



普通高等教育规划教材



安装工程 施工技术

王蔚佳 刘成毅 王永华 等编著

董宝珠 黄伟江 主审



子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

安装工程施工技术

王蔚佳 刘成毅 王永华 等编著
董宝珠 黄伟江 主审

机械工业出版社

本书是针对安装工程的特点,依据国家现行的标准、规范,在参考大量最新资料和数据的基础上编写而成的。本书系统地阐述了安装工程设备与结构的施工原理、安装工艺。主要内容有绪论、设备基础、安装工程精度及分析、设备振动与平衡、静置设备、动荷设备、典型特种设备、钢结构制作与安装、安装工程施工技术方案的编制、工程实例等。

本书是一本较完整、系统的教科书,可供土木工程专业(安装工程方向)和工业设备安装专业的本、专科学生使用。教师授课可根据课时要求取舍教学内容。本书也可作为工程技术人员和管理人员的参考书。

本书配有电子课件,免费提供给选用本书做教材的授课教师,需要者请根据书末的“信息反馈表”索取。

图书在版编目(CIP)数据

安装工程施工技术/王蔚佳,刘成毅,王永华等编著. —北京:机械工业出版社,2012.8
ISBN 978-7-111-38476-2

I. ①安… II. ①王…②刘…③王… III. ①建筑安装—工程施工—技术手册 IV. ①TU758—62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第131562号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘涛 责任编辑:刘涛 沈红

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·21.75印张·538千字

标准书号:ISBN 978-7-111-38476-2

定价:43.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmpl1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

安装工程是建设工程的重要组成部分，它所涉及的安装对象种类繁多、特性各异，几乎涉及国民经济的所有行业。在施工过程中，正确设计安装工艺和程序，是实现工程进度、质量、安全和经济目标的重要保证。安装工程施工技术就是应用多学科理论、原理和方法对安装工程的工艺过程进行设计的专门技术。

本书根据现行的国家、行业标准，紧密结合工程实际，系统地阐述了安装工程的技术原理与工艺方法。在编写过程中，作者注意融入最新的工程技术成果和安装工程中的新工艺、新技术、新方法，将安装工程施工技术的基础理论知识、施工过程中各阶段的技术工作和典型设备与结构的安装工艺进行了仔细编排，使学习内容循序渐进、前后照应。同时本书加强了与国家、行业相关施工与验收标准的联系，为读者在实际工作中学习和应用各行业成熟工艺指出了技术途径。

本书可供土木工程专业（安装工程方向）和工业设备安装专业本、专科学生使用，也可作为工程技术人员和管理人员的参考书，同时可作为国家注册建造师（机电工程专业）考试人员的复习参考资料。

全书共分两篇，第一篇是基础知识，对安装工程施工技术的基本理论、基本原理、基本方法进行了介绍，主要包括安装工程概述、设备基础、极限与配合、尺寸链原理、安装测量控制网、安装工程精度及分析、设备振动与平衡；第二篇是典型设备与结构安装，主要包括静置设备、动荷设备、典型特种设备、钢结构的制作与安装，以及安装工程施工技术方案的编制和典型设备与结构安装工程实例。

参与本书编著的有重庆大学王蔚佳 [第1章~第3章（不含3.3）、第7章7.1]；四川建筑职业技术学院刘成毅（第6章）；广西建工集团第一安装公司王永华（第3章3.3、第5章）；重庆大学刘红军（第4章）；河南省安装集团黄克政（第7章7.2）；重庆大学赵长荣（第8章）；广东省工业设备安装公司张广志（第9章）。

本书的第10章“工程实例”由安装行业理论功底扎实、实践经验丰富的教授级高工和高级工程师执笔撰写。他们是广西建工集团第一安装公司王永华（第10章10.1）；河南省安装集团宋东强、刘全社（第10章10.2）；广东省工业设备安装公司张广志（第10章10.3）；河南省安装集团吕桂峰（第10章10.4）；广东省工业设备安装公司魏成权（第10章10.5）；中国石化洛阳石油化工工程公司王东、杨年东（第10章10.6）。

全书由王蔚佳、刘成毅统稿；由湖北天域工程建设有限公司董事长、厦门大学兼职教授、英国皇家特许建造师、教授级高工董宝珠，广东省工业设备安装公司总工程师、享受国务院政府特殊津贴专家、教授级高工黄伟江审定。

本书的完成得到了重庆大学土木工程学院相关领导的大力支持；工程建造系安装教研室崔碧海、孙俊怡等全体教师对本书的编写提出了宝贵意见；王琦、唐明伟、赵长乾三位同学对本书的编辑给予了大力帮助。在此，一并表示衷心的感谢。

由于安装工程施工技术涉及的学科门类多、专业知识面广，而作者水平有限，书中难免有不完善和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第一篇 基础知识

