

# 郑州市地面沉降监测基岩标施工技术

王 刚, 李 莹, 黄 烜, 于 丽

(河南省地矿局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450053)

**摘要:**根据区域地质条件,郑州市地面沉降监测网基岩标建标场地选择在淮河西路与西三环交叉口东南 600 m 的河南省地质环境监测院内,建标深度为 732 m。地质鉴别孔孔深 780 m,孔径 108 mm,全孔取心钻进,施工的重点是保证岩心采取率,采用泥浆护壁回转钻进,根据钻进层位的岩性不同配置不同特性的泥浆;基岩标孔孔深 780 m,孔径 311 mm,施工的控制目标是孔身质量和垂直度。采用三牙轮钻头宝塔式钻具组合不取心钻进施工工艺。取得了较好的施工质量,创造了良好的效益。

**关键词:**地面沉降监测;基岩标;地质鉴别孔;标孔;郑州市

**中图分类号:**P634; P642.26 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)04-0082-05

**Construction Technology of Bedrock Mark for Ground Subsidence Monitoring in Zhengzhou/WANG Gang, LI Ying, HUANG Xuan, YU Li** (No.2 Institute of Geo-environment Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450053, China)

**Abstract:** According to the regional geological conditions, Zhengzhou Ground Subsidence Monitoring Network decided the building site with the setting depth of 732m. The geological identification hole is 780m in depth with 108mm in diameter, full hole coring drilling, the construction focuses on the core recovery, rotary drilling is adopted with mud protection, and according to the lithology in different drilling horizons, various mud are prepared. The bedrock mark hole is 780m in depth with 311mm in diameter, the construction focuses on the borehole quality and verticality, full face drilling technology is adopted with three-cone bit and pagoda type BHA, good construction quality is achieved.

**Key words:** ground subsidence monitoring; bedrock mark; geological identification hole; mark hole; Zhengzhou City

## 0 引言

郑州市地面沉降监测网建设项目是 2015 年度河南省地质环境类财政项目,其中包含建设基岩标 1 座,作为全市地面沉降监测的参照点和水准路线的起测点。基岩标施工的目的任务是:通过地质鉴别取心钻探和物探测井了解建设场地新生界的地层结构和岩性特征,确定基岩标的建标参数。利用基岩标钻孔将标杆安装镶嵌入稳定基岩中,通过杆体构件将其引至地面,安装监测配套设施,成为测量基准点。这样,以稳定基岩面为参照基准,监测郑州市区的地面沉降情况及其发展趋势,为地面沉降监测和预防控制服务。本文总结了基岩标施工中的经验和体会,为今后类似基岩标建设施工提供参考。

## 1 区域地质条件

### 1.1 地形地貌

郑州市位于河南省中部偏北,华北平原南部,黄河的下游。北临黄河,西依嵩山,东南为广阔的黄淮

平原。地理坐标:东经  $112^{\circ}42'$ — $114^{\circ}14'$ ,北纬  $34^{\circ}16'$ — $34^{\circ}58'$ 。按地貌划分处于中国第二级地貌台阶与第三级地貌台阶的交接过渡带,属于秦岭山东段余脉。总的地势为西南高、东北低,呈阶梯状下降,由构造侵蚀中低山,逐渐下降过渡为构造剥蚀丘陵、黄土台塬、冲洪积倾斜(岗地)平原及冲洪积平原,形成较为完整的地貌序列。地貌特征主要受北西向、近东西向构造控制。黄河在市区北部自西向东横贯,形成东北部的河流冲洪积平原地貌。

### 1.2 区域构造

本区位于秦岭东西向复杂构造带北缘的南端,即秦岭东西向复杂构造带北缘与新华夏系第二沉降带太行隆起南段、西北向构造带及晋东南山字形构造的复合部位。根据区域地质资料,区内构造主要为断裂,以近东西向和北西向断裂为主。近东西向的断裂有:中牟断层、上街断层和须水断层;北西向断裂有:尖岗断层、沟赵断层、老鸦陈断层和花园口断层。西南部山区断裂裸露地表,东部平原区断裂

