

建筑施工实例应用手册

3

安徽建工集团有限公司 雷源铁 主编



中国建筑工业出版社

建筑施工实例应用手册

3

安徽建工集团有限公司 雷源铁 主编

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工实例应用手册 3/雷源铁主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 1998
ISBN 7-112-03329-2

I. 建… II. 雷… III. 建筑工程-工程施工-技术手册 IV. TU74-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 14518 号

本书为《建筑施工实例应用手册》第 3 分册, 介绍了由安徽建工集团有限公司为主近年来承担的重点工程和高层建筑的施工技术及典型经验。书中精选了 56 个工程, 分别以工程为对象, 重点总结了工程最具特色的工艺、技术先进的分部或分项工程施工技术, 反映了该工程设计、施工等的特点, 以及为完成其施工难点所采用的施工方案、施工技术、施工设备和材料等。全书分为成套施工技术、地基基础、主体结构、预应力结构、材料与装修、安装与特殊施工六部分。

本手册内容具体, 图文并茂, 是一本实用性、参照性强的工具书, 可供广大基层施工技术人员参考使用。

* * *

责任编辑 胡永旭

责任设计 何一明

责任校对 王 莉

建筑施工实例应用手册

3

安徽建工集团有限公司 雷源铁 主编

*

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: 24½ 插页: 2 字数: 667 千字

1998 年 1 月第一版 1998 年 1 月第一次印刷

印数: 1—6000 册 定价: 41.00 元

ISBN 7-112-03329-2

TU · 2571 (8474)

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)

本册编委会成员

主 编 雷源铁

副 主 编 梁爱华 陶登鸣 王俊生

编 委 唐守明 吴 彬 吴良照

吴燕生 高更义 祝家梅

出版说明

“八五”期间，我国建设事业空前发展，各地先后兴建了一些对国计民生有重大影响的重点工程和一大批高层、超高层建筑。以工程为依托，以重大工程项目的施工难题为目标，通过科研攻关与工程实践，大大推进了我国建筑施工技术的发展。据悉，我国某些工程施工技术与施工管理水平已接近发达国家水平，其中有些技术甚至已达到或领先于国际水平。为了总结我国“八五”期间建筑工程施工中的新技术、新工艺、新材料，把各地建筑施工的好经验记载下来，并为广大施工技术人员提供一套资料丰富、详细实用的专用工具书，我们组织北京、上海、广东、安徽等省、市建筑施工的专家、工程技术人员编写出版《建筑施工实例应用手册》系列。

《建筑施工实例应用手册》分为1、2、3、4、5等分册，每一分册着重总结某省、市建工集团公司“八五”期间建筑施工中的典型工程经验。编入手册的工程都是施工技术先进，影响面大，或经上级部门鉴定、获奖的大型建筑工程。每项工程实例重点总结该工程最具特色的工艺或技术先进的分部或分项工程，反映该工程设计、施工方面的特点，以及为完成其施工难点所采用的施工方案、施工技术、施工设备和材料，内容对读者具有可读性、实用性和启发性。

本手册在组织编写和审稿过程中，得到各省、市建工集团总公司等单位的大力支持和帮助，我们表示衷心的感谢。

目 录

1 成套施工技术

1.1 合肥国家同步辐射实验室工程施工技术	1
1.2 上海海兴广场施工技术	11
1.3 合肥铁路新客站站房工程施工	30
1.4 合肥琥珀山庄南村 3 组团住宅工程	33
1.5 合肥美菱洗衣机厂联合厂房工程施工	43
1.6 裕安大厦工程	47
1.7 黄山北海宾馆改扩建工程施工	55
1.8 合肥润安大厦	60
1.9 商业大厦工程施工	68
1.10 安徽教育学院综合楼施工	73

2 地基基础

2.1 珠海国际大厦地库工程“中顺边逆”法施工技术	82
2.2 箱形基础设计与施工的改进	87
2.3 银保大厦箱基大体积混凝土施工技术	95
2.4 马鞍山市湖南路贸易大厦工程 C 区沉井基础的施工	102
2.5 安徽省教育学院教学综合楼箱基的施工	112
2.6 沉管桩机穿越硬土层的工程实例	121
2.7 南昌一九江汽车专用公路濠河大桥大直径嵌岩桩的施工	125
2.8 上海万宝花园广场围护工程桩基施工技术	134
2.9 商业大厦地下室工程挡土设计与施工	139
2.10 用 C.F.G 桩加固软弱地基的工程实例	146

3 主体结构

3.1 合肥琥珀山庄南村 2~10 楼异形柱框架

结构施工	152
3.2 同济大学图书馆主楼施工	154
3.3 绿都商城工程施工技术	162
3.4 高层建筑剪力墙结构构造设计与施工的改进	174
3.5 安徽省广播电视中心工程施工	182
3.6 安徽省科技馆主楼结构施工	195
3.7 中办一局 1 号、2 号高层住宅楼结构施工	198
3.8 超长现浇框架楼面补偿混凝土施工	210
3.9 以大跨度钢网架和单 T 板为主体的大型单层工业厂房的施工	214
3.10 安庆市建行石化专业支行金库及营业大楼结构施工	237

4 预应力结构

4.1 高效预应力混凝土结构设计和施工的若干问题建议	244
4.2 多层多跨双向预应力混凝土施工技术应用研究	249
4.3 某公司科研楼无粘结部分预应力混凝土施工	258
4.4 多层多跨现浇后张预应力装配式结构的工业厂房施工	262
4.5 预应力钢筋混凝土折线形屋架图集代换设计方案的优化	271
4.6 后加预应力钢筋混凝土托梁在房屋结构改造中的应用	277
4.7 京九铁路阜阳站房工程预应力框架梁的施工	285
4.8 有粘结部分预应力双向多跨梁施工	295
4.9 淮北市纺织二厂飞亚分厂预应力工程施工	301