第1章 绪论	1
1.1 安装工程概述	1
1.2 安装工程的分类和特点	2
1.3 安装工程关键施工技术与发展	4
1.4 本课程的任务和主要内容	6
习题与思考题	7
第2章 设备基础	8
2.1 基础	8
2.2 地脚螺栓	11
2.3 垫铁	15
2.4 灌浆	20
2.5 无垫铁施工	22
习题与思考题	23
第3章 安装工程精度及分析	24
3.1 测量基础知识	24
3.2 极限与配合	34
3.3 尺寸链原理	41
3.4 安装测量控制网	54
3.5 安装精度与基准	60
3.6 安装工程精度实例分析	92
习题与思考题	96
第4章 设备振动与平衡	98
4.1 设备振动的基本特性	98
4.2 设备振动的原因	100
4.3 设备振动的测量	104
4.4 旋转体的平衡	106
习题与思考题	113

第二篇 典型设备与结构安装

第5章 静置设备	114
----------	-----

5.1 静置设备概述	114
5.2 立式圆筒形储罐安装	118
习题与思考题	144
第6章 动荷设备	145
6.1 动荷设备概述	145
6.2 活塞压缩机安装	149
6.3 汽轮机本体安装	168
习题与思考题	195
第7章 典型特种设备	197
7.1 特种设备概述	197
7.2 锅炉本体安装	200
习题与思考题	224
第8章 钢结构制作与安装	226
8.1 钢结构工程概述	226
8.2 钢结构制作	227
8.3 钢结构安装	231
8.4 钢结构临时支撑的卸载	252
习题与思考题	252
第9章 安装工程施工技术方案的编制	254
9.1 概述	254
9.2 安装工程施工技术方案的编制方法	254
习题与思考题	260
第10章 工程实例	261
10.1 20000m ³ 乙醇储罐制作与安装方案	261
10.2 活塞压缩机安装方案	276
10.3 汽轮机本体安装方案	288
10.4 240t/h 循环流化床锅炉本体安装方案	299
10.5 某体育馆钢结构安装方案	315
10.6 高温高压管道安装方案	329
参考文献	342

第一篇 基础知识

第1章 绪 论

1.1 安装工程概述

1.1.1 安装工程的概念

安装工程——顾名思义，是一个“安放”和“装配”的过程。或者说，安装工程是基本建设工作中，根据设计文件的要求，将某些设备、零部件，或某些系统、构件、材料等，运用各种技术手段，在特定的场所进行定位、组装（装配）或连接，并使其成为一个有机的整体。再通过各种参数的检测和调试，使之符合设计和工艺要求，最终形成生产能力或达到某种使用功能的一系列技术、工艺和管理过程。就这个意义上来说，安装工程是一个涵盖面非常广的概念，几乎涉及国民经济中的所有行业。它是建筑业中不可或缺的重要组成部分。

在一般情况下，人们所说的安装工程往往与这个广义概念并不完全一致，即随着工作的侧重点不同或习惯不同而有所不同。比如，在以建筑工程施工或管理为主导的企业所说的“安装工程”，往往是指建筑设备安装工程；而在以工业设备安装施工或管理为主导的企业所说的“安装工程”，往往是指工业设备安装工程。

在安装工程施工过程中，所应用的各种技术手段即为安装工程施工技术。

1.1.2 安装工程与土建工程的关系

土建工程为各类工业与民用项目提供基础设施、房屋结构、道路桥梁等人们生活、工作、生产、交通所必需的建筑产品；安装工程则为这些建筑产品实现使用功能或生产能力提供设备、管网、系统等必须的安装产品。两者相辅相成，不可分割。在项目建设过程中，土建工程要为安装工程施工创造必要条件，如设备基础、房屋结构等；而安装工程在工程建设过程中也要紧密配合土建工程施工，如预留、预埋等。为了建设工程的顺利进行，双方经常需要相互配合、相互创造工作条件，并根据施工过程中的实际情况协调施工方案和施工进度，共同为建设工程尽职尽责，从而“多、快、好、省”地完成建设任务。

在土建工程施工过程中，尽管各个项目类型可能不同，但所应用的施工技术大致相同。而不同类型的安装工程所应用的施工技术则变化很大，有时需要综合运用多种专业技术以满足项目施工生产的需要。

安装工程在施工管理上与土建工程相似，在技术基础上与土建工程不同，且已逐渐形成

了独立的技术学科体系。如在高、重、大、新、尖、柔设备与构件的搬运和吊装施工中，有起重技术；在高速、高（低）温、强振动的设备安装精度测量、间隙检测、密封实验、油循环及联动试车等方面，有检测和调试技术；在各种高强钢焊接、低温钢焊接、高温钢焊接、合金钢焊接中，有焊接工艺技术等。

1.1.3 安装工程在建设工程中的作用与地位

建设工程由土木工程、建筑工程、安装工程和装饰装修工程等重要部分组成。因此，安装工程是建设工程中的重要组成部分，是实现建筑的使用功能或实现工业项目的生产能力的重要环节。

一幢现代化建筑，它除了有土建施工的建筑结构之外，还必须配置各种设备或系统，以满足人们工作和生活的需要，这些设备和系统都必须通过安装工程来实现其使用功能。

在工业建设方面，安装工程更发挥着独特的主导作用。一个现代化工厂的兴建过程可以用图 1-1 所示框图来简要表示，其中的安装工程构成了一个现代化工厂的技术装备系统。例如，火力发电厂的技术装备系统由燃料系统、水处理系统、锅炉系统、除尘排烟系统、汽轮发电机系统和控制系统等六大系统构成，这些技术装备系统必须通过安装工程来完成。

