

安装工程 实用技术

ANZHUANG GONGCHENG
SHIYONG JISHU

《安装》杂志编辑部 编

中国建材工业出版社

安装工程实用技术

《安装》杂志编辑部 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

安装工程实用技术/《安装》杂志编辑部编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2001. 4
ISBN 7-112-04535-5

I. 安... II. 安... III. 房屋建筑设备—安装
IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 06217 号

本书是《安装》杂志从创刊二十年来所刊录的文章中精选汇集而成, 系统介绍了建筑设备安装工程各个专业的施工工艺、操作要点、技术分析和
技术管理经验。全书共分为十章, 内容包括: 设备安装工艺、起重吊装工
艺、钢结构制作安装工艺、容器制作安装工艺、管道安装技术、通风空调
安装技术、焊接技术、试验与检验。

本书内容实用, 文字简炼, 体现了我国目前安装技术的发展水平, 是
广大安装工程技术人员、工人必读的实用性技术图书。

* * *

责任编辑: 刘 江

安装工程实用技术

《安装》杂志编辑部 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 34¼ 字数: 829 千字

2001 年 4 月第一版 2001 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 40.00 元

ISBN 7-112-04535-5

TU·4053 (9985)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

谨以此书

纪念《安装》杂志

创刊二十周年

序

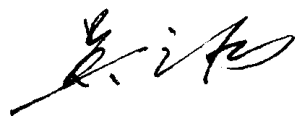
现代化的建筑和生产装置是人类物质文明和精神文明的标志，无不闪烁着建筑安装技术的霞光，又倾注了广大施工人员的心血。

如今，安装业在整个建筑业中的比重越来越大，在高级民用建筑中，安装部分的造价已接近总造价的50%，在工业项目中更占主要份额。但是，关于安装技术方面的书刊很少，为了比较系统地汇集建筑与设备安装技术方面有代表性的施工经验，特请《安装》杂志编委会众多专家推荐并审阅，编写了这本《安装工程实用技术》。

《安装工程实用技术》共分十章，包括了机械设备安装，起重吊装工艺，钢结构制作安装，压力容器制作安装，焊接技术，管道、通风空调、电气、自动化仪表安装以及试验与检验等内容，代表了国内建筑安装技术的较高水平，适合于从事设备安装施工、监理、设计研究、教学和管理等方面人员阅读，更是为年青工程技术人员和项目管理人员提供了宝贵的专业资料、丰富的实践经验。

《安装工程实用技术》中多数文章选自建设部优秀科技期刊——《安装》杂志，少部分属首次发表的论文，在全书编辑过程中得到了中国安装协会科学技术委员会的大力支持和指导，充分说明了中国安装协会在发展我国安装科技事业方面所作的贡献。

借此机会，祝愿安装科技事业在新世纪得到新的飞跃，祝愿中国安装协会得到更大的发展，祝贺《安装》杂志创刊20周年。



2000年11月24日

编 委 会 名 单

编委会主任：吴之乃

副 主 任：周代惠 张 峥

委 员：刘树礼 但长丰 陈光远

赵广斋 李 明 黄崇国

郭伯联 钱大治 毛仲德

方启文 曾祥华 梅妙庭

主 编：张 峥 梅妙庭 刘树礼

目 录

第一章 设备安装工艺

第一节 通用设备安装

1. 卧式细长螺旋输送机倒装法施工 1
2. 感应电加热过盈联接装配工艺 4
3. 大型机器无垫铁安装的微膨胀灌浆 5

第二节 专用设备安装

1. 22/16MN 双动厚板冲压水压机的
安装 9
2. 大型热压机安装 13
3. 显象管玻壳压机的安装 17
4. 受沉降影响的焦炉设备安装 20
5. 焦炉双集气管的施工 24
6. 干燥窑水平轨道滑移法就位 27
7. 化工装置设备基础沉降的观测 30
8. 淡水泥窑安装的几个问题 33

第三节 窑炉砌筑

1. BG--75/54—M₁ 锅炉喷涂施工 35
2. 循环流化床锅炉耐磨耐火内衬
的施工 40

第二章 起重吊装工艺

第一节 设备的起重吊装技术

1. 大型连续带钢轧机机架双机扁担
抬吊法 42
2. 270t 箱型钢吊车梁双机抬吊方案 45
3. 超高空斜承索吊运设备技术 47
4. 自平衡起重装置与无锚点吊装法 54

