

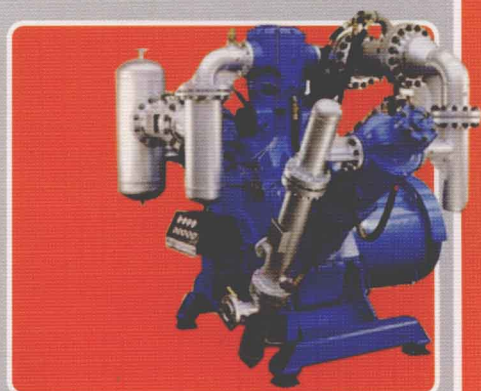
DIANXING JIXIE SHEBEI  
ANZHUANG GONGYI YU SHILI

# 典型机械设备安装

## 工艺与实例

孙有亮 主编

郝建军 肖圣明 副主编



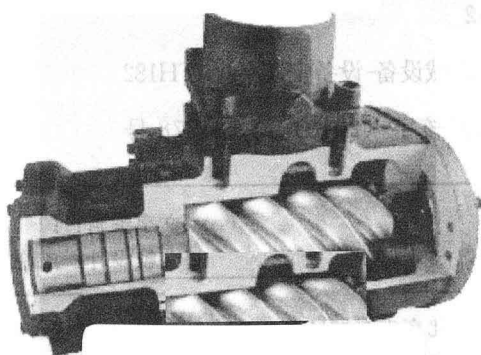
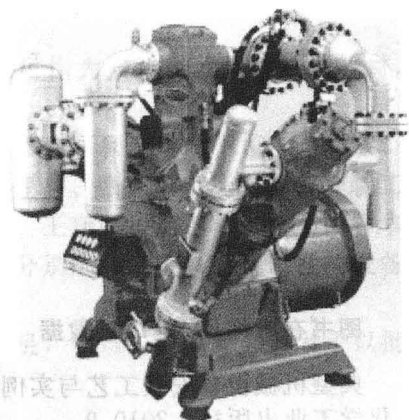
化学工业出版社

DIANXING JIXIE SHEBEI  
ANZHUANG GONGYI YU SHILI

# 典型机械设备安装 工艺与实例

孙有亮 主编

郝建军 肖圣明 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以典型机械设备安装工艺与实例为主线，比较全面地介绍了机械设备的现场施工工艺过程及相关技术，包括锻压设备、活塞式压缩机、离心式压缩机、金属切削机床、回转圆筒设备、工业锅炉及附属设备以及起重机械等典型机械设备的结构、现场安装施工过程和技术要求。

本书可供安装工程技术人员、技术工人学习和参考，也可作为安装行业岗位培训教材，以及高等职业教育工业设备安装专业学生的教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

典型机械设备安装工艺与实例/孙有亮主编. —北京:  
化学工业出版社, 2010.9  
ISBN 978-7-122-09007-2

I. 典… II. 孙… III. 机械设备-设备安装 IV. TH182

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 125778 号

---

责任编辑: 张兴辉  
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 闫敏  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 438 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 46.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## FOREWORD

机械设备广泛应用于各行各业，设备安装、装配是其正常运转进行生产之前非常重要的环节，安装质量的好坏直接影响到后续的生产。随着工业化的发展，设备安装已经成为一个很大的行业，从业人员越来越多，尤其大型设备、成套设备的安装需要非常专业的安装技术人员参与才能完成。近年来，随着新材料、新技术、新工艺和信息技术的发展，机械设备的体积、重量和技术含量已经都发生了很大变化，安装工艺也在不断地完善和发展。为了提高我国安装工程技术人员、技术工人的技术水平，特编写了《典型机械设备安装工艺与实例》一书。

本书以岗位培训教育为主要目标，以典型机械设备安装工艺与实例为主线，比较全面地介绍了机械设备的现场施工工艺过程及相关技术，包括锻压设备、活塞式压缩机、离心式压缩机、金属切削机床、回转圆筒设备、工业锅炉及附属设备以及起重机械等典型机械设备的结构、特点、现场安装施工过程和技术要求。

本书可供安装工程技术人员、技术工人学习和参考，也可作为安装行业岗位培训教材，以及高等职业教育工业设备安装专业学生的教材。

本书由河北建筑工程学院孙有亮任主编，河北农业大学郝建军和 ZT AFRICA DEVELOPMENT GROUP LTD 肖圣明任副主编，河北农业大学李建昌、张家口市华工设备安装工程有限责任公司裴富强、河北建筑工程学院刘春东、马晓欣、王新民参加编写。全书内容本着理论够用、突出实践的原则，在讲述基本理论的基础上，分别选取一些具有代表性的设备进行实例介绍，适合不同专业人员学习的需要。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中存在的不足，敬请各位专家和读者予以批评指正。

编者

# 目 录

# CONTENTS

<b>第 1 章 设备安装概论</b> .....	<b>1</b>
1.1 设备安装的准备工作 .....	1
1.1.1 设备基础准备 .....	1
1.1.2 地脚螺栓 .....	3
1.1.3 垫铁准备 .....	9
1.2 设备安装工程的工艺过程 .....	13
1.2.1 设备的开箱检查 .....	13
1.2.2 基础放线与设备就位 .....	16
1.2.3 设备拆卸与清洗 .....	25
1.2.4 设备典型部件的装配 .....	35
1.2.5 设备的找正与找平 .....	57
1.2.6 设备的润滑、试压和试运转 .....	76
1.2.7 工程竣工验收 .....	86
<b>第 2 章 锻压设备的安装工艺</b> .....	<b>88</b>
2.1 锻压设备的主要类型、工作原理及结构 .....	88
2.1.1 锻锤 .....	88
2.1.2 曲柄压力机 .....	89
2.1.3 液压机 .....	90
2.2 水压机主机的安装 .....	94
2.2.1 主机安装前的一般规定和准备工作 .....	95
2.2.2 主机安装工艺 .....	95
2.3 水压机的调整试车 .....	100
2.3.1 锻造水压机操纵系统简介 .....	100
2.3.2 水压机的试车 .....	100
2.3.3 液压机试车的条件 .....	102
2.3.4 液压机试运转后的检查 .....	103
<b>第 3 章 活塞式压缩机的安装</b> .....	<b>104</b>
3.1 概述 .....	104
3.1.1 活塞式压缩机的主要类型 .....	104
3.1.2 活塞式压缩机的型号编制 .....	106
3.1.3 活塞式压缩机的工作原理 .....	106