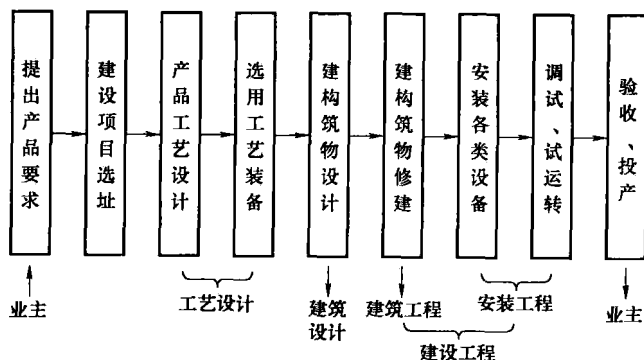


图 1-1 一个现代化工厂的兴建过程

随着科技水平和装备能力的发展，安装工程在建设工程中所占的比重有越来越大的趋势。在军工、航天等现代化项目建设中，安装工程也占据着越来越重要的地位。

显然，安装工程在建设工程中有着不容忽视的重要地位，它是国民经济各部门所拥有的技术装备系统形成生产能力的重要保证。

1.2 安装工程的分类和特点

1.2.1 安装工程的分类

根据工程的特性，安装工程可分为建筑设备安装工程、工业设备安装工程和大型结构安装工程，如图 1-2 所示。

建筑设备安装工程主要包括隶属于工业和民用建筑中的给水排水、暖通空调、照明、消防、安防、电梯、电气和智能控制等设备与系统的安装。它是实现建筑使用功能的重要环节。

工业设备主要是指国家基础工业（泛指冶金、石油、煤炭、能源、化工、机械等）和轻工业所涵盖的各种生产装备（设备、装置、管网、系统等）。根据其特性，可分为动荷设备、静置设备、特种设备、电气设备、工艺管线等，它们是保证基础工业和轻工业技术装备系统形成生产能力的重要组成部分。工业设备安装工程是指在这些行业中的设备、装置、管网、系统等的安装过程。

大型结构主要有建筑结构、桥梁结构等，而大型结构安装工程是指这些结构中的模块或结构单元在施工现场的安装活动。

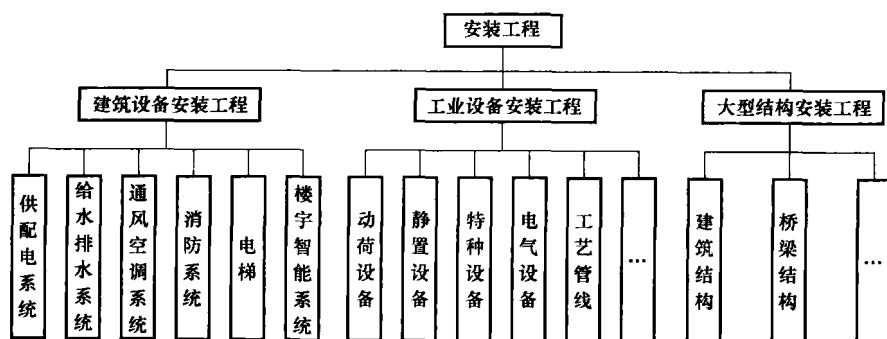


图 1-2 大型结构安装工程的分类

1.2.2 安装工程的特点

1. 涉及学科专业与工种多

安装工程涉及国民经济各个领域，安装的对象具有多样性，包括了不同行业的不同类型设备、装置及建筑结构。这些设备、装置和结构从设计、制造到安装后投入生产、运行和使用，其应用的理论和原理分属于不同的学科专业。随着科学技术的不断进步，安装工程涉及的学科专业门类将更多，这将促进安装行业不断研究和推广新技术和新工艺的应用。

安装工程施工技术广泛涉及数学、力学、材料、机械、能源、化工、测绘，以及土木建筑、工程技术、动力电气和管理等多门学科相关专业。安装工程施工涉及焊工、钳工、电工、管工、起重工、冷作工、仪表工、测量工、电调工、筑炉工等诸多专业工种。

因此，从事安装工程的技术人员，应具有扎实的基本理论功底、勤奋敬业的精神和严谨求实的科学态度，需要及时更新知识，掌握先进的技术，才能适应安装工程施工技术的发展要求。

2. 工程规模大、组成复杂

大型工业生产装置不但安装工程量大，而且组成复杂。如上海石化 30 万 t/a 乙烯装置，安装工程实物量有工艺设备 926 台（件），共重 16376t；各种钢结构制作及现场组装共重 11803.66t；各种管道（不包括电气、仪表配管）共长 375km；电气设备 1137 台（件），电缆 754km；筑炉砌炉 2283m³、设备保湿和保冷 2938m³、设备外包铁皮 41138.5m²；安装高峰时，施工现场一线工人超过 1000 多人。

