



高等院校卓越计划系列丛书

画法几何

黄 絮 施林祥 主编

中国建筑工业出版社



高等院校卓越计划系列丛书

画法几何

黄 絮 施林祥 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

画法几何/黄絮, 施林祥主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 6

(高等院校卓越计划系列丛书)

ISBN 978-7-112-18017-2

I. ①画… II. ①黄… ②施… III. ①画法几何-高等学校-教材 IV. ①O185.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 076692 号

本书共分为 11 章, 主要讲述了投影的基本原理。其中包括表达形体的正投影原理和表现形体的轴测投影、透视投影以及投影图中的阴影。为了更好地帮助读者理解原理, 本书简略地介绍了正图和草图的基本作图方法。以期通过作与读相结合, 使读者能快速地掌握空间问题的思考方法, 建立系统的空间概念。正投影的原理主要讲述了立体视图(三面正投影图)的作法; 点、线、面的正投影基本原理; 以及立体相贯线的作法和工程基本应用。轴测投影主要讲述了正轴测和斜轴测的基本原理和作图方法。透视投影主要讲述了透视图的基本原理, 介绍了视线法和量点法两种透视投影的作图方法。投影图中的阴影讲述了正投影图阴影的作法和透视图阴影的作法。

本书在编写上理论联系实际, 既考虑到画法几何课程的系统性, 又结合土建专业的实用性。本书在体系上以立体为核心, 从简单入手, 由浅入深, 循序渐进。整本教材重点突出, 前后呼应, 分步骤讲解, 从各个角度来观察和分析形体, 将表达形体和表现形体相结合, 在基本原理和实例之间反复印证, 加深理解。本书可作为各高等院校、函授大学、高职高专土建类等专业的教材。

责任编辑: 赵梦梅

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 赵 颖

高等院校卓越计划系列丛书

画法几何

黄 絮 施林祥 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24½ 字数: 443 千字

2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月第一次印刷

定价: 48.00 元(含习题集)

ISBN 978-7-112-18017-2

(27260)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

浙江大学建筑工程学院卓越计划系列教材

丛书序言

随着时代进步,国家大力提倡绿色节能建筑,推进城镇化建设和建筑产业现代化,我国基础设施建设得到快速发展。在新型建筑材料、信息技术、制造技术、大型施工装备等新材料、新技术、新工艺广泛应用新的形势下,建筑工程无论在建筑结构体系、设计理论和方法以及施工与管理等各个方面都需要不断创新和知识更新。简而言之,建筑业正迎来新的机遇和挑战。

为了紧跟建筑行业的发展步伐,为了呈现更多的新知识、新技术,为了启发更多学生的创新能力,同时,也能更好地推动教材建设,适应建筑工程技术的发展和落实卓越工程师计划的实施,浙江大学建筑工程学院与中国建筑工程出版社诚意合作,精心组织、共同编纂了“高等院校卓越计划系列丛书”之“浙江大学建筑工程学院卓越计划系列教材”。

本丛书编写的指导思想是:理论联系实际,编写上强调系统性、实用性,符合现行行业规范。同时,推动基于问题、基于项目、基于案例多种研究性学习方法,加强理论知识与工程实践紧密结合,重视实训实习,实现工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力的提升。

丛书凝聚着浙江大学建筑工程学院教师们长期的教学积累、科研实践和教学改革与探索,具有了鲜明的特色:

(1) 重视理论与工程的结合,充实大量实际工程案例,注重基本概念的阐述和基本原理的工程实际应用,充分体现了专业性、指导性和实用性;

(2) 重视教学与科研的结合,融进各位教师长期研究积累和科研成果,使学生及时了解最新的工程技术知识,紧跟时代,反映了科技进步和创新;

(3) 重视编写的逻辑性、系统性,图文相映,相得益彰,强调动手作图和做题能力,培养学生的空间想象能力、思考能力、解决问题能力,形成以工科思维为主体并融合部分人性化思想的特色和风格。

