



Z

HONGDIAN JIANSHE GONGCHENG

重点建设工程

施工技术与管理创新 5

北京工程管理科学学会 编

SHIGONG JISHU YU GUANLI CHUANGXIN 5

中国建筑工业出版社



湖南大学图书馆ZS0869903

附赠 (CD) 目录光盘一张

本书是“十一五”国家重点图书出版规划项目，也是“十一五”国家重点图书出版规划项目，是“十一五”国家重点图书出版规划项目。

重点建设工程施工技术与管理创新 5

本书是“十一五”国家重点图书出版规划项目，也是“十一五”国家重点图书出版规划项目，是“十一五”国家重点图书出版规划项目。

北京工程管理科学学会 编

本书是“十一五”国家重点图书出版规划项目，也是“十一五”国家重点图书出版规划项目，是“十一五”国家重点图书出版规划项目。



2 重点建设工程施工技术与管理创新

北京工程管理科学学会 编

中国建筑工业出版社

TU7-53
1-5

图书在版编目 (CIP) 数据

重点建设工程施工技术与管理创新 5/北京工程管
理科学学会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-112-13761-9

I. ①重… II. ①北… III. ①建筑工程-工程施工-
施工技术-文集 ②建筑工程-施工管理-文集
IV. ①TU7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 227369 号

本书为北京工程管理科学学会推出的《重点建设工程施工技术与管理创新》系列的第 5 本。本册仍旧秉着务实创新的思想, 向广大工程技术人员征集年度内施工技术与管理方面的优秀实践论文, 包括地基与基础工程、混凝土结构工程、钢结构工程、屋面工程、装饰工程、防水工程、专业工程、加固工程、其他工程及工程管理 10 个方面的 40 篇论文。本书可作为工程施工技术及管理人员的工作参考书, 也可作为高等院校相关专业师生的学习辅导用书。

* * *

责任编辑: 刘 江 赵晓菲

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张 颖 王雪竹

重点建设工程施工技术与管理创新 5

北京工程管理科学学会 编

*

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

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 410 千字

2011 年 11 月第一版 2011 年 11 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-13761-9

(21537)

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)

编委会成员

顾问：刘志国 张文龙 戴彬彬 丛培经

主任：丁传波

副主任：吴月华 王立平 吴培庆 鲍绥意 郭延红

周景勤 蔡晨 翟培勇 杨秉钧

主编：丁传波

副主编：陈翌军 戴春香

委员：(按姓氏笔画排列)

于钦新 王星 王丽筠 孔繁和 朱文键 李胜军

陈红 林萌 罗贤标 赵世强 赵京兰 谢夫海

员 列 序 委 编

2007年至2010年,北京工程管理科学学会第六届理事会在任期内每年编写出版了一本《重点建设工程施工技术与管理创新》论文集,这四本论文集收集的每一篇论文都是建筑业员工的实践总结,是建筑施工技术或管理创新的成果,对于促进施工企业员工自主创新、促进企业科技与管理进步,进一步提升企业竞争能力,推进建筑行业的持续发展起到了积极作用。

2011年,北京工程管理科学学会第七届理事会继续秉承学会“服务企业、服务会员、服务经济社会发展”的办会宗旨和上一届理事会对建筑施工技术与管理创新成果的推进,开展了青年优秀论文竞赛活动。各会员单位共上报学术论文50篇,经专家评选,今年评选出优秀创新论文40篇,编成《重点建设工程施工技术与管理创新5》。其中包括地基与基础工程技术论文6篇、混凝土结构工程技术论文9篇、钢结构工程技术论文5篇、屋面工程技术论文1篇、装饰工程技术论文5篇、防水工程技术论文2篇、专业工程技术论文3篇、加固工程技术论文3篇,其他技术论文1篇,工程管理论文5篇,全书总计50余万字。

《重点建设工程施工技术与管理创新5》展示了学会会员单位2011年度里自主创新的成果,凝聚了编写人员的智慧,总结了当今建设工程施工技术与管理经验,现予以出版,奉献给大家。希望对加快建筑企业科技进步和管理创新,进一步推进新科研成果的传播,提高施工企业自主创新能力和核心竞争力有一定的促进作用。

北京工程管理科学学会

理事长:丁传波

2011年10月10日

目 录

地基与基础工程

全护筒钻机施工成孔工艺技术·····	谭华伟	1
成熟社区内岩石基坑的开挖工艺·····	王季夏 王 磊	6
板肋式钢筋混凝土锚杆挡墙施工与质量控制·····	李 峰 王 浩 朱新宁	12
软弱土深基坑工程“时空效应”理论应用浅谈·····		
·····	王依列 李公璞 阎志迎 谢启超 王大悦	18
砂卵石地质环境进行盾构接收方案对比分析·····	谢校亭	22
抗浮锚杆技术在海渔广场中的应用·····	张作赫	30