3. 现场非标制作与安装难度大

非标设备是指国家尚无定型标准，而是根据用户要求按一次订货，单件或小批量设计生产的设备。可以由制造厂生产，或者由施工单位在现场根据实际情况建造。静置设备中大部

分都属于非标设备,其中的桁架、管廊、设备框架、单梁及工业钢结构属于非标结构。这些非标设备与非标结构在现场的制作与安装工艺复杂、焊接工作量大。

例如,静置设备中的储罐、气柜、塔器等需要到现场制造成形,这类设备常遇到新型钢材或不同钢材间的焊接。因此,保证它们的成形、组装和焊接质量是制作与安装过程中的重点与难点。其中制作工艺、安装工艺和焊接工艺设计,工装夹具和胎具设计是安装工程中的一项重要技术工作。

4. 施工技术要求高

安装工程施工技术要求高,主要体现在以下几个方面。

(1) 现场复现装配精度的技术要求高 受运输条件的限制,多数大型设备在制造厂装配检测合格后(有的设备甚至经试运行调试合格后),将其解体成零部件运往安装现场,再在安装现场重新装配成整台设备。由于安装现场的环境远低于制造厂的生产条件,要恢复设备原有的装配精度难度较大,为了确保设计要求的性能指标,在安装现场往往需要制订更为科学、严格的装配和质量检测工艺。例如在大型汽轮机的安装中,对安装工艺流程的设计,滑销系统、汽缸、轴承、转子、汽封等部件的装配与测量工艺设计,以及气缸与转子的同轴度、转子扬度、联轴器同轴度等安装精度的测量与调整工艺设计等。

(2) 起重吊装的技术要求高 安装工程中的一项重要工作就是将被安装的对象吊装就位,这对高、大、重、精、柔设备和构件的搬运与吊装具有很大的难度。如秦山核电站二期工程核反应堆穹顶钢壳直径为35m、半球壳体自重约200t;30万t/a乙烯装置中的丙烯精馏塔直径4.5m、高76.42m、芯重619.3t,其壳体空重达347.5t。这些设备的吊装需要进行复杂的力学计算和工艺分析,以防止吊装时设备、结构产生不容许的变形和发生安全事故。

(3) 技术创新的要求高 安装工程需要不断适应新材料、新设备、新结构的施工技术要求。如国家体育场——“鸟巢”的结构有大量的扭曲箱形梁和多梁、柱汇交节点,构件的制作和安装难度很大。如扭曲构件的制作就应用了无模多点成形新技术。另外,在建造中施工单位需要攻克新型高强度钢的焊接;扭曲箱形构件的高精度制作和现场安装定位;现场合拢焊接后的应力控制;以及建造后的沉降和变形控制等大量技术难题。这些都充分体现了安装工程施工技术的创新特点。

1.3 安装工程关键施工技术及发展

经过数十年积累和创新,我国安装工程施工技术正走向成熟和兼收并蓄管理科学、系统工程学、计算机科学、制造工程学、社会科学的最新成果,已发展形成包括多种相关专业知识和现代科学知识的技术体系。这些技术体系主要包括以下关键施工技术。

1.3.1 安装工程的关键施工技术

1. 施工组织与管理技术

国家大型基本建设工程项目工程量大、工作面宽、工期长,它涉及多专业、多工种的施工协作,大量人力、机械、资金和材料的调度,以及工程的进度、质量、安全、成本等多信息采集与分析,整个施工过程的控制和管理是动态的。需要运用统筹优化与综合集成的方法对施工现场和施工过程进行科学系统的管理;将计算机科学与网络计划技术相结合,对工

期、成本进行优化,以合理工期、较低成本保质保量完成工程建设任务。

2. 起重吊装技术

重型设备与大型结构具有重量重、体积大、自身高度高的特点,吊装工艺复杂,技术难度大,安全要求高,需要采用先进、合理的吊装工艺和正确选用起重设备,有时还要为其设计制作起重设备、机具,使安装的设备与结构能安全、准确地就位在指定的位置。

3. 精密工程测量技术

精密工程测量的精度一般在毫米级以上,首先需要在施工现场建立安装测量控制网并合理布设施工现场控制点,选择测量基准,利用各种测量器具对设备、结构和构件的安装精度进行测量,并对测量数据进行误差分析与处理,以确定调整方法,使其达到安装精度要求。该技术主要用于精密设备的安装和检校测量、顶管工程的精密导向、桥梁梁段的安装测控等。

目前,GPS精密定位、激光跟踪、摄影测量、电子测量技术、计算机技术等也已广泛应用于精密工程测量中。

4. 特种设备焊接及无损检测技术

安装工程中的锅炉、压力容器、压力管道等都属于特种设备,安装时焊接是其重要工序,需要对不同的母材和焊材制订焊接工艺和焊接工艺评定。焊后需要应用无损检测技术检验焊缝的质量。无损检测方法有渗透检测、射线检测、磁粉检测、超声波检测等。

5. 设备系统联动试车技术

建筑设备系统(如中央空调系统)、生产企业的大型成套生产设备,在投入运行前需要进行联动试车,生产设备系统往往还需进行投料试运行,以检验设备、系统与装置的设计、制造和安装质量,并通过调试使其实现设计要求的使用功能或生产能力。设计大型设备联动试车程序、检测和分析试车中的数据、确定正确的检修和调试方案是设备安装工程中的一个重要环节。

