

大型超深基坑综合支护与施工技术

吴 璋

(煤炭科学研究总院西安分院 陕西 西安 710054)

摘 要 : 针对青海华电大通电厂 1 号转运站 22.96 m 的超深基坑 , 采用土钉、钢梁以及旋喷桩帷幕止水的联合防护结构 , 面对冬季恶劣的施工环境 , 保障了该基坑的施工安全与周围设施的正常营运 , 缩短了工期 , 节约了施工成本 , 取得了良好的效果 , 并为以后深大基坑的防护设计、施工积累了经验。

关键词 : 基坑支护 ; 止水帷幕 ; 深基坑 ; 土钉

中图分类号 : TU473.2 文献标识码 : B 文章编号 : 1672 - 7428(2006)07 - 0008 - 03

The Comprehensive Support Works and Construction Technique of Large Overdeep Foundation Pit/WU Zhang (Xi 'an Branch of China Coal Research Institute , Xi 'an Shanxi 710054 , China)

Abstract : For the overdeep foundation pit of a fuel-burning power plant , which depth is about 22.96 m , the comprehensive support works as soil nail , steel beam , sealing curtain wall were adopted to assure the safety of the foundation pit and the normal operation of the surrounding installation under the severe condition in winter. So the construction period was shortened , the cost was reduced and experience was accumulated for the large overdeep foundation pit designing and constructing.

Key words : shoring of foundation pit ; sealing curtain wall ; deep foundation pit ; soil nail

1 工程概况

拟建青海华电大通电厂所处宏观地貌单元为青藏高原东部边缘的黄土台塬区 , 场地开阔平坦 , 微向东南方向倾斜 , 地面标高介于 2411.0 ~ 2417.7 m。该电厂已建成并投入运行的有一、二、三、四、五、六期及 5 号机组 , 本期工程建设 2 × 300 MW 燃煤机组 , 位于已建成并投入运行的电厂南端 , 紧邻 5 号机组。本次设计施工的是电厂的输煤系统 1 号转运站及 2 号输煤隧道工程基坑 , 基坑最大深度 22.96 m , 面积约 500 m²。

2 场地工程地质条件

根据勘察和基坑开挖结果 , 1 号转运站及 2 号输煤隧道工程 , 所在的场地第四系松散堆积物厚 20 余米 , 岩性主要为冲击相的碎石类土 ; 其下伏地层为第三系山麓 ~ 内陆湖坡边缘相沉积的紫红、砖红色砂砾岩与泥质砂岩。

厂区地层主要有 4 种 :

①层杂填土 , 杂色 , 主要为砖块、水泥块及前期施工开挖的卵石等施工垃圾 , 分布不均匀 , 层厚在 0.5 ~ 1.7 m 之间 ;

②层黄土状粉土 , 黄褐 ~ 褐黄色 , 稍密 , 稍湿 , 可

塑 ~ 硬塑 , 含云母片、植物根系 , 见大孔隙及虫孔 , 垂直节理较发育 , 混少量砾石 , 土质不均匀 , 结构性差 , 层厚为 0.5 ~ 3.5 m ;

③层卵石 , 杂色 , 稍湿 ~ 饱和 , 稍密 ~ 中密 , 成分以石英岩、花岗闪长岩、片麻岩及辉绿岩、砂岩为主 , 卵石粒径一般为 20 ~ 60 mm , 漂石含量占 10% ~ 18% , 最大粒径 700 mm , 分选性差 , 级配良好 , 充填物为砂砾石及少量粘性土 , 厚度介于 11.5 ~ 19.7 m 之间 , 可直接作为建筑基础 ;

④₁ 层砂砾岩 , 砖红色 , 致密 , 粒状结构 , 岩心破碎呈砂粒状 , 强风化厚度 > 3.0 m , 层厚介于 3.3 ~ 16 m 之间 ;

④₂ 层泥质砂岩 , 砖红 ~ 紫红色 , 致密 , 坚硬 , 粒状结构 , 块状构造 , 中等风化 , 钙质胶结 , 成层性好 , 近水平层理 , 勘探时未见底。

各地层的物理力学指标见表 1。

表 1 主要地层主要物理力学参数表

层号	土层名称	天然重度 /(kN · m ⁻³)	粘聚力 /kPa	内摩擦 角/(°)	变形模 量/MPa	承载力特 征值/kPa
②	黄土状粉土	17	45	20		110
③	卵石	20		40	50	450
④ ₁	砂砾岩	21		45	60	300
④ ₂	泥质砂岩	22		45	60	350

收稿日期 2006 - 01 - 16

作者简介 : 吴璋 (1973 -) , 男 (汉族) , 陕西富平人 , 煤炭科学研究总院西安分院高级工程师 , 地质工程专业 , 硕士 , 从事岩土锚固与钻探工艺研究工作 , 陕西省西安市西影路 14 号 , Wzh7318@126.com。

