

# 复杂边界条件下的基坑支护

司呈庆<sup>1</sup>, 刘新伟<sup>2</sup>

(1. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 2. 河北省地勘局第四水文工程地质大队, 河北 沧州 061001)

**摘要:**北京金融街活力中心基坑工程边界条件复杂, 基坑开挖位置与现有马路距离较近, 并且在基坑外侧存在较多的市政管线及电信光缆, 造成施工作业面狭窄、复杂, 支护施工过程风险较大。施工前对基坑周边条件详细调查, 根据周边条件因地制宜地采取了桩锚支护方案, 并在施工中进行重点控制, 取得了良好的支护效果。介绍了支护方案及施工安全控制措施。

**关键词:**复杂边界基坑; 基坑支护; 护坡桩; 锚杆; 挡土墙

**中图分类号:** TU473.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-7428(2010)12-0058-03

**Support of Foundation Pit with Complex Boundary/SI Cheng-qing<sup>1</sup>, LIU Xin-wei<sup>2</sup>** (1. Beijing Building Material Geotechnical Engineering Company, Beijing 100102, China; 2. No. 4 Team of Hydrogeology and Engineering Geology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Cangzhou Hebei 061001, China)

**Abstract:** The paper introduced a foundation pit project with complex boundary conditions of with existing street nearby, much municipal pipeline and telecom optical cable on lateral side. Pile-anchor support design was made based on the detailed survey on boundary conditions with main controlling in the construction, supporting effect was satisfied. The supporting design and construction safety control measures were presented.

**Key words:** foundation pit with complex boundary; foundation pit support; slope protection pile; bolt; retaining wall

## 1 工程概况

拟建北京金融街活力中心位于北京市西城区, 建筑物为4~5层商业, 设3~4层地下室。基坑开挖深度15.0 m, 占地面积3000 m<sup>2</sup>, 位于商业核心地区。

## 2 工程地质、水文地质条件

### 2.1 工程地质条件

根据现场钻探、原位测试及室内土工试验成果, 按地层沉积年代、成因类型, 将场地地面以下50 m深度范围内的地层划分为人工堆积层、第四系沉积层共2大类, 并按地层岩性及其物理力学性质指标进一步划分为9个土层, 简述如下:

#### (1) 人工堆积层

主要由房渣土①层, 粉质粘土、粘质粉土填土①<sub>1</sub>层, 炉灰①<sub>2</sub>层组成, 层顶高46.69~50.56 m, 杂色~黄褐色, 湿~饱和。

#### (2) 第四系沉积层

②土层: 粉质粘土、重粉质粘土②层, 粘质粉土、砂质粉土②<sub>1</sub>层, 砂质粉土②<sub>2</sub>层组成, 层顶高41.24~46.78 m, 褐黄色, 湿~饱和; 中~低压缩性;

③土层: 卵石、圆砾③层, 细砂、砂粉③<sub>1</sub>层, 粉质粘土、重粉质粘土③<sub>2</sub>层组成, 层顶高37.18~39.57 m, 褐黄色为主, 湿~饱和, 低压缩性;

④土层: 粘质粉土、砂质粉土④层, 粉质粘土、重粉质粘土④<sub>1</sub>层, 粘土、重粉质粘土④<sub>2</sub>层, 砂质粉土④<sub>3</sub>层组成, 层顶高28.52~31.83 m, 褐黄色, 湿~饱和, 低~中低压缩性;

⑤土层: 卵石⑤层, 细砂、中砂⑤<sub>1</sub>层, 粉质粘土、粘质粉土⑤<sub>2</sub>层, 砂质粉土⑤<sub>3</sub>层组成, 层顶高28.22~30.93 m, 褐黄色, 湿~饱和, 低~中低压缩性;

⑥土层: 粉质粘土、粘质粉土⑥层, 重粉质粘土、粘土⑥<sub>1</sub>层, 粘质粉土、砂质粉土⑥<sub>2</sub>层组成, 层顶高13.32~17.16 m, 褐黄色, 湿~饱和, 中低~低压缩性;