3.1.4	活塞式压缩机的机构组成 .....	107
3.2	活塞式压缩机的安装工艺 .....	110
3.2.1	安装前的准备工作 .....	110
3.2.2	活塞式压缩机的开箱检查与保管 .....	111
3.2.3	基础验收及垫铁和地脚螺栓 .....	112
3.2.4	机身的安装 .....	112
3.2.5	轴承与曲轴的安装 .....	113
3.2.6	汽缸的安装 .....	115
3.2.7	大型电动机的安装 .....	116
3.2.8	十字头和连杆的安装 .....	116
3.2.9	活塞及活塞杆、活塞环的安装 .....	117
3.2.10	填料、填料函及刮油器的安装 .....	117
3.2.11	气阀的安装 .....	119
3.2.12	润滑系统的安装 .....	121
3.2.13	附属设备的安装 .....	121
3.2.14	试运转 .....	121
<b>第4章</b>	<b>离心式压缩机的安装 .....</b>	<b>123</b>
4.1	概述 .....	123
4.1.1	离心式压缩机的工作原理 .....	123
4.1.2	离心式压缩机的优、缺点 .....	123
4.1.3	离心式压缩机的型号 .....	123
4.2	离心式压缩机的总体构造 .....	124
4.2.1	机组布置和总体构造 .....	124
4.2.2	转子的临界转速 .....	124
4.3	离心式压缩机的安装 .....	128
4.3.1	压缩机机组安装前的施工准备工作 .....	128
4.3.2	压缩机机组中心线的确定 .....	128
4.3.3	电动机—增速器—压缩机机组的安装 .....	130
4.3.4	汽轮机—离心式压缩机机组的安装 .....	142
<b>第5章</b>	<b>机床安装 .....</b>	<b>152</b>
5.1	机床概述 .....	152
5.1.1	机床的分类 .....	152
5.1.2	机床型号编制方法 .....	153
5.2	机床基础设计 .....	155
5.2.1	对机床基础的一般要求 .....	155
5.2.2	机床基础设计的主要依据 .....	155
5.2.3	选择基础形式 .....	156
5.2.4	基础尺寸的确定 .....	157
5.2.5	基础设计计算 .....	158

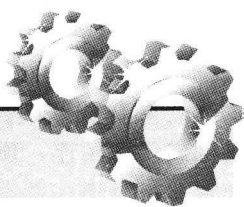
5.2.6	基础防振 .....	161
5.3	机床安装 .....	162
5.3.1	机床安装工艺过程 .....	162
5.3.2	大型龙门刨床安装 .....	169
5.4	机床安装精度检验 .....	173
5.4.1	精度检验的一般要求 .....	173
5.4.2	对机床调平的规定 .....	174
5.4.3	普通车床、精度车床精度检验 .....	174
5.4.4	龙门刨床精度检验 .....	177
5.4.5	牛头刨床精度检验 .....	182
5.4.6	钻床安装精度检验 .....	182
5.4.7	磨床安装精度检验 .....	183
<b>第 6 章</b>	<b>回转圆筒设备的安装 .....</b>	<b>185</b>
6.1	概述 .....	185
6.2	回转窑安装 .....	186
6.2.1	回转窑的结构及工作原理 .....	186
6.2.2	$\phi 4\text{m} \times 60\text{m}$ 回转窑的技术性能及特点 .....	187
6.2.3	回转窑安装 .....	188
6.2.4	回转窑的试运转 .....	194
<b>第 7 章</b>	<b>工业锅炉及附属设备的安装 .....</b>	<b>195</b>
7.1	概述 .....	195
7.1.1	锅炉的用途和分类 .....	195
7.1.2	锅炉设备的组成和工作过程 .....	195
7.1.3	锅炉构造及水循环 .....	196
7.1.4	锅炉基本特性指标 .....	199
7.1.5	锅炉型号的表示方法 .....	200
7.2	锅炉安装前的准备工作 .....	201
7.2.1	锅炉安装的特点及要求 .....	201
7.2.2	锅炉安装的工艺流程 .....	202
7.2.3	锅炉安装前的准备工作简介 .....	202
7.3	锅炉钢架和平台安装 .....	204
7.3.1	安装前的检查和准备 .....	204
7.3.2	钢架和平台的安装 .....	206
7.4	锅筒和集箱的安装 .....	208
7.4.1	锅筒的检查 .....	208
7.4.2	锅筒的安装 .....	209
7.5	受热面管束的安装 .....	211
7.5.1	管子的检查与校正 .....	211
7.5.2	胀管工作 .....	212

