

高寒湿地电杆基础施工工法

中铁电气化局集团有限公司
中铁电气化局集团有限公司沈阳电气化工程分公司
沈博、沈周、沙海亮、王雷雷、吴泽明

1. 前言

1.1 技术背景

滨洲铁路为从中国黑龙江哈尔滨到内蒙古满洲里的铁路干线，全长934.8公里。其中黑龙江段长375公里，沿途穿越龙凤、扎龙两大湿地。两大湿地保护区处于中纬度地带，属温带大陆性季风气候区，四季明显，温差较大。据数据统计自然保护区年平均气温4.5℃，极端最高气温39.8℃，极端最低气温-39.2℃。

滨洲铁路途经两大湿地区段的部分路基为透水路基，水呈流动状态。保护区内地势低洼平坦，泡沼相间。土壤由草甸土和沼泽土组成，土壤冻结一般在1.89-2.72米左右。

滨洲铁路10kV电力贯通线路在湿地冻土层段电杆采用预应力混凝土底部实芯电杆，电杆穿透冻土层以保证电杆基础的稳当。本次在高寒湿地冻土地区电力线路基础施工中，采用螺旋钻机成孔是在已定孔上反复旋挖钻进，把土渣螺旋掏出运走，直至应钻深度的一种施工方法。实践证明具有对冻土环境扰动小、无振害、噪音小、无泥浆、成孔速度快等特点。对于一般粘性土、淤泥质土、填土及砂性土、卵石土、泥岩、砂岩等，穿越能力强，成孔效果好，较人工开挖、机械大开挖等成孔方法表现出很大的优越性。

该工法在滨洲铁路高寒湿地冻土地区电力系统基础的钻孔及控制施工具有广泛的推广价值及借鉴意义。

1.2 工法形成原因及过程

哈尔滨至满洲里铁路电气化改造工程是从中国黑龙江哈尔滨到内蒙古满洲里的铁路干线。为东北铁路网的骨干之一，是连接亚欧大陆的重要通道，沿途穿越龙凤、扎龙两大湿地，湿地土质特殊，在电力施工中经常遇见流沙坑、近代沉积的含水量高的淤泥等情况，使得基础无法开挖到正常深度。冬季存在土壤冻结的情况，冻胀、融沉等自然条件的变化对基础工程施工进度、方法以及成品基础的安全性、稳定性等均提出较高的要求。

通过《典型高寒湿地电力及牵引供电工程基础施工工艺》的课题研究及成果的应用，填补了国内在高寒湿地电力电杆基础施工空白，为东北严寒地区施工积累了丰富的经验。

工程在实施过程中在该湿地冻土区段进行杆坑试挖过程中，发现基坑开挖深度至 50cm 处时即出水，随着基坑深度的增加，出水量逐渐增长，且因水浸泡导致坑壁不同程度塌方，直接影响工程质量、施工进度及施工安全。考虑该段电力工程架空线路均位于湿地区域内，且因季节因素车辆无法到达施工地点，电杆小运及基坑开挖作业无法满足安全要求。

结合东北高寒气候特点和以往的施工经验，确定了在冬季土壤冻结后，利用螺旋钻机成孔后立杆施工方案。然后针对这种结构进行施工攻关，研究编制出相应的施工工艺，并将新的施工工艺应用于施工现场，

经工程实践不断改进，最终形成了完整高寒湿地电杆基础施工技术的工法。

该螺旋钻机在滨洲电化改造施工过程中动力强劲，直径三十公分、深度三米的土坑大概在 1-2 分钟内便能完成，效率是传统人工挖坑方式的百倍以上，是机械大开挖的几十倍。挖出的桩直、实，坑内土余量少，孔壁粗糙、不易缩径。通过广泛的实践和应用，创造了良好的社会经济效益。运行状态良好，运行安全稳定。

2. 工法特点

1) 本工法国内首次针对高寒湿地电杆基础螺旋钻孔，全面地介绍该螺旋钻孔在施工中的测量定位、钻孔、整正，施工的全过程，内容全面具体，可操作性强。

2) 螺旋钻机开挖法成孔的施工技术与其他开挖方式相比，施工时间短，对湿地土层扰动更小，可以有效地减少对湿地环境的破坏。螺旋钻机具有噪声小、污染少、钻孔速度快的特点。