本丛书目前计划列入的有:《土力学》、《基础工程》、《结构力学》、《混凝土结构设计原理》、《混凝土结构设计》、《钢结构原理》、《钢结构设计》、《工程流体力学》、《结构力学》、《土木工程设计导论》、《土木工程试验与检测》、《土木工程制图》、《画法几何》等。丛书分册列入是开放的,今后将根据情况,做出调整和补充。

本丛书面向土木、水利、建筑、园林、道路、市政等专业学生,同时也可以作为土木工程注册工程师考试及土建类其他相关专业教学的参考资料。

前 言

《画法几何》教材及其配套的《画法几何习题集》是高等院校卓越计划系列丛中浙江大学建筑工程学院卓越计划系列教材中的两册。

本书的编写围绕画法几何教学思考的核心问题：采用怎样的教学方法能有效快速地帮助学生建立空间思维的能力。在教材中主要体现在以下几点：一、强调动手作图能力；二、强调以图说明问题；三、强调整体的观察和思考方法；四、强调理论解决实际问题的能力。

针对以上几点，在教材内容中，纳入了草图绘制和正图绘制的基本常识和步骤，着重强调草图的绘制。各章节例题的示例以图为主，文字为辅，每个例题都有题目与解答，例题的解答是分步骤示例，使学生关注作图本身的逻辑关系，以各种标示符号的图来说明问题，尽量做到图示解答一目了然，少以文字说明。空白题目可以使学生在学习过程中理解原理后，在题目上再作图巩固。其中教材的立体例题多为建筑形体的抽象，为后续专业课程的学习做好铺垫。同时在教材的附录部分详细说明了画法几何的学习方法和思考方法，能很好地帮助各高等院校的教师教学、学生自学和复习。

在教材的编写结构和内容上，与教学实践紧密结合，教材重点突出，示例典型，在每个教学计划的节点都安排了相应的大作业，帮助消化课堂内容，攻克难点。

该书由浙江大学建工学院长期从事图学基础教学研究的黄絮老师、施林祥老师编写，凝聚了浙江大学建工学院建筑制图教研室各位前辈的教学经验和教学实践的成果。本书适合作为各高等院校、函授大学、高职高专土建类等专业的教材。

目 录

第1章 投影概论	1
1.1 投影原理	1
1.1.1 中心投影	1
1.1.2 平行投影	1
1.2 工程图种类	2
1.2.1 正投影图	2
1.2.2 标高投影图	2
1.2.3 轴测图	2
1.2.4 透视图	2
1.3 图学发展简述	3
第2章 制图基本知识	4
2.1 制图基本规格	4
2.1.1 图幅	4
2.1.2 图线	4
2.1.3 字体	6
2.2 草图绘制	6
2.2.1 草图绘制常识	6
2.2.2 草图绘制的步骤	7
2.3 正图绘制	8
2.3.1 正图绘制常识	8
2.3.2 正图绘制步骤	10
第3章 正投影原理	12
3.1 正投影的基本概念	12
3.1.1 正投影的特性	12
3.1.2 投影体系	12
3.1.3 视图的表达	14
3.1.4 视图的选择	14
3.2 基本几何形体的视图	15
3.3 视图的读法	16
3.3.1 形体分析法	16
3.3.2 线、面分析法	18
3.3.3 综合练习题	21
第4章 轴测投影图	26
4.1 轴测投影的形成和基本性质	26

