

石盐地区输电线路基础设计分析

焦景涛 姚国河 吴海洋 谭青海

中国电建集团青海省电力设计院有限公司 青海 西宁 810008

摘要: 石盐作为一种特殊工程地质,具有硬度高、强腐蚀、溶解度大和溶解速度快的特点,特殊地质条件下基础型式的选择决定着基础施工阶段的难易程度。近年来,随着海西冷湖地区绿能基地的开发建设,后续多条输电线路将穿越石盐地区,以冷湖1号330千伏汇集站送出线路工程G72~G133塔位穿越石盐区的基础设计为依据,叙述在石盐地区输电线路基础设计助力机械化施工的实际,为后续类似的工程设计提供设计参照。

关键词: 石盐;强腐蚀;融陷性;裹体灌注桩;机械化;绿色环保

引言

随着电网建设技术的发展,国家电网公司大力推进输电线路机械化施工,不断提升工程设计、施工机械装备制造水平,以利于环境保护,实现良好的经济、社会效益。输电线路工程基础日益倾向于利用原状土基础,尽量做到不开挖基面或少开挖基面,减少工程土石方量和混凝土方量,节省工程投资,减少自然资源的消耗,保护自然环境,减少水土流失。基础施工作为输电线路施工的重要环节,选择合适的基础型式对实现机械化施工率和环境保护尤为重要^[1]。

1 工程地质概述

冷湖1号330千伏汇集站送出线路工程,自330kV彩云变出线至330kV冷湖1号汇集站,形成彩云-冷湖1号汇集站330kV线路,线路长度约为96.3km,海拔在2650~3150m之间,线路在G72-G133段地基土岩性主要以化学沉积的结晶盐及含盐量高的细粒土为主。地下水位以上结晶盐岩土工程特性较好,承载力相对较高,可直接做为基础持力层,但具有无水情况下硬度高、遇水溶陷和伴随承载力较大幅度降低的特性。

2 基础选型

杆塔基础所承受的荷载特性复杂,基础在承受拉、

压交变荷载作用的同时,也承受着较大的水平荷载作用。与其它行业基础下压稳定控制不同,通常情况下杆塔基础抗拔和抗倾覆稳定性是其设计控制条件,本工程基础优选主要考虑以下几方面:

1) 以确保线路安全稳定运行为优选前提

基础型式的优选不能以降低线路安全运行为代价,必须确保基础结构能承受正常施工和正常运行时可能出现的各种工况下的荷载;在偶然事件发生及发生后,仍能保持必须的整体稳定。


2) 基础型式的选择,必须结合地形、水文地质情况、施工条件以及杆塔型式加以确定,并且应在满足规程、规范的前提下,尽可能地降低工程造价。

3) 因地制宜采用原状土基础,充分利用原状土地基抗拔和抗倾覆的良好力学性能。

4) 引入全寿命周期的基础优选理念,力保基础施工方便,经济环保。注重施工的可操作性和质量的可控制性,施工方案的环境保护;注重运行维护的便利性,尽可能取得基础全寿命周期内的最优方案。




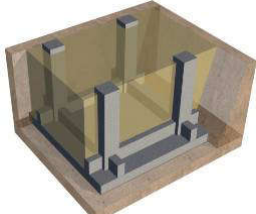
目前,架空输电线路杆塔传统的基础型式主要有原状土基础和大开挖回填基础两大类,适用于本工程石盐地质条件下的各基础类型优缺点见表1:

表1 石盐地质条件下的各基础类型优缺点

基础类型	基础名称	示意图	适用条件	优点	缺点
原状土基础	挖孔桩基础		基础作用力大,平坦地形、丘陵、山区,无水可硬塑性土或强风化岩体。	充分利用原状土的力学性能;挖方量相对小,施工进退场方便,对环境的影响小,造价相对较低。适应土质变化较大的场地土环境。	为保证安全,需要做好护壁;施工要求高,难度较大;施工现场污染严重;施工速度慢,成桩周期较慢;遇到地下水或有流沙地质施工困难,成桩质量不可靠。

