



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 画法几何 及机械制图

机械类专业用 第五版

东北大学工程图学教学与研究中心 编

黄英 李小号 杨广衍 马明旭 主编

高等教育出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 画法几何及机械制图

Huafa Jihe ji Jixie Zhitu

机械类专业用

第五版

东北大学工程图学教学与研究中心 编  
黄英 李小号 杨广衍 马明旭 主编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是在第四版的基础上,依据教育部高等学校工程图学课程教学指导委员会2015年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》,全面考虑近年来教学研究与改革成果并参考教材使用反馈意见修订而成的。

本书主要内容包括绪论,投影和视图,点、直线和平面的投影,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,立体的投影及表面交线,制图基本知识与技能,组合体的构形、表达和读图,机件的表达方法,连接件,常用件,零件图,装配图,展开图与焊接件图,计算机绘图基础和三维实体造型基础等,书后附有附录。

与本书配套使用的《画法几何及机械制图习题集》(第五版)也同时修订出版,可供选用。同时修订了与本书紧密结合的电子教案和习题解答,可在授课和学习中使用。

本书可作为高等学校本科机械类、近机械类专业的教材,也可供其他类型院校相关专业师生及工程技术人员使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

画法几何及机械制图/黄英等主编;东北大学工程图学教学与研究中心编. —5版. —北京:高等教育出版社,2017.9(2018.8重印)

机械类专业用

ISBN 978-7-04-048142-6

I. ①画… II. ①黄… ②东… III. ①画法几何-高等学校-教材 ②机械制图-高等学校-教材 IV.

①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第174416号

策划编辑 薛立华

责任编辑 薛立华

封面设计 张楠

版式设计 童丹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刘娟娟

责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 固安县铭成印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 30.75

字数 760千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 1984年9月第1版

2017年9月第5版

印 次 2018年8月第3次印刷

定 价 59.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 48142-00

# 与本书配套的数字课程资源使用说明

## 一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/1251671>，点击“注册”，在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

## 二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方的“绑定课程”，正确输入教材封底防伪标签上的 20 位密码，然后点击“确定”完成课程绑定。

## 三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

如有账号问题，请发邮件至：[abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)。

## 第五版序

本书是依据教育部高等学校工程图学课程教学指导委员会 2015 年制订的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》，总结近年来校内、外教学研究与改革的成果和经验，同时参考其他院校的使用意见与建议，在第四版的基础上修订而成的。

本书自 1984 年出版以来，为国内许多院校所采用并受到广泛好评。本书的第二版为全国成人高等教育规划教材，第三版是教育科学“十五”国家规划课题“21 世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”的研究成果，第四版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是东北大学“画法几何及机械制图”国家级精品课和国家精品资源共享课的主讲教材，第五版是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

本次修订继续保持第四版教材体系内容严谨、文字精练、叙述流畅、插图精美和便于自学的特色，主要做了以下几方面修订：

1. 重编了计算机绘图部分的内容，二维绘图软件使用 AutoCAD 2016，三维建模软件使用 SOLIDWORKS Premium 2015，内容编写上重点突出、简明扼要，借鉴案例教学方法，以实例为主线，将常用命令的应用贯穿之中，便于学生学习和上机实践，增强了实用性。

2. 对教材部分内容做了套色处理，突出重点内容，特别是例题中“分步（套色）”显示的解题步骤，便于读者学习。

3. 全面更新了相关国家标准（截止到 2016 年 12 月），便于教学和应用中及时学习和贯彻最新国家标准。

4. 根据近年来的教学内容改革与需求，调整了附录的部分内容，使其更方便、实用。

与本书配套的《画法几何及机械制图习题集》（第五版）也同时修订出版。

本书配套有与纸质教材一体化设计的数字课程资源，包括全书的教学课件及与本书配套使用的习题集的习题解答，并配有大量的视频动画。数字课程资源均采用开放设计，方便教师根据各校特色调整内容。

东北大学毛昕教授认真审阅了本书，上海交通大学的蒋寿伟教授先后审阅了本书的第三版、第四版，他们为本书提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书历经多次重编、修订，是东北大学工程图学教学与研究中心多年教学研究和实践的结晶，凝聚着全体教师的智慧、心血和辛勤劳动。许多参加过本书编写的教师已先后离开了教学工作岗位，他们曾为本书的编写和完善做出了许多贡献并留下了宝贵经验，在此表示深深的敬意和衷心的感谢。

参加本次修订工作的有黄英、李小号、杨广衍、马明旭、孙少妮和赵薇。本书由黄英、李小号、杨广衍、马明旭担任主编。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，衷心欢迎读者批评指正。

