

# 鞍山垃圾与渣土受纳场边坡锚索支护治理设计与施工

马 赞<sup>1</sup>, 霍俊华<sup>1</sup>, 孙 旭<sup>2</sup>, 李 斌<sup>2</sup>

(1. 辽宁冶金基础工程研究院, 辽宁 鞍山 114005; 2. 辽宁省冶金地质勘查局四〇一队, 辽宁 鞍山 114001)

**摘 要:**介绍了鞍山市千山区建筑垃圾与渣土受纳场边坡锚索支护治理工程锚索的设计与计算, 以及施工工艺及监测等情况。

**关键词:**边坡; 支护; 治理; 锚索; 受纳场

**中图分类号:** P642.22      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0075-04

**Design and Construction of Slope Anchor Support Control for Anshan Construction Debris and Muck Dumping Site/MA Yun<sup>1</sup>, HUO Jun-hua<sup>1</sup>, SUN Xu<sup>2</sup>, LI Bin<sup>2</sup>** (1. Liaoning Metallurgical Engineering Research Institute, Anshan Liaoning 114005, China; 2. 401 Team, Liaoning Province Metallurgy Bureau of Geological Exploration, Anshan Liaoning 114001, China)

**Abstract:** This paper introduced the design and computation of slope anchor support control engineering for construction debris and muck dumping site in Qianshan district of Anshan, and discussed the construction techniques and monitoring, etc.

**Key words:** slope; support; control; anchor; dumping site

## 1 工程概况

本项目拟在千山区建设余泥专用受纳场, 以解决千山区目前迫在眉睫的余泥渣土的处理问题。受纳场位于千山区某社区积谷田, 现状为塘坑和低洼地, 原有 2 个挡土坝, 高 51 m, 1 号坝顶长 288.27 m, 2 号坝顶长 383.91 m, 坡度均为 1: 1, 重度 18 kN/m<sup>3</sup>, 粘聚力 15 kPa, 内摩擦角 28°。

## 2 自然条件

### 2.1 地形、地貌

受纳场位于千山区某社区积谷田, 已有简易沙土路可和千山路直接相连。交通十分便利。

受纳场所在地地貌为低山丘陵, 地势变化较大, 绝对高程为 73.20 ~ 161.66 m, 高差为 88.46 m; 大部分低洼地段现已填埋, 现填埋土方为 111 万 m<sup>3</sup>。使用场地地形犹如 2 个半碗状, 是比较理想的地形。

该场址已进行过初步勘探, 根据钻探揭露, 场地内没有明显影响场地稳定性的断裂构造、塌陷、土洞及岩溶现象; 植被茂盛。未出现大规模的滑坡、泥石流、崩塌等不良地质现象, 边坡较稳定。拟建场地低洼地段大部分已回填, 其余地段为原始地貌, 工程性质较好, 地基稳定性好, 适宜作为建筑垃圾与渣土受纳场的场地。

场地地下水类型为第四系孔隙潜水、基岩裂隙承压水。因第四系地层沉积厚度有限, 富水性较差; 裂隙承压水主要储存在中风化岩石中, 其富水性、透水性相对稍好。地下水补给主要为大气降水垂直补给; 地下水排泄主要为地下径流侧向排泄, 并在规划场地东北部及西北部有小溪由南向北流出场地。勘察期间测得地下水位标高在 71.90 ~ 89.07 m 之间。场地内地下水、地表水水质对混凝土结构、对钢筋混凝土结构中钢筋及对钢结构腐蚀性均为弱腐蚀性。

### 2.2 气候特征

本地区属亚热带海洋季风气候, 全年气温高, 湿度大, 雨量充分, 但年际变化较大; 多年平均气温为 22.4 °C, 极端最高气温为 36.6 °C, 极端最低气温为 1.4 °C, 多年平均降雨量为 1900 mm, 最高日降雨量为 338.5 mm, 平均相对湿度为 79%。

