



建筑业 10项新技术(2005) 应用指南

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

建筑业 10 项新技术(2005)应用指南

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑业 10 项新技术(2005)应用指南/本书编委会
编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005
ISBN 7-112-07543-2

I. 建… II. 本… III. 建筑业—新技术—指南
IV. TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083387 号

本书是根据建设部“关于进一步做好建筑业 10 项新技术推广应用的通知”要求, 由建设部质量安全司组织有关各方面专家编写而成。与前版《建筑业 10 项新技术及其应用》相比, 本书在内容上更加丰富, 每项技术都介绍了国内外发展概况、技术的内容、技术指标、工程应用的典型工程介绍及技术经济效益分析。这些新技术既成熟可靠, 又代表了现阶段我国建筑业技术发展的最新成就, 在全国示范工程中应用, 取得了明显的社会效益和经济效益。本书可供建筑施工技术人员、建筑工程设计人员、科研人员及建筑工程管理人员参考使用。

责任编辑: 王 梅 咸大庆

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 关 健 孙 爽

建筑业 10 项新技术(2005)应用指南

本书编委会 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

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 41 $\frac{1}{4}$ 字数: 1028 千字

2005 年 8 月第一版 2006 年 2 月第二次印刷

印数: 4001—6500 册 定价: 68.00 元

ISBN 7-112-07543-2

(13497)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《建筑业 10 项新技术(2005)应用指南》

编 委 会

顾 问：金德钧 吴之乃 叶可明 杨嗣信 徐正忠
毛志兵 刘自明 范庆国 贾 洪 肖绪文

主 编：徐 波

副主编：王有为 吴慧娟

委 员：赵宏彦 滕延京 戎君明 冯大斌 糜嘉平
赵基达 严 健 徐 伟 曹乃明 岳建平
杨富春 郭万清 崔建友 李 军 施炳华

前 言

建设部 1994 年下发《关于建筑业 1994、1995 年和“九五”期间重点推广应用 10 项新技术的通知》对于提高工程质量、加快工程进度起到了积极的作用,取得了明显的经济和社会效益。1998 年,根据我国建筑施工技术发展的实际情况,又下发了《关于建筑业进一步推广应用 10 项新技术的通知》,对 1994 年提出的 10 项新技术进行了修订,进一步推动了新技术的推广应用,带动建筑业快步走上了依靠科技进步提高工程质量和综合效益的道路。

近年来,随着我国国民经济的持续稳定快速发展,国家对建设投入大幅增长,建筑业得到空前发展,新技术、新材料、新工艺和新方法层出不穷,建筑业的整体技术水平得到很大提高。为了适应当前的发展形势,加大新技术推广应用力度,引导建筑企业采用先进、成熟、适用的新技术,保证工程质量,提升综合效益,2004 年起,建设部组织中国建筑科学研究院、中冶集团建筑研究总院、铁道科学研究院、中国模板协会、中国安装协会、中国建筑业协会建筑防水分会、中建总公司科技部、北京中建建筑科学技术研究院、北京建筑工程研究院、中国港湾建设(集团)总公司、中国路桥(集团)总公司、同济大学土木工程学院、河海大学土木工程学院、东南大学土木学院和北京东方建宇混凝土技术科学研究院等单位数十位专家对 10 项新技术进行了修订,并于 2005 年下发了《关于进一步做好建筑业 10 项新技术推广应用的通知》。

修订后的“建筑业 10 项新技术(2005)”,在内容上较以往作了大幅调整,扩大了覆盖面,内容包括了 10 个大项,44 个小项,共 94 项技术,涉及的新技术主要以房屋建筑工程为主,突出通用技术,兼顾铁路、交通、水利等其他土木工程;突出施工技术,同时考虑与材料、设计必要的衔接;突出节能环保监测等新兴领域的技术,也总结了传统技术领域的最新发展成果;突出“新”技术,但前提是技术成熟可靠,有工程实践。日前,经专家审定,建设部确定了国家体育场等 110 项工程为第五批建筑业新技术应用示范工程。

本书详细介绍了各项技术的国内外发展概况、技术的内容、技术的基本原理、特点、适用范围和应用前景、技术的施工方案设计(包括计算)、技术措施和技术指标、技术的应用、操作要求和注意事项以及技术经济效益分析等内容。各单位在使用过程中需要进一步了解的内容,请与各咨询服务单位或总协调单位中国建筑科学研究院(北京市北三环东路 30 号,100013)联系。

