

悬浮抱杆分段吊装输电线路钢管杆的工艺与实施

戚柏林, 戚竞波

(国网浙江省电力公司绍兴供电公司, 浙江 绍兴 312000)

摘要: 钢管杆输电线路在城镇输电网占有比例越来越高, 可是当杆塔位于河网区域时, 车辆无法进入施工场地, 钢管杆组立成为施工难题。用悬浮抱杆分段吊装输电线路钢管杆, 有效解决了这一难题。通过介绍用悬浮抱杆分段吊装线路钢管杆施工的工艺和施工实践, 为类似工程提供参考。

关键词: 悬浮抱杆; 钢管杆; 吊装施工; 输电线路

中图分类号: TM754

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2014)04-0060-04

Piecewise Hoist of Steel-pipe Poles for Distribution Lines Using the Suspension Pole

QI Bolin, QI Jingbo

(State Grid Shaoxing Power Supply Company, Shaoxing Zhejiang 312000, China)

Abstract: The proportion of the steel-pipe pole in the power transmission line increase significantly in the urban power transmission network. However, when the poles and towers are located in network of waterways, the vehicles are unable to enter the constriction site. Therefore, erection of steel-pipe poles becomes a serious problem. Piecewise hoist of steel-pipe poles for distribution lines using the suspension pole can effectively solve this problem. By introducing construction technology and construction practice of steel-pipe poles hoist using suspension pole, the paper can provide reference to similar construction projects.

Key words: suspension pole; steel-pipe pole; hoisting construction; transmission line

0 引言

输电线路有3种形式, 即铁塔线路、钢管杆线路和电缆线路。其中铁塔线路造价低、使用区域广, 但占地面积较大, 在城镇输电网中逐渐被当地政府拒绝或限制使用。电缆线路入地、不扰民、环境友好, 但造价高昂, 一般在城市电网使用。钢管杆线路占地面积较小, 与周围环境和谐一体, 因此, 在城镇电网建设中, 钢管杆架空线路是较好的选择。

但输电线路钢管杆也有不足之处, 一般每基杆塔高度在30 m以上, 由多根长为8~12 m的钢管搭接而成, 常规施工方法是现场采用吊车组立。可是, 在某些没有通车道路的空旷区域, 特别是河网环包的工地, 吊机不能抵达, 如果修建临时道路或便桥进行运输和组立杆塔, 不仅增加了工程投资, 而且破坏地面、损坏农作物, 易遭

到农户反对而影响施工进度。本文介绍一种用悬浮抱杆分段吊装的方法, 并已在110 kV梅山输电线路成功应用。实践证明, 近20个施工人员用时3 h完成高达32 m的钢管杆组立, 与吊车施工相比, 在环境保护、农田保护和政策理赔方面有突出优势。

1 施工工艺

1.1 施工顺序

悬浮抱杆分段吊装输电线路钢管杆的施工顺序是: 场地布置→地面立抱杆→吊装第1段钢管→第1次升悬浮抱杆→吊装第2段钢管→第2次升悬浮抱杆→吊装第3段钢管→继续循环升悬浮抱杆和吊装后续钢管→最后吊装有横担的钢管→拆除悬浮抱杆。

1.2 场地布置

抱杆竖立的位置在杆位基础的大号或小号侧

并紧靠立柱，绞磨机在杆位基础的左侧或右侧距离钢管杆高度的1.2倍处，抱杆的四方浪风绳与线路中心线对称布置，相邻平面夹角 45° ，距离抱杆约钢管杆高度的1.5倍，绞磨的地面锚固和浪风绳收松器的地面锚固用地钻地锚。人员分布为：绞磨机3人，浪风绳地面收松器每处2人，控制绳2人，高空操作2~4人，地面杂勤4人，总指挥及安全总监各1人。

