

The Application and Introduction of New Triangular Cross-Section Transmission Tower

Wenkai Gong¹, Wenbin Gong²

¹State Grid Jiangxi Construction Company, Nanchang Jiangxi

²Jiangxi Electric Power Transmission & Transformation Engineering Co. LTD, Nanchang Jiangxi
Email: dxaw202@sina.com

Received: Nov. 30th, 2018; accepted: Dec. 21st, 2018; published: Dec. 28th, 2018

Abstract

As a new technology project of promotion and application by State Grid, the triangular steel tower is a new type tower with triangular cross-section. It has a series of advantages and characteristics, such as small restraint stress, light weight, low cost and fast construction, especially has the more prominent advantages by its small area in a narrow corridor, and obvious economic advantages and social benefits. At present, it mainly uses the quadrangle tower in domestic transmission line. In the Fuzhou Chengnan substation supporting 220 kV transmission line, it successfully used the triangular tower, passed the final inspection, officially was put into operation, and became the No. 1 application in China.

Keywords

Triangle, Transmission Tower, Engineering, Application Analysis

新型三角形断面输电铁塔的应用介绍

龚文凯¹, 龚文斌²

¹国网江西省电力有限公司建设分公司, 江西 南昌

²江西省送变电建设工程有限公司, 江西 南昌
Email: dxaw202@sina.com

收稿日期: 2018年11月30日; 录用日期: 2018年12月21日; 发布日期: 2018年12月28日

摘要

作为国家电网公司新技术推广应用实施项目, 三角形断面钢管塔是以三角形为断面形状的一种新型铁塔

型式, 具有约束应力小、自重轻、造价低、施工组立快等优点, 尤其在线路廊道狭窄地段其占地面积小的优点更加突出, 经济优势和社会效益明显。目前, 国内架空输电线路铁塔多采用四边形铁塔, 抚州城南变配套220千伏线路工程中成功应用三角形断面铁塔, 顺利通过竣工验收, 并正式投产运行, 属国内首次应用。

关键词

三角形, 输电铁塔, 工程设计, 应用分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

铁塔作为输电线路的重要装置性材料, 投资大, 维护困难。在超高压输电线路中, 杆塔选型以四边形铁塔、拉线塔和钢电杆为主, 对三角形断面的输电铁塔研究、应用极少。三角形断面输电铁塔是一种以三角形为断面、充分利用“铁三角”特性的一种新型塔型, 较之传统的四边形铁塔, 具有占地少、构造简单、风压少、施工便捷、造价低等优点。

抚州—临川 π 入城南变220 kV线路工程采用了三角形断面铁塔, 属国内输电线路工程的首次应用。本文结合工程建设实践, 对三角形断面输电铁塔的设计、施工应用进行了介绍、分析与总结。

2. 研究方法与技术路线

作为一种新型塔型的设计应用, 采用力学理论分析杆件的强度、稳定、整体抗弯、抗扭等受力特性, 利用铁塔计算软件优化设计, 通过三角塔真型试验, 验证设计及优化的可靠性。在保证三角形铁塔满足强度、刚度、稳定性和动力特性前提下, 实现塔重最轻。

3. 主要研究内容

3.1. 三角形断面钢管塔的结构理论分析

构建三角形和四边形铁塔的基本单元格(见图1), 并对基本单元格进行理论分析, 可得出以下结论:

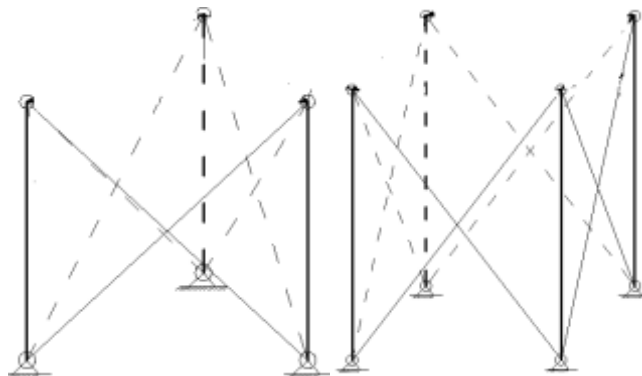


Figure 1. Basic cells of triangular, quadrilateral tower

图1. 三、四边形铁塔的基本单元格

- 1、在扭矩作用下, 仅斜材承受轴力, 三角塔斜材的轴力是四边形塔的 2.309 倍;
- 2、在弯矩作用下, 仅主材承受轴力, 三角塔主材的轴力是四边形塔的 2 倍[1] [2];
- 3、铁塔整体横截面的惯性矩与中心轴的方向无关, 这使铁塔整体抗失稳和整体刚度的分析大为简化; 增加截面惯性矩的有效办法是增大铁塔的根开, 因为截面惯性矩与铁塔的根开成平方关系;

