

中国石化员工培训教材

气焊工



QIHANGONG

中国石化员工培训教材编审指导委员会 组织编写
本书主编 蒋春永 乔虎

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

中国石化员工培训教材

气 焊 工

中国石化员工培训教材编审指导委员会 组织编写

本书主编 蒋春永 乔 虎

中国石化出版社

内 容 提 要

《气焊工》为《中国石化员工培训教材》系列之一,教材编写的依据是《焊工国家职业技能标准》,内容涵盖初级、中级、高级、技师、高级技师的操作技能和相关理论知识,主要包括基础知识、技能操作与相关知识。教材内容以提高气焊工操作技能为主,侧重于实际操作,所涉及的理论知识以实用、够用为原则。

本书是气焊操作人员进行员工岗位技能培训的必备教材,也是专业技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

气焊工 / 中国石化员工培训教材编审指导委员会
组织编写. —北京: 中国石化出版社, 2012. 12
中国石化员工培训教材
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1779 - 4

I. ①气… II. ①中… III. ①气焊 - 技术培训 - 教材
IV. ①TG446

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 258555 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 26.5 印张 661 千字

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

定价:75.00 元

中国石化员工培训教材 编审指导委员会

主任：李春光

委员：戴 锭 谭克非 章治国 初 鹏

吕长江 张卫东 吕永健 徐 惠

张吉星 雍自强 寇建朝 张 征

蒋振盈 齐学忠 翟亚林 耿礼民

吕大鹏 郭安翔 何建英 石兴春

王妙云 徐跃华 孙久勤 吴文信

王德华 亓玉台 周志明 王子康

序

中国石化是上中下游一体化能源化工公司，经营规模大、业务链条长、员工数量多，在我国经济社会发展中具有举足轻重的作用。公司的发展，基础在队伍，关键在人才，根本在提高员工队伍整体素质。员工教育培训是建设高素质员工队伍的先导性、基础性、战略性工程，是加强人才队伍建设的重要途径。

当前，我们已开启了建设世界一流能源化工公司的新航程，加快转变发展方式的任务艰巨而繁重，这对进一步做好员工教育培训工作提出了新的更高要求。我们要以中国特色社会主义理论为指导，紧紧围绕企业改革发展、队伍建设和员工成长需要，以提高思想政治素质为根本，以能力建设为重点，积极构建符合中国石化实际的培训体系，加大重点和骨干人才培训力度，深入推进全员培训，不断提高教育培训的质量和效益，为打造世界一流提供有力的人才保证和智力支持。

培训教材是员工学习的工具。加强培训教材建设，能够有效反映和传递公司战略思想和企业文化，推动企业全员学习，促进学习型企业建设。中国石化员工培训教材编审指导委员会组织编写的这套系列教材，较好地反映了集团公司经营管理目标要求，总结了全体员工在实践中创造的好经验好做法，梳理了有关岗位工作职责和 workflows，分析研究了面临的新技术、新情况、新问题等，在此基础上进行了完善提升，具有很强的实践性、实用性和较高的理论性、思想性。这套系列培训教材的开发和出版，对推动全体员工进一步加强学习，进而提高全体员工的理论素养、知识水平和业务能力具有重要的意义。

学习的目的在于运用，希望全体员工大力弘扬理论联系实际的优良学风，紧密结合企业发展环境的新变化、新进展、新情况，学好用好培训教材，不断提高解决实际问题、做好本职工作的能力，真正做到学以致用、知行合一，把学习培训的成果切实转变为推进工作、促进改革创新的实际行动，为建设世界一流能源化工公司做出积极的贡献。