混凝土结构工程

灌浆直螺纹钢筋接头施工技术·····	杨海文 于 杰 郭双朝 赵继丰	37
混凝土防渗墙施工技术及其质量控制·····	胡建平	42
自密实混凝土在西北地区的施工应用·····	毛长国 马小军	49
预应力混凝土折线形屋架综合施工技术·····	孙 光 张嘉铮 吕子然 宿宝缘	53
复杂条件下汽车吊架设预制 T 梁施工技术·····	李 峰	61
波纹管圆柱定型模板施工技术·····	李海生 刘嘉茵 张肇庆 胡志军 章亮亮	68
短肢剪力墙结构大模板方案的优化与成本分析·····	程 真	74
现浇箱梁模板支撑体系碗扣式脚手架施工技术应用·····	王俊英 宋 磊 袁 磊	79
高层建筑异形悬挑结构施工组合操作平台搭设与拆除·····	梁 权	86

钢结构工程

预埋地脚螺栓安装精度的控制·····	梁红丽 路利民 王晓光	92
大跨度双层廊道型钢桁架结构安装技术·····	同平武 巴洪海	97
大跨洁净厂房钢结构施工综合技术·····	王连峰 邓文瑶 孙 涛 冯大亮	103
X 型劲性转换桁架钢结构散拼法施工技术·····	严伟讯 苏 伟 曹 瀚	108
索网幕墙重型钢构件吊装技术·····	孙儒强 刘嘉茵 孟汉云	116

屋面工程

多面体、面面交叠复杂造型金属屋面施工技术·····	付雅娣 王金娥 杨 冬	126
---------------------------	-------------	-----

装饰工程

大面积开放式陶板(陶管)幕墙施工技术

朱文键 王志峰 焦 冉 邢 辉	135
首都机场 T3 航站楼玻璃幕墙	杜静波 王晓光 141
横向玻璃肋+竖向吊杆幕墙系统设计及施工应用	郭建国 王晓光 146
高效节能双层窗应用	刘 坤 尹中国 王 伟 陈兆翠 151
无机纤维保温的应用	徐德林 贾书文 张 鹏 郝学峰 158

防水工程

论环保节能防水材料膨润土防水毯的施工

黄俊富 孟祥永 吴鸿运 李 光 刘 奇	167
工程防水堵漏综合应用技术	王丽筠 全 剑 刘占业 176

专业工程

双面彩钢板复合风管应用技术	陶 鸿 陶 震 叶呈海 尚晓东 181
地铁暗挖断面穿越桥桩综合技术	李 峰 188
跨海管线施工技术	吴 征 谢 群 杨 琼 198

加固工程

临近流塑状软土深基坑的古建筑综合加固技术实践

朱 燕 吴俊华 赵俭学	204
超高层建筑物下方废弃防空洞回填实例	郎 刚 陈传应 李 峰 215
中小学既有砖混结构抗震加固技术	石 颖 韩宝祥 张彩利 张峰峰 220

其他

放大位移型铅耗能器的设计与试验研究	王学东 刘 猛 唐碧波 228
-------------------	-----------------

工程管理

绿色施工技术研究与应用	杨 希 张卫东 刘 伟 罗 强 232
绿色、安全文明施工在市政工程中的具体实施	高伟刚 238
浅析施工现场安全生产标准化	谢道成 252
打牢基础上水平 创新管理增效益	杨 平 255
浅谈齿轮齿条式施工升降机的附着方式	赵忠华 梅晓莉 刘建永 258

全护筒钻机施工成孔工艺技术

谭华伟

(北京城乡建设集团公司)

【摘 要】 本文通过对全护筒钻机成孔过程的描述,说明了全护筒钻机的成孔工艺和成孔特点,为使用全护筒钻机进行成孔施工提供了可以借鉴的经验。

【关键词】 全护筒钻机;成孔;工艺

1 工程概况

北京南站外部路网工程 4 号标段桥梁工程的高架 2 立交桥 2R9 桩基(4 根 D1200mm 圆桩,桩长 35m)开始设计为钻孔灌注桩,首先采用旋挖钻机成孔,因为距既有地铁结构较近,并且受地质条件限制无法成孔;后变更为方桩,采用方桩钻机施工,又因地质条件仍无法成孔,最终采用全护筒钻机进行成孔,可见其地质的复杂性。通过各种钻机的成孔施工情况,结合各种钻机成孔施工工艺的特点,来说明全护筒钻机的成孔工艺。

