

建筑业

10

项新技术(2010)
应用指南

本书编委会 编写

中国建筑工业出版社

建筑业 10 项新技术(2010)应用指南

本书编委会 编写

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 (2010) 应用指南/本书编委会编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 2
ISBN 978-7-112-12915-7

I. ①建… II. ①本… III. ①建筑业-新技术-指南
IV. ①TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 023700 号

本书是为配合“建筑业 10 项新技术 (2010)”的推广应用而编写, 包括地基基础与地下空间工程技术; 混凝土技术; 钢筋及预应力技术; 模板及脚手架技术; 钢结构技术; 机电安装工程技术; 绿色施工技术; 防水技术; 抗震与加固改造技术; 信息化应用技术。本书详细介绍了各项技术的国内外发展概况、技术的基本原理、主要技术内容与特点、技术指标与技术措施 (部分含设计计算内容)、适用范围与应用前景、典型工程与应用实例、经济效益与社会效益分析等内容。

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: 常 燕

建筑业 10 项新技术(2010)应用指南

本书编委会 编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京京丰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 36¼ 字数: 882 千字

2011 年 2 月第一版 2011 年 2 月第一次印刷

定价: 78.00 元

ISBN 978-7-112-12915-7

(20340)

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)



《建筑业 10 项新技术（2010）应用指南》 编 委 会

主 编：吴慧娟

副主编：肖绪文 王树平

委 员：张 鹏 高文生 石云兴 冯大斌 张良杰

李景芳 杜昌熹 曲 慧 段 恺 姚秋来

杨富春 苗喜梅 单彩杰

顾 问：杨嗣信 孙振声

前 言

1994年，建设部下发了《关于建筑业1994年、1995年和“九五”期间推广应用10项新技术的通知》，此通知的发布对推动建筑业技术进步、提高工程质量起到了积极促进作用。1998年、2005年，根据我国建筑施工技术发展的实际情况，建设部对10项新技术的内容进行了两次修订调整，分别下发了《关于建筑业进一步推广应用10项新技术的通知》、《关于进一步做好建筑业10项新技术推广应用的通知》，以加强新技术的推广应用，促进建筑业依靠技术进步转变发展方式、实现工程建设过程的节能减排。

近5年来，随着国民经济的持续稳定快速发展，我国以建设北京奥运、上海世博、广州亚运工程等重大工程为契机，新技术、新材料、新工艺和新方法取得突破性发展和大量涌现，有力地促进了建筑业整体技术水平的大幅度提高。为适应当前建筑业技术迅速发展的形势，加快推广应用促进建筑业结构升级和可持续发展的共性技术和关键技术，引导建筑企业采用先进适用、成熟可靠的新技术，提高工程科技含量，保证工程质量和安全生产，2009年起，住房和城乡建设部组织中国建筑股份有限公司、中国建筑科学研究院、中建材料工程研究中心、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、北京中建建筑科学研究院有限公司、中国水利水电建设集团公司、中国中铁股份有限公司、上海建工集团股份有限公司、清华大学等数十家单位的百余位专家对10项新技术进行了修订，并于2010年下发了《关于做好建筑业10项新技术（2010）推广应用的通知》。

修订后的“建筑业10项新技术（2010）”在内容上较以往作了大幅调整，拓宽了覆盖面，内容包括了10个大项108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，兼顾了水电、铁路、交通等其他土木工程；以施工技术为主，注重新材料与工艺的结合，强调基于总承包管理的设计与施工的协调技术；既总结了传统技术领域的最新发展成果，又引入了热点技术和前沿技术，新增抗震加固与监测、绿色施工等新技术，突出绿色环保、安全、抗震、加固与信息化应用技术内容；强调技术的可靠性、适用性，所有技术均有一定工程实践。