1.3 上升悬浮抱杆

如图1所示，选择全高15 m变截面方形标准铁抱杆，上下设有托环和拉环，容许吊重荷载应考虑最大倾斜角 10° ，抱杆下端侧面固定1根与抱杆垂直的 $200\text{ mm}\times 200\text{ mm}\times 500\text{ mm}$ 枕木。第1段钢管杆吊装就位后，及时拧紧根部地脚螺栓。然后在钢管杆上端法兰眼孔装1只吊环螺栓，并悬挂1只单轮滑车，在基础部位设1只单轮滑车；绞磨机的牵引钢丝绳经过基础部位滑轮和悬挂滑轮后，至抱杆根部扎系，抱杆下端的枕木朝向钢管杆。启动绞磨，抱杆缓缓上升，抱杆上升过程浪风钢丝绳呈松弛状态，抱杆与钢管杆共同套上1个绳圈以防倾覆。当抱杆上升至与钢管杆重合还剩约2 m处时，停止牵引并使抱杆暂时稳定。然后用 $\Phi 21.5$ 钢丝绳将抱杆根部与钢管杆杆身系扎2圈作为固定的托绳，托绳在钢管杆杆身部的着力点是爬梯板支撑板。然后松弛牵引绳，抱杆微微下垂，根部托绳绷紧，此时枕木夹紧中间，抱杆呈绞支状态，适度调紧浪风钢丝绳，使抱杆内倾 $5^\circ\sim 10^\circ$ 。

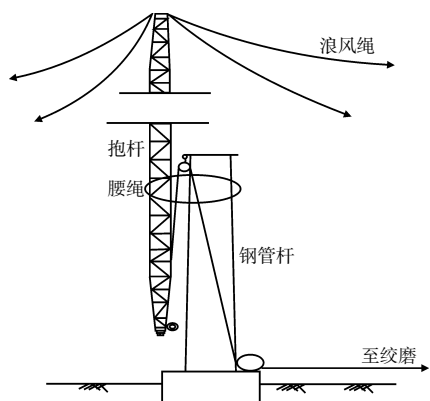


图1 上升悬浮抱杆

1.4 悬浮抱杆吊钢管

如图2所示，在待吊装钢管杆上端法兰盘的

2只眼孔上安装吊环螺丝，在抱杆端部两边挂环上分别悬挂2组单轮滑车，4只单轮滑车用同一根牵引钢绳连通，牵引绳经过基础部位转向滑车进入机动绞磨。启动机动绞磨即可立起钢管，人力拉住设在钢管杆下端的麻绳，控制钢管全部离地不产生晃动。当钢管接近就位时停止牵引，高空作业人员登杆并在地面人员协助下，将钢管法兰盘眼孔上下对准或将法兰螺丝装入眼孔。然后绞磨慢慢释放牵引绳，上下两段钢管吻合后，高空作业人员拧紧全部法兰螺栓，然后拆除吊点系统。

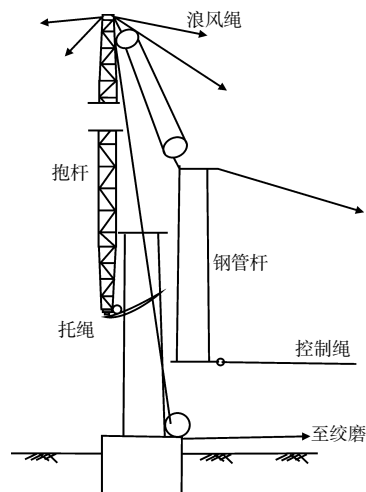


图2 悬浮抱杆吊钢管

1.5 吊装有横担的钢管

吊装有横担的钢管时，首先在地面把钢管杆的横担及附件组装完毕，然后进行吊点设置。因杆段较长或超过抱杆提升高度，吊点宜设在钢管杆身部与上导线横担的节点位置，用钢丝绳套系扎做吊装着力点，然后用2组单轮滑车进行吊装，提升方法同前，在横担端部设置麻绳，地面人力控制横担与浪风绳交会。

1.6 拆除悬浮抱杆

最后1段钢管杆吊装就位并拧紧法兰螺栓后，在杆身与上导线横担的节点位置，用钢丝绳套系扎并悬挂1只单轮滑车，与基础部位的转向滑车形成单轮滑车组，牵引钢绳端部系扎在抱杆1/2以上位置，启动机动绞磨进行收绳，抱杆重力由牵引钢绳承担，此时停顿牵引，拆除抱杆根部固定托绳，在钢管杆与抱杆共同套1根绳环，以防抱杆倾覆。然后绞磨机缓缓松开牵引绳，抱