5 建材与装修

5.1 合肥城隍庙二期工程建筑艺术的施工表

现手法.....	306	苯工程设备安装.....	347
5.2 新型轻质石膏空心砌块内墙施工技术.....	317	6.7 新型外包钢梁制作.....	353
5.3 J型低碱明矾石混凝土膨胀剂的应用研究.....	319	6.8 大体积防水混凝土无冷缝无裂缝施工.....	355
6 安装与特殊施工		6.9 大型啤酒罐群门式起重机机械化吊装.....	360
6.1 2500m ³ 预应力混凝土球形水塔施工技术.....	323	6.10 钢制椭球体水箱爆炸加工	366
6.2 安徽体育馆索桁屋盖施工.....	330	6.11 钢结构厂房安装	369
6.3 有限反时限继电器整定方法的改进.....	335	6.12 拔桩计算和实施方法	374
6.4 倒装法施工 1 万 m ³ 螺旋湿式气柜	336	6.13 蚌埠卷烟厂膨胀烟丝生产线大型发泡绝热工程施工	377
6.5 高精度冷拔机组拉杆预紧力控制工艺实例.....	345	6.14 用 BY-40 灌浆液解决设备底板翘棱施工	382
6.6 蚌埠八一化工厂年产 2 万 t 对、邻硝基			

1 成套施工技术

1.1 合肥国家同步辐射实验室工程施工技术

合肥国家同步辐射实验室工程，位于中国科技大学新校区西南角，系用于高能物理研究的国家重点科技工程项目，为安徽省第一项获得国家鲁班奖工程。

该工程由光源区、研究楼、锅炉房、收发室等组成，占地面积 9.67 万 m^2 。工程于 1984 年 11 月 11 日奠基，1985 年 1 月 20 日开工，1988 年 3 月 30 日竣工，科研设备经全面运转调试，于 1989 年 4 月 26 日正式出同步辐射光。受到国务院、国家科委和聂荣臻元帅等领导的通电表彰和称赞。引起了国内外科学家的强烈反响。

本文介绍该工程施工的部分关键技术。

1.1.1 轴线与高差的控制

主体工程光源区 (9780 m^2)，由储存环大厅、直线坑道、调速管走廊、核物理大厅以及试验与计算机房等九部分组成 (见图 1.1-1)。科研试验使用时，光电粒子在直线坑道运行，一部分折转核大厅，一部分折转调速走廊增速后，切向折入环形大厅。

储存环的周围是同步辐射实验区，它与储存环置于同一个大厅。从储存环的每块弯转磁铁可引出两条光束。另外从每块扭摆磁铁和波荡器可各引出一条光束。每条光束可建一至二个实验站。因此，全环有 24~27 条光束和 40 多个实验站，可同时容纳 100 多人做同步辐射实验。

由于是高科技使用，要求建筑施工必须有精确的控制，达到超常的高质量标准。但是该工程建筑体形复杂，其中地下坑道长 164m，而且位于地形高差达 9m 多的微膨胀土性质的粘土层上，地质地貌不利。如果出现建筑物的相互位移和不均匀下沉量超差，标高不准确，或不稳定的沉降，该工程即不可能使用。因此，测量放线和轴线、标高的控制是施工技术的一大难关。为了满足使用要求，施工中采取了以下措施。

1. 建立测控网

按国家二级测量标准，以光源区储存环大厅中心柱圆心 (0 点) 为基准，建立总体控制网 (见图 1.1-2)；并在主体工程外围设三个高程点组成三角等高控制网。光源区以 0 点和坑道中心拐点 SM 点 (加速器开关磁铁安装中心) 为基准点定位。为了确保定位的准确性，另增设一组 (A、B、C、D) 辅助控制点，组成光源区的控制网。