本书是为配合“建筑业10项新技术（2010）”的推广应用而编写，详细介绍了各项技术的国内外发展概况、技术的基本原理、主要技术内容与特点、技术指标与技术措施（部分含设计计算内容）、适用范围与应用前景、典型工程与应用实例、经济效益与社会效益分析等内容。由于编写时间较为仓促，不足之处在所难免，希望业内人士和使用单位提出宝贵意见。各单位在使用过程中需要进一步了解的内容，请与各咨询单位或总协调单位中国建筑股份有限公司（北京市海淀区三里河路15号中建大厦B座8层科技部，100037）联系。

本书在编写过程中参考了相关的书籍、报刊等文献资料，未能在参考文献中全部列出，对于这些作者的贡献，在此表示由衷的感谢。

参加本书编写的人员如下:

- | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| 第 1 章 | 高文生
杨 敏
李 钟 | 吴春林
胡玉银 | 张东刚
颜正红 | 衡朝阳
胡建林 | 藤延京
张培文 | 冯 禄
楚跃先 | 田俊峰
吴 刚 | 杨志银
秦健飞 |
| 第 2 章 | 石云兴 | 冯乃谦 | 孙克平 | 郝廷宇 | 张 涛 | 霍 亮 | 刘亚非 | 戟文占 |
| 第 3 章 | 冯大斌 | 王晓峰 | 顾万黎 | 徐瑞榕 | 吴广彬 | 张学军 | | |
| 第 4 章 | 张良杰
向小英
邓寿军 | 赵雅军
秦敬伟
李加存 | 杨晓东
王克俭
施炳华 | 周光华
姜传库
陆 云 | 仇铭华
王祥军 | 糜嘉平
谢 亮 | 叶浩文
沈 黔 | 顾国荣
杨秋利 |
| 第 5 章 | 李景芳
高树栋 | 李久林
吴欣之 | 陈华周
杨均英 | 陈晓明
王巧莉 | 黄永模
张智勇 | 周镇江 | 戴立先 | 薛永武 |
| 第 6 章 | 杜昌熹
潘 健
李红春 | 张建基
张成林
郭育宏 | 颜思展
曹丹桂
林志华 | 连 淳
赖君安
盛 丽 | 李红霞
付慈英 | 何伟斌
周裕岗 | 黄崇国
罗 宾 | 杜伟国
关 洁 |
| 第 7 章 | 段 恺
杜 松 | 肖绪文
钟安鑫 | 赵文海
谢伟锋 | 王济宁
李宪杰 | 梁红兵
李艳稳 | 鲍宇清 | 裴建华 | 周 宁 |
| 第 8 章 | 曲 慧 | 杨健康 | 谢伟峰 | | | | | |
| 第 9 章 | 姚秋来
袁 明
弓俊青 | 罗开海
伍晓军
杨永新 | 曾德民
詹显军
陈小兵 | 李 蓉
吉明军 | 李 磊
袁振兴 | 王忠海
郑建龙 | 王言河
钟万才 | 陈唯一
张云富 |
| 第 10 章 | 杨富春
李守林 | 崔惠钦
郭 铃 | 马美娟
鞠成立 | 常戎一
江 雄 | 郑亚文 | 曹 军 | 王 亘 | 王 静 |

目 录

1 地基基础与地下空间工程技术	1
1.1 灌注桩后注浆技术	1
1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术	4
1.3 水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩) 复合地基技术	9
1.4 真空预压法加固软基技术	19
1.5 土工合成材料应用技术	29
1.6 复合土钉墙支护技术	42
1.7 型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术	47
1.8 工具式组合内支撑技术	54
1.9 逆作法施工技术	61
1.10 爆破挤淤法技术	64
1.11 高边坡防护技术	73
1.12 非开挖埋管技术	75
1.13 大断面矩形地下通道掘进施工技术	80
1.14 复杂盾构法施工技术	87
1.15 智能化气压沉箱施工技术	95
1.16 双聚能预裂与光面爆破综合技术	100
2 混凝土技术	104
2.1 高耐久性混凝土	104
2.2 高强高性能混凝土	107
2.3 自密实混凝土技术	109
2.4 轻骨料混凝土	118
2.5 纤维混凝土	127
2.6 混凝土裂缝控制技术	130
2.7 超高泵送混凝土技术	134
2.8 预制混凝土装配整体式结构施工技术	137
3 钢筋及预应力技术	145
3.1 高强钢筋应用技术	145
3.2 钢筋焊接网应用技术	148
3.3 大直径钢筋直螺纹连接技术	159
3.4 无粘结预应力技术	166
3.5 有粘结预应力技术	169
3.6 索结构预应力施工技术	171