编者

2016 年 12 月

# 目 录

绪论 .....	1
一、课程的性质和任务 .....	1
二、课程的内容 .....	2
三、对课程学习方法的建议 .....	2
第一章 投影和视图 .....	4
§ 1-1 投影的基本知识 .....	4
一、投影法的基本概念 .....	4
二、投影法的种类 .....	4
§ 1-2 正投影的基本性质 .....	5
§ 1-3 三视图 .....	7
一、视图的基本概念 .....	7
二、三视图的形成 .....	7
三、三视图间的投影规律 .....	9
本章内容小结 .....	10
第二章 点、直线和平面的投影 .....	11
§ 2-1 点的投影 .....	11
一、点在三投影面体系中的投影 .....	11
二、点的投影和坐标 .....	12
三、两点的相对位置 .....	14
§ 2-2 直线的投影 .....	15
一、直线的投影 .....	15
二、各种位置直线的投影特性 .....	16
三、一般位置线段的实长及其 对投影面的倾角 .....	21
四、直线上点的投影 .....	22
五、两直线的相对位置 .....	25
六、直角投影定理 .....	28
§ 2-3 平面的投影 .....	31
一、平面的投影 .....	31
二、各种位置平面的投影特性 .....	32
三、平面上的点和直线 .....	37
本章内容小结 .....	41

第三章 直线与平面、平面与平面的 相对位置 .....	42
§ 3-1 平行问题 .....	42
一、直线与平面平行 .....	42
二、两平面互相平行 .....	44
§ 3-2 相交问题 .....	46
一、直线和平面的交点 .....	46
二、两平面的交线 .....	48
§ 3-3 垂直问题 .....	50
一、直线与平面垂直 .....	50
二、平面与平面垂直 .....	50
本章内容小结 .....	51
第四章 投影变换 .....	52
§ 4-1 概述 .....	52
§ 4-2 变换投影面法 .....	53
一、设置新投影面的原则 .....	53
二、点的投影变换规律 .....	54
三、四个基本作图问题 .....	55
四、应用举例 .....	60
§ 4-3 空间几何问题综合分析 .....	66
一、空间定位和度量问题 .....	66
二、空间问题的画法几何模型 .....	66
三、常用解题方法 .....	68
本章内容小结 .....	73
第五章 立体的投影 .....	74
§ 5-1 平面立体 .....	74
一、常见平面立体的投影 .....	75
二、平面立体表面上取点、取线 .....	76
三、带切口的平面立体的投影 .....	78
§ 5-2 回转体 .....	87
一、圆柱的投影 .....	88
二、圆锥的投影 .....	92
三、球的投影 .....	97

四、圆环的投影 .....	99	§ 7-3 几何作图 .....	155
五、复合回转体的投影 .....	101	一、正多边形 .....	156
本章内容小结 .....	102	二、椭圆 .....	157
第六章 立体表面的交线 .....	103	三、斜度与锥度 .....	158
§ 6-1 概述 .....	103	四、圆弧连接 .....	159
§ 6-2 平面与回转体表面相交 .....	104	§ 7-4 平面图形的分析及绘图	
一、截交线及其性质 .....	104	步骤 .....	162
二、平面与圆柱面相交 .....	104	一、平面图形的尺寸分析 .....	162
三、平面与圆锥面相交 .....	108	二、平面图形的线段分析 .....	163
四、平面与球面相交 .....	111	§ 7-5 画徒手草图的方法 .....	165
五、平面与圆环面相交 .....	114	一、图线的画法 .....	165
六、综合举例 .....	115	二、视图草图的画法 .....	167
§ 6-3 两回转体表面相交 .....	117	本章内容小结 .....	168
一、相贯线及其性质 .....	117	第八章 组合体的构形与表达 .....	169
二、表面取点法 .....	117	§ 8-1 组合体的构形分析 .....	169
三、辅助平面法 .....	121	一、形体构成的基本方法 .....	169
四、辅助球面法 .....	126	二、形体表面间的连接关系 .....	169
五、相贯线的特殊情况 .....	128	§ 8-2 组合体的视图表达 .....	172
六、相贯线的综合应用分析 .....	129	一、画组合体的视图 .....	172
本章内容小结 .....	133	二、组合体的尺寸标注 .....	175
第七章 制图基本知识与技能 .....	134	§ 8-3 组合体的轴测图表达 .....	180
§ 7-1 国家标准《技术制图》与		一、轴测图的基本知识 .....	180
《机械制图》的基本		二、正等轴测图的画法 .....	181
规定 .....	134	三、斜二轴测图的画法 .....	190
一、图纸幅面和格式 .....	134	四、轴测剖视图的画法 .....	193
二、标题栏 .....	135	本章内容小结 .....	197
三、比例 .....	136	第九章 看组合体的视图 .....	198
四、字体 .....	138	§ 9-1 概述 .....	198
五、图线 .....	140	一、看图时应注意的几个问题 .....	198
六、尺寸注法 .....	144	二、组合体的投影分析 .....	200
§ 7-2 绘图工具、仪器及其		§ 9-2 形体分析法 .....	202
使用 .....	150	§ 9-3 线面分析法 .....	203
一、图板、丁字尺和三角板 .....	150	§ 9-4 由两视图补画第三视图 .....	205
二、比例尺 .....	151	§ 9-5 组合体的构形训练 .....	208
三、铅笔 .....	152	一、组合体的构形原则 .....	208
四、直线笔 .....	153	二、构形设计的基本方法 .....	209
五、圆规和分规 .....	153	三、构思形状, 补画视图 .....	211
六、曲线板 .....	155	本章内容小结 .....	214
七、绘图机 .....	155		