二〇一二年七月十六日

前 言

根据中国石化发展战略要求,为加强培训资源建设、推进全员培训的深入开展,集团公司人事部组织梳理了近些年培训教材开发成果,调研了企业培训教材需求,开展了中国石化员工培训课程体系研究。在此基础上,按职业素养、综合管理、专业技术、技能操作、国际化业务、新员工等六类,组织编写覆盖石油石化主要业务的系列培训教材,初步构建起中国石化特色的培训教材体系。这套系列教材围绕中国石化发展战略、队伍建设和员工成长的需要,以提高全体员工履行岗位职责的能力为重点,把研究和解决生产经营、改革发展面临的新挑战、新情况、新问题作为重要目标,把全体员工在实践中创造的好经验好做法作为重要内容,具有较强的实践性、针对性。这套培训教材的开发工作由中国石化员工培训教材编审指导委员会组织,集团公司人事部统筹协调,总部各业务部门分工负责专业指导和质量把关,主编单位负责组织培训教材编写。在培训教材开发和编写的过程中,上下协同、团结合作,各级领导给予了高度重视和支持,许多管理专家、技术骨干、技能操作能手为培训教材编写贡献了智慧、付出了辛勤的劳动。

《气焊工》教材的编写本着以职业活动为导向、以职业技能为核心、统一规范和科学实用的原则。主要介绍气焊工需要掌握的基本知识、各种常用金属材料的气焊方法以及从事气焊的人员所应具备的基本技能和职责范围,通过学习,可以让参加培训的员工对气焊工这个工种有一个较为全面的了解,并结合《焊工国家职业技能标准》掌握不同等级的操作技能。

《气焊工》教材由石油工程管理部、油田勘探开发事业部和胜利石油管理局负责组织编写,主编蒋春永(胜利油田)、主编乔虎(胜利油田),副主编丁培星,参加编写的人员有王绍智(胜利油田)、吴金良(胜利油田)、姜欢欢(胜利油田)、鞠丽(胜利油田)、高玉芬(胜利油田)、马云军(胜利油田)、汤海东(胜利油田)、张淑君(胜利油田)、王静(胜利油田)、许刚(胜利油田)、程波(胜利油田)、岳远明(胜利油田)、葛文峰(胜利油田);本教材已经集团公司人事部、石油工程管理部 and 油田勘探开发事业部审定通过,主审王辉(中原油田),参加

审定的人员有孟会敏、王琳琳、孟凡忠、王庆成，审定工作得到了中原油田的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此一并表示感谢。

由于本教材涵盖的内容较多，不同企业之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

目 录

第1章 基础知识	(1)
1.1 机械制图基础知识	(1)
1.1.1 投影的基础知识	(1)
1.1.2 机件的表达方法	(4)
1.1.3 常用零件图的规定画法	(10)
1.1.4 零件图的识读	(13)
1.1.5 简单装配图的识读	(15)
1.1.6 焊缝符号和焊接装配图	(17)
1.2 电工基础知识	(29)
1.2.1 直流电路	(29)
1.2.2 电磁感应与交流电	(34)
1.2.3 单相交流电路	(39)
1.2.4 三相交流电	(45)
1.2.5 安全用电常识	(47)
1.3 金属材料和热处理知识	(50)
1.3.1 常用金属材料的性能	(50)
1.3.2 常用金属材料的牌号、性能与用途	(56)
1.3.3 金属学基础	(60)
1.3.4 铁碳合金相图	(66)
1.3.5 金属塑性变形对其性能的影响	(70)
1.3.6 钢的热处理基础知识	(74)
1.3.7 钢的普通热处理工艺	(79)
1.4 冷作和机械加工基础知识	(83)
1.4.1 冷作基础知识	(83)
1.4.2 机械加工基础知识	(89)
第2章 气焊材料、设备与工具	(103)
2.1 气焊材料	(103)
2.1.1 气体	(103)
2.1.2 气焊焊丝	(103)
2.1.3 气焊溶剂	(104)
2.2 气焊设备及工具	(104)
2.2.1 气焊设备	(104)
2.2.2 气焊工具	(105)
2.2.3 气焊的设备、工具的安全检查	(108)

