



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械设备安装工艺

(机电设备安装与维修专业)

张忠旭 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械设备安装工艺

(机电设备安装与维修专业)

主 编 张忠旭

主 审 项 德 施东成

责任主审 罗圣国



机械工业出版社

本书是教育部面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材,系“机电设备安装与维修”专业课程教学用书。

本书结合生产实际,较系统地讲述了机械设备安装工程施工组织基本程序、测量、测试、起吊、搬运等基础知识;设备安装施工基本工艺;典型机器零部件及金属切削机床、锅炉、电梯、桥式起重机、压缩机、金属塔罐类容器等典型机械设备安装工艺,设备安装中常见故障的诊断与排除方法等知识。

本书还可供从事机电设备安装与维修的企业工程技术人员、施工及管理人员参考,也可作为企业职工的技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备安装工艺:机电设备安装与维修专业/张忠旭主编. —北京:机械工业出版社,2002.5
中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-111-09665-7

I. 机… II. 张… III. 机械设备-设备安装-工艺学-专业学校-教材 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 091132 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:董连仁 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文
封面设计:姚毅 责任印制:付方敏
北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16·14.25 印张·349 千字
0 001-4 000 册
定价:17.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

《机械设备安装工艺》是教育部面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材之一。根据 2000 年教育部批准的中等职业教育首批重点建设的机械类专业教学整体改革方案及各专业主干课程教学大纲,机械工业教育发展中心组织各有关专业指导委员会编写了这套教材。

《机械设备安装工艺》是机电设备安装与维修专业课程教学用书,书中介绍了机械设备安装工程施工组织基本程序、测量、测试、起吊、搬运等基础知识;设备安装施工基本工艺;典型机器零部件安装工艺及金属切削机床、锅炉、电梯、桥式起重机、压缩机、金属储罐等典型机械设备安装工艺;典型设备安装中常见故障的诊断与排除方法等知识。

本教材遵循培养学生“具备高素质劳动者和中初级专门人才所需的机电设备安装工艺基本知识和基本技能,初步具备解决安装施工实际问题的能力”的教学目标。在介绍机电设备安装工艺知识时,注意结合近年来我国安装行业施工中新技术、新工艺、新设备的具体应用,突出了设备安装工艺过程的技术测量、吊装搬运、检验调试和试车运行等技能知识内容。

本教材力求做到文字流畅、准确、简练,符合国家最新规范要求,并注意结合中等职业教育特点,加强了实践教学内容,循序渐进,便于学习和掌握。

本教材除用于三年制中等职业学校 100 学时教学外,带※号内容适用于 120 学时教学。本书还可供从事机电设备安装与维修的技术人员参考。

本书由德阳安装工程学校张忠旭主编,江苏省常州机械学校浦如强、徐州化工学校杜存臣、德阳安装工程学校叶永青、彭勇毅协编。本书由广西高等职业技术学院余仲裕高级工程师、中国机械工业第一安装工程公司余铁君高级工程师主审。编写分工如下:彭勇毅编写第一章第二~四节,第二章第五、六节,第六章第二节;叶永青编写第二章第一~四节,第五章,第六章第一节;浦如强编写第三章第三~五节;杜存臣编写第七章;张忠旭编写第一章第一节,第三章第一~二节,第四章,第六章第三节。

本书编写中得到机械工业教育发展中心、设备维修与管理专业指导委员会、德阳安装工程学校、江苏省常州机械学校、四川省工程职业技术学院、中国机械工业第一安装工程公司等单位和个人支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,不足之处在所难免,恳请广大读者予以批评、指正。