第二节 特种设备的起重吊装

1. 万吨螺杆压力机吊装 59
2. 托架法整体吊装重型铸造起重机 64
3. 超高层建筑楼顶钢桅杆安装施工 67
4. 大型风力发电机整体吊装 69

第三节 塔类设备的起重吊装

1. 560t 反应器门式桅杆吊装技术 77
2. 双桅杆双向夺吊大型设备 97

3. 倾斜单桅杆夺吊大型设备 101
4. 120.5m 火炬塔双转法整体板吊 107
5. 利用建筑物框架吊装尿素合成塔 112

第三章 钢结构制作安装工艺

第一节 钢结构构件的制作工艺

1. 14 万 t/a 乙烯裂解炉主体钢结构
安装工艺 117
2. H 型钢框架结构制作安装工艺 121
3. 窑外分解系统钢结构框架及设备安装 123
4. 北京西客站预应力焊接钢结构过街桥
成套施工技术 126

第二节 大跨度网架结构的制作安装

1. 长春综合体育馆钢结构网壳吊装 131
2. 大型联合车间钢屋架柱顶滑移法
吊装 134
3. 网架结构施工的高空散装逐条累
积滑移法 139
4. 深圳赛格广场高层钢结构安装综
合技术 141
5. 集群千斤顶整体提升(滑移)大型
构件技术 149

第四章 容器制作安装工艺

第一节 锅炉安装

1. 循环流化床锅炉安装与调试 157
2. 220t/h 循环流化床锅炉的组合
安装技术 168
3. Cr5Mo 厚壁钢管的爆炸胀管法 170
4. 锅炉炉管的风动胀接方法 173
5. 脉冲安全装置安装和调试的
几个问题 174

第二节 球罐的制作安装

1. 混合式球罐分带组焊施工技术 178
2. 1500m³ 球罐的组装 180
3. 球罐环焊缝裂纹产生的原因

及其防止浅析	185
4. CF-62 钢球罐焊后整体热处理 工艺与措施	188
5. 大型球罐整体热处理设备的 成功实践	192

第三节 专门容器的制作与安装

1. 196MPa 超高压反应器的安装	198
2. 钛设备的制造特点	202
3. 换热器试压连接技术改进	205

第四节 常压容器

1. 2 万 m ³ 承插式网架内浮顶罐的 罐顶施工	206
2. 液压顶升拱顶罐倒装法	212
3. 倒装法安装螺旋湿式气柜	215
4. 湿式螺旋贮气柜水封溢水的原因及 处理	218
5. 工业纯铝储罐的现场制作与安装	221

第五章 管道安装技术

第一节 给排水、供热、供暖管道安装

1. 城市热网管道的蒸汽吹扫	225
2. 高层建筑热水系统铜管安装工艺	227
3. 管道安装的渗漏原因及防治	229
4. 全自动供水设备水锤现象的排除	232
5. 建筑物室内排水系统的灌水试验	234

第二节 工艺管道安装技术

1. 天然气长输管线施工技术	236
2. C-T 陶瓷复合钢管的安装工艺	240
3. 铝塑复合管的安装	242
4. 钢管衬聚乙烯管道施工工艺	244
5. 建筑用铜管材的应用及施工	245
6. 高压管道的预制加工	249
7. 伴热管道施工	253
8. 敷设地下管线的气动顶管方法	257

第三节 非金属管道安装技术

1. ABS、UPVC 承压管道安装技术	260
2. PVC-U 塑料给水管的施工	265
3. 聚乙烯 (PE) 管及在天然气工程 中的应用	269

第四节 高洁净度管道的安装

1. 不锈钢洁净管道施工	272
2. 洁净系统碳钢管道室温磷化 处理工艺	275

3. 高压洁净管道系统的施工	280
----------------------	-----

第五节 管道的保温与防腐技术

1. FGC-800 型复合硅酸盐保温材料的 施工	284
2. 管道整体内防腐施工技术	287
3. 管内水泥砂浆喷涂机械	288
4. 新型的防腐管道——钢塑复合管	289

第六章 通风与空调安装技术

第一节 风管的制作安装工艺

1. 通风空调风管制作安装新工艺	293
2. 风管无法兰连接技术	296
3. TDC 风道的制作安装	299

第二节 中央空调系统的安装

1. 高层建筑空调工程施工中应注意的 几个问题	303
2. 北京国贸宾馆空调设计与安装中的 几个问题	307
3. DSHF-50 风冷空调机组在冬季 运行的问题	310

第七章 电气安装技术

第一节 电气线路的安装技术

1. 可挠金属电线保护管的特点与施工	313
2. 密集型插接式母线槽的安装	315
3. 封闭式母线槽安装工艺	319
4. 安全式滑接线安装	321
5. 超高层建筑电缆垂直敷设方法	322
6. 通信电缆接头新工艺	324

第二节 电气设备的安装技术

1. 液体电阻器 (柜) 的使用与安装	326
2. 镍镉蓄电池组的安装调试	328
3. 涡流制动器的应用和调试	331
4. 高层建筑卫星电视接收系统的 安全措施	333
5. 电压互感器烧毁事故的分析	334
6. 真空开关合闸线圈烧毁的分析	336