第3章 气焊冶金原理	(109)
3.1 气焊冶金过程	(109)
3.1.1 焊接熔池	(109)
3.1.2 焊接区域内的气体及其影响	(110)
3.1.3 气焊的化学冶金过程	(112)
3.1.4 气焊的物理冶金过程	(112)
3.2 焊缝金属的结晶过程	(113)
3.2.1 焊接接头及其组成	(113)
3.2.2 焊接熔池一次结晶的特点	(113)
3.2.3 焊接熔池的一次结晶过程	(113)
3.2.4 焊缝金属的二次结晶	(116)
3.2.5 焊缝金属的二次结晶与性能的关系	(117)
3.3 热影响区的组织和性能	(117)
3.3.1 焊接热循环	(117)
3.3.2 热影响区的金相组织	(119)
3.3.3 焊接热影响区的性能	(121)
3.3.4 焊后热处理	(122)
第4章 焊接应力和变形	(123)
4.1 焊接应力和变形及其产生原因	(123)
4.1.1 焊接应力和变形的概念	(123)
4.1.2 焊接应力和变形产生原因	(123)
4.2 焊接残余变形	(124)
4.2.1 焊接残余变形的概念	(124)
4.2.2 影响焊接残余变形的因素	(125)
4.3 防止和减少焊接残余应力与变形的措施	(126)
4.3.1 防止和减少焊接残余应力的措施	(126)
4.3.2 防止和减少焊接残余变形的措施	(127)
4.4 焊接残余应力和变形的消除和矫正	(129)
4.4.1 焊接残余应力的消除	(129)
4.4.2 焊接残余变形的矫正	(130)
第5章 常用金属材料的气焊技术	(132)
5.1 金属焊接性	(132)
5.1.1 焊接性分类	(132)
5.1.2 焊接性评定方法	(132)
5.2 气焊火焰种类及特点	(133)
5.2.1 氧—乙炔火焰	(133)
5.2.2 氧—液化石油气火焰	(134)
5.3 气焊主要焊接参数	(134)
5.3.1 焊丝直径	(134)
5.3.2 火焰种类	(134)

5.3.3	火焰能率	(135)
5.3.4	焊嘴倾角	(135)
5.3.5	焊丝倾角	(135)
5.3.6	焊接速度	(135)
5.4	气焊基本操作技术	(136)
5.4.1	左焊法和右焊法	(136)
5.4.2	焊炬和焊丝摆动方法	(136)
5.4.3	焊缝的起焊、接头和收尾	(137)
5.5	碳素钢气焊	(137)
5.5.1	低碳钢气焊	(137)
5.5.2	中碳钢气焊	(137)
5.5.3	高碳钢气焊	(138)
5.5.4	碳素钢气焊实例	(138)
5.6	普通低合金钢气焊	(150)
5.6.1	普通低合金钢的焊接性	(150)
5.6.2	Q345(16Mn)钢的气焊工艺	(150)
5.6.3	普通低合金钢气焊实例	(151)
5.7	奥氏体不锈钢气焊	(156)
5.7.1	奥氏体不锈钢的焊接性	(156)
5.7.2	奥氏体不锈钢的气焊工艺	(157)
5.7.3	奥氏体不锈钢气焊实例	(157)
5.8	铝及铝合金气焊	(160)
5.8.1	铝及铝合金的焊接性	(160)
5.8.2	铝及铝合金气焊工艺	(160)
5.8.3	铝及铝合金气焊实例	(161)
5.9	铜及铜合金气焊	(165)
5.9.1	铜及铜合金的焊接性	(165)
5.9.2	铜及铜合金气焊工艺	(166)
5.9.3	铜及铜合金气焊实例	(166)
5.10	铸铁焊补	(168)
5.10.1	铸铁的分类	(169)
5.10.2	灰铸铁的成分、牌号及性能	(169)
5.10.3	灰铸铁的焊接性	(169)
5.10.4	灰铸铁焊补工艺	(170)
第6章	气压焊	(173)
6.1	气压焊相关知识	(173)
6.1.1	气压焊基本原理	(173)
6.1.2	钢筋气压焊设备、工具	(174)
6.1.3	气压焊工艺	(174)