4.1.1	轴测图的形成	26
4.1.2	轴测图的基本性质	27
4.2	轴测图的常用种类和选择	28
4.2.1	几种常用的轴测图	28
4.2.2	轴测图的选择	29
4.3	轴测图的画法	31
4.3.1	平面立体的轴测图	31
4.3.2	圆与曲线的轴测图	34
4.3.3	曲面立体的轴测图	37
第5章	点、直线、平面	39
5.1	点	39
5.1.1	点的两面投影	39
5.1.2	点的三面投影和直角坐标	40
5.1.3	特殊位置的点	43
5.1.4	两点的相对位置关系	44
5.1.5	重影点及可见性	44
5.2	直线	45
5.2.1	直线的投影	45
5.2.2	各种位置直线	46
5.2.3	一般位置直线的实长和倾角	48
5.2.4	直线上的点	49
5.2.5	两直线的相对位置	51
5.2.6	相交两直线的角度	55
5.3	平面	56
5.3.1	平面的表示法	56
5.3.2	特殊位置平面	58
5.3.3	平面上的直线	59
5.3.4	平面上的点	63
5.3.5	平面外的直线与平面	63
5.3.6	平面与平面	69
第6章	平面立体	75
6.1	平面立体与平面立体求交	75
6.1.1	直线与平面立体求贯穿点	75
6.1.2	平面与平面立体求截交(线)面	76
6.1.3	平面立体与平面立体求相贯线	79
6.2	一般屋面交线	82
6.2.1	屋面附属形体和屋面的交线	82
6.2.2	一般坡屋顶建筑屋面和屋面的交线	83
6.2.3	同坡屋面的交线	86

第 7 章 曲线和曲面 90

7.1 曲线..... 90

7.1.1 曲线的分类和投影 90

7.1.2 平面曲线..... 90

7.1.3 空间曲线..... 92

7.2 曲面..... 93

7.2.1 曲面的形成 93

7.2.2 曲面的投影 93

7.2.3 曲面的分类 93

7.3 曲面上的点 101

7.3.1 圆柱 101

7.3.2 圆锥 102

7.3.3 球 102

第 8 章 曲面立体..... 103

8.1 曲面立体和平面立体相交 103

8.1.1 平面和曲面立体求截交线（面） 103

8.1.2 曲面立体挖缺口 105

8.1.3 曲面立体穿孔 105

8.1.4 曲面立体和平面立体求相贯线 106

8.2 曲面立体和曲面立体相交 108

8.2.1 一般情形的相贯线 108

8.2.2 特殊情形的相贯线 109

8.2.3 相贯线的辅助球面法 112

8.3 综合体求相贯线 113

第 9 章 投影变换..... 115

9.1 投影变换的目的及方法 115

9.2 变换投影面法 116

9.2.1 新投影体系的选择及点的变换 116

9.2.2 直线的变换 117

9.2.3 平面图形的变换 119

9.3 旋转法 123

9.3.1 点的旋转 123

9.3.2 直线的旋转 123

9.3.3 平面的旋转 124

9.4 不指名轴的旋转法 126

第 10 章 透视图 130

10.1 透视图的基本原理..... 130

10.1.1 透视图的基本术语 130

10.1.2 透视图的形成 131

10.1.3	透视的基本现象	131
10.1.4	透视的基本规律	131
10.1.5	透视图的种类	132
10.1.6	透视图的选择	133
10.2	透视图的作法	133
10.2.1	点的透视作法	133
10.2.2	直线的透视作法	134
10.2.3	平面图形的透视作法	139
10.2.4	立体的透视作法	140
第 11 章	投影图中的阴影	157
11.1	正投影的阴影	157
11.1.1	常用光线	157
11.1.2	点的落影	157
11.1.3	直线的落影	159
11.1.4	平面的落影	160
11.1.5	立体的落影	161
11.1.6	实例	162
11.2	透视图的阴影	165
11.2.1	光线的透视	165
11.2.2	直线的落影	167
11.2.3	立体透视图阴影的做法	170
11.2.4	实例	173
附录		178

第1章 投 影 概 论

1.1 投 影 原 理

日常生活中，物体在灯光或日光的照射下，会在地板或地面等承影面产生影子。在工程上将这种现象加以抽象，以投射线（直线）代替光线，以投影面（平面）代替地板或地面，采用这样的投影方法来得到空间形体在平面上的图形。应用这样的投影方法得到的图形称为投影或投影图。它与影子不同，影子只反映物体的总轮廓，而投影图把物体的完整形象表示出来。