本书由下列人员负责编写:第 1 章 高文生 吴春林 杨军 滕延京 田俊峰 张敬叶国良 甘厚义 陈永谦 董志良 胡利文 余建明 杨志银 冯申铎 张智浩 杨敏楼晓明 熊巨华 王武勤 张培文 胡建林 衡朝阳 刘毅;第 2 章 戎君明 田俊峰 王胜年 王武勤 张越;第 3 章 冯大斌 顾万黎 徐瑞榕 刘子金;第 4 章 张良杰 糜嘉平 贺军 姜传库 杨秋利 郭正兴 武雷;第 5 章 赵基达 侯兆欣 张玉玲 王明贵;第 6 章 严健 李红霞 张忠孝 何占利 于新 傅兹英 钱大治 张青虎

濮容生 岳子平 关洁 刘绪龙 郑飞 王虹; 第7章 徐伟 赵文海 段恺 路来军
赵宵龙; 第8章 曲慧 曹乃明; 第9章 岳建平 杨敏; 第10章 杨富春 郭春雨
林涛 张金乾 闻学坤 胡魁 赵善灵 张立杰 张宣 雷雨 宋捷 孙雷 孙玉玲 黄
俭 庾兴波 高晓军 李素良 毛振华 郑亚文 郭琰莉 崔惠钦 王静 黄如福 张桂
芬 惠跃荣 董智力 张伟 朱小红 解颜辉

目 录

第 1 章 地基基础和地下空间工程技术	1
1.1 灌注桩后注浆技术	1
1.2 长螺旋水下灌注桩技术	4
1.3 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)复合地基成套技术	9
1.4 夯实水泥土桩复合地基成套技术	17
1.5 真空预压法加固软基技术	25
1.6 强夯法处理大块石高填方地基	42
1.7 爆破挤淤新技术	48
1.8 土工合成材料应用技术	55
1.9 复合土钉墙支护技术	68
1.10 预应力锚杆施工技术	75
1.11 组合内支撑技术	83
1.12 型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术	90
1.13 冻结排桩法进行特大基础施工技术	96
1.14 高边坡防护技术	106
1.15 暗挖法	112
1.16 逆作法	116
1.17 盾构施工法	123
1.18 非开挖埋管技术	131
第 2 章 高性能混凝土	137
2.1 混凝土裂缝防治技术	137
2.2 自密实混凝土技术	171
2.3 混凝土耐久性技术	189
2.4 清水混凝土技术	197
2.5 超高泵送混凝土技术	198
2.6 改性沥青路面施工技术	199
第 3 章 高效钢筋与预应力技术	206
3.1 HRB400 级钢筋应用技术	206
3.2 钢筋焊接网应用技术	209
3.3 粗直径钢筋直螺纹连接技术	220
3.4 无粘结预应力成套技术	230
3.5 有粘结预应力成套技术	235
3.6 预应力拉索施工技术	242

3.7	建筑钢筋部品加工成型与配送	245
第4章	新型模板及脚手架应用技术	251
4.1	清水混凝土模板技术	251
4.2	早拆模板成套技术	271
4.3	液压自动爬模技术	280
4.4	碗扣式脚手架应用技术	296
4.5	附着升降脚手架应用技术	302
4.6	市政桥梁模板脚手架	311
4.7	外挂式和悬挑式脚手架应用技术	320
第5章	钢结构技术	329
5.1	钢结构 CAD 设计与 CAM 制造技术	329
5.2	钢结构安装施工仿真技术	333
5.3	大跨度空间结构与大型钢结构的整体提升(顶升)与滑移施工技术	339
5.4	钢与混凝土组合结构技术	343
5.5	预应力钢结构技术	351
5.6	钢结构住宅技术	356
5.7	高强度钢材的应用技术	364
5.8	钢结构的防腐与防火技术	367
第6章	安装工程应用技术	376
6.1	金属矩形风管薄钢板法兰连接技术	376
6.2	给排水管道卡压连接技术	387
6.3	管线布置综合平衡技术	392
6.4	冷缩、热缩电缆头制作技术	403
6.5	建筑智能化系统应用技术	412
6.6	大型设备整体安装技术(整体提升吊装技术)	449
6.7	智能建筑工程检测	476
第7章	建筑节能和环保应用技术	481
7.1	节能型围护结构应用技术	481
7.2	新型空调和采暖技术	499
7.3	预拌砂浆技术	519
第8章	建筑防水新技术	524
8.1	国内外发展概况	524
8.2	新型防水卷材应用技术	524
8.3	建筑防水涂料应用技术	529
8.4	建筑密封材料	541
8.5	刚性防水砂浆	544
8.6	防渗堵漏技术	546
第9章	施工过程监测和控制技术	548
9.1	施工控制网建立技术	548