6.2 小直径 I 级钢筋气压焊实例	(176)
第 7 章 钎焊	(178)
7.1 钎焊相关知识	(178)
7.1.1 钎焊工艺	(178)
7.1.2 钎焊的焊接材料及钎剂	(182)
7.2 手工火焰钎焊实例	(190)
7.2.1 低碳钢板搭接手工火焰钎焊	(190)
7.2.2 不锈钢板搭接手工火焰钎焊	(192)
7.2.3 紫铜管的钎焊	(193)
7.2.4 碳素钢与硬质合金手工火焰钎焊	(194)
第 8 章 手工气割	(196)
8.1 气割原理	(196)
8.1.1 气割原理和条件	(196)
8.1.2 气割的优缺点及其应用	(197)
8.2 气割参数	(197)
8.2.1 气割参数的选择依据	(197)
8.2.2 气割参数选择	(197)
8.3 气割质量	(199)
8.3.1 气割质量的衡量	(199)
8.3.2 影响气割质量的因素	(200)
8.4 气割实例	(201)
8.4.1 $\delta = 12\text{mm}$ 碳钢板直线手工气割	(201)
8.4.2 $\delta = 3\text{mm}$ 碳钢板直线手工气割	(202)
8.4.3 $\delta = 12\text{mm}$ 的碳钢板 30° 坡口直线手工气割	(203)
8.4.4 $\delta = 12\text{mm}$ 碳钢板圆周手工气割	(204)
8.4.5 $\delta = 50\text{mm}$ 碳钢板图形手工气割	(206)
8.4.6 $\delta = 8\text{mm}$ 多层钢板内六方手工气割	(207)
8.4.7 $\phi 159\text{mm} \times 6\text{mm}$ 碳钢管转动气割	(208)
8.4.8 $\phi 159\text{mm} \times 6\text{mm}$ 碳钢管 30° 坡口转动气割	(209)
8.4.9 $\phi 159\text{mm} \times 6\text{mm}$ 碳钢管 30° 坡口水平固定气割	(210)
第 9 章 机械气割与特种气割	(212)
9.1 机械气割	(212)
9.1.1 仿形气割	(212)
9.1.2 光电跟踪自动气割	(213)
9.1.3 数控气割	(214)
9.2 激光气割	(217)
9.2.1 激光气割的种类	(217)
9.2.2 激光气割用割枪	(218)
9.2.3 金属材料激光气割	(218)
9.2.4 激光气割的优点	(219)

9.3 等离子气割	(219)
9.3.1 等离子气割的原理	(219)
9.3.2 等离子气割设备	(220)
9.3.3 等离子气割机	(221)
9.4 等离子弧气割实例	(221)
9.4.1 $\delta=10\text{mm}$ 不锈钢板直线等离子弧手工气割	(221)
9.4.2 $\delta=20\text{mm}$ 不锈钢板曲线等离子弧手工气割	(223)
第10章 焊接结构生产及工装夹具	(225)
10.1 焊接结构生产概述	(225)
10.1.1 焊接结构生产的工艺过程	(225)
10.1.2 焊接结构生产的必备条件	(227)
10.2 复杂焊接结构的生产实例	(228)
10.2.1 桥式起重机箱形主梁的装配和焊接	(228)
10.2.2 立式储罐的装配和焊接	(230)
10.3 复杂焊接结构的工装夹具设计	(231)
10.3.1 工装夹具在钢结构生产中的作用	(231)
10.3.2 工装夹具的设计要点	(232)
10.3.3 工装设计的实例	(233)
第11章 焊接结构检验	(236)
11.1 焊接结构检验概述	(236)
11.1.1 焊接结构检验的目的	(236)
11.1.2 焊接结构检验的方法分类	(236)
11.1.3 焊接结构检验的依据	(237)
11.1.4 焊缝检验及缺陷返修	(238)
11.2 复杂焊接结构工程检验实例	(239)
11.2.1 原材料检验	(239)
11.2.2 钢板的预处理质量检查	(239)
11.2.3 板件放样、画线、下料的尺寸检查	(239)
11.2.4 板件下料后外形尺寸的检查	(240)
11.2.5 焊接坡口或板件边缘加工质量的检查	(240)
11.2.6 组装前对待焊接区域清理的检查和组装尺寸的检查	(240)
11.2.7 焊接质量的检查	(242)
11.2.8 杆件焊后外形尺寸的检查	(243)
11.2.9 钢桥的试装检验	(245)
第12章 焊接接头静载强度计算	(246)
12.1 焊接接头应力分布	(246)
12.1.1 焊接接头的基本概念	(246)
12.1.2 焊接接头的力学性能	(246)
12.1.3 焊接接头的基本形式及工作应力分布	(248)
12.1.4 应力集中的概念	(254)

