

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

建筑施工 新技术及应用

JIANZHU SHIGONG
XINJISHU JI YINGYONG

胡玉银 吴欣之◎主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

建筑施工 新技术及应用

JIANZHU SHIGONG
XINJISHU JI YINGYONG

胡玉银 吴欣之◎主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

建筑工程的大发展为施工技术研究提供了广阔舞台。工程技术人员积极探索利用现代高新技术改造和提升传统建筑施工工艺,取得了丰硕成果。本书从一个侧面反映了我国建筑工程施工技术研究与实践的部分成果。全书共4章:第1章为建筑桩基施工技术,第2章为地下建筑结构施工技术,第3章为钢筋混凝土结构施工技术,第4章为建筑施工信息化技术。

本书可作为建筑工程施工现场专业人员的继续教育培训教材,也可供相关专业大中专院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工新技术及应用/胡玉银,吴欣之主编. —北京:中国电力出版社,2011.2

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

ISBN 978-7-5123-0949-4

I. ①建… II. ①胡…②吴… III. ①建筑工程-工程施工-施工技术-技术培训-教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第026126号

中国电力出版社出版发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

责任编辑:周娟华 E-mail: juanhua Zhou@163.com

责任印制:蔺义舟 责任校对:闫秀英

汇鑫印务有限公司印刷·各地新华书店经售

2011年4月第1版·2011年7月第4次印刷

787mm×1092mm 16开本 17.25印张 419千字

定价 36.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编委会成员

编委会主任：向寒松

常务副主任：李 瑛

编委会委员：（按姓氏笔画排序）

于金生	王积孝	朱世平	余 萍	李庚尧
陈光圻	吴锡锦	陈扬年	周 娟	钱 莹
符里刚	龚国兴	龚 毅	谭翔北	

序

按照国家有关规定，在职人员的继续教育已形成制度，工程建设行业的继续教育也已有相当规模。但是，由于受各种条件的限制，致使培训教材建设有些滞后，迫切需要反映当前建设行业最新的理念、知识和技术的新教材，以适应在职人员的培训和学习需要。

由于我国经济建设发展迅猛，新技术、新工艺、新材料层出不穷，培训教材的更新也应加快速度，缩短周期。两年多来，我们搜集了近十多年来出版的数十个版本相关培训教材和书籍，逐一进行对比分析；调研了各地培训现状，深入基层了解实际需求，广泛征求各方意见；多次召开编审会和教材研讨会，本着求真务实、宁缺勿滥的原则，力争编写内容新、实用性强的培训教材。于是，我们邀集了活跃在我国重点工程建设的著名高级技术人才，从事教学、管理数十年的资深专家，作为这套丛书的主编。虽然他们异常忙碌，但却非常支持我们的工作，在此表示衷心的感谢。

本套培训教材的主要特点如下：

1. 内容新颖凝练，实用性强，理论与实践相结合，有些新技术、新工艺已成功地运用到北京国家大剧院和上海世博会。

2. 主编资历深、专业水平高，既有扎实的理论功底，又有丰富的实践经验。

3. 从岗位实际出发，以提高从业人员的业务能力为目标，基础理论点到为止，侧重以新的理念为先导，在讲解新技术、新方法的同时，辅以解决问题的思路和管理模式，体例便于自学。

4. 由于旨在补充新知识，因此受众较为宽泛，可作为工程建设专业技术人员和施工现场管理人员的继续教育培训教材、各类资质培训的选修教材，又可作为相关人员的自修读物。

编委会
2011.3.30

前 言

进入 21 世纪以来,随着经济的持续繁荣,我国以超高层建筑、大型公共建筑和地下建筑为代表的建筑工程层出不穷。我国建筑工程发展呈现出以下显著特点:①超高层建筑不断攀登新高度。2009 年落成的上海环球金融中心高达 492m,2010 年广州新电视塔更以 610m 的高度成为世界第一高塔;②结构的跨度越来越大。以北京国家大剧院、国家奥林匹克体育场和上海南站为代表的钢结构工程,跨度都超过或接近 300m;③结构的体形越来越特殊。中央电视台新台址和广州 610m 高的新电视塔表现的尤为突出,前者以倾斜塔楼和高空正交悬臂为特征,后者则以扭动编织的花篮形状为特征;④基础的埋置深度越来越大。桩基础入土深度接近 100m,地下连续墙入土深度达 70m,基础筏板进埋深已超过 30m;⑤施工的环境约束越来越强。随着城市化程度的不断提高,许多新建建筑工程周边或多或少存在重要的市政设施和建筑,建筑施工时环境保护要求高。