第十章 机件的表达方法 .....	215	一、圆柱齿轮 .....	266
§ 10-1 视图 .....	215	二、锥齿轮 .....	272
一、基本视图 .....	215	三、蜗杆蜗轮 .....	275
二、向视图 .....	215	§ 12-2 滚动轴承 .....	280
三、斜视图 .....	216	一、滚动轴承的结构和分类 .....	280
四、局部视图 .....	218	二、滚动轴承的代号 .....	280
§ 10-2 剖视图 .....	218	三、滚动轴承的画法 .....	283
一、剖视图的概念 .....	218	§ 12-3 弹簧 .....	284
二、剖视图的种类 .....	222	一、弹簧的用途和种类 .....	284
三、剖切方法 .....	226	二、圆柱螺旋压缩弹簧 .....	285
§ 10-3 断面图 .....	231	三、弹簧的规定画法 .....	285
一、断面的概念 .....	231	四、圆柱螺旋压缩弹簧零件图 .....	286
二、断面图的种类 .....	231	本章内容小结 .....	288
§ 10-4 局部放大图和简化画法 .....	233	第十三章 零件图 .....	289
一、局部放大图 .....	233	§ 13-1 零件图概述 .....	289
二、简化画法 .....	234	§ 13-2 零件图的视图选择和	
§ 10-5 第三角画法简介 .....	239	表达方案 .....	290
一、第三角画法 .....	239	一、主视图的选择 .....	290
二、基本视图配置 .....	240	二、其他视图的选择 .....	292
本章内容小结 .....	242	三、表达方案举例 .....	292
第十一章 连接件 .....	243	§ 13-3 零件图的尺寸标注 .....	294
§ 11-1 螺纹 .....	243	一、基准及尺寸分类 .....	295
一、螺纹的形成 .....	243	二、基准的选择 .....	296
二、螺纹要素 .....	244	三、合理标注尺寸应注意的事项 .....	297
三、螺纹的表示法 .....	246	四、标注零件尺寸的方法和步骤 .....	300
四、螺纹的种类和标注方法 .....	248	§ 13-4 典型零件的零件图分析 .....	300
五、螺纹的结构 .....	250	一、轴套类零件 .....	301
§ 11-2 螺纹连接 .....	251	二、轮盘类零件 .....	303
一、螺栓连接 .....	254	三、叉架类零件 .....	305
二、双头螺柱连接 .....	256	四、箱体类零件 .....	307
三、螺钉连接 .....	257	§ 13-5 零件结构的合理性 .....	310
四、螺纹连接的锁紧装置 .....	259	一、铸造工艺对结构的要求 .....	310
§ 11-3 键连接和销连接 .....	261	二、机械加工工艺对结构的要求 .....	312
一、键连接 .....	261	§ 13-6 极限与配合 .....	315
二、销连接 .....	263	一、互换性 .....	315
本章内容小结 .....	265	二、极限与配合的基本概念 .....	315
第十二章 常用件 .....	266	三、极限与配合在图样中的	
§ 12-1 齿轮 .....	266	标注方法 .....	322
		四、查表与计算举例 .....	324

§ 13-7 几何公差 .....	324	§ 14-7 看装配图 .....	363
一、几何公差的基本概念 .....	324	一、看装配图的一般方法 .....	363
二、几何公差的特征符号 .....	324	二、看装配图的步骤 .....	364
三、几何公差的标注 .....	325	§ 14-8 由装配图拆画零件图 .....	366
四、几何公差标注图例 .....	328	本章内容小结 .....	373
§ 13-8 表面结构要求的表示法 .....	328	第十五章 展开图与焊接件图 .....	374
一、表面结构概述 .....	328	§ 15-1 展开图 .....	374
二、粗糙度轮廓的主要评定参数 .....	329	一、平板构件的展开 .....	374
三、表面结构的符号和代号 .....	330	二、可展曲面的展开 .....	376
四、表面结构要求在图样上的 .....	334	三、不可展曲面的近似展开 .....	380
注法 .....	334	§ 15-2 焊接件图 .....	384
§ 13-9 零件的测绘 .....	337	一、焊缝接头的形式 .....	384
一、零件测绘的步骤 .....	337	二、焊缝的表示法 .....	384
二、常用的测量方法 .....	338	三、焊缝符号 .....	385
§ 13-10 看零件图 .....	342	四、焊接件图示例 .....	389
本章内容小结 .....	346	本章内容小结 .....	391
第十四章 装配图 .....	347	第十六章 计算机绘图基础 .....	392
§ 14-1 装配图的作用与内容 .....	347	§ 16-1 概述 .....	392
一、装配图的作用 .....	349	§ 16-2 AutoCAD 2016 的 .....	392
二、装配图的内容 .....	349	基本操作 .....	392
§ 14-2 装配图的表达方法 .....	349	一、工作界面介绍 .....	392
一、装配图的规定画法 .....	349	二、常用命令 .....	393
二、装配图的特殊表达方法 .....	350	§ 16-3 综合举例 .....	398
§ 14-3 装配图的尺寸标注 .....	352	一、绘图环境设置 .....	399
一、性能或规格尺寸 .....	352	二、绘图步骤 .....	407
二、装配尺寸 .....	352	本章内容小结 .....	417
三、安装尺寸 .....	353	第十七章 三维实体造型基础 .....	418
四、外形尺寸 .....	353	§ 17-1 概述 .....	418
§ 14-4 装配图中的零、部件序号 .....	353	§ 17-2 零件建模 .....	418
和明细栏 .....	353	一、零件建模工作界面 .....	418
一、零、部件序号 .....	353	二、常用零件建模命令 .....	419
二、明细栏 .....	354	三、零件建模示例 .....	426
§ 14-5 装配结构简介 .....	354	§ 17-3 装配体建模 .....	436
一、接触面与配合面结构 .....	354	一、装配建模工作界面 .....	436
二、安装与拆卸结构 .....	355	二、常用装配建模命令 .....	436
三、密封结构 .....	356	三、弯板装配示例 .....	439
§ 14-6 机器测绘与装配图画法 .....	356	§ 17-4 生成工程图 .....	440
一、机器测绘 .....	356	一、工程图界面 .....	440
二、画装配图的方法和步骤 .....	357		