第三节 接地接零与防雷施工

1. 高层建筑防雷施工	338
2. 计算机主机房专用接地装置 施工新工艺	340
3. “深埋接地工法”简介	342
4. 地铁电气装置安装中的防迷流	

措施	343
5. 漏电保护器在 TN-C-S 接地系统中 的应用	346
6. 等电位联结的作用及其安装要求	348
7. 电缆桥架保护接地 (零) 的形式 与做法	351

第四节 建筑弱电工程安装技术

1. 智能建筑弱电工程实施与 质量控制	354
2. 楼宇设备自控系统工程实施与 验收	360
3. VESDA 空气采样报警系统及典型安装 方式介绍	364

第八章 自动化仪表和控制系统 安装调试技术

第一节 自动化仪表安装调试技术

1. 大型水厂 PC 控制系统的安装及调试	369
2. DDZ II 单级三冲量锅炉自动给水 系统调校	372
3. 电动压力、差压变送器零点迁移量 的调整	375
4. 电磁流量计的安装要求	377
5. 影响自动调节系统投运的 几个因素	379
6. 低压低真空仪表的调校	380
7. HC-981 热工仪表现场校验仪的原理、 特点及使用	381
8. DCS 安装调试的基本程序及 技术关键	383
9. DTL 型调节器的现场调校	389

第二节 控制系统安装调试技术

1. 厦门机场候机楼火灾自动报警的 智能技术	397
2. PC 外围电路及布线	404
3. 高层建筑火灾自动报警系统的 调试	406
4. 水流指示器在安装及调试中应 注意的问题	410
5. IQ-1000 II 型电机保护装置	411
6. 综合控制系统的试验	414

第九章 焊接技术

第一节 碳素结构钢焊接技术

1. 移动式气压焊在吊车轨道焊接中 的应用	421
2. 纤维素型焊条的现场管道全位置 下向焊接	423
3. 采用药芯焊丝的不锈钢 TIG 焊	426
4. 大曲面薄壳拼装自动焊工艺	428
5. 厚壁钢结构的现场电渣焊	431
6. EP 管的焊接简述	433
7. 长输管线封底焊工艺初探	434
8. 应用线膨胀差矫正管箱变形	435
9. 旅游高架单轨列车轨道的焊接	438

第二节 合金钢焊接技术

1. 钢铝复合板与合金铝管的焊接	441
2. 低合金铬钼耐热钢的焊接	444
3. 耐热钢管 10CrMo910 的焊接	448
4. 高锰低磁钢钢结构焊接修复工艺	451
5. SUS310S 耐热钢预热器内筒的焊接	452

第三节 有色金属焊接技术

1. 厚铜母线埋弧自动焊工艺	454
2. 铜电极棒的钎接	455
3. 小管径紫铜管钎焊工艺	457
4. 不锈钢与紫铜异种材料的焊接	459
5. 铝合金筒体的手工 TIG 焊	461
6. 大面积锡焊的经验	463

第四节 无损检测

1. 超声波测量炉管壁厚的偏差及 校正	465
2. 球形储罐焊缝的磁粉检测技术	466
3. 管道对接环缝的 X 射线周向曝光 短焦透照	469
4. 大型钢结构件焊缝超声波探伤	473

第十章 试验与检验

第一节 电气设备试验与检验

1. 某旋转餐厅电气拖动控制系统 的调试	477
2. 同步发电机接线端子极性的 外观检查法	481
3. 同步发电机的某些故障及处理	482
4. 施工现场局部放电试验时的	

抗干扰措施	483	2. 中央空调工程系统的调试	512
5. 大型接地网的测试	485	3. 中央空调水系统调试点滴谈	517
6. 35kV 及以下变电所零起升压试验法	487	4. 空调系统的噪声分析及控制	518
7 MLN98 型小电流接地选线装置		5. 演播厅空调施工及噪声控制	521
现场调校	489	第三节 机械设备安装的测量与检验	
8. 电动阀门开度指示表的调整	492	1. 一种检测平面度误差的新方法	523
9. 电动执行机构转臂与连杆长度		2. 可倾瓦块轴承间隙的测量	525
的确定	493	3. 激光找正仪在传动设备联轴器装配工作中	
10. 数字钳形表在二次电流回路中		的应用	529
的应用	496	4. 应用激光经纬仪找正回转窑筒体	531
11. 卫星电视接收天线调试辑要	497	5. 用标准砝码校验浮筒式液位计	534
第二节 通风空调系统的调试		6. 交流电梯设置平衡系数的	
1. 空调水系统的试运及室内综合		实用方法	535
效果测定	500		