1.1.1 中心投影

图 1-1 所示，灯光照射地面，由点光源发出光线照射物体而在地板形成的影子，抽象为自一点投射中心发出投射线而使空间形体在投影面上形成的投影称为中心投影。

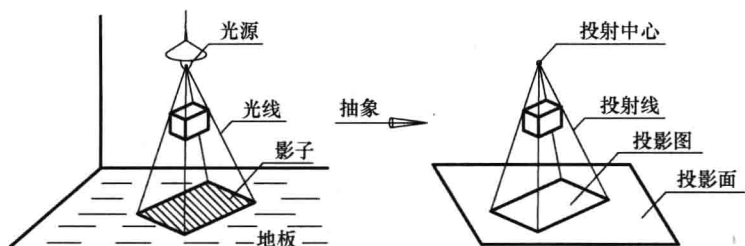


图 1-1

1.1.2 平行投影

日光照射物体在地面形成的影子，假设太阳在无穷远处，太阳光线相互平行。抽象为相互平行的投射线形成的投影称为平行投影。

在平行投影中，由于投射线与投影面所成的角度不同，又可分为两类：

1. 投射线倾斜于投影面的平行投影称为斜投影，如图 1-2 所示。
2. 投射线垂直于投影面的平行投影称为正投影，如图 1-3 所示。

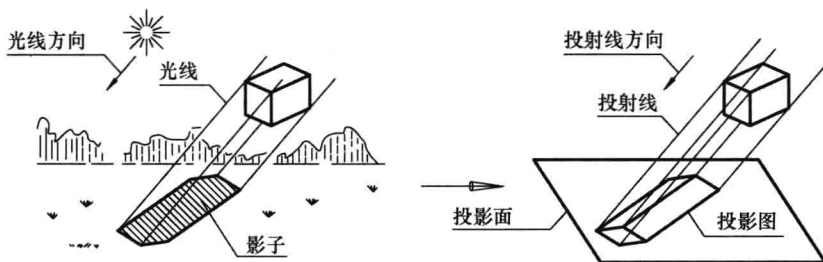


图 1-2

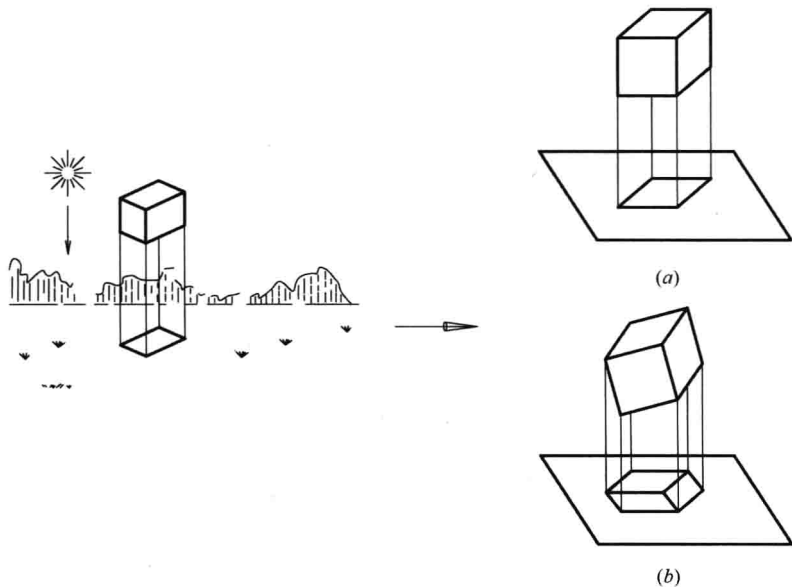


图 1-3

1.2 工程图种类

1.2.1 正投影图

采用平行投影的正投影方法获得的投影图称为正投影图。图 1-3 (a) 所示, 当物体的某个面和投影面平行时, 物体在此投影面上的正投影图反映了这个面的真实形状和尺寸, 因此将三维的空间形体放置于三个互相垂直相交的投影面中, 使形体尽可能多的面和各投影面保持平行的关系, 这样三维形体的各向尺寸就能用多个二维的投影图来表达。