通过对以上内容的分析, 在用材相同时三、四边形铁塔的优缺点比较见下表 1。

Table 1. Comparison of advantages and disadvantages about triangular, quadrilateral tower

表 1. 三、四边形塔的优缺点比较

比较项目	三角塔	四边形塔
占地面积	小	大
主材受力 (相同根开)	缺点: 主材轴力是四边形塔的 2 倍	内力小
斜材受力 (相同根开)	缺点: 斜材轴力是四边形的 2.3 倍	内力小
主材抗弯 曲失稳能力	优点: 与弯矩作用方向几乎无关	缺点: 与弯矩作用方向有关
横担形式	缺点: 由于三角形结构并非四轴对称, 因而载荷也不对称, 相应增加设计计算难度 优点: 隔面本身为静定结构, 隔面内构件不承担荷载, 从技术角度, 整塔可以不设隔面, 隔面型式得到简化, 相应降低塔重	优点: 四轴对称, 设计计算相对简单
横隔和横材	作用有利弯矩时, 大约高 10% 作用不利弯矩时, 大约高 33%	缺点: 在横担的横隔面上, 对角斜材在方塔中起分配正侧面扭力的作用, 隔面构造复杂
主材抗弯 曲失稳能力	高(大约 10%)	低
斜材抗扭 转失稳能力	高(大约 10%)	低
铁塔构件数目	优点: 结构简单, 少一个面, 构件数目可减少约 25%, 降低加工、运输、安装等施工难度	结构复杂, 构件数目相对较多
附加应力	地基下沉(变形)不产生附加应力	地基(变形)下沉产生附加应力

通过比较发现, 三角塔结构主要缺点在于主材、斜材受力较大, 可通过加大塔材规格、增加铁塔构件来解决。

3.2. 三角形断面钢管塔的设计研究

3.2.1. 确定主材的截面型式

三角形断面铁塔的主材不宜采用常规的 90°角钢, 可采用 60°角钢、钢管或两根角钢通过焊接使其夹角为 60°的“W”型组合角钢(图 2) [3]。

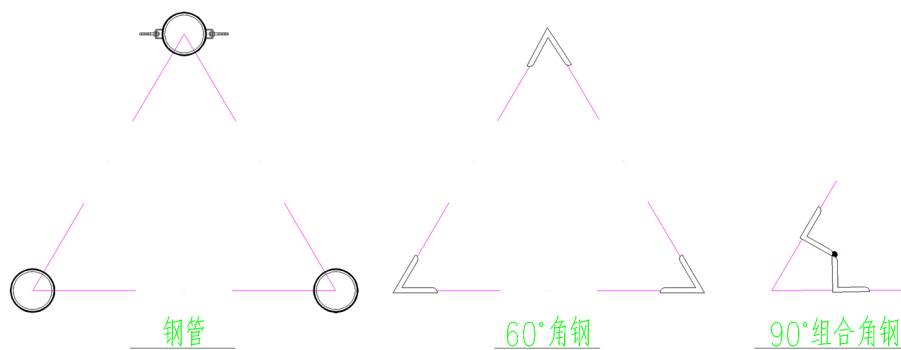


Figure 2. Layout form of main section

图 2. 主材截面布置形式

钢管是目前输电线路中常用的截面型式, 其加工、采购均较为便利, 但钢管价格高于角钢型材; 目前 60°角钢存在生产厂家少、材料规格品种不全的问题; “W”型组合角钢需保证焊接夹角为 60°, 对焊接质量及精度要求都较高, 并且没有任何经济性。