2. 确保测量仪器的精度

采用高精度的经纬仪、水平仪，专人专用，定期校验。使用校正的 50m 钢尺，施工时根据温度，对照校正标准进行调整，消除温度误差。

3. 严格按操作规程测放

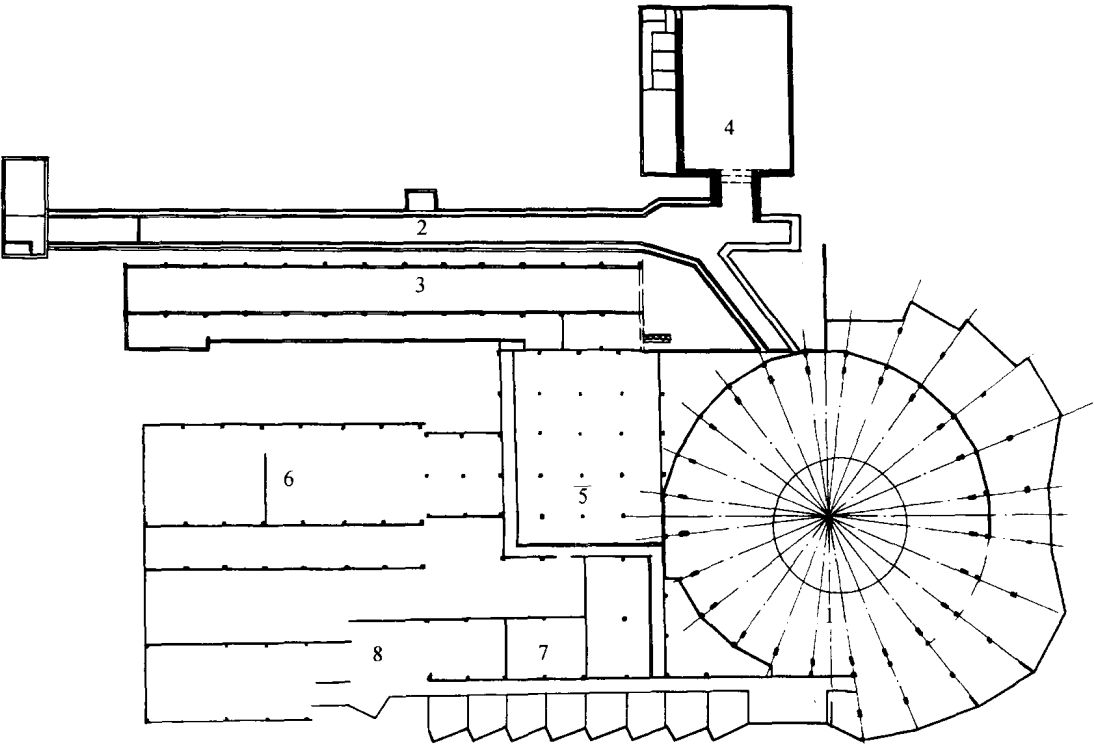


图 1.1-1 光源区平面图

1—贮存环大厅；2—直线坑道；3—调速管走廊；4—核物理大厅；
5—中央控制室；6—冷冻压缩机房；7—真空试验室；8—配电房

(1) 配备技术较好的测量员；(2) 无论定位或高程测量，均须复查两次无误，方可认为有效，且复查测量的次序不能与首次重复，消除人为误差；(3) 工程测量使用同一把钢尺，并配弹簧秤使用。钢尺拉力达 150kN 时，从两头同时读数，取差值，重复测量三次以上无误，方认为有效；(4) 距离测量，除两点在同一水平上可直接读数外，均认为是斜边长，换算出水平距离。

4. 加强控制网点的保护和复核

中心原点的定位桩，采用 15m 深的钻孔灌注桩，其余控制桩均用 1.5m 深的混凝土灌注桩，并定期请专业人员复核。

5. 采用先难后易的施工顺序

虽然储存环大厅为主体工程的核心，但要确保轴线的标高精度的最大难度应是狭长且覆土达 3.5m 厚的地下坑道和半地下的核大厅，因此该部分工程先施工，后施工储存环大厅及附房等。

6. 加强施工中的测控

基础、柱子的施工测量点用埋铁嵌铜丝固定，关键部位及预埋件，在浇捣混凝土时均

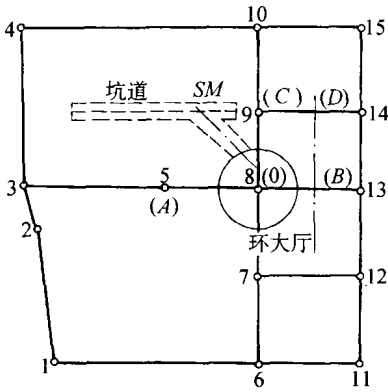


图 1.1-2 测量控制网图

用仪器逐个观测,确保准确无误。

7. 严格保护基底

膨胀土地基的保护更为重要。基坑开挖后,及时浇捣垫层和底板混凝土,加快施工进度。坑道和核大厅工程实际施工期为11个月,为了保护地基,回填分两次进行,两侧土对称分层认真夯实,使建筑物各侧的土压力基本相等,以减少下沉和位移。

8. 铺设砂垫层

为了减少狭长地基的土层差异的不均匀下沉和减少膨胀土效应,设置了30cm厚的砂垫层,使用逆式震动夯分两层震实。

由于采用了以上综合措施,经检测,施工效果良好。

(1) SM点是加速器开关磁铁安装中心,关系到各部位衔接和吻合的关键部位,要求与其他部位的相对位移不得超过3mm。施工结果:相对位移第一年为2mm,第二年小于1mm,并很快趋于稳定,确保了安装使用。

(2) 加速器的核心装置——储存环,其安装精度要求很高,如果沉降量超出标准或不稳定,将会破坏粒子的回旋运动。施工后经一年半的观测,沉降波动值仅为 $\pm 1\text{mm}$,说明地基稳定,随即投入安装。

(3) 坑道两端的不均匀下沉仅为8.25mm,直线坑道与调速管廊的相对高差仅为6.02mm。

(4) 加速器直线坑道长度误差为0,其他各种几何尺寸均满足设计要求。

1.1.2 地下防水工程

直线坑道长114.05m,宽6.18m,高6.85m,壁厚40cm,为地下隧道型结构。核物理大厅平面26m $\times$ 18m,为壁厚1m的半地下室结构。与之相连的输运线走廊也是地下隧道型结构。见图1.1-3。使用功能要求该地下建筑不渗漏、不潮湿,否则,整个工程将报废,其他国家已出现过同类工程因渗漏而报废的先例。因此,工程如何防渗、防潮,又是一个难题。该工程采取了以下综合技术措施。

(1) 设置变形缝

直线坑道设两道缝,与运输线及核大厅相连处各设一道缝,使每段长度为40m左右。大开挖施工,底板下设砂垫层,减少地基对底板的约束,以减少季节温差的内应力。施工中,墙、顶、底板之间的日温差不可避免,但处于坑内,各部位温差较小,不致产生温度裂缝。

(2) 补偿混凝土的干缩

普通混凝土因水泥干缩而造成裂缝,在40m长的现浇带中不可避免。因此,采用掺水泥重量15%的明矾石膨胀剂,加上养护措施,可全部补偿混凝土的干缩,避免干缩裂缝。

(3) 自防水混凝土

采用C30、S8抗渗混凝土,掺用明矾石可提高抗渗能力一倍以上。施工缝采用凸口处理,墙板支模采用花篮式止水对拉螺栓。混凝土浇捣组织严密,岗位责任到人,经检验,全部防水混凝土一次成功,无任何渗漏。