第一章 设备安装工艺

第一节 通用设备安装

1. 卧式细长螺旋输送机倒装法施工

河北省安装工程公司 和 岐

卧式容器内采用螺旋输送机进行分离介质的输送，是一种常见的传送机构。对该种结构，尤其是细长螺旋轴同每个支座组成运动副的结构，原设计及工艺思想是据结构性能，预先进行各段螺旋轴零部件的加工，再组装成一个整体轴，本文称谓“正装法”。

所谓“倒装法”是根据结构特点进行整体综合分析，以提高螺旋轴直线度为工艺核心，进而解决各关键因素。即先组装整体螺旋轴，再拆开后，对各段螺旋轴进行有关部位的加工。

一、结构分析

以某焦化厂由德国引进技术的3台压力焦油分离器为例，结构示意图如图1-1所示。

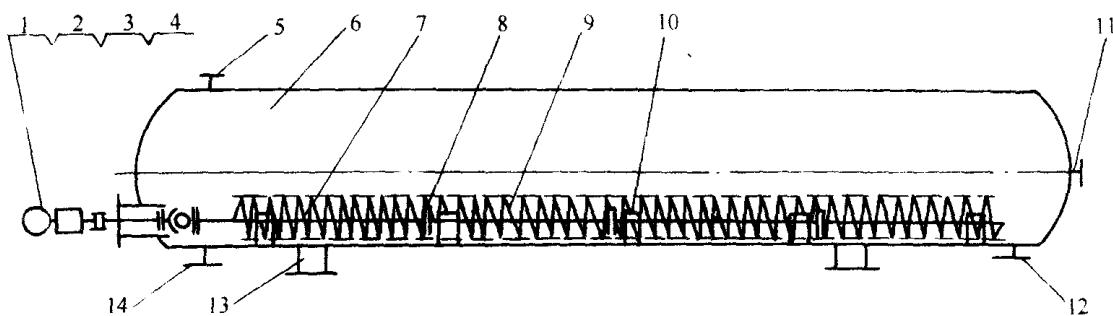


图 1-1 压力焦油分离器结构示意图

1—电动机；2—减速机；3—联轴器；4—万向节；5—接管A（进口）；6—罐壳；7—轴管；8—法兰；
9—螺旋；10—螺旋支座；11—接管C；12—接管B（焦油出口）；13—罐支座；14—接管D（渣出口）

1. 结构分析

螺旋轴轴管为20号无缝钢管， $D108 \times 6.5$ 分4段，第1段长4010mm，其余3段长均为3300mm，4段由法兰螺栓连为一整体。螺旋叶外圆 $\times$ 内圆 $\times$ 厚度为 $\phi 500\text{mm} \times \phi 340\text{mm} \times 8\text{mm}$ ，螺距 $\times$ 节数为 $150\text{mm} \times 22\text{mm}$ ，螺旋叶同轴管间的每隔 540° 的支撑板焊接相连。

支座同螺旋轴运动副结构示意见图1-2。共5副，每副由对称的两件组成，为钢板焊接

件, 安装在筒体底部, 支撑螺旋叶, 宽度为 400mm。

本结构的特点为细长螺旋轴传动与多支座的限位问题。由于螺旋轴不直的客观存在, 螺旋叶同支座间将发生干扰, 振动磨损加剧, 受力恶化, 影响机构正常使用。

2. 径向跳动

螺旋轴直度误差引起的径向跳动, 据图样要求及《机械加工、装配通用技术条件》Q/ZB75-73, Q/ZB76-73 进行计算, 4 段螺旋轴各为一单独部件, 跳动公差主要由轴法蓝两端面平行度和螺旋叶圆度两项组成。端面平行度 h_{12} 为 3.1mm, $\phi 500$ 圆度公差为 0.7mm, 4 节螺旋轴装配后的极限状态示意图 1-3。

因两法兰两端面不平行引起的径向跳动为:

$$3.1 \times 3300 \div 210 \times 2 = 49.6 \text{mm}$$

因圆度引起的径向跳动为: $0.7 \times 2 = 1.4 \text{mm}$

综合上述两项, 螺旋轴径向跳动为 51.0mm。

螺旋轴受力及挠度计算:

多支点螺旋连续梁受力分析见图 1-4。

等截面梁三弯矩方程:

$$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -6 \left(\frac{w_n a_n}{l_n} + \frac{w_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}} \right)$$

