

# “双杯塔”在特高压直流输电线路中的应用分析

郭艳军, 佟继春

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610020)

**摘要:**对目前国内特高压直流线路走廊压缩方案进行了分析,提出在走廊拥挤地段采用“双杯塔”,该塔型铁塔受力均匀,与导线垂直排列的转角塔配合方便,且受场地限制较小。分别从铁塔布置方案、走廊宽度、铁塔与基础经济指标分析了双杯塔与 F 塔的优缺点,结果表明,在走廊拥挤地区采用双杯塔具有优势。

**关键词:**特高压直流;双杯塔;F 塔

**中图分类号:**TM726

**文献标志码:**A

**文章编号:**1000-582X(2014)S2-166-6

随着经济的发展,直流线路工程越来越多,电压等级越来越高,由此引起走廊宽度越来越宽,线路走廊的选择也越来越难,特别是在经济发达地区或河西走廊直流线路集中地区更为明显。因此,压缩走廊势在必行。

## 1 走廊压缩方案分析

目前特高压直流工程铁塔导线布置方式主要为水平排列的羊角型或干字型铁塔(图 1),山区部分区段根据地形采用左右错层布置的 Z 字型铁塔,走廊拥挤地区采用导线垂直排列的 F 型铁塔。水平排列的铁塔运行状态下,铁塔受力均匀,外形美观,但走廊太宽,在走廊不受限制地区是最经济的塔型;错层布置的铁塔主要适用于山地,而且受串长影响,走廊宽度与水平排列方式相同,只是定位高度有所减小;F 型直线塔受力清晰,构造简单,走廊宽度小,但是由于两极导线均在塔身一侧,铁塔单边受力不均匀,塔头变形过大。同时,F 型直线塔与转角塔(图 2)配合时地线需要带角度,在同一耐张段内,直线塔与线路的相对关系改变将直接影响到转角塔挂点及地线支架的位置变化。转角塔为了与直线塔地线配合,地线支架需要加长,由此增加了塔重。为避免导线空间交叉,F 塔在同一耐张段内,铁塔需在线路的同侧,给现场定位带来困难。

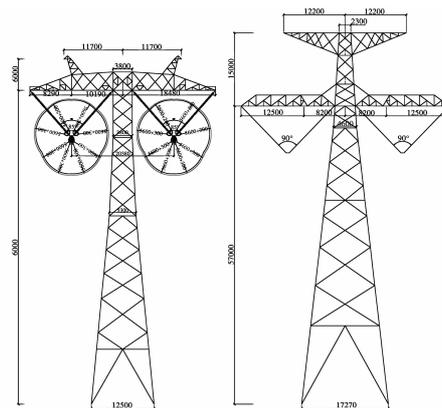


图 1 羊角型及干字型铁塔

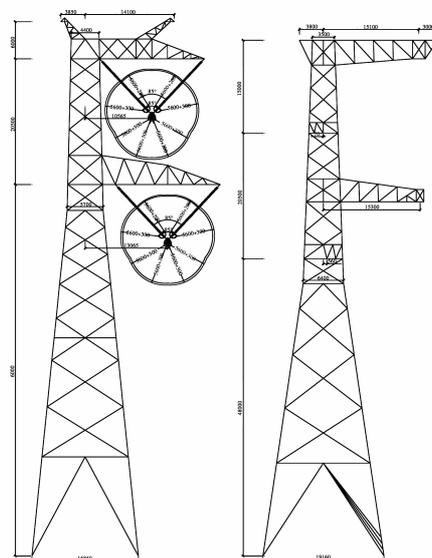


图 2 F 型直线及转角铁塔

收稿日期:2014-10-10

作者简介:郭艳军(1981-),男,硕士,主要从事电力结构设计工作。

由于目前铁塔布置方式在走廊拥挤地区均有限制,现提出直线塔采用双层酒杯布置方式简称“双杯塔”(图 3),此种布置方式,导地线荷载关于铁塔中心对称,铁塔受力均匀,与转角塔配合方便,且受场地限制较小,定位与常规塔一样。