编 者

二〇〇一年七月

目 录

前言

第一章 机械设备安装工程的基础

知识 1

第一节 组织与管理 1

一、机械设备安装工程的内容 1

※二、机械设备安装施工所需主要

工种及其基本作业内容 2

三、机械设备安装工程的一般施

工管理程序 4

第二节 设备安装工程测量 5

一、水平仪 5

二、水准仪 7

三、经纬仪 11

四、钢卷尺 16

五、罗盘仪 18

六、常用仪器在安装工程测量中

应用 21

第三节 设备在安装位置上的检测 30

一、安装工程中的形位公差 30

二、常用仪器和测量方法在安装工程 测量中的应用 31

第四节 设备安装起重与搬运常识 35

一、机电设备安装中吊装工艺 的选择 35

二、安装工程中常用的起重工具 36

三、起重吊装工艺在设备安装时的 应用实例 40

思考题与习题 42

第二章 设备安装基本工艺过程 44

第一节 设备安装前的准备工作 44

一、设备的开箱 44

二、清点检查 44

三、设备及零部件的保管 45

四、进口设备的验收与管理 45

第二节 基础放线与设备就位 46

一、基础放线 46

二、设备就位 53

第三节 设备拆卸、清洗和装配 57

一、拆卸 57

二、设备的清洗 59

三、设备的装配 64

第四节 设备的找正、找平 65

一、找正与找平的基本概念 65

二、找正与找平的测量 65

第五节 二次灌浆 67

一、二次灌浆前的准备工作 67

二、二次灌浆 68

三、二次灌浆的注意事项 69

第六节 机电设备试压与安装竣工验收 69

一、设备的试压 69

二、设备试运转 72

三、工程验收 74

思考题与习题 75

第三章 典型机械零部件安装

工艺 77

第一节 螺纹联接、键联接的安装 77

一、螺纹联接的安装工艺 77

二、键联接的安装 80

第二节 轴承的安装 81

一、滑动轴承的安装 81

二、滚动轴承的安装 84

第三节 传动机构的安装 87

一、带传动的装配 87

二、链传动机构的装配 91

三、齿轮传动机构的装配 92

四、蜗杆传动机构的装配 97

第四节 联轴器的安装 99

一、联轴器的分类 99

二、联轴器安装中常见的偏差形式 100

三、联轴器的装配工艺 101

第五节 过盈配合件的安装 102

一、过盈联接的特点及形式 102

二、过盈联接的安装工艺 102

思考题与习题 104

第四章 金属切削机床的安装

工艺 105

第一节 概述 105

一、机床的分类 105

二、机床型号的编制方法 106

第二节 机床安装基本工艺 106

一、基础的确定 107

二、基础的检查和放线 109

三、机床开箱、就位和找正 109

四、机床的找平 110

五、机床的固定和机床安装精度的检查调校 113

六、机床试运转 114

七、交工验收 116

第三节 典型机床的安装 116

一、卧式车床的安装及其精度的检验 117

※二、直线导轨长床身机床的安装 118

第四节 数控机床的安装 125

一、概述 125

二、数控机床的安装工艺 125

三、数控机床的调试 128

四、数控机床的验收 129

思考题与习题 130

第五章 工业锅炉的安装工艺 132

第一节 概述 132

※一、锅炉的用途和分类 132

二、工业锅炉设备 132

三、锅炉基本特性指标 136

第二节 工业锅炉安装工艺 136

一、锅炉钢架的安装 136

二、锅筒的安装 138

三、受热面管子的安装 141

四、过热器、水冷壁和集箱的安装 144

五、其他设备及附件的安装 145

第三节 锅炉机组的试运行 146

一、水压试验 146

二、烘炉、煮炉和定位 147

三、锅炉试运行 148

思考题与习题 149

第六章 其他设备安装工艺 150

第一节 活塞式压缩机的安装 150

一、活塞式压缩机的工作原理 150

二、压缩机的安装技术要求 150

三、安装前的准备工作 150

四、活塞式压缩机的安装方法 150

五、压缩机机体的安装 151

六、曲轴（主轴）、主轴承及其安装方法 152

七、大型电动机的安装 153

八、气缸的安装 154

九、二次灌浆 154

十、十字头、连杆的结构与安装 154

十一、活塞及活塞杆、活塞环的安装 156

十二、填料函及刮油器的结构与安装 156

十三、气阀安装 157

十四、润滑系统的安装 157

十五、附属设备的安装 157

十六、压缩机试运转前的准备工作 158

十七、压缩机的无负荷试运转 158

十八、压缩机的吹除 158

十九、压缩机的负荷试运转 159

二十、拆卸检查及再运转 159

二十一、压缩机的主要故障分析及排除方法 159

第二节 桥式起重机的安装工艺 161

一、概述 161

二、桥式起重机安装工艺 161

第三节 电梯安装工艺 168

一、概述 168

二、电梯安装前的准备工作 169

三、电梯机械部分的安装 171

四、电梯的电气部分的安装 177

五、电梯的调试与试运转 179

六、电梯安装常见故障及排除方法 180

思考题与习题 182

第七章 金属容器及管道安装

工艺 184

第一节 塔类设备的安装 184

一、塔类设备的吊装方法 184

二、塔类设备吊装前的准备工作 187

三、塔类设备的吊装步骤 190

四、塔体的安装找正 192

五、塔类设备内部构件的安装	192	一、工业管道的基本知识	206
六、塔类设备吊装机具的拆除及现场 清理	193	二、常用管子、管件及阀门	207
第二节 金属储罐的安装	194	三、管路的热变形及热补偿	209
一、球形储罐概述	194	四、管子的加工	210
二、球形储罐的制造工艺	196	五、管子的安装及验收	212
三、球形储罐的组装	200	思考题与习题	218
四、拱顶储罐的安装	204	参考文献	219
※第三节 工业管道的安装	206		