作者简介: 焦景涛,男,陕西渭南人,1983年出生,大学本科,从事输电线路结构方向研究。

续表:

基础类型	基础名称	示意图	适用条件	优点	缺点
原状土基础	钻孔灌注桩基础		基础作用力大, 河湖软塑土层, 承载力低等软弱地基。	充分利用原状土的力学性能; 挖方量相对小, 施工进度快; 抗冲刷、抗拔性强。	属隐蔽工程, 质量控制难度大, 存在塌孔、断桩等隐患; 需要借助大型机械, 施工工艺要求较高、施工难度较大、基础造价较高; 施工过程中会产生大量泥浆垃圾, 处理难度大, 对环保要求较高。
开挖回填类基础	直柱式板式基础		使用广泛, 适用于软可塑粘性地质条件。	对地质条件稍差的塔位, 可以减小埋深; 柔性底板抗弯抗冲剪性能好; 基础地脚螺栓固定容易, 施工方便, 施工费用低。	大开挖施工, 对土体扰动较大; 土石方工程量较大, 弃土易造成划破, 影响基础稳定; 植被破坏和水土流失严重。
	台阶基础		使用广泛, 适用于软可塑粘性地质条件。	基础埋深较浅, 施工难度小, 施工工艺非常成熟; 本身因混凝土量大, 在抵抗上拔力时主要依靠自身重量。	大开挖基础, 基础混凝土量大, 综合造价高, 特别是荷载较大时不经济; 开挖土石方量大, 对环境的影响也较大。
其他基础型式	联合基础		地基承载力低, 有地下水的软土或淤泥质粘土地基。	整体性好, 能有效减小地基不均匀沉降。	不适宜大根开的塔位, 开挖方量大, 对环境的影响也较大。

结合以上, 对于本工程上部石盐、下部赋存地下水地基, 宜优先采用灌注桩基础。

3 防腐设计

根据工程《岩土工程勘察报告》G72-G133存在地下水, 沿线地基土中的全盐量均大于0.3%, 属于盐渍土。根据取样分析, 地基土及地下水对混凝土结构具有强腐蚀性、对钢筋混凝土结构中的钢筋具有强腐蚀性、对钢结构具有强腐蚀性。

3.1 材料要求

3.1.1 混凝土

1) 本工程混凝土强度采用C50(采用42.5级普通硅酸盐水泥), 最大水胶比0.36, 混凝土中可加入粉煤灰、磨细矿渣、硅灰等矿物掺合料及钢筋阻锈剂, 增加桩自身的抗腐蚀性, 外加剂及掺合料的品种和掺量应通过试验确定。

2) 抗渗等级 \geq P10, 费用已包含在混凝土单价中。

3.1.2 复合土工布袋的技术条件

(1) 原材料选用长丝机织聚丙烯(丙纶PP)土工布和高密度聚乙烯(HDPE)膜, 由两布一膜热压焊接制成复合土工布, 再用复合土工布制成防腐土工布袋。其技术性能除满足表2的要求。

表2 复合土工布主要技术指标

项目	指标
厚度(mm)	1.29~2.13
纵向抗拉强度(kN)	≥ 80
横向抗拉强度(kN)	≥ 65
抗撕裂强度(N)	≥ 1200
纵向伸长率(%)	≤ 30
横向伸长率(%)	≤ 30
CBR顶破强度(kN)	≥ 4.0
等效孔径	1×10^{-11}
垂直渗透系数(cm/s)	$\leq 2.3 \times 10^{-11}$

(2) 复合土工袋的成品规格应符合下列规定:

