

雄安新区工程地质勘察标准钻孔技术控制及施工实践

李 忠¹, 和 新², 李艳丽², 李晋锐²

(1.河北省地质矿产开发局,河北 石家庄 050081; 2.河北省地矿局国土资源勘查中心,河北 石家庄 050081)

摘要:雄安新区地质勘察大会战中 200 m 标准勘察钻孔,地层层位交替变化大,局部夹软弱地层和砂土液化,砂类地层胶结性差、结构松散等,难以保证垂直度以及岩心采取率。施工中采用了合理钻具配置、优化钻进参数等综合措施,预防钻孔偏斜;同时在取心时采用松散地层干钻取心、岩心管内隔离措施、采用泥浆泵分流注浆退心等行之有效的技术措施,保证了钻孔质量,取得了非常明显的技术效果。

关键词:雄安新区;工程地质勘察;钻探;孔斜;岩心采取率

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)05-0008-05

Technical control and drilling of standard geo-technical investigation boreholes in the Xiongan New Area

LI Zhong¹, HE Xin², LI Yanli², LI Jinrui²

(1. Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration, Shijiazhuang Hebei 050081, China;

2. Territorial Resources Exploration Center of Hebei Geo-mineral Bureau, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: In order to cope with the difficulty in maintaining the borehole verticality and core recovery due to great alternation of strata, liquefaction of soft strata and sand, poor cementation and loose structure of sand encountered in drilling of the standard 200m geo-technical investigation boreholes in the Xiongan New Area, comprehensive measures such as proper configuration of the drilling string, optimization of drilling parameters have been adopted to prevent drilling deviation. At the same time, effective technical measures such as dry core drilling in loose strata, isolation in core barrels, diversion of the mud pump discharge for core ejection have been adopted to ensure the drilling quality, leading to very obvious technical results.

Key words: the Xiongan New Area; geo-technical investigation; drilling; hole deviation; core recovery

1 项目概述

2017 年 4 月 1 日,党中央作出一项重大历史性战略抉择——在河北设立雄安新区,这是千年大计、国家大事,对于非首都功能集中疏解,探索人口经济密集地区优化开发新模式,调整优化京津冀城市布局 and 空间结构,培育创新驱动发展新引擎,具有重大现实意义和深远历史意义。2017 年 6 月 14 日,在中国地质调查局统筹安排下,按照“世界眼光、国际标准、中国特色、高点定位”总要求,河北省地质矿产开发局组织实施了雄安新区工程地质勘察大会战,本次会战是 21 世纪以来全国最大的一次工程地质勘察大会战,雄安新区工程地质勘察项目设计勘察

孔、水文地质孔总计 496 个,总进尺 53250 m,勘察面积 1770 km²,目的是初步查明规划区工程地质和水文地质条件,分析、评价场地稳定性和工程建设适宜性,为新区总体规划编制提供技术支撑。

河北省地质矿产开发局选调 10 家地勘单位,投入了 200 多台套勘察设备,1400 多名施工技术人员参加了野外工程勘察工作,为 21 世纪以来全国最大规模的工程地质勘察大会战(图 1)。本次勘察大会战时间短、任务重、标准高,参战人员于 2017 年 6 月 14 日开钻至 7 月底完工,在规定时间内高质量完成了勘察任务,取得了大量可靠的地质资料。

本文以雄安新区工程地质勘察 200 m 标准钻孔

收稿日期:2018-11-07; 修回日期:2019-04-16 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.05.002

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“雄安新区水土质量与工程地质调查评价”(编号:DD20189122-W04)

作者简介:李忠,男,汉族,1963 年生,探矿工程专业,主要从事固体矿产勘查、岩土工程勘查、深孔钻探等钻探技术相关研究及管理工作,河北省石家庄市工农路 410 号,704439276@qq.com。

引用格式:李忠,和新,李艳丽,等.雄安新区工程地质勘察标准钻孔技术控制及施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):8-12.

