

V 形串在 500 kV 单回线路中的应用

王从斌, 王 刚

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610061)

摘 要: 在四川平原及丘陵地区, 经济相对发达, 人口集中, 房屋分布密集, 且无规则分布, 再加之其他建筑设施众多, 线路走廊选择非常困难。路径在满足城乡规划后, 局部优化的最大制约因素就是如何避让房屋, 减少房屋拆迁量, 从而降低线路投资, 减少因房屋拆迁带来的社会影响。缩小线路的走廊宽度, 无疑是最直接和有效的手段。如何采用 V 形串缩小线路走廊宽度、优化铁塔结构设计、降低铁塔钢材耗量进行了总结介绍。

关键词: V 串; 铁塔结构优化; 线路走廊

Abstract: In the plain and hill area of Sichuan province the economy is relatively developed the population is concentrated and the buildings and houses in the villages are spread over randomly. It is very difficult to select the corridor for the transmission line. After the satisfaction of the general plan of the township, the major optimization point shall be the avoidance of dismantling of the houses, hence to reduce the cost and social impact of the transmission line construction. Shortening the width of the corridor shall be the most direct and effective way undoubtedly. The application of V-type insulator string in this regard to shorten the width, optimizing the structure design of the tower and reducing the quantity of the steel for the tower are introduced.

Key words: V-type insulator string; tower structure optimization; transmission line corridor

中图分类号: TM723 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)06-0007-03

0 概 述

常规 500 kV 单回线路, 直线塔导线布置一般采用水平排列的酒杯型塔和三角形排列的猫头塔, 前者直接占用通道宽度(两边线投影间距离)在 22~25 m 之间, 后者一般在 15~17 m 之间, 但根据以往设计经验, 同等使用条件下, 前者的单基铁塔耗钢量要比后者低约 6%~8%, 因此各有千秋, 应根据不同环境情况进行选择使用。

以四川电力设计咨询有限责任公司设计的紫坪铺水电站—华阳 500 kV 线路工程为例, 该线路工程初期设计时沿线经过了都江堰、彭州、郫县、温江、崇州、大邑、双流, 长约 140 km, 待彭州、崇州 500 kV 变电站建成时再开接进去, 形成成都 500 kV 双环网中的一部分。线路所经地区无规则分布的房屋密集, 规划区域、乡镇企业及其他建筑设施众多, 房屋拆迁量大、通道选择困难, 如何再进一步缩小线路走廊宽度, 在本工程中具有非常重要的技术、经济和社会意义。

在进行塔型规划时, 吸收了近年国内同类工程中

先进的铁塔设计思路, 设计了中相为 V 形串布置的猫头塔, 以限制导线摇摆, 缩小塔窗尺寸, 改善铁塔受力, 从而达到既缩小线路走廊宽度, 又减少铁塔耗钢量的目的。

根据实际应用效果总结, 在缩小线路走廊宽度方面, 与三相水平排列、中相 V 串布置的酒杯型塔相比较, 缩小线路走廊宽度 7.2~9.3 m, 缩小线路走廊面积约 23%, 大大降低了电磁环境宽度及走廊清理费用, 少拆迁房屋约近 28 000 m², 在当时建设条件下仅此费用即节约投资约 1 000 万元。

铁塔单基耗钢量方面, 以本工程中 4×500 导线段新设计使用的直线塔 ZMA51 为例, 36 m 呼称高重量为 11.646 t 与其他同类 500 kV 线路中使用 4×LGJ-400/35 导线、三相 I 串的猫头塔相比较, 还轻 3.129 t。

1 塔头优化

1.1 中相 V 串夹角的优化确定

在满足静态电气间隙要求后, 中相悬垂绝缘子串

摇摆角是控制塔窗尺寸的主要因素,中相采用 V 串后,可有效限制摇摆角,减小塔窗尺寸。V 串的夹角大小又直接影响塔窗尺寸的大小,夹角越大,中相横担长度越长,因此合理的 V 串夹角是塔头尺寸优化设计的前提。过去认为 V 型串背风肢串不宜受压,夹角一般取最大摇摆角的 2 倍,即取 $95^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 。前苏联认为其夹角应以绝缘子盘间不危险接近或破碎为条件,此时,风偏角可以比 V 串夹角的一半大 6° 。

