

500 kV 同塔双回直线塔挂线方式的研究

田 峻, 钟顺洪

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610016)

摘 要:对现阶段国内同塔双回直线塔常用的导线排列方式和挂线方式进行经济技术分析,提出了一种 500 kV 同塔双回直线塔新型挂线方式——“VIV”方式。通过与传统采用的挂线方式进行塔重、占用走廊宽度及电气性能比较,证明该新型布置方案具有较大的优势。最后通过实际工程的应用,证实该新型布置方式在减少铁塔单基重量和节约线路走廊方面取得很好的效果,具有广泛的应用价值。

关键词:输电线路;同塔双回;挂线方式

Abstract: It is proposed to use a new line-hanging method named VIV, for tangent tower in 500 kV double-circuit lines on the same tower. Comparing the tower weight, the usage of the corridor width and the electrical performance of VIV method with those of traditional line-hanging methods, it proves that the new layout program has greater advantages based on economic and technical analyses. The practical engineering applications prove that the new layout method will reduce both corridor width and tower weight, so VIV has a broad application value.

Key words: transmission line; double-circuit lines on the same tower; line-hanging

中图分类号: TM752 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)05-0001-03

0 前 言

1980年,中国第一条 500 kV 同塔双回路输电线路——平武线姚孟电厂出线段建成投产,拉开了 500 kV 同塔双回输电线路在输电线路中应用的篇章。20 世纪 90 年代中后期,随着中国国民经济的高速发展,大型水、火、核电站相继接入系统,500 kV 高电压等级输电线路得到飞速发展。同时由于经济的发展,城镇建设步伐加快,输电线路走廊资源日趋匮乏。为合理利用土地资源,500 kV 同塔双回线路同塔架设技术在电网建设中得到广泛采用。

同塔双回铁塔塔头型式的优化设计对于降低杆塔指标、节省线路走廊、节约线路投资、提高杆塔的安全可靠性具有重要意义。杆塔塔头的优化设计在满足电气间隙和电磁环境要求的前提条件下,应尽可能缩小塔头尺寸,减小线路走廊宽度,优化节点处理,保证传力清晰,降低杆塔指标,以达到安全、经济、美观的目的。

500 kV 输电线路工程直线铁塔的应用数量远大于耐张铁塔,一般可达到整个工程铁塔总使用数量的 80%~90%,因此,只以直线铁塔作为研究对象进行详细论述。

1 导线排列方式

目前中国现有的 500 kV 同塔双回路线路导线排列方式主要有:垂直排列方式和三角排列方式。垂直排列主要采用双曲线型、鼓型、伞型等三层横担塔型;三角排列主要采用二层横担塔型。两个回路的导线布置方式有正相序、逆相序、异相序。不同的导线排列方式、相序布置及分裂方式会导致导线表面梯度、无线电干扰、可听噪声及线路走廊宽度的不同,从而影响塔型选择。