3.7	建筑用成型钢筋制品加工与配送	174
3.8	钢筋机械锚固技术	177
4	模板及脚手架技术	180
4.1	清水混凝土模板技术	180
4.2	钢(铝)框胶合板模板技术	186
4.3	塑料模板技术	194
4.4	组拼式大模板技术	199
4.5	早拆模板施工技术	212
4.6	液压爬升模板技术	221
4.7	大吨位长行程油缸整体顶升模板技术	230
4.8	贮仓筒壁滑模托带仓顶空间钢结构整体安装施工技术	233
4.9	插接式钢管脚手架及支撑架技术	235
4.10	盘销式钢管脚手架及支撑技术	245
4.11	附着升降脚手架技术	247
4.12	电动桥式脚手架技术	255
4.13	预制箱梁模板技术	259
4.14	挂篮悬臂施工技术	264
4.15	隧道模板台车技术	270
4.16	移动模架造桥技术	274
5	钢结构技术	284
5.1	深化设计技术	284
5.2	厚钢板焊接技术	285
5.3	大型钢结构滑移安装施工技术	296
5.4	钢结构与大型设备计算机控制整体顶升与提升安装施工技术	299
5.5	钢与混凝土组合结构技术	302
5.6	住宅钢结构技术	309
5.7	高强度钢材应用技术	313
5.8	大型复杂膜结构施工技术	315
5.9	模块式钢结构框架组装、吊装技术	317
6	机电安装工程技术	328
6.1	管线综合布置技术	328
6.2	金属矩形风管薄钢板法兰连接技术	332
6.3	变风量空调技术	344
6.4	非金属复合板风管施工技术	360
6.5	大管道闭式循环冲洗技术	378
6.6	薄壁金属管道新型连接方式	390
6.7	管道工厂化预制技术	398
6.8	超高层高压垂吊式电缆敷设技术	401
6.9	预分支电缆施工技术	410

6.10	电缆绝缘穿刺线夹施工技术	413
6.11	大型储罐施工技术	416
7	绿色施工技术	424
7.1	基坑施工封闭降水技术	424
7.2	施工过程中水回收利用技术	427
7.3	预拌砂浆技术	430
7.4	外墙自保温体系施工技术	430
7.5	粘贴式外墙外保温隔热系统施工技术	432
7.6	现浇混凝土外墙外保温施工技术	440
7.7	硬泡聚氨酯外墙喷涂保温施工技术	442
7.8	工业废渣及(空心)砌块应用技术	445
7.9	铝合金窗断桥技术	452
7.10	太阳能与建筑一体化应用技术	459
7.11	供热计量技术	461
7.12	建筑外遮阳技术	464
7.13	植生混凝土	467
7.14	透水混凝土	471
8	防水技术	477
8.1	防水卷材机械固定施工技术	477
8.2	地下工程预铺反粘防水技术	483
8.3	预备注浆系统施工技术	486
8.4	遇水膨胀止水胶施工技术	488
8.5	丙烯酸盐灌浆液防渗施工技术	490
8.6	聚乙烯丙纶防水卷材与非固化型防水粘结料复合防水施工技术	494
8.7	聚氨酯防水涂料施工技术	496
9	抗震与加固改造技术	499
9.1	消能减震技术	499
9.2	建筑隔震技术	511
9.3	混凝土结构粘贴碳纤维、粘钢和外包钢加固技术	520
9.4	钢绞线网片—聚合物砂浆加固技术	529
9.5	结构无损拆除技术	533
9.6	无粘结预应力混凝土拆除技术	537
9.7	深基坑施工监测技术	541
9.8	结构安全性监测(控)技术	541
9.9	开挖爆破监测技术	542
9.10	隧道变形远程自动监测系统	543
9.11	一机多天线 GPS 变形监测技术	544
10	信息化应用技术	552
10.1	虚拟仿真施工技术	552