(4) 伸缩缝的处理

采用橡胶止水带,软木隔缝,止水带用胶水粘结封闭,用金属夹具定位,确保施工质量。

(5) 附加防水措施

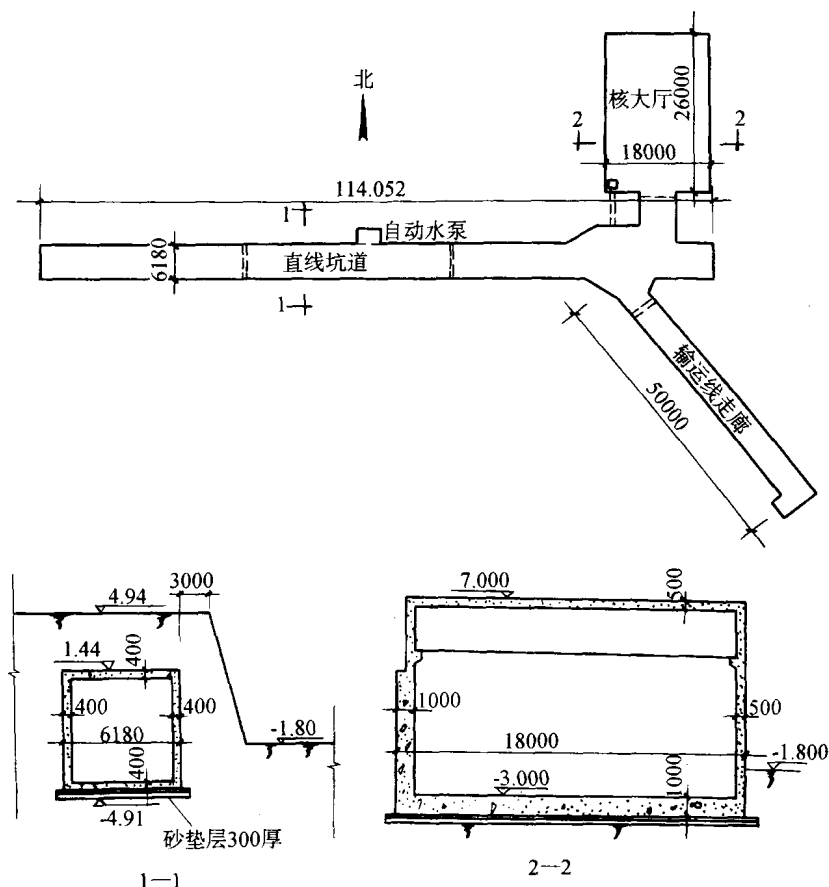


图 1.1-3 核大厅坑道平剖面图

为了确保防水、防潮,设置了附加措施:1)坑道内做架空内套(见图1.1-4);2)该大厅内设集水坑,通过管道引入坑道架空层,流水汇集到坑道中部的集水坑,设自动泵一台备用。施工结果,该地下工程无渗漏,而且墙面干燥,满足使用要求。

1.1.3 储存环大厅结构施工

(1) 结构形式

储存环大厅是整个同步辐射实验室工程的主要建筑。整个大厅为球顶圆形结构,直径50m,高16.53m。内设5t环型吊车一台;大厅设一根中心柱,以中心柱和四周24根现浇钢筋混凝土柱支撑整个屋盖。屋盖结构为24榀梯形钢屋架和预制异型大型屋面板(计13种规格,每种24块)。框架柱与环形吊车梁均采用现浇施工。

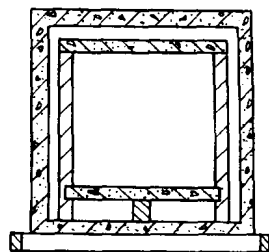


图 1.1-4 坑道架空剖面图

(2) 施工顺序

大厅施工顺序为:边柱与附跨基础施工→边跨上部结构施工→中心柱基础施工→钢柱吊装→钢柱混凝土浇捣→屋盖综合吊装。

(3) 边柱与环形吊车梁的施工

1) 垂直运输利用总体布置中的3~8t行走塔吊和龙门架;水平运输,地面用翻斗车,附

跨的屋面为水平运输道，配合小斗车将材料运到所需部位。

2) 大厅四周包括附跨共 48 个独立基础，因设计考虑膨胀土对变形的影响，采用深埋墩式基础，埋深为 -2.9m ，为了保证柱基位置的准确，施工时采用双控办法，边柱四周设四根控制桩，作为控土、浇筑垫层和弹出基础轴线的依据，用中心坐标原点进行复核检查，在 24 根柱基上部 (-0.10m 处) 预埋一道环形钢板，将定位后的观测点用手电钻打孔，插入铜丝铆固在孔中以此控制边柱轴线以及边柱与中心柱之间的相对位置。

3) 边柱模板采用钢管扣件对称支撑，将柱模板与环形吊车梁底模一次支好。为了保证支撑系统的稳定性，整个环形梁支撑脚手相互连接，使其成为一个整体。环形吊车梁预埋件较多，精度要求高，曲线难以掌握，采取实地放样法：仍以大厅中心坐标原点控制，将中心坐标上引至牛腿底面处标高。边柱先用线锤将 -0.10m 处轴线点引至上部，用经纬仪复核垂直度，再用钢尺从中心点复核边柱轴线，校正并固定模板，确定无误再进行柱子混凝土的浇捣。

4) 在施工环形吊车梁时，从中心点用钢尺找出边柱相邻柱间的环形轴线，复核实地放样和预埋螺栓等位置，固定梁模板。由于在施工前专门拟定了固定环形吊车梁上的预埋件方案，所以在施工拆模后铁件均未发生位移 (见图 1.1-5)。