二、常用工程图生成命令 .....	441	三、滚动轴承 .....	463
三、工程图生成示例 .....	444	四、标准公差、极限偏差及 表面结构要求 .....	465
本章内容小结 .....	447	五、常用的机械加工一般规范和 零件结构要素 .....	475
附录 .....	448	六、常用材料 .....	477
一、螺纹 .....	448		
二、常用标准件 .....	450		

## 一、课程的性质和任务

工程图是人们用来表达客观事物和技术方案的一种视觉传达语言。沟通着设计者和制造者、构造者、文学描述、摄影、摄像、电视、电影、录像、计算机图形学、虚拟现实等。工程图在生产中用来表示产品和产品对象技术信息的图形称为工程图。在工程图学的教学中,要使学生对工程图的基本概念、设计对象、表达设计意图、制造者通过工程图来掌握设计意图、指导设计与制造、使制造者通过工程图来了解技术性能、进行零件的制造、指导工人进行零件的生产和装配的技术语言。

机械设计与制造是人类生产发展的制造系统。我们对此早已不生,从自行车、洗衣机、到电视、汽车和起重机,在它们的设计中,都要经过可行性分析、确定总体方案、工作图分析与设计、装配图及动力学分析与设计、结构设计和材料选择等阶段,其中包含了新产品的性能指标、工作原理、各零件之间的装配关系等方面的信息,也包含了组成机器的每一个零件的结构形状、尺寸、制造、加工精度等方面的信息,在设计中这些技术信息都是通过机械工程图来表达的。

人类用工程图来表达设计对象的技术信息已经有数百年的历史。随着科学技术的进步,机械的构造形式发生了很大的变化,它不仅成为人类体力的延伸,而且成为人类智力的延伸。与此同时,表达机械对象技术信息的方法和技术也不断地发生着重大的变革,不仅工程图样可以借助计算机来辅助绘制,而且设计对象的技术信息还可以借助计算机生成;逐渐地来表达,用户可以直接看到产品的结构和外观,同时还可以设计数据直接传送到数控机床来执行零件的加工,这些数字技术大大地提高了工程图样的表达精度、表达质量和表达效率。

画法几何及机械制图课程研究表达机械零件和技术信息的基本理论、方法和技术。它是机械专业的一门必修的技术基础课。在机械类专业教学中,画法几何及机械制图作为“基础课”,对后续课程的学习和设计实践起着重要的技术基础作用,同时良好的图形表达能力也是工程技术人员不可缺少的专业技能。

画法几何及机械制图课程主要完成的主要任务是:

1. 通过学习用图形表达机械设计对象的基本理论,掌握绘制和阅读机械图样图样的方法与技能,培养用三维图形表达设计对象的基本能力。
2. 在学习中国标准提高空间形象思维能力,培养机械设计对零部件造型和解决空间几何问题的基本能力。
3. 培养态度认真,作风严谨的独立工作能力。

# 绪论

## 一、课程的性质和任务

图是人们用来表达客观事物和交流思想的一种重要方式和途径,和语言、文字相比,图对事物信息的表达具有形象直观、准确性好、信息量大等特点。人们把生产中用来表达工程和产品对象技术信息的图称为工程图样。在工程技术活动中,设计者通过工程图样来描述设计对象,表达设计意图;制造者通过工程图样来掌握设计要求,组织施工与制造;使用者通过工程图样来了解技术性能,进行维护与检修,因而工程图样被喻为工程界的技术语言。