12.2	焊接接头的静载强度	(255)
12.2.1	工作焊缝和联系焊缝	(255)
12.2.2	焊接接头静载强度计算的假设	(255)
12.2.3	焊接接头的强度计算	(256)
12.2.4	许用应力	(263)
第13章	焊接结构的破坏与分析	(264)
13.1	概述	(264)
13.1.1	焊接结构的特点	(264)
13.1.2	焊接结构的分类	(264)
13.1.3	焊接结构的破坏形式	(265)
13.2	焊接结构的塑性破坏	(265)
13.2.1	塑性破坏的特征与危害	(265)
13.2.2	塑性破坏的原因	(267)
13.2.3	塑性破坏的防止措施	(267)
13.3	焊接结构的脆性破坏	(269)
13.3.1	脆性断裂的危害、特征	(269)
13.3.2	脆性断裂的原因	(270)
13.3.3	脆性断裂的主要影响因素	(272)
13.3.4	脆性断裂的评定方法	(274)
13.3.5	焊接结构的特点及其对脆断的影响	(277)
13.3.6	焊接结构制造工艺的特点	(278)
13.3.7	预防焊接结构脆性断裂的措施	(281)
13.4	焊接结构的疲劳断裂	(283)
13.4.1	焊接结构疲劳断裂的特征	(283)
13.4.2	影响焊接接头疲劳强度的因素	(285)
13.4.3	提高焊接接头疲劳强度的措施	(290)
第14章	焊接工艺规程的制定	(293)
14.1	焊接工艺规程	(293)
14.1.1	焊接工艺规程概述	(293)
14.1.2	制定焊接工艺规程的依据	(293)
14.1.3	制定焊接工艺规程的内容	(293)
14.2	焊接工艺评定	(295)
14.2.1	焊接工艺评定的意义	(295)
14.2.2	焊接工艺评定的前提条件	(295)
14.2.3	焊接工艺评定因素及类别划分	(295)
14.2.4	对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定	(306)
14.2.5	焊接工艺评定的程序和步骤	(313)
第15章	焊接施工组织	(315)
15.1	焊接施工组织概述	(315)
15.1.1	焊接施工组织的原则	(315)

15.1.2	与焊接质量有关的施工工艺选择	(315)
15.2	焊接施工组织设计	(319)
15.2.1	焊接施工组织编制的依据	(319)
15.2.2	焊接施工组织编制的内容	(320)
15.3	气焊、气割工作点的平面布置	(321)
15.3.1	对气焊、气割工作点平面布置的要求	(321)
15.3.2	平面布置的顺序和内容	(322)
15.3.3	氧气站的平面布置	(323)
15.3.4	乙炔站的平面布置	(323)
15.3.5	乙炔和氧气管道的敷设	(324)
15.3.6	局部排风的措施	(325)
第16章	焊接与切割安全技术知识	(327)
16.1	焊接作业的危险有害因素	(327)
16.1.1	焊接作业的危险因素	(327)
16.1.2	焊接作业的危害因素	(327)
16.2	特殊环境中的焊接与切割作业	(333)
16.2.1	特殊环境中焊、割作业的基本特征	(333)
16.2.2	特殊环境中焊、割作业的分类	(333)
16.2.3	特殊环境中焊接与切割作业的安全技术	(334)
16.3	焊接与切割作业的安全生产	(338)
16.3.1	焊接与切割生产的基本要求	(338)
16.3.2	焊接与切割作业人员的基本条件	(339)
16.4	焊接与切割作业安全操作规程	(340)
16.4.1	常用金属材料气焊安全操作规程	(340)
16.4.2	气压焊安全操作规程	(340)
16.4.3	手工火焰钎焊安全操作规程	(341)
16.4.4	手工气割安全操作规程	(341)
16.4.5	等离子切割安全操作规程	(342)
第17章	焊接质量管理	(343)
17.1	焊接质量管理概述	(343)
17.1.1	质量	(343)
17.1.2	质量管理	(343)
17.1.3	质量保证	(343)
17.1.4	质量管理体系	(345)
17.1.5	质量控制	(345)
17.2	焊接质量保证标准	(345)
17.2.1	焊接质量保证一般原则(GB/T 12467—2009)	(345)
17.2.2	焊接质量保证(GB/T 12467.1—2009)	(346)
17.2.3	ISO9000 质量管理系列标准	(348)
17.3	焊接质量管理体系	(349)