1.3.2 安装工程施工技术的发展

1. 模块化施工技术

目前,我国安装行业已逐渐把设计、加工制作、安装进行集成、整合、一体化,以提高制作、安装施工工业化的技术水平。即可在工厂里将大型设备、结构分解成满足模块化要求的功能块,在工厂预组装后,再将它们运到现场,像“搭积木”一样拼装起来,从而缩短工期。这种安装方法称为“模块化施工”。

新喀里多尼亚镍矿项目是世界上第一个采用集成化、模块化设计的工业项目,总投资接近40亿美元。镍矿冶炼生产线一共有18个模块,总重40000t,其中结构24000t,最重的模块重达5000t,模块最大安装高度146m。该冶炼厂模块化施工如图1-3所示。

我国三门核电工程压水堆核电机组的安装也已成功应用了模块化施工技术。该机组共有119个结构模块和65个设备模块,全部采用工厂预制和现场拼装、组焊、整体吊装。

模块化施工技术也许将成为未来安装工程施工技术发展的方向之一。

2. 虚拟施工技术

虚拟施工技术是通过运用虚拟现实、计算机仿真等技术对实际施工过程进行计算机模拟和分析,达到对施工过程的事前控制和动态管理,以优化施工方案和对风险、成本的控制。

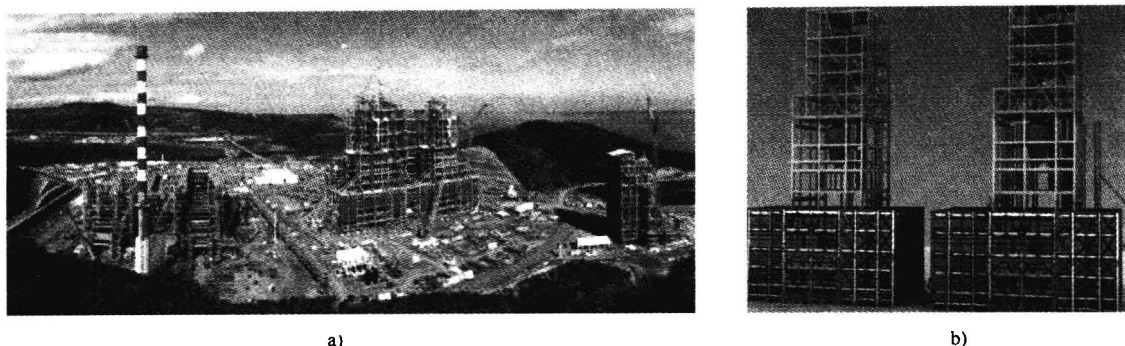


图 1-3 新喀里多尼亚镍矿冶炼厂模块化施工

a) 施工现场 b) 模块组合

在吊装行业,工程技术人员曾经面临的重大难题是如何事先确定吊装过程的可靠性、合理性及高效性。三维虚拟仿真系统在吊装工程中的应用为这一难题的解决找到了真实的、直观的路径。即在虚拟现场模拟各种吊装工况中,从不同视角观察吊装作业状态,进行场景中任意物体间的距离计算,判断是否出现碰撞,同时显示起重机的立面图、占位图和各项工作参数,如起升高度、作业幅度、回转半径、当前起重量、额定起重量及接地比压等,以获得最优吊装方案。

目前,正在发展和推广应用的4D工程管理信息系统,是通过建筑物以及施工场地的3D整体模型与施工进度计划相链接,有效地整合整个工程项目的信息并加以集成,实现施工进度、人力、材料、设备、成本和场地布置的动态管理和优化控制。实现整个施工过程的可视化模拟,为安装工程施工领域探索出新的管理模式和方法。

因此,虚拟施工技术在未来的安装工程施工中将会得到更加广泛的应用。

1.4 本课程的任务和主要内容

1.4.1 本课程的任务

通过本课程的学习,使学生掌握安装工程施工技术的基础理论和基本原理,熟悉典型工业设备的构造、工作原理和安装特点。在掌握设备安装中具有共性和普遍应用的安装技术和工艺方法的基础上,进一步学习针对典型设备的安装技术和工艺,并使学生能融会贯通,在不同类型工程中能相互借鉴,灵活应用。同时着重引导学生具备查阅和应用有关工程的施工与验收标准及各种规范与手册的能力;培养学生编制施工技术方案、指导施工技术方案实施,以及分析和解决安装工程实际问题的能力。

1.4.2 本课程的主要内容

由于篇幅的限制,本书仅介绍工业设备安装工程施工技术。关于建筑设备安装工程施工技术,可以参阅其他书籍。考虑到近年来钢结构安装工程施工技术的迅速发展,本书专门列出一章“钢结构的制作与安装”,供有精力的学生学习使用。

全书共分两篇,第一篇是基础知识,对安装工程施工技术的基础理论、基本原理、基本

方法进行了介绍，主要有安装工程概述、设备基础、极限与配合、尺寸链原理、安装测量控制网、安装工程精度及分析、设备振动与平衡。第二篇是典型设备与结构安装，主要有静置设备（立式圆筒形储罐）安装、动荷设备（活塞式压缩机、汽轮机本体）安装、典型特种设备（压力管道、锅炉本体）安装、钢结构的制作与安装，以及安装工程施工技术方案的编制和典型设备与结构安装工程实例。