第一章 机械设备安装工程的基础知识

第一节 组织与管理

机械设备安装工程是基本建设和企业进行技术改造中极为重要的组成部分，它是机械设备从设计制造后，进入安装现场直至运行使用前不可缺少的关键环节。机械设备安装工程不仅要确保安装工程的质量、提高安装工程效率，还必须加强与土建工程的密切协作和配合。

一、机械设备安装工程的内容

机械设备安装工程主要有以下工作内容：

1. 设备的起吊、搬运工作

机械设备整机或部件一般由制造厂家或运输部门运送到安装工地，再由安装人员根据施工进度，使用各种起吊工具和运输工具，将它们完好无损地运到具体的施工作业现场，进行就位组对安装。

2. 各种静置设备和运转设备的安装、检验和调试工作

所谓运转设备，是指各种带有驱动装置的、并能完成特定生产任务的设备。例如金属切削机床、压缩机、汽轮机、锻压机、泵等，这类设备由于工作精度要求很高，因而是安装工程中最重要而又最艰巨的内容，它通常包括开箱检查、验收、基础放线、设备就位、校准调平、固定、清洗组装、调试试车、竣工验收等多道工序，对于某些机械设备，安装施工也就是这类产品的最后一道制造工序，如锅炉、电梯等。

所谓静置设备，是指不带驱动装置的设备，如塔、罐、柜、槽等容器类设备和电视塔、电线塔、排气筒以及钢质桥梁、房架、平台等金属构造类设备。静置设备的安装，可分为静置设备的整体安装、静置设备的组对安装和静置设备的现场制作安装三种情况。

与静置设备安装配套的施工项目还有各种不同直径、不同压力的管道设备，及其他附件需要进行组合、弯形、密封等安装工作。

3. 钢结构设备的制作和安装工作

钢结构设备，如各类容器、管道、法兰、支架、平台、扶梯等，由于大多为单件、异型，因而，通常是在安装现场用各类钢板和型材，通过放样、下料、组合焊接制造而成，钢结构设备的制作安装有时是安装工程的主要内容之一。

4. 容器内、外附属部件的钳工安装工作

在安装各种容器之后，还要进行容器内部和外部各种部件的安装，以保证生产正常使用。如大型化工厂中各类反应塔、吸收塔、中合罐等设备安装完毕后，还须进行塔内隔板、管板、泡罩、磁环等安装工作。这些安装工作是保证容器正常生产的必要条件。另外，与容器相联的管道的弯制、除锈、吹扫、保温、防锈及密封、安装工作。在安装现场或预制加工厂，各种不同直径、不同压力的管道，需要按设计进行弯制、除锈清洁、防锈防腐处理及管子管件的密封处理。这部分内容在各种介质输送、供热、供气工程及化工企业安装工程中，

占有非常重要的地位。

5. 仪器、仪表和控制系统的安装调试工作

在机械设备安装后，其工作系统中各种仪器、仪表和自动控制装置需要进行认真、细致地调试。随着科技的迅猛发展，各种机械式仪表、热工仪表、气动式仪表、液压式仪表及其他控制仪表和装置的不断推陈出新，对安装工人的技术要求越来越高。特别是在大批量生产企业中，自动生产线和成套设备的运行程序控制系统的安装与调试工作，是安装工程中的又一项重要内容。

6. 设备的各种电动机、电器和电气线路的安装调试工作

各种机械设备，一般都配有不同数量、不同规格的电动机、电器及电气线路，因此，正确地合理地安装好电动机、电器及电气线路，也是安装工程的一项主要内容。

7. 压力设备、热力设备、空调设备、制冷设备和环保设备的安装调试工作

近年来，空压设备、热力设备、空调设备、制冷设备和环保设备等通用机械设备广泛应用于各个行业，因而，这些设备的安装正逐步成为安装工程的一项重要内容。

8. 各种电梯、起重吊装设备的安装调试工作

货运电梯、商场电梯、住宅电梯等各种电梯及起重吊装设备，其主要零部件都是制造厂家生产后，分组件装箱运抵安装现场，由安装队伍进行现场安装调试。因此，安装工程实际上也是这些设备生产组装的最后一道工序。

9. 通信、信息设备设施的安装调试工作

随着知识经济时代的到来，我国的信息产业得到了迅猛发展。通信、信息设备设施的安装和安装调试工作正在成为安装工程的一项新的主要内容。

10. 特殊设备和器材的安装调试工作

在国防和科研部门中，大量应用具有高科技技术的机械设备，它们大多采用尖端技术，如激光技术、核磁技术、微波技术、微电脑技术、纳米技术等，这类设备的安装精度要求非常高，对安装施工人员的技能素质要求也非常高。