7.6	其他设备及附件安装 .....	217
7.6.1	省煤器安装 .....	218
7.6.2	空气预热器安装 .....	218
7.6.3	过热器安装 .....	219
7.6.4	炉排安装 .....	219
7.6.5	其他附件安装 .....	221
7.7	锅炉水压试验 .....	221
7.7.1	水压试验前的准备工作 .....	222
7.7.2	水压试验 .....	222
7.8	炉墙砌筑 .....	223
7.8.1	炉墙砌筑常用的材料 .....	223
7.8.2	砌筑前的准备工作 .....	224
7.8.3	炉墙砌筑 .....	224
7.9	烘炉、煮炉和试运行 .....	227
7.9.1	烘炉 .....	227
7.9.2	煮炉 .....	228
7.9.3	锅炉的升压、定压及试运行 .....	229
<b>第8章</b>	<b>起重机械的安装 .....</b>	<b>230</b>
8.1	电梯的安装 .....	230
8.1.1	电梯的分类 .....	230
8.1.2	电梯的基本结构简介 .....	232
8.1.3	电梯的安装、调试与验收 .....	232
8.1.4	电梯机械设备的安装 .....	236
8.2	桥式起重机的安装 .....	251
8.2.1	基本构造 .....	251
8.2.2	轨道制作与安装 .....	252
8.2.3	前期运输 .....	252
8.2.4	起重就位 .....	252
8.2.5	试车步骤 .....	254
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>255</b>



# 第 1 章

## 设备安装概论



### 1.1 设备安装的准备工作

#### 1.1.1 设备基础准备

设备都需要一个良好的基础，以承受设备本身的重量和设备运转时产生的摆动和振动，并能长久保证设备正常运行，对其他邻近建筑不会产生任何妨碍。

##### (1) 设备基础的作用

- ① 根据生产工艺要求，把设备牢固地固定在设计位置上。
- ② 能承受设备的重量和设备运转中产生的各种力和力矩，并能将它均匀地传递到土壤。

③ 吸收和隔离因动力作用而产生的振动，防止共振现象。

##### (2) 对设备基础的基本要求

- ① 具有足够的强度、刚度和稳定性。
- ② 能耐介质的腐蚀。
- ③ 不发生过度沉陷和变形，确保设备正常运转。
- ④ 不会由于设备运转时的摆动和振动而对周围建筑物产生影响。
- ⑤ 不会由于外部荷载（如风荷载）而产生倾覆。
- ⑥ 能最大限度地节省材料及施工费用。

##### (3) 基础的分类

① 按基础的位置可分为以下几种。

a. 室内基础。室内基础不受室外风荷载的影响，在设计基础时，只考虑设备的重量及运转时产生的力和力矩。

b. 室外基础。室外基础除受到设备重量及运转时产生的力和力矩的作用外，还受到风荷载的影响。因此，在设计时还应考虑当地风荷载最大值对基础造成的倾覆力矩。

② 按基础承受荷载性质可分为以下几种。

a. 受静荷载的设备基础。这类设备基础仅受设备本身重量和内部物料的重量，基本上没有动荷载，如储罐、热交换器和塔类等静置设备。若在室外，还应考虑风荷载产生的倾覆力矩。

b. 受动荷载的设备基础。这类设备基础不仅受设备本身重量及加工件重量的静荷载作用，同时还受设备在运转中产生的动荷载作用。例如，离心压缩机、蒸汽轮机等高转速机械产生的旋转惯性力；惯性力和旋转惯性力；活塞式压缩机等往复机械产生的往复惯性力和旋转惯性力；振动力较大的冲床、锻锤、破碎机等。

③ 按基础使用的材料不同可分为以下几种。

a. 素混凝土基础。这类基础是用砂子、石子和水泥按一定配比浇注而成的。它多用于安装静置设备或动荷载不大的设备，如罐槽类设备、轻型切削机床、小型电机和水泵及其他均衡运转的小型设备。

b. 钢筋混凝土基础。这类基础与素混凝土基础不同的是在基础浇注之前或浇注过程中，

放置扎成一定形状的钢筋骨架或钢筋网，以加强基础的强度和刚度。这类基础用于安装大型及有振动力的设备，如压缩机、轧钢机和重型金属切削机床等。

④ 按基础的结构和外形不同可分为以下几种。

a. 单体式基础。单体式基础又称单块式基础，它是按工艺要求单独建成的，不与其他基础或厂房相连，顶面的形状与设备底座基本相似或者稍大一些，其顶面标高根据工艺需要而定。

单体式基础根据结构形状不同又可分为以下4种。

- 实体式基础 [图 1-1 (a)]。对于大型塔类设备和外形简单的设备多用实体式基础。这种基础的顶面有方形的、矩形的和圆形的等多种形状，其外形有单节的、多节的和阶梯式的几种。
- 地下室式基础 [图 1-1 (b)]。这类设备基础主要用来安装重量比较轻的设备，其结构特点是有一空腔，形成地下室结构，地面以下部分四面形成倾斜角度。
- 墙式基础 [图 1-1 (c)]。这类设备基础的结构特点是基础形成竖立的墙壁，用来承受主要的力，主要用来安装重量较轻的设备、回转式设备或储罐。
- 构架式基础 [图 1-1 (d)]。这类基础主要用来安装某些需要在底部进行操作的设备，如物料反应罐等。

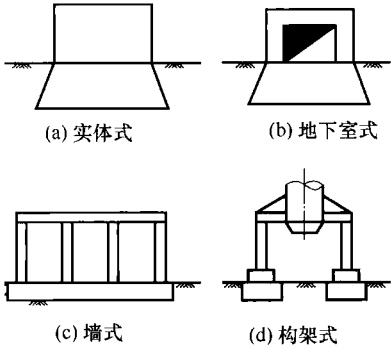


图 1-1 单体式基础

b. 大块式基础。大块式基础建成连续大块式或板式，以供邻近多台设备、辅助设备和工艺管道的安装 [图 1-2 (a)]。有时也可将厂房的混凝土楼板或屋顶作为大块式基础使用 [图 1-2 (b)]。