3 基坑特点

从图 1、图 2 和上述的地层特征可以看出,本次需要支护的基坑具有以下特点:

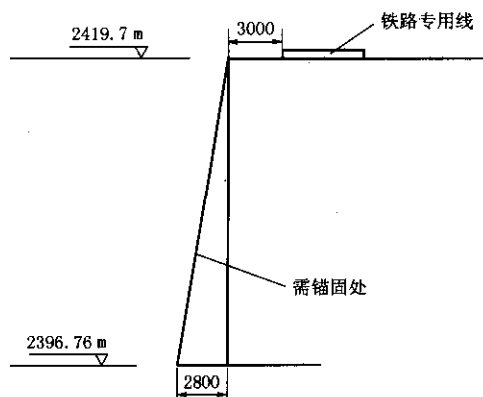


图 1 基坑锚固深度示意图

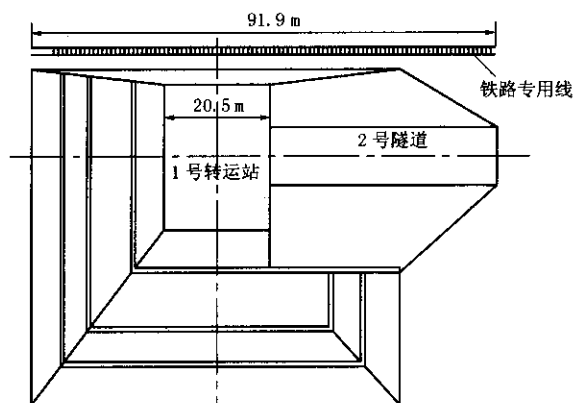


图 2 基坑开挖平面示意图

(1) 基坑深度大。由于工程的需要,基坑的最大深度达到了 22.96 m,这种深度即使在全国也是不常见的。

(2) 距离重要建筑物近。从图 1 可以看出,基坑上缘距正在使用的电厂运煤专用铁路线仅 3 m,而施工中由于各种因素的影响实际距离尚不足 2.5 m,而且在基坑与铁路线中间是运输车辆通过的简易公路,要行走施工和清理铁路车辆,在整个施工过程中要确保铁路线和简易公路的安全畅通。

(3) 地层条件复杂。支护深度内几乎全部为砂卵石地层,传统支护方法中的钻孔施工十分困难,同时尽管砂卵石地层的承载力十分大,但对基坑稳定影响十分明显的粘结力几乎为零,砂卵石地层透水性良好,基坑降水和锚杆注浆非常困难。

(4) 基坑形状复杂。由于 1 号转运站和 2 号输煤隧道基坑相连并同时开挖,造成基坑形状复杂,开挖深度不一,给设计和施工带来了困难。

(5) 气候条件恶劣。该基坑的支护施工正好是

隆冬季节,位于海拔 2400 余米,高寒缺氧,给设计和施工提出了很高的要求,如果设计考虑不周,将极大地加大如保暖施工等额外工程费用。

4 基坑综合防护设计

在基坑支护方案的设计过程中,我们充分考虑了以上所述的基坑特点,采用数学计算、数值模拟和施工经验相结合的动态设计方法,采用了土钉、锚杆、旋喷帷幕桩和槽钢框架梁、铁丝防护网相结合的综合防护措施。

4.1 土钉

在上部 3.5 m 土层范围内布置 4 排 7 m 深的土钉,孔径 ≤ 50 mm,倾角 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。土钉采用 $\Phi 16$ mm II 级螺纹钢筋制作而成,对坡口进行防护,确保简易公路和基坑上缘的安全。

4.2 自钻式锚杆

为了减小在砂砾石地层中的钻孔施工难度、加快施工进度,设计采用自钻式锚杆。通过数学计算和模拟,采用外径 51 mm 中空管特制的自钻式锚杆,配套钻头直径为 73 mm,利用钻机将特制的锚杆打入地层后不再收回,然后在孔内注入水灰比为 0.5 的水泥浆,灌注压力为 0.5 ~ 1.0 MPa,待锚固体强度达到 80% 后施加 50 kN 预应力。锚杆呈矩形布置,在每个槽钢框架梁结点处设置 1 根,锚杆倾角 $10^\circ \sim 15^\circ$,深 6 ~ 20 m。

4.3 槽钢框架梁

考虑到施工期在冬季,气温很低,钢筋混凝土施工难度较大,且该边坡防护为临时性防护措施,设计在基坑开挖深度 < 15 m 处采用 18 型槽钢,深度 > 15 m 处采用 20B 型槽钢,按纵横向间距 1.95 m \times 2 m 的尺寸联结成框架梁。框架梁的安装在自钻式锚杆钻进、注浆完成后进行。安装前在边坡上横向(后改为纵向)开挖深度为 20 cm、宽度为 30 cm 的基槽,挂上制作好的铁丝网,然后在基槽中安装钢梁,并将铁丝网压入基槽中。槽钢梁安装好后,安置锚垫板,施加 50 kN 预应力后锁定。