根据本工程地形主要以平丘为主,档距不大且分布较均匀,垂直档距与水平档距比值接近为 1 的特点,V 串夹角可取较小值。同时结合近年来国内有关单位对 V 串绝缘子串受压的试验研究,得出的背风支串可以承受一定压力的结论,经反复比较计算,最终确定 V 串夹角按 90° 设计。

以 ZMA511 直线塔为例,经多次比算,最终结果使中横担上口长度由以前相似设计条件的 Z11 猫头型直线塔(三相 I 串)的 10.3 m 减小为 9.4 m,塔窗宽度缩小了 0.9 m。

1.2 中相横担形式的优化

因 V 型串挂点设置在顶面横担与上曲臂内侧连接处,塔窗顶面横担不再受中相导线荷载,主要起连梁作用。为此,将其设计为对称拱形结构,起拱后虽将增大拱脚推力,但由于 V 串挂点与拱脚共点,两串拉力产生的水平力始终指向横担中心,可抵消拱脚推力。顶面横担采用拱形结构后更易满足塔窗内 V 串上部电气间隙要求,缩小上下曲臂尺寸,减小塔窗高度。同时在满足电气要求的前提下,将地线支架与中横担合为一体,降低塔头尺寸。

仍以 ZMA511 塔为例,最终结果塔头高度由以前相似设计条件的 Z11 塔的 12.4 m 减小为 10.8 m,减小了塔头高度 1.6 m,且地线荷载均有减小。

ZMA511 塔头布置如图 1 所示。

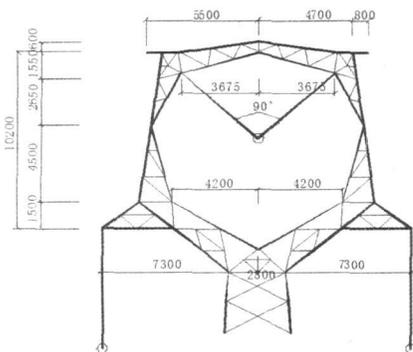


图 1 ZMA511 塔头布置及尺寸图

2 塔身优化

2.1 塔身断面

塔身断面一般有矩形和方形,通常采用矩形比方形钢材节约 4% 左右。但为满足环保要求,铁塔均应采用全方位不等高腿,以减少塔基开方,方形塔身在设计 and 加工方面有明显优势。为此本工程直线塔塔身断面采取“上矩下方”的形式,即继承了矩形塔顺线路方向几何尺寸小、经济省料的优势,又发挥了方形塔在塔腿部分的种种长处。

2.2 塔身坡度及根开

塔身的坡度和布材对铁塔重量的影响至关重要,它直接影响主材、斜材的规格以及基础的经济指标。合理的塔身坡度应使塔身主材应力分布的变化与材料规格的变化相协调,使主材受力均匀。

塔身坡度越大,主材受力越小、基础作用力也越小,但斜材长度和辅助材长度增加,结构布置较复杂;反之,主材受力加大、基础作用力也加大,但斜材长度减小。在对塔身坡度和根开进行了多方案组合优化后,使其中部分塔身段主材规格下调,塔重下降较显著。

2.3 塔身横隔面设置及优化

铁塔结构设计技术规定要求:同一塔身坡度范围内,横隔面的设置间距一般不大于平均宽度的 5 倍,也不大于 4 个主材分段。

合理的设置塔身横隔面,对于向下传递由于结构上部外荷产生的扭力、减小塔重、均匀塔身构件内力具有一定的作用。

在以往的设计中,为了便于施工时很方便地组装铁塔,往往人为地增加横隔面的数量。但不合理设置横隔面会引起局部结构受力复杂,塔身斜材规格增大。所以本工程对横隔面的设置原则是:塔身变坡截面(塔身由矩形变方形的部位)必须设,对可设可不设的构造或施工横隔面一律不设。同时,横隔面采用周边密集布置,减小构件计算长度,减小构件规格。

