

500 kV 输电线路黄河大跨越塔基工程施工实践

张 辉¹, 满昌盛², 孙小杰³

(1. 山东省第八地质矿产勘查院, 山东 日照 276826; 2. 中国水利水电第十三工程局有限公司, 山东 德州 253009; 3. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘 要:500 kV 输电线路黄河大跨越塔基工程分地下和地上两大部分, 集多种施工工艺方法于一体。重点阐述了钻孔桩施工, 支撑系统的选择, 高桩承台模板的支护, 地脚螺栓的安放和大体积承台砼的浇注等施工关键工序、技术难点和重点的具体控制方法。

关键词:输电线路塔基; 钻孔灌注桩; 承台; 承台连梁; 立柱; 地脚螺栓

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2009)07-0063-03

Construction Practice of 550kV Power Transmission Line Long-span over Yellow River/ZHANG Hui¹, MAN Chang-sheng², SUN Xiao-jie³ (1. Shandong Provincial No. 8 Institute of Geological and Mineral Survey, Rizhao Shandong 276826, China; 2. Sinohydro Bureau 13 Co., Ltd., Dezhou Shandong 253009, China; 3. Shandong Provincial Institute of Physical and Chemical Exploration, Jinan Shandong 250013, China)

Abstract: The tower foundation engineering for 500kV power transmission line long-span over Yellow River was constructed with several technologies gathering and consisted of underground part and above-ground part. The paper discussed the important construction procedure, technical difficulties and special control method of bored pile construction, supporting system selection, elevated pile cap template support, anchor bolt placing and large-volume bearing platform concreting.

Key words: tower foundation of power transmission line; bored grouting pile; bearing platform; coupling beam; column; anchor bolt

1 工程概况

500 kV 送变电输电线路黄河大跨越塔基工程, 施工地点位于黄河主槽区黄河大堤和险工之间, 其中 2 号塔主塔塔高 110 m, 设计钻孔灌注桩 24 根, 桩径 1600 mm, 有效桩长 50.0 m, 直径 1600 mm 立柱 24 根, 高度 6.0 m, 共分 4 个承台, 每个承台尺寸 10.74 m × 10.74 m × 2.4 m, 承台之间承台连梁尺寸 11.0 m × 1.5 m × 2.4 m; 钻孔桩和立柱砼方量约 2700 m³, 承台连梁砼方量约 1266 m³。

2 工程地质条件

场区地形相对平坦, 属黄河冲积平原地貌单元, 地层自上而下分别为:

- ①粉土, 稍密, 层厚 1.30 ~ 1.70 m;
- ②粉质粘土, 可塑, 局部夹粉土薄层, 层厚 2.00 ~ 2.90 m;
- ③粉土, 稍密, 层厚 5.20 ~ 6.45 m;
- ④粉土夹粉质粘土, 稍密, 粉质粘土可塑, 层厚 5.00 ~ 8.10 m;
- ⑤粉土, 稍密 ~ 中密, 层厚 5.80 ~ 7.90 m;

⑥粉质粘土, 可塑 ~ 硬塑, 层厚 3.40 ~ 4.70 m;

⑦细砂, 中密, 混少量粘性土及 10% 砾石, 夹薄层中砂, 层厚 9.10 ~ 10.70 m;

⑧中粗砂, 中密 ~ 密实, 主要成分为石英、长石, 含少量粘性土, 混少量砾石, 层厚 6.20 ~ 8.50 m;

⑨砾砂, 密实, 砾径 0.5 ~ 4.5 mm, 平均厚度 4.0 m;

⑩粉质粘土, 硬塑, 混小姜石, 平均厚度 9.80 m。

地下水主要为第四系孔隙潜水, 地下水位 1.50 ~ 2.90 m, 地下水主要接受大气降水和黄河侧渗及引黄灌溉渗入补给。

3 施工方法

3.1 施工投入主要设备

GPS-15 型回转钻机 4 台套, 16 t、24 t 吊车各 1 台, ZL30F 型铲车 2 台, 120 kW 柴油发电机 2 台, 75 kW 柴油发电机 1 台, JS-500 型搅拌机 4 台, PLD 型混凝土配料机 2 台, HBT60 型混凝土泵 2 台套, 直径 1600 mm 接柱钢模板 3 套, 对焊机 1 台, 电焊机 8

收稿日期: 2009-04-06

作者简介: 张辉 (1971-), 男 (汉族), 江苏邳州人, 山东省第八地质矿产勘查院主任、高级讲师, 探矿工程专业, 主要从事小口径钻探、岩土工程设计、矿山开发等工作, 山东省日照市海滨五路 35 号, 13355071789@sina.com。

