

地面水平拉锚桩在基坑工程中的应用

郝峰¹, 张敏², 刘秀芹¹

(1. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021; 2. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013)

摘要:山东海化纯碱厂石灰石货运地仓基坑工程分二期施工, 因场地地层松软、周边环境变形要求严格, 须采用桩锚支护; 为避免土层锚杆成孔困难和充分利用二期基坑的护坡桩作一期基坑的锚桩以降低工程造价, 设计采用了地面水平拉锚桩支护结构体系。经实践检验, 效果良好。详细介绍了该支护结构体系的设计、验算和施工过程, 以及监测效果。

关键词: 基坑支护; 地面水平拉锚; 锚桩

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)01-0045-04

Application of Horizontal Tension Anchor Pile on Ground in Excavation Engineering/HAO Feng¹, ZHANG Min², LIU Xiu-qin¹ (1. Shandong Provincial No. 4 Institute of Geological and Mineral Survey, Weifang Shandong 261021, China; 2. Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Jinan Shandong 250013, China)

Abstract: An excavation engineering was divided into 2 stages, pile-anchor reinforcement was necessary for the environment of soft ground and strict requirement for surrounding deformation. In order to avoid the anchoring hole-forming difficulty and make full use of slope protection-pile of 2-stage excavation to be the 1-stage anchor pile for lowering the engineering cost, the design was made by excavation structure of pile with horizontal tension anchor on ground, which was proved with good result. The paper introduced the design, checking; construction process and the monitoring effect.

Key words: excavation support; horizontal tension anchor on ground; anchor pile

1 工程概况

山东海化纯碱厂石灰石货运地仓是山东海化集团有限公司 2008 年重点技改项目“石灰石铁路卸运系统扩能改造项目”中的一部分, 位于海化纯碱厂内, 地仓总长 79.3 m, 总宽 17.2 m, 基坑深度 5.8 m。拟建地仓正上方有 2 条东西向厂内货运铁路专线(①号线、②号线), 跨间距为 10 m。因生产需要, 基坑分二期施工: 一期先施工北侧部分, 基坑长 79.3 m, 宽 7.2 m; 二期施工南侧部分, 基坑长 79.3 m, 宽 10.0 m。一期基坑施工时, 拆除①号铁路专线, 支护②号铁路专线, 保证②号铁路专线正常运营; 一期基坑施工完毕, 恢复①号铁路专线正常运营, 拆除②号铁路专线, 施工二期基坑。基坑分期及周边环境情况见图 1。因周边环境复杂, 变形要求严格, 故重要地段(南坡)采用了刚度较大的桩锚支护结构。一期基坑南坡支护单元采用“排桩+地面水平拉锚+桩间网喷”支护结构体系; 西坡支护单元依托既有已建地仓地下外墙直接开挖; 其它支护单元采用“放坡+网喷”支护结构体系。二期基坑南坡采用“放坡墙+排桩+桩间网喷”支护结构体系; 西坡、北坡支护单元依托既有已建地仓地下外墙

直接开挖; 东坡支护单元采用“放坡+网喷”支护结构体系。本文重点介绍一期基坑南坡“排桩+地面水平拉锚+桩间网喷”支护结构体系的设计与应用情况。

2 工程地质条件

2.1 地层

根据钻探揭露, 拟建场地支护深度内地层可分为 7 层。各地层物理力学参数见表 1。

2.2 地下水

勘察深度所见地下水为第四系孔隙水, 因周围开采卤水, 近几年稳定水位埋深约 20 m。勘察时, 因货车防尘喷淋及降雨, 在第⑤层粉质粘土顶部存在少量滞水, 滞水水位埋深 6.4 m, 在基底以下, 对基坑工程影响不大。

3 地面水平拉锚桩方案设计

3.1 地面拉锚桩结构型式及适应条件

地面水平拉锚桩是指在距基坑壁外一定距离处的土体稳定区内施工锚桩, 在护坡桩背面挖沟槽(或自然地坪以上)拉上锚杆(钢筋或钢丝绳), 其一

收稿日期: 2009-09-03

作者简介: 郝峰(1970-), 男(汉族), 山东潍坊人, 山东省第四地质矿产勘查院高级工程师、注册岩土工程师, 探矿工程专业, 从事岩石钻探及岩土工程方面的技术和管理的工作, 山东省潍坊市向阳路 228 号, haofeng103wf@163.com。