※二、机械设备安装施工所需主要工种及其基本作业内容

随着现代化工业技术的发展，机械设备的性能也越来越复杂，其技术含量越来越高，机械设备安装作为一项独立的工艺技术，已逐步形成并不断完善，而且越来越受到人们的高度重视。其主要原因不仅是由于设备投资占整个基本建设投资费用的比重大，还在于设备安装工程的质量和工期将会直接影响到投资效益的发挥。在一些特殊安装工程项目，例如工业锅炉、电梯、起重吊装设备、易燃易爆物资的储存输送系统及核能发电设备等，关系到人民生命财产安全，这种对环境可能造成危害的机械设备安装工程，要求其从事安装的施工单位、机构和组织，必须具备国家技术监督部门核准的施工资格。其施工管理人员和工人必须具有经过技术监督部门考核合格的操作技能等级鉴定证，方可施工。由此可知，机械设备安装工程的施工手段正逐步由原始的劳动密集型向技术密集型发展，对施工人员的技术素质要求在不断提高。

在机械设备安装工程施工现场（不包括维修站和加工厂）从事安装作业的一线施工人员，大体有以下工种：

(1) 安装钳工（简称钳工） 安装钳工是机械设备安装中的主要工种之一，主要承担设备安装中机械类零、部件的安装调试任务。具体工作有开箱检查、放线就位、找正找平、设

备固定、零部件清理清洗、组装调试、试运转等工作。安装钳工不仅要掌握设备安装的全过程操作知识，而且还必须具备普通钳工的知识技能，如钳工工具、量具、仪器的使用及其保养和校验；常用材料的性能和外观鉴别；金属材料的淬火、退火；安排其他工种的工序配合等。

(2) 管道工（简称管工） 管工主要承担各类工业管道工程、设备配管、给排水等民用管道工程、采暖供热工程等管道安装工作。

管工除了应掌握管工工具、量具、仪器的使用、保养和校验、识读管道安装施工工程图外，还必须熟悉不同材料管道的施工工艺，管道的隔热防腐施工，小型蒸汽锅炉的安装施工，管子的弯形、管接、弯头和异型管大小头的制作安装，管道及附件的试压等工作。

(3) 电气安装工（简称电工） 电气安装工也是机械设备安装施工的主要工种之一，主要从事设备上的电器及控制线路等安装及调试工作，以及发电设备，输电、变电、配电设备，电线电缆和通信设备及防雷装置等工程的安装工作。

电气安装工除应掌握普通电工的基本知识和技能、识读电气施工图外，还应熟悉不同规格、材料的施工，如电缆、光纤工程以及线缆桥架、支架制作安装等知识，简单机械知识。另外，还应熟悉设备常见电气故障的诊断与排除方法。

(4) 设备起重工（简称吊装工） 主要承担机械设备及金属构件的现场起重搬运工作。设备起重工必须具备以下知识和技能：起重工具的使用、保养及安全试验；绳索打结、接头，穿滑轮组；分析设备重心位置，竖立各种桅杆和埋设地锚；拟定起重吊装施工方案并进行简单的受力计算等。

(5) 铆工（又称冷作工） 铆工是钢结构设备制作安装工程的重要工种，主要承担金属结构件和金属容器的制作。小型的金属结构件通常在加工厂制作成形，再运到施工现场进行安装；大型的一般在加工厂放样下料、分片成形后，运至施工工地现场拼装，或将卷板机、压型机等设备运至工地，在工地现场进行放样、下料制作和安装。

铆工除应能放样、下料（包括各种展开下料）、校正工件变形、加热和煨制工件外，还应能制作胎具、样板、安排焊工配合工作和估算工料等。

(6) 通风工（又称板金工或白铁工） 通风工主要承担通风（空调）装置的安装及风管系统的制作和安装，除应具备铁皮的咬接、铆接、锡焊以及放样下料等技能外，还必须承担通风管道的防酸、防尘和油漆工作；通风（空调）工程的调试、试运转和估算工料等工作。

(7) 焊工（气焊工和电焊工） 主要承担各种常用金属如黑色金属、不锈钢、铝、铜材等的手工焊接工作。焊工应掌握焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、氩弧焊及手工氧乙炔切割及焊接等操作技术，以及焊接材料的选用、性能试验方法和焊缝检验知识。

(8) 筑炉工（简称炉工） 主要承担工业炉窖内衬耐火砖砌体的砌筑。对耐火砖砌体的砌筑技术要求和技术复杂程度比普通砖砌体高，因此，普通炉工不经过专门训练是不能胜任耐火砖砌体的砌筑工作的。

筑炉工需要熟悉常用材料（主要是耐火材料、隔热材料和混凝土材料）的性能和主要材料的鉴别；选砖、配砖；填料、涂料、捣打料的施工和灌注耐火混凝土；耐酸、碱衬里的砌筑和工业窑炉的热烘干等。