台,钢模板 400 m²,竹胶模板 500 m²,钢管脚手架若干,全站仪 1 台,水准仪 1 台。

3.2 施工顺序安排

施工准备→测量放线→钻孔桩施工→立柱施工→搭设脚手架→承台连梁施工→工程竣工验收。

3.3 施工工艺流程

3.3.1 钻孔灌注桩

测量放线→护筒埋设→钻进成孔→一次清孔→钢筋笼制安→下放导管→二次清孔→砼搅拌灌注→提出护筒成桩。

3.3.2 立柱

桩顶处理→接笼→垒筑底模→模板支护→砼浇注→拆模→养护。

3.3.3 承台连梁

场地夯实平整→安装支撑→底模铺设→地脚螺栓安放→钢筋铺设→侧模安装→砼浇注→拆模→养护。

4 施工技术难点及控制

4.1 钻进成孔

该处地层砂层厚,属黄河古河主道,黄河改道后该地变成黄河漫滩区,上部地层以粉土为主,下部地层以砂层为主。地表下约 20~43 m 为细砂、中粗砂和砾砂层。地层造浆性能差,回转钻进易出现坍孔、孔底沉渣过厚等现象。钻孔深度 50 m,地层软硬互层时易出现孔斜,易造成钢筋笼下放困难。施工技术措施如下。

4.1.1 人工造浆

采用优质粘土进行造浆,并加入纯碱和纤维素改善沉浆性能。开孔前,利用泥浆搅拌机先制造泥浆约 100 m³,随钻进随配制泥浆补充,控制新鲜泥浆密度 1.07~1.10 kg/L,纯碱加量控制在 3.5%~5%,纤维素加入量控制在 2%。

4.1.2 改进泥浆循环系统

泥浆循环系统采用三池一槽制,循环路径为:循环槽→小沉淀池(5 m×2 m×1.5 m)→循环槽→大沉淀池(6 m×4 m×1.5 m)→循环槽→泥浆池(10 m×6 m×2 m);清水在小沉淀池前加入,以加速泥浆中大颗粒沉淀速度,并利用挖掘机及时清理小沉淀池;将排浆泵布置在大沉淀池中,泥浆含砂率过高时及时排放,确保进入泥浆池中的泥浆的含砂率相对较小,尽量加长循环槽长度,使泥浆中的固相能有较长的沉淀时间。

4.1.3 加设导正圈

钻头采用双腰带四翼钻头,在最下一节钻杆顶部加置宽 150 mm 直径 1560 mm 的导正腰带,以确保成孔垂直度。

4.2 脚手架支撑系统

4.2.1 荷载计算

上部承台砼固定荷载(按单个承台计算):

$$N_1 = 10.74 \text{ m} \times 10.74 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \\ = 6921 \text{ kN}$$

立杆及扣件、模板和垫木荷载:

$$N_2 \approx 150 \text{ kN}$$

施工荷载(施工人员、机具):

$$N_3 = 10.74 \text{ m} \times 10.74 \text{ m} \times 3 \text{ kN/m}^2 = 346 \text{ kN}$$

浇注砼振动荷载:

$$N_4 = 10.74 \text{ m} \times 10.74 \text{ m} \times 2 \text{ kN/m}^2 = 231 \text{ kN}$$

总荷载:

$$N_{\text{总}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 7648 \text{ kN}$$

4.2.2 场地地基处理

地面铺设垫木尺寸 30 cm×15 cm×6 m,垫木间距 0.9 m×0.9 m,垫木范围比承台尺寸外扩不小于 1.0 m,垫木平面尺寸约 57.3 m²,则需地基承载力 $f_{\text{sp,k}} = 7648/57.3 \text{ m}^2 = 133.5 \text{ kN/m}^2$ (未考虑承台下 6 根立柱分担荷载)。

采用 3:7 灰土用蛙式打夯机分 3 层夯实,每层厚度约 30 cm,其上再铺垫 20 cm 厚碎石,处理后地面比原始地面高 40 cm。经轻便触探检验击数均大于 35 击,处理后的地基承载力 $f_{\text{sp,k}} \geq 150 \text{ kPa}$,满足上部荷载要求。

4.2.3 碗扣式脚手架支撑计算

脚手架采用 Ø48 mm×3.5 mm 脚手架钢管,取立杆纵距 1200 mm,横距 900 mm,步距 1200 mm,以 3 个纵距、1 个横距和 1 个步距为一计算单元;纵横向水平杆强度和连接件抗滑力均能满足要求,仅对立杆稳定性进行计算(不考虑组合风载),按公式:

$$N/(\varphi A) \leq f$$

$$N = 1.2 \sum N_{\text{ck}} + \sum N_{\text{Qk}}$$

进行验算。其中 $N = 276 \text{ kN}$, $A = 8 \times 4.89 \text{ cm}^2$, $\varphi = 0.489$ 。则计算 $N/(\varphi A) = 144.3 \text{ N/mm}^2 \leq 205 \text{ N/mm}^2$,稳定性满足要求。