#### (4) 基础的施工

基础施工是由土建部门来完成的，但是生产部门和安装部门也必须了解基础施工的过程，以便进行必要的技术监督和基础验收工作。

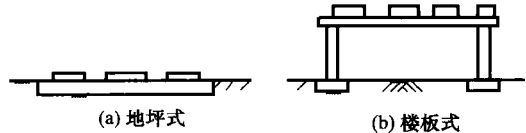


图 1-2 大块式基础

基础施工大致分以下过程：挖基坑、装设模板、安装钢筋、安装地脚螺栓或预留孔模板、浇注混凝土、维护保养、拆除模板等。

为了使基础混凝土达到预定的强度，基础浇注完毕之后不允许立即进行设备安装，而至少养护 7~14 天（此时混凝土强度达到设计强度的 60% 以上），否则必须在基础施工阶段采取必要的措施。

#### (5) 基础的验收

虽然基础施工由土建单位负责，但是安装单位在设备安装就位前，应对设备基础进行检查，以保证安装工作进行顺利。

土建部门将基础移交给安装部门时，安装部门应检查下列技术文件是否齐全。内容主要包括以下几项。

- ① 附有材料表的基础施工图。
- ② 基础标高测量图表。
- ③ 基础定位测量图表。
- ④ 关于基础质量合格记录签署的交接证书。
- ⑤ 对大型设备或高精度设备及冲压设备的基础，提供基础预压记录及沉降观测点。

基础验收的具体工作是由安装部门根据技术文件和技术规范，对基础工程进行全面审查，其检查项目和验收标准如下。

- ① 基础表面的模板、地脚螺栓孔内的模板及地脚螺栓固定架，必须拆除掉。碎料（如木块、碎砖、脱落的混凝土块等）、杂物及积水等，应全部清除干净。
- ② 基础的几何尺寸必须符合图纸设计要求，其偏差不能超过有关规定的允许误差范围。
- ③ 根据设计图纸要求，确保所有预埋件（包括预埋地脚螺栓）的数量和位置正确。
- ④ 基础混凝土的强度应符合设计要求。
- ⑤ 基础表面应无蜂窝、裂纹及露筋等缺陷。用 50N 重的手锤敲击基础，检查密实度，不得有空洞声音。

混凝土基础（包括钢筋混凝土基础）由土建部门负责施工，并向安装单位移交，安装单位根据设计要求进行验收。对大型设备基础需要进行预压试验（压力试验）也由土建部门实施，安装单位协助。

在 20 世纪 50 年代曾采用过“钢球撞痕法”对混凝土进行强度校验，但由于撞痕大小的取值不易正确，因而强度值也不真实。在 60 年代用“回弹法”作强度测试，并且对混凝土是否疏松，采用“超声法”检测，对怀疑有空洞的混凝土采用“取芯法”来检验混凝土的质量。这些检测工具和手段，土建部门一般都具备，因此安装单位验收基础时，如发现混凝土基础的质量不符合要求时，可要求土建部门进行复查。

#### (6) 基础的处理

① 基础偏差的处理 经过检验发现不符合要求的设备基础，应立即进行处理，直至达到要求为止。

一般情况下，基础的标高、中心线的位置以及地脚螺栓偏斜（或地脚螺栓孔中心线偏移、倾斜）的现象较普遍，其处理方法如下。

a. 当基础标高过高时，可用凿子将高出的部分凿去，当基础标高低于设计标高时，可待基础铲麻面后补浇注混凝土。

b. 当基础中心线偏差过大时，可改变地脚螺栓的位置来补救。

c. 对于地脚螺栓孔中心线发生偏移过大的情况，可用扩大地脚螺栓孔的方法来修正；当地脚螺栓孔垂直度偏差过大时，可用修整地脚螺栓孔壁的方法来纠正。

② 基础铲麻面 为了使二次灌浆层能与预浇的设备基础结合牢固，应在基础表面铲出麻坑，这项处理基础表面的工作叫做基础铲麻面。铲麻面的方法是：利用尖铲在光滑的基础表面上凿出一个个麻坑，其直径为 30~50mm，麻坑的间距可根据基础的大小来决定，基础较小，二次灌浆层起重要作用间距可小些，一般取 55~100mm，基础较大时，取 150mm 左右。基础转角处应铲有缺口（图 1-3），以使二次灌浆层更加牢固。

基础铲麻面时，应注意安全，加强劳动保护，操作者应戴口罩和防护眼镜。

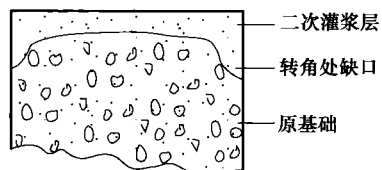


图 1-3 基础转角处缺口

### 1.1.2 地脚螺栓

地脚螺栓的作用是固定设备，使设备与基础牢固地连接在一起，以免工作时发生位移、振动和倾覆。

地脚螺栓、螺母和垫圈通常随设备配套供应，并在设备说明书中有明确规定。地脚螺栓的直径与设备底座螺栓孔有关，其关系见表 1-1。

表 1-1 设备底座螺栓孔与地脚螺栓直径的关系

/mm

底座螺孔 $d$	55~65	48~55	40~48	33~40	27~33	22~27	17~22	13~17	12~13	10~12
螺栓直径 $d_1$	48	42	36	30	24	20	16	12	10	8