3) 螺旋片能保证桩的垂直度，且误差小，孔底残渣量小，钻头多次上下往复，使孔壁粗糙，不易缩径。

4) 针对不同的杆型及地质条件，钻头与钻杆可拆卸，破解了钻机的单一性，进一步提高了螺旋钻机的工效。

5) 综合效益高，工程成本低廉。

3. 适用范围

本工法适用于普通土层、砂层，以及较松散的、粒径小于 180mm 的卵砾石层和冻土区的各类土层情况下电力线路杆塔基础。

4. 工艺原理

冻土的冻融交替引起的融沉冻胀必然引起冻土区建筑物的变形和破坏。因此，在冻土区进行施工，重点在于严禁大面积破坏冻土。在湿地冻土区施工钻孔，最大可能减少对地基土的扰动；

本工法国内首次针对高寒湿地电杆基础螺旋钻孔，全面地介绍该螺旋钻孔在施工中的测量定位、钻孔、整正，施工的全过程，内容全面具体，可操作性强。螺旋钻机开挖法成孔的施工技术与其他开挖方式相比，施工时间短，对湿地土层扰动更小，可以有效地减少对湿地环境的破坏。螺旋钻机具有噪声小、污染少、钻孔速度快的特点。螺旋片能保证桩的垂直度，且误差小，孔底残渣量小，钻头多次上下往复旋挖钻进，使孔壁粗糙，不易缩径。针对不同的杆型及地质条件，钻头与钻杆可拆卸，破解了钻机的单一性，进一步提高了螺旋钻机的工效。

5. 施工设备的选择

5.1 钻机选型

根据该区域的高寒冻土、湿地等恶劣的自然条件，结合滨洲铁路电力工程电杆基础沿铁路分布线路长，电杆桩位分布零散（基本档距为 60 米）的实际特点，施工机械设备应满足以下要求：

- 1) 要最大程度地减少对湿地冻土的扰动，宜采用快速成孔法施工。
- 2) 一年之中只有 2-3 个月适于施工，有效施工时间短，必须采用效率较高的钻机。

3) 本电力线路电杆桩位分布零散，钻机移动频繁，且每移动一次钻孔一个，必须选择自行行走速度较快且操作简便的钻机。

5.2 钻头、钻杆选型

在施工中可能遇到不同地质条件，所以在施工中相应地采取以下不同类型的螺旋钻头，及根据不同钻孔深度选择钻杆进行施工：

1) 短螺旋钻头使用与一般地质条件，细砂、中砂、砾沙、角砾土。

2) 筒式切削钻头，适用于局部破碎、软硬不均，存在孤石无规律交织。

3) 根据不同电杆型号、钻孔深度不同，选择。



注：根据不同土壤冻结程度选择不同功率螺旋钻机。

6. 施工工艺流程及操作要点

6.1 施工工艺流程



施工工序流程图

6.2 施工准备

- 1) 对施工人员进行技术交底，并填写交底记录；
- 2) 对施工人员进行上岗前技术培训，考核合格后持证上岗；
- 3) 按照机械设备及工器具配置表、物资材料配置表配置物资、料具；
- 4) 根据现场定位与设计提供的平断面图进行复测。防止原勘测所设立的标桩因外力作用而变位或遗失，检查时用经纬仪或标杆三点一线法，测试标桩是否位于线路中心线上，用皮尺复核标桩间的水平间距是否与设计一致，经检查无误后进行杆位的划线分坑工作。在复测过程中，对线路的档距、转角度、标高及危险点均须认真复测计算；
- 5) 利用线缆探测仪对地下管线探测，如遇地下有光、电缆，将基坑顺线路移位；
- 6) 为保证工程的长久性、安全性，湿地架空线路采用环形预应力钢筋混凝土电杆，底部进行防冻胀封堵处理，杆稍亦做封堵。

6.3 基坑钻孔

- 1) 钻孔机打孔时应编制施工方案并完成报审手续；
- 2) 钻孔时应设专业防护员防护，设备管理单位人员配合，监理人员旁站；
- 3) 按照基坑施工要求，清除地面堆土及妨碍钻孔机的障碍物，以保证钻孔机铅头钻入；
- 4) 钻孔过程中，随时检查基坑尺寸、位置，并注意地质情况发生