### 2.3 地震烈度

本区基本地震烈度为七度, 基本地震加速度值为 0.10g。

## 3 稳定性分析

本工程坝体本体为均匀土质, 采用瑞典条分法做的稳定性评价。

收稿日期: 2013-06-14

**作者简介:** 马赞(1984-), 男(汉族), 甘肃静宁人, 辽宁冶金基础工程研究院工程师, 土木工程专业, 从事岩土工程设计及施工工作, 辽宁省鞍山市铁东区后峪小房身, myun1127@163.com。

$$F_s = \frac{\sum cL_i + \sum (\gamma b_i h_i \cos \alpha_i) \tan \varphi}{\sum \gamma b_i h_i \sin \alpha_i}$$

式中: $c$ ——第  $i$  条块的粘聚力; $L_i$ ——第  $i$  条块的滑动面弧长; $\gamma$ ——第  $i$  条块的重度; $b_i$ ——第  $i$  条块的土条宽度; $h_i$ ——第  $i$  条块的平均高度; $\alpha_i$ ——土条地面中心的法线(过圆心)与圆心的铅直线间夹角; $\varphi$ ——第  $i$  条块的内摩擦角。

通过公式确定其稳定性系数为 0.8,正处于失稳状态,因此在起初决定用削坡的方法使其达到稳定。

决定将其坡度改为 1: 2.5,并分 4 级放坡。因鞍山时有强降雨天气,则考虑其在强降雨时的稳定性,经过计算稳定性系数为 0.9,仍有可能失稳。因此必须治理。

#### 4 治理方案的选择

治理的方法多种多样,国内多为锚索、抗滑桩、土钉等等。但本工程有治理面积大、坝体土层单一等特点,抗滑桩便以其昂贵的预算被放弃了;相关规范规定土钉最长不得超过 20 m,而坡面与最危险滑动面之间的距离大部分都超出了 20 m,因此在本次设计也不是适用的。

考虑本工程独有的特点,因此选用了锚索来作为治理的最优方案。

#### 5 锚索的设计与计算

##### 5.1 确定锚索钢绞线的规格

采用直径 15.2 mm 钢绞线,根据表 1,公称抗拉强度 1860 MPa,截面积 139 mm<sup>2</sup>,每根钢绞线极限张拉荷载  $P_a$  为 259 kN,屈服张拉荷载  $P_y$  为 220 kN。

表 1 国标 7 丝标准型钢绞线参数

| 公称直径/mm | 公称面积/mm <sup>2</sup> | 理论质量/(kg·1000 m <sup>-1</sup> ) | 强度级别/MPa | 破坏荷载/kN | 屈服荷载/kN | 伸长率/% | 70% 破断荷载 1000 h 的松弛/% |
|---------|----------------------|---------------------------------|----------|---------|---------|-------|-----------------------|
| 9.5     | 54.8                 | 432                             | 1860     | 102     | 86.6    | 3.5   | 2.5                   |
| 11.1    | 74.2                 | 580                             | 1860     | 138     | 117     | 3.5   | 2.5                   |
| 12.7    | 98.7                 | 774                             | 1860     | 184     | 156     | 3.5   | 2.5                   |
| 15.2    | 139                  | 1101                            | 1860     | 259     | 220     | 3.5   | 2.5                   |

##### 5.2 锚索设计倾角的确定

按以下经验公式计算最优锚固角  $\beta$ :

$$\beta = \alpha \pm (45^\circ + \varphi/2)$$

规范规定锚索设计下倾角为 15°~30°。

本设计中取  $\beta = 20^\circ$ 。

##### 5.3 确定锚索间距及剩余下滑力

在计算稳定性时,求得总共剩余下滑力为 2374

kN/m。设计锚索水平间距为 3 m,每级放坡各放置 2 排,总共 8 排。则每孔锚索承受的下滑力为:

$$F = 3 \times 2374/8 = 890.25 \text{ kN/m}$$

##### 5.4 锚索轴向拉力标准值和设计值计算

根据规范有:

$$N_{ak} = H_{ik}/\cos \beta; N_a = r_Q N_{ak}$$

式中: $N_{ak}$ ——锚索轴向拉力标准值,kN; $N_a$ ——锚索轴向拉力设计值,kN; $H_{ik}$ ——锚索所受水平拉力标准值,kN; $\beta$ ——锚索倾角,(°); $r_Q$ ——荷载分项系数,可取 1.3。

则 8 条锚索的轴向拉力标准值和轴向拉力设计值分别为:

第一条锚索:

$$H_{ik1} = F \cos \alpha_1 = 890.25 \cos 42^\circ = 661.58 \text{ kN}$$

$$N_{ak1} = H_{ik1}/\cos \beta = 661.58/\cos 20^\circ = 704.04 \text{ kN}$$

$$N_{a1} = r_Q N_{ak1} = 1.3 \times 704.04 = 915.26 \text{ kN}$$

同理计算剩余锚索的轴向拉力标准值和轴向拉力设计值。计算结果见表 2。

表 2 各个锚索的轴向拉力标准值和设计值

| 锚索编号 | $N_{ak}$ /kN | $N_a$ /kN | 锚索编号 | $N_{ak}$ /kN | $N_a$ /kN |
|------|--------------|-----------|------|--------------|-----------|
| 1    | 704.04       | 915.26    | 5    | 905.99       | 1177.78   |
| 2    | 756.61       | 983.60    | 6    | 919.24       | 1195.02   |
| 3    | 828.60       | 1077.18   | 7    | 943.78       | 1226.91   |
| 4    | 865.48       | 1125.12   | 8    | 947.24       | 1231.41   |

##### 5.5 确定单孔锚索的钢绞线数

根据规范:

$$A_s \geq r_0 N_a / (\zeta_2 f_y)$$

式中: $A_s$ ——锚杆预应力钢绞线截面面积,m<sup>2</sup>; $r_0$ ——边坡工程重要性系数,取 1.0; $\zeta_2$ ——锚筋抗拉工作条件系数,取 0.69; $f_y$ ——预应力钢绞线抗拉强度设计值,根据表 1,取值 1860×10<sup>3</sup> kPa。

为安全以及统一,取 8 条锚索中  $N_a$  最大值即 1231.41 kN 为计算数据进行计算。

$$A_s \geq r_0 N_a / (\zeta_2 f_y)$$

$$= 1 \times 1231.41 / (0.69 \times 1860 \times 10^3)$$

$$= 0.00095949 \text{ m}^2$$

$$= 959.49 \text{ mm}^2$$

根据表 1 知单根钢绞线的公称截面积,则需要钢绞线数量为:

$$n = A_s/A = 959.49/139 = 7 \text{ 根}$$

##### 5.6 确定锚固长度

规范有:

$$l_a \geq N_{ak} / (\zeta_3 f_{tb})$$

$$l_a' \geq r_0 N_a / (\zeta_3 n \pi d f_b)$$

式中: $l_a$ ——锚固段长度, m; $d$ ——锚固体直径, m; $f_{tb}$ ——地层与锚固体粘结强度特征值, 根据表 3, 取值 110 kPa; $n$ ——钢绞筋根数; $r_0$ ——边坡工程重要性系数, 取 1.0; $f_b$ ——钢筋与锚固砂浆间的粘结强度设计值, 根据表 4, 取值  $2.95 \times 10^3$  kPa; $\zeta_s$ ——锚固体与地层粘结工作条件系数, 取 1.0; $\zeta_3$ ——钢筋与砂浆粘结强度工作条件系数, 取 0.60。

表 3 土体与锚固体粘结强度特征值  $f_{tb}$

| 土层种类 | 土的状态 | $f_{tb}/\text{kPa}$ |
|------|------|---------------------|
| 粘性土  | 坚硬   | 32 ~ 40             |
|      | 硬塑   | 25 ~ 32             |
|      | 可塑   | 20 ~ 25             |
|      | 软塑   | 15 ~ 20             |
| 砂土   | 松散   | 30 ~ 50             |
|      | 稍密   | 50 ~ 70             |
|      | 中密   | 70 ~ 105            |
|      | 密实   | 105 ~ 140           |
| 碎石土  | 稍密   | 60 ~ 90             |
|      | 中密   | 80 ~ 110            |
|      | 密实   | 110 ~ 150           |

表 4 钢筋、钢绞线与砂浆之间的粘结强度设计值  $f_b$  /MPa

| 锚杆类型           | 水泥浆或水泥砂浆强度等级 |      |      |
|----------------|--------------|------|------|
|                | M25          | M30  | M35  |
| 水泥砂浆与螺纹钢筋间     | 2.10         | 2.40 | 2.70 |
| 水泥砂浆与钢绞线、高强钢丝间 | 2.75         | 2.95 | 3.40 |