9.2	施工放样技术	557
9.3	地下工程自动导向测量技术	560
9.4	深基坑工程监测与控制	566
第 10 章	建筑企业管理信息化技术	572
10.1	建筑企业管理信息化技术的国内外发展概况	572
10.2	工具类技术	574
10.3	管理信息化技术	592
10.4	信息化标准技术	645

第 1 章 地基基础和地下空间工程技术

1.1 灌注桩后注浆技术

1.1.1 国内外发展概况

早在 20 世纪 60 年代初,国外就开发出解决灌注桩桩底沉渣和桩身泥皮缺陷的后注浆技术。国外的桩底后注浆装置大体可分为以下几种:预埋于桩底的装有碎石的预载箱、注浆腔、U 形管阀;桩侧后注浆装置为设置于钢筋笼上的带套袖阀的钢管。国外灌注桩后注浆技术的特点是工艺复杂,附加费用高,桩侧注浆需在成桩后 2d 内通过高压射水冲破混凝土保护层来实施。1983 年,第八界欧洲土力学与基础会议论文集有灌注桩后注浆技术论文若干篇。

我国关于灌注桩后注浆的最早报道,是交通部一航局设计院 1974 年在天津塘沽采用氰凝固结桩端土的试验。20 世纪 80 年代初,北京市建研所等在灌注桩桩底设置隔离板,采用 PVC 管作为注浆管进行后注浆试验。上述两单位的技术当时是在干作业灌注桩中试验和应用的,因此,注浆阀无需具备抵抗泥浆和静止水压力的功能,且桩长较短,相对简单。90 年代初,在徐州和郑州地区有关于后注浆技术应用于泥浆护壁灌注桩工程的报道,前者是将 2 根注浆管埋设在桩底虚土的碎石中,先由一管注入清水,由另一管排除泥浆,随后注入水泥浆,其承载力增幅较小,后者由西南交通大学岩土所与郑州铁路局郑州设计院进行的某桥梁桩基注浆试验,是在桩底设置橡胶囊,由带钢球的单向阀钢管与注浆腔相连,成桩后向囊中注浆,其加固机理主要靠注浆囊的膨胀压密和扩底作用,同时,应用套管法于成桩后 12h 内冲破混凝土保护层实施桩侧注浆的试验。总的说来,上述国内灌注桩后注浆装置与国外技术类似,安装较复杂,成本高,且与桩体施工有一定程度交叉。

中国建筑科学研究院地基基础研究所在 20 世纪 90 年代中期研究开发的灌注桩后注浆技术,其预置注浆阀与管构造简单、安装方便、成本较低、可靠性高;注浆时间限制小,不与成桩作业交叉,不破坏桩身混凝土;注浆模式、注浆量可根据土层性质、承载力增幅要求进行调控;注浆装置中的钢管可与桩身完整性检测管结合使用、注浆导管可等承载力取代纵向钢筋,降低后注浆附加费用。1999 年,中国建筑科学研究院制定了该技术的企业技术规程,目前,该技术已获两项国家实用新型专利(专利号:ZL94222930.4;ZL95207690.X)和两项发明专利(专利号:ZL94116598.1;ZL00100760.2),并被建设部定为国家级工法(工法名称:灌注桩后压浆(PPG)工法)、批准文号:建建[2000]45 号、工法编号:YJGF04-98)。

目前,灌注桩后注浆技术已在国内广泛应用,具体工艺方法上差异较大,施工及验收标准也不统一,该技术的应用有待进一步规范化管理。

1.1.2 灌注桩后注浆技术的概念

灌注桩后注浆(cast-in-situ pile post grouting, 简写 PPG)是指在灌注桩成桩后一定时

间,通过预设于桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧注浆阀注入水泥浆,使桩端、桩侧土体(包括沉渣和泥皮)得到加固,从而提高单桩承载力,减小沉降。灌注桩后注浆是一种提高桩基承载力的辅助措施,而不是成桩方法。后注浆的效果取决于土层性质、注浆的工艺流程、参数和控制标准等因素。

1.1.3 灌注桩后注浆技术的基本原理

(1) 基本原理

灌注桩后注浆提高承载力的机理:一是通过桩底和桩侧后注浆加固桩底沉渣(虚土)和桩身泥皮,二是对桩底和桩侧一定范围的土体通过渗入(粗颗粒土)、劈裂(细粒土)和压密(非饱和松散土)注浆起到加固作用,从而增大桩侧阻力和桩端阻力,提高单桩承载力,减少沉降。

桩侧、桩底后注浆装置构造简单、便于操作、适用性强、可靠性高、附加费用低、不影响桩基施工流程等。在优化工艺参数的条件下,可使单桩承载力提高40%~120%,粗粒土增幅高于细粒土,桩侧、桩底复式注浆高于桩底注浆;桩基沉降减小30%左右。可利用预埋于桩身的后注浆钢导管进行桩身完整性超声检测,注浆用导管可取代等承载力桩身纵向钢筋。