典型的垂直排列和三角排列的杆塔见图 1—图 4。

三角排列方式呈展翅蝶型、伞型塔型,如图 4 示。此类铁塔导线分二层呈“干”字型布置,其主要优点

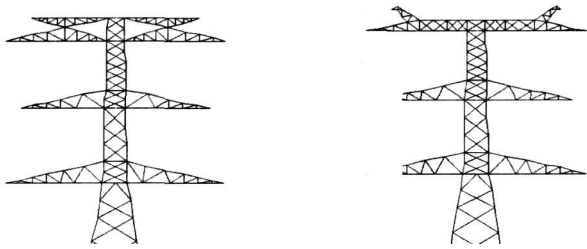


图 1 三层横担垂直排列双曲线型塔

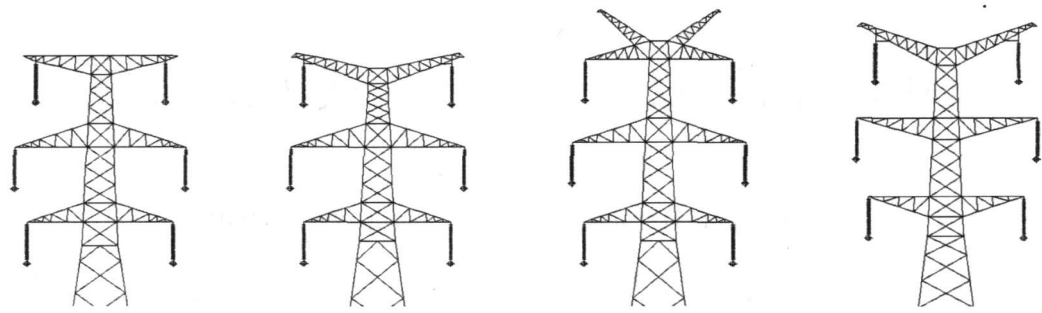


图 2 三层横担垂直排列鼓型塔

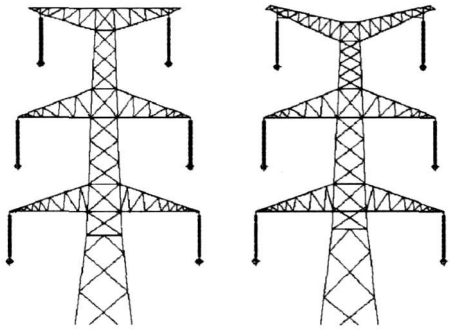


图 3 三层横担垂直排列伞型塔

为:同等条件下,使用双层横担布置铁塔高度有所降低,较垂直排列的三层横担的杆塔高度可以减少 10 m 左右;且因导线呈三角形排列,较垂直排列导线间的间隙大,因而对防冰害及抗导线舞动性能好。由于铁塔导线间距离增大,其横担宽度要比垂直排列的铁塔大一倍,即使在两相导线采用 V 串情况下,走廊宽度仍然比垂直排列的铁塔大一倍左右,因此此类铁塔的应用需要较宽的线路走廊,适合于较高跨越塔及空旷地段。另外,三角型排列的双层横担杆塔结构受力相对复杂,节点处理也比较复杂,铁塔重量比垂直排列的铁塔稍大。

垂直排列方式主要有双曲线型、鼓型和伞型三种布置方式,如图 1、图 2 和图 3 所示。双曲线型和鼓型是目前最常见的布置型式,在中国、美国、英国、日本的双回路设计中应用较多,因为导线呈双曲线型和鼓型布置而得名,地线支架有水平型和羊角型布置,此类塔型适用于覆冰较重的地区,稍短或稍长的

中横担使所有的导线均能达到适当错开的目的,避免导线脱冰跳跃时发生闪络事故,导线垂直排列,可以有效的减小线路走廊,施工放线较为方便,但由于最短和最宽的横担在塔的中部,受力分布相对差一些。伞型也是工程中采用的一种布置方式,因其导线呈伞型布置得名,布置方式有伞型和倒伞型,地线支架有水平型和羊角型布置。伞型塔其横担上短下长,力的分布较为合理,但施工时挂线较为困难,倒伞型由于结构布置不甚合理,实际工程中不常采用,但施工及带电作业较其他塔方便。以下为三层横担布置的双曲线型、鼓型两种常用方式的比较表。

表 1 双曲线型塔和鼓型塔的技术比较

塔型	双曲线型	鼓型
计算呼高 /m	36.0	36.0
塔重 /kg	37.58	36.2
相对塔重	1.035	1.000
节约走廊宽度 /m	0.0	1.4

由上表可知,双曲线型塔较鼓型塔重约 3.5%,线路走廊宽约 1.4 m,无论是从节约走廊宽度还是从铁塔指标的角度来看,鼓型塔均较双曲线型塔有一定的优势。

2 导线挂线方式

直线塔导线的挂线方式,常用的有“ I 串型式 ”和“ V 串型式 ”。 I 串挂线方式由于风偏和摇摆角的因素,使得其走廊宽度较 V 串挂线方式大 3~6 m;同时