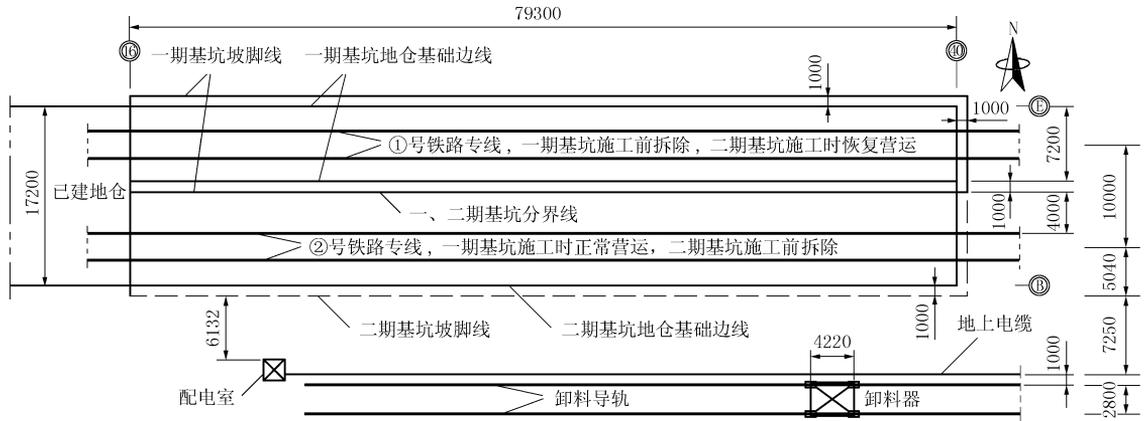


图1 基坑分期与环境平面图

表1 地层物理力学参数表

层号	土层名称	层厚 /m	重度 / (kN·m ⁻³)	浮重度 / (kN·m ⁻³)	粘聚力 /kPa	内摩擦角/(°)
①	素填土	1.10	18.5	-	5.00	20.00
②	粉质粘土	1.00	18.1	-	18.00	10.00
③	粉砂	3.80	18.5	-	2.00	25.00
④	粉砂	1.10	19.0	9.0	2.00	28.00
⑤	粉质粘土	0.50	18.0	8.0	-	-
⑥	粉砂	4.20	19.0	9.0	-	-
⑦	粉质粘土	1.20	19.5	9.5	-	-

且可以充分利用二期基坑的护坡桩做一期基坑的锚桩以降低工程造价,故设计采用了该型支护结构体系。

3.2 一期基坑南坡地面水平拉锚桩支护设计

本单元主体采用“排桩+地面水平拉锚+桩间网喷”支护止水结构体系。支护平面布置见图2,支护结构见图3、图4。

一期基坑南坡护坡桩(PJ1):钻孔灌注桩,直径为800mm,中心间距为1.5m,受力筋10Ø20mm,加强筋Ø14mm@2000mm,箍筋Ø8mm@150mm,砼强度C25,保护层50mm,桩端以嵌入基底6m为准。

一期基坑南坡锚桩兼做二期基坑南坡护坡桩(PJ2):钻孔灌注桩,直径为600mm,中心间距为1.5m,受力筋12Ø20mm,加强筋Ø14mm@2000mm,箍筋Ø8mm@150mm,砼强度C25,保护层50mm,桩端以嵌入基底4.5m为准(首先满足二期基坑南坡挡土设计要求)。

端与护坡桩上的冠梁连接,另一端与锚桩上的冠梁连接,通过连接紧固件对拉杆施加一定的预应力,将基坑上部土体作用于护坡桩上土压力的一部分传给锚桩的一种刚度较大的支护结构型式。连接紧固件可以选用花篮螺栓或锚具。拉锚的间距及拉杆直径要经过计算确定。