2 全护筒钻机施工成孔的适宜场合

全护筒钻机是一个成孔工效快、质量高、能缩短工期的新型桩基机械成孔机型,因其价格昂贵、使用维修成本高、成孔速度慢等,其应用受到限制,现在一般的桥梁桩基工程很少采用。但是,相对其他机械成孔钻机(比如:旋挖钻机、正反螺旋钻机、方桩钻机、斗筒式钻孔桩机、套管式钻机等)及人工挖孔桩等,仍然具有十分明显的优势。这主要体现在其对工程地质要求低、不会塌孔、成孔质量高等方面。综合来说,全护筒钻机施工成孔的适宜场合为:工程地质差,一般钻机施工容易塌孔;地下结构复杂,待成孔的桩基深处周围存在其他结构物,一旦塌孔就会对桩基或其他结构物造成十分严重、不可挽回的不良影响。本工程的 2R9 桩基下面最近处约 1.1m 外为北京地铁四号线隧道主体结构,一旦塌孔就很容易在灌注混凝土时将桩基结构与地铁四号线隧道主体结构串连起来。同时,施工前期多方面原因造成设计的几经变更,旋挖钻机、方桩钻机成孔的尝试选择失败,导致 2R9 设计桩位十分有限、地下原状土体施工扰动、塌孔后回填土不实、工期紧等因素,不允许再冒险尝试换用一般的钻机施工成孔,取综合各方意见后考虑采用全护筒钻机施工成

孔，全护筒钻机的选用是合理的。

3 全护筒钻机施工成孔工艺

见图 1。

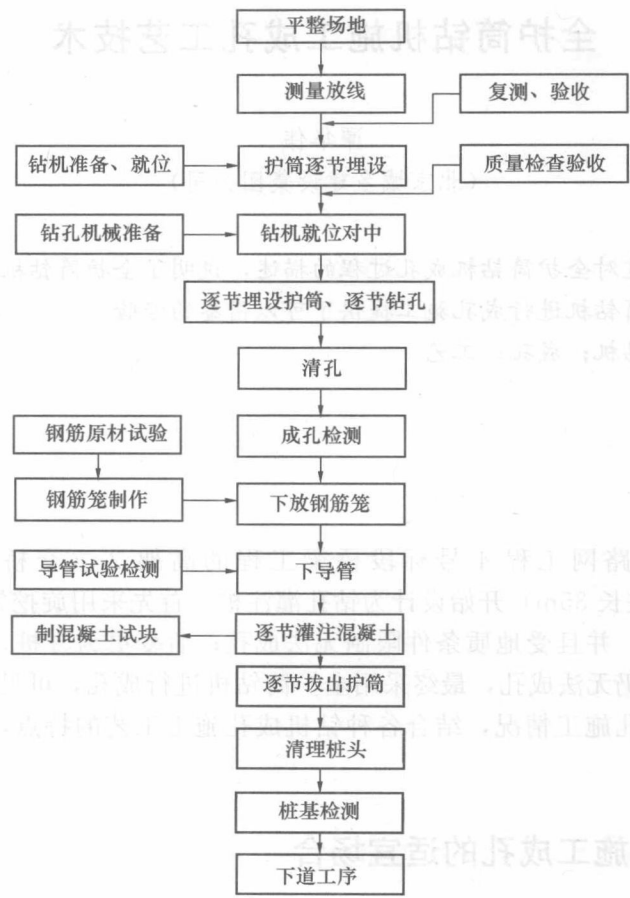


图 1 全护筒钻机施工成孔工艺流程

从上面的工艺流程可看出，全护筒钻机施工成孔工艺流程比一般常用的旋挖钻机、螺旋钻机等复杂，尤其是在双壁钢护筒的逐节埋设、钻机逐节钻孔及成孔后钢护筒的逐节拔出工艺上，施工起来十分耗时、费劲，惟一可取的是干成孔、不需要拌制泥浆护壁。下面就其施工时的几个重要方面进行介绍。

3.1 加压动力设备安装（图 2）

全护筒钻机施工时双壁钢护筒的逐级埋设与拔出需要很强的压力（根据桩基孔径、孔深及地质情况而定，一般最大达到 200t 左右）加载来实现，为此配备了专门的加压动力设备。加压动力设备主要由动力源、加压工作平台、连接线及附属等组成。施工时，首先应根据测量准确确定出加压设备平台的位置，然后安装好加压动力设备。