全书内容除工程实例外，讲授约 64 学时，教师授课可根据课程教学大纲和课时要求取舍教学内容。

习题与思考题

1. 简述安装工程的概念，并分析建筑设备安装工程与工业设备安装工程的异同。
2. 安装工程是如何分类的？其特点是什么？
3. 安装工程有哪几个关键施工技术？
4. 了解安装工程中模块化施工技术和虚拟施工技术的应用。

第2章 设备基础

为了保证设备的正常运转和使用，设备基础必须具备足够的强度、刚度、稳定性和相应的尺寸精度；动荷设备基础还必须满足对振动控制的要求。设备基础主要有以下作用：

- 1) 可靠地支承和固定设备，并保证设备运行中的位置精度和稳定。
- 2) 以地基土壤允许的压强，将设备自重和工作载荷传递给土壤。
- 3) 吸收设备运转时的振动，隔离外部振动对设备的影响，防止共振。

如果基础设计和施工质量不能满足以上要求，将会导致设备无法在基础上安装，或使设备失去应有的精度和生产能力，严重时会使设备无法运行并导致事故。因此，设备基础质量对设备的生产和使用寿命影响极大。

设备安装的基础准备工作包括基础验收、测量基准的确定，以及地脚螺栓和垫铁的准备。

2.1 基础

2.1.1 基础分类

设备基础一般分类如下：

1. 按用料成分不同分

(1) 素混凝土基础 这类基础只用水泥、砂子、石子，按一定的配比，浇筑成一定形状。适用于中小型静置设备和运行时振动和冲击荷载较小的机械设备，如普通金属切削机床、电动机及其他匀速运转的设备。

(2) 钢筋混凝土基础 这类基础不仅用水泥、砂子、石子浇筑成一定形状，而且在其中放有绑扎成一定形状的钢筋骨架和钢筋网，以加强基础的强度和刚性。适用于在工作时产生强烈冲击荷载的设备，如动荷设备中的压缩机、汽轮机、轧钢机和重型金属切削机床等。

(3) 垫层基础 这类基础是在基底上直接填砂，并在砂基础外围设钢筋混凝土圈梁挡护填砂，适用于具有大面积柔性底板和在使用中允许产生沉降的静置设备，如大型储罐。

2. 按承受负荷的性质不同分

(1) 静荷载基础 这类基础主要承受设备本身及其内部物料重量的静荷载的作用，有时还要考虑风荷载及地震作用对它产生的倾覆力矩。如石油化工企业中的塔类设备、加热炉和储罐等基础均属此类。

(2) 动荷载基础 这类基础不仅承受动荷设备本身重量的静荷载作用，而且还受到动荷设备在运转中所产生的动荷载的作用，并引起自身较大的惯性力，如往复式压缩机、压力机、破碎机、轧钢机械等。

3. 按结构形式不同分

动荷设备基础的结构形式主要有实体式、墙式和构架式三种，如图 2-1 所示。根据设备

安装和运行的工艺要求，基础可针对单台或多台设备建造。

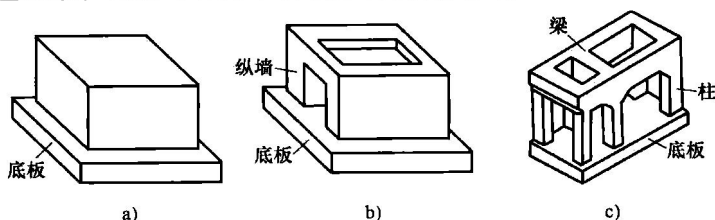


图 2-1 基础结构类型

a) 实体式 b) 墙式 c) 构架式

(1) 实体式基础 这类基础可分为单块式和大块式，其形状如图 2-1a 所示。这种基础顶面有方形、矩形和圆形等，其外形有单节、多节和阶梯式等。

1) 单块式基础，是针对单台设备建造的，与其他设备基础无关。其顶面形状和机械设备底座相似，或稍大一些，标高以安装工艺要求确定，常用于重量为中小型机械设备，例如金属切削机床、机泵类设备等。

2) 大块式基础，是用钢筋混凝土建成连续的大块形状，以供邻近的多台机械设备、辅助设备和工艺管道安装使用。如图 2-2 所示为大型离心压缩机组的基础。有时也可将厂房的混凝土楼板或屋顶作为大块式基础，进行设备安装。