通常情况下，每个地脚螺栓配置一个垫圈和一个螺母，但对振动剧烈的设备，应安装锁紧螺母或双螺母。

### (1) 地脚螺栓的分类

地脚螺栓的长度应符合图纸的要求。当图上无规定时，可按式(1-1)确定，即

$$L=15d+S+(5\sim 10) \quad (1-1)$$

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、机座厚度、螺母厚度和预留量（一般为3个螺距）的总和。

#### ① 根据地脚螺栓的长短分为以下几种。

a. 短地脚螺栓。短地脚螺栓用来固定重量轻的、没有剧烈振动和冲击的设备，其长度为100~1000mm。

b. 长地脚螺栓。长地脚螺栓用来固定重量重的、有剧烈振动和冲击的设备。其长度为1000~4000mm，长地脚螺栓大多和锚板一起使用。锚板用钢板焊制或用铸铁铸造。

#### ② 根据地脚螺栓与基础的连接形式可分为以下几种。

a. 死地脚螺栓——不可拆地脚螺栓。死地脚螺栓通常用来固定工作时没有剧烈振动和冲击的中、小型设备，它往往与基础浇灌在一起，故称死地脚螺栓——不可拆地脚螺栓，其长度一般在100~1000mm之间，属于短地脚螺栓，常用的死地脚螺栓，其头部多做成开叉和带钩的形状，如图1-4所示。带钩的死地脚螺栓有时还在钩孔中穿上一根横杆，以防扭转和增大抗拔能力。

b. 活地脚螺栓——可拆地脚螺栓。所谓活地脚螺栓，是指地脚螺栓与基础不浇灌在一起，基础内预先留出地脚螺栓预留孔，并在孔下端埋入锚板，如图1-5所示。这种活地脚螺栓便于装拆，当需要移动设备或更换地脚螺栓时，活地脚螺栓可以方便地取出。

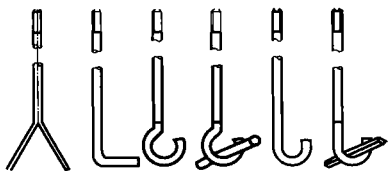
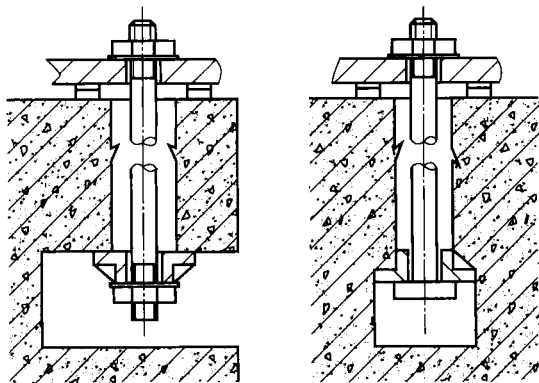


图 1-4 死地脚螺栓



(a) 头螺纹式

(b) T形头式

图 1-5 活地脚螺栓

活地脚螺栓一般是用来固定工作时有剧烈振动和冲击的重型设备。它的长度一般为1~4m，属于长地脚螺栓。它的形状分为两种：一种是螺栓两端都带有螺纹，都使用螺母；另一种是顶端有螺纹，下端呈现倒T形。双头螺纹式活地脚螺栓安装时必须拧紧以免松动；T形头式活地脚螺栓安装时，必须在螺栓顶端面上打上方向性记号，以确保在插入锚板后，将螺栓转动90°后使矩形头正确放入锚板槽内。

c. 锚固式地脚螺栓。锚固式地脚螺栓又叫膨胀螺栓（或胀锚螺栓），这是一种新型地脚螺栓。锚固式地脚螺栓的结构如图1-6所示。

这种地脚螺栓结构复杂，加工制作成本高。多数应用在浇灌基础时忘记埋设地脚螺栓或

忘记留预留孔的情况下。在基础上钻出螺栓孔，安装锚固式地脚螺栓。

### (2) 地脚螺栓的安装

地脚螺栓在安装前，应将地脚螺栓上的锈垢、油污等清除干净（但螺纹部分仍应涂上油脂），以保证地脚螺栓灌浆后能与混凝土结合牢固。

① 死地脚螺栓的一次灌浆法 在浇灌设备基础时，同时也将地脚螺栓浇灌好的方法称为一次灌浆法，根据地脚螺栓埋入的深度不同（一般总埋深为  $10d \sim 20d$ ， $d$  为地脚螺栓直径），可分为全部预埋和部分预埋两种形式，如图 1-7 所示。

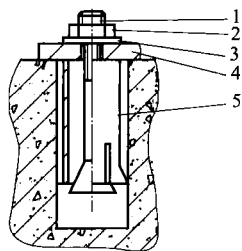
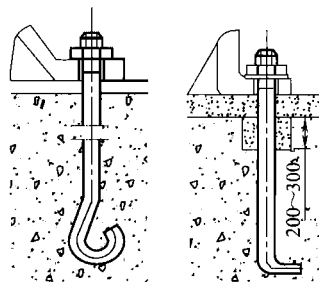


图 1-6 锚固式地脚螺栓

1—螺栓；2—螺母；3—垫圈；  
4—设备底座；5—带口套管



(a) 全部预埋法 (b) 部分预埋法

图 1-7 地脚螺栓一次灌浆法

死地脚螺栓的一次浇灌法的优点是地脚螺栓与混凝土的结合力强，增加了地脚螺栓的稳定性、坚固性和抗振性，其缺点是安装时需使用地脚螺栓固定架，安装后不便于调整。

对死地脚螺栓部分预埋法，根据设备的要求，在安装螺栓部位的上部预留调整孔，如图 1-8 所示。预留孔的尺寸见表 1-2。

表 1-2 螺栓上部预留调整孔尺寸

螺栓直径 $d$ /mm	20~24	30~36	42~48	56
孔的每边尺寸 $A$ /mm	100	130	160	180
孔的深度 $H$ /mm	200	300	400	500