机械的设计与制造是人类一种重要的创造活动。我们对机器并不陌生,从家用自行车、洗衣机,到电梯、汽车和起重机,在它们的设计中,大都要经过可行性分析、确定总体方案、工作能力分析与设计、运动学及动力学分析与设计、结构设计和图样绘制等阶段,其中包含了机器性能指标、工作原理、零部件之间装配关系等方面的信息,也包含了组成机器的每一个零件的结构形状、尺寸、材料、加工精度等方面的信息,在设计中这些技术信息都是通过机械工程图样来表达的。

人类用工程图样表达设计对象的技术信息已经有数百年的历史。随着科学技术的进步,机械的面貌已经发生了很大的变化,它不仅成为人类体力的延伸,而且成为人类智力的延伸。与此同时,表达机械对象技术信息的方法和手段也都发生着重大的变革,不仅工程图样可以通过计算机来辅助绘制,而且设计对象的技术信息还可以通过计算机生成的三维图形来表达,用户可以直接看到产品的结构和外观,同时可以把设计数据直接传递给数控机床进行零件的加工。这些数字化方法大大提高了工程对象的表达范围、表达质量和表达效率。

画法几何及机械制图课程研究表达机械设计对象技术信息的理论、方法与技能,是机械类专业一门必修的技术基础课。在机械类系列课程中,画法几何及机械制图作为先修课程,对后面的课程学习和设计实践起着重要的技术基础作用,同时良好的图形表达与理解能力也是工程技术人员不可缺少的专业素质。

画法几何及机械制图课程要完成的主要任务是:

1. 通过学习用图形表达机械设计对象的基本理论,掌握绘制和阅读机械工程图样的方法与技能,培养用三维图形表达设计对象的基本能力。
2. 在学习中训练提高空间形象思维能力,培养机械设计对象形体构造和解决空间几何问题的基本能力。
3. 培养态度认真、作风严谨的独立工作能力。

## 二、课程的内容

画法几何及机械制图课程内容主要可分为投影理论、制图标准、表达方法、机械图和成图技法等五个部分，图1表示了这些内容在课程中的位置和它们间的结构关系。

1. 投影理论 介绍画法几何学 (descriptive geometry) 的有关内容。画法几何学是研究在平面上用图形表示空间物体形状和解决空间几何问题的理论和方法的一门科学，它由法国著名数学家加斯帕尔·蒙日 (Gaspard Monge, 1746—1818) 于 18 世纪末期正式创立，二百多年来，画法几何学在人类工业发展和文明进程中发挥了巨大的作用。画法几何学中的正投影法构成了本课程的基本理论。

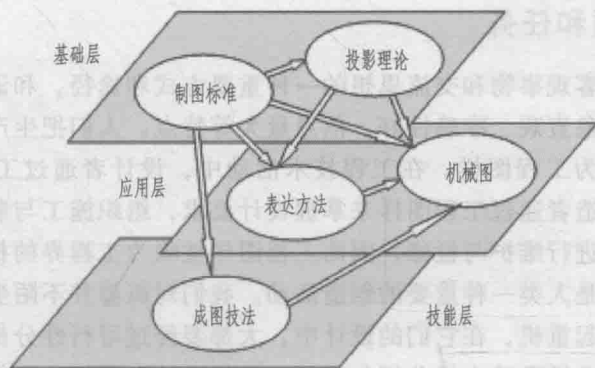


图1 课程内容及其结构关系

2. 制图标准 介绍《技术制图》和《机械制图》国家标准中的有关内容。在机械设计、加工、检测、装配直至使用、维修的全过程中，各个环节间主要通过图样来交流技术思想，因此需要对图样中的内容和表达方法作出统一的规定，以免出现偏差和误解，保证生产顺利进行。制图标准就起着规范工程图样的作用。

3. 表达方法 介绍组合形体和机械零件的表达方法与手段。

4. 机械图 介绍机械工程中两种主要的技术图样——零件图和装配图的绘制和阅读方法。

5. 成图技法 学习和训练尺规作图、草图绘制和计算机绘图的方法与技能。

投影理论和制图标准处在内容的基础层面，为课程提供理论基础和规范基础；在它们的支持下，课程进入应用层面，首先讲授组合形体的画图和读图，进而讲授机械零件常用的表达方法，最后讲授零件图和装配图的画图和看图方法；成图技法则处于内容的技能层面。

由图1可见，画法几何投影方法是课程的基础理论，要牢固掌握；课程内容都受到制图标准的指导和规范，在学习上要逐渐养成自觉遵守国家标准的习惯，这也是工程技术人员必须具备的业务素质；机械图部分处于全部内容的终端位置，形成了课程在技术方面的主要培养目标，即掌握绘制和阅读零件图和装配图的方法与技能。

## 三、对课程学习方法的建议

画法几何及机械制图是一门技术基础课，其中既有系统的理论学习，又具有较强的实践

性。学习过程中，一方面要注意掌握基本概念、知识和方法，另一方面要认真完成教学中的实践环节和课外作业，做到理论联系实际，使知识上升为能力。下面是对课程学习中的一些具体建议：