地面水平拉锚桩只能设置一层,而且基坑壁外须有一定的拉锚空间,锚桩应设置在坑壁外土体的主动滑移面之外。

本工程考虑到地层松软,土层锚杆成孔难度大,

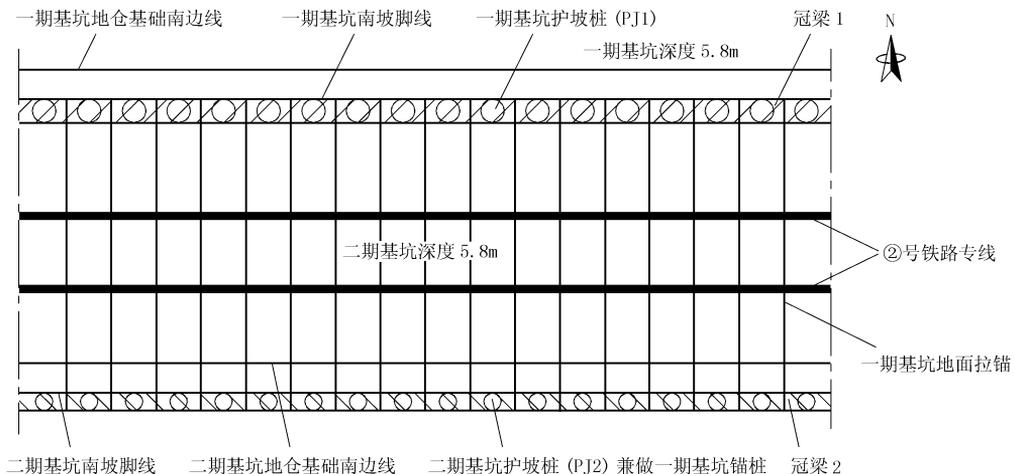


图2 一期基坑南坡支护平面图

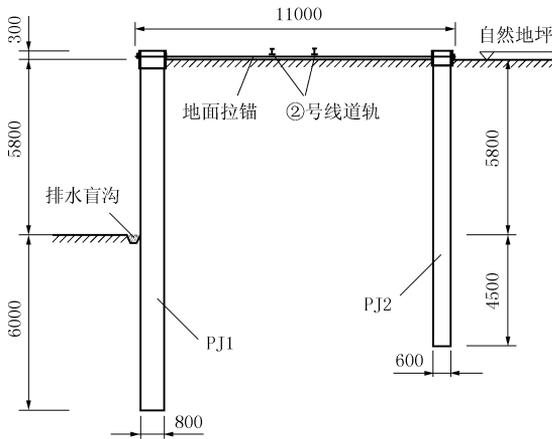


图 3 一期基坑南坡支护结构剖面图

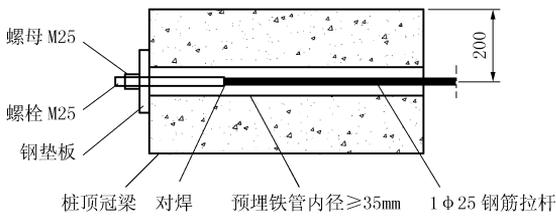


图 4 拉锚端部连接大样图

地面拉锚:1 ϕ 25 mm,水平间距 1.5 m,倾角 0°,长 11 m;预应力锁定值 65 kN。

冠梁 1(2):现浇工艺,截面 900 mm \times 600 mm (700 mm \times 500 mm),受力筋 6 ϕ 20 mm(8 ϕ 16 mm),构造筋 2 ϕ 16 mm,箍筋 ϕ 8 mm@200 mm,砼强度等级 C25。

桩间网喷:60~80 mm 厚 C20 砼面层,内置成品铁丝网 ϕ 2 mm@20 mm \times 20 mm。

泄水管:桩间网喷墙竖向上每隔 2.5 m 设置一排,水平间距 3 m。

坡顶附加荷载:火车荷载 59.2 kPa,距坑边距离 3.0 m,分布宽度 3.1 m,作用深度 0.3 m;人行荷载 2 kPa,距坑边距离 0.0 m,分布宽度 3 m,作用深度 0.0 m。

3.3 验算

3.3.1 一期基坑南坡稳定性验算

由北京理正深基坑支护 F-SPW5.4 软件计算求得:整体稳定安全系数 $K_s = 2.148$;抗倾覆安全系数 $K_s = 1.559$;地面沉降极值发生在坑壁处为 30 mm,②号铁路专线处为 18 mm;水平位移极值发生在桩顶处为 16 mm,均满足规范要求。

3.3.2 一期基坑南坡地面水平拉杆抗拉验算

$$A_s = T_a / f_y = 101 \times 1000 / 300 = 337 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