为保证加压设备平台基础的平整密实，施工前需平整场地。桩孔钻进一般由与其相配合的旋挖钻机完成，并使用双壁钢护筒保证桩孔的稳定和导向。由于加压动力设备比较沉重，安装调试比较费劲，加载压力一般都较大，这就要求施工人员在安装时最好能一次准确安装定位，并通过与之配套的履带式大吊车的履带轮和加压设备平台底座准确连接固定，确保在设备加载施工过程中位置不能偏移。



图2 加压设备安装后

3.2 钢护筒的逐级埋设、钻孔

全护筒钻机的护筒长度等于桩长，由若干节钢护筒组成（单节长度2~6m），护筒节间通过环向的高质量螺栓、螺母连接。其第一节钢护筒底部装有筒靴及呈环状排列的切削齿，以使护筒能够较快、较容易地压进密实、坚硬的地层中。施工时，在加压设备平台搭设好后，通过吊车配合将首节钢护筒平稳吊起，竖直稳当地搁置在加压设备平台（高约1.5~2m）上方，然后加压设备开始工作，抱箍稳稳地升起（露出4个钢支腿），将上方的钢护筒稳稳地抱紧、抱牢，逐步加载压力，



图3 钢护筒逐节压进后的钻孔施工

使钢护筒在强大的压力作用下通过下部的筒靴、切削齿及护筒壁来克服地层摩擦阻力慢慢压进。之后通过旋挖钻机钻头伸入钢护筒内钻孔，每钻至压进的护筒底部后移开，再次通过加压设备压进次节钢护筒（压进前在加压设备平台上方需要工人将这两节钢护筒间的连接用高强螺栓、高强螺母逐个连接好），再用旋挖钻机钻进，见图3，如此不断循环直至钻孔到设计桩基深度。双壁钢护筒的超强刚性及刚性连接确保其在坚硬地层中逐节压进时的整体垂直度。

在整个钢护筒的埋设、钻孔过程中，最耗时、费劲的就是压进前每相邻2节钢护筒连接部位的高强螺栓连接，高强螺栓的分布一般根据桩径的大小、桩长而定。我们施工的高架2立交桥2R9桩基为4根D1200mm、桩长35m的混凝土灌注桩，使用的钢护筒外径为1.5m，每节长度为6m，壁厚4~5cm不等，节间连接螺栓在护筒环向上下2层排列，螺栓孔径约6cm，共约30个，连接时2名工人逐个连接，需要1.5h左右时间，每根桩基成孔大约需要10~15h时间。

3.3 成孔后混凝土的灌注与钢护筒的逐级拔出

在全护筒钻机施工成孔并验孔合格后，开始通过大吊车将长长的钢筋笼（之前已经检

验合格) 下入钻孔内, 后下放导管, 开始进行混凝土的灌注。

灌注混凝土时的一般施工要点与一般的旋挖钻机泥浆护壁桩灌注混凝土一样, 唯一不同的是在混凝土的灌注过程中要及时通过加压设备将钢护筒逐节拔出地面来。钢护筒的及时拔出在整个混凝土的灌注过程中是相当重要的, 说简单点就是钢护筒的逐节压进的反操作, 施工时也是通过加压设备平台抱箍在平台底部抱紧、抱牢钢护筒壁, 施加强大的提升力拔出钢护筒, 每拔出一节来, 工人立即上前将钢护筒节间连接高强螺栓卸除, 再通过吊车稳稳地将卸松后的钢护筒吊运到附近场地上。

同样地, 混凝土的灌注与钢护筒的拔出相结合反复循环, 直至混凝土灌注完成, 钢护筒也相应地全部拔出地面。每节钢护筒的拔出与节间连接高强螺栓的卸除也是相当费时、耗劲的, 每节钢护筒的拔出、连接螺栓的卸除大约需要 1~2h, 这样造成整个混凝土的灌注速度相当的慢, 项目部施工的高架 2 立交桥 2R9 桩基的每根桩混凝土的灌注大约持续了 8~15h。

4 施工现场的质量控制

全护筒钻机施工成孔、混凝土灌注的整个过程中, 施工现场的质量控制是相当重要的, 这就对项目部技术员、质检员、工长等要求比较高, 主要体现在:

4.1 桩位准确性与加压设备平台安装可靠性

同一般的旋挖钻机等施工成孔一样, 施工前桩位的测量放位是相当重要的。现场测量员测量放位后及时请测量工程师、监理等复核桩位, 确保万无一失。

桩位放好后, 进行加压设备平台的安装, 加压设备平台必须位置准确、牢固稳定, 安装后及在整个施工过程中必须由专人定期检查设备安装平台的可靠性, 发现问题及时处理。