4.4 铁丝防护网

为了防止框架梁空格内土体和砂卵石层的碎落、滑塌掉块,采用 2 层铁丝网片,底层为 1 cm \times 1 cm 的网片(防止砂层松动);外层采用 10 号铁丝,按 6 cm \times 6 cm 间距编制成加强铁丝防护网,进行坡面防护。

4.5 旋喷帷幕桩

当基坑开挖至 -15 m 深度时,进入地下水含水

层,由于砂卵石层透水性良好,基坑涌水量很大,采用抽水的办法不足以解决降水问题。为了保证基坑工程的安全、快速施工,设计采用旋喷止水帷幕进行基坑降水。根据岩土工程勘察报告书以及开挖降水井的情况,旋喷桩桩长设计为11 m,穿透砂卵石层和强风化砂岩层,进入④₂泥质砂岩层。为保证旋喷桩止水的有效性,兼顾基坑开挖的安全,靠近铁路一侧布置3排旋喷桩,其余采用2排。设计桩径为600 mm,桩距为500 mm,排距400 mm,搭接100 mm。

经数学验算,基坑支护后的抗拉安全系数为1.26,整体稳定性安全系数为1.57,达到了规范和要求。数值分析也表明了变形在允许范围之内,在随后的基坑施工中也证明了这种联合支护方式的有效性。

5 基坑防护工程施工及效果

基坑支护施工结合开挖,采用了分层施工法。即基坑开挖一层,支护一层,每一层的开挖深度根据锚杆间距确定。直至-15 m时再施工旋喷帷幕,然后再分层开挖支护直至结束。

工程施工中存在的最大问题就是锚杆钻孔和旋喷钻孔的施工问题。设计中选用了自钻式锚杆,希望能够一次性成孔至设计深度后不用提钻就直接注浆形成锚固体,但是在实际施工时由于砂卵石地层中卵石较大且质地坚硬,采用自钻式锚杆也不能保证成孔。经过摸索、总结经验,最后采用被动式偏心跟管钻进工艺方法,解决了成孔问题,待下入锚杆和注浆管后再用拔管机拔出套管,然后注浆形成锚固体。对于旋喷钻孔采用同样的方法,所不同的是由于钻孔坍塌,旋喷钻孔还需要在套管中再下入一层PVC护壁管,然后再拔出套管,下入旋喷钻具开始旋喷帷幕桩的施工。

在地下构筑物的修筑过程中,可以根据进度逐层拆除槽钢框架梁,以回收钢材,节约投资。目前该工程地下部分施工已经安全结束。

6 基坑开挖监测

本基坑工程的防护体施工、基坑开挖和地下结构施工期间实施动态管理,严密监测,及时进行信息

反馈。监测内容包括相邻铁路、简易公路的变形、沉降,防护体系沿深度方向的水平位移以及基坑内外的水位等。

监测采用建立基准点,每天用全站仪进行水平位移和垂直沉降测量,同时辅以人工24 h不间断的巡查,及时发现解决问题。测量数据和人工观察表明,在基坑开挖和使用期内,所有需保护的建筑物和防护体系不良变形均控制在允许范围内,基坑防护工程质量良好。

7 结语

本次基坑的设计和施工采用了一系列的新思维和新方法,也达到了预期的目的。主要有以下几点。

(1)基坑深度较大情况下的临时防护。国内深度>20 m的基坑十分少见,并且距离铁路线仅3 m的距离,更是少见,且这种情况下的防护多采用逆作法施工,所以该基坑防护设计时可供借鉴的资料几乎没有。

(2)采用槽钢框架梁代替了传统的钢筋混凝土框架梁、灌注桩或喷射混凝土面。减小了严寒天气下施工混凝土的难度,减小了复杂地层条件下施工灌注桩钻孔的难度,解决了喷射混凝土面板强度不足的难题,同时在施工过程中可以回收构成框架梁的槽钢,最大限度地节约了工程投资。

(3)被动式偏心跟管钻进工艺技术的应用,成功解决了砂卵石地层中施工锚杆钻孔的难题,为在现有装备条件下解决复杂地层的钻孔施工问题提供了新的工艺方法。

(4)旋喷桩在砂卵石地层中施工止水帷幕的应用。理论上认为旋喷桩在砂卵石等地层中是不能施工止水帷幕的,但是由于地层的良好透水性,浆液的渗透阻力较小,渗透距离大,在该工程中应用旋喷桩施工止水帷幕也是成功的,并取得了良好的效果。

参考文献:

- [1] 吴璋,周新莉.螺旋冲击回转钻进技术及其在边坡治理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程)2005,32(3):33-35.
- [2] 闫莫名,徐祯祥,苏自约.岩土锚固技术手册[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] JGJ 120-99.建筑基坑支护技术规程[S].