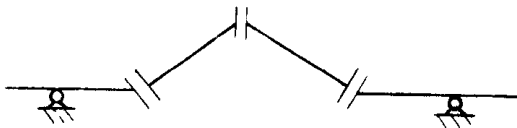


图 1-3 螺旋轴装配极限状态分析

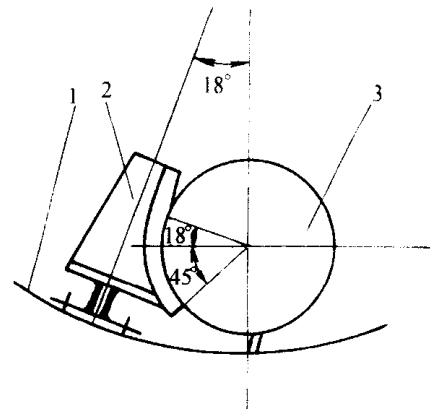


图 1-2 螺旋轴与支座运动副

1—罐壳; 2—支座 (宽 400); 3—螺旋轴

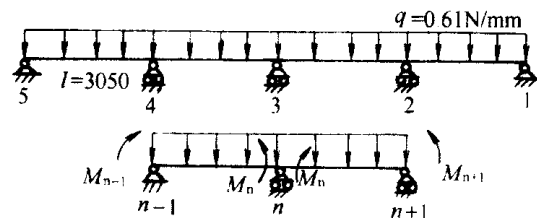


图 1-4 螺旋轴连续梁受力分析

公式及符号意义见《机械工程手册》4-151。

式中 l ——支座间距, 3050mm

q ——线载荷, $q = 0.61 \text{N/mm}$

解得: $M_1 = M_5 = 0$,

$$M_2 = M_4 = -\frac{3ql^2}{28} \quad M_3 = -\frac{ql^2}{14},$$

$$R_1 = R_5 = \frac{11ql}{28} \quad R_2 = R_4 = \frac{7ql}{4},$$

$$R_3 = -\frac{4ql}{14}$$

最大挠度在中间两跨挠度公式:

$$f_{\max} = f_q + f_{m2} + f_{m3}$$

$$= \frac{5ql^4}{384EI} + 0.0642 \frac{(M_2 + M_3) l^2}{EI}$$

(由 M 引起的最大挠度在 $0.423l$ 处, 与 $l/2$ 处仅差 2.7%)

式中 E ——弹性模量, 20 号钢为 $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$;

I ——惯性矩。

解得: $f_{\max 1} = 0.12 + 0.11 = 0.23 \text{ (cm)}$

当中间有一虚支点时 (如 “2” 支点),

则: $M_1 = M_5 = 0$,

$$M_3 = -\frac{9ql^2}{22},$$

$$M_4 = -\frac{ql^2}{44}$$

虚支跨的最大挠度为:

$$f_{\max 2} = 13.10 \text{cm}$$

3. 计算结果分析

- (1) 在支座对螺旋轴处于理想状态下支承时, 轴的挠度很小 (2.3mm), 轴为刚性轴。
- (2) 多支点螺旋轴在一般情况下, 不会处于理想状态, 由于轴的不直度, 必然存在虚支点, 此时轴挠度增大 (131mm), 变为柔性轴。因此, 虚的程度是正常状态。
- (3) 轴的直度是保证传动机构安装质量的关键。

二、“倒装法”工艺

1. 施工网络图 (见图 1-5)。

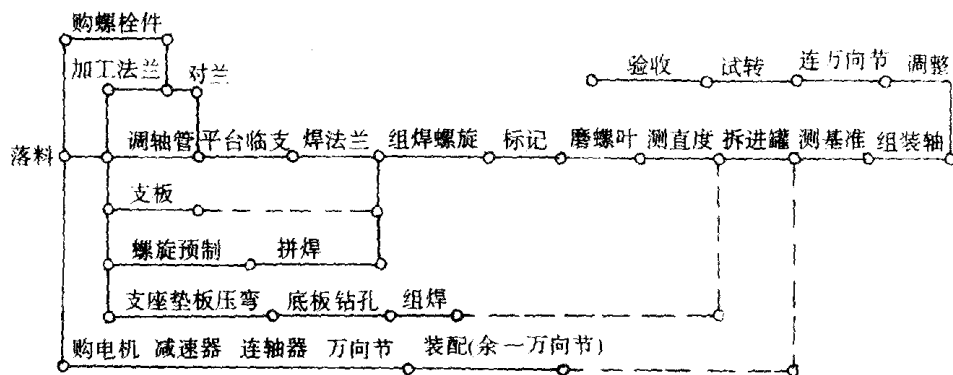


图 1-5 细长螺旋传动机构施工“倒装法”工艺网络图

2. 主要技术要求

- (1) 轴法兰外圆要同心, 内圆同轴管 $D108$ 相焊, 轴管端又省去车削, 当轴管外径及圆度相差较大时, 应同法兰配对。外圆在下道工序磨削螺旋叶时, 作为工艺基准使用。
- (2) 法兰同轴管组焊。4 节轴管在临时平台上支承后, 应进行直线度测量。法兰同轴管装配点固时, 应尽量使法兰端面同轴管中心线垂直。焊接时应采取措施防止变形。
- (3) 螺旋叶同轴管组焊。支撑板先同螺旋叶焊接, 后同轴管焊, 采用小规范, 防止强行组对和焊接变形。
- (4) 标记。4 根螺旋轴由法兰螺栓连接, 应做好标记, 使得拆开后可按原位装配。
- (5) 螺旋叶磨削。加工螺旋叶同支座接触面的长度即可, 每边增加 50mm 的轴向调整