变化；

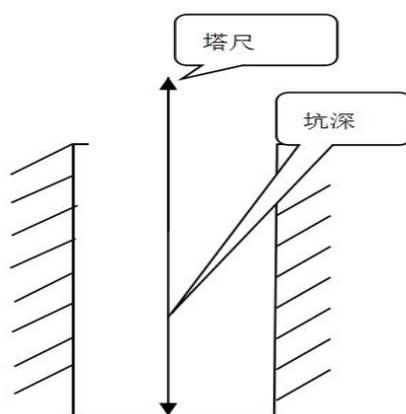
5) 因钻孔施工很难避免废土掉落坑内，所以坑深在应钻的基础上加深 100mm。



螺旋钻机成孔后

6.4 基坑检验

基础坑钻孔完毕后，应按下图对基坑坑深及夯实情况等进行检查，检验要求电杆基础坑深度允许偏差 50-100mm，坑底夯实平整，检验合格后方可组立杆塔。



基础坑检验示意图

6.5 填土夯实及防护

1) 电杆整正后，即进行填土夯实工作。每填 300mm 厚，捣固夯实一次，捣固夯实应在电杆的两对侧交替进行，以防电杆位移；

2) 填土夯实，并填至高出地面 500mm，使电杆周围形成一个顶面直径为 300mm 圆土台；

3) 在电杆距地面 1m 处用红漆标注临时杆号；

4) 严禁采用冻结土回填。

6.6 填写记录

填写相关记录并及时报验确认。（见附表 1-01）

6.7 定期沉降观测

根据湿地冻土电杆基础施工后各阶段观测数据，一般在冻胀期后春融阶段，在此期间会出现下沉、位移现象，对施工质量产生影响，应定期对基础进行观测，发现数据有明显的沉降应立即处理。

7. 人员配置

序号	项目	单位	数量	备注
1	施工负责人	人	1	全面负责施工作业
2	技术负责人	人	1	负责施工技术
3	防护员	人	2	负责防护工作（一人一机）
4	普工	人	5	负责电杆小运、整正回填等工作
5	司机	人	4	负责机械驾驶

8. 材料及机具设备

施工机具设备如表所示：

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	电力工程车		辆	1	送工车

序号	名称	规格	单位	数量	备注
2	螺旋钻孔机		台	1	
3	汽车吊	15 吨	辆	1	组立杆塔
4	载重汽车	5 吨	辆	1	
5	经纬仪		台	1	
6	花杆	L=3 米	根	6	
7	皮卷皮	50 米	把	1	
8	塔尺	5 米	个	1	
9	工具袋		个	2	电工工具
10	对讲机		对	2	
11	铁锹		把	4	
12	捣固棒	1m	把	2	

9. 质量控制措施

9.1 杆塔埋深

1) 基坑深度除满足电杆基本埋深外，还应满足加深至冻土层以下不小于 600mm。常见电杆基本埋深如下：

电杆埋深表

电杆总长 (m)	10.0	12.0	15.0	18.0
普通地区最小埋深 (m)	1.7	1.9	2.3	2.6~3.0
高寒湿地最小埋深 (m)	2.7	2.7	2.7	2.7~3.0

注：1. 高寒湿地最小埋深以龙凤湿地土壤最大冻结深度 2.14m 为例。

2. 处于斜坡上的双杆，其埋深应以坡下埋深为准。
3. 遇有土质松软、流砂、淤泥、冻土、地下水位较高处所，应按设计要求做特殊处理。

9.2 杆塔组立

1) 混凝土电杆的进场验收应按批次进行，其规格、型号、质量应符合设计要求和《环形混凝土电杆》GB/T 4623 的规定；

2) 电杆的横向位移，电杆的倾斜，转角杆和终端杆的预偏值等允许偏差应规定：

电杆倾斜、预偏和横向位移允许偏差

杆 型		倾 斜 值	预 偏 值	横 向 位 移 (mm)
直线杆	35 kV 线路	$3‰L$	—	50
	10 kV 线路	$0.5d$		
转角杆（应向外角偏移） 终端杆（应向拉线侧偏移）		—	d	

注：表中 L 系电杆长度，d 系电杆梢径。

3) 电杆顶端封堵良好，其外观质量：电杆轴线最大弯曲不应超过杆长的 2‰；预应力混凝土电杆应无纵向裂纹；横向裂纹的宽度不应大于 0.2 mm，长度不应大于 1/3 周长；