正投影图能准确表达空间形体, 具有可度量性, 因此采用形体正投影图并标注形体尺寸的图纸表达方法能满足工程测量、设计和施工的要求, 是主要的工程图。

1.2.2 标高投影图

采用平行投影的正投影方法, 物体在一个水平投影面上标有高度的正投影, 称为标高投影。这种投影图一般用在水平向尺寸远远大于高度尺寸的形体中, 如地形图、道路、水工建筑物等。

1.2.3 轴测图

采用平行投影的方法, 如图 1-2 所示, 当投射线倾斜于投影面时, 或者如图 1-3 (b) 所示, 物体倾斜于投影面时, 组成物体的所有轮廓线都在投影面上有投影, 使投影具有立体的效果, 称为轴测图。常在工程上用做辅助设计的图。

1.2.4 透视图

采用中心投影的方法, 以人眼为投射中心, 视线为投射线, 去看空间形体, 使空间形体在一个投影面上形成的投影, 称为透视图。透视图具有最真实的立体感, 常在工程上用做辅助设计的图, 使设计获得较好的设计表现效果。

从上述我们可以看到, 投影在工程图的应用主要是两大类: 一是表达物体, 采用正投

影方法，清晰、准确地表达物体的真实尺寸，用于建造，如正投影图、标高投影图。二是表现物体，采用所有的投影方法，来充分表现物体的立体形象，以获得真实空间的感受，如轴测图、透视图，常作为辅助设计的图纸，用来在设计时表现设计效果或者相互交流构思的图纸等。

1.3 图学发展简述

远古时候，人类将看到的事物描绘成画，刻在岩壁上或其他物体上，形象地记录形体，这是种感知视觉写真的画法。通过对先人的这种简单的透视画法的认识，一步步获得科学的透视原理。到欧洲文艺复兴时期，绘画大师达·芬奇等建立了透视学理论。在我国宋代李诫所著的《营造法式》中，附有许多建筑图样来表达建筑的尺寸和立体形象。在相当长的一段时间，无论中外都是用这种视觉写真画法来绘制工作图样。

随着现代工程技术的发展，建造和制造工艺日趋复杂，要求在图中能精确地表达形体的尺寸，在总结前人和当时的各种画法的基础上，法国的 G. 蒙日 (Gaspard Monge) 于 1795 年发表了《画法几何》一书，使工程制图更严密准确。自此画法几何 (Descriptive Geometry) 作为一门独立的学科出现。画法几何作为制图的语言，随着技术科学的发展和需要，日趋完备。

《画法几何》的制图方法是工程技术人员必须具备的能力。学习《画法几何》旨在培养学生的空间思维能力和空间表达能力。养成良好的作图习惯和思维习惯是学好画法几何的关键。学好《画法几何》可为后续的专业课程学习打好基础。

第2章 制图基本知识

2.1 制图基本规格

工程图是表达工程设计的重要技术资料。为了做到制图基本统一，表达清晰简明，保证图纸质量，提高作图效率，对于图样的画法、线型、图例、字体等都有统一的规定。这些统一的规定即为现行的国家制图标准。

2.1.1 图幅

工程图纸的幅面和图框尺寸应符合表 2-1 的规定。

图 纸 幅 面 (mm) 表 2-1

尺寸代号	幅 面 代 号				
	A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
c	10			5	
a	25				