收稿日期:2017-12-14

作者简介:王刚,男,汉族,1971 年生,高级工程师,研究方向为水文地质、工程地质、环境地质,河南省郑州市南阳路 56 号,617623706@qq.com。

被第四系堆积物掩埋而成隐伏构造。北部、东部的断裂发育较多,分布密集,且相互交错,而西南部断裂分布相对较少。

### 1.3 地层条件

郑州市属于华北地层区,且地处黄河冲积平原的边缘地带。受黄河泛滥影响,区内广泛分布第四系冲洪积层,自西南向东北逐渐增厚。第四系地层之下为巨厚层的新近系、古近系地层,局部古近系地层缺失。新生界之下为中生界地层,中西部为三叠系,东北部为侏罗系、白垩系地层。中生界之下为古生界地层,主要为寒武系、奥陶系、石炭系中上统和二叠系地层。新生界地层自下而上分别为新近系砂层、砂质粘土、粘土、中细砂层和砂砾层;第四系粉细砂、粉土、粉质粘土、粘土等,沉积厚度由西南部的小于500 m,向东北部过渡到1500 m以厚。

新生界的沉积规模和地貌受构造控制,区内构造断裂基本上都发生在第四纪以前,新生代初期老鸦陈断裂有活动,第四纪时期仍有较弱活动。受老鸦陈断裂控制,形成市区范围内以京广铁路为界的东、西两部分地层特征:西区一直抬升,接受剥蚀,形成大量冲沟,没有沉积全新统地层,且新生界地层由西向东逐渐变薄。东区持续下降,沉积新生界地层逐渐增厚,地层齐全,局部厚度>1500 m。

根据地质鉴别孔钻探揭露,场地780.0 m深度范围内地层主要为第四系的粉土、粉质粘土、粘土、粉细砂、细砂,新近系的粘土、中细砂,三叠系的砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩和泥岩等地层。场地地层自上而下分别如下。

#### (1)第四系Q。

上更新统 $Q_3$ ,粉土、细砂、粉质粘土,层厚44.5 m,层底埋深44.5 m;

中更新统 $Q_2$ ,粉细砂、粉质粘土、粘土,层厚30.5 m,层底埋深85.0 m;

下更新统 $Q_1$ ,粘土、中细砂、砂砾石,层厚127.7 m,层底埋深212.7 m。

#### (2)新近系N。

粘土、中砂、中细砂、砂质粘土,局部钙质结核胶结,层厚452.3 m,层底埋深665.0 m。

#### (3)三叠系T。

泥岩、砂质泥岩,由强风化渐变为未风化状态,裂隙发育,层厚31.0 m,层底埋深696.0 m;

粉砂岩,未风化,细粒结构,层状,质地坚硬,少

量裂隙发育,层厚6.0 m,层底埋深702.0 m;

泥岩、砂质泥岩,未风化,层状,泥质胶结,局部破碎,层厚6.9 m,层底埋深708.9 m;

粉砂岩、泥质粉砂岩,未风化,厚层状,砂质胶结,层厚24.1 m,层底埋深733.0 m;

泥岩,未风化,厚层状,泥质胶结,层厚19.0 m,层底埋深752.0 m;

砂岩、泥质砂岩,未风化,层状,砂质胶结,层厚9.0 m,层底埋深761.0 m;

泥岩、砂质泥岩,未风化,厚层状,泥质胶结,揭露厚度19.0 m,揭露埋深780.0 m。

建设场地上部覆盖层厚度为665.0 m,下伏基岩为三叠系的砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩和泥岩。665.0~696.0 m为基岩风化层,自696.0 m进入三叠系未风化基岩。

## 2 基岩标功能要求与结构

### 2.1 功能要求

基岩标是地面沉降监测的参照基准点,是没有沉降变形的稳定基点(相对于覆盖层沉降来说假定基岩是稳定不动的)。要保证基岩标的工程效果,较好的发挥其功能,必须具备3个条件:

(1)基岩标基底必须镶嵌在稳定的基岩内,标杆与深部岩体的动态完全一致;

(2)标杆在保护管内不受周边因素影响,处于相对独立状态;

(3)基岩标作为永久性的基础设施,运行时间长,其材质必须具有较强的抗腐蚀和耐久性。

### 2.2 基岩标结构

郑州市地面沉降监测基岩标标孔直径311 mm,通孔孔径。保护管采用J55级的177.8 mm×8.05 mm石油套管,通径158.52 mm,管内外涂有防锈防腐保护层,管箍丝扣连接。标杆材料也采用J55级的石油套管,按照宝塔结构设计(详见图1),有 $\varnothing 88.9\text{ mm}\times 6.5\text{ mm}$ 、 $\varnothing 73.0\text{ mm}\times 5.5\text{ mm}$ 、 $\varnothing 60.3\text{ mm}\times 4.8\text{ mm}$ 等3种型号,长度上采用九五分割,管箍丝扣连接方式,2次变径。标头采用304级不锈钢加工制作,直径30 mm,长度250 mm。标底采用实用新型专利产品“地面沉降监测基岩标标底插杆”(专利号ZL201620424407.1),长度300 mm,不锈钢材质。