量。磨削螺旋叶在平台上进行，磨削时的砂轮应能径向和轴向进给，切削量要小。

(6) 罐内螺旋轴安装。用钢丝找正安装基准后，逐段把螺旋轴放在支座上，连接法兰，调整支座，使螺旋轴达到在罐外所测直线度数据。调整后，连上万向节。支座处涂润滑油后，进行空载试运转。

3. 工艺特点

(1) 质量好；(2) 工艺简单；(3) 效益好；(4) 应用广。

2. 感应电加热过盈联接装配工艺

铜陵有色金属公司建筑安装公司 程孝军

某 10000m³/h 制氧站的 DH80-18 型离心式空气压缩机由 T5600-4/1430 型同步电机进行直联拖动，同步电机转速为 1500r/min，空压机主轴与电机轴之间通过齿式联轴器联接，其中与电机轴端联接的半联轴器，必须到安装现场进行外齿套与电机轴端之间过盈配合的装配联接，经实际测量最大过盈值 $Y_{\max} = 0.38\text{mm}$ ，故决定采用感应电加热装配工艺。

一、感应电加热温度的确定

当零件的材料一定时，包容件的最低加热温度取决于配合面的过盈量、最小装配间隙和所需的装配时间。加热包容件时，加热应均匀，加热温度可按下式计算：

$$t_r = \frac{Y_{\max} + \Delta}{\alpha \cdot d} + t$$

式中 t_r —— 包容件加热温度；

t_r —— ≥ 400 (°C)；

Δ —— 最小装配间隙可按表 2-1 选取 (mm)；

α —— 加热件材料的线膨胀系数，(1/°C)；

d —— 配合直径，(mm)；

t —— 装配时环境温度 (°C)。

配合直径与最小装配间隙

表 2-1

配合直径 d (mm)	<3	3~6	6~10	10~18	18~30	30~50	50~80
最小装配间隙 Δ (mm)	0.003	0.006	0.010	0.018	0.030	0.050	0.059
配合直径 d (mm)	80~120	120~180	180~250	250~315	315~400	400~500	—
最小装配间隙 Δ (mm)	0.069	0.079	0.090	0.101	0.111	0.123	—

此次装配的外齿套，直径 $d = 220\text{mm}$ ， $\alpha = 1.1 \times 10^{-5}/\text{°C}$ ，查表可知最小间隙 $\Delta = 0.090\text{mm}$ ，而最大过盈值 $Y_{\max} = 0.38\text{mm}$ ，取当时装配环境温度 $t = 20\text{°C}$ ，代入公式计算，外齿套感应电加热温度应为： $t_r = 214\text{°C}$ 。

二、感应线圈的制作

依据外齿套的基本尺寸见图 2-1 (a) 来确定感应线圈的尺寸见图 2-1 (b), 该线圈采用双并绝缘扁铜线 (线规: SBECB—1.81×6.9) 分三层绕制呈圆筒状, 共 135 匝, 线圈内径比外齿套大 10mm。

三、正式装配

首先在安装现场充分做好装配前的准确工作, 各工种施工人员及措施准备就绪, 测量当时环境温度 ($t=22^{\circ}\text{C}$)。考虑到实际装配时影响因素较多, 为确保装配一次成功, 可适当增大加热温度 t_r , 形成较大的装配间隙, Δ 值可取为 0.2mm 左右。

将外齿套置于已制作好的感应线圈中央, 利用 200kVA 感应调压器对感应线圈通以交变电流进行电加热, 有步骤地逐级进行升温、测量, 直至达到预定值, 从而顺利实现装配。

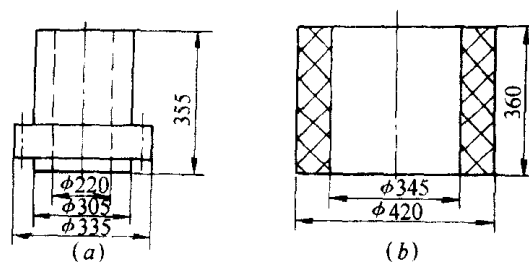


图 2-1 感应线圈的基本尺寸

3. 大型机器无垫铁安装的微膨胀灌浆

安庆石化总厂建安公司 袁荣和

无垫铁安装是国内外广泛应用于大型机器安装的一种颇为成熟的工艺, 它具有安装速度快、省工省料、精度高、所安装机器的使用寿命长等优点。但是, 这些优点都是建立在科学的微膨胀灌浆, 即“二次灌浆”上的。