LI Zhong, HE Xin, LI Yanli, et al. Technical control and drilling of standard geo-technical investigation boreholes in the Xiongan New Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(5):8-12.



图 1 雄安新区工程地质勘察大会战现场

Fig.1 Geo-technical investigation borehole drilling site in the Xiongan New Area

为例,结合雄安首例孔斜达标的标准钻孔施工实践,分析钻探的技术难点和控制措施。

2 标准钻孔钻探技术要求

本次勘察任务设计标准钻孔 39 个,孔深 200 m,全孔取心要求进行地层描述,采取原状样、扰动样、易溶盐样及第四系样品,开展标准贯入试验、物探测井和波速测试。

2.1 钻进技术要求

(1) 钻孔口径: 钻孔口径 ≤ 110 mm,一径到底。

(2) 钻进取心方法: 全孔连续取心钻进,1~10 m 无泵钻进,10 m 以深采用泥浆护壁正循环取心钻进, $\Phi 108$ mm 岩心管单管取心。

(3) 岩心采取率: 粘性土岩心采取率 $\leq 90\%$,砂类土 $\leq 80\%$,卵砾类土 $\leq 60\%$ 。

(4) 回次进尺: 严格控制回次进尺,0~20 m 深度内回次进尺不超过 1.0 m,20~50 m 深度内不超过 1.5 m,50~100 m 深度内不超过 2.0 m,100 m 以深不超过 3.0 m,严禁超管钻进。

(5) 孔深与孔斜: 每钻进 50 m、终孔时进行孔深和孔斜测量。孔深要求用钢卷尺测量,孔深误差 $\leq 1\%$;孔斜测量采用测斜仪,200 m 钻孔终孔孔斜率 $\leq 2^\circ$ 。

(6) 取出的岩心按地层顺序由上向下依次摆放,严禁上下颠倒,退心时,禁止将岩心管吊离地面敲打。

(7) 岩心放入统一制作的 PVC 管内,每回次用岩心牌隔开,现场标示孔号、钻进回次、深度等信息。

2.2 样品采集要求

(1) 原状样取样要求: 在粘性土和粉土中采取,样品尽量平均分布。0~40 m 土层中取样间距 2 m,40~100 m 土层中取样间距 2~3 m,取样数量约 40 件;100 m 以深土层中取样间距 3~5 m,取样数量

约 20 件;厚度 < 2 m 的土层及有意义的夹层取样,厚度 > 5 m 的土层取样间距可适当加大;单孔采取原状样品一般不少于 60 件,其中 20 件样品应采取双样(样品长度根据各实验室要求确定),双样主要在 0~100 m 采取,100 m 以深适当控制。原状样品进行含水量、液限、塑限、压缩、直剪、密度、粒度分析等土工试验;20 组双样增加渗透系数试验、三轴剪切试验、高压固结试验。在软土中加做灵敏度试验。

(2) 扰动土样取样要求: 在粉土和砂土中采取,使用标准贯入器或岩心管取样。单孔采集扰动样品不少于 20 件,进行颗粒分析。

(3) 易溶盐取样要求: 在地下水位以上采集易溶盐样品 5 个,取样位置均匀分布。

2.3 标准贯入试验要求

在 0~50 m 的土层中进行试验,间距 2 m,试验次数 25 次,50~100 m 在主要砂性土层中进行试验,建议试验次数 4 次。

2.4 岩心编录

按《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)执行,对取出的岩心进行整理拍照、岩性定名,分层描述。