两公式计算锚固长度, 根据规范要求, 锚固长度取两个公式计算出来的数值中的较大值。

则第一条锚索的锚固长度为:

$$\begin{aligned} l_{a1} &\geq N_{ak}/(\zeta_s f_{tb}) = 704.04/(1 \times 110) = 6.4 \text{ m} \\ l_{a1}' &\geq r_0 N_a/(\zeta_3 n \pi d f_b) \\ &= \frac{1 \times 915.26}{0.6 \times 7 \times 3.14 \times 0.0152 \times 2.95 \times 10^3} \\ &= 1.6 \text{ m} \end{aligned}$$

因此, 锚固长度为 6.4 m, 同理计算其他锚索的锚固长度, 计算结果见表 5。

表 5 各个锚索的锚固长度计算结果

| 锚索编号 | $l_a/\text{m}$ | $l_a'/\text{m}$ | 锚索编号 | $l_a/\text{m}$ | $l_a'/\text{m}$ |
|------|----------------|-----------------|------|----------------|-----------------|
| 1    | 6.4            | 1.5             | 5    | 8.2            | 2.0             |
| 2    | 6.9            | 1.7             | 6    | 8.4            | 2.0             |
| 3    | 7.5            | 1.8             | 7    | 8.6            | 2.1             |
| 4    | 7.9            | 1.9             | 8    | 8.6            | 2.1             |

则所有锚索锚固长度分别为 6.4、6.9、7.5、7.9、8.2、8.4、8.6、8.6 m。

6 预应力锚索的施工工艺

6.1 施工工艺顺序

(1) 测量放线、场地平整: 锚杆施工需有 5.0 m 宽左右脚手架的作业平台面, 施工前先将土方按设计坡比挖至设计标高, 并平整好场地, 通过测设标高各找预留标记定好锚杆位置。

(2) 钻机就位, 调整机倾角: 待平整好场地, 吊入钻机就位, 测量锚杆角度, 控制误差在  $\pm 1^\circ$  以内。钻机安装要求牢固, 施工中不得产生移位现象。

(3) 钻孔、清孔: 钻孔采用回转钻进方式, 孔径 150 mm, 锚孔采用干作业成孔, 以防卡钻、塌孔。钻孔达到设计深度后, 提钻换用扩孔钻头进行锚杆底部扩孔(孔径 400 mm)。扩孔长度达到设计扩孔深度(0.5 m)后终孔。钻孔完毕后, 用强风清孔, 以清除孔内岩屑、泥渣等残留物。

(4) 锚索制作: 钻孔完毕, 在清孔的过程中, 应组织工人制作锚索。按设计要求制作锚索。钢绞线锚固段架线环与紧箍环每隔 1 m 间隔设置, 紧箍环系 16 号铅丝绕制, 不少于 2 圈, 自由段每隔 2 m 设置一道架线环, 以保证钢绞线顺直。

(5) 安放锚索: 安放锚索时, 应防止杆体扭曲压弯, 注浆管随锚索一同放入孔内, 管端距孔底为 50 ~ 100 mm 杆体放入角度与钻孔倾角保持一致, 安放好后杆体始终处于钻孔中心。下锚时在注浆管与锚头齐平处作一标记, 下锚时抓住锚杆和注浆管一齐下, 以防止注浆管脱落, 下锚完毕, 再次检查注浆管与锚头是否齐平, 如发现注浆管拉出, 应拔出, 重新下锚。

(6) 清孔: 下锚完毕后, 用强风清孔, 置换出孔内多余泥渣及岩屑。

(7) 注浆: 清孔完毕后, 连接好灌浆泵和预埋的灌浆管, 同时按设计要求制备好水泥浆, 进行灌浆。水泥浆应过筛, 整个灌浆过程必须连续。一边灌浆一边拔出灌浆管, 拔管过程中必须保证灌浆管始终埋在水泥浆内, 一直到孔口流出水泥浆为止, 方可终止注浆。二次注浆采用高压注浆, 注浆压力 2 ~ 3 MPa。注浆完毕, 应立即清洗注浆设备。