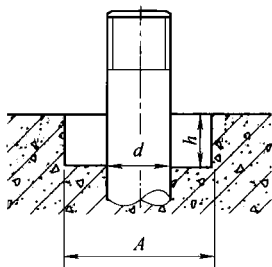


图 1-8 螺栓上部预留调整孔

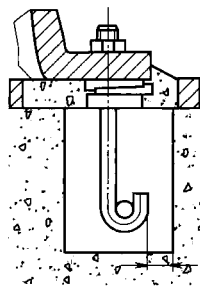


图 1-9 地脚螺栓二次浇灌法

② 死地脚螺栓二次浇灌法 在浇灌基础时，预先在基础内留出地脚螺栓。

预留孔，在安装设备时再把地脚螺栓安装在预留孔内，然后用混凝土或水泥砂浆把预留孔浇灌满，使地脚螺栓固定，这就是死地脚螺栓的二次浇灌法。如图 1-9 所示。二次浇灌法的优点是地脚螺栓容易调整，缺点是现浇的混凝土与原基础结合得不够牢固。

死地脚螺栓的二次浇灌法，是经常采用的一种方法。安装时应注意以下几点。

a. 地脚螺栓的垂直度偏差不应超过  $10/1000$ 。

b. 地脚螺栓离孔壁的距离应不小于 15 mm ( $a \geq 15$  mm)。

c. 地脚螺栓底端不应碰孔底。

③ 活地脚螺栓的安装 在设备安装前, 首先要将锚板安装好, 锚板应平整牢固。然后将地脚螺栓放入预留孔内 (螺杆部分要涂两遍红丹漆防锈)。设备就位后, 将地脚螺栓拧紧, 地脚螺栓孔内多用干砂充满。

④ 锚固式地脚螺栓的安装 锚固式地脚螺栓安装时, 首先是在已施工完的基础上钻出螺栓孔, 螺栓孔的直径比螺杆最粗部分大, 比膨胀后的直径小。然后装入螺栓锚固, 再灌入以环氧树脂为基料的胶接剂。

用锚固式地脚螺栓 (又称胀锚螺栓) 做地脚螺栓时 (基础或构件有裂缝的部位不能使用), 螺栓的中心至基础或构件边缘的距离不得小于  $7d$  ( $d$  为锚固式地脚螺栓的直径), 底端至基础底面不得小于  $3d$ , 且不得小于 30mm, 相邻两根螺栓的中心距离不得小于  $10d$ , 螺栓埋入深度一般为  $4 \sim 7d$ , 基础混凝土强度不得小于 10MPa。

以环氧树脂为基料的胶接剂配比, 可以查阅有关技术手册。下面是一种环氧树脂砂浆配制方法供参考。

环氧树脂 6101 (E-44)	100%
乙二胺 (无水, 含胺量 98%)	8%
邻苯二甲酸二酯 (工业用)	17%
水泥	100%
砂子粒径 (自然级配) $\leq 1$ mm	25%
(含水量度 $\leq 0.2\%$ , 含泥度 $\leq 2\%$ )	

拌和前, 砂子筛净去土, 浇灌时, 螺栓孔要用压缩空气吹除灰尘。

环氧树脂砂浆的调制: 先将环氧树脂加热至  $60 \sim 80^\circ\text{C}$  时, 再加入邻苯二甲酸二酯并拌和均匀, 待冷却后再加入乙二胺, 拌和均匀后, 再把  $30 \sim 35^\circ\text{C}$  的砂子加入, 最后拌和均匀, 环氧树脂不能直接放在火上加热, 可在烘箱或水浴、砂浴池内加热, 加热温度不宜超过  $80^\circ\text{C}$ 。当加入乙二胺时, 环氧树脂基液的温度不能超过  $35^\circ\text{C}$ ; 否则, 可能引起暴凝。砂子温度应为  $30 \sim 35^\circ\text{C}$ , 温度过高可能立即凝固; 温度过低则在搅拌时容易带入空气而形成气泡, 影响质量。环氧树脂一次的配量不宜过多, 一般在 2kg 左右。环氧树脂砂浆调制完毕, 应迅速进行浇注并立即将螺栓旋转插入。浇注后的环氧树脂砂浆, 经一定时间养护后即可进行设备安装, 养护时间可参考表 1-3。

表 1-3 环氧树脂砂浆养护时间

平均气温 $T/^\circ\text{C}$	养护时间 $t/\text{h}$	
	用无水乙二胺时	用有水乙二胺时
15	4	6
20	3	5
25	2	4
$>30$	1	3

注: 用有水乙二胺时, 有水乙二胺的用量 = 无水乙二胺用量 / 有水乙二胺的含胺量  $\times 100\%$ 。

随着黏结剂的发展, 直杆地脚螺栓 (即尾部既不弯钩也不设膨胀装置) 将会得到发展。

### (3) 地脚螺栓的受力分析

地脚螺栓在安装时应垂直, 其垂直度允差为  $10/1000$ 。

如果地脚螺栓安装得不垂直, 既影响安装工作的顺利进行, 又会使地脚螺栓受力恶化, 甚至影响设备正常运行, 其受力分析如下。

当螺栓与基础平面垂直时 [见图 1-10 (a)], 则螺栓受到的拉应力为

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (1-2)$$

式中  $\sigma$ ——螺栓受到的拉应力, MPa;

$A$ ——螺栓的横截面积,  $A = \frac{\pi}{4}d^2$ ,  $d$  为直径, mm;