2.5 综合测井

包括且不少于视电阻率、自然电位测井、自然伽玛测井等 3 种方法,测井点距 5~20 cm。

2.6 波速测试

对 200 m 标准钻孔 0~100 m 孔段进行现场剪切波速试验,采用检层法(单孔波速法)向上检层进行测试,主要检测水平的剪切波速。

(1) 试验设备。试验设备为 SWS-3 型多波列数字图像工程勘探与工程检测仪、三分量探头及震源等附属设备,可使用地面激振或孔内激振法。

(2) 试验要求。应结合土层布置测点,测点间距一般为 1.0~2.0 m,层位变化处加密。

测试应自下而上进行,测试过程中三分量检波器应固定在孔内预定深度处,并紧贴孔壁,在波形记录上应能识别压缩波初至时间和剪切波续至时间。

测试工作结束后,应选择部分测点作重复观测,其数量不应少于测点总数的 10%。

2.7 封孔

封孔工作必须在钻探工作结束、孔内原位试验均完成,且量测了钻孔稳定水位后进行。终孔后按要求进行粘土球封孔与泥浆池填埋。对封孔与填埋后的钻探场地进行拍照记录。

2.8 岩心保存

钻孔全孔保留岩心。钻孔验收后,按照验收意见处理岩心。

3 工程实践

3.1 钻遇地层概况

200 m 标准孔钻遇地层岩性主要为粘土、粉质粘土、粉土、细砂、中砂、粗砂。以某钻孔为例,地层概况:0~35.90 m 为粉土、粉质粘土;35.90~65.50 m 为粉质粘土、中砂、粗砂;65.50~87.10 m 为细砂、中砂、粗砂;87.10~201.70 m 为粉质粘土、细砂、中砂、粗砂互层。

3.2 取心钻进程序

确定孔位→平整场地→安装取心钻探设备→开钻前的准备工作(含技术交底)→取心钻进(开孔、钻进取心、校正孔深、钻孔弯曲度测量、岩心整理与编录、取样、标贯)→钻进至 100 m 波速测试→终孔→测井→封孔。

3.3 取心设备、测试仪器

3.3.1 投入的主要设备和仪器

本次 200 m 标准钻孔勘察任务投入的主要设备 XY-4、XY-2 型系列岩心钻机、BWB250/50 型泥浆泵,测试仪器为波速仪、测井仪等见表 1。

表 1 投入的主要施工机械设备和仪器

Table 1 Major construction machinery and equipment input

序号	设备、仪器名称	规格、型号	备注
1	岩心钻机	XY-4/XY-2	动力设备为柴油机、发电机
2	泥浆泵	BWB250/50	
3	钻塔	12 m 高 A(门)型塔	
4	测井设备	PSJ-2A/JGS-1B	
5	波速仪	SWS-3	
6	测斜仪	JJX-3A	

3.3.2 取心钻具

采用的取心钻具情况如表 2 所示。

表 2 采用的钻具情况

Table 2 Drilling tools used

使用钻具	钻具规格
钻头	Ø113~133 mm 复合片钻头
钻杆	Ø42、50 mm 钻杆
岩心管	规格 Ø108 mm,长度 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 m
取土器	规格 Ø110 mm,长度 0.5 m 薄(厚)壁活塞式取土器(外购)

3.4 钻孔质量情况

本例钻孔最终质量等级为优秀,钻孔口径 110

mm,终孔孔斜率为 1.7°,粘性土岩心采取率达到 98%以上,砂类土及卵砾类达到 85%以上。

4 钻探主要技术难点

4.1 钻孔防斜难度较大

(1)200 m 标准钻孔垂直度要求严格,孔斜率 $\leq 1^\circ/100$ m,终孔孔斜率 $\leq 2^\circ/100$ m。

(2)钻孔处于河北中部平原,地层以河流相、泥沼相、河湖相为主,地层岩性以粘土、粉质粘土、砂层为主,层位交替变化大,局部夹软弱地层或存在砂土液化现象,钻进易引起孔斜。