(2) 适用范围

灌注桩后注浆工法适用于各类泥浆护壁和干作业的钻、挖、冲孔灌注桩。

1.1.4 灌注桩后注浆工法要点

(1) 后注浆装置的设置应符合下列规定:

1) 后注浆导管应采用钢管,且应与钢筋笼加劲筋焊接或绑扎固定,桩身内注浆导管可取代等承载力桩身纵向钢筋;

2) 桩底后注浆导管及注浆阀数量宜根据桩径大小设置,对于 $d \leq 600\text{mm}$ 的桩,可设置1根;对于 $600\text{mm} < d \leq 1000\text{mm}$ 的桩,宜沿钢筋笼圆周对称设置2根;对于 $1000\text{mm} < d \leq 2000\text{mm}$ 的桩,宜对称设置3~4根;

3) 对于桩长超过15m且承载力增幅要求较高者,宜采用桩底、桩侧复式注浆。桩侧后注浆管阀设置数量应综合地层情况、桩长、承载力增幅要求等因素确定,可在离桩底5~15m以上每隔6~12m于粗粒土层下部设置一道(对于干作业成孔灌注桩宜设于粗粒土层中上部);

4) 对于非通长配筋的桩,下部应有不少于2根与注浆管等长的主筋组成的钢筋笼通底;

5) 钢筋笼应沉放到底,不得悬吊,下笼受阻时不得撞笼、墩笼、扭笼。

(2) 后注浆管阀应具备下列性能:

1) 管阀应能承受1MPa以上静水压力;管阀外部保护层应能抵抗砂石等硬质物的刮撞而不致使管阀受损;

2) 管阀应具备逆止功能。

(3) 浆液配比、终止注浆压力、流量、注浆量等参数设计应符合下列规定:

1) 浆液的水灰比应根据土的饱和度、渗透性确定,对于饱和土宜为0.5~0.7,对于非饱和土宜为0.7~0.9(松散碎石土、砂砾宜为0.5~0.6);低水灰比浆液宜掺入减水剂;地下水处于流动状态时,应掺入速凝剂;

2) 桩底注浆终止工作压力应根据土层性质、注浆点深度确定,对于风化岩、非饱和黏性土、粉土,宜为5~10MPa;对于饱和土层宜为1.5~6MPa,软土取低值,密实黏性土取高值;桩侧注浆终止压力宜为桩底注浆终止压力的1/2;

3) 注浆流量不宜超过75L/min;

4) 单桩注浆量的设计主要应考虑桩的直径、长度、桩底桩侧土层性质、单桩承载力增幅、是否复式注浆等因素确定,可按下式估算:

$$G_c = a_p d + a_s n d$$

式中 a_p 、 a_s ——分别为桩底、桩侧注浆量经验系数, $a_p = 1.5 \sim 1.8$, $a_s = 0.5 \sim 0.7$; 对于卵、砾石、中粗砂取较高值;

n ——桩侧注浆断面数;

d ——桩直径(m);

G_c ——注浆量,以水泥重量计(t)。

独立单桩、桩距大于 $6d$ 的群桩和群桩初始注浆的部分基桩的注浆量,应按上述估算值乘以1.2的系数。

5) 后注浆作业开始前,宜进行试注浆,优化并最终确定注浆参数。

(4) 后注浆作业起始时间、顺序和速率应按下列规定实施:

1) 注浆作业宜于成桩2d后开始。注浆作业离成孔作业点的距离不宜小于8~10m;

2) 对于饱和土中的复式注浆顺序宜先桩侧,后桩底;对于非饱和土宜先桩底,后桩侧;多断面桩侧注浆应先上后下;桩侧、桩底注浆间隔时间不宜少于2h;

3) 桩底注浆宜对同一根桩的各注浆导管依次实施等量注浆;

4) 对于桩群注浆宜先外围,后内部。

(5) 当满足下列条件之一时可终止注浆:

1) 注浆总量和注浆压力均达到设计要求;

2) 注浆总量已达到设计值的75%,且注浆压力超过设计值。

(6) 出现下列情况之一时应改为间歇注浆,间歇时间宜为30~60min,或调低浆液水灰比:

1) 注浆压力长时间低于正常值;

2) 地面出现冒浆或周围桩孔串浆。

(7) 后注浆施工过程中,应经常对后注浆的各项工艺参数进行检查,发现异常应采取相应处理措施。

(8) 后注浆桩基工程质量和验收应符合下列要求:

1) 后注浆施工完成后应提供下列资料:水泥材质检验报告、压力表检定证书、试注浆记录、设计工艺参数、后注浆作业记录、特殊情况处理记录;