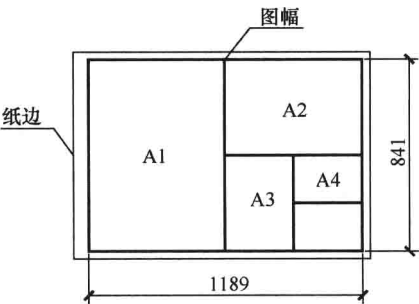


图 2-1 图幅

在表 2-1 中， B 和 L 分别表示图幅短边和长边的尺寸。其短边与长边尺寸之比为 $1 : \sqrt{2}$ 。图纸的幅面如图 2-1 所示。

A0 号图纸幅面的面积为 1m^2 ，A1 号图纸是 A0 号图纸的对开，其他幅面类推。

必要时也允许加长图幅，但要符合国家标准的有关规定。

图纸的使用方式有横式和竖式两种，如图 2-2 所示。一般情况下尽量采用横式图纸。

为了便于缩放复制，图纸上画出对中标志。对中标志画在四边幅面的中点处。

图纸的标题栏分别有设计单位名称区、注册师签章区、项目经理签章区、修改记录区、工程名称区、图号区、签字区和会签栏。标题栏可在图纸的底边处（高为 $30 \sim 50$ ）或右边处（宽为 $40 \sim 70$ ）。

2.1.2 图线

工程图中的图线线型有实线、虚线、点划线、折断线、波浪线等。每种线型又有不同的线宽，有其不同的用途。绘图时，所有线型和线宽要符合表 2-2 的规定。

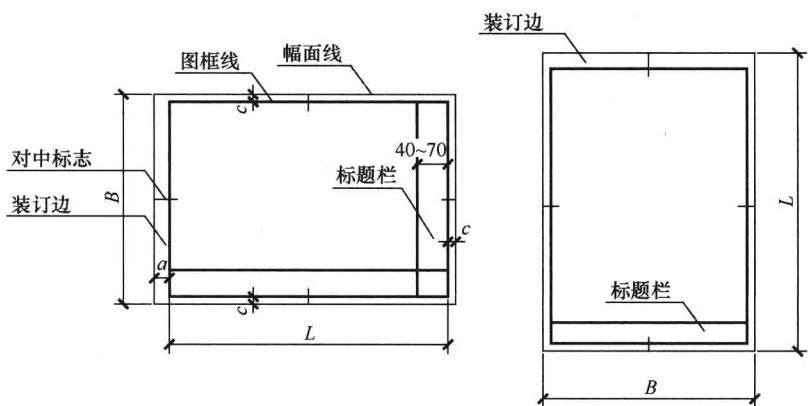


图 2-2 图纸格式

线 型

表 2-2

名 称		线 型	线宽	一般用途
实线	粗		b	主要可见轮廓线
	中		$0.5b$	可见轮廓线
	细		$0.25b$	可见轮廓线、图例线
虚线	粗		b	见有关专业制图标注
	中		$0.5b$	不可见轮廓线
	细		$0.25b$	不可见轮廓线、图例线
单点 长画线	粗		b	见有关专业制图标注
	中		$0.5b$	见有关专业制图标注
	细		$0.25b$	中心线、对称线等
双点 长画线	粗		b	见有关专业制图标注
	中		$0.5b$	见有关专业制图标注
	细		$0.25b$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线	细		$0.25b$	断开界限
波浪线	细		$0.25b$	断开界限

每个图样，应根据复杂程度和比例大小，先确定基本线宽 b ，再选用表 2-3 中适当的线宽组。

在同一张图纸内相同比例的各图样，应选用相同的线宽组。

线 宽 组

表 2-3

线宽比	线 宽 组			
b	1.4	1.0	0.7	0.5
$0.7b$	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.5b$	0.7	0.5	0.35	0.25
$0.25b$	0.35	0.25	0.18	0.13