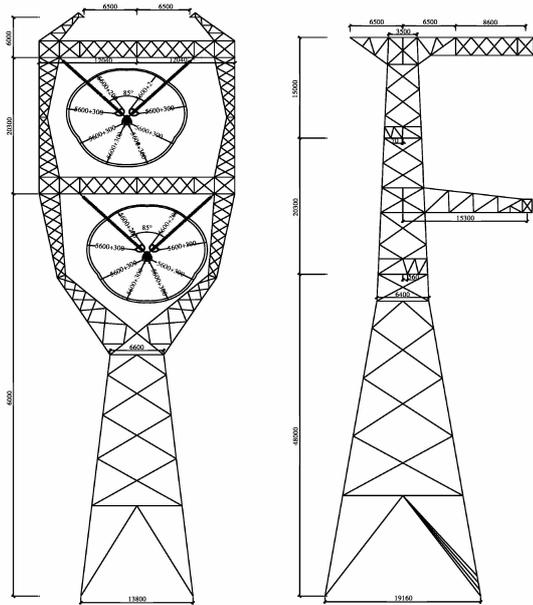
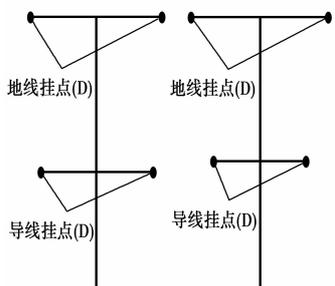


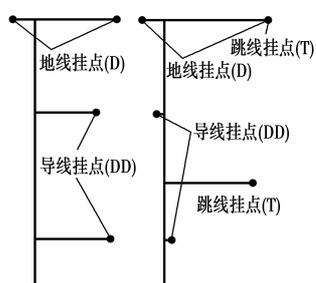
图 3 双杯型直线塔和 F 转角塔

## 2 铁塔布置方案分析

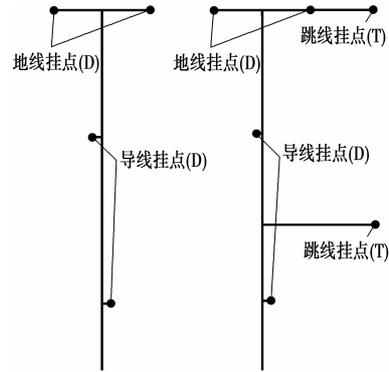
为了方便描述说明,将上节中的三种塔型简化如下(括号内为简写代码):