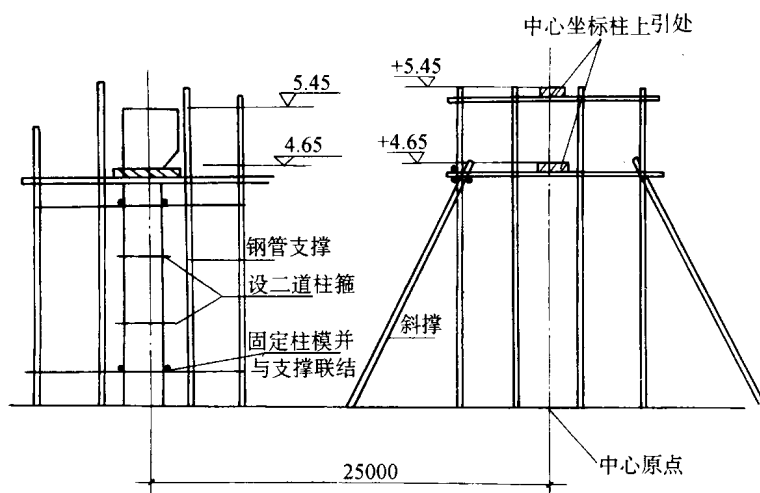


图 1.1-5 柱子施工标高轴线控制图

(4) 大厅中心柱的施工方法

大厅中心柱是环形吊车和 24 榀钢屋架的支座。为保证结构和设备的顺利安装，对中心柱垂直度及其水平标高的要求非常严格。

原设计为现浇钢筋混凝土圆形柱，不仅垂直度和坐标难以控制，而且柱中横向钢筋网片较多，仅牛腿处就有 15 层 $\phi 16@100$ 网片，加上竖向受力筋、圆形箍筋和牛腿受力钢筋，密度很大，混凝土难以浇捣。因此在图纸会审时经有关专家共同论证后确定改为钢管钢筋混凝土方案。

1) 基础施工：中心柱基础底直径为 7.2m ，深 3.6m ，混凝土量为 70m^3 。施工关键在于 24 根预埋基座螺栓的准确性能否满足钢管柱的安装。采取的施工措施 (见图 1.1-6) 如下：

① 首先在中心点外半径 3.6m 处，设置两对相互垂直的中心控制桩，每个桩周围用四根

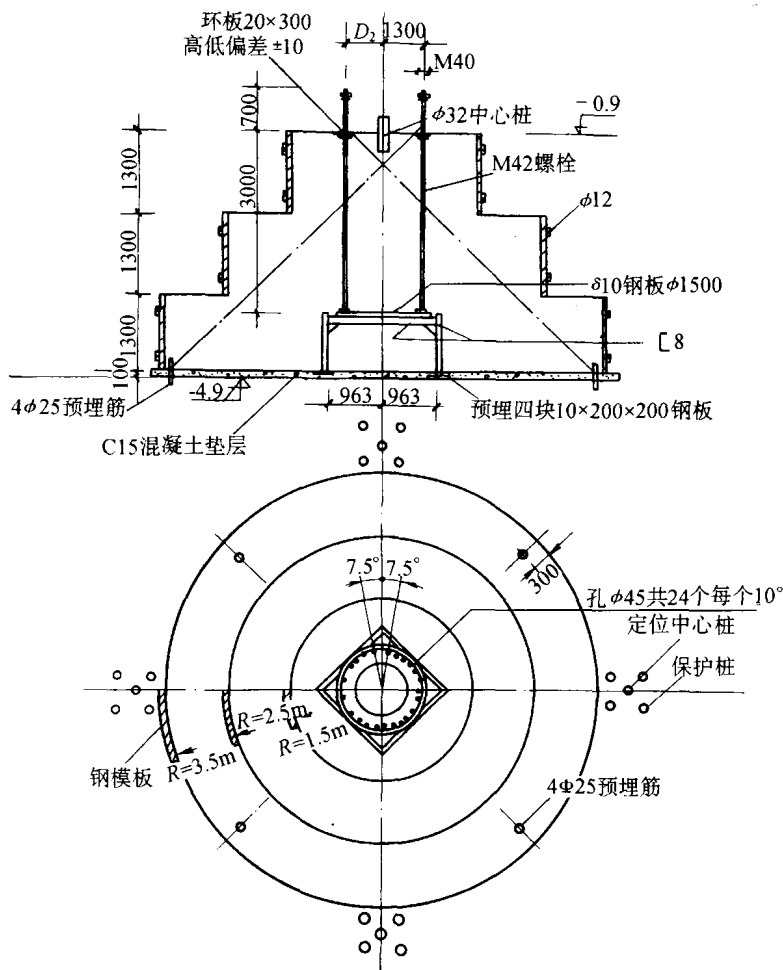


图 1.1-6 中心柱基础支模

钢管桩保护，以免施工中碰撞移动。

②为保证预埋基座螺栓的准确性,24根长3m的M42预埋柱脚螺栓,上下各做一道法兰板与螺栓焊牢,控制整个螺栓组的相对位置,用 $\square 8$ 槽钢做一钢马凳与垫层预埋铁板焊接,控制轴线和标高。用倒链将1.8t重的螺栓组吊装就位,用钢垫片找平垫牢后与钢马凳焊牢。

③施工后对螺栓进行检查,其结果为:轴线位移是0,标高最大偏差为-4mm,小于规范的允许偏差。

2) 钢中心柱制作和运输: 按施工组织设计将中心钢柱分为“柱身”和“柱头”两个部分在加工厂制作, 待运至现场进行组合拼装、吊装就位。

①柱身包含中心柱、牛腿和柱脚三个部分。1) 中心柱长 10.25m, 内管径 800mm, 外管径 1100mm。因中心柱太长, 需分段下料, 料板经卷板机卷成管型后, 采用环形夹具定位, 将其接缝合口施焊, 然后再复卷到圆为止。接长时, 将各段钢管安放在两根 $\square 8$ 槽钢上, 经校正点焊固定后, 在支架上进行转动电弧焊对接, 管柱完成后再进行柱顶制作, 制作程序如下 (见图 1.1-7): a) 将 $\phi 800\text{mm}$ 管平卧放直, 两端头按 90° 找平。b) 将环形托板套在