基岩标保护管和标杆四周均设置扶正器,以保证

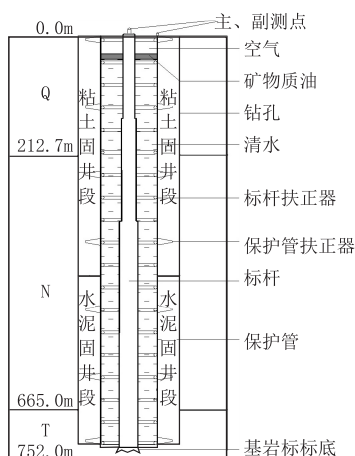


图1 基岩标结构示意图

两者的居中效果。保护管与标杆之间的介质有清水、矿物质油和空气。基岩标标底镶嵌入三叠系未风化的砂岩或泥质砂岩中,标头和保护管上端分别安装十字监测标记,作为主副测点。

### 3 建标场地选择与建标深度确定

#### 3.1 建标场地选择

郑州市地面沉降监测基岩标作为全区永久性的监测基准点,设立场地的地质状况要相对稳定,在历史上不能有明显的地壳差异运动,并满足下列要求:

- (1)区域地质条件稳定,避开大的构造断裂带与古河道;
- (2)基岩埋深适中,便于将保护管牢固坐在基岩面上;
- (3)标底所镶嵌的基岩层位稳定,岩体质地坚硬;
- (4)建设场地要接近或靠近市区监测控制线,交通便利,便于后期使用和维护。

根据郑州市区地质构造断裂与古河道的分布情况,结合政府后期规划及周边工程建设活动影响相对较小等情况,并方便后期的维护管理与施测工作。综合分析研究,将郑州市地面沉降监测基岩标建设场地确定在郑州市淮河西路与西三环交叉口东南600 m的河南省地质环境监测院内。

#### 3.2 建标深度确定

基岩标标底牢固、稳定是决定基岩标能否正常运行的关键,建标深度选择则是决定标底稳定的基本条件。分析区域地质条件,郑州市地面沉降监测基岩标标底应建在三叠系稳定基岩上,且入岩深度

不宜小于30.0 m,镶标地层应选择质地坚硬的砂岩。根据现场钻探情况,本场地上部覆盖层厚度665.0 m,自665.0 m进入风化基岩,风化层厚度31.0 m,自696.0 m进入未风化岩层,岩性为三叠系砂岩、泥质砂岩、泥岩和砂质泥岩。在780.0 m深度范围内共有3层砂岩,层位分别在696.0~702.0、715.0~733.0、740.0~746.0 m。其中,第1层砂岩和第3层砂岩厚度小,下卧岩层相对破碎,不利于作为基岩标基础,而第2层砂岩厚度相对较厚,且下卧岩层稳定。最终确定郑州市地面沉降监测基岩标保护管深度727 m,建标深度为732 m。

### 4 基岩标施工技术

#### 4.1 施工工艺流程

郑州市地面沉降监测基岩标的地质鉴别孔采用泥浆护壁回转钻进施工工艺,全孔取心,选用设备为TXJ-1600型钻机和BW-260-7B型泥浆泵。基岩标钻孔采用泥浆护壁三牙轮钻头钻进,不取心钻进,选用设备为红星-600型水源钻机和BW-280/30型泥浆泵。结合建设场地的地质条件和环境条件制定科学的施工工艺流程(详见图2),指导施工作业。

#### 4.2 地质鉴别孔钻探施工

郑州市地面沉降监测网建设项目基岩标地质鉴别孔孔深780 m,孔径108 mm,全孔取心钻进。地质鉴别孔钻探施工的目的是揭露建标场地的地层结构,准确了解基岩埋深、岩性、风化程度及时代成因等,查明各岩土层的岩性、结构、构造发育等地质特征。施工的重点是保证岩心采取率满足规范要求,即粘性土和完整基岩不低于80%、破碎岩体不低于65%、砂层不低于40%。以便于准确查明地层层位和岩性特征,确定最理想的建标层位和标体结构。

泥浆护壁回转钻进施工要保证钻孔孔壁稳定和较高的岩心采取率,泥浆性能是重中之重。本工程浅部是土层钻进,深部是基岩钻进,需要根据钻进层位的岩性不同配置不同特性的泥浆。根据郑州地区的钻探经验,土层钻进的泥浆性能参数为:漏斗粘度23~25 s,密度1.08~1.12 g/cm<sup>3</sup>,失水量<10 mL/30 min,含砂量<0.5%。在钻进至665.0 m进入基岩层位后,调整泥浆参数为:粘度20~22 s,密度1.08~1.12 g/cm<sup>3</sup>,失水量<8 mL/30 min,含砂量<0.5%。泥浆处理剂有:CMC、聚丙烯酰胺、