式中: T_a ——地面拉锚单根水平拉力设计值,101

kN; f_y ——II级普通钢筋抗拉强度设计值,300 MPa;
 A_s ——II级普通钢筋截面面积计算值, mm^2 。

实际配筋:1 ϕ 25 (490 mm^2) $>$ 337 mm^2 ,满足要求。

3.3.3 一期基坑南坡锚桩(PJ2)水平抗力验算

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}} = \sqrt[5]{\frac{8.26 \times 1.26 \times 1000}{168504.7}} = 0.573 \quad (2)$$

$$\alpha_h = 0.573 \times 10.3 = 5.9 > 4.0, \text{取 } \alpha_h = 4.0 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{\alpha^3 EI}{v_x} X_{0a} = \frac{0.573^3 \times 168504.7}{2.441} \times 10 \times 10^{-3}$$

$$= 130 \text{ kN} \quad (3)$$

式中: γ_0 ——基坑设计等级重要性系数, $\gamma_0 = 1.0$;
 H_1 ——单桩桩顶处的水平拉力设计值, $H_1 = 101$ kN;
 EI ——桩身抗弯刚度, $EI = 0.85 E_c I_0 = 0.85 E_c W_0 d/2 = 168504.7 \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$;
 X_{0a} ——桩顶容许水平位移, $X_{0a} = 10 \text{ mm}$;
 v_x ——桩顶水平位移系数,桩顶铰接, $v_x = 2.441$;
 h ——桩埋深, $h = 10.3 \text{ m}$;
 α ——桩的水平变形系数, m^{-1} ;
 α_h ——桩的换算深度, m;
 m ——桩侧土水平抗力系数的比例系数加权平均值, $m = 8.26 \text{ MN/m}^4$;
 b_0 ——桩身的计算宽度, $b_0 = 0.9(1.5d + 0.5) = 1.26 \text{ m}$;
 R_h ——单桩水平承载力设计值, kN;
 ρ_g ——桩身配筋率, $\rho_g = 1.33\% > 0.65\%$ 。

$\gamma_0 H_1 = 1.0 \times 101 = 101 \text{ kN} < R_h = 130 \text{ kN}$,满足规范要求。

3.3.4 锚桩(PJ2)与主滑坡面位置关系验算

由北京理正深基坑支护 F-SPW5.4 软件计算求得一期基坑南坡主滑坡面数据:圆弧半径 $R = 7.554 \text{ m}$;圆心坐标 $X = -0.383 \text{ m}$;圆心坐标 $Y = 1.461 \text{ m}$ 。结果表明:锚桩(PJ2)设置在二期基坑南坡坑壁外土体的主滑坡面之外,满足要求。

4 地面水平拉锚桩施工

施工流程:护坡桩(PJ1、PJ2)施工 \rightarrow 冠梁(1、2)施工 \rightarrow 地面拉锚安装 \rightarrow 张拉锁定。

4.1 护坡桩施工

采用泥浆护壁潜水钻机正循环全面钻进工艺。

(1)平整场地:设备进场前拆除坑上①号铁路专线,整平、疏通进场道路,满足“三通一平”。

(2)测设桩位:利用经纬仪、钢钢尺测放桩位。开孔前复核桩位,确保孔位测设偏差 $<$ 2 cm。

(3)成孔及清孔:钻进中保持冲洗液质量,粘度 18~25 s,密度 1.1~1.2 kg/L,含砂量 $<$ 5%,以防止砂层坍塌及保证孔内岩粉顺利排出。终孔后立即

清孔,捞渣使泥浆含砂量 $<5\%$ 。孔底沉渣厚度 $>200\text{ cm}$ 。

(4)钢筋笼制作及安装:钢筋笼规格及焊接严格按照设计要求和规范执行。经验收合格后,入孔安装。保护层垫块设置沿纵向每 4 m 一组,每组3块,确保钢筋笼中心与孔中心重合。

(5)砼搅拌与灌注:采用水下砼配合比,坍落度 $16\sim 18\text{ cm}$ 。由具备相应资质的预拌砼厂家供应商品砼。砼灌注时重点把好初灌量、连续灌注、桩顶标高的控制。