$\phi 800\text{mm}$ 管的任何位置上。c) 将法兰板靠贴在 $\phi 800\text{mm}$ 管顶端, 找正 90° 后点焊。d) 将肋板 8 块, 分 45° 点焊在 $\phi 800\text{mm}$ 管和法兰板上。e) 将托板恢复到设计位置上并与肋板点焊上。上述工序完成后, 再复核校正, 对应施焊, 避免变形。2) 柱脚和牛腿制作: 将牛腿部分的环板 5、环板 6 先套入管 1, 在柱顶下 3.9m 处设吊点, 柱顶加配重使管 1 吊起后平行地穿入 $\phi 1100\text{mm}$ 外套管内, 再将环形板 6 等套在 $\phi 1100$ 外套管上。其他基本同柱顶制作程序。

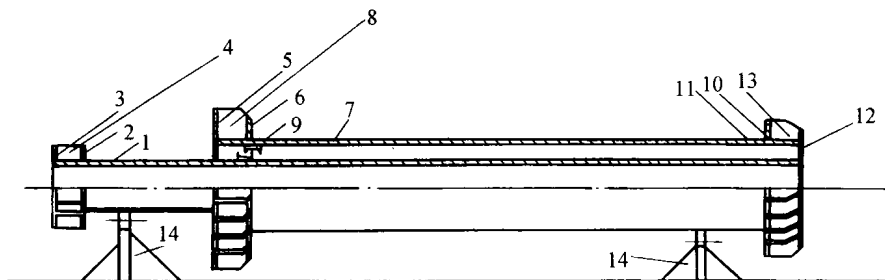


图 1.1-7 中心钢柱制作图

1— $\phi 800$ 钢管；2—托板（环板）；3—法兰板；4—肋板；5—环板；6—环形圆板；7—外套钢管 $\phi 1100$ ；8—肋板；9— $\phi 12$ 钢筋；10—环形板；11—外套钢管 820；12—底板；13—肋板；14—支架

②柱头制作（见图 1.1-8）：柱头的外形为倒锥台，上口为 $\phi 4500\text{mm}$ ，下口为 $\phi 1200\text{mm}$ ，高 3100mm ，制作时采取倒立施工，其主要方法为：1) 将 $\phi 4500\text{mm}$ 的圆形平台板放在操作台面上，按中心定位与平台板 2 焊接好，翻身放在平台上找平。在平台板上划 45° 、 15° 分度线，将腹板 3、吊点板 4 按分度线定位点焊。2) 将中心钢管 5，用斜拉筋定位，保证与平台板 2 成 90° 点焊好。3) 以对称方法点焊 8 根主斜杆，边焊边用角尺复核。4) 将上下平台梁对称点焊，最后盖焊 8 块弧形板。各道工序完工后，经详细检查复核，予以调整后，再行施焊。

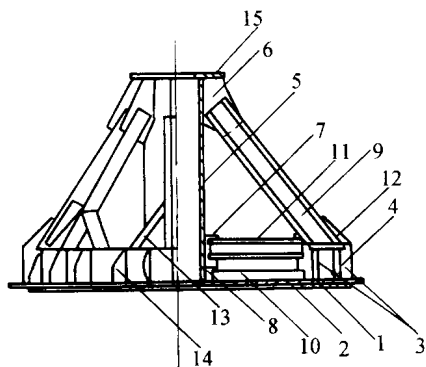


图 1.1-8 柱头制作图

1—环形板；2—圆型平台板；3—内外腹板；4—上下接点板；5—钢管；6—下接点板；7—下节点板；8—上下节点板；9—主斜杆；10—上下平台梁；11—下平台梁；12—弧形板；13—副斜杆；14—内外肋板；15—法兰板

③运输方法：钢柱制成后，将 11t 重的柱头和 10t 重的柱身分别运至现场。运输工具采用平板拖车，因柱身長 10.25m ，配合装卸的 $16\text{t} \cdot \text{m}$ 履带吊需接长扒杆至 12m ，才能满足吊、卸的要求。运输过程中应垫实、垫平，绑扎牢固，防止晃动变形及发生事故。

3) 钢柱现场施工：

①施工顺序为：柱内钢筋笼绑扎固定→钢柱吊装与校正→浇筑柱脚细石混凝土→搭设操作平台→柱身混凝土浇捣→柱帽吊装校正固定→接高操作平台→钢筋接头绑扎处理→柱帽混凝土浇捣。

②主要施工方法：a) 先将钢筋按要求绑扎好，放入钢管柱内固定，弹出钢管柱交叉线，

在柱脚与基础轴线对准处用手电钻打眼，清洗基础杂物、油污等，然后再进行吊装。b) 钢柱与基础留设 5cm 空隙，用四块钢板找平校正，然后紧固螺栓，立即支模，在柱基与钢柱接头处用 C40 细石混凝土浇实（见图 1.1-9）。c) 混凝土浇捣：钢柱选用掺高效减水剂，坍落度达 10~15cm 的流动性混凝土。施工时用吊斗送入柱管内，采用手工加机械的方法震捣密实（见图 1.1-10）。