10.2	高精度自动测量控制技术·····	553
10.3	施工现场远程监控管理及工程远程验收技术·····	554
10.4	工程量自动计算技术·····	556
10.5	工程项目管理信息化实施集成应用及基础信息规范分类编码技术·····	560
10.6	建设工程资源计划管理技术·····	563
10.7	项目多方协同管理信息化技术·····	567
10.8	塔式起重机安全监控系统应用技术·····	569

1 地基基础与地下空间工程技术

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 年第八届欧洲土力学与基础会议论文集集中有灌注桩后注浆技术论文若干篇^{[1][2]}。

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。20 世纪 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^{[3][4]},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 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、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、注浆导管可等强度取代钢筋,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),并被原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]^{[5][6]}。

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 (post grouting for cast-in-situ pile, 简写 PPG) 是指在灌注桩成桩后一定时间, 通过预设在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

灌注桩后注浆技术适用于各类泥浆护壁和干作业的钻、挖、冲孔灌注桩。

1.1.4 灌注桩后注浆技术要点

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 $d \leq 1000\text{mm}$ 的桩, 宜沿钢筋笼圆周对称设置 2 根; 对于 $d \leq 600\text{mm}$ 的桩, 可设置 1 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至使管阀受损;

(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) 桩底注浆应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，可按下式预估单桩竖向极限承载力标准值。

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

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

U 、 A_p ——桩身周长和桩底面积；

β_{si} 、 β_p ——侧阻力、端阻力增强系数，可参考以下取值范围 β_{si} ：1.2~2.0； β_p ：1.2~3.0，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、德州等地数百项高层、超高层建筑桩基工程中，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。扩建工程为 2008 年奥运会配套的国家重点工程，总占地面积 20000 亩，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。

参 考 文 献

- [1] DEERE, D. U and LOMBARDI, G. Grout slurries-thick or thin As Ref. 9, pp. 156-164.
- [2] The Eighth European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1983 May23-26 Helsinki, Finland.
- (a) M. Bustamante, Grouting: A Method Improving the Bearing Capacity of Deep Foundation.
- (b) M. Stocker The Influence of Post-Grouting on the Load-Bearing Capacity of Bored piles.
- (c) G. S. Little John Improvement in Base Resistance of Large Diameter Piles Foundation in silty Sand.
- (d) B. CERNAK Large Diameter Bored piles with Injected Toe in Danube Gravel.
- [3] 傅旭东, 赵善锐. 钻孔桩压力灌浆提高承载力的试验研究. 《桩基工程技术》. 中国建材工业出版社. 1996.
- [4] 乔景川, 崔玉惠. 钻孔灌注桩提高承载力的压力灌浆施工工艺. 《桩基工程技术》. 中国建材工业出版社, 1996.
- [5] 刘金砺, 祝经成, 高文生等. 泥浆护壁灌注桩后压浆成套技术. 中国建筑科学研究院研究报告, 1997.
- [6] 高文生, 高印立, 刘金砺等. 后压浆技术成套系列设备的研制. 中国建筑科学研究院研究报告, 2000.