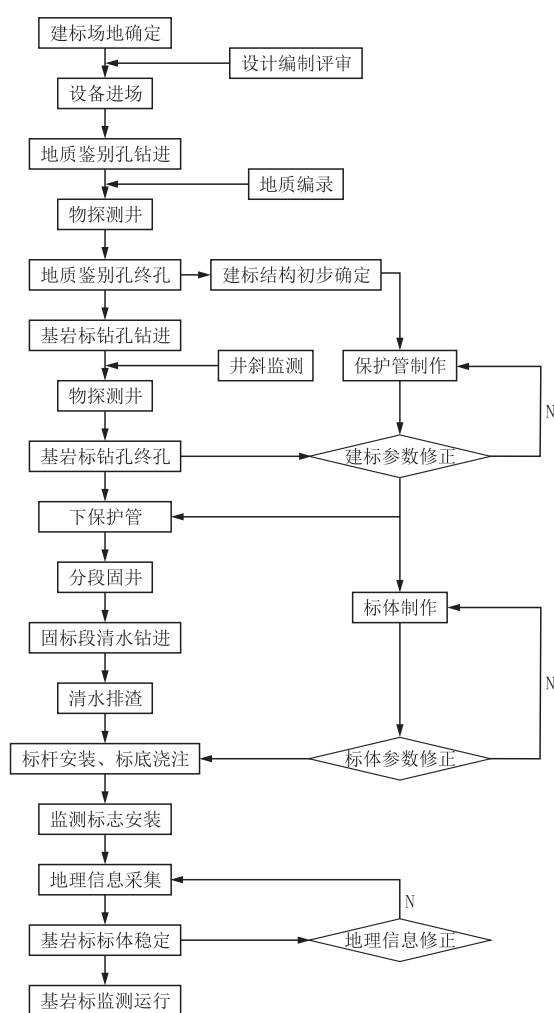


图 2 基岩标施工工艺流程图

聚丙烯腈钠盐、烧碱、纯碱等。

每回次取心后按次序摆放,及时检查核对后进行地质编录,根据地质取心结果并结合物探测井资料综合判定地层条件和地质构造发育情况。

根据统计,粉土层取心率为 80%,粉质粘土、粘土层取心率为 90%,砂层取心率为 58%,泥岩、砂岩风化层取心率为 90%,泥岩、砂岩取心率为 95%,准确揭露了场地的地层结构和岩性特征。

#### 4.3 标孔钻探施工

基岩标标孔孔深 780 m,孔径 311 mm,基岩标钻孔施工的控制目标是孔身质量和垂直度,以便于基岩标保护管和标杆的安放施工。孔斜要求  $< 0.5^\circ/100\text{ m}$ ,累计孔斜  $< 3.9^\circ$ 。

本次基岩标钻孔采用三牙轮钻头宝塔式钻具组合不取心钻进施工工艺。钻进参数:开孔钻压 3 kN,正常钻进后钻压不超过钻铤质量的 80%,扩孔

时采用带导向的扩孔钻头,保证扩孔时的钻孔质量。钻进和扩孔时,转速控制  $50 \sim 75\text{ r/min}$ 。钻进中密切注意孔内的岩心和沉渣量,防止卡钻和埋钻事故发生。采用 JJX-3DA 型高精度测斜仪每 50 m 探测钻孔孔斜 1 次,准确了解钻孔的倾斜情况,以便及时调整钻进参数。

根据测井结果通孔孔斜  $0.5^\circ$ ,钻孔顶角和方位角均满足设计要求。

#### 4.4 基岩标的固井

基岩标固井的目的是将保护管与周围岩土体固结在一起,使保护管处于稳固状态,为标体后期运行提供良好的环境。以往基岩标施工大多是通孔水泥固井,即从保护管底部自下而上将保护管与孔壁之间的环状空间全部用高强水泥固结。本次固井采用分段固井结构,727(孔底)~427 m 采用 G 级中温高抗水泥固井,427 m 至自然地面采用优质粘土球固井。