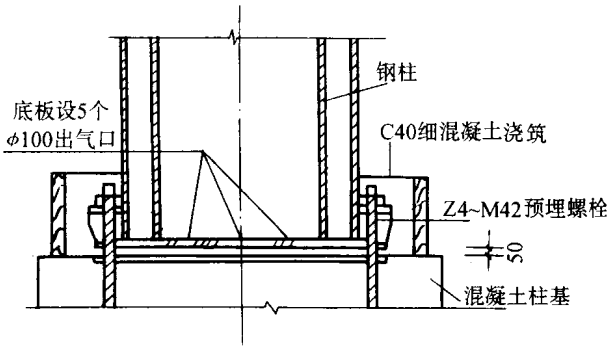


图 1.1-9 中心柱基与柱身联接节点图

施工后，对钢柱从八个面进行了垂直检查，仅东北面外移 4mm，小于允许偏差为 15mm 的验收标准。

4) 钢屋架制作和吊装：

①放线定位：因屋架的上下弦中心线为同一曲率弧线，且屋架的两端支撑标高不同，上下弦节点均不在同一平面上，相互间无简单关系可找，因而采用了与一般屋架不同的施工方法。a. 作直角坐标系，在直角坐标系内根据给定值量出相应各弦点，再将各点按图连接起来，得上、下弦轴线和

腹杆中心线。b. 用半径 57.125m 校核各节点是否在同一弧度上。屋架中心线校核无误后，进行型钢放样。c. 节点板放样，并检查能否满足焊缝长度要求。如不满足，调整联接板尺寸使之符合要求。d. 放样结束，通过检查会签后，再进行下道工序。

②制作胎膜：用强模法，即用角钢料在屋架中心线两侧向外 20mm 处定位焊牢，用铁楔夹紧，保证型钢中心线与屋架中心线重合，腹杆部分按图注尺寸靠一边定位即可。屋架应放平整实，焊接时要分段多人对称同时施焊。

③屋架吊装：24m 长型钢屋架在工厂制作完毕后，用拖拉机牵引运至现场。为避免中心柱偏心荷载过大，采用两台吊车进入室内对称环形吊装，并对称地从扇形开间相对退出后补吊该间支撑系统和屋面板。最后将为了吊车进退而预留的两间环形吊车梁进行补浇混凝土。

1.1.4 球冠面铝合金天棚施工

(1) 设计方案

1) 储存环大厅直径 50m，顶部球冠状屋盖直径为 46m。大厅钢管混凝土中心柱顶标高 12.5m，四周边 24 根钢筋混凝土柱顶标高 8.5m，中心柱与边柱上架 24 榀弧线形钢屋架，使整个屋盖形成球冠状结构。天棚为矢高 4m 的球冠面铝合金条板天棚。

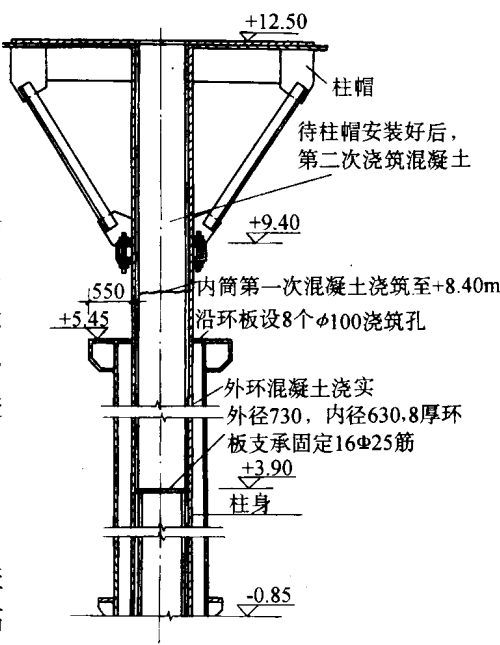


图 1.1-10 管柱混凝土施工图

2) 大厅天棚原设计为普通等宽铝合金条板,中心柱帽无装饰面板,这就存在以下缺点:
①天棚整体不协调,影响美观;②用等宽条板铺设(见图 1.1-11),在每道轴线形成多道三角接缝,线条零乱;③环向接缝压条仅设四道,显得单调。

3) 针对上述缺陷,对原设计方案作了修改:①将普通等宽条板面改为放射形条板面层,将整个球冠天棚分为 24 个放射形折线面,每个折线面由 4 个不同尺寸、不同仰角的梯形条板连接而成的折线形弧面,避免了三角缝。②中心柱帽也设置放射状条板面层,使天棚面层封闭,形成一个整体,增强伞状效果。③考虑到铝合金装饰条板薄长,平面刚度小,挠曲相对过大,以及吊顶中 195 个通风口气流对整个天棚的影响,采用除四道环状盖缝压条外,在每两条接缝压条间增设两道环向压条。见图 1.1-12。改进后的球冠面天棚总面积为 1720m²,由 96 个梯形面、408 道轻钢工字钢梁、432 道主龙骨、336 道次龙骨、2520 块铝合金条板及螺栓等组成。天棚细部结构如图 1.1-13 所示。