综合以上因素, 推荐采用主材为钢管、斜材为角钢的组合结构。

3.2.2. 三角形断面的形状和取向

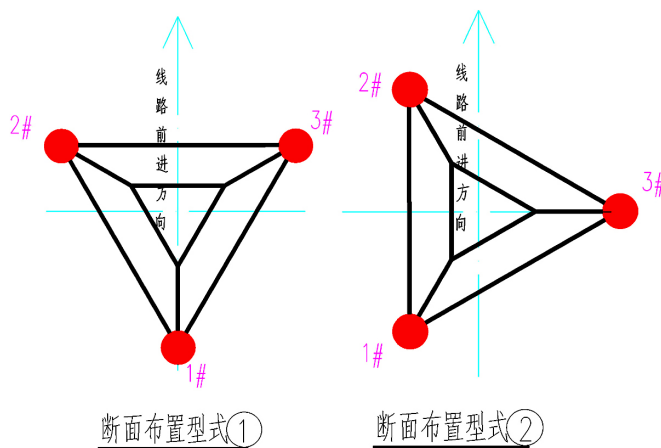


Figure 3 Two section layout form
图 3. 两种断面布置型式

通过比较分析, 对直线塔, 采用断面布置型式②比布置型式①轻约 2%~4%, 而对双回路转角塔, 采用布置型式②, 使转角内侧两根主材受压, 一根主材受拉, 能充分发挥材料的受力特性。为使研究样本更多, 在塔重不增重过多的前提下, 最终在设计双回路直线塔时采用图 3 中的断面布置型式①, 在设计双回路转角塔时采用图 3 中的断面布置型式②。

3.2.3. 横担和塔身的连接方式

三角形断面输电铁塔横担与塔身的连接是一个难点, 通过三角形水平外延方形断面, 解决了铁塔左右横担对称连接的难题, 其中直线塔采用三角形断面顺线路对称布置, 转角塔三角形断面呈横线路、邻边朝向受力转角内侧布置, 如图 4 和图 5 所示方案。

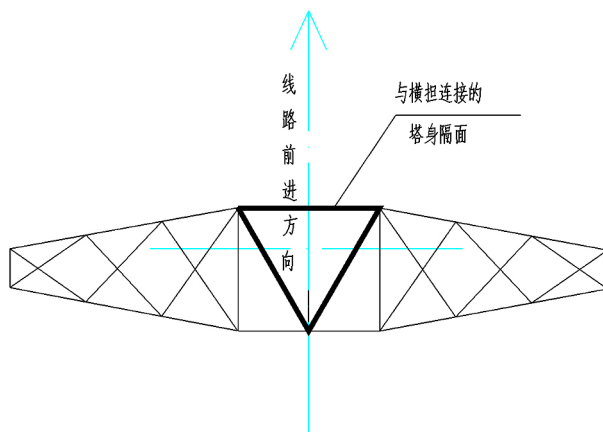


Figure 4. Connection with tangent tower cross arm and body
图 4. 直线塔横担和塔身的连接

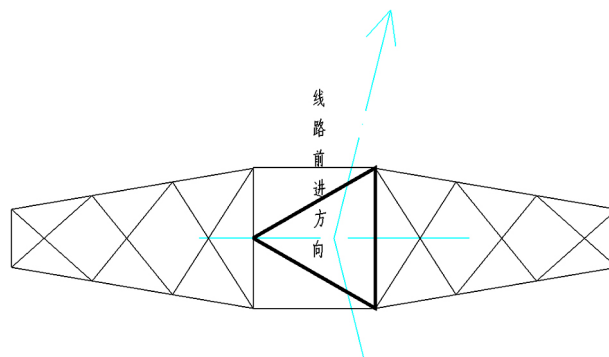


Figure 5. Connection with angle tower cross arm and body
图 5. 转角塔横担和塔身的连接

4. 工程应用

抚州至临川 π 入城南变 220 kV 线路工程中设计使用了两基三角形断面直线塔, 即抚州侧 20#、22#。

1、基础正三角型布置、顺线路 120° 夹角等长腿分坑放样(见图 6); 采用全掏挖式基础 ZTW063H, 单基混凝土方量 24.71 m³, 节省混凝土 3.4 m³, 1 个工作日现场浇筑成型。

2、铁塔施工采用地面组装、30t 吊车高空分解吊装(见图 7), 塔型均为 SZ11S-27m, 单基重量 10.46t, 减少铁塔重量 0.7 t, 有效施工时间 9.5 h; 由于铁塔构造简单、构件数量少, 组塔工期缩短 30% 以上。