4.2 冠梁施工

(1)灌注桩施工完毕后,立即用镐头(必要时辅以风镐)凿除桩顶松散层至设计桩顶标高,清除砼碎块及余泥后用水冲洗干净。

(2)按设计要求进行冠梁钢筋绑扎,注意与桩顶预留筋的连结,相应按设计位置和角度埋设预埋铁管,预埋铁管与桩顶预留筋或冠梁钢筋牢固焊接。

(3)采用定型钢模板支立侧模,利用内撑、外撑及拉杆加以支顶稳固。

(4)浇筑冠梁砼,用插入式振动棒进行振捣,砼终凝后 12 h 拆除侧模并及时洒水养护。

4.3 地面水平拉锚安装

4.3.1 拉杆制作

钢筋按设计规格、长度下料。钢筋接长采用双面帮条焊接,拉杆两头端部钢筋与锚头螺栓采用对焊连接。

4.3.2 插送拉杆

首先清除拉锚范围内的地面障碍物,并穿透②号铁路专线轨道下方的拉杆通道,待冠梁砼拆除侧模后将钢筋拉杆顺直插入预埋铁管内,孔口外预

留螺栓长度满足张拉和锁定要求。

4.4 张拉锁定

冠梁砼达到设计强度的 70% 后,安装锚具钢垫板和锚头螺母。按设计要求对拉杆进行张拉、锁定。

5 现场监测验证

设计桩顶水平位移预警值为 16 mm ,或连续3天变形速率 $\geq 3\text{ mm/天}$;既有铁路线地面沉降预警值为累计达到 20 mm 。2008年9~11月整个一期基坑工程施工过程中,严格按照设计观测频率进行了桩顶水平位移和既有铁路线地面沉降测量,结果表明:所有变形均在设计容许范围内,保证了基坑安全和②号铁路专线的正常营运。

6 结语

(1)本工程充分利用二期基坑的护坡桩做一期基坑的锚桩,显著地降低了工程总造价,可供类似工程借鉴。

(2)地面水平拉锚桩支护结构体系在合适的条件下具有施工简便、造价低、有利于控制变形等特点,有着良好的发展前景。

参考文献:

- [1] 吴晓恩,杨平园,李爱民. 桩锚支护结构在湖南运达国际广场深基坑工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):50-53.
- [2] 王海宁. 山东海化地仓岩土工程勘察报告[R]. 山东潍坊:山东省潍坊基础工程公司,2008.
- [3] 代国忠. 地面锚拉式土钉墙支护技术的研究与应用[J]. 长春工程学院学报(自然科学版),2003,4(3):39-42.
- [4] 北京理正深基坑支护F-SPW5.4计算软件[CP]. 北京:北京理正软件设计研究所,2007.

东北地区四省(区)16日签订交通合作框架协议

交通运输部网站消息 1月16日,辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区交通部门签订交通合作框架协议。今后一段时期,四省(区)交通部门将建立联席会议制度,遵循平等协商、政府引导、资源共享、开放透明的基本原则,深化交通合作,加强东北地区交通发展规划、基础设施建设、运输组织管理和市场监管等各方面的协调,形成合作互动、优势互补、互利共赢、共同发展的格局。

根据框架协议,四省(区)将在八方面开展紧密合作,为东北地区社会经济发展提供重要的交通支撑和保障。一是加快构建区域内综合交通运输体系,实现多种运输方式的货运无缝衔接、客运零距离换乘。二是加快进关、出海和省际间交通运输通道建设,加强规划和建设的协调与衔接,争取

尽早形成同步规划建设、同步投入使用、同步发挥效益的发展格局。三是充分发挥辽宁沿海港口群对东北腹地的辐射作用,加快推动大连东北亚重要国际航运中心建设。四是加快实施以松花江梯级开发为重点的内河航道整治工程,提高内河航道通过能力。五是积极培育道路运输市场,建立完善统一的市场准入条件、运行机制和退出机制。六是整合交通信息网络资源,探索建立统一的交通信息平台,提高交通规划建设、组织管理、运输服务的规范化、信息化水平。七是积极构建以物流供应网为主干、加工配送网为分支、物流信息网为纽带的物流网络体系。八是建立交通科技联合攻关机制,依托交通行业重点实验室,整合科研资源,发挥整体优势,解决制约交通建设、管理、养护的技术“瓶颈”。