2) 承载力检验应在后注浆20d后进行,浆液中掺入早强剂时可适当提前进行;

3) 对于注浆量等主要参数达不到设计时,应根据工程具体情况采取相应措施。

(9) 承载力估算:

1) 灌注桩经后注浆处理后的单桩极限承载力,应通过静载试验确定,在没有地方经验的情况下,可按式预估单桩竖向极限承载力标准值。

$$Q_{uk} = U \sum \beta_{si} \cdot q_{ski} + \beta_p \cdot q_{pk} \cdot A_p$$

式中 q_{ski} 、 p_{ski} ——极限侧阻力和极限端阻力标准值,按 JGJ 94—94 或有关地方标准取值;

L_i ——桩侧第 i 层土厚度;

UA_p ——桩身周长和桩底面积;

β_{si} 、 β_p ——侧阻力增强系数,可参考以下取值范围 $\beta_{si} = 1.2 \sim 2.0$; $\beta_p = 1.2 \sim 3.0$,细颗粒土取低值,粗颗粒土取高值。

2) 在确定单桩承载力设计值时,应验算桩身承载力。

1.1.5 工程应用实例

(1) 目前中国建筑科学研究院地基基础研究所已将该技术应用于北京、上海、天津、福州、汕头、武汉、宜春、杭州、济南、廊坊、龙海、西宁、西安、德州等地数百项建筑桩基工程中,经济效益显著。据不完全统计,节约工程投资 2 亿元以上。与普通灌注桩相比,对于承载力设计值为 5000~10000kN 的单桩,采用后注浆技术,每根桩可节约造价 2000~8000 元。

(2) 【工程实例】北京首都国际机场扩建工程位于现机场东侧,主要包括新的 3 号航站楼(T3 航站楼,建筑面积 54 万 m^2)、楼前交通中心(GTC,建筑面积 30 万 m^2)和一条可起降空中客车 A380 的新跑道,预算总投资 194 亿元。T3 航站楼全部共计 18000 余根基础灌注桩,全部采用后注浆技术,节约直接投资约 1.5 亿元。在投入相同设备能力条件下,缩短工期 4 个月,直接和间接经济效益显著。

1.2 长螺旋水下灌注桩技术

1.2.1 国内外发展现状

目前,对有地下水的地基,国内外灌注桩的施工主要采用“振动沉管灌注桩”、“泥浆护壁钻孔灌注桩”及“长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩”等施工工艺,但上述三种灌注桩施工方法间或存在着效率低、成本高、噪声大、泥浆或水泥浆污染、成桩质量不够稳定等问题。

(1) 振动沉管灌注桩

1) 振动沉管灌注桩目前应用相当普遍,其施工工艺为:

- ① 启动振动锤振动沉管至预定标高;
- ② 将预制好的钢筋笼通过桩管下放至设计标高;
- ③ 将搅拌好的混凝土用料斗倒入桩管内;
- ④ 边振动、边投料、边拔管直至成桩完毕。

2) 通过工程实践,振动沉管施工工艺存在如下问题:

① 沉管桩基难以穿透厚砂层、卵石层和硬土层。若采用螺旋钻机引孔,会引起塌孔现象,破坏原天然地基强度;

② 振动及噪声污染严重。随着社会的不断进步,对文明施工的要求越来越高,振动和噪声污染导致扰民使施工无法正常进行,故许多地方限制在城区采用振动沉管打桩机施工;

③ 振动沉管打桩机成桩为非排土成桩工艺,在饱和黏性土中成桩,会造成地表

隆起，拉断已打桩，成桩质量不稳定；在高灵敏度土中施工可导致桩间土强度的降低；

④ 施工时，混凝土料从搅拌机到桩机进料口的水平运输一般为翻斗车或人工运输，效率相对较低。对于长桩，拔管过程中尚需空中投料，操作不便。

(2) 泥浆护壁钻孔灌注桩

1) 泥浆护壁灌注桩施工工艺为：

- ① 旋挖钻机(或正、反循环钻机)通过泥浆护壁钻孔至设计深度；
- ② 在泥浆护壁的桩孔内下放钢筋笼；
- ③ 下放水下混凝土灌注导管至一定深度；
- ④ 灌注水下混凝土。

2) 泥浆护壁灌注桩存在如下问题：

① 由于采用泥浆护壁，灌注桩身混凝土时排出的大量泥浆易造成现场泥浆污染，与现场文明施工要求相悖；

- ② 采用正、反循环或旋挖钻机成孔，相对螺旋钻机而言其成孔效率较低；
- ③ 由于采用泥浆护壁工艺，其桩周泥皮和桩底沉渣使得其单桩承载力降低；
- ④ 由于其工序多、投入量大，施工成本高。