### 1. 学习中的思维方式及形象思维能力培养

画法几何及机械制图是一门以空间形象思维为主要思维方式的课程。在第一章介绍投影法及三视图内容后，第二、三、四章介绍几何元素（点、直线和平面）的投影，这部分内容一方面为立体的投影打下基础，另一方面为图解空间几何问题提供方法，图解时往往需要综合运用逻辑思维与形象思维两种思维方式，来确定由已知条件到问题解答所要用的知识点和解题路线。从第四章以后则都是介绍立体（基本形体、组合体、零件、部件等）的投影，这时就主要用形象思维来分析了。

形象思维是在对客观事物的形象信息进行感受、记忆的基础上，通过对形象信息的分解、组合、类比、联想、想象等加工，形成新的概念和判断的一种思维形式。形象思维是创造性思维的决定因素，是工程设计人员必备的重要素质，因而形象思维在作为课程学习主要思维方式的同时，形象思维能力培养也是课程的一项重要任务。学习时建议在以下几个方面加以注意：

(1) 因为学习中接触的主要为视觉形象信息，所以可多利用实物、模型、动画等进行直观性学习，把观察与分析、想象结合起来，加深头脑中形象信息的领悟程度。

(2) 尽量想象出每一个问题的空间场景和解题的形象过程，增加形象思维信息加工的训练次数和深度。

(3) 尽量把所学问题与生活、生产实际相联系，使形象信息更加生动，利于加深理解和掌握。

(4) 注意归纳和记忆学习中常见的典型结构，提高头脑中形象信息积累的数量和质量。

(5) 课程学习中的分析、记忆可采取以“图”为主的方式，因为图的整体性好、信息容量大，既容易记忆，又锻炼了思维。

### 2. 适应课程的工程背景，提高实践能力

机械工程图样作为表达和交流技术思想的工具，必然涉及设计、制造、维修等多方面的工程实际问题。因而，课程在具有严谨的投影理论知识体系的同时，还有着丰富、直接的工程背景，在学习中要注意适应课程特点，建立起工程概念，理论联系实际，提高自己的实践能力。

课程包括模型草图绘制、尺规作图、机械零件测绘、计算机绘图等实践教学环节，它们对掌握教学内容、学习后续课程和提高工作能力非常重要，是课程重要的组成部分，应该充分重视，很好地完成。

课程学习中应尽可能地利用认识实践、参观和实习等机会，深入生产现场，或通过视频、动画等多媒体演示，增强对机械结构、材料、加工和装配等方面的感性认识，提高学习效果。

### 3. 在学习中培养严谨、细致的工作作风

机械工程图样是机械生产中重要的技术文件，图样绘制和阅读的差错会给生产带来损失，甚至造成事故。学习过程中，在求解几何问题、贯彻国家标准和绘图实践等各方面，注意从一开始就建立起工作责任感，通过课程的学习，逐渐养成严谨、规范的工作作风，为今后的学习和工作打下良好的基础。

# 第一章 投影和视图

## § 1-1 投影的基本知识

### 一、投影法的基本概念

在日常生活中可以看到，当太阳光或灯光照射物体时，会在墙上或地面上出现物体的影子，这就是一种投影现象。人们将这些现象进行科学的总结和抽象，提出了投影法。

如图 1-1 所示，用  $S$  表示光线方向，即**投射方向**，将墙面抽象为平面  $P$ ，称为**投影面**。过空间点  $A$  作与投射方向  $S$  平行的直线和平面  $P$  相交得到点  $a$ 。直线  $Aa$  称为**投射线**，交点  $a$  称为空间点  $A$  在平面  $P$  上的**投影**。这种产生投影的方法称为**投影法**。当投射方向和投影面确定后，空间点  $A$  在投影面上的投影  $a$  是唯一的。但是，根据点的一个投影不能唯一确定空间点的位置。例如，图 1-1 中的  $b$  是空间一点的投影，但  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  等空间点都在  $Bb$  投射线上，它们的投影都是  $b$ ，所以仅由一个投影  $b$  不能唯一确定它是哪一空间点的投影。

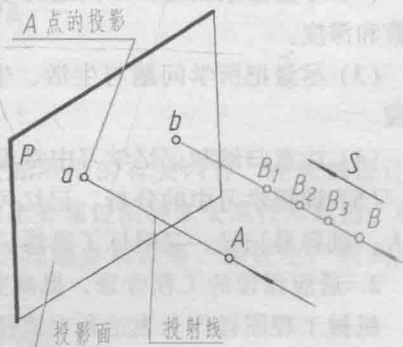


图 1-1 投影的基本概念

### 二、投影法的种类

投影法分为两类：中心投影法和平行投影法。

#### 1. 中心投影法

投射射线都汇交于一点的投影法称为**中心投影法**，投射射线的交点  $S$  称为**投射中心**，如图 1-2a 所示， $\triangle abc$  为  $\triangle ABC$  在平面  $P$  上的中心投影。中心投影法常用于绘制建筑物或产品的立体图，也称为**透视图**，其特点是直观性好，立体感强，但度量性差，在机械工程中很少采用。