建筑工程的大发展为施工技术研究提供了广阔舞台。工程技术人员积极探索,利用现代高新技术改造和提升传统建筑施工工艺,并取得了丰硕成果。本书从一个侧面反映了我国建筑工程施工技术研究与实践的部分成果。全书共 4 章:第 1 章为建筑桩基施工技术,第 2 章为地下建筑结构施工技术,第 3 章为钢筋混凝土结构施工技术,第 4 章为建筑施工信息化技术。本书可作为建筑工程施工现场专业人员的继续教育培训教材,也可供相关专业大中专院校师生学习参考。

全书由胡玉银和吴欣之主编及审稿,伍小平、周蓉峰、夏凉风、严再春等参与了书稿的组织及统稿工作。编写人员具体分工如下:第 1 章、第 2 章的 2.4 由严时汾、周蓉峰编写,第 2 章的 2.1、2.2、2.3、2.6 由周蓉峰编写,2.5 由周蓉峰、吴欣之编写,2.7 由钟铮、余清雅、林巧编写,2.8 由丁鼎、杨旭编写,2.9 由姜向红、丁义平编写,2.10 由周臻全编写,2.11 由顾国明编写,2.12 由姜向红、张庆福编写,2.13 由夏凉风编写,2.14 由吴小建、颜正红、杨子松编写;第 3 章的 3.1、3.3、3.4 由吴德龙、陈建大、焦贺军、陈尧亮编写,3.2 由陆云、卞耀洪编写,3.5 由栗新编写,3.6 由马建荣、王丽红编写,3.7 由沈孝庭编写,3.8 由胡玉银、陆云、潘峰编写,3.9 由张德锋编写,3.10 由王美华编写;第 4 章的 4.1 由伍小平、高健、赵大鹏编写,4.2 由崔晓强编写,4.3 由卞若宁编写。书中新技术及工程案例主要由上海建工集团股份有限公司及下属单位提供,预应力施工技术及应用由上海建科预应力技术工程有限公司提供。

受作者水平和编写时间所限,本书难免存在疏漏和不当之处,敬请广大读者批评指正!

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 建筑桩基施工技术	1
1.1 灌注桩后注浆技术	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 技术简介	1
1.1.3 工程实例	2
1.2 一柱一桩施工技术	4
1.2.1 概述	4
1.2.2 技术简介	4
1.2.3 工程实例	5
1.3 扩底(径)桩施工技术	10
1.3.1 概述	10
1.3.2 技术简介	10
1.3.3 工程实例	12
第 2 章 地下建筑结构施工技术	15
2.1 采用 CD 机处理地下障碍物技术	15
2.1.1 概述	15
2.1.2 技术简介	15
2.1.3 工程实例	17
2.2 地下墙墙顶落低施工技术	19
2.2.1 概述	19
2.2.2 技术简介	20
2.2.3 工程实例	22
2.3 抓铣结合的地下连续墙施工技术	24
2.3.1 概述	24
2.3.2 技术简介	24
2.3.3 工程实例	25
2.4 地下连续墙侧向成墙施工技术	29
2.4.1 概述	29
2.4.2 技术简介	30
2.4.3 工程实例	33
2.5 预制地下连续墙施工技术	34
2.5.1 概述	34

2.5.2	技术简介	35
2.5.3	技术特点	37
2.5.4	技术内容	37
2.5.5	工程实例	37
2.6	钢筋混凝土支撑切割拆除技术	41
2.6.1	概述	41
2.6.2	技术简介	41
2.6.3	工程实例	43
2.7	软土地区深基坑逆作法施工技术	45
2.7.1	概述	45
2.7.2	技术简介	46
2.7.3	工程实例	53
2.8	框架逆作法施工技术	71
2.8.1	概况	71
2.8.2	技术简介	72
2.9	高层建筑双向同步逆作法施工技术与应用	79
2.9.1	概述	79
2.9.2	技术简介	80
2.9.3	工程实例	80
2.10	超大型基坑工程踏步式逆作施工技术	92
2.10.1	工程概况	92
2.10.2	施工工艺原理	92
2.10.3	关键施工技术及实施	92
2.10.4	工程应用效果	95
2.11	深基坑自适应支撑系统应用技术	95
2.11.1	概述	95
2.11.2	技术简介	96
2.11.3	工程实例	101
2.11.4	结语	103
2.12	地下通道盖挖法施工技术	103
2.12.1	概述	103
2.12.2	施工工艺流程	104
2.12.3	工程实例	107
2.13	地下通道顶管法施工技术	113
2.13.1	概述	113
2.13.2	技术简介	113
2.13.3	工程实例	114
2.14	地下通道双重置换工法施工技术	119
2.14.1	概述	119