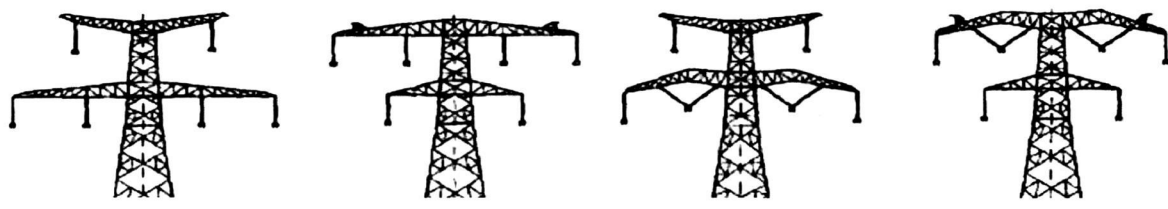


图 4 双层横担展翅蝶型、伞型塔

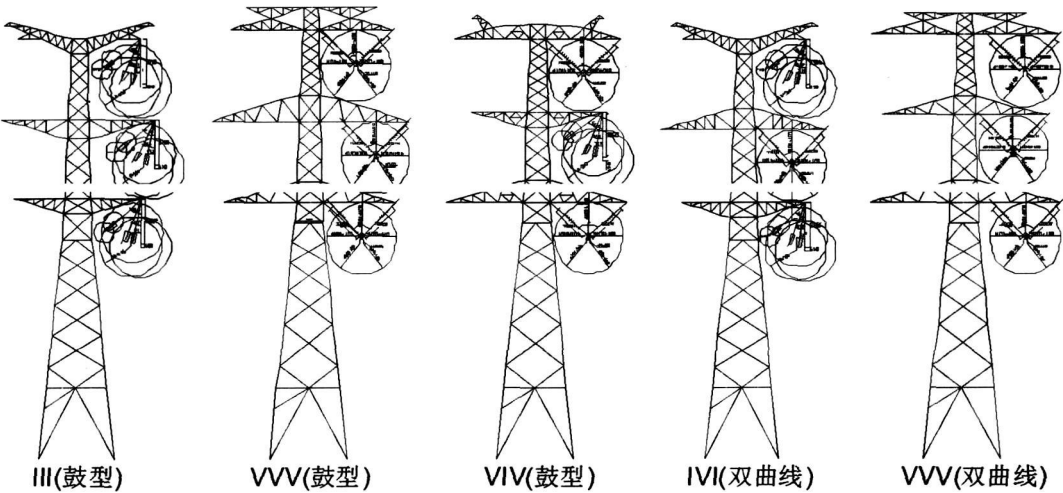


图 5 导线挂线方式

I串由于绝缘子串呈悬垂型式,使得在相同的线高下铁塔高度较 V串方式要高 2 m 左右;但采用 V串的挂线方式,直线塔的绝缘子串用量增加一倍,塔头和横担尺寸更大。最近一段时期,一种 I串和 V串配合使用的新技术开始在 500 kV 同塔双回直线塔上应用,主要有两种组合:鼓型 VIV 挂线方式和双曲线型 IVI 挂线方式。

表 2 不同挂线方式的技术比较

塔型	线路走廊 宽度节约 /m	计算塔重 /t	相对重量 /%
Ⅲ (鼓型)	0.00	24.39	1.05
VVV (鼓型)	2.90	24.31	1.05
VIV (鼓型)	2.90	23.22	1.00
IVI (双曲线型)	2.95	23.80	1.02
VVV (双曲线型)	3.30	24.35	1.05

通过表 2 比较,在塔重方面,“VIV”鼓型直线塔最优,其次为“IVI”双曲线型,“Ⅲ”鼓型、“VVV”鼓型、“VVV”双曲线型较差,相对“VIV”鼓型约重 5%;在节约线路走廊宽度方面,“VVV”双曲线型最优,“VVV”鼓型、“VIV”鼓型、“IVI”双曲线型基本相当,“Ⅲ”鼓型最差。

综合考虑,“VIV”鼓型直线塔,较“Ⅲ”(鼓型),线路走廊宽度和塔重均有明显优势;较“VVV”(鼓型),线路走廊宽度相当,塔重轻 5%左右;较“IVI”(双曲线型),线路走廊宽度相当,塔重轻 2%左右;较“VVV”(双曲线型),线路走廊宽度略有增加,塔重轻 5%左右;后两种方案直线塔为双曲线型,需要双曲线型转角塔与之匹配,经计算,双曲线型转角塔较鼓型重 6%左右。综合以上分析,“VIV”鼓型直线塔最优。

3 “VIV”鼓型直线塔电气性能

下面,对Ⅲ串和 VIV 串布置的鼓型塔进行电气性能比较(选用 4×LGJ-500/45 导线,分裂间距 500 mm)。

表 3 Ⅲ串和 VIV 串布置的鼓型塔电气性能比较

	VIV 串		Ⅲ 串	
	逆相序	同相序	逆相序	同相序
表面最大电场强度 /(kV/m)	20.26	19.49	19.89	19.65
地面最大场强 /(kV/m)	4.55	6.63	4.77	6.66
无线电干扰 /dB	42.78	37.71	42.35	38.72
可听噪声 /dB	41.48	40.39	40.43	40.41

注:对地 15 m 高,中线外 10 m 处值。

3.1 导线表面最大电场强度

导线表面最大电场强度,逆相序布置时较同相序布置大;对于逆相序布置,采用 VIV 型绝缘子串时比采用Ⅲ型绝缘子串大;对于同相序布置,采用 VIV 型绝缘子串时则比采用Ⅲ型绝缘子串略小。

3.2 无线电干扰

逆相序布置时的无线电干扰水平比同相序布置时高;逆相序布置时,VIV 串塔的无线电干扰水平比Ⅲ串塔高;同相序布置时,VIV 串塔的无线电干扰水平则比Ⅲ串塔低。

3.3 可听噪声

当采用同相序布置时,无线电干扰水平较低,可听噪声较低;而采用逆相序布置时,虽然导线表面最大电场强度、无线电干扰水平及可听噪声较高,但均满足要求。考虑到导线逆相序排列有利于改善线路

(下转第 68 页)

[4] 西北—华中直流联网工程四川电网安全稳定控制系统初步设计[R]. 西南电力设计院, 2009.