(9) 混凝土工 主要承担设备基础的浇筑和设备二次灌浆工作。混凝土工需熟悉混凝土和水泥砂浆的配合比及水灰比的选定；混凝土的拌制、灌注、养护和试验工作。

(10) 油漆工 主要承担油漆和防腐涂层的施工。

(11) 其他 除上述工种外,还有一些少数工种如架子工、仪表工、木工、无损探伤工等,本书不作一一介绍。

较大型的安装工程施工,常常有许多工种同时作业。根据设备类型的不同,安装施工的主要工种也不同。如机械设备安装的主要工种是钳工,而钢结构设备安装的主要工种是铆工和焊工,因此,加强各工种间的主动协作和配合,是完成好施工工作的有力保证。另外,较小型的设备安装工程则往往要求施工人员具有一专多能的本领,由主要工种兼任相近次要工种的工作任务。

三、机械设备安装工程的一般施工管理程序

根据我国一些主要安装企业多年来的经验,机械设备安装工程施工管理一般可分为施工前的准备工作、施工过程管理工作、竣工验收工作和用户服务等四个程序,具体内容见表 1-1。

表 1-1 机械设备安装工程管理一般程序

施工总程序	分项程序	子 程 序
施工前的 准备工作	工程前期工作	1) 工程投标 2) 工程中标 3) 企业考核,聘任工程项目经理 4) 组建项目管理班子 5) 建立职能机构,配备人员,建立责任制
	调查研究、收集资料	1) 收集、了解国家及地方有关该专业项目的规定及环保要求 2) 熟悉合同规定,了解业主要求和期望 3) 了解地域自然条件和资源 4) 详细了解、熟悉工程性质、特点、工艺流程 5) 熟悉项目设计意图和工艺流程 6) 踏勘施工现场,熟悉施工环境
	规划与实施	1) 工程任务划分,选择施工队伍,确定分承包单位 2) 编制施工组织设计;制定施工进度计划;确定质量目标;制定施工技术方案;制定各项管理办法;制定各项资源使用计划 3) 规划临建设施(生产与生活设施),组织实施 4) 按各项资源的使用计划,做好前期准备;做好调运工作 5) 按规定办理各项证件;办理施工许可证,完善各种手续 6) 准备工作基本达到开工条件,提出开工报告,申请开工
施工管理	施工顺序	1) 技术交底、质量安全交底 2) 投料制作 3) 设备开箱检查验收,组织吊装运输到现场 4) 组织零部件清理清洗及安装调试
	过程管理	1) 施工计划管理及进度管理 2) 施工技术管理 3) 施工质量控制管理 4) 劳动工资管理 5) 成本及财务管理 6) 施工材料物资管理 7) 施工机具、检验仪器管理 8) 施工安全管理

(续)

施工总程序	子 程 序
竣工验收	1) 制订竣工验收计划 2) 安排收尾检查工作及场地清理工作 3) 整理竣工资料 4) 召开分析会议, 进行工程总结工作 5) 组织工程自检 6) 编制竣工图 7) 试车: 各单机试车准备→单机试车→停检→联动空载试车→停检→负荷试车→停检→调整、修改→试产考核→资料(交工资料、决算资料)审核 8) 竣工验收向建设单位主要有关部门发送竣工验收通知书→验收小组组织验收→质量评定, 签发竣工验收证书→办理资料档案移交→办理工程移交, 签署保修书→决算总结→保修回访 9) 办理工程移交手续 10) 施工总结
服务	1) 工程保修: 保修内容, 保修期限, 经济责任 2) 回访, 处理遗留问题, 巩固、促进与业主关系 3) 处理投诉

第二节 设备安装工程测量

一、水平仪

水平仪用来检验平面对水平或垂直位置的偏差。由于它测量精度高, 使用方便, 因此广泛应用于平面度、直线度和铅垂度的检查测量工作中。设备安装常用的水平仪有条形水平仪、框式水平仪和合象水平仪等, 如图 1-1 所示。

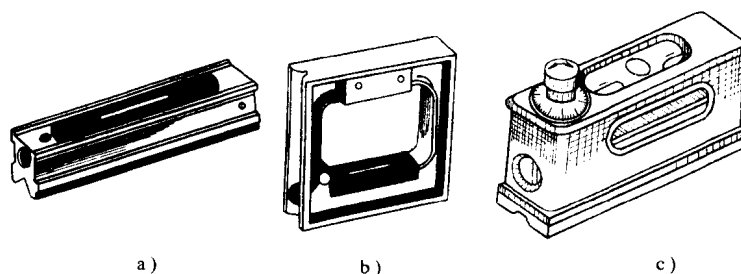


图 1-1 水平仪的种类

a) 条形水平仪 b) 框式水平仪 c) 合象水平仪

1. 水平仪的构造 (框式水平仪)