(8) 锚索张拉: 锚固体强度 > 20 MPa 并达到设计强度的 80% 后方可进行张拉锁定, 保持 15 min, 然后卸荷至零, 再重新张拉至锁定荷载锁定作业。

施工完成后的效果如图 1 所示。

6.2 施工注意事项

(1) 钻孔要保证位置正确, 要随时注意调整好锚孔位置(上下左右及角度), 防止高低参差不齐和相互交错。

(2) 钻后要反复提插孔内钻杆, 遇有粗砂、



图1 施工完成效果图

砂卵石土层,在钻杆钻至最后一节时,应比要求深度多10~20 cm,以防粗砂、碎卵石堵塞管子。

(3)钢绞线使用前要检查各项性能,检查有无油污、锈蚀、缺股断丝等情况,如有不合格的应进行更换或处理。断好的钢绞线长度要基本一致,端量应从挡土、结构物连线算起,外留1.5~2.0 m。钢绞线与导向架要绑扎牢固,导向架间距要均匀;注浆管使用前要检查油污、破裂、堵塞,接口处要处理牢固,防止压力加大时开裂、跑浆。

(4)注浆前用水引路,检查输浆管路,注浆后及时用水清洗搅浆、压浆设备及注浆管等。

## 7 边坡工程监测

### 7.1 监测目的

边坡支护工程是一种风险性大的系统工程,施工应遵照动态设计、信息化施工规定,确保边坡本身及周边环境的安全。

(1)将监测数据与预测值相比较,以判断前一步施工工艺和施工参数是否符合预期要求,以确定和优化下一步的施工参数,做到信息化施工。

(2)将现场测量结果用于信息化反馈优化设计,使设计达到优质安全、经济合理、施工快捷的目的。

### 7.2 监测项目的预警值及应急措施

本工程监测中,每一测试项目都应根据保护对象的实际情况,事先确定相应的警戒值,以判定是否超出允许的范围,判断工程施工是否安全可靠,是否需调整施工步序和优化原设计方案。一般情况下,每个警戒值均由2部分控制,即总允许变化量和单位时间内允许的变化量。

#### 7.2.1 预警值确定的原则

- (1)满足设计计算要求,不可超出设计值;
- (2)满足测试对象的安全要求,达到保护目的;

- (3)满足各保护对象的主管部门提出的要求;
- (4)满足现行的相关规范、规程要求;
- (5)在保证安全的前提下,综合考虑工程质量和经济等因素,减少不必要的资金投入。

#### 7.2.2 预警值的确定

根据以上原则,并结合工程实践经验,对该工程监测项目提出了以下监测值:支护水平位移预警值为 $1.75\%h$ 、允许值为 $1.00\%h$ ( $h$ 为边坡高度)。

#### 7.2.3 应急措施

当监测项目超过其预警值时,必须迅速停止开挖,查明原因,对支护方案进行修改,待加固处理后方能进行下一步开挖,一般应急措施有:

- (1)迅速原位回填,保证预警值不再增大;
- (2)修改方案,进行加固。
- (3)监测点埋设好后要注意保护,以保证监测数量的连续性和全面性,这是一项很重要但又容易被忽视的问题,否则将严重影响信息化施工。

#### 7.2.4 观测时间与周期

各监测项目在边坡支护施工前应测得稳定的初始值,且不应少于2次。

各项监测工作的时间间隔根据施工进度确定,在开挖卸载急剧阶段,间隔时间不应超过3天。其余情况下可延至5天。当结构变形超过有关标准或场地条件变化较大时,应加密观测。当有危险事故征兆时,则需进行连续监测。每次的监测结果及施工单位的处理意见,必须及时向业主、设计、监理单位如实报告。

## 8 结语

本工程运用锚索支护技术成功克服了滑动面与坡面距离远的难题,是较实用、经济的治理方法,虽然锚索方法如今已经发展到各个领域,但是其适用性还需针对工程性质及工程特点而定。

## 参考文献:

- [1] GB 50330-2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] 袁波,等.边坡工程中压力分散型锚索施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10).
- [3] 沈蒲生.钢筋混凝土结构设计原理[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [4] 马赞.鞍山国际明珠大厦深基坑支护设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7).
- [5] 罗雪贵,等.预应力锚索+系统挂网锚杆在人工高边坡支护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(8).