[5] 四川德阳换流站 SCS—500 分布式稳定控制装置功能说明书[R]. 南京南瑞电网安全稳定控制技术分公司, 2010.

[6] 浙江大学直流输电教研组. 直流输电[M]. 北京: 中国电力出版社, 1985.

[7] 李兴源. 高压直流输电系统的运行和控制[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

[8] 德宝直流与特高压交流试验示范工程运行控制策略研

究[R]. 中国电力科学研究院, 2009

[9] 四川电力系统 2010 年度运行方式[R]. 四川省电力公司

作者简介:

吴冲(1981), 男, 工程师, 从事安全自动装置和继电保护规划设计工作。

刘汉伟(1964), 男, 高级工程师, 从事安全自动装置和继电保护规划设计工作。

蔡华(1981), 男, 工程师, 从事继电保护管理和研究工作。

(收稿日期: 2010—07—10)

(上接第 3 页)

电压的不平衡度, 对抑制双回线路同时跳闸的作用十分显著, 在实际工程中, 一般采用逆相序排列。

计算结果表明, 导线采用“VⅣ”鼓型布置的 500 kV 双回路直线塔的电气性能满足规程规范的要求, 且较导线采用“Ⅲ”鼓型布置方式的铁塔电气性能更有优势。

4 在工程中的运用

2009 年, 四川电力设计公司承担宜宾—泸州 500 kV 同塔双回输电线路新建工程设计工作。该工程起于宜宾(叙府)500 kV 变电站, 止于泸州 500 kV 变电站, 线路全长约 $2\times 81\text{ km}$, 采用同塔双回架设方式, 途径四川省宜宾市和泸州市。根据该条输电线路走线区域经济较发达, 人口众多, 房屋多, 分布广等工程特点, 在该工程中采用导线“VⅣ”布置的鼓型直线塔, 属国内首次使用。

新型导线“VⅣ”布置的鼓型直线塔的应用较传统“Ⅲ”鼓型直线塔, 线路走廊平均宽度缩短了 3.05 m。走廊宽度的缩短, 全线房屋拆迁减少 $13\,230\text{ m}^2$, 节约房屋拆迁面积 10.8%。

按相同的使用条件, 用“Ⅲ”鼓型直线塔替换“VⅣ”鼓型塔, 全线直线塔耗钢量增加 300 t 增加塔材耗量 3.43%。

绝缘子方面, “VⅣ”鼓型塔较“Ⅲ”鼓型塔增加 521 支合成绝缘子, 增加费用约 104.2 万元。

综合考虑, “VⅣ”串在宜泸线中的使用, 共节约投资 754.5 万元, 具有很好的经济效益和社会效益。

表 4 Ⅲ串和 VⅣ串在宜泸线经济技术比较表

比较项目	Ⅲ串	VⅣ串
平均走廊宽度 /m	31.37	28.32
房屋拆迁面积 /m ²	116 375	103 145
直线塔材耗量 /t	6 160	5 860
合成绝缘子(支)	875	1 396
综合费用(万元)	754.5	0

5 结 论

双回路直线塔采用“VⅣ”串挂线方式, 能节约输电线路走廊, 降低工程铁塔重量; 同时由于走廊宽度的缩短, 大大减小了房屋拆迁。通过在实际工程中的成功应用, 取得了显著的经济效益和社会效益, 具有广泛的推广价值。

参考文献

[1] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41(6): 19—22.

[2] 余贻鑫, 栾文鹏. 智能电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(1): 7—11.

[3] 余贻鑫. 面向 21 世纪的智能配电网[J]. 南方电网技术研究, 2006, 2(6): 14—16.

[4] 陈建民, 周健, 蔡霖. 面向智能电网愿景的变电站二次技术需求分析[J]. 华东电力, 2008, 36(11): 37—38.

[5] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1—7.

作者简介:

田峻(1971), 男, 硕士, 工程师, 从事高压输电线路设计。

钟顺洪(1978), 男, 硕士, 工程师, 从事高压输电线路设计。

于学玉(1980), 男, 硕士, 工程师, 从事高压输电线路设计。

(收稿日期: 2010—05—18)