1.2 长螺旋钻孔压灌桩技术

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”的施工工艺，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。

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，振动和噪音污染导致扰民使施工无法正常进行，故许多地区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。

3. 泥浆护壁钻孔灌注桩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。

4. 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，与现场的文明施工要求相悖；

- (2) 采用正、反循环、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。

5. 长螺旋钻孔无砂混凝土灌注桩

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。

6. 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水泥浆补浆，水泥浆排放量大，会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. 施工工艺

本工艺施工步骤为：

(1) 螺旋钻机就位；

(2) 启动马达钻孔至预定标高；

(3) 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) 将制作好的钢筋笼与钢筋笼导入管连接并吊起，移至已成素混凝土桩的桩孔内；

(5) 起吊振动锤至笼顶，通过振动锤下的夹具夹住钢筋笼导入管；

(6) 启动振动锤通过导入管将钢筋笼送入桩身混凝土内至设计标高；

(7) 边振动边拔管将钢筋笼导入管拔出，并使桩身混凝土振捣密实。

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

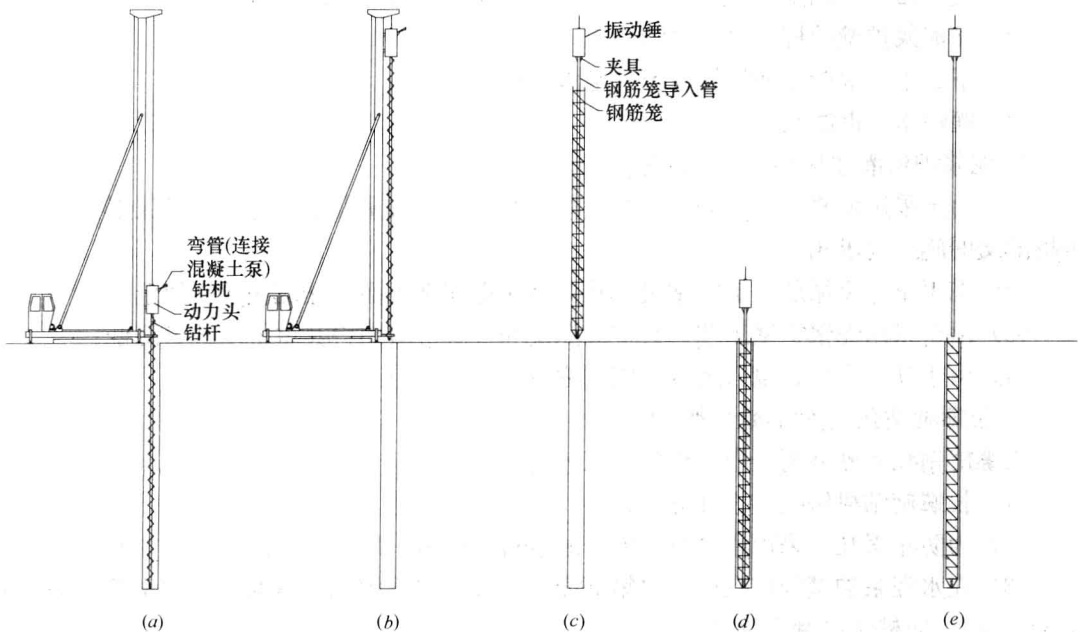


图 1.2.2 长螺旋水下成桩工艺施工流程

(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。

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。

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. 混凝土中可掺加粉煤灰或外加剂,每方混凝土的粉煤灰掺量宜为70~90kg。
2. 混凝土中粗骨料可采用卵石或碎石,最大粒径不宜大于30mm。
3. 混凝土坍落度宜为180~220mm。
4. 提钻速度宜为1.2~1.5m/min。
5. 长螺旋钻孔压灌桩的充盈系数宜为1.0~1.2。
6. 桩顶混凝土超灌高度不宜小于0.3~0.5m。
7. 钢筋笼插入速度宜控制在1.2~1.5m/min。

设计施工可依据现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94进行。

1.2.4 适用范围

适用于地下水位较高,易塌孔,且长螺旋钻机可以钻进的地层。

1.2.5 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,自然地面标高约为 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。

(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的设计,北