4) 水泥电杆底部埋深+1000mm 范围内应为实体。

10. 安全措施

1) 基坑开挖前，应调查或探测坑位附近地下电缆、管线等埋设物，制定预防损坏地下设施的应急预案；

2) 钻孔机工作中如有明显制动缓慢时，需立即停止，查验清楚后再进行；

3) 遇有大雪、雨加雪时，不得进行钻坑施工，已完成基坑应加木板隔离雨雪；

11. 环保措施

1) 利用冬季枯水季节施工，最大程度的避免了机械车辆对湿地植被的破坏；

2) 施工期间，施工废料如油料、化学品堆放，进行严格管理，防止遗落排入湿地，造成湿地水资源污染；

3) 钻孔前，堆放钻渣的地方铺设彩条布，钻出的钻渣同意放在彩条布上。

4) 施工现场零散材料及垃圾，要及时清理。

12. 技术经济分析

12.1 与同类工程采用常规施工方法比较，具有以下优越性：

2) 施工操作简单，使用劳动力少，机械化作业程度高；

3) 成孔后误差小；

4) 有效控制基础下沉、冻拔位移明显的现象；

5) 对基础施工后的质量采取了跟踪检查措施，确保了施工质量。

12.2 取得的经济效益和社会效益：

1、经济效益

机械化作业程度高，使用劳动力少，施工速度快，确保了冻土段施工质量，降低工程成本 60%。

2、社会效益

1) 施工速度快，缩短了工期，提前完成建指下达的施工任务。

2) 加强现场环保措施，保护了湿地自然环境。

13. 工程实例

13.1 哈尔滨至齐齐哈尔铁路客运专线工程

哈尔滨至齐齐哈尔铁路客运专线是我国首条全部位于在高寒、高纬度地区修建的高速铁路。

电力工程施工中采取了螺旋钻坑工法，完成了外电源的电杆基础施工任务，实现了在高寒湿地螺旋钻孔电杆基础，提高的生产效率，机械化程度高，提高了效率，缩短了工期。该工法的使用，对国内电气化铁路同类地区施工具有很高的指导和借鉴价值。

13.2 哈尔滨至满洲里电气化改造工程

滨洲铁路为从中国黑龙江哈尔滨到内蒙古满洲里的铁路干线，全长 934.8 公里。滨洲铁路为东北铁路网的骨干之一，是连接亚欧大陆的重要通道。具有运营里程长、历史悠久、地理环境复杂、自然气候恶劣、冬季冻土时间长、有效施工时间短等特点。其中黑龙江段长 375 公里，沿途穿越龙凤、扎龙两大湿地。

两大湿地保护区处于中纬度地带，属温带大陆性季风气候区，四季明显，温差较大。据数据统计自然保护区年平均气温 4.5℃，极端最高气温 39.8℃，极端最低气温-39.2℃。年均 4 月中下旬解冻开泡，每年 11 月上旬结冰。

滨洲铁路的电力工程施工中采用了螺旋钻孔工法，圆满地完成了龙凤、扎龙两大湿地的电杆基础施工任务，实现了在高寒湿地螺旋钻孔电杆基础，提高了电杆基础开挖现场生产的机械化操作，使工人劳动强度降低，提高了工效，缩短了工期。该工法的成果使用，填补了国内高寒湿地螺旋钻孔电杆基础的空白，甚至对国内电气化铁路同类地区施工具有很高的指导和借鉴价值。

附表 1-01

基坑开挖及回填检验批质量验收记录表

单位工程名称										
分部工程名称										
分项工程名称								验收部位		
施工单位								项目负责人		
施工质量验收标准名称及编号		《铁路电力工程施工质量验收标准》TB10420—2003								
施工质量验收标准的规定				施工单位检查评定记录				监理单位验收记录		
主控项	1	基坑坑形		第 8.2.1 条						
	2	基坑地质条件		第 8.2.2 条						
一般项目	1	基坑位移允许值	顺线路方向	第 8.2.3 条						
			横线路方向	第 8.2.3 条						
	2	基坑回填质量		第 8.2.4 条						
	3	双杆基坑根开中心偏差		±30 mm						
	4	基坑深度及允许偏差		100 50 mm						
	施工单位检查 评定结果		专职质量检查员						年	月
分项工程技术负责人						年	月	日		
分项工程负责人						年	月	日		
监理单位验收结论		<p style="text-align: center;">监理工程师</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>								