17.3.1	焊接质量管理体系的要求	(349)
17.3.2	焊接质量体系的建立	(351)
17.3.3	质量体系的保证	(355)
第18章	健康、安全、环境(HSE)体系	(356)
18.1	概 述	(356)
18.1.1	HSE 管理体系的含义	(356)
18.1.2	HSE 管理体系的特点	(356)
18.1.3	HSE 管理体系的适用范围	(357)
18.1.4	推行与实施 HSE 管理体系的优点和作用	(357)
18.1.5	我国企业推行与实施 HSE 管理的必要性	(357)
18.2	HSE 管理体系基本要素	(358)
18.2.1	“承诺与方针目标”要素	(359)
18.2.2	“计划”过程中的要素	(360)
18.2.3	“实施”过程中的要素	(360)
18.2.4	“检查”过程中的要素	(360)
18.2.5	“改进”过程中的要素	(362)
18.3	HSE 管理体系建立步骤	(364)
18.3.1	前期准备	(364)
18.3.2	初始状态评价	(364)
18.3.3	体系策划与设计	(365)
18.3.4	文件编制	(365)
18.3.5	体系试运行	(365)
18.3.6	评审完善	(365)
第19章	焊工的培训和考试	(366)
19.1	焊工职业培训及考试概况	(366)
19.2	特种设备焊接操作人员的培训及考试	(366)
19.2.1	焊工的资质	(366)
19.2.2	焊工考试的内容	(366)
19.2.3	焊工操作技能考试项目代号	(374)
19.2.4	焊工的管理工作	(375)
附录		(377)

第 1 章 基础知识

1.1 机械制图基础知识

图样是工程技术界的共同语言，识图是机械技术工人的一项基本技能。只有正确识别零件图样所反映的全部信息，才能在加工制造中避免发生错误。机械制图基础知识的内容包括：投影图、零件图、装配图，以及焊接装配图的绘制原理与识图方法。

1.1.1 投影的基础知识

1.1.1.1 投影法

一束光线沿一定方向通过形体上各个顶点及各条棱线与画面相交，产生交点和交线，这些交点和交线即为形体上的顶点和棱线在画面上的落影，这些落影构成了一个能够反映该形体形状的“线框图”，这个线框图被称为该形体的“投影”。通过形体上某一点的投射线与投影面相交所得的交点就是该点的投影，这种把空间形体转化为平面图形的方法就叫投影法。

形体、投射线、投影面被称为投影三要素，这些要素的改变会引起投影的改变，形成不同的投影。

1.1.1.2 投影法的分类

投影法一般分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影

中心投影的投射线汇交于一点(相当于点光源发出的光线)，如图 1-1 所示的三角形 ABC 在 H 面上的投影 abc 称为形体的中心投影，作出中心投影的方法称为中心投影法。