4.2 压进钢护筒的垂直度保证

一般地说, 在常见的工程地质条件下, 双壁钢护筒的强大刚性与高强螺栓刚性连接基本能保证压进钢护筒的垂直度。施工时, 压进的首节钢护筒必须竖直。钻孔开始后, 应随时检查护筒水平位置和垂直度, 如发现偏移, 应将护筒拔出, 调整后重新压入钻进。这在全护筒钻机成孔施工上是相当重要的, 施工时无论如何也要保证钻孔的位置准确性和垂直度, 避免因先开始压进的钢护筒位置偏移直接导致后续逐级压进的钢护筒产生累积偏移效应。

4.3 混凝土灌注质量

由于在混凝土灌注过程中相伴有钢护筒的拔出施工, 混凝土的灌注需要在钢护筒的拔出过程中(每节大约需要 1~2h)停歇, 混凝土灌车到达施工现场后等待时间较长, 这就要求灌注的混凝土保水性、和易性比较好, 为了防止初凝施工时最好加入减水剂。同时, 需要混凝土调度员科学合理调度及现场试验员、质检员严格混凝土检查, 确保混凝土的灌注质量。

5 总结

全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

(本文为作者首次公开发表)

全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

参考文献

1. 全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

主要参考文献

1. 全护筒钻机一般应用于地质条件比较复杂,采用常规方法成孔比较困难的情况;其成孔工艺比较复杂,应用的机械较多,成本较高,但是可以干成孔,成孔质量高,效果好。因此在特殊地段还是经常发挥无可替代的作用,被经常使用。本文对其成孔工艺和过程进行了描述,希望对使用此种钻机的人员有一些借鉴作用。

成熟社区内岩石基坑的开挖工艺

王季夏 王 磊

(北京住总第六开发建设有限公司)

【摘 要】 本文主要介绍在地基以白云岩为主的深基础工程施工中,岩石静态破碎方式的优选,是以静态破碎为主、机械破碎为辅的破碎原则。通过先在场地中挖掘出一道导沟,利用出现的临空面进行破碎的方法。本工程还在于将基坑挖掘、支护、监测相结合,实时地对边坡和情况进行监测。结果采取静态破碎与动态破碎相结合的方式,在居民稠密区内开挖 12m 深的基坑经济有效。

【关键词】 静态破碎;机械破碎;边坡安全

1 工程概况及水文地质条件

(1) 工程场地位于石景山区伴月公园东侧,东侧为鲁谷南路,西侧和西南侧紧邻新华社两栋高层住宅楼,南侧与社区服务中心相邻,北侧为伴月公园。

(2) 本工程±0.000=65.8m,槽底标高-10.535~-10.780。场地自然地面呈西高东低,西、北侧高出正负零约 3.1m,东、南侧基本与正负零持平。根据现场钻探情况,地层表层主要由人工填土、黏性土和基岩构成,其中土层厚度约为 3m,3m 以上均为岩石层。人工填土主要为碎砖、水泥块等建筑垃圾,含有少量风化碎石和粉质黏土;黏土主要为红黏土夹有大量风化碎石块;基岩表层主要为风化灰白~白色白云岩,其他为蓟县系白云岩,局部夹有石英和燧石,呈条带状分布,质地坚硬,为较硬岩,岩体局部裂隙极为发育,有深蚀孔,岩体基本质量等级为Ⅳ级,表层风化较强烈,结构破碎,碎裂状结构,局部呈现为夹黏性土薄层,普氏系数 $f=6\sim 8$,属次坚硬岩石。根据地勘报告显示,本工程 20m 深度内未见地下水。

2 工程主要特点

(1) 在狭小的施工场地内进行基坑开挖,地下室外墙线距离用地红线仅 0.6~6.2m,所以施工现场基坑开挖范围内大部分位置基本与场区用地红线齐平,是典型的狭窄场地开挖。

(2) 基坑周围 30m 范围内,有高层的居民住宅楼,住宅楼基础底面标高与基坑开挖槽底标高相差 5m 左右,如施工方案选择或管理措施不到位,极易对周围住宅楼结构安全造成威胁。

(3) 周围已形成相对完善的社区,扰民和民扰问题特别突出,使用传统的岩石开挖方式,爆破或机械破碎不能满足实际工程需要,施工中必须严格控制噪声、扬尘、废弃物、

遗洒等环境要素，最大限度减少污染。

(4) 根据地质勘察报告显示，岩石分布不均，所以给工程边坡支护加大了难度和不确定性，由于岩层的走向和倾角尚不确定，无法准确判断基坑开挖后会不会引起局部滑坡，形成滑移面。