2.14.2 技术简介	119
第3章 钢筋混凝土结构施工技术	128
3.1 高流态混凝土技术	128
3.1.1 概述	128
3.1.2 技术简介	128
3.1.3 工程实例	131
3.2 清水混凝土及模板技术	131
3.2.1 概述	131
3.2.2 技术简介	132
3.2.3 工程实例	141
3.3 超高泵送混凝土技术	146
3.3.1 概述	146
3.3.2 技术简介	146
3.3.3 工程实例	150
3.4 大体积混凝土施工技术	151
3.4.1 概述	151
3.4.2 技术简介	151
3.4.3 工程实例	153
3.5 预制装配式(PC)住宅设计技术	154
3.5.1 概述	154
3.5.2 设计关键技术	155
3.5.3 工程实例	155
3.6 装配式多功能保温预制墙板制作技术	161
3.6.1 概述	161
3.6.2 技术简介	162
3.6.3 工程实例	167
3.7 产业化住宅建筑节能施工技术与应用	169
3.7.1 概述	169
3.7.2 技术简介	170
3.7.3 工程实例	173
3.8 单元组合式液压自动爬模技术及其应用	175
3.8.1 概述	175
3.8.2 技术简介	177
3.8.3 工程实例	182
3.9 预应力混凝土施工技术	194
3.9.1 概述	194
3.9.2 技术简介	195
3.9.3 工程实例	203
3.10 高层建筑结构增层改造施工	208

3.10.1	概述	208
3.10.2	技术简介	209
3.10.3	工程实例	220
第4章	建筑施工信息化技术	239
4.1	大体积混凝土温控技术	239
4.1.1	概述	239
4.1.2	技术简介	240
4.1.3	工程实例	248
4.2	超高层（高耸）结构施工控制技术	251
4.2.1	概述	251
4.2.2	超高层建筑的施工控制系统	254
4.3	建筑信息模型系统（BIM）的应用	258
4.3.1	概述	258
4.3.2	BIM 在项目各阶段的应用	261
4.3.3	BIM 对施工企业和具体项目的重要意义	262
4.3.4	施工企业应怎样进入 BIM 时代	264
参考文献		265

第1章 建筑桩基施工技术

1.1 灌注桩后注浆技术

1.1.1 概述

随着高层建筑、特殊建筑物的日益增多,为减少基础沉降和不均匀沉降,对钻孔灌注桩施工技术提出了新的要求。如何改善桩底沉渣、桩端受到扰动的土层对桩的承载力的影响,可通过桩端后注浆技术提高桩端土体的承载力,从而大幅度提高单桩承载力,同时控制基础的整体沉降和不均匀沉降,使得钻孔灌注桩施工技术得到进一步发展。

1.1.2 技术简介

桩端后注浆技术是在钻孔灌注桩成桩、桩身混凝土达到预定强度后,采用高压注浆泵通过预埋注浆管注入水泥浆液或水泥与其他材料的混合浆液,浆液渗透到疏松的桩端虚尖中,固化桩底沉渣,加固桩底周围的土体;随着注浆量的增加,水泥浆液不断向由于受泥浆浸泡而松软的桩端持力层中渗透,增加了桩端的承压面积,相当于对钻孔桩进行扩底。当水泥浆液渗透能力受到周围致密土层的限制,使压力不断升高,对桩端土层进行挤压、密实、充填、固结;将使桩底沉渣、桩端受到扰动的持力层得到有效的加固或压密,从而改善了桩、土之间的联系,提高了桩端土体的承载力,并提高了单桩承载力,减少了基础的沉降、不均匀沉降。

1. 施工工艺流程

施工工艺流程是:钻孔灌注桩施工→钢筋笼预置注浆管→浇筑桩体混凝土后7~8h内清水疏通注浆管→7d后开启注浆管,使浆液均匀加入,加固土体→注浆量(或注浆压力)达到设计要求后,停止注浆→转移到另一孔注浆,直至结束所有桩施工。