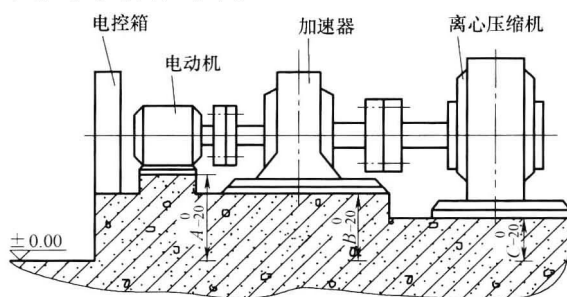


图 2-2 大型离心压缩机组的基础

(2) 墙式基础 这类基础的形状如图 2-1b 所示，由底板、顶板和承重的纵向、横向墙体组成的基础。主要用于安装回转式的机械设备及静置设备。

(3) 构架式基础 这类基础由顶层梁板、立柱和底板组成，如图 2-1c 所示，一般高出地面很多，其上可安装多台设备或成套设备，如汽轮发电机组等。

大型构架式基础也称框架式基础，为钢筋混凝土结构。如图 2-3 所示为某化工设备的大型框架式基础。

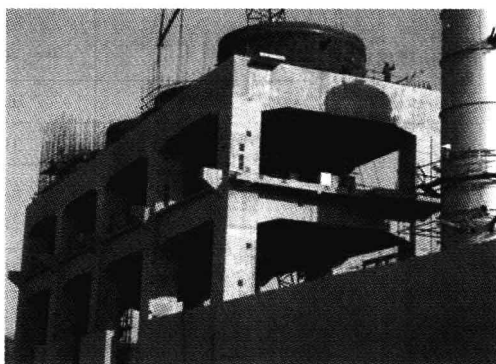


图 2-3 大型框架式基础

2.1.2 基础验收

设备基础质量验收合格后，才能进行后续工作。大型设备基础由土建施工、安装单位在进场安装之前，会同建设、监理和土建单位对基础进行验收并办理工程移交手续。设备基础质量验收应符合 GB 50204—2002《混凝土结构工程施工质量验收规范》要求。土建需提交验收移交的原材料检验报告、强度试验报告和施工记录等技术文件，主要有：

1) 混凝土原材料及配合比设计检验批质量验收记录表。

2) 混凝土工程施工检验批质量验收记录表。

3) 混凝土设备基础工程检验批质量验收记录表。

4) 钢筋加工检验批质量验收记录表。

5) 钢筋安装工程检验批质量验收记录表。

(1) 基础尺寸允许偏差和测量方法 检查基础位置和各部分尺寸应符合设计要求。允许偏差和测量方法, 见表 2-1。

表 2-1 设备基础尺寸允许偏差和测量方法

项 目		允许偏差/mm	测量方法
坐标位置		20	钢直尺测量
不同平面的标高		0 -20	水准仪或拉线、钢直尺测量
平面外形尺寸		±20	钢直尺测量
凸台上平面外形尺寸		0 -20	钢直尺测量
凹穴尺寸		+20 0	钢直尺测量
平面水平度	每米	5	水平尺、塞尺测量
	全长	10	水准仪或拉线、钢直尺测量
垂直度	每米	5	经纬仪或吊线、钢直尺测量
	全高	10	
预埋地脚螺栓	标高(顶部)	+20 0	水准仪或拉线、钢直尺测量
	中心距	±2	钢直尺测量
预留地脚螺栓孔	中心线位置	10	钢直尺测量
	深度	+20 0	钢直尺测量
	孔垂直度	10	吊线、钢直尺测量
	标高	+20 0	水准仪或拉线、钢直尺测量
预埋活地脚螺栓锚板	中心线位置	5	钢直尺测量
	带槽锚板平整度	5	钢直尺、塞尺测量
	带螺纹孔锚板平整度	2	钢直尺、塞尺测量
	带槽锚板平整度	2	钢直尺、塞尺测量

(2) 基础现场验收工作

1) 根据设备地脚螺栓群中心测定基础重心, 应与设备重心在同一铅垂线上, 其允许偏差不得超过基础中心至基础边缘水平距离的 3% ~ 5%。

2) 凡铺设防振层、防水层或其他隐蔽工程的设备基础, 须验收隐蔽工程施工及验收合格记录。

3) 对基础有预压要求时, 应验收预压与基础沉降观测记录; 土建未预压时, 由施工单位完成预压工作。

4) 复测由土建预埋的中心标板确定的基础中心线或弹出的中心线, 如果存在偏差应给予修正。如果土建未标出基础中心线, 则由安装单位测量后弹出基础纵横中心线。

5) 复测由土建预埋的标高基准点, 并将复测结果标注在预埋点旁。如果土建未预埋标高基准点, 应根据建筑标高基准点, 用水准仪在基础侧面或附近建筑墙面上标出安装标高基准点。

6) 验收时, 应对地脚螺栓及配套件妥善保护。并且, 使用胀锚地脚螺栓的基础混凝土强度等级不得低于 C15。

7) 如果对设备基础的强度有怀疑时, 可请有检测资质的工程检测单位采用回弹法或钻芯法等对基础的强度进行复测鉴定。

2.1.3 基础偏差处理

设备基础经检验验收如发现有影响使用功能的严重缺陷, 应由土建返修, 使其达到设计要求。对不影响安装和使用的一般缺陷, 经协商后可由安装单位处理。在一般情况下, 设备基础经常出现的偏差有两种情况, 一种是基础标高不符合设计要求, 另一种是基础中心线偏差过大。对尺寸过大、标高超过要求的缺陷, 可使用液压碟锯、绳锯等混凝土切割机械, 结合人工凿除的方法切割修整。