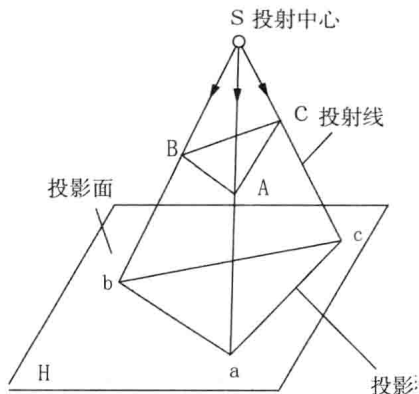


图 1-1 中心投影

2. 平行投影

当投影线互相平行时(相当于太阳光发出的光线)，所得的投影叫作平行投影，见图

1-2, 作出平行投影的方法称为平行投影法。

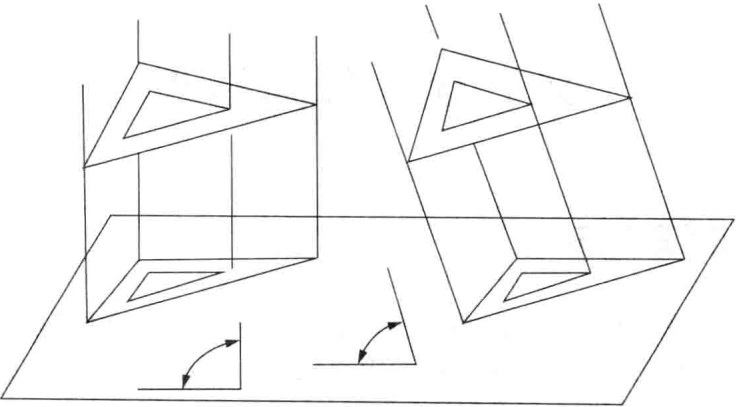


图 1-2 平行投影

平行投影法分为两种：

(1) 正投影法 当投射线与投影面垂直时所得投影叫正投影(又叫直角投影)。

正投影的特性：

① 显实性。当平面图形或直线段与投影面平行时，所得的投影与实形相同，这种性质称为正投影的显实性。必须指出，只有满足显实条件时，正投影才有显实性，如图 1-3 所示。

② 积聚性。平面图形、直线段与投影面垂直时，它们的投影分别积聚为一直线段和一点，称为正投影的积聚性(图 1-4)。正投影的积聚性也是有条件的。

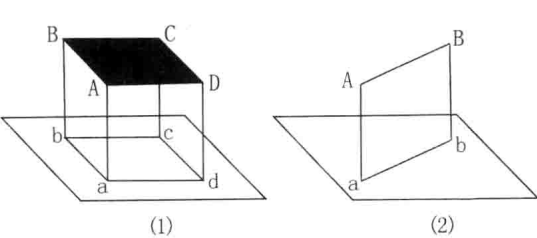


图 1-3 平面图形、直线段平行于投影面时的投影

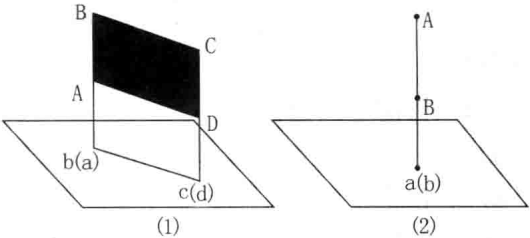


图 1-4 平面图形、直线段垂直于投影平面时的投影

③ 类似性。平面图形、直线段与投影面倾斜时，图形的投影变小，线段投影变短，但投影形状与原形相类似，这种性质称为正投影的类似性，如图 1-5 所示。

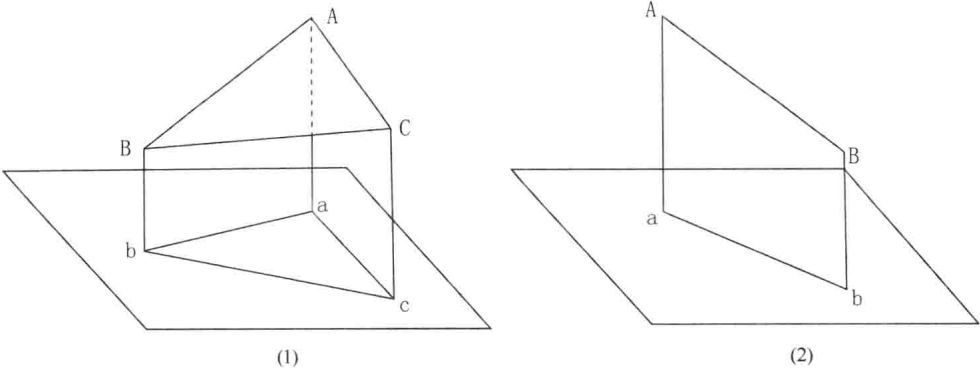


图 1-5 平面图形、直线段倾斜于投影面时的投影