2.1.3 字体

图纸上所需书写的文字、数字或符号等均应笔画清晰、字体端正、排列整齐。

汉字应采用国家公布的简化汉字，一般用长仿宋字。字宽与高的关系应符合表 2-4 的规定。

长仿宋体字高、宽的关系 (mm)						表 2-4
字高	20	14	10	7	5	3.5
字宽	14	10	7	5	3.5	2.5

2.2 草 图 绘 制

不用绘图仪器，徒手绘制的图称为草图。

绘制草图的墨线笔一般用毡头笔、美工笔，铅笔一般采用 2B 以上的软铅笔，尽可能软。钢笔绘制草图一般适合于熟练的绘图者。

不论是画法几何的学习，还是设计工作的要求，头脑中的空间形体和纸上草图的表达，是一场思想和图画之间的交流，这对于理解形体、解决设计任务是不可避免的。所以设计者需要熟练掌握草图的绘制技能。

下面介绍草图的绘制方法。

2.2.1 草图绘制常识

1. 软铅笔

用一支软铅笔绘制草图时，不要削得太尖，要微钝，有利于在粗线和细线之间游刃有余的转换。笔芯露出约 6~8mm。铅笔的削法如图 2-3 所示。

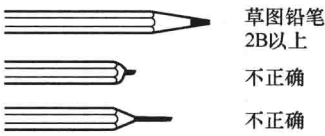


图 2-3

2. 纸

草图绘制的纸可选用白纸、拷贝纸或者硫酸纸。

刚学画草图时可用坐标纸（方格纸）垫在拷贝纸下面，以确定图样的比例关系。

3. 握笔姿势

坐姿放松，可适当远离桌面。握笔较高，笔尖朝前，如图 2-4 所示。

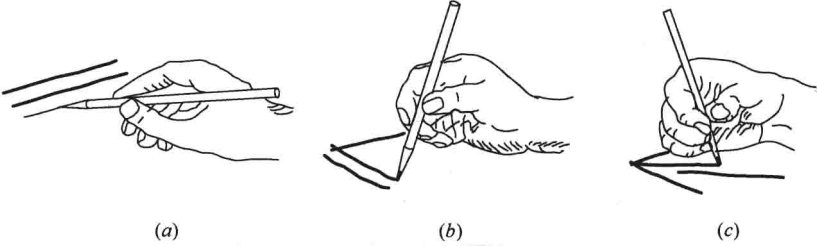


图 2-4

(a) 画水平线；(b) 画垂直线；(c) 画斜线

4. 画线

画水平线从左至右，画垂直线从上至下。

画长线时,手腕关节不动,小指指尖靠在图上轻轻滑动。长线可接画,接线处宁可稍留空隙而不宜重叠。

线条要呈现出速度感,运笔必须轻松、流畅、肯定。

5. 徒手画有角度的线

先徒手作一直角,然后作一圆弧,把圆弧两等分,得 45° 角,把圆弧三等分,得 30° 角,如图2-5所示。

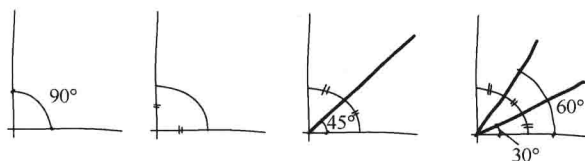


图 2-5

6. 徒手画圆

作小圆,先作十字线,定出半径位置,然后四点画圆。

作大圆如图2-6所示,先做十字线,定出半径位置,作正方形,作正方形对角线,在对角线上三等分,用圆弧连接四个半径点和四个对角线上最外的等分点(稍偏外一点)。

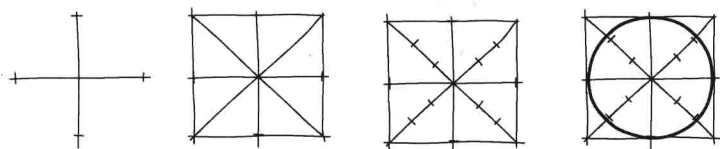


图 2-6

7. 徒手画椭圆

作椭圆如图2-7所示,先作十字线,定出长轴、短轴位置,作矩形,作矩形对角线,在对角线上三等分,用光滑曲线连接长短轴上的四个点和四个对角线上最外的等分点(稍偏外一点)。