1) 裹体布袋直径应大于设计桩径的1%, 长度大于桩的设计长度2~3m, 桩径较大时(≥1.8m)时, 可根据情况适当增加到3~4m。为便于保护桩头和上部做防水处理, 基础浇筑完成后, 封扎袋口(需预留塔脚板安装位置), 与基础顶面相平, 多余部分按切割报废处理。

2) 粘接缝两层搭接长度应大于200mm, 并保证接缝密实、粘接充实。

3) 复合土工布袋隔水(防渗)性能, 应满足垂直渗透系数 ≤ 2.3×10⁻¹¹cm/s, 接缝处应满足防渗指标; 对接缝应严格监控密封性, 并进行防渗检测, 保证接缝在受拉方向的连接强度不低于所采用的材料的抗拉强度。

4) 桩孔口应安装固定复合土工布袋的卡盘装置。裹体布袋放入桩孔, 袋口用卡盘固定, 悬于孔口。

(3) 复合土工袋的选择和检验规定:

1) 现场施工前应检验复合土工布袋的防渗性、形状及完整性、外形尺寸、出厂合格证书等, 合格后方可使用。

2) 施工现场应逐个检测符合土工布袋的防水质量指标和质量检验报告, 并记录和填写责任表。

3) 符合土工布袋放入桩孔中和下入钢筋时, 都应保证其不受损坏, 并记录施工工序和检测结果。

4 计算分析

4.1 地质专业应提供的参数

对于钻孔灌注桩基础, 地质专业应提供不少于下列地质参数: 地基土类别、土的状态、岩石性质、岩石风化程度、粘聚力、内摩擦角、极限侧阻力标准值、极限端阻力标准值、地基承载力、地基土水平抗力系数的比例系数m值、地下水埋深等。

4.2 承载力计算

裹体混凝土灌注桩的设计除应执行《架空输电线路基础设计技术规程》的规定外, 尚应考虑盐渍土地基桩周土的溶陷性和固结过程中的负摩阻力。

裹体混凝土灌注桩的承载力特征值等主要设计参数, 应通过现场试验桩确定。在初步计算中, 裹体混凝土灌注桩的单桩竖向极限承载力标准值, 可用经验参数法按下式估算:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + \sum q_{pk} A_p$$

式中:

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值(kN);

Q_{sk} ——单桩总极限侧阻力标准值(kN);

Q_{pk} ——单桩总极限端阻力标准值(kN);

q_{sik} ——桩侧第*i*层土的极限侧阻力标准值(kPa),

如无经验可以按《建筑桩基设计规范》取值;

u ——桩周长(m);

l_i ——第*i*层土厚度(m);

q_{pk} ——极限端阻力标准值(kPa);

A_p ——桩端截面积(m²)

5 基础质量检测

(1) 根据相关规程规范及属地质检站要求, 灌注桩基础应进行桩身完整性和承载力检测。本工程所有钻孔灌注桩基础应进行完整性检测, 桩径2000mm及以下, 桩长40m及以下采用低应变检测, 其余采用声波透射法检测, 检测不合格的桩基需采取高应变或钻芯法复核。桩基承载力按施工标段采用高应变法进行抽检, 检测数量不少于总桩数的5%, 且不少于5根, 当总桩数少于5根时全部检测。

(2) 一般线路钻孔灌注桩采用钻芯法抽检加强质量控制, 尤其当采用低应变法检测不能明确桩身完整性类别时, 可采用钻芯法进行验证检测。因钻芯抽检是半破损检测方法, 对桩身存在一定破坏, 建议以施工标段为单位, 每个施工标段不少于1根, 桩数较多(一般大于100根)的不少于2根。