4.2 岩心采取率不易保证

(1)0~10 m 上部地层松散,且为取得易溶盐样,采用无泵钻进,提钻退心时易掉心。

(2)钻遇砂类地层时,由于胶结性差,结构松散,取心率难以保证。

4.3 手持拍照无法保证岩心影像资料规范一致性

为了给地层的对比和划分提供可靠依据,要求劈开岩心之后要对岩心进行拍照,留存下规范的影像资料。拍照时每 5 根岩心管一排进行拍照。岩心管长 1 m,传统手持拍照,岩心照片的角度和距离都无法保证一致性。

5 采取的主要应对措施

5.1 采用综合措施,预防钻孔偏斜

(1)地基平整坚固,设备安装周正水平。天车、立轴、孔口三点一线。

(2)根据地层和深度不同,合理选择取心钻进参数。开钻时,轻压慢转,防止偏斜。

(3)使用合格同心度好的钻具,岩心管上方接 3 m 取粉管,起到导正作用。

(4)每 50 m 测孔斜一次,发现孔斜及时纠正。定期测量钻机是否水平。

(5)遇软硬互层时,放慢钻进速度。及时调整钻压、钻速等技术参数,要求给进均匀,采取轻压慢钻,同时要适当控制泵量。

5.2 多措并举,提高岩心采取率

5.2.1 无泵钻进

对于 0~10 m 地层取心,因为要求取盐溶样,为防止泥浆污染岩心,采用无泵压入法取心,无泵钻进也称无水钻进,即在不开泵送冲洗液的情况下,加压慢转取心钻进,对土样扰动程度小,保证了岩心质量。

5.2.2 缩小回次进尺

根据地层情况和技术要求确定合理的回次进尺,减少因钻进回转和冲洗液对岩心的损耗,有助于提高岩心采取率和保证岩心质量。

5.2.3 采用化学冲洗液

冲洗液配方 1:1 m³ 清水+20% 钠基膨润土+0.1%~0.5% CMC(纤维素)。性能参数:密度 1.13 g/cm³;漏斗粘度 25~30 s;滤失量≤15 mL。

冲洗液配方 2:1 m³ 清水+10% 钠基膨润土+0.1%~0.3% 植物胶。性能参数:密度 1.10 g/cm³;漏斗粘度 30~35 s;滤失量≤15 mL。

对于采用冲洗液循环取心孔段,在冲洗液中加入植物胶、纤维素等化学处理剂调节冲洗液性能,达到保护岩心作用。植物胶是一种无毒、无污染绿色处理剂,能够提高冲洗液粘度和护壁性,使得冲洗液具有良好的润滑性、降滤失性和悬浮性能,能在孔壁和岩心表面形成一层薄而韧的聚合物粘膜,可有效的防止岩心损坏、碎裂,具有护心作用,从而达到提高采取率和岩心质量问题。

5.2.4 松散地层干钻取心

对于砂层等松散地层,应小泵量钻进,当进尺深度达到要求时采用“停泵干烧”的办法取心,其步骤是:回次终了→关闭泥浆泵→拧开水龙头螺丝→投入取心弹子→干钻 0.5 m 左右(加大给进压力同时干钻 5~10 min,使钻头附近的岩心固结,卡住岩心,防止掉心)→探孔(提出 1 m 左右下放取心钻具,探测岩心是否装入岩心管,有无残留岩心)→提钻退心。

5.2.5 岩心管内隔离措施

取心钻具下钻前,在岩心管内加软木塞或蛇皮袋,软木塞长度 200 mm 左右,上部倒角,直径比岩心管内径小 5~8 mm,要求木质轻、完整无裂缝。其作用是在取心钻进过程中,软木塞始终位于岩心上部,起到双管钻具作用,隔离冲洗液和套管内岩心,避免直接冲刷岩心顶部,对岩心起保护作用。