(3) 长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩

1) 长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩施工工艺为：

- ① 长螺旋钻机钻孔至设计标高；
- ② 为防止塌孔，采用水泥浆护壁，通过桩管向钻头底端注水泥浆，边注浆边拔管；
- ③ 在水泥浆护壁的桩孔内下放钢筋笼(水泥补浆管绑扎在钢筋笼上，随钢筋笼下放至设计标高)，向桩孔内倒入碎石；
- ④ 通过绑扎在钢筋笼上的水泥补浆管补浆，将桩底和桩身的杂质排出桩身。

2) 长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩存在如下问题：

① 由于采用水泥浆护壁及补浆，水泥浆排放量大，易造成水泥浆污染及施工场地桩间土挖运困难；

② 由于采用补浆管补浆，将桩底和桩身的杂质排出，施工中通常由于补浆不充分而造成桩头混凝土强度低，易于破坏；

③ 由于桩身骨料只有碎石，无砂充填，级配不好，且采用水泥浆护壁，水泥用量很大，施工成本高；

④ 螺旋钻提钻注水泥浆护壁过程中，桩孔易缩径，遇到砂层时易塌孔，成桩质量不稳定。

鉴于上述灌注桩施工存在的问题，研制一种经济、高效、环保的施工工艺及设备——长螺旋水下成桩工艺及设备很有必要。

1.2.2 主要技术内容

(1) 长螺旋水下灌注桩施工工艺

1) 本工艺施工步骤为：

- ① 螺旋钻机就位；
- ② 钻孔至预定标高；

③ 利用混凝土泵将搅拌好的混凝土通过钻杆内管压至钻头底端，边压混凝土边拔管，直至成素混凝土桩；

④ 利用专门的钢筋笼送放装置将制作好的钢筋笼送放至设计标高；

⑤ 边振动边提拔钢筋笼送放装置，并使桩身混凝土振捣密实。

2) 其施工流程如图 1.2.2 所示。与该施工工艺配套的主要施工设备(包括长螺旋钻机、混凝土输送泵、钢筋笼导入管、夹具、振动锤、长螺旋钻机、混凝土输送泵)采用目前市场上常规型号的机械设备，其动力性能和混凝土输送泵功率的选择根据桩径及桩长确定。