2. 后注浆施工要点

在钻孔桩每根钢筋笼上通长安装两根压浆管须符合设计要求,压浆管必须与钢筋笼主筋牢靠固定,并与钢筋笼整体下放,若是一柱一桩,格构柱部分的注浆管放置在格构柱外侧。压浆管埋入桩底20~50cm,管与管之间采用丝牙连接,外面螺纹处用止水胶带包裹,并牢固拧紧密封。

下放钢筋笼必须缓慢,严禁强力冲击。在每节钢筋笼下放结束时,必须在压浆管内注入清水以检查管子的密封性能。当压浆管内注满清水后,以保持水面稳定不下降为达到要求。如果发现漏水,应提起钢筋笼检查,在排除障碍物后才能下笼。压浆管每连接好一段,必须使用10~12号铁丝,每间隔2~3m与钢筋笼主筋牢固地绑扎在一起,严防压浆管折断。对露在孔口的压浆管必须用堵头封闭,防止杂物及泥浆掉入压浆管内,确保管路畅通。在桩身混凝土浇筑后7~8h内,必须用清水劈裂,水量不宜大,贯通后即刻停止灌水。

在桩底压浆时,若有一根注浆管发生堵塞,可将全部的水泥浆量通过其他畅通导管一次压入桩端。对桩端压浆管全部不通的桩,必须采取补压浆措施:在桩侧采用地质钻机对称钻两直径约90mm的小孔,深度超过桩端50cm,然后在所成孔中重新下放两套注浆管并在距桩底端2m处用托盘封堵,并用水泥浆液封孔,待封孔5d后即进行重新注浆,补入设计浆液。每完

成一根桩的压浆工作，现场质量员应做好有关施工记录，且要求做到及时、真实、准确。

1.1.3 工程实例

1. 上海光源工程概况

上海光源工程（SSRF）位于上海浦东新区张江高科技园区内，如图 1-1 所示，该工程是中能第三代同步辐射光源，运行能量为 3.5GeV，环周长为 432m，具备同时提供 60 多条



图 1-1 上海光源鸟瞰效果图

光束线的能力，可以同时为近百个实验站供光。上海光源工程是我国有史以来最大的科学装置，建成后将成为我国多学科前沿研究中心和高新技术的开发应用研究基地。

本工程桩基桩端持力层为 72 层。桩基主要是起隔振作用，因此，保证桩底后注浆的成功率就成了整个工程的重中之重。桩基施工过程控制要点见表 1-1。

表 1-1

桩基施工过程控制要点

施工环节	重点控制项目
钢筋笼制作	检查底笼长度
	实测孔深，根据孔深确定注浆管超出底笼末道环箍的距离，并在绑扎后再次测量此段长度
钢筋笼下放	下笼过程中检查注浆管是否绑扎牢固及连接情况（是否包裹生料带、丝牙处是否拧紧），分节注水以检查密封性
注射器成型	检查注射器安装情况，包括单向阀门是否装反，丝牙处是否包裹生料带并拧紧，开孔处是否已包裹胶带
清水劈裂	根据混凝土浇筑完毕的时间确定清水劈裂的时间，现场监督，记录击穿压力
注浆浆液拌制	水泥标号、用量是否正确，经过滤网过滤
桩端后注浆	根据混凝土浇筑完毕的日期确定注浆日期，现场监督注浆全过程，记录注浆量、注浆压力
资料整理	整理注浆资料，帮助分析过程中出现的问题，提高注浆成功率

通过严格控制各道工艺，本工程的桩基后注浆的合格率为 100%。同时静载荷试验结果表明，桩底后注浆的桩基桩端受力极小，这是因为后注浆工艺改善了桩端持力层的性质，为桩基承载力提供了更大的安全储备；桩端后注浆能够提高单桩承载力，桩基沉降明显减小，使得桩长减短，工程量减少，节省了造价，可以为以后的设计施工提供一种新的优良桩型选择。

2. 上海中心大厦工程概况

正在建设中的上海中心大厦工程位于上海浦东新区小陆家嘴核心区域，是社会各界瞩目的重大工程。整个基坑占地面积约为 30 370m²，建筑面积约为 380 000m²，主楼建筑结构高度为 580m，地下车库埋深为 25~30m，总高度为 632m，为超高层摩天大楼。建成后的上海中心大厦将代表着上海的城市建设又迈向一个新的高度。