#### 2. 平行投影法

如果将投射中心  $S$  移到无穷远处，则所有的投射射线都互相平行，如图 1-2b 所示。这种投射射线互相平行的投影法称为**平行投影法**。

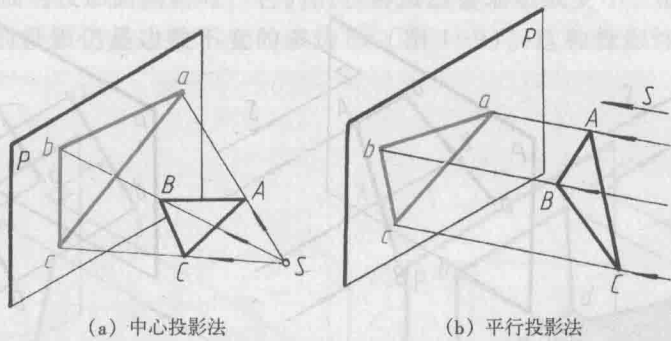


图 1-2 两种投影法

根据投射线与投影面是否垂直，平行投影法可分为两种：

- (1) 斜投影法——投射线与投影面倾斜（图 1-3a）。
- (2) 正投影法——投射线与投影面垂直（图 1-3b）。

机械工程中最常用的多面正投影图是采用正投影法绘制的。这种投影图能正确地表达物体表面的真实形状和大小，作图比较方便，在机械工程中应用最广泛，所以正投影法是我们所要学习的一种主要方法。

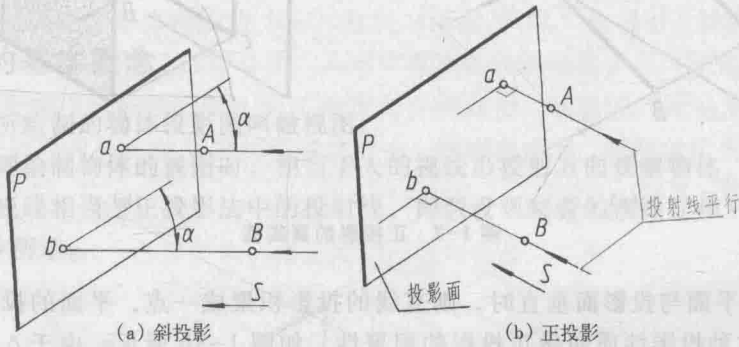


图 1-3 斜投影和正投影

## § 1-2 正投影的基本性质

正投影有以下一些基本性质：

1. 直线的投影一般仍为直线（图 1-4）。
2. 点在直线上，则该点的投影一定在直线的投影上，而且该点分割线段之比等于其分割线段的投影之比。如图 1-5 所示，点  $K$  是线段  $AB$  上的一点，它们的投影分别为线段  $ab$  和点  $k$ ，则有  $AK/KB = ak/kb$ 。
3. 空间互相平行的两直线，其投影也必然互相平行。如图 1-6 所示， $AB \parallel CD$ ，则  $ab \parallel cd$ 。

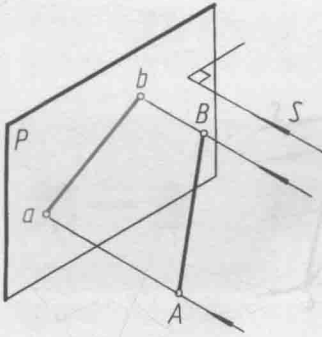


图 1-4 直线的投影

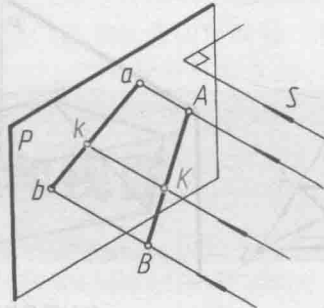


图 1-5 直线上点的投影

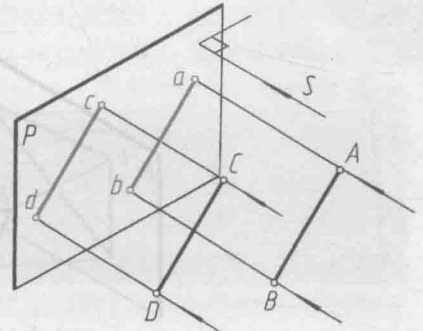
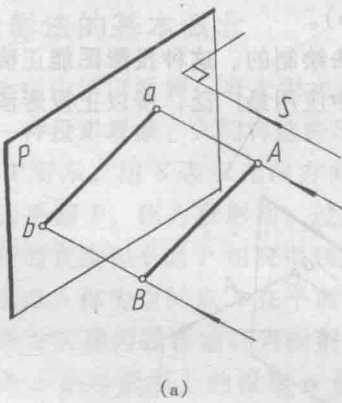
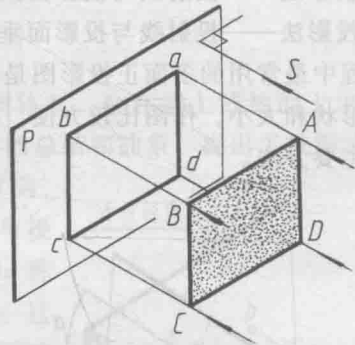