3、架线施工采用同塔双回路单侧架线, 双分裂导线低张力放线、耐张段紧挂线; 由于三角形断面非均衡对称, 应避免直线三角塔作为锚线塔, 故线路临锚、过轮临锚应错开设置。



Figure 6. Basic plane of triangular tower
图 6. 三角塔基础平面



Figure 7. Triangular tower installation
图 7. 三角塔吊装施工

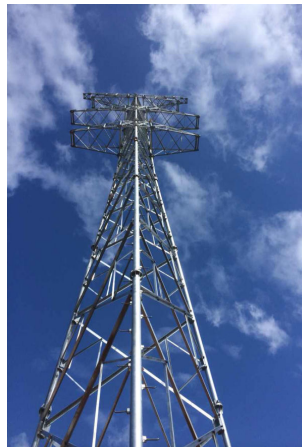


Figure 8. Triangular tower product
图 8. 三角塔成品

4、该线路工程部分路径沿抚州市金巢开发区规划路人行道走线，三角形铁塔基础单面根开 6.28 m，塔基占地面积 17.1 m²，相对于常规适用于四边形铁塔，单基铁塔减少了占地 26 m²，较好地适应了线路通道狭窄的工况条件。

5、运行验收意见：通过铁塔定期检测，此 2 基三角形铁塔无节点弯曲、无结构倾斜，架线后横担无下沉，运行期间整体结构强度良好、无异常；塔材构件较少、塔基与通道面积更小，易于运行维护(图 8)。

5. 技术经济效益分析

以抚州 - 临川 π 入城南变 220 kV 线路工程为例，设计条件为导线 2xLGJ300/40，地线 JLB20A/150，风速 27/s，覆冰 10mm 为例，220 千伏 SZ11S 和 SJ21S 三角塔与相对常规适用的四边塔主要技术性能指标如下表 2：

Table 2. Main technical performance indicators
表 2. 主要技术性能指标表

项目	直线塔		转角塔	
	SZ11S	2D1-SZ1	SJ21S	2D1-SJ2
	三角形塔	四边形塔	三角形塔	四边形塔
塔重(kg)	10460.3	11159	19516.1	20796.3
占地面积(m ²)	17.1	42.8	40.2	73.8
铁塔综合造价(万元)	11.42	11.69	21.276	21.475
塔基征地费用(万元)	0.12	0.29	0.27	0.5
基础费用(掏挖)(万元)	1.861	1.968	5.634	6.122
总费用(掏挖)(万元)	13.4	13.95	27.18	28.09

- 1、较于四边形塔，三角塔占地面积减少 56.7%，可节省塔基征地费用并有较大的环保和社会效益；
- 2、三角塔相较于四边形塔，在主斜材同样截面型式、材质相同的前提下，随着呼高的增加、允许转角范围的增加、导地线外荷载的增加，塔重优势愈来愈明显；
- 3、对普通 220 kV 双回路塔来说，在同样的设计使用条件下，三角塔较四边形塔塔重可轻 5%~9% 左右；

4、对普通 220 kV 双回路线路工程, 采用三角塔, 其基础工程费用较四边塔可减少 4%~9%左右;

5、对普通 220 kV 双回线路工程, 三角塔的综合造价比四边形塔低 3%~5%, 有一定的经济效益和较大的社会效益(塔基征地范围减少 50%以上);

6、受某些外部条件限制(如限制塔基走廊宽度), 必须采用窄基钢管塔时, 采用三角形断面钢管塔较四边形钢管塔塔重可轻 10%~12%, 基础工程费用可减少 10%-15%, 塔基征地范围可减少 35%以上, 有较好的经济、社会效益。

作为一种新型铁塔型式, 三角形断面钢管塔因其三角形断面形状, 具有约束应力小、自重轻、造价低、施工组立快等优点, 尤其在线路廊道狭窄地段其占地面积小的优点更加突出, 经济优势和社会效益明显。

参考文献

- [1] 110~750 kV 架空输电线路设计规范(GB50545-2010) (S).
- [2] 国电公司, 东北电力设计院. 电力工程高压送电线路设计手册(第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [3] 刘树堂. 输电杆塔及基础设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-1565, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: tdet@hanspub.org