本工程承压桩为 $\phi 1000$ ，桩底标高 -83.70m，成孔深度约 88m，桩端入⑨2 层 10m，桩身在⑦层、⑨层两个砂性土层中的总长度约 60m，选用 GPS-20 型工程钻进行施工，并采用泵吸反循环成孔、泵吸反循环一清、泵吸反循环二清的工艺。泥浆循环过程中，采用专用除砂机进行除砂，保证循环泥浆的性能。承压桩进行桩底后注浆，注浆量为 2.5t 水泥/根，

水泥标号采用 P42.5，水泥浆水灰比为 0.55。

施工步骤如下：

(1) 预埋注浆管。按照设计图纸要求规定的压浆管长度进行断料。压浆管采用 $\phi 25\text{mm}$ 黑铁管，孔底以上 30cm 处开设出浆孔，出浆孔孔径大于或等于 7mm，且要求总的出浆孔总面积不小于压浆管内孔的截面积。压浆出口用薄型橡胶封闭，一般使用推车内胎并用扎丝扎牢。用于声测管作后注浆的预埋管，其由检测单位确定。压浆管底部安装可靠有效的后压浆单向阀。

(2) 压浆施工

1) 根据本工程实际情况，压浆泵选用泵压不低于 7MPa 的高压注浆泵。地面输浆软管采用耐压值不低于 10MPa 的双层钢丝纺织胶管。胶管内径为 25mm。

2) 根据工程桩施工进度，对桩身混凝土强度达 70%（成桩 7d 后）的桩的桩号及完工日期进行统计列表，按顺序进行压浆施工。

3) 水泥浆配制要求。水泥采用 P42.5 级普通硅酸盐水泥，同时要求水泥新鲜、不结块。单桩注浆量约 3t 水泥，水灰比为 0.55，搅拌时间不小于 2min。搅拌好的水泥浆液用孔径不大于 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的滤网进行过滤。

4) 压入水泥浆。在桩身混凝土强度达 70% 后，开始压入水泥浆。压浆按照自下而上的原则控制，压浆时须控制渗入，确保慢速、低压、低流量，以让水泥浆自然渗入土层。本工程压力控制在 2MPa 以内，一般情况下取 0.6~0.8MPa，流速控制在 30~40L/min 以内，每根桩必须一次压浆完成，特别是两根压浆管压浆时间间隔不得超过 12h。压浆控制采用双控标准：当压浆量达到设计注浆量时停止压浆；当泵压值达到 3MPa 并持荷 3min，且压浆量达到设计注浆量的 80% 时停止压浆。在桩底压浆时，若有一根注浆管发生堵塞，可将全部的水泥浆量通过其他畅通导管一次压入桩端。

每完成一根桩的压浆工作，现场质量员应做好有关施工记录，且要求做到及时、真实、准确。注浆管安放及注浆器埋置图如图 1-2 所示。

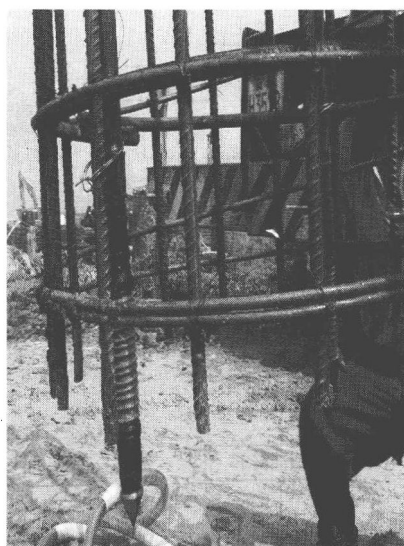
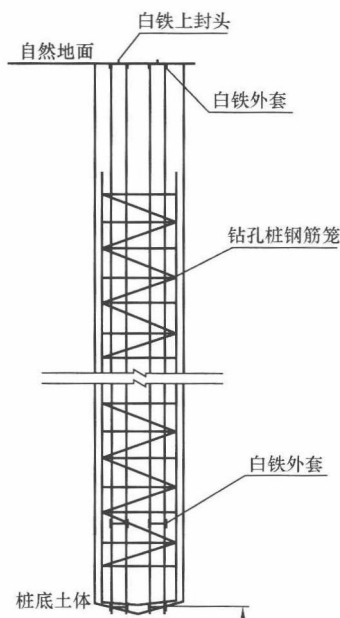