以 ZMA511 塔为例,最终结果为 45 m 呼称高,塔身也仅有一个塔身变坡横隔面。

3 塔腿优化

3.1 长短腿级差的优化确定

铁塔长短腿塔最大使用级差一般为 6.0~9.0 m,使塔重单基指标上升,通过对以往工程铁塔计算

表 1 使用 ZMA511 与其他类似条件塔型主要技术经济比较表

| 比较内容 | 三相 I 串水平 排列酒杯塔 | 中相 V 串 水平排列酒杯塔 | 三相 I 串猫头塔 | 中相 V 串猫头塔 |
|--|-------------------|-------------------|------------|-------------|
| 典型塔型 ($L_H=450, L_V=600$ m) | ZB1(某设计院) | ZVB21(某设计院) | Z11(某设计院) | ZMA511(本工程) |
| 两边相线间距离(水平投影)/m | 12×2=24 | 10.9×2=21.8 | 7.3×2=14.6 | 7.3×2=14.6 |
| 呼称高 36 m 的铁塔单基重量/t | 12.921 | 11.163 | 14.775 | 11.646 |
| 呼称高 36 m 的铁塔根开/m | 7.226×7.226 | 7.91×7.91 | 9.5×9.5 | 8.7×8.7 |
| 单基占地面积/m ² (根开+1 m) | 67.7 | 79.4 | 110.2 | 94.1 |
| 呼称高 36 m 的铁塔全高/m | 41.0 | 40 | 48.4 | 46.2 |
| 线路走廊 房屋拆迁宽度(m) (按边线 5 m) | 34 | 31.8 | 24.6 | 24.6 |
| | | | | |
| 电磁环境宽度(m)(边导线 11 m 高, $E \geq 4$ kV/m) | 50 | 50 | 38 | 38 |

结果分析,同一接身的一组长短腿中,最短腿刚度最大,其主材内力和斜材长细比决定了本组腿主要受力材的规格。工程中一般按“短身长腿”的原则配置塔位接腿,所以每组腿中的最短腿实际用量很少,若级差设计过大,腿部材料强度利用率就低,单基塔重不理想。本工程为平丘地形,因此确定长短腿级差取 1.0 m,最大使用级差取 4.0 m,最短腿长度不小于 3.0 m。从最终施工图结果统计,这一设计思路完全符合工程实际情况,减少了单基耗钢量。

3.2 公共接腿与非公共接腿的比选

公共接腿是指同一组接腿可通过不同接身段与本体连接成不同呼称高的方式。这种方式制图量少,加工施工较方便;不足之处在于塔腿接身段刚度较大,且构造复杂,重量较重,同时部分斜材受力不合理。

非公共接腿是指一组接腿仅能与不同本体连接形成不同呼称高,无接身段。这种方式材料利用率较高,无接身断面,塔重较轻。但塔腿制图工作量较大,加工施工较复杂。

通过对加工单位加工工艺及包装的调研,加上最大使用级差的限制,使塔腿数量相对较少。最终决定采用非公共接腿,为进一步减轻塔重奠定了基础。

4 主要技术经济比较

以本工程使用量最多的塔型 ZMA511(中相 V

串、猫头型直线塔),与其他同类 500 kV 线路中实际使用过的、使用条件基本相当的水平排列的酒杯型塔、三相使用 I 串的猫头型塔进行技术经济比较。

由表 1 比较结果可知,在经济指标上,除 ZVB21 的单基耗钢量略轻外(仅相差约 4.3%),其余均比 ZMA511 重,但占用走廊宽度却减少了 7.2 m,大大降低了电磁环境宽度及走廊清理费用,走廊面积仅是 ZVB21 的 77.3%,具有明显优势。

根据最终拆迁房屋结果统计,全线指标仅 680 m²/km,在本地区同类线路中,该项指标最先进(在四川地区处于平丘地形的 500 kV 线路,房屋拆迁指标一般在 850~1500 m²/km),该项成果在本工程中具有重要的技术、经济、社会意义,大大减轻了房屋拆迁带来的社会问题,也为该工程评为国网公司优质工程提供了有力的技术支撑,同时在四川后期建设的平丘地形单回 500 kV 线路中广为使用。

参考文献

- [1] 电力工程高压送电线路设计手册 [s]. 中国电力出版社.
- [2] 架空送电线路杆塔结构设计技术规定 [s]. 中国电力出版社.

(收稿日期: 2009-08-31)

欢迎订阅《四川电力技术》