(1) 框架 水平仪的框架是由合金钢或铸铁经加工后制成的。它的下面和两侧面是经过精加工的测量面; 框架上镶有水准管。

(2) 水准管 水准管是由玻璃制成的, 里面装满了一定容积的液体, 管壁上标出一定的刻度。

2. 水平仪测量原理

水平仪在水平或垂直位置时, 气泡永远停在水准管的中央位置; 如果水平仪倾斜一个角度, 气泡就向左或向右移到最高点, 根据气泡移动距离, 即可知道水平度或垂直度。如图

1-2 所示, 将一读数精度为 $0.02/1000$ 水平仪, 安放在 1m 长的平尺表面上, 在右端垫起 0.02mm 高度, 平尺便倾斜一个角度 α 。此时, 水准管气泡的移动距离正好为一个刻度, 那么, 倾角 α :

$$\tan\alpha = \frac{\Delta H}{L} = \frac{0.02}{1000} = 0.00002$$

$$\alpha = 4'' \quad (1-1)$$

按相似三角形比例关系可得, 在离左端 200mm 处的平尺下面, 高度变化量为

$$\Delta H_1 = L_1 \tan\alpha = 200 \times \frac{0.02}{1000} \text{mm} = 0.004\text{mm} \quad (1-2)$$

3. 水平仪的读数方法

(1) 绝对读数法 气泡在中间位置时, 读作 0。以零线为基准, 气泡向任意一端偏离零线的格数, 即为实际偏差格数。一般规定, 气泡移动方向与水平仪移动方向相同, 读数为正值; 如方向相反, 读数为负。如图 1-3a 所示为 $+2$ 格。

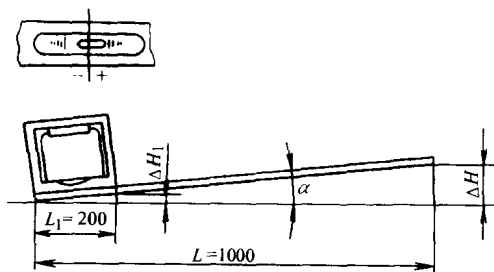


图 1-2 水平仪的测量原理

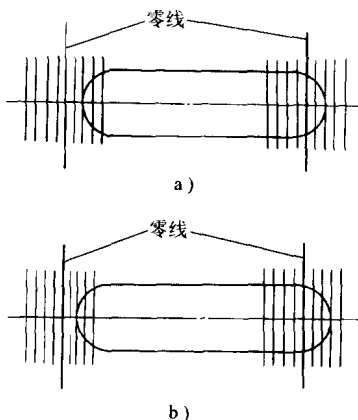


图 1-3 水平仪读数方法

a) 绝对读数法 b) 平均值读数法

(2) 平均值读数法 从两长刻划 (零线) 为准向同一方向分别读出气泡停止的格数, 再把两数相加除以 2, 即为读数值。如图 1-3b 所示, 气泡偏离右端零线 3 个格, 偏离左端零线 2 个格, 实数读数为 $+2.5$ 格, (习惯由左向右测量), 即右端比左端高 2.5 格。平均值读数法读数较绝对读数法精度高。

4. 水平仪误差的修正

在使用误差较小的水平仪测量设备水平度时, 应在被测量面上原地旋转 180° 进行测量, 利用两次读数的结果加以计算修正, 其方法如下:

1) 测量时, 水平仪第一读数为零, 在原位置旋转 180° 进行测量, 读数也为零, 则说明被测表面呈水平状态, 水平仪没有误差。

2) 测量时, 第一次读数为零, 第二次读数气泡向一个方向移动, 则说明被测表面和水平仪都有误差, 并且两者误差值相等, 都等于读数值一半。

3) 两次读数都不为零, 而且气泡向一个方向移动, 这时被测面较高一端高度为两次误

差值的和除以 2，而水平仪误差为两次误差值的差除以 2。

4) 如果两次测量的误差方向相反，气泡各向一个方向移动，那么被测面较高一端高度为两次误差值的差除以 2，水平仪本身误差是两次误差和除以 2。

5. 水平仪使用维护

1) 使用水平仪测量前，必须将被测量表面与水平仪工作表面擦干净，以防测量不准确或擦伤工作表面。

2) 使用水平仪时，必须手握仪器的握手，不要用手触动气泡玻璃管，也不要对着玻璃管呼吸，以防影响水平仪的读数精度。看水平仪时，视线要垂直对准气泡玻璃管，否则读数不准。