图 1-2 注浆管安放及注浆器埋置图

在上海中心大厦工程中,通过试桩测试结果分析可知,软土地基钻孔灌注桩桩端注浆后单桩极限承载力大幅度提高,同时说明了注浆后桩周围土的支承力大幅度提高。经过试验分析,在本工程中工程桩施工采用桩端后注浆技术,桩端水泥用量为 4000kg,桩端注浆终止标准采用注浆量和压力双控的原则,以注浆量控制为主,注浆压力控制为辅。上海中心大厦项目主楼桩基采用后注浆钻孔灌注桩,相比较采用钢管桩的桩型,工期缩短近一半,对周边环境的影响相当小,节约桩基投资约 70%,其社会效益和经济效益特别明显。

1.2 一柱一桩施工技术

1.2.1 概述

随着我国城市建设的发展,土地资源紧缺现象日益突出,因此,城市建筑向空中、地下发展是必然趋势。为加快施工进度,新的施工技术——逆作法施工应运而生。在逆作法施工中柱(劲性钢柱)和支承桩(钻孔灌注桩)的施工是重要的组成部分,简称为这种桩为一柱一桩施工技术。

1.2.2 技术简介

所谓一柱一桩,即钻孔灌注桩桩、柱一体施工,是指上部钢柱(截面中心须有空腔)根部嵌固于下部桩顶部的桩和柱在钻孔灌注桩施工中一次施工成型的施工方法,施工工艺流程图如图 1-3 所示。

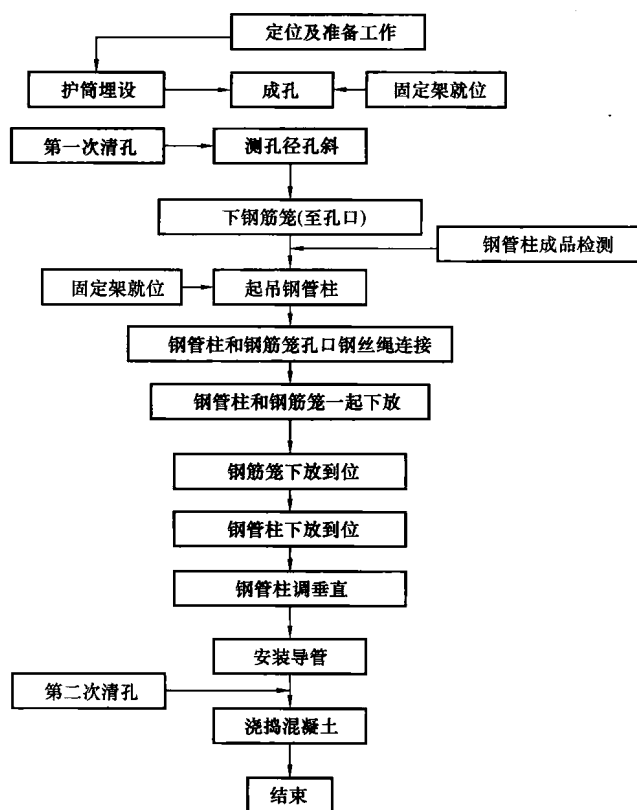


图 1-3 施工工艺流程图

(1) 钻机定位。混凝土地坪浇筑时应埋设钻机(校正架)定位埋件。埋件位置应与钻机(校正架)底架尺寸对应。埋件数量应不少于 6 件,沿钻机(校正架)周边均匀分布。桩孔定位后应在混凝土地坪上画出桩位中心的十字线,钻机定位时钻机底架上的十字标记对应桩位中心十字线进行定位。定位的允许偏差应小于 10mm。钻机定位后钻机底架与埋件应焊接固定。

(2) 钢柱的安装与校正。钢柱截面中心必须有空腔,如图 1-4 所示。钢柱安装前,桩孔已检测合格,钢筋笼已安装。桩孔垂直度应符合设计要求,设计无要求时垂直度不宜大于 1/200。钢柱安装时应先回直,使钢柱在铅垂的状态下吊入桩孔。钢柱安装嵌入桩顶的长度应不小于设计规定的长度。嵌固处的构造处理应符合设计图纸要求。钢柱

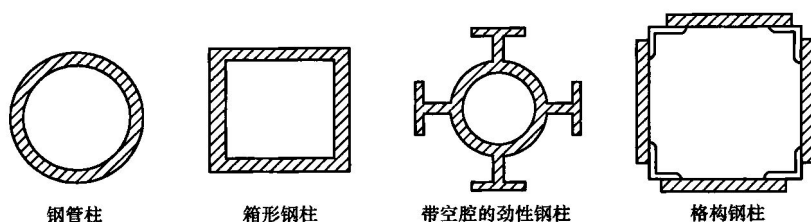


图 1-4 有空腔的钢柱截面示意图

采用两台经纬仪在互成 90° 的位置进行校正。钢柱的最终垂直度应符合设计要求, 设计无要求时, 垂直度不宜大于 $1/500$ 。钢柱校正的方法有校正架校正法、千斤顶支架校正法和电控校正法等。