⑦土层: 卵石、圆砾⑦层, 细砂、中砂⑦<sub>1</sub>层组成, 层顶高8.22~15.06 m, 杂色~褐黄色, 饱和, 低压缩性;

⑧土层: 粘质粉土、粉质粘土⑧层, 细砂⑧<sub>1</sub>层组成, 层顶高2.82~3.72 m, 褐黄色, 湿~饱和, 低压缩性;

⑨土层: 卵石、圆砾⑨层, 细砂、中砂⑨<sub>1</sub>层, 重粉

收稿日期: 2010-05-05

作者简介: 司呈庆(1976-), 男(汉族), 山东莱芜人, 北京建材地质工程公司, 水文地质与工程地质专业, 从事岩土工程设计及施工管理工作, 北京市朝阳区望京西路卷石天地大厦四层, 13910312259@139.com。

质粘土、粘土⑨<sub>2</sub>层,粉质粘土⑨<sub>3</sub>层组成,层顶高 0.52~1.22 m,褐黄色,湿~饱和,低压缩性。

### 2.2 水文地质条件

场区内在勘探深度范围内分布 3 层地下水: (1)上层滞水,埋深 3.7~9.25 m;(2)层间潜水:埋深 15.2~18.5 m;(3)潜水:埋深 20.4~25.35 m。

根据近 3~5 年地下水位观测资料分析,其水位年变化幅度一般为 1 m 左右。场区潜水天然动态类型属于渗入~径流型,主要接受地下径流补给,并以地下径流等方式排泄。从水位长期动态资料看,其水位季节变化规律一般为:5~7 月水位较低,11 月~来年 3 月水位较高,年变化幅度一般为 1~3 m。

地下水对支护基本无影响。

### 3 场区边界条件

如图 1 所示,基坑为不规则的多边形,北侧边、东北侧边及东侧边与已有建筑相邻,不进行支护,基坑开挖后将相邻基础暴露出来;南侧边、西南侧边及西侧边为本次支护的主要内容,为方便叙述,支护部分大致分为南侧边及西侧边。

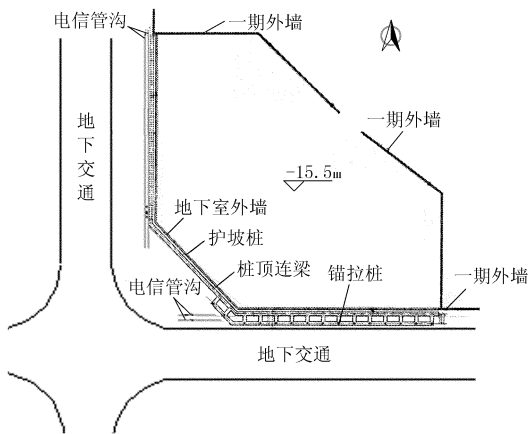


图 1 基坑支护平面图

#### 3.1 西侧边界条件

如图 2 所示,西侧地表为金融大街,结构外墙皮距离马路人行步道 1.35 m,距离电信管沟 1.25 m,电信管沟埋深 2.0 m,宽度 1.2 m;金融大街下 2.0 m 范围内为市政管线层,大街下 4.0 m 为地下交通管廊,结构外墙与管廊间距离 9.2 m,管廊宽度与大街宽度同。

#### 3.2 南侧边界条件

如图 3 所示,南侧地表为现有马路,结构外墙距离马路人行步道 2.3 m,距离电信管沟 1.43 m,电信管沟埋深 1.0 m,宽度 1.2 m;马路下 2.0 m 范围内为市政管线层,马路下 4.0 m 为地下交通管廊,结构