5.2.6 采用泥浆泵分流注浆退心

为了保证岩心采取率,同时也避免敲打取心,退岩心时卸掉钻头,将泥浆泵与钻具尾部连接,慢开泥浆泵,利用冲洗液的冲刷压力将岩心缓慢推出,大大提高了岩心的完整程度。

5.2.7 其他措施

根据回次进尺合理调节机上余尺,尽量不在钻

进中途加换钻杆,以防岩心脱落,二次套扫岩心破坏岩心柱。提钻速度要慢,防止因速度过快产生抽吸作用而破坏孔壁和岩心,边提钻边往孔内补充冲洗液,以保持液面对岩心的压力。

5.3 特制专用拍照支架,保证岩心拍摄角度与距离的一致性

为了保证岩心拍摄角度和距离的一致性,现场施工人员与加工厂家共同设计了拍摄专用支架(见图 2),该架子下部为 4 根不锈钢方管焊接的水平平台,长 100 cm、宽 60 cm,可将岩心放置于此平台,保证岩心的水平。平台一端固定垂直于平台的方管,方管高 1.5 m,管上连接可上下移动的滑块,滑块一段焊接水平导轨,导轨上装相机固定螺丝。使用时将单反相机连接于水平导轨之上,镜头朝下正对岩心,通过上下、左右调节滑块以及相机位置,可以保证对岩心拍摄角度与距离的一致性,图 3 为岩心拍摄现场,图 4 为现场岩心照片,由于保证了对每组岩心拍摄的一致性,为后期处理照片奠定了良好的基础,更为第四系地层的对比和划分提供了有力保证。



图 2 专用拍照支架

Fig.2 Special camera bracket

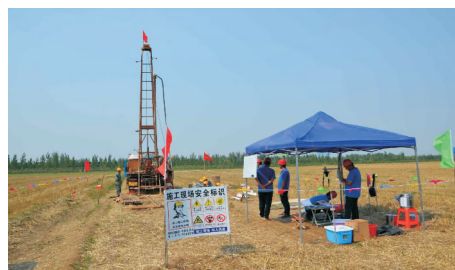


图 3 岩心拍摄现场

Fig.3 Core shooting site

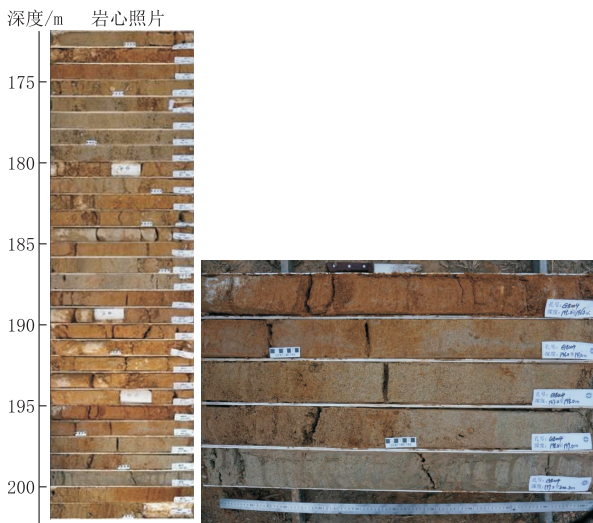


图4 现场岩心照片

Fig.4 On-site core photographs

6 结语

(1)雄安新区勘察会战时间紧、任务重,主要设备还是以XY-4/XY-2传统机型为主,技术指标主要由钻探技术水平和工艺进行保障,如果能从钻探设备及机具方面着手,增加新技术的应用,势必会提高地质勘察领域整体钻探水平。

(2)雄安新区工程地质勘察高标准、严要求,施工人员在钻探过程中的精益求精、不遗余力,针对孔斜不易控制、岩心采取要求标准较高、为全孔岩心留下完美的影像资料等难点,结合钻探现场实践,采用综合措施防孔斜、泥浆泵分流注浆退心、特制专用拍照支架协助拍摄等手段,提高了施工效率,确保了施工质量,对类似工程具有借鉴和指导作用。

(3)雄安新区工程地质勘察意义重大,为新区规划建设提供了详尽可靠的地质资料,在一定程度上促进了新区发展和城市化进程,为打造“世界一流透明雄安”提供了地质信息基础数据。