3 施工内容

(1) 施工总体顺序：主要包括地表层土方开挖、土钉墙施工、石方静态破碎及支护施工。整体施工顺序如下：在进行施工准备（临时设施、临水、临电及部分材料准备等）的期间，进行工程定位测量工作，放出主要控制轴线、基坑上口线，根据基坑上口线进行挖土施工，挖土施工的同时，进行土钉墙支护工作，当挖至岩层时，开始石方破碎及岩石边坡支护施工。

(2) 具体施工步骤：测量放线→土方开挖第一步→施工第一步土钉墙、做好坡顶翻边→土方开挖第二步→施工第二步土钉墙→土方开挖与土钉墙施工交替进行→第一步石方静态破碎→第一步岩石基坑边坡支护→第二步石方静态破碎→第二步岩石基坑边坡支护→石方静态破碎与岩石基坑边坡支护交替进行→清槽。

4 基坑岩石破碎开挖方法

本工程岩石显露标高较高，且根据地勘报告资料岩石的强度较大。周边距离已有居民楼很近。根据北京地区的施工要求及工程特点，采取静态破碎，辅以机械破碎。静态破碎法也称静力迫裂，就是利用破碎剂或膨胀水泥对岩石进行胀裂破碎。静态破碎后会在岩体形成一定密度和深度的裂缝，用破碎炮辅助将已经松动但挖掘机无法挖动的岩石进行破碎。材料选取：根据施工环境温度选择合适的破碎剂（简称 HSCA）型号；本工程采用高效无声破碎剂（HSCA I）。

4.1 静态破碎原理

高效无声破碎剂 HSCA 灌入事先布眼的岩石钻孔内后，被破碎物体就会经历出现裂缝、裂缝传播、裂缝扩大三个过程。高效无声破碎剂 HSCA 的破碎机理完全不同于爆破作业的破碎机理。见图 1~图 3。

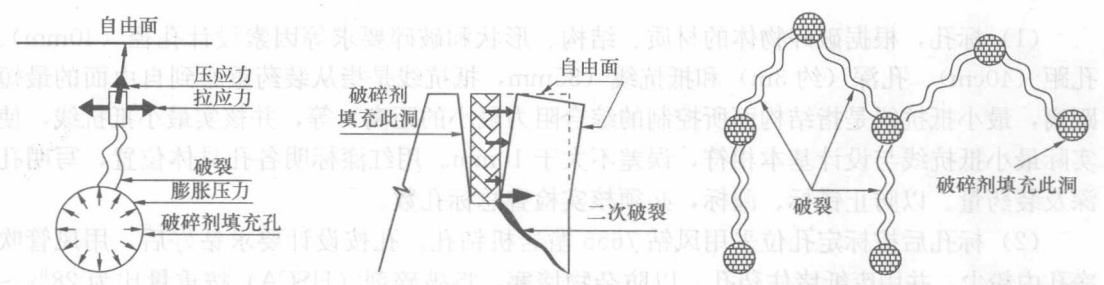


图 1 高效无声破碎剂 HSCA 产生膨胀压力的破碎机理

图 2 含两个自由面的被破碎物体裂缝形成的截面图

图 3 通过布置钻孔的孔距、孔深和倾斜度可以确定裂缝的发展方向

4.2 岩石破碎施工部署

施工中首先完成约 3m 的土方开挖及外运工作，然后结合工程现场岩石面情况进行破碎施工。

根据现场开挖出来的情况看，岩石显露标高比较高，整体呈西高东低的态势，并且东侧岩石为强风化岩石，岩石的整体性及硬度不高，西侧为中风化白云岩，岩石的整体性及硬度很高。因此，整体从东侧向西侧逐步破碎。由于出土马道也设置在基坑东侧，每一步岩石破碎后必须外运，考虑到最后收马道时节省时间，马道处岩石必须先破碎，岩石破碎必须采取从东向西的破碎方向。

静态破碎采用风钻凿岩机钻孔，根据岩石的硬度及临空面高度钻孔深度为 2.0~3.0m，孔径 40mm。先在东侧破除一道导沟，或东西岩层高差超过 2m 可以用自然临空面，以双向 40cm 进行钻孔，然后放置静态破碎剂，逐步延时胀裂，破碎炮辅助破碎已胀裂岩石。基本上在竖向形成 2.0~3.0m 高的台阶，（1 区、2 区相差 2.0~3.0m 临空面，2 区、3 区相差 2.0~3.0m 临空面，3 区、4 区相差 2.0~3.0m 临空面，1 区、4 区相差 2.0~3.0m 临空面）然后以此临空面，继续一步一步破碎。第一层破碎完毕后，再从东侧开始第二层的破碎，每层、每区之间岩石破碎采取流水作业。根据现场岩石显露的标高来看，整体竖向分 4~5 步破碎，每一步的破碎深度大约 2.0~3.0m。1 区、2 区、3 区、4 区依次见底（图 4）。