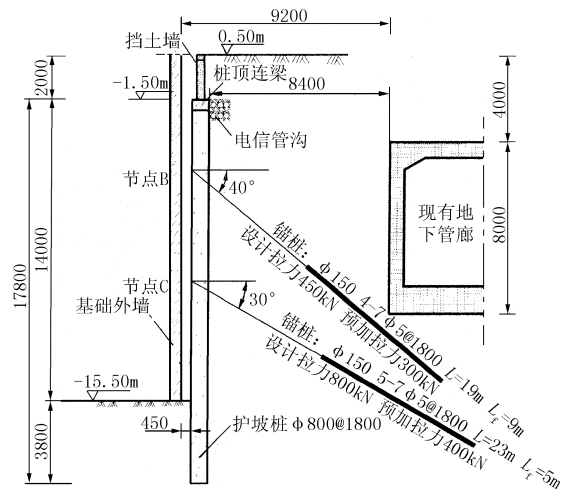


图 2 西侧边界剖面图

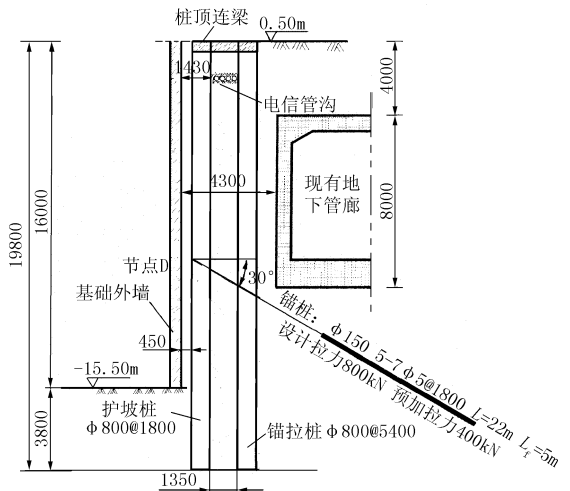


图 3 南侧边界剖面图

外墙与管廊间距离 4.3 m,管廊宽度与马路同。

#### 3.3 周边条件分析

从两侧边界条件看,基坑开挖位置与现有马路距离较近,并且在基坑外侧存在较多的市政管线及电信光缆,并不排除施工过程中碰到不明管线的可能,造成施工作业面狭窄、复杂,支护施工过程中风险较大,一旦发生基坑失稳或过大位移,都可能引起严重的后果。

### 4 支护形式选择

根据基坑周边条件,基坑支护可采用的方案为内支撑方案及桩锚支护方案,经分析对比,内支撑方案存在工期长、造价高的特点,虽然不失为一种稳妥的方案,但最终选择桩锚支护作为基坑的支护方式,护坡桩采用人工挖孔桩方式成孔,作业灵活,避免对管线的破坏。

根据基坑的边界特点支护方案概述如下。

#### 4.1 西侧支护方案(图2)

##### 4.1.1 护坡桩

采用钢筋混凝土护坡桩,桩径 $\varnothing 800$  mm,桩距1.80 m;桩顶(连梁顶)位于-2.0 m,桩长17.8 m,嵌固深度3.8 m;桩身混凝土标号为C25;桩顶连梁500 mm $\times$ 800 mm,混凝土标号为C25。

##### 4.1.2 锚杆

设置2道锚杆,第一道锚杆设置在-5.3 m位置,一桩一锚(水平间距1.8),锚杆长度为19.0 m(其中非锚固段长度为9 m),锚杆直径 $\varnothing 150$  mm,锚杆倾角为 $40^\circ$ ,孔内注入水灰比为0.5的P.S. A32.5水泥浆,锚索选用4束7 $\varnothing 5$ (1860级)预应力钢绞线,锚杆设计拉力值为450 kN,锁定值为300 kN,锁定在25B工字钢腰梁上;第二道设置在-10.09 m,一桩一锚(水平间距1.8 m),锚杆长度为23.0 m(其中非锚固段长度为5 m),锚杆直径 $\varnothing 150$  mm,锚杆倾角为 $30^\circ$ ,孔内注入水灰比为0.5的P.S. A32.5水泥浆,锚索选用5束7 $\varnothing 5$ (1860级)预应力钢绞线,锚杆设计拉力值为800 kN,锁定值为400 kN,锁定在两根28B工字钢梁上。

##### 4.1.3 挡土墙

为方便结构施工,护坡桩上部设挡土墙,挡土墙厚370 mm,高度2.0 m,轴线与护坡桩轴线一致。墙体材料采用强度MU10的灰砂砖,砂浆强度为M5。在挡土墙底部每隔2~3 m预留1个泄水口。在砖墙顶部设一道钢筋混凝土圈梁,圈梁断面尺寸为370 mm $\times$ 250 mm,混凝土标号为C25,间隔2.7 m设置一道构造柱,断面尺寸为370 mm $\times$ 250 mm。

