下来,因此,徒手画

草图是新设计的源泉。工科学生应养成动手多画的习惯，先练习画简单的图形，如图 1-23 所示各种位置的方块图。

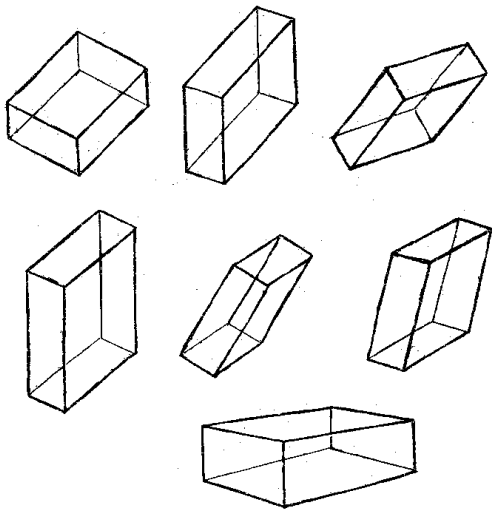


图 1-23 先练习画各种位置的长方块

然后，练习画一些简单零件，如图 1-24 所示的螺钉、螺母、管接头等。正等测图是最容易画的，但它的缺陷是有些失真，物体愈细长，失真度愈明显，如图 1-25(a)。透视图可以弥补这个缺陷，如图 1-25(b)，但较难画些。

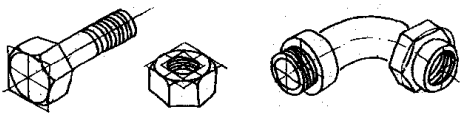


图 1-24 简单零件的正等测图

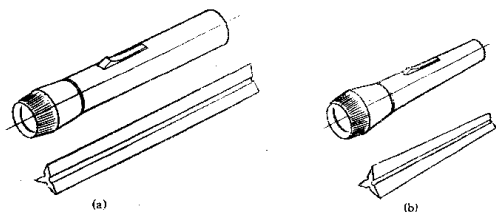


图 1-25 正等视图和透视图的比较

工科学生要做到敢于和善于多练，在画草图方面逐步进入到能表达自己的设想，画出较复杂的构思设计图。图 1-26 示出了传动箱立体草图的画图步骤，只要掌握框架和圆柱的基本画法，要绘制这样的设计草图也并不是很难的。

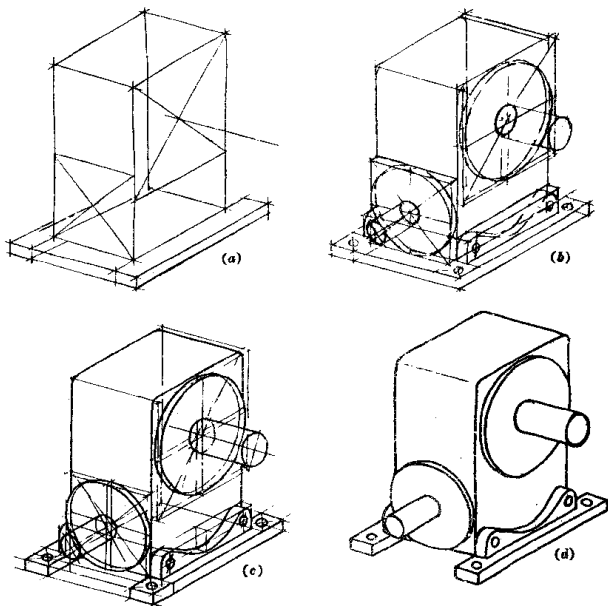


图 1-26 传动箱立体草图的画图步骤

如果你有创作的兴趣,可以根据 § 1-4 中介绍的简单方法,练习画一些透视草图。图 1-27 是一架时钟(视平线居中)的三点透视图。图 1-28 是一台拉压试验机的二点透视图。

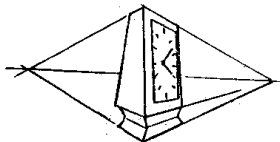


图 1-27 时钟的三点透视图

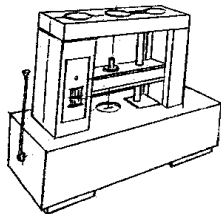


图 1-28 拉压试验机的二点透视图

在透视图附加一些参考实物,将使画面获得壮观的效果,图 1-29 喷气式飞机旁的人形就起到了这个作用。现代工业设计常常需要先画出产品完成后的外形。因此,工程图与艺术图的结合将适应工业造型设计对制图的要求,工科学生应充分注意到这一新的发展趋势。

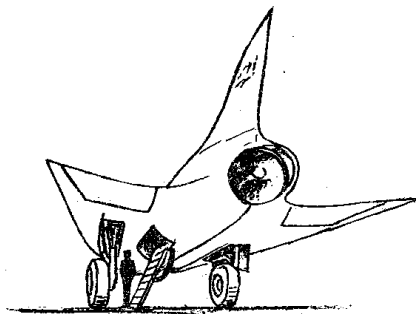


图 1-29 喷气式飞机的透视素描