(a) 羊角型直线塔和干字形转角塔



(b) F型直线塔和转角塔

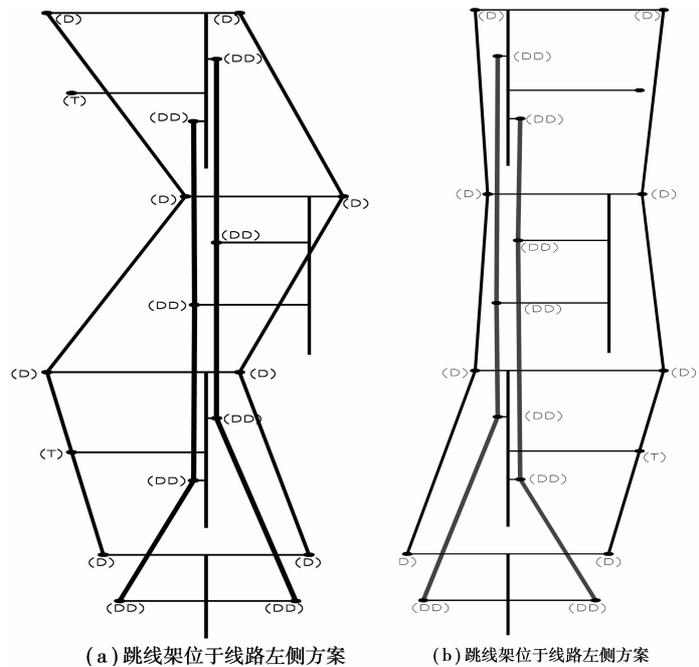


(c) 双杯型直线塔和 F 转角塔

图 4 三种塔型简化型式

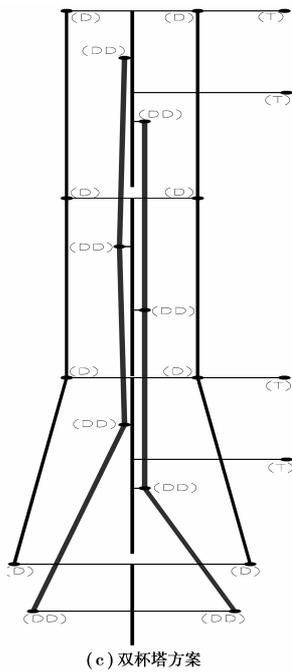
下面在同一耐张段内,分“普通直线—F 型耐张塔—F 型或双杯型直线塔—F 型耐张塔”(简称普—耐—直—耐)、“普通直线—F 型耐张塔—F 型或双杯型直线塔—F 型或双杯型直线塔—F 型耐张塔”(简称普—耐—直—直—耐)布置方式,F 直线塔分别位于线路右侧和线路左侧的组合情况分析 F 型塔与双杯塔的优缺点。

布置方案一(图 5):普—耐—直—耐,中间直线位于线路右侧。



(a) 跳线架位于线路左侧方案

(b) 跳线架位于线路右侧方案

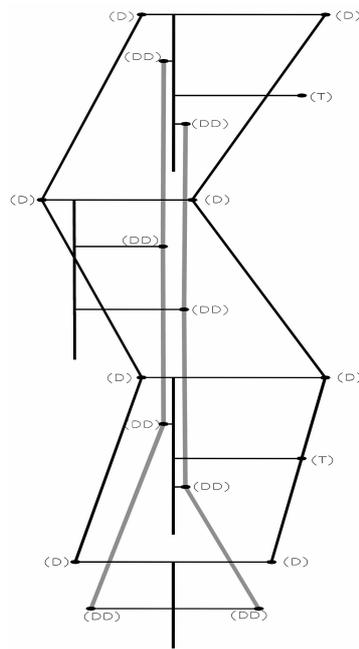


(c) 双杯塔方案

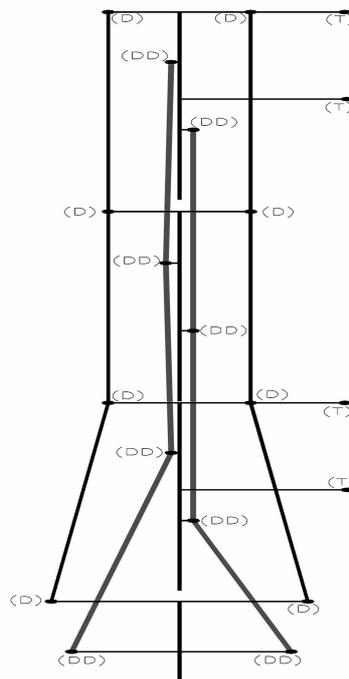
图 5 “普一耐一直一耐”布置方案

由图 5 可以看出,在采用 F 塔方案时,普通直线塔与 F 耐张塔连接直线塔地线需要带角度,而且角度是同一个方向的。当耐张塔跳线架位于线路左侧时,F 直线塔地线需要带角度,而且角度为向 F 方向的不利情况。当跳线架位于线路右侧时,对 F 直线塔有所改善,但铁塔设计需要考虑地线架及跳线架位于线路左右的情况。当采用双杯塔方案时,除在普通直线与 F 转角连接处导地线需要带角度,且角度方向相反,对整塔有互相平衡效果,其余均不带角度。