参考文献(References):

- [1] 李先经. 中铁青岛世界博览城项目岩土工程勘察钻探实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(5): 67-70.
LI Xianjing. Drilling practice of geotechnical engineering investigation for World Expo City in Qingdao[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(5): 67-70.
- [2] 李瑞东. 康保地区钻探实践与体会[J]. 地质装备, 2016, 17(6): 39-41.
LI Ruidong. Drilling practice and experience in Kangbao Area[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2016, 17(6): 39-41.
- [3] 国土资源部中国地质调查局. 雄安新区地质调查工程地质钻探技术要求[R]. 2017.

- China Geological Survey, Ministry of Land and Resources. Drilling technical requirements for geo-technical investigation in the Xiongan New Area[R]. 2017.
- [4] JGJ 83-2011, 软土地区岩土工程勘察规程[S].
JGJ 83-2011, Specification for geotechnical investigation in soft clay area[S].
- [5] JGJ/T 87-2012, 建筑工程地质勘探与取样技术规程[S].
JGJ/T 87-2012, Technical specification for engineering geological prospecting and sampling of constructions[S].
- [6] GB 50021-2001, 岩土工程勘察规范[S].
GB 50021-2001, Code for investigation of geotechnical engineering[S].
- [7] CJJ 57-2012, 城乡规划工程地质勘察规范[S].
CJJ 57-2012, Code for geo-engineering site investigation and evaluation of urban and rural planning[S].
- [8] 石绍云, 房勇, 邓伟, 等. 松散砂岩取心技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(8): 34-38.
SHI Shaoyun, FANG Yong, DENG wei, et al. Application of coring technology in the loose sandstone[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(8): 34-38.
- [9] 刘晓阳, 段隆臣. 松辽盆地第三系含砾砂岩、砂砾岩层的钻探取心技术[J]. 探矿工程, 2002, (3): 39-41.
LIU Xiaoyang, DUAN Longchen. Coring technique in Tertiary sandstone containing shingle and conglomerate of Songliao Basin[J]. Exploration Engineering, 2002, (3): 39-41.
- [10] 霍峰森. 地质工程勘察中钻探技术的方法以及具体应用[J]. 西部探矿工程, 2018, (5): 129-130.
HUO Fengsen. The drilling method and its application in geotechnical investigation[J]. West-China Exploration Engineering, 2018, (5): 129-130.
- [11] 邓梦春, 吴金生, 石绍云, 等. 油气区砂岩型铀矿钻井技术的研讨[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十九届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集, 2017: 166-171.
DENG Mengchun, WU Jinsheng, SHI Shaoyun, et al. Discussion on drilling technology of sandstone type Uranium deposit in oil gas area[C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Nineteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2017: 166-171.
- [12] 王涛, 黄容. 钻探技术在地质工程勘察中的应用[J]. 中国高科技, 2018, (24): 84-86.
WANG Tao, HUANG Rong. Application of drilling technology in geo-technical investigation[J]. China High-tech, 2018, (24): 84-86.
- [13] 曾申. 复杂地层地质钻探冲洗液技术分析[J]. 中国科技纵横, 2018, (24): 120-121.
ZENG Shen. Technical analysis of drilling fluids for complex formation[J]. China Science & Technology Panorama Magazine, 2018, (24): 120-121.
- [14] 陈国荣. 钻探技术在地质勘察工程中的应用研究[J]. 西部资源, 2018, (6): 118-122.
CHEN Guorong. Application of drilling technology in geo-technical investigation[J]. Western Resources, 2018, (6): 118-122.
- [15] 肖毅, 肖衍. 岩土工程勘察钻探技术的创新[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, (32): 720.
XIAO Yi, XIAO Yan. Innovation of geo-technical drilling technology[J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2018, (32): 720.

(编辑 韩丽丽)