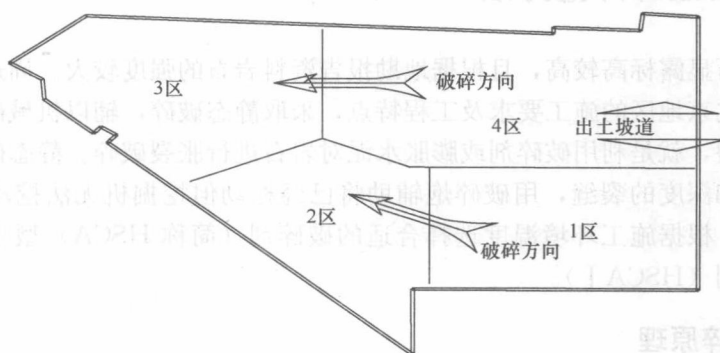


图4 岩石破碎方向示意图

4.3 每一步岩石破碎方法

（1）标孔，根据破碎物体的材质、结构、形状和破碎要求等因素设计孔径（40mm）、孔距（40cm）、孔深（约 3m）和抵抗线（35mm，抵抗线是指从装药重心到自由面的最短距离，最小抵抗线是指结构面所控制的综合阻力最小的距离）等，并核实最小抵抗线，使实际最小抵抗线与设计基本相符，误差不大于 10mm。用红漆标明各孔具体位置，写明孔深及装药量。以防止错标、漏标，必须核实检查总标孔数。

（2）标孔后按标定孔位采用风钻 7655 凿岩机钻孔。孔按设计要求钻好后，用风管吹净孔内粉尘，并用废纸堵住药孔，以防杂物堵塞，将破碎剂（HSCA）按重量比为 28%~35% 的水倒入容器中，然后加入破碎剂（HSCA），用机械或手工搅拌成具有流动性的均匀浆体。搅拌后的破碎剂（HSCA）浆体必须在 10min 内填充在孔内，超过 10min，其

流动性及破碎效果明显降低。破碎剂填孔之前必须将孔清理干净，填充作业可以采用直接灌入法或用灰浆泵压入法。因本工程施工期间为春、夏季，破碎剂填孔后不必养护，一般灌浆 5~24h 可将岩石胀裂破碎。

(3) 经静态破碎剂破碎的岩石虽然具有一定密度的裂缝或裂隙，但由于岩石风化程度和硬度不同，有一些虽然破碎，但挖掘机尚无法直接装车，还需要用破碎炮进行辅助破碎，使破碎部分和岩体完全脱落。

4.4 特殊部位的破碎

现场岩石显露不是很平整，局部高差较大，达 3.0m 左右，形成鼓包。对于这些鼓包，我们用钻机竖直打孔，孔间距双向 40cm，孔径 40mm。由于鼓包四周自然形成临空面，将其破碎完毕后装车运走。鼓包破碎完毕后，再以鼓包处的临空面为基础向周围进行分区分层破碎。

5 基坑围护变形监测

5.1 本工程基坑支护主要施工监测

(1) 支护位移的量测；

(2) 附近建筑物和重要管线等设施的变形测量和裂缝观察。(其中附近建筑物监测由北京市勘察设计研究院有限公司完成)

5.2 监测的频率

在支护施工阶段，每天监测 3 次；在完成基坑开挖变形趋于稳定的情况下可适当减少监测次数。施工监测过程应持续至整个基坑回填结束、支护退出工作为止。

5.3 监测点的布置

对支护位移的量测，测点位置选在变形最大或局部地质条件最为不利的地段（见图 5），采用精密水准仪和精密经纬仪、测斜仪量测支护边坡的水平位移。

6 岩质边坡的稳定性评估

根据地勘报告资料及现状情况，本工程的基坑边坡是一个土岩结合的边坡，上部为土层，下部为岩层，从平整场地和降方的情况来看，西侧基本上在相对标高 -0.030 就见到岩石，从而形成一个从上到下的岩质边坡。

由于岩层本身存在产状：即走向、倾向、倾角。地勘报告显示本工程的岩层较破碎，而且白云岩为沉积岩，如果风化强度较高，即可能存在开挖过程中，边坡上的岩石会随着倾角逐步剥落，但如果在岩石整体无大的贯穿性裂隙，本工程岩石坡面很缓，不会发生整体的岩质边坡失稳。