$P$ ——螺栓受的拉力, N。

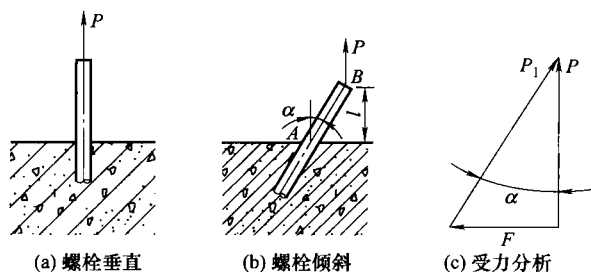


图 1-10 地脚螺栓受力情况

当地脚螺栓存在垂直度偏差时 [图 1-10 (b)], 则其根部截面的内力有

$$\text{轴力} \quad N = P_1 = \frac{P}{\cos\alpha} \quad (1-3)$$

$$\text{弯矩} \quad M = Fl = P l \tan\alpha \quad (1-4)$$

$$\text{剪力} \quad Q = F = P \tan\alpha \quad (1-5)$$

而相应的应力有

$$\text{拉应力} \quad \sigma_l = \frac{N}{A} = \frac{4P}{\pi d^2 \cos\alpha} \quad (1-6)$$

$$\text{剪应力} \quad \tau = \frac{Q}{A} = \frac{4P \tan\alpha}{\pi d^2} \quad (1-7)$$

$$\text{弯曲应力} \quad \sigma_w = \frac{M}{W} = \frac{32Pl \tan\alpha}{\pi d^3} \quad (1-8)$$

则危险点的合成正应力为

$$\sigma_{w1} = \sigma_l + \sigma_w = \frac{4P}{\pi d^2} \left( \frac{1}{\cos\alpha} + \frac{8l \tan\alpha}{d} \right) = \sigma \left( \frac{1}{\cos\alpha} + \frac{8l \tan\alpha}{d} \right) > \sigma \quad (1-9)$$

显然, 不仅使螺栓正应力增加 ( $\sigma_{w1} > \sigma$ ), 而且还有剪应力, 这使螺栓受力恶化。同时, 由于水平分力的存在, 增加了设备的不稳定因素, 甚至使设备产生水平位移或水平位移趋势。因此, 在安装地脚螺栓时, 要避免产生倾斜现象。

#### (4) 地脚螺栓偏差的处理

地脚螺栓安装正确与否, 直接影响着设备的安装质量, 因此, 如果地脚螺栓安装得不正确, 就应该认真地进行处理, 地脚螺栓发生的偏差情况不同, 处理的方法也不同, 现将常见的地脚螺栓偏差处理方法介绍如下。

① 地脚螺栓中心距偏差的排除 地脚螺栓中心线偏差在 10mm 以内时, 可用氧乙炔焰将螺栓根部烤红, 再用锤打 (敲打螺纹部件时, 要戴上螺母) 或用千斤顶矫正。

当中心距偏差在 10~30mm 范围内时, 可用凿子去除螺栓周围的混凝土, 其深度为螺

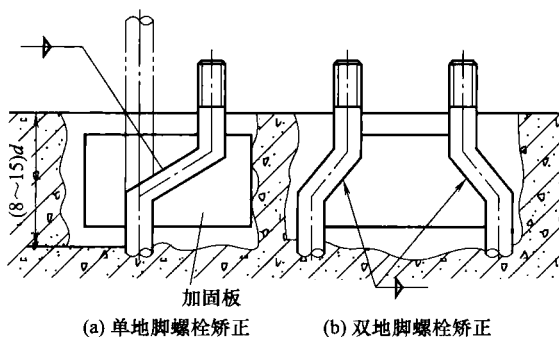


图 1-11 中心线偏差的排除

栓直径的 8~15 倍。然后用氧乙炔火焰加热烤红（约 850℃，螺栓呈现淡樱红色），用锤或千斤顶矫正，并在弯曲后的螺杆处加焊钢板加固，如图 1-11（a）所示。

当地脚螺栓中心距偏大或偏小时，且中心距又不大时，可用如图 1-11（b）所示方法处理。对于直径较大（>30mm）的地脚螺栓，当发生较大偏差时，若用烤红煨弯的方法有困难，可按图 1-12 所示方法进行处理，即将螺栓切断，用一块厚度等于偏差值的钢板焊在螺柱中间，两侧再焊上两块加固钢板。加固钢板长度不应小于螺栓直径的 3~4 倍。

② 地脚螺栓标高偏差的排除 若地脚螺栓过高，可割去一部分，再套上丝扣，不允许用增加垫圈数量和厚度的办法来处理。套丝时，要注意防止油类滴到混凝土基础上。

若地脚螺栓高度不够而偏差又不大（≤15mm），可用氧乙炔焰将地脚螺栓烤红，在螺杆上套上一段钢管，垫上垫圈，戴上螺母并拧紧，借拧紧螺母的力量将螺杆烤红部分拉长，此时注意烤红的螺杆部分应尽量长些，拉长部分必须焊上 2~3 块钢板加固，如图 1-13 所示。

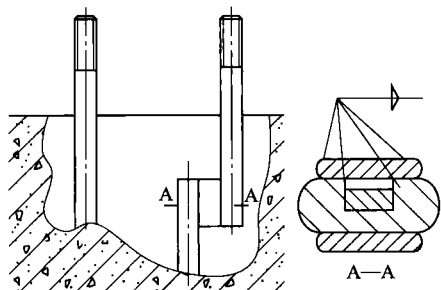


图 1-12 大直径地脚螺栓偏差处理方法

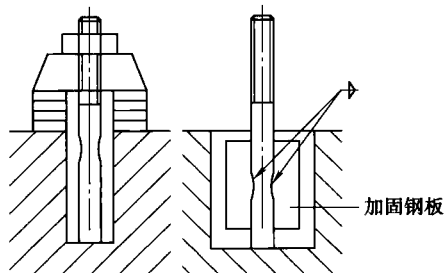


图 1-13 地脚螺栓拉长

如果地脚螺栓低的数值超过 15mm，不能用加热拉长，可在螺栓周围开一个深坑，在距底面 100mm 处将螺杆割断，另焊上一根新加工的螺杆，并用钢板或圆钢加固，加固长度应为螺栓直径的 4~5 倍，如图 1-14 所示。