根据经验,采用传统通孔固井方法的基岩标在运行几年后保护管管身会出现不同程度的变形和弯曲,严重时影响基岩标正常运行。究其原因是不同层位地层的应力、应变分布及变化差异较大,深度地层与浅部地层的差异情况尤其明显。由于水泥浆将保护管与周边岩土体固结为一体,垂直方向上各层应力、应变的变化和不协调性将集中反应在保护管上,保护管除受到水平向压力外还受到垂直方向的压力或张力。当保护管上受到的力超过钢材的屈服强度后,会造成保护管的变形或弯曲。本工程上段采用粘土固井,保护管管壁和周边土体之间不是刚性粘结,周围土体只约束保护管水平向的位移,不限制垂直方向上的伸缩变形,有效缓解了浅部地层与深部地层应力、应变的差异在保护管上的反应。

#### 4.5 标底浇注

标底浇注是基岩标施工中的关键环节,本工程采用压注 G 级中温高抗水泥浆液以固结标底。浇标段长度 5.0 m,钻孔直径 152 mm,标底外径 108 mm,长度 0.3 m,标杆外径 88.9 mm。如果注浆量偏少会导致浇标不牢固,影响标体运行中的稳定性。注浆量偏大,固结段超过保护管底,会导致标杆与保护管底部固结成一体,保护管的动态会影响到标体。通过计算,固结段长度不同水泥浆用量差别并不是太大(详见表 1),且与压浆水的体积相比数量很少。施工中要将基岩标底镶嵌在三叠系未风化泥质砂岩

表 1 浇标深度与水泥浆用量

| 钻孔直径/<br>mm | 标杆直径/<br>mm | 水灰<br>比 | 水泥浆<br>用量/L | 固结长度/<br>m | 压浆水<br>体积/L |
|-------------|-------------|---------|-------------|------------|-------------|
| 152         | 88.9        | 0.45    | 94.01       | 6.0        | 2430.83     |
| 152         | 88.9        | 0.45    | 78.15       | 5.0        | 2430.83     |
| 152         | 88.9        | 0.45    | 62.29       | 4.0        | 2430.83     |
| 152         | 88.9        | 0.45    | 46.42       | 3.0        | 2430.83     |
| 152         | 88.9        | 0.45    | 30.56       | 2.0        | 2430.83     |

内,固结段长度 4.5 m,浇标段水泥浆用量精确控制在 70.0 L。

## 5 应用效果分析

### 5.1 固井与浇标质量

固井和浇标是基岩标施工的关键工序,施工质量决定基岩标的运行效果。高温高压,特别是高温对水泥各种性能的影响比较大,这将直接影响基岩标固井和浇标的质量。因为高温作用会使硅酸盐水泥的强度显著下降,通常在 20℃左右水泥凝固的水化过程是最好的环境。根据郑州市区域地质资料,地层的温度和压力随着深度的增加而提高,每深入 100 m,温度约提高 1.6℃,压力增加 1.0~2.0 MPa。本次固井和浇标均采用 G 级高抗硅酸盐水泥,这种水泥是由硅酸盐水泥熟料加入适量石膏磨细制成的抗硫酸盐腐蚀性能良好的水泥,抗硫酸根离子浓度 $\geq 8000$  mg/L 的纯硫酸盐的腐蚀。根据建设场地的地热增温率计算,732 m 深度的地层温度在 24℃左右,这个温度值是比较理想的水泥凝固

温度。本次固井和标底浇注施工完成后,采用注水试验检查固井、浇标和标杆密封情况,水位不发生变化,工程效果良好。

### 5.2 监测效果

根据监测资料,基岩标在建成后 2 个月内主副测点的标高浮动值在 0.3 mm 之内,2 个月后主副测点标高均没有再发生变动,处于稳定状态。

## 6 结语

郑州市地面沉降监测基岩标工程在场地选址、建标深度确定、固井和浇标工艺等方面均采用地质综合分析法和专家论证法,项目一次性通过相关部门组织的评审验收。地质鉴别孔和基岩标孔的钻探施工、固井和浇标等施工技术对类似基岩标建设均有一定的借鉴意义,具有一定的推广应用价值。

### 参考文献:

- [1] 严一华,汪拾金.基岩标的施工技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土工程钻掘),2012,39(3):55-58.
- [2] 朱恒银,张文生,王海洲.地面沉降监测标孔施工技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2001,(S1):24-29.
- [3] 朱恒银,彭智,张文生.地面沉降监测标孔结构与施工技术研究[J].西部探矿工程,2005,17(12):11-13.
- [4] 王进明,罗美芳.地面沉降分层监测标施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):65-68.
- [5] 张阿根,顾为栋.上海市地面沉降监测标的设计原理与施工技术[J].探矿工程,2000,(5):67-69.
- [6] JGJ 8—2007,建筑变形测量规范[S].