3) 测量过程中，对水平仪要轻拿轻放。不允许在设备的被测表面上将水平仪的工作面拖来拖去。在撬动设备或敲打垫铁时，必须将水平仪移开。

4) 用水平仪检查立面的铅垂性时，应用力均匀地紧靠在设备立面上。水平仪从低温处拿到高温处时，不得立即使用；也不得在曝烈的日光或强烈的白炽灯光照射下使用，以免因温差变化太剧烈使测量值不准确。

5) 水平仪使用完毕后，要用干净的擦布擦拭干净，并涂上一层薄薄的机油，放入盒内。仪器不应保存在潮湿的环境中，以免生锈。仪器盒上不得重压，也不得与手锤等粗糙工具放在一起，避免损坏。

二、水准仪

水准仪是一种大地测量工作中不可缺少的光学仪器，在机械设备安装过程中经常用来测量设备基础（或垫铁）的标高。

1. 水准仪的构造

(1) 水准仪的主要部件 水准仪结构如图 1-4 所示。主要部件有：

1) 瞄准器：用来对目标进行粗略的瞄准。

2) 物镜：使物体或目标进入望远系统成像。

3) 望远镜微动螺旋：当制动螺旋拧紧后可转动微动螺旋，使望远镜在水平面内进行微小的转动。

4) 制动螺旋：当制动螺旋拧紧后，可固定望远镜部分在水平方向不再转动。

5) 目镜：目镜用来观望物体或目标的，并能调节目镜的位置，使十字线成像清晰。

6) 长水准管：当长气泡在水准管的中间时，说明望远镜的视准轴已水平。

7) 圆水准器：用于初步调平仪器的水平度。当圆水准气泡居中时，表示仪器大致水平。

8) 脚螺旋：用来粗调仪器的水平

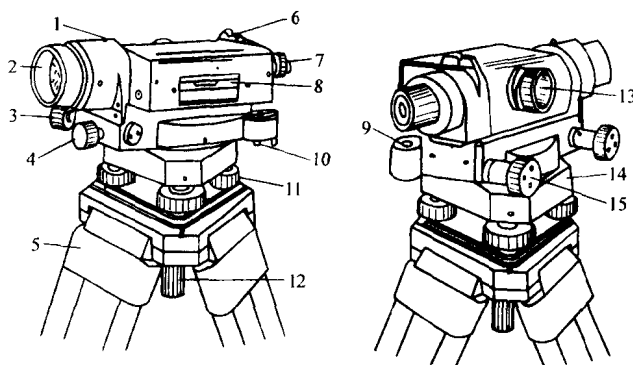


图 1-4 水准仪构造

- 1—准星 2—物镜 3—微动螺旋 4—制动螺旋 5—三角架
6—照门 7—目镜 8—水准管 9—圆水准器
10—圆水准器校正螺钉 11—脚螺旋 12—联接螺旋
13—对光螺旋 14—基座 15—微倾螺旋

之用。

9) 对光螺旋：转动对光螺旋，可使目标的像调节清晰。

10) 微倾螺旋：当转动微倾螺旋时，可使望远镜和长水准器一起在竖直方向作微小转动。

(2) 水准仪的主要机构

1) 瞄准机构：主要作用是提供一条直的光学视线。在望远镜上方还装有准星和缺口，用于粗瞄准用。

2) 调平机构：主要作用是用来调平视线。调平机构一般由粗调机构和精调机构所组成。粗调机构是三脚螺旋调整机构。粗调时，如果水准管气泡居中，则仪器基本水平。粗调完毕后，观察长水准管气泡的情况，如果左右长水准管气泡不符合，如图 1-5a 所示，应转动微倾螺旋进行精调，使长水准管气泡相符合，如图 1-5b 所示。

3) 转轴机构：主要用途是描出一个与重力线方向垂直的水平面。

2. 水准仪测量原理

利用水准仪提供一条水平视线，借助于带有刻度的标尺来测量地面两点之间的高差，从而由高差和已知点的高程推算未知点的高程。

如图 1-6a 所示，若已知点 A 点的高程 H_A ，欲确定 B 点的高程 H_B ，则可在 A、B 两点各竖立标尺，将水准仪安置在 A、B 两点中间。当视准轴水平时得 A 点标尺上读数 a ，B 点上标尺读数 b ，A、B 两点高差为：