6 施工

6.1 施工机械选择

1) 地下水位以下黏性土、粉土、粉质砂土等宜选用正、反循环钻机, 用泥浆护壁成孔。在施工直径小于600mm、桩长小于20m的桩孔时, 宜选择振动沉管桩机成孔。

2) 地下水位埋藏较深的黏性土、粉土、粉质砂土等土层可选用干作业法钻机施工, 如螺旋钻或旋挖施工成孔。

3) 对于不排水抗剪强度 $C_u \leq 20$ kPa的饱和黏土、粉质黏土和粉土等易缩孔地层, 当桩长小于20m、桩径小于800mm时, 宜采用振动沉管法成孔, 或螺旋钻跟管钻进成孔, 预埋厚钢板制作的桩头。

6.2 土工布袋放入桩孔工艺

1) 干作业成孔灌注桩放入土工布袋方法: 当地下水位埋藏深, 成孔、安装土工布袋、袋内灌注混凝土等均在水位以上操作。可将钢筋笼与复合土工布袋同时下入桩孔内, 然后根据《建筑桩基设计规范》及《标准工艺》要求灌注混凝土。

2) 水下灌注桩放入土工布袋方法: 当地下水位浅, 成孔、下放土工布袋、袋中灌注混凝土等均在水下操作时, 应采用“注水排浆法”, 这是目前实践后成功的一种方法。既保证桩孔中的泥浆不进入复合土工布袋中, 又可以将复合土工布袋安全下放到桩孔底部并打开。如

果需要增加土工布袋的下沉速度,可以预先在复合土工布袋底部配加砂卵石袋或预制配重。复合土工布袋沉入孔底后,即可用普通混凝土灌注桩水下灌注方法施工。当地下水位埋藏较深且出水量不大时,亦可采取抽排水措施,待地下水抽干后可按干作业成孔法将钢筋笼与复合土工布袋同时下入桩孔内浇筑混凝土。

3) 由于布袋直径大于设计基础桩径1%,地面以上部分浇筑完成后布袋局部有褶皱,为保证工艺美观,可采用以下两种方法施工:

a. 基础浇筑前可对地面以下0.2~0.3m及地面以上部分布袋进行剪裁,施工完成后对剪裁部分及保护帽采取“三布五涂”涂刷防腐,2层环氧树脂封闭底漆+1层玻璃布+1层环氧树脂中涂漆+1层玻璃布+1层环氧树脂中涂漆+1层玻璃布+1层环氧树脂面漆。3布5涂方案要求玻璃钢布裹缠的总厚度不小于2.0mm。

b. 玻璃钢套筒:材质为环氧玻璃钢,厚度不小于10mm。要求玻璃钢固化完全、表面平整、色泽均匀、无纤维裸露、无树脂结块、无异物夹杂等,具有正规厂家出具的出厂检验合格证。安装时轻起轻放,禁止硬物撞击,保持内壁清洁,浇筑混凝土时采取一定的保护措施,防止玻璃钢套筒变形甚至破裂,振捣棒不能触动玻璃钢套筒。施工结束后,玻璃钢套筒不拆除,对基础起到保护作用。

7 施工效果

冷湖1号330千伏汇集站送出线路工程G72-G133塔位穿越石盐区的基础,自2022年08月01日开始施工,08月30日完成灌注桩基础工程全部施工任务,基础设计具有技术新颖、质量可靠、操作简捷、安全环保等特性。施工效果如图1所示。



图1 施工现场效果图

8 结语

利用裹体材料隔绝、隔离腐蚀介质对混凝土灌注桩的腐蚀性破坏,解决了石盐地区混凝土灌注桩的防腐问题,同时大幅度的降低了防腐蚀混凝土灌注桩的造价。国家电网公司目前推动“一体四翼”高质量发展,深入实施基建“六精四化”三年行动,其中机械化施工要求“应用尽用”,裹体灌注桩技术在石盐地质区段的成功

应用,能够保障施工安全,提升工程质量,提高建设效率,利于绿色环保^[2]。

参考文献

[1].T/CMCA 3005-2019,盐渍土地基防腐蚀裹体混凝土灌注桩技术规程[S].

[2]JGJ94-2008,建筑桩基设计规范[S].