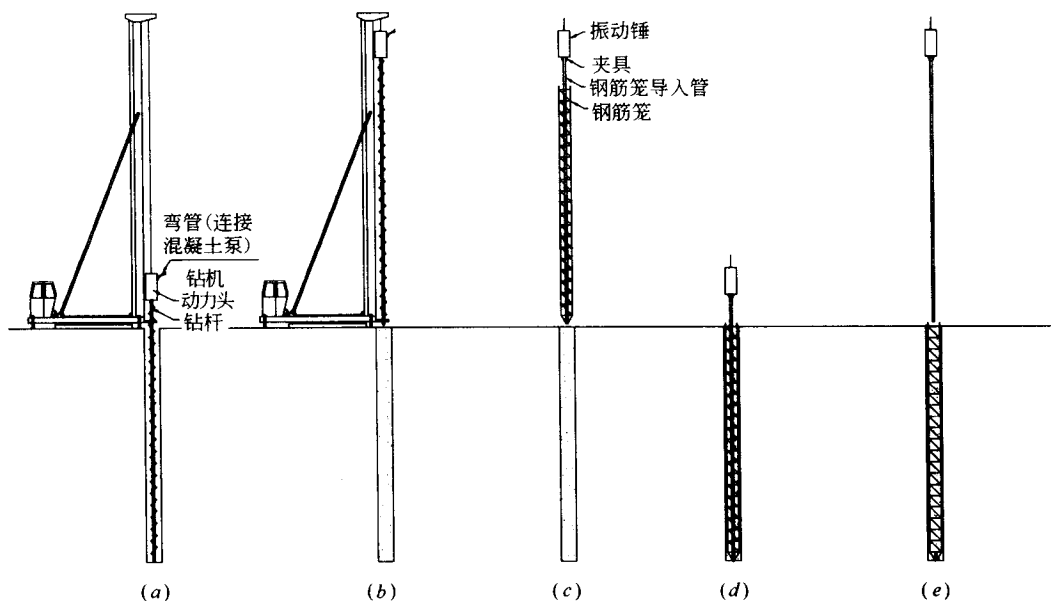


图 1.2.2 长螺旋水下成桩工艺施工流程

(a)长螺旋钻机成孔至设计标高；(b)边拔钻边泵入混凝土成素混凝土桩；(c)钢筋笼就位；
(d)钢筋笼送至设计标高；(e)拔出钢筋导入管成桩

(2) 关键技术

- 1) 长螺旋钻孔泵送混凝土成桩技术；
- 2) 振动锤及夹具；
- 3) 钢筋笼导入管；
- 4) 导入管与钢筋笼的连接方式。

长螺旋水下成桩工艺与设备施工便捷、无泥浆或水泥浆污染、噪声小、效率高、成本低，是一种很好的灌注桩施工方法。该工法施工的单桩承载力高于普通的泥浆护壁钻孔灌注桩，成桩质量稳定。与泥浆护壁钻孔灌注桩相比，该工法的施工效率是其施工效率的 4~5 倍，施工费用是其施工费用的 72%，节约费用约 28%；与长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩相比，该工法的施工效率是其施工效率的 1.2~1.5 倍，施工费用是其施工费用的 51%，节约费用约 49%。

钢筋笼导入管与钢筋笼巧妙连接，将激振力传至钢筋笼底部，通过下拉力有效地将钢

筋笼下至设计标高。钢筋笼导入管的振动,使桩身混凝土密实,桩身混凝土质量更有保证。

1.2.3 技术指标

(1) 技术参数

基桩承载力:设计要求;

桩径:400~1000mm;

桩长: ≤ 30 m;

桩垂直度: $\leq 1\%$;

混凝土强度:满足设计要求,不小于C20;

混凝土坍落度:宜为200~240mm;

提钻速度:宜为1.2~2.5m/min;

钢筋笼:设计要求,保护层厚度 ≥ 5 cm。

(2) 适用范围

该项目研究成果适用于桩径400~1000mm、桩长不超过30m的灌注桩施工。

1.2.4 工程应用实例

北京京东方 TFT-LCD 项目

1) 工程地质条件

拟建的北京京东方 TFT-LCD 项目位于北京市亦庄经济技术开发区 55 号地,南临西环中路。本工程拟建场地在地貌单元上位于永定河冲洪积扇下部,凉水河故道摆动范围内,自然地面标高约在 29.00~30.00m,基岩埋深在 80.00~120.00m 之间。地面以下至基岩顶板之间的沉积土层以黏性土、粉土与砂土、碎石土交互沉积层为主。根据区域地质调查资料及本次勘察资料分析:在本工程拟建场地范围内,除存在可液化地基土层以外,不存在影响拟建场地整体稳定性的不良地质作用。各土层的分布及其物理力学性质指标参见图 1.2.4-1、图 1.2.4-2(工程地质剖面图)。

2) 设计及施工概况

北京京东方 TFT-LCD 项目由北京京东方光电科技有限公司投资建设,韩国现代 Architects & Engineerings Associates 及中国电子工程设计研究院负责项目设计,北京市勘察设计院负责项目勘察,北京希达建设监理有限责任公司负责项目监理。该项目由 1 栋 4 层 Module & TFT-LCD 厂房(FAB 区)及 1 栋 2 层 CUB 厂房(CUB 区)组成,采用桩基础设计方案。FAB 区共布桩 4681 根,其中,2418 根桩长 $l=25$ m;2263 根桩长 $l=26$ m;桩径 $d=600$ mm。CUB 区共布桩 1514 根,其中,1415 根桩长 $l=20$ m;99 根桩长 $l=25$ m;桩径 $d=600$ mm。

该工程桩桩身混凝土为商品混凝土,强度等级为 C30,坍落度为 180~240mm。共投入长螺旋成桩设备 16 台,完成工程桩 6195 根,总延米 148700m,桩身混凝土总方量 42520m³。CUB 区桩基施工于 2003 年 9 月 25 日开工,于 2003 年 12 月 9 日结束。FAB 区桩基施工于 2003 年 10 月 20 日开工,于 2003 年 12 月 19 日结束。

根据施工记录,对于 CUB 区的工程桩(桩长 20m,桩径 600mm)成孔至混凝土灌注完毕需时间 25min,起吊钢筋笼、导入管及振动锤并下至设计标高所需时间 10min。考虑移机、清土交叉作业及设备维修等因素,平均每天成桩约 30 根;对于 FAB 区的工程桩(桩