图 1-6 互相平行的两直线的投影

4. 当线段或平面与投影面平行时, 则线段的投影反映该线段的实长, 平面的投影反映该平面的实形 (图 1-7)。这种投影性质叫做正投影的真实性。



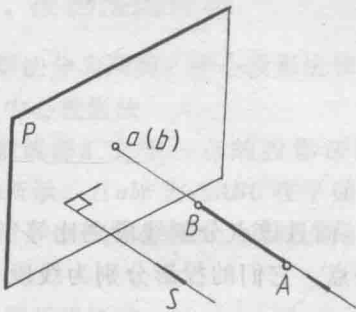
(a)



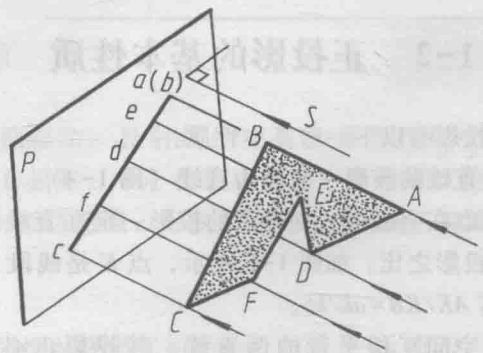
(b)

图 1-7 正投影的真实性

5. 当直线或平面与投影面垂直时, 则直线的投影积聚成一点, 平面的投影积聚成一条直线 (图 1-8)。这种投影性质叫做正投影的积聚性。如图 1-8b 所示, 由于  $\triangle ABC$  平面垂直于投影面, 则平面上所有几何元素如  $D$ 、 $E$ 、 $F$  等的投影都积聚在直线  $abc$  上。



(a)



(b)

图 1-8 正投影的积聚性

图 1-9 6. 当直线或平面与投影面倾斜时, 它们的投影虽然会缩短或变小, 但直线的投影仍然是直线, 平面多边形的投影仍是边数不变的多边形 (图 1-9)。这种投影性质叫做正投影的类似性。

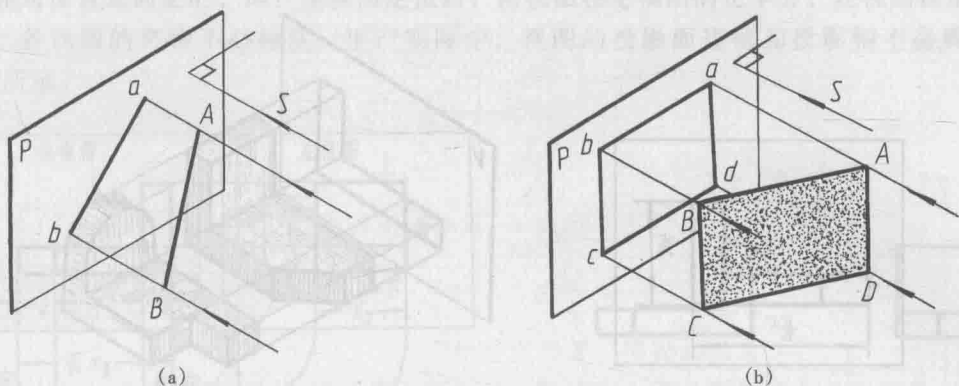


图 1-9 正投影的类似性

## § 1-3 三视图

### 一、视图的基本概念

用正投影法所绘制的物体投影图叫做视图。

用正投影原理绘制物体的视图时, 相当于人的视线沿投射方向观察物体, 将所见轮廓画在投影面上。人的视线相当于正投影法中的投射线, 即假设观察者的视线互相平行, 并与投影面垂直, 如图 1-10 所示。

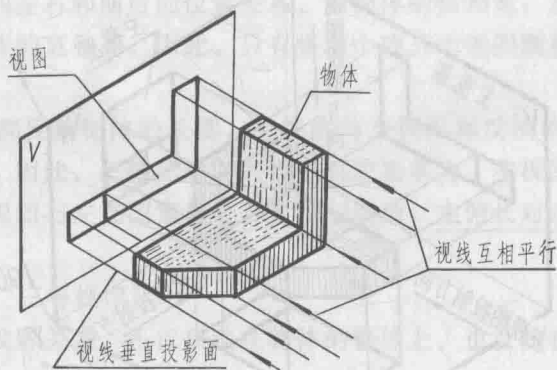


图 1-10 视图的概念

### 二、三视图的形成

从图 1-11 中可以看出, 这个视图只能反映出物体的长度和高度, 没有反映出这个物体的