(3) 混凝土施工。灌注混凝土的导管从钢柱空腔内下放并居中。灌斗不得直接支承在钢柱上口, 灌注中不得碰撞钢柱。灌注中应控制混凝土面上升高度, 当混凝土面接近钢柱底端时, 导管埋入混凝土的深度宜在 3m 左右, 灌注速度适当放慢; 混凝土面进入钢柱底端 $1\sim 2\text{m}$ 后, 宜适当提升导管, 导管提升应平稳, 同时应观测地面校正段的垂直度, 若出现偏差, 应在混凝土刚进入钢柱底端时进行校正。当柱子为钢管混凝土柱且钢管柱和桩身的混凝土采用不同强度等级时, 应通过控制不同强度等级的混凝土面的标高, 保证进入钢管柱内的混凝土达到要求。灌注中, 当桩身中低强度等级的混凝土面距钢管柱底端 2m 时, 提升导管, 使导管埋入深度距钢管柱底端 4m , 停止灌注低强度等级的混凝土, 接着灌注高强度等级的混凝土, 灌注中应两次泛浆: 当混凝土灌至桩顶时进行第一次泛浆时, 泛浆高度为 2m 。泛浆后在桩与钢管柱间隙周边均匀对称回填碎石, 控制钢管柱外的混凝土继续上升; 当混凝土灌至钢管柱上口时, 进行第二次泛浆, 使不良混凝土由钢管柱上口周边的泛浆口泛出, 直至见到洁净混凝土如图 1-5 所示。

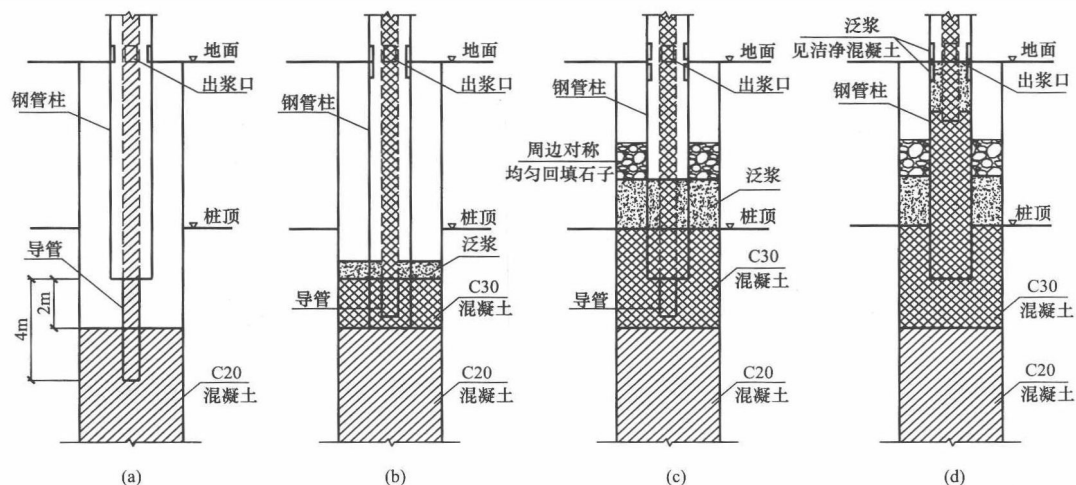


图 1-5 桩、柱一体施工混凝土灌注示意图

1.2.3 工程实例

工程实例为 500kV 静安 (上海世界博览会, 简称世博会) 变电站。

1. 工程概述

500kV 静安 (世博会) 变电站, 工程总投资近 30 亿元, 占地约 $13\,300\text{m}^2$ 。变电站建筑

设计为筒形地下四层结构,筒体外径为 130m,埋置深度为 34.5m。它是我国目前城际供电网中最大的地下变电站,其建设规模也是同类工程之首,也是世界第二座 500kV 大容量全地下变电站,国际上也仅有日本新丰洲变电所(直径为 144m、埋置深度为 29m,500kV)能与之媲美,如图 1-6 所示。