4.3 承台侧模支护

承台底模采用大面积竹胶板,侧模租用 1.5 m×0.6 m 大面积钢模板。侧模支撑采用外撑内拉,在模板外侧每隔 1.5 m 竖向布设一道双钢管支撑,横向双钢管支撑按间距 0.9 m 共布设 3 道,竖向和横向支撑用碗扣式连为一体(横向支撑在外),在中

间一道横向钢管支撑和竖向钢管支撑交点处设一外斜撑,纵横两个方向设置内拉,内拉竖向间距 0.9 m (竖向共设 3 道),水平间距 1.5 m,采用直径 16 mm II 级钢筋为拉杆,外部与侧模外侧横向钢管相连接。

4.4 地脚螺栓安放

4.4.1 地脚螺栓组装

在空余地面上铺设 10 cm 厚素砼垫层,并用水准仪将垫层水平控制在高差 ± 2 mm 以内,将螺栓按顺序放好,上下端安放上加工好的定型钢制模具,并紧好螺帽,利用经纬仪控制垂直,水平尺测平,螺栓整体调好检查尺寸及垂直度无误后,按要求焊接内外箍筋,并加固成一个整体。

4.4.2 地脚螺栓测放

为防止人的扰动引起仪器晃动产生误差,在承台中心部位搭设两个脚手架平台,分别为放置仪器平台和操作人员平台。利用全站仪和水准仪将地脚螺栓的位置和高程放在承台底模上,将整组螺栓吊放在承台事先焊制好的“马凳”上,对螺栓的高度和位置利用仪器反复校核,直到有关尺寸偏差满足设计及规范要求为止。

4.4.3 地脚螺栓固定

地脚螺栓校核准确后,利用钢筋将其与承台钢筋网片进行焊牢固定。

4.4.4 砼浇注过程检验

砼浇注过程中,架好仪器,随时校验并调整 4 个塔角螺栓根开尺寸;为防止砼浇注对螺栓位置产生影响,浇注到螺栓位置时,砼浇注方向应从四周向螺栓位置浇注,防止砼浇注产生的侧压力对螺栓安装精度产生影响。振捣时,振动棒严禁接触螺栓。

4.5 承台浇注

该承台体积约 1100 m^3 ,属大体积混凝土,地处野外,无商品砼,采用 4 台 JS-500 型搅拌机和 2 台配料机搅拌砼进行浇注。为防止浇注时间过长出现沉降缝,浇注从承台一角分两个方向向对角承台靠拢。为防止水化热,采用高标号 42.5 矿渣硅酸盐水泥,以减少水泥用量,在砼中加入泵送剂和缓凝剂,并控制砼坍落度 12 cm 左右。4 个承台历时 32 h 浇注结束。浇注方向如图 1 所示。

5 工程验收

5.1 钻孔灌注桩

由桩基检测单位对所有钻孔桩进行了低应变和

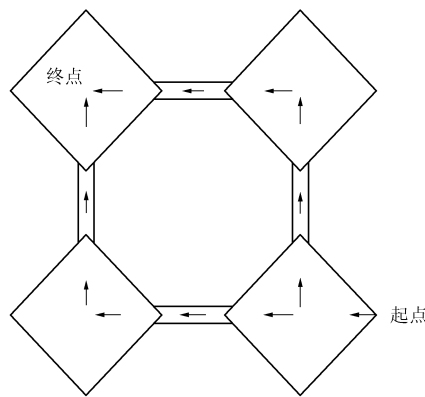


图 1 承台浇注方向示意图

超声波检测(超声波 2 根),桩身质量良好,其中 I 类桩 23 根、II 类桩 1 根。现场实测桩位偏差 1.5 ~ 5.3 cm,桩径均大于设计要求的 1600 mm。达到了设计及规范要求。

5.2 地脚螺栓安装尺寸

经现场测量验收,同组地脚螺栓中心偏差 0 ~ 3 mm,地脚螺栓出露高度 -1.5 ~ 4.6 mm,地脚螺栓根开偏差:2.0、2.6 mm,都满足设计及规范要求。

5.3 立柱及承台

经现场三方联合验收,立柱及承台表面光洁,无蜂窝麻面、漏筋现象,感观质量优良。承台及梁断面尺寸偏差 -5.3 ~ 11 mm,塔基中心顺线路方向偏差 6.5 mm、横线路方向偏差 4.2 mm,整个基础扭转 1.2°。均满足了设计及验收规范要求。

6 结语

本次 500 kV 输电线路黄河大跨越塔基工程的钻孔桩施工、脚手架支撑系统、高桩承台模板的支护、地脚螺栓的安放和大体积承台砼浇注等关键工序的具体控制方法,通过最后验收相关数据看出,本工程采取上述方法措施得当,可以给类似工程起到很好的借鉴作用。

参考文献:

- [1] JGJ 94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] JGJ 130-2001. 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S].
- [3] 编委会. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.
- [4] GB 50021-2001, 岩土工程勘察规范[S].
- [5] 编委会. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.