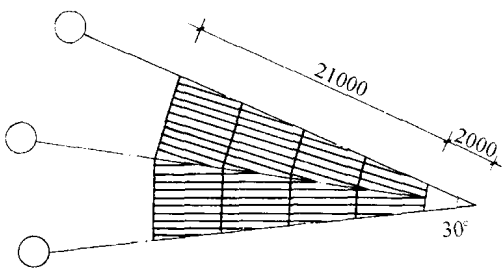


图 1.1-11 铝合金等宽条板铺设

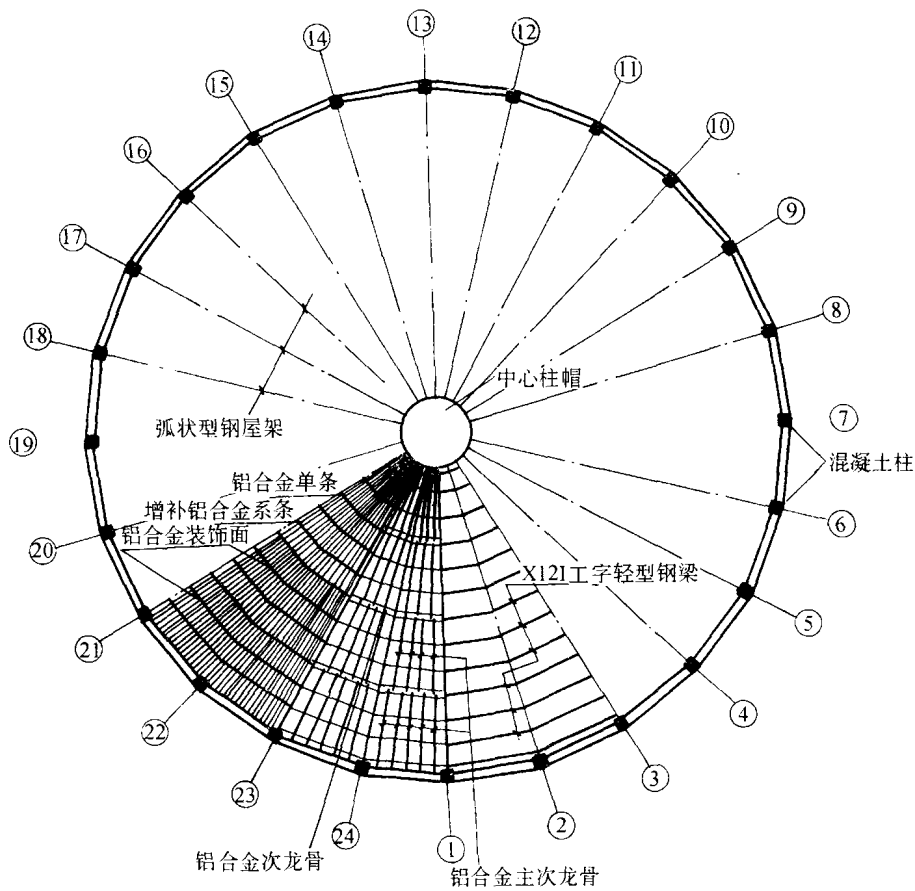


图 1.1-12 储存环大厅天棚吊顶仰视示意图

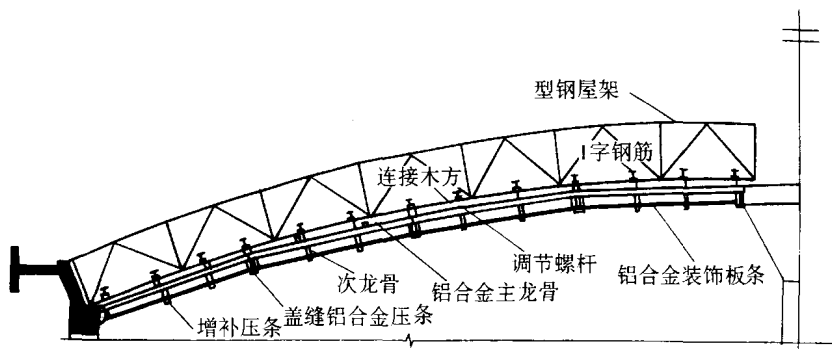


图 1.1-13 储存环大厅铝合金天棚吊顶示意图

(2) 施工工艺

天棚施工顺序为：10 号工字钢龙骨→径向轻钢龙骨（主龙骨）→环向铝合金次龙骨→铝合金盖缝压条→铝合金条板面层→板中环向压条。

1) 按设计要求，以钢屋架下弦为基准，计算确定天棚四道板带间三道接缝处的标高和平面位置，这是确保外形尺寸准确的首要条件。

2) 在每一节间相邻的两榀钢屋架的下弦上面，根据定位计算确定的标高和平面位置，等距离安装 10 号工字钢龙骨，并将联接处焊牢。

3) 径向轻钢龙骨为 UC60 型。以每一环状板带为单元径向排列，自下而上的四个环状梯面分别布置 144、120、96、72 根轻钢龙骨，间距为 600~1000mm。各梯面内的轻钢龙骨都按相应梯面的仰角指向顶心设置。轻钢龙骨上与钢梁用 $\phi 6$ 螺栓杆连接，利用屋架下弦节点来控制轻钢龙骨的标高，用螺杆调整其高度和仰角，以保证各梯面标高的准确。为使轻钢龙骨具有良好的整体性，其上用 40mm×50mm 方木作环向固定。

4) 环向铝合金次龙骨沿环形方向排列，间距为 900mm，由大厅中心向周边扩展依次安装，并用 18 号铜丝固定于轻钢龙骨。由于铝合金次龙骨与放射形条板配套，次龙骨的卡齿尺寸因其位置不同而相异，材料的定位、定向性较强；因此，必须注意次龙骨的长度及其位置对号安装，还要注意上一道次龙骨的卡齿较下一道的卡齿宽度尺寸小。各道环形次龙骨应成封闭交圈，各圈次龙骨齿数应为整数且与该圈计划面板数相等。

5) 铝合金次龙骨安装好后，将铝合金盖缝压条按板带接缝位置固定好，然后进行面层条板的装配和增补压条的施工。面板的安装先在一个节间内试装，不同标高的 4 个梯面化为 4 个流水段，依次向上拼装。试装成功后同时向两侧扩展安装，直至合拢。

1.1.5 屋面防水施工

储存环大厅工程屋面为直径 50m 的球冠型，四周与之相连的试验用房为平屋面。屋面面积大，而且高低错落，形状复杂，使用功能要求高，如何解决屋面防水问题，是屋面工程设计和施工的又一道难题。该屋面防水工程的实践是在经历第一次失败后，多次论证、研究，采取综合措施后获得成功。

(1) 第一次防水工程失败的主要原因

1) 原设计概况：原设计为预制屋面板上做水泥砂浆找平层，其上铺珍珠岩块保温层，