一、二次灌浆的功能和膨胀率

二次灌浆应是一种微膨胀浆料胶体, 其功能是将精确找正调平后的机器借助地脚螺栓与混凝土支承基础紧密地胶凝成一个整体, 且始终保持胀紧接触状态。在机器运行时, 将其所产生的各种影响力通过底座灌浆层均匀地传递给基础, 保证机器不产生或少产生作业性位移, 使其振幅落在设计范围之内, 从而使机器保证原安装精度和长周期达标运行。

为满足这一功能的二次灌浆, 除了在工作稠度、易密性、凝结时间易于施工作业, 硬化后具有耐久性强度外, 更必须具有一定数值的正膨胀率值和相应的自应力值, 即在固化和产生强度的过程中发生体积膨胀, 以此挤压上下两个界面造成全接触, 并在界面限制和自身强度的约束下, 把膨胀相所产生的膨胀能转化为自应力储存在灌浆层内, 类似受压弹簧一般, 以补偿此后的各种收缩。

通过近十年的反复试验与多次实体灌浆, 以及对有关事件的资料分析, 初步体会到作为大型机器 (离心式或往复式) 无垫铁安装用的二次灌浆料, 必须具有正的膨胀率值。试件 $70.7 \times 70.7 \times 226$ 的自由膨胀率值宜选定在 $8 \times 10^{-4} \sim 12 \times 10^{-4}$, 最终干缩剩余膨胀率以不小于 $2 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$ 较合适, 考虑到灌浆实体的养生肯定逊于试验条件, 按 50% 计尚有 $1 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-4}$; 28d 抗压强度不小于 50MPa, 这时灌浆层内保留有 0.5~1MPa 的自应力值, 与国外专用商品灌浆料的性能基本相当。用这样的微胀砂浆进行二次灌浆, 能

补偿此后可能遇到的各种收缩,所安装的机器经多年开停车冲击和达标运行后,对各测点进行检测均无下沉现象,振幅亦均低于规定值。膨胀收缩曲线见图 3-1。

二、目前施工中存在的问题

二次灌浆材料在国外有专用商品出售,在国内也有现成商品供应,但由于其价格昂贵,加之使用频率很小,用量也少,所以安装单位一般都是根据规范的推荐配方,不经试验直接掺拌灌浆,甚至无任

何检测数据。鉴于种种原因致使灌浆效果良莠不齐,有的因灌浆层收缩而引起机器下沉留下隐患,更有甚者因下降严重而返工,造成了浪费。

有关规范诸如 (HGJ 203—83)、(HGJ 205—92)、(SHJ 510—88) 等的附录中均列有无收缩水泥砂浆的推荐配方,见表 3-1。表中试块尺寸变化率为 ± 0 或 $-0.625 \times 10^{-4} \sim -0.7 \times 10^{-4}$,该尺寸变化率的含义不确切,即使是指剩余膨胀率,其数值小于等于零,膨胀曲线落入收缩区,见图 3-2,表示试块本身已呈收缩。

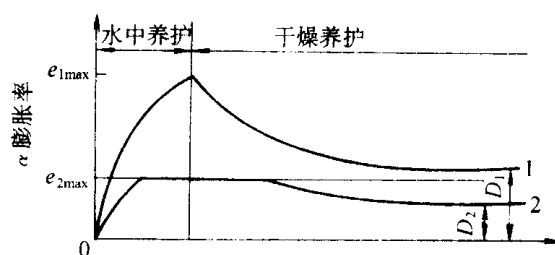


图 3-1 理想灌浆的膨胀和收缩模式图

1—自由膨胀和自由收缩曲线; 2—灌浆中的膨胀和收缩曲线;

e_{1max} —最大自由膨胀率, e_{2max} —最大限制膨胀率;

D_1 、 D_2 —最终剩余膨胀率

规范推荐的无收缩水泥砂浆配比

表 3-1

序号	W/C	重 量 配 比				试块性能	
		水泥	砂	减水剂	铝粉 ($\times 10^{-4}$)	尺寸变化率 ($\times 10^{-4}$)	强度 (MPa)
1	0.4	425 号硅酸盐 1	2	—	4~7	-0.7	40~60
2	0.36	525 号 P.O 1	2	—	4	—	—
3	0.42	525 号浇筑水泥 1	2	—	—	± 0	38
4	0.36	525 号浇筑水泥 1	1.5	—	—	± 0	47.9
5	0.26	525 号浇筑水泥 1	1	0.009	—	—	—
6	0.29	425 号 P.O 1	2	—	4	-0.625	67