岩层中常会存在一些小的贯通性裂隙，这些裂隙的贯通使得基坑边坡暴露出的一些小

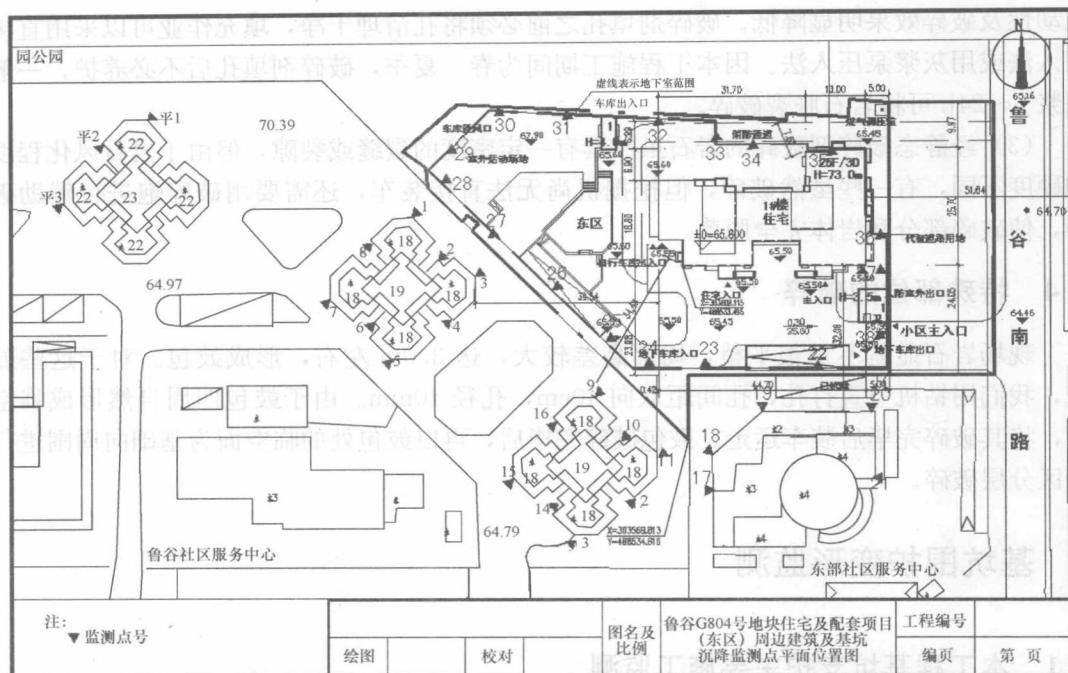
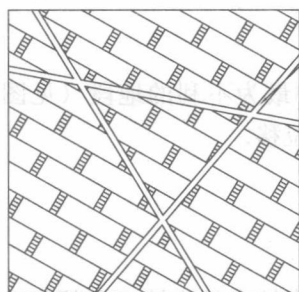


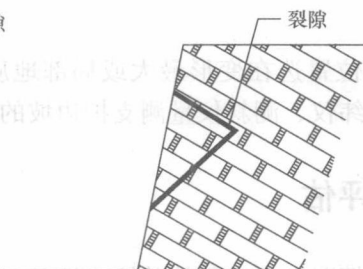
图 5 监测点的布置图

岩块在失去侧限后，结合裂隙的产状，就有可能发生掉落。对于这种情况目前国内外也主要以预应力锚杆（索）加固，因此本工程如果出现类似情况，也将采取锚杆加固。

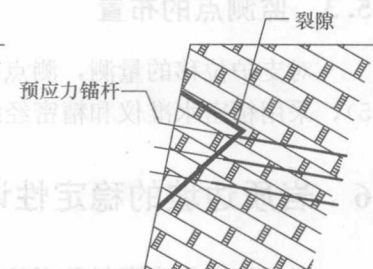
通常在开挖过程中会在开挖面上暴露出一些裂隙，施工人员可以通过对裂隙的情况进行分析判断，以确定岩块有无掉落可能，对于有可能掉落的需通过已暴露的裂隙情况判断可能掉落岩块的体积、重量、剖面尺寸等对岩块进行加固，图 6～图 8 为岩块加固的示意图。



裂隙



裂隙



裂隙

预应力锚杆

图 6 贯穿裂隙立面图

图 7 可能掉落岩块剖面图

图 8 锚杆加固剖面图

7 结论

截至目前本工程已经开始地下室基础结构施工，边坡稳定，四周建筑物没有发生沉降、结构安全。通过本工程基坑开挖，总结了以下几点经验：