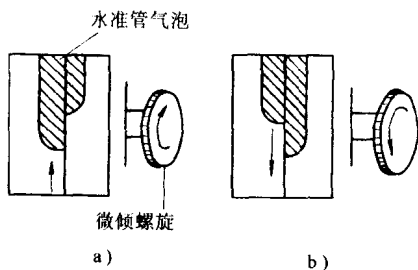


图 1-5 在观察孔中看到的气泡像

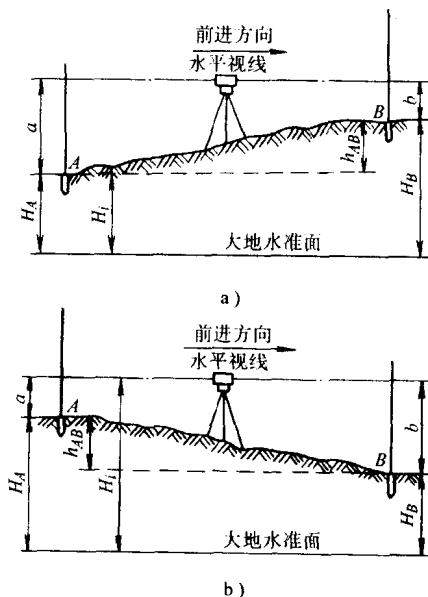


图 1-6 水准仪测量原理

a) 高差法 b) 视线高法

$$h_{AB} = a - b \quad (1-3)$$

那么 B 点的高程为

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (1-4)$$

如果按施测时的前进方向区分测点，则 A 点为后视点，读数 a 为后视读数；B 点为前

视点, 读数 b 为前视读数。因此, 上式可写为

$$h_{AB} = \text{后视读数} - \text{前视读数} \quad (1-5)$$

当 h_{AB} 为正值时, 说明 B 点高于 A 点; 当 h_{AB} 为负时, 说明 B 点低于 A 点。

上述由高差计算高程的方法称为高差法。

B 点的高程也可通过仪器的视线高程计算得到, 即视线高 (仪器高) 法, 如图 1-6b 所示。

$$\text{视线高} \quad H_i = H_A + a \quad (1-6)$$

$$\text{高程} \quad H_B = H_i - b \quad (1-7)$$

利用视线高法, 可以很方便地在一个测站测出若干个前视点的高程。

3. 水准仪的操作

(1) 安置仪器 首先松开架腿, 按需要的高度调节架腿的长度后安稳三脚架, 然后取出仪器置于架头上, 一只手扶住仪器, 另一只手将联接螺旋由三脚架头底部旋入仪器基座, 将其连接牢固。架设时尽量使架头基本水平, 为粗调创造条件。

(2) 粗略整平 如图 1-7 所示, 首先松开制动螺旋, 用两手按箭头方向同时相对地转动脚螺旋 1、2, 使气泡由 a 移至 b (气泡移动的方向始终与左手大拇指移动方向一致); 然后再用手转动脚螺旋 3, 使气泡移到小圆圈的中心。

(3) 调整目标 首先, 将望远镜朝向明亮的背景, 转动目镜调焦螺旋, 使十字线清晰; 然后, 转动望远镜, 利用望远镜上的照门和准星瞄准目标, 旋紧制动螺旋; 而后转动物镜对光螺旋, 看清目标。

(4) 精确整平 精平时, 转动微倾螺旋, 使水准管气泡两端像吻合。

(5) 读数 应利用十字横线的中央部分读取读数。读数时应从上往下, 即由小往大读, 如图 1-8 所示。

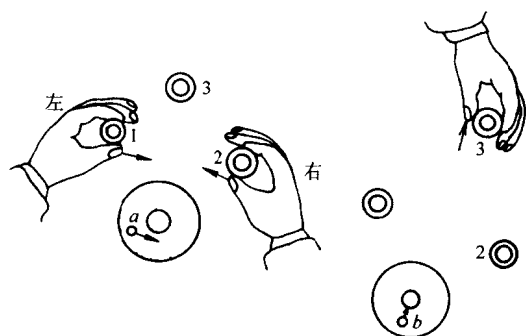


图 1-7 水准仪粗平

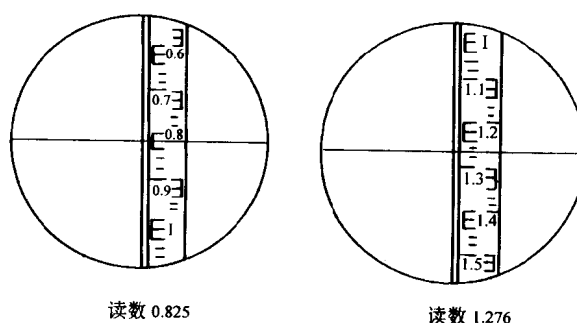


图 1-8 测量的读数方法

4. 水准仪的使用和维护

- 1) 测量时, 水准仪应安放在稳定的地方, 三角架的三个脚应插入土中, 以免三角架倾倒。
- 2) 瞄准或读数时, 应注意手或身体不要碰到三角架; 扶尺者应将尺子扶正。
- 3) 仪器装到三角架上时, 必须拧紧联接螺旋, 以防仪器掉下来造成重大损失。
- 4) 仪器不能在强烈的阳光下曝晒, 晴天在野外测量时, 必须撑伞保护仪器。