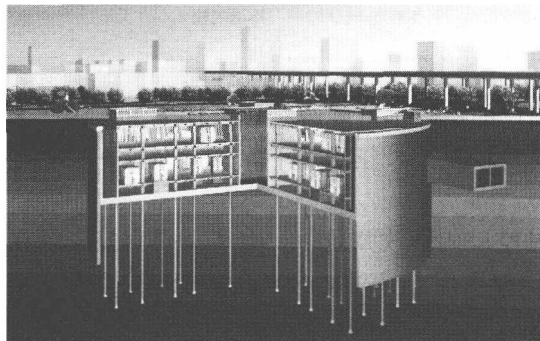


图 1-6 工程效果图

本项目作为世博会的重要配套工程,位于上海市静安区成都北路、北京西路、山海关路和大田路围成的区域之中,站址可用地块包括南北方向长约 220m、东西方向宽约 200m。根据市政规划,本站址所处地块为公共绿地,地面部分将建设上海市“雕塑公园”。

本工程结构是直径为 130m 的圆柱筒体,开挖深度为 33.7m。本工程采用的一柱一桩是 89.5m 深的 $\phi 950$ 钻孔灌注桩,内插 33m 的 $\phi 550 \times 16$ 钢管柱,此深度的一柱一桩施工在上海地区属首次使用,如图 1-7 所示。



图 1-7 施工时场地全貌

2. 工程特点和施工措施

工程特点和施工措施包括以下内容:

(1) 特点一:超深灌注桩成孔垂直度(1/500)控制。本桩基工程中一柱一桩(桩底注浆)桩底标高均为-89.5m(桩端持力层为⑨2中砂层),成孔深度将达 90m。由于一柱一桩桩身内插立柱钢管采用 $\phi 550 \times 16$,垂直度要求为 1/600,为进一步确保钢筋笼与钢管间的调垂空间,所以必须要求控制成孔垂直度达到设计要求(1/500),远大于规范 1/100 的要求。

基于上述情况,在施工过程中,对成孔垂直度采用以下措施:

1) 由于成孔深度深、地层土质结构变化大, 将给成孔的垂直度带来困难, 这就要求选用底盘较为稳定的钻孔机具, 并且成孔时采用控制钻速、减压钻进的施工工艺, 以达到垂直度的要求。因此, 针对性地选择扭矩大、钻机稳、功率大的 GPS-20A 型回旋钻机 (转盘扭矩 $60\text{kN}\cdot\text{m}$), 如图 1-8 所示并采用防斜梳齿钻头, 除增加钻头工作的稳定性和刚度, 也增加其钻头耐磨性能。该钻头可用于钻进 N 值为 50 以上的较硬硬土层、带砾石的砂土层。钻头上直接装置配重块, 既能保证钻头压力, 又能提高钻头工作稳定性和钻孔的垂直精度。



图 1-8 防斜梳齿钻头

2) 成孔过程中塔架头部滑轮组、回转器与钻头始终保持在同一铅垂线上, 并保证钻头在吊紧的状态下钻进 (减压钻进), 过程中应随时检查机架平整度及调整其水平。减压钻进采用拉力控制措施, 如图 1-9 所示。

(2) 特点二: 超长钢管柱 (37.5m) 垂直度 ($1/600$) 控制。本工程钢管柱的垂直度要求为 $1/600$, 远大于规范要求的 $1/100$, 且钢管长度大, 最长达 33.045m; 并且由于运输原因, 需要分两段到现场焊接成型。如何保证焊接过程及吊装过程的垂直度, 如何在地面以下有效地对垂直度进行检测并进行调整, 这均是本工程的难点。

因此在施工过程中, 采用以下措施 (图 1-10、图 1-11):



图 1-9 拉力控制, 减压钻进

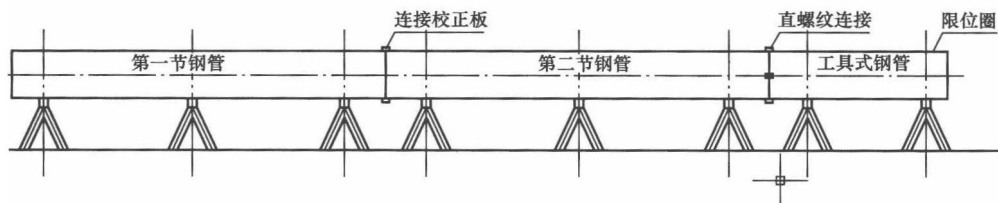


图 1-10 钢管拼接示意图