杆徐徐下降, 抱杆根部落地后, 安全倾放抱杆。

2 技术措施

2.1 抱杆悬浮托力计算

悬浮抱杆托力平衡是关键技术, 钢管吊装过程中, 钢管重力、抱杆自重和浪风绳压力等叠加为托力, 由托绳传递至钢管身部爬梯支撑铁件。吊装系统总托力按式(1)计算, 然后进行托绳选择和钢管爬梯支撑件强度校验。

$$N = G_{\text{抱杆}} + \frac{5}{4} G_{\text{钢管}} \left(\frac{\cos\theta \cos\varphi}{\sin\varphi} + \sin\theta \right), \quad (1)$$

式中: N 为吊装总托力; θ 为抱杆与地面夹角; φ 为拉线与抱杆夹角; $G_{\text{钢管}}$ 为钢管荷重; $G_{\text{抱杆}}$ 为抱杆荷重。

2.2 钢管起吊系统设计

悬浮抱杆分段吊装输电线路钢管杆的特点是小型工具吊大件和重件的方法, 起吊系统是关键技术, 现采取双吊点、2 组滑车和 1 根牵引绳贯通的起吊系统, 如图 3 所示。其中, 2 只吊环螺丝(自制)装在法兰眼孔, 并间隔 1 个眼孔, 2 组单轮滑车分别在吊环螺丝和抱杆吊环上, 牵引绳经过基础部位的转向滑车, 然后贯穿 2 组单轮滑车, 形成双吊点平衡起吊。钢管悬空后, 重心线与吊中线存在间距, 使钢管微倾, 有利钢管就位。吊环螺丝在钢管杆卧地起吊初始承受弯矩, 然后钢管一端离地后承受弯矩和轴向拉力, 钢管全部离地后承受单一轴向拉力。法兰板厚度按线路运行工况荷载设计, 在吊环螺丝的作用下, 确保钢板不变形, 按式(2), (3), (4)计算校验。

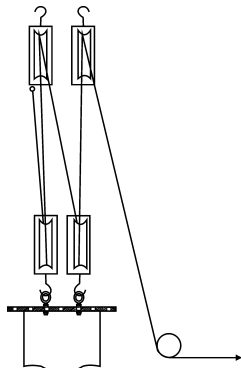


图 3 双吊点牵引

$$q = \frac{N_t}{L_x L_y}, \quad (2)$$

$$M = \beta q L_x^2, \quad (3)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{5M}{f}}, \quad (4)$$

式中: q 为均布荷载; M 为钢板中部弯矩; δ 为法兰厚度; N_t 为吊环螺丝最大拉力; L_x 为法兰板有效长度; L_y 为法兰板有效宽度; β 为弯矩系数; f 为钢材设计强度。

3 施工实例

3.1 杆塔与场地

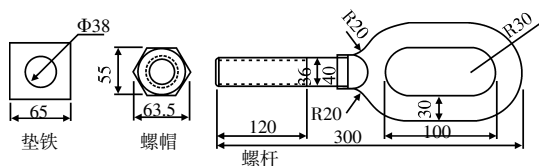
110 kV 梅山输电线路 D1 号是架空线和电缆过渡杆, 全高 32 m, 总重 176.43 kN, 分为 3 段, 第 1 段(下段)长 10 m, 重 72.28 kN; 第 2 段(中段)长 10 m, 重 52.40 kN; 第 3 段(上段连横担)长 12 m, 重 51.75 kN。D1 号架空线是双回路导线 JL/G1A-300/25 及双地线, 6 根 YJLW03-64/110 kV-1×630 电缆爬杆入混凝土土沟; 塔身设置地线横担、上/中/下导线横担、电缆头横担、电缆支架和爬梯等。D1 杆位在规划绍三公路西侧, 目前杆位地域的南、西、北面是宽度 100 m 以上的河流, 东面是农田, 后续又是河流。D1 基础是灌注桩方形承台面。

3.2 施工准备

抱杆、机具、分段钢管和横担散件由船只运载抵达场地河岸, 然后钢管由绞磨牵引地面滑行至塔位。置有托环和吊环的钢体抱杆组装后下端 200 mm 处设置枕木。主要工器具配置如表 1 所示。如图 4 所示加工吊环螺丝, 采用压锻工艺, 热镀锌防腐, 椭圆环处不允许环端打中心孔。