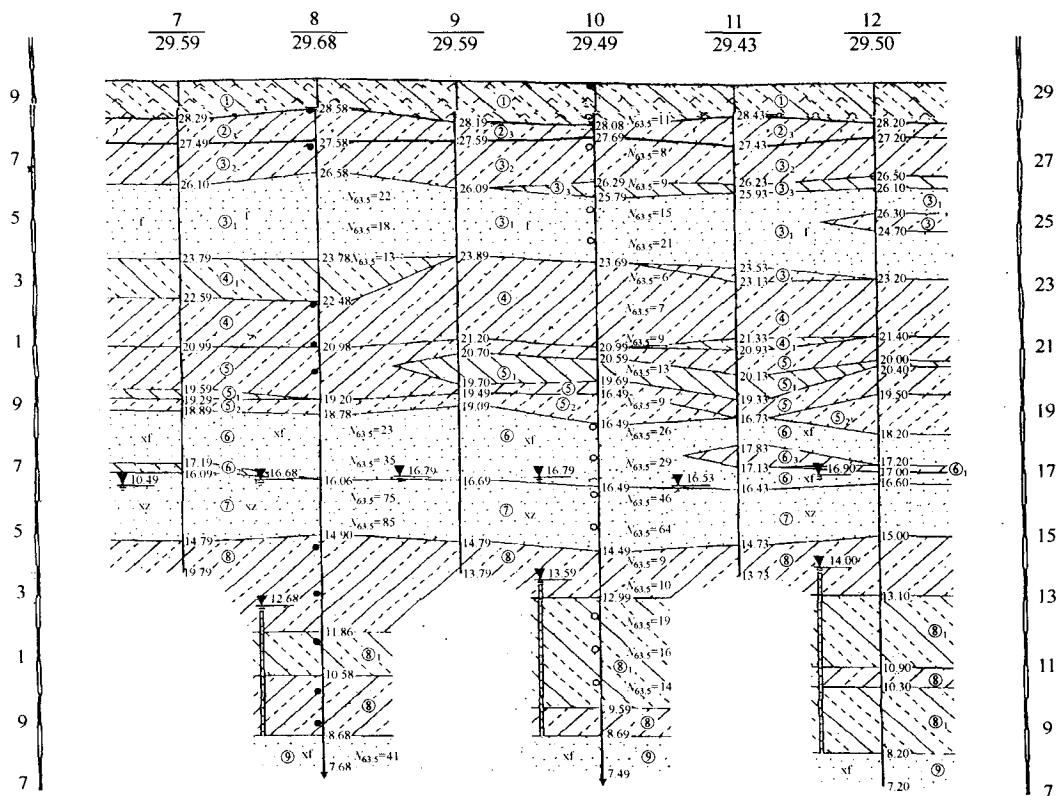


图 1.2.4-1 CUB区典型工程地质剖面图

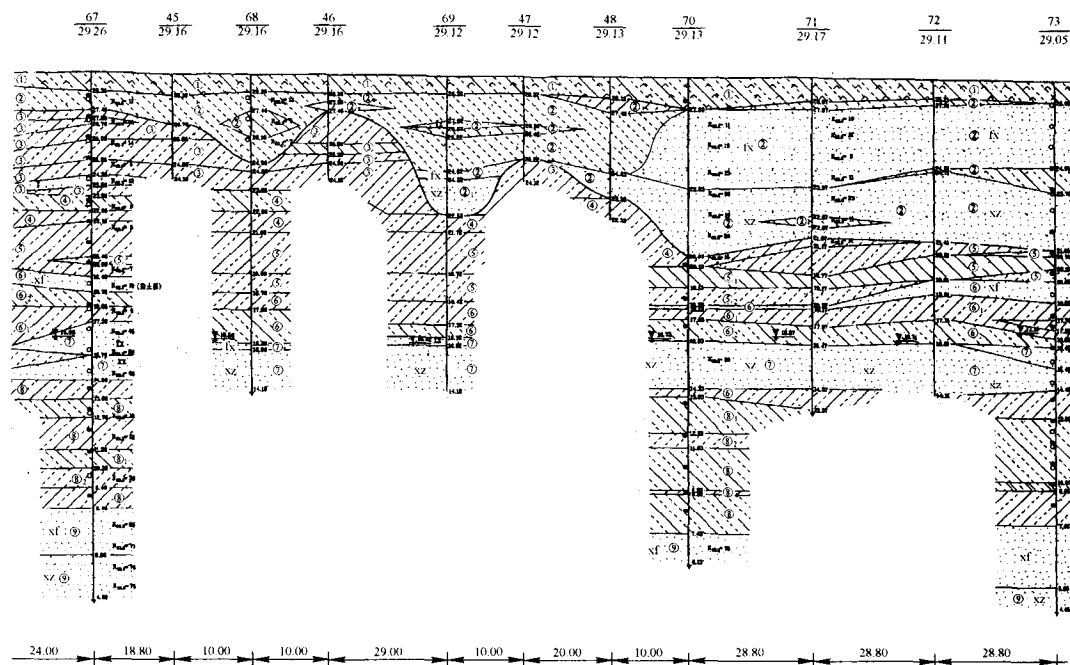


图 1.2.4-2 FAB区典型工程地质剖面图