##### 4.1.4 桩间支护

将桩间土修至1/2桩径部位,修平后挂钢板网并喷射3~5 cm厚的混凝土面层。钢板网厚度2 mm,网眼规格20 mm $\times$ 40 mm,左右侧面按1.5 m垂直间距固定在护坡桩上。

#### 4.2 南侧支护方案(图3)

由于该部位一定深度范围内无法进行锚杆施工,因此采用钢筋混凝土护坡桩锚+锚拉桩支护体系,以满足支护要求。

##### 4.2.1 护坡桩

采用钢筋混凝土护坡桩,桩径 $\varnothing 800$  mm,桩距1.80 m;桩顶(连梁顶)位于地表,桩长为19.8 m,嵌固深度为3.8 m;桩顶连梁为500 mm $\times$ 800 mm,混凝土标号为C25。

##### 4.2.2 锚拉桩

采用钢筋混凝土桩,桩径 $\varnothing 800$  mm,桩距5.40

m;桩顶(连梁顶)位于地表,锚拉桩与护坡桩中心之间排距为2.15 m,桩长为19.8 m,嵌固深度为3.8 m;桩身混凝土标号为C25;桩顶连梁(包括与前排桩连梁)为500 mm $\times$ 800 mm,混凝土标号为C25。桩顶连梁和护坡桩顶连梁通连接成一个整体。

##### 4.2.3 锚杆

因地下交通管廊的限制,此部位设置一道锚杆,设置在-10.09 m位置,一桩一锚(水平间距1.8 m),锚杆长度为22.0 m(其中非锚固段长度为5 m),锚杆直径 $\varnothing 150$  mm,锚杆倾角为 $30^\circ$ ,孔内注入水灰比为0.5的P.O32.5水泥浆,锚索选用5束7 $\varnothing 5$ (1860级)预应力钢绞线,锚杆设计拉力值为800 kN,锁定值为400 kN,锚杆锁定在2根28B工字钢上。

##### 4.2.4 桩间支护

与西侧相同。

#### 5 施工重点控制

本工程施工控制重点为人工挖孔桩及预应力锚杆。

##### 5.1 人工挖孔桩

###### 5.1.1 不明管线识别

在挖孔桩施工过程中技术员及安全员保持现场巡视,对开挖过程中遇到的不明管线进行识别,并对照管线图进行确认,如不能确认,则通知业主相关工作人员,确定后方可进行施工,防止施工对管线造成损害。在实际施工过程中,发现图纸未标识的管线有公安交通通讯电缆、备用光缆,均得到及时保护。

###### 5.1.2 施工安全控制

挖孔桩施工过程按照操作规程进行严格控制,防止盲目快速掘进,对杂填土及渗水部位加强支护并保证足够养护时间,防止支护强度不足造成塌方;挖孔照明采用低压照明灯,并保持孔底通风,保证施工安全。

##### 5.2 锚杆施工

###### 5.2.1 角度控制

由于地下交通管廊的影响,施工过程中角度的控制尤为重要,通过严格的角度的控制,锚杆走向均按照设计意图实现,没有对地下管廊造成伤害,并保证了锚杆的设计长度。

###### 5.2.2 注浆控制

在锚固长度一定的条件下,注浆质量的好坏直接影响到后期的张拉锁定效果,在注浆过程中,为保

(下转第70页)

### 3.4.2 防护堤工程设计

#### 3.4.2.1 设计条件

设计流量:20年一遇的泥石流峰值流量为 $240\text{ m}^3/\text{s}$ ,经过格栅坝,经滤掉20%大块石后,排导区设计流量为 $213\text{ m}^3/\text{s}$ 。

设计流速: $3\text{ m/s}$ 。

#### 3.4.2.2 防护堤分段设计

分为5段(参见图1):束流堤段、防护堤一段、防护堤二段、防护堤三段、防护堤四段。断面设计按重力式挡墙进行计算,堤身高度按流量、流速检算,基础埋深按冲刷深度控制。典型断面见图3。