通过试验实践,我们对上述配方与二次灌浆的功能提出如下看法,希望引起安装与土建对这一边缘学科的重视。

(1) 配方所选定膨胀率都偏低,试件尺寸变化率都不大于零,经对浇筑水泥类配方进行复验检测,试件水中养护 3d,空气中养护 42d 的膨胀率仅为 -3.37×10^{-4} 。如用作二次灌浆,加上现场实况无法充分养护,膨胀反应不能进行彻底(铝粉类除外),后期收缩将加大,灌浆失去补偿能力,其综合膨胀率将更小,灌浆与机器底盘之间不再是紧密接触而出现裂隙,机器运行时产生的各种冲击力就不能顺利地传递给基础,反而变成了对灌浆层的

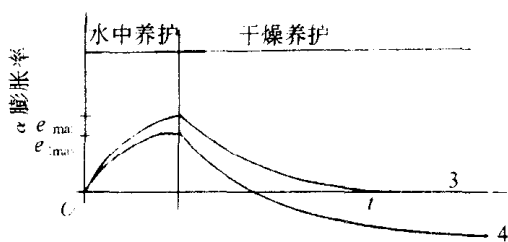


图 3-2 ±0、负膨胀率灌浆的膨胀、收缩模式图
3—自由膨胀和自由收缩曲线；
4—灌浆中的膨胀和收缩曲线

冲击力，最终机器将出现作业性位移或下沉，影响正常使用寿命。

(2) 金属铝粉在与水泥一起参与水化反应时，放出氢气在砂浆中形成气泡而引起体积膨胀。但该反应非常迅速而彻底，一般在 5min 内即反应完毕，是一种硬化前膨胀剂，不会产生自应力。另外由于氢气泡带来的膨胀能来得太早太快，施工中拌和物经运输、翻拌、入模、反复砸捣、挤压，灌浆层内已不再会产生新的气泡膨胀

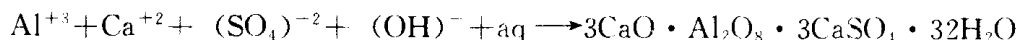
相，即使出现些微的气泡也将消耗在塑性变形中。灌浆层在固化前因缺少膨胀而出现物理塌缩，即在灌浆时就无法使之与机器形成理想接触面，硬化后更无补偿收缩的能力，所以铝粉适用于加气混凝土生产而不宜用于二次灌浆，如某厂一大型机器用此配方灌浆后一周检测，机器下沉即达 0.06mm 之多。

(3) 规范上不必列出具体的推荐配方，改提二次灌浆的质量指标，如最大自由膨胀率、最终剩余膨胀率与抗压强度，由施工单位根据环境与材料情况通过试配检测筛选，这样既可避免不同材料的质量差异，更能引起施工单位的重视。

(4) 确定一个二次灌浆用微膨胀水泥砂浆膨胀率测定的试件规格、养生方式，检测方法的具体操作规程，以保证检测数据的统一性。

三、硫铝酸钙类膨胀剂的应用

硫铝酸钙类膨胀剂是一种理想的二次灌浆用膨胀源相体，可以用多种地方材料外掺配制，它们在水泥中的主要反应为：



该结晶水化物是一种稳定的难溶于水的针状晶体连生体，体积增大 1.5~2.5 倍，反应生成速度合理，在水泥浆固化和形成强度的过程中能均匀地充填在 C—S—H 与 C—A—H 晶体的空穴缝隙间，使水泥岩相体更趋致密；又由于其数量与体积的进一步增长，产生和积聚的膨胀力克服早期的水泥晶架约束而向四周微形扩张，从而抵消化学收缩与后期的失水性干缩，在宏观上表现出一定量的体积膨胀；反应后期，在灌浆层上下界面的限制下，这些膨胀能就转换为化学自应力储存在灌浆层内，当灌浆层后期收缩时，产生弹性伸长予以补偿，使灌浆层能始终与机器紧密接触而确保其功能。

根据这一反应机理，结合我厂具体作业要求，选用了不同的原材料，经试验分别完成了在常温、低温、高温和抢装等特定环境下的二次灌浆作业，全部取得了预期的效果：

(1) 使用 P.O. 525 号，高档水泥 525 号，二水石膏、早强剂及减水剂掺配低温下灌浆料

(2) 使用 P.O. 525 号混凝土膨胀剂和缓凝剂掺配夏季高温下作业的灌浆料

(3) 使用 P.O. 525 号混凝土膨胀剂和早强剂掺配灌浆料

(4) 使用 P.O. 525 号，单一 UEA 掺配灌浆料

(5) 使用浇筑水泥 625 号与膨胀剂掺配灌浆料

其随机取样制取试件检测方法如图 3-3、图 3-4 所示，检测结果见表 3-2。