表 1 主要工器具配置

名称	规格	数量	备注
钢体抱杆	400×15 000	1	标准件
圆木人字抱杆	Φ180×8 000	1	标准件
机动绞磨	50 kN	1	
钢丝绳	Φ11×70 m	4	浪风绳
钢丝绳	Φ12.5×230 m	1	起吊牵引
钢丝绳套	Φ15.5×5~10 m	5	
钢丝绳套	Φ21.5×10~15 m	2	
浪风拉绳控制器	20 kN	4	标准件
麻绳	Φ20×50~70 m	2	控制大绳
滑车	30 kN	2	起吊
滑车	50 kN	4	起吊、转向
地钻	Φ40×1 700×250	5	30 kN
吊钩螺丝	Φ36	2	自制



注：图中尺寸单位均为 mm。

图 4 吊环螺丝

3.3 受力校核

工器具选择进行常规计算校验。抱杆悬浮托力依靠钢丝绳套系扎后，传递至钢管杆爬梯支撑铁件，支撑铁件是扁钢“ \cap ”形开口与钢管焊接，按式(1)计算抱杆悬浮托力，然后计算支撑铁件的剪应力和焊接应力，吊装第 2 段钢管工况受力最大，计算结果见表 2。法兰盘钢板经吊点螺丝受力后不应发生变形，2 只吊环螺丝共同承担钢管重力，考虑不平衡系数 1.15。受力眼孔处的钢板强度按(2)，(3)，(4)式计算，吊装第 1 段工况受力最大，计算结果见表 3。

表 2 爬梯支撑铁件校验(荷载系数 1.4)

抱杆倾角/ $^{\circ}$	抱杆自重/kN	钢管重量/kN	浪风绳地角/ $^{\circ}$	抱杆计算托力/kN	支撑件计算应力/ $\text{N}\cdot(\text{mm}^2)^{-1}$	角焊计算应力/ $\text{N}\cdot(\text{mm}^2)^{-1}$
85	13.3	52.40	60	81.85	102.31	139.22

表 3 法兰板强度校验(荷载系数 1.4)

单只吊环螺丝拉力/kN	法兰板有效长度/mm	法兰板有效宽度/mm	计算法兰板厚度/mm
58.18	42	100	5.3

3.4 施工过程

抱杆用另 1 副人字抱杆组立，抱杆立好后吊装第 1 段(下段)钢管，然后第 1 次升抱杆至第 1 段钢管上，接着悬浮抱杆吊装第 2 段(中段)钢管，再第 2 次升抱杆至第 2 段钢管杆上，接着悬浮抱杆吊装有横担的钢管杆，最后拆除悬浮抱杆。

施工中需注意以下问题：

(1)钢管悬浮起吊全部离地后，暂停牵引，检查托力系统的绳索受力，无异常情况继续牵引。

(2)钢丝绳与钢管杆接触部位必须用麻袋布

保护。

(3)钢管杆上/下法兰眼孔对准后应立即拧紧法兰螺栓，然后才能拆卸吊绳，或进入下步施工程序。

4 结语

悬浮抱杆吊装钢管杆施工具有以下优点：

(1)不使用重型机械，不铺设临时道路，节约青苗赔偿费用，减少施工对环境的影响，可有效缩短施工周期。

(2)悬浮抱杆分段吊装钢管杆实现了用小机具吊装大件、重件，实践了环境友好技术进步理念，有安全质量保证，在电网输电线路建设方面起到明显的社会效益。

(3)该施工工艺适合河网环包、交通运输困难、周围有农耕作物的施工现场。

参考文献：

- [1] GB 50017-2003 钢结构设计规范[S].北京:中国工业出版社,2003.
- [2] DL/T 5154-2002 架空送电线路杆塔结构设计技术规范[S].北京:中国电力出版社,2002.
- [3] 杨建平.架空输电线路钢管塔结构[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [4] 吴尧成,卢献辉,许杨勇.角钢格构式井架吊装 200 kV 线路大型钢管杆[J].浙江电力,2010(4):58-60.
- [5] 吴世平,朱清泉.输配电线路力学应用[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [6] 李博之.高压架空输电线路施工技术手册[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [7] 韩崇,吴安官,韩志军.架空输电线路施工实用手册[M].北京:中国电力出版社,2008.

收稿日期：2013-09-23

作者简介：戚柏林(1957-),男,浙江余姚人,高级工程师,长期从事输电线路工程技术研究。

(本文编辑：徐 晗)

奉献清洁能源 建设和谐社会