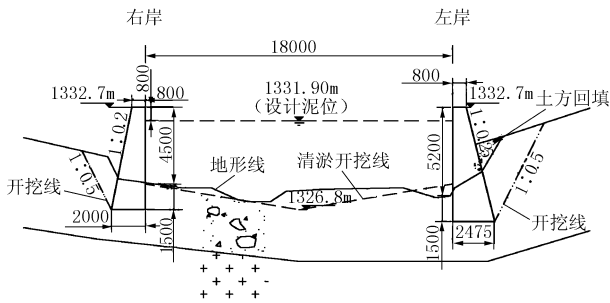


图3 典型防护堤断面图

## 4 结语

由于泥石流具有突然暴发的特点,治理工程主要是防患于未然,已实施的治理工程不一定很快能得到效果验证。但通过查清泥石流的各要素特征,采取针对性的工程设计与治理,有理由相信将取得较好的防灾效益。采用拦排结合的工程措施对石龙

沟泥石流进行防治,其治理工程施工图设计已经过专家委员会评审通过,正处于实施阶段。

通过该项目的勘查与设计,笔者总结有如下体会。

(1)泥石流勘查应重视物源调查,重点是摸清将来可能参与形成泥石流的松散固体物源量、粒度特征,在设计阶段才可能对症下药,使治理工程布置具有针对性。

(2)对将来可能暴发泥石流的规模的预测必须很好地建立在对已发泥石流情况详细调查的基础上,已发泥石流对应的降雨频率、泥石流流量、一次冲出量、流速等特征值是设计防治工程的重要参数。

(3)石龙沟泥石流流域面积大、松散物源丰富,将来暴发泥石流的流量及一次冲出物可能较大。由于是稀性泥石流,防治工程方案宜考虑以排为主,针对物源中块石含量较多、块径较大的特点,在中上游布置适当的格栅坝拦大放小,不致使大块石在下游淤塞,保证泥流通畅,可以取得较好的治理工程效果。

## 参考文献:

- [1] 王继康,黄荣鉴,丁秀燕. 泥石流防治工程技术[M]. 北京:中国铁道出版社,1996.
- [2] 蒋忠信,姚令侃,等. 铁路泥石流非线性研究与防治新技术[M]. 四川成都:四川科学技术出版社,1999.
- [3] 崔之久,等. 泥石流沉积与环境[M]. 北京:海洋出版社,1996.
- [4] DZ/T 0220-2006, 泥石流灾害防治工程勘查规范[S].
- [5] DZ/T 0239-2004, 泥石流灾害防治工程设计规范[S].

(上接第60页)

证注浆效果,采用了二次压浆技术,提高了注浆质量,张拉效果良好。

#### 5.2.3 防止钢梁滑动

由于本工程锚杆角度较大( $30^\circ \sim 40^\circ$ ),为防止钢梁的滑动,在钢梁上下两侧采用化学锚栓与护坡桩固定,有效的防止了钢梁滑动。

## 6 支护效果

经变形观测及日常巡视,支护结构设计合理,边坡稳定,最大边坡位移 $<20\text{ mm}$ ,路面无开裂、下沉现象,对地下管线及周边建筑物无影响,既缩短了工期又满足了支护安全经济的要求,效果良好。

## 7 结语

随着城市建设的发展,越来越多的工程项目在

用地上有着“见缝插针”的特点,项目周边环境的复杂性对基坑施工造成很大影响,甚至决定了支护的方式,因此基坑支护设计及施工工作要紧紧密结合实际的周边边界条件进行,因地制宜的施工方案、认真细致的施工控制是类似项目成功的两大要素。

## 参考文献:

- [1] 顾晓鲁,钱鸿缙,刘惠珊. 地基与基础(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2] 尉希成. 支护结构设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [3] 张克恭,刘松玉. 土力学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [4] 陈礼仪,胥建华. 岩土工程施工技术[M]. 四川成都:四川大学出版社,2008.
- [5] 彭振斌,陈昌富. 锚固工程设计与施工[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.