③ 地脚螺栓“活拔”的排除 “活拔”是指拧紧地脚螺栓时用力过大，将地脚螺栓从基础中拔出来。这种现象会使设备安装精度受到影响。要想排除这种现象，须将螺栓腰部混凝土凿去，在螺杆上焊两条交叉的钢筋（图 1-15），然后补灌混凝土。待混凝土硬化后再拧紧地脚螺栓。

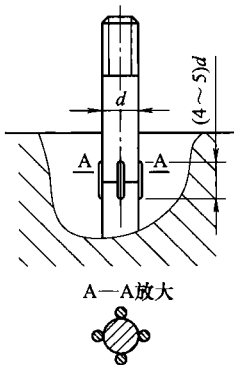


图 1-14 地脚螺栓的接长

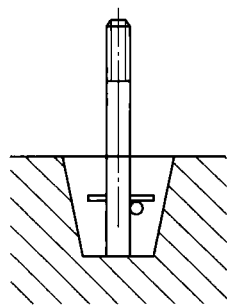


图 1-15 地脚螺栓松动的处理方法

#### （5）紧固地脚螺栓时的注意事项

- ① 紧固地脚螺栓时，螺母下面应放垫圈，螺母与垫圈之间及垫圈与设备底座间应接触良好。
- ② T 形头式活地脚螺栓在紧固前一定要查看其“标记”，保证使 T 形头与钢板的长方形孔成正交。



③ 拧紧地脚螺栓应在混凝土强度达到规定强度的75%进行。

④ 扭紧螺母后，螺栓必须露出螺母1~5个螺距。

⑤ 紧固地脚螺栓时，应从设备中间开始，然后往两边交错对角进行，如图1-16所示。同时施力要均匀，即对称均匀紧固法。禁止紧完一边紧另一边或顺序渐次紧固。全部紧完后，要按原次序再紧一遍。

⑥ 紧固地脚螺栓时，应使用标准长度扳手，M30以上的螺栓才允许用套管增加扳手的长度。其目的是既保证拧紧又要防止用力过大而损坏螺纹或将地脚螺栓“活拔”，在拧紧地脚螺栓时，其扭矩可参照表1-4所列数值。

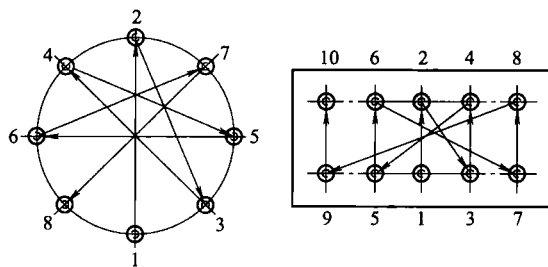


图 1-16 地脚螺栓拧紧次序

表 1-4 地脚螺栓扭矩

螺栓直径/mm	48	42	36	30	24	20	16	12	10
扭矩/N·m	2300	1500	950	550	250	100	60	24	12

### 1.1.3 垫铁准备

设备安装在基础上，常在设备与基础之间放一些垫铁（垫板），这种设备安装方法叫有垫铁安装法，有垫铁安装法是一种常见的安装方法。

#### (1) 垫铁的作用

- ① 通过对垫铁组厚度的调整，使设备达到所要求的标高和水平度。
- ② 增加设备在基础上的稳定性。
- ③ 把设备的重量和运转的惯性力及附加力均匀地传给基础，以减少振动。
- ④ 便于进行二次灌浆。

#### (2) 垫铁的分类

垫铁按其材质可以分为铸造垫铁和钢制垫铁两类。铸造垫铁是由灰铸铁铸造而成，其特点是成本低，适于大批量生产。它的厚度一般不少于20mm。钢制垫铁是由钢板切割而成，厚度不限，最薄不宜少于1mm，适用于小批量、多规格的场所，应尽量利用钢板边角料制作。

垫铁按其形状来分，可分为平垫铁、斜垫铁、开口垫铁和可调垫铁。现分别介绍如下。

① 平垫铁 平垫铁的形状如图1-17所示，规格见表1-5。

表 1-5 平垫铁的规格

/mm

编号	L	B	H	使用说明
1	110	70	3,6,9	5t以下设备, $d=20\sim35$
2	135	80	12,15	5t以上设备, $d=35\sim50$
3	150	100	25,40	5t以上设备, $d=35\sim50$

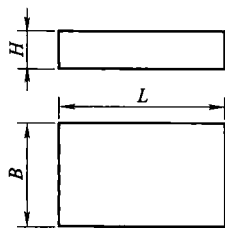


图 1-17 平垫铁

平垫铁的厚度也可根据实际情况决定。平垫铁的表面一般为毛面，仅对有特殊要求的垫铁（如高速离心式压缩机、汽轮发电机等）才进行机械加工，甚至还要进行刮研（对垫铁的刮研工作叫做研垫铁）。刮研过的垫铁应均匀接触，接触面应达到75%以上。

平垫铁的横向尺寸（L和B）也可根据设备的具体情况来确定。

② 斜垫铁 斜垫铁如图1-18所示。

斜垫铁的规格如表1-6所示。