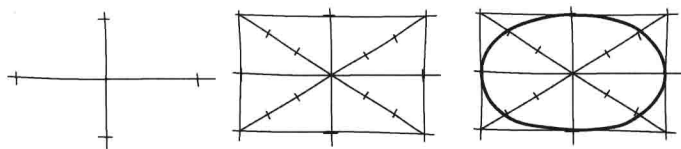


图 2-7

8. 字

草图图面上汉字字高4mm,数字字高3mm。

文字一般写方块字,以快速、清晰为原则。所有文字在图面上均为细线型。

2.2.2 草图绘制的步骤

草图绘制遵循从整体到局部的原则。先确定形体的整体框架,然后一步步细化。

在绘制整体轮廓时都是长线,可先绘制细线打底稿,然后再加深线条,如图2-8所示。

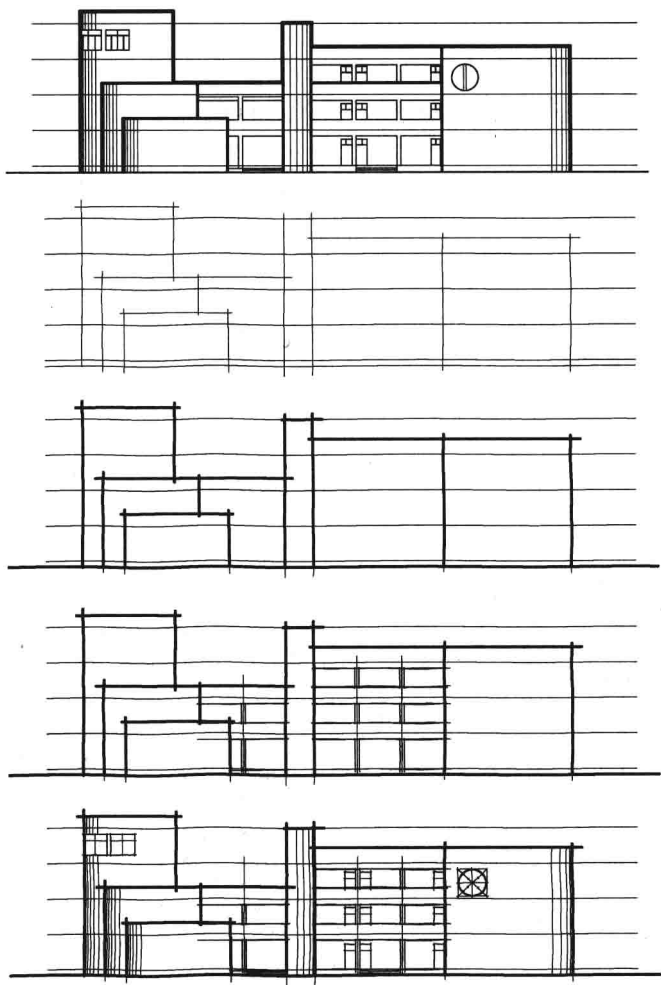


图 2-8

2.3 正 图 绘 制

借助绘图仪器、工具绘制的工程图，称为正图。

2.3.1 正图绘制常识

1. 绘制仪器、工具

(1) 图板

绘图时，图板一般比所绘图纸的图幅大一号或二号。图板板面应干净平整。

(2) 笔

墨线笔可以是各种型号的针管笔或者鸭嘴笔。

常用铅笔的软硬从 4H 到 6B，以满足绘图过程的不同需要。削铅笔应保证铅芯露出 6~8mm，同时铅芯尖端的横断面应与相应图线宽度一致，如图 2-9 (a) 所示。

铅笔与工具的配合如图 2-9 (b) 所示，顺着画线方向成 75°角，同时贴牢画图工具如