基础标高达不到要求时, 如基础尺寸偏小和标高偏低时, 可在原来的基础表面铲麻面后待基础二次浇筑时再补浇混凝土。

对基础中心线的偏差可用改变地脚螺栓的位置, 来调整基础的中心位置。

2.2 地脚螺栓

地脚螺栓是设备安装中不可缺少的零件之一, 它的作用是将设备与基础牢固地联接起来, 以免在工作时发生位移和倾覆。

2.2.1 地脚螺栓种类

地脚螺栓可分为死地脚螺栓和活地脚螺栓两大类。

1. 死地脚螺栓

死地脚螺栓又称为短地脚螺栓, 它与基础浇筑在一起。主要用于固定工作时没有强烈振动和冲击的中、小型设备。死地脚螺栓的长度一般为 100 ~ 1000mm。常用的死地脚螺栓, 头部做成开叉式和带钩的形状, 如图 2-4 所示。带钩地脚螺栓有时在钩孔中穿上一根横杆钢筋, 以防止地脚螺栓旋转或拔出。

2. 活地脚螺栓

活地脚螺栓又称长地脚螺栓, 是一种可拆卸的地脚螺栓。主要用于固定工作时有强

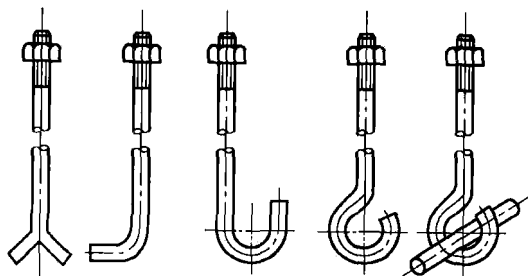


图 2-4 死地脚螺栓

烈振动和冲击的重型设备。这种地脚螺栓的长度一般为1~4m，其形状可分为两种，一种是两端都带有螺纹及螺母，如图2-5a所示；另一种是螺栓头呈锤形（T形），只有一端带有螺纹及螺母，如图2-5b所示。活地脚螺栓应和锚板配套使用，锚板可用钢板焊接或铸造成形，中间带有一个矩形孔或圆孔，供穿螺栓用。

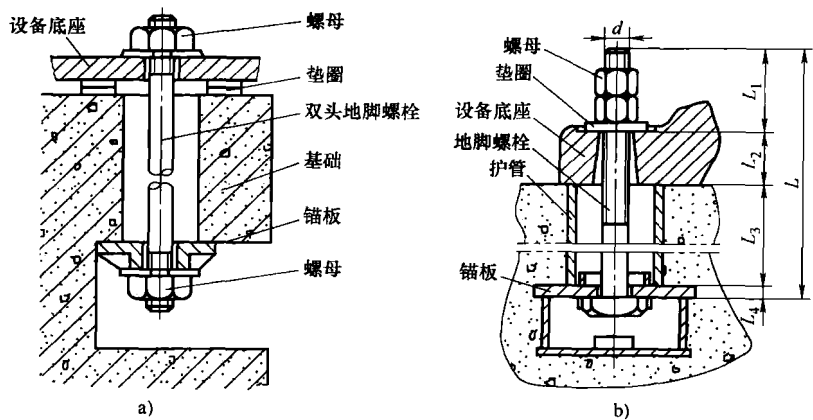


图 2-5 活地脚螺栓

a) 双头螺纹式活地脚螺栓 b) T形头式活地脚螺栓

在设备安装之前，先将锚板铺设好，要保持平正、稳固，在螺栓孔内不要浇筑混凝土，以便于设备的调整，或更换地脚螺栓。活地脚螺栓下端如是螺纹的，安装时要拧紧以免松动；下端是T形头的，在安装时应在其上端打上方向标记。标记要与下端T形头一致，当其放在基础内时，便于了解它是否与锚板的长方孔成90°角。T形头式活地脚螺栓一般由设备制造厂配套供给。

3. 地脚螺栓选用

地脚螺栓、螺母和垫圈，一般都是随设备带来，它应符合设计和设备安装说明书的规定。如无规定可参照下列原则选用。

1) 地脚螺栓的直径应小于设备底座上地脚螺栓孔直径，其关系按表2-2选用。

表 2-2 地脚螺栓直径与设备底座上孔径的关系 (单位: mm)

孔径	12 ~ 13	13 ~ 17	17 ~ 22	22 ~ 27	27 ~ 33	33 ~ 40	40 ~ 48	48 ~ 55	55 ~ 65
螺栓直径	10	12	16	20	24	30	36	42	48

2) 每一颗地脚螺栓，应根据标准配一个垫圈和一个螺母，对振动较大的设备，应加锁紧螺母或双螺母。

3) 固定地脚螺栓的长度应按施工图规定确定，如无规定时，可按式(2-1)确定

$$L = 15D + S + (5 \sim 10) \tag{2-1}$$

式中 L ——地脚螺栓的长度 (mm)；

D ——地脚螺栓的直径 (mm)；

S ——垫铁高度、机座和螺母厚度以及预留余量(2~3牙)的总和 (mm)。

2.2.2 地脚螺栓安装

地脚螺栓在安装前，应将地脚螺栓上的锈垢、油渍清洗干净，螺纹部分要涂上油脂。然