布置方案二(图 5):普一耐一直一耐,中间直线位于线路右侧。



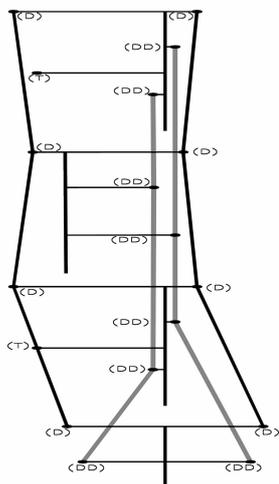
(b) 跳线架位于线路右侧方案



(c) 双杯塔方案

图 6 “普一耐一直一耐”布置方案

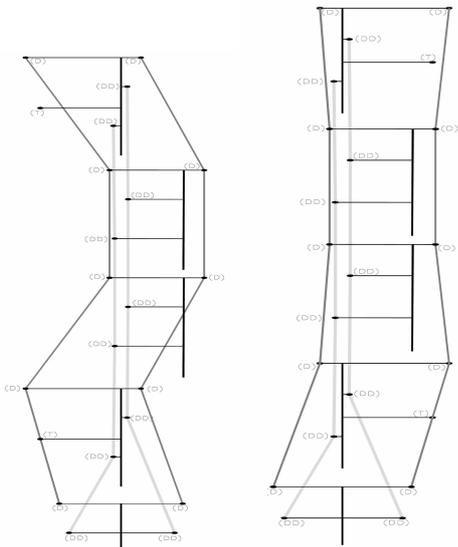
由图 6 可以看出,当耐张塔跳线架位于线路左侧时,对 F 直线塔有所改善,但铁塔设计需要考虑地线架及跳线架位于线路左右的情况。当跳线架位于线路右侧时,F 直线塔地线需要带角度,而且角度为向 F 方向的不利情况。当采用双杯塔方案时,除在普通直线与 F 转角连接处导地线需要带角度,且角度方向相反,对整塔有互相平衡效果,其余均不带



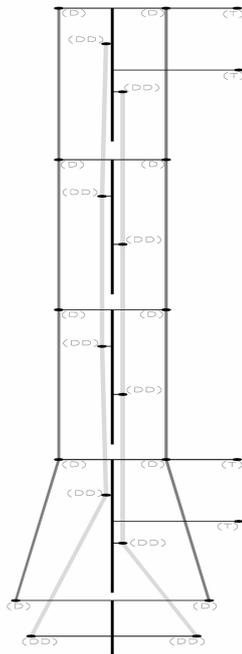
(a) 跳线架位于线路左侧方案

角度。

布置方案三(图6):普一耐一直一直一耐,中间直线位于线路右侧;



(a)跳线架位于线路左侧方案 (b)跳线架位于线路右侧方案



(c)双杯塔方案

图7 “普一耐一直一直一耐”布置方案

由图7可以看出,当耐张塔跳线架位于线路左侧时,F直线塔地线一侧带角度,这样导致纵向有张力差。当跳线架位于线路右侧时,对F直线塔有所改善。当采用双杯塔方案时,除在普通直线与F转角连接处导线需要带角度,且角度方向相反,对整塔有互相平衡效果,其余均不带角度。

F直线塔位于线路左侧时与方案三类似。

由以上在一个耐张段里直线与转角典型布置方案可以看出,F塔地线在各种方案中均需要带角度。双杯塔在各种布置方案中只有普通直线塔与F塔连接处需要带角度,且角度力对整塔有平衡效果,所以在铁塔布置方面双杯塔优于F塔。

### 3 廊宽度分析

在房屋密集或有控制建筑物等走廊拥挤地区采用导线垂直排列的铁塔,能够有效减小走廊宽度。对于F塔和双杯塔(图8),在两铁塔之间,线路走廊宽度一致;在塔位附近,F塔塔基在线路中心的左侧或右侧,增加了走廊宽度;双杯塔塔基位于线路走廊宽度内,不增加走廊宽度。因此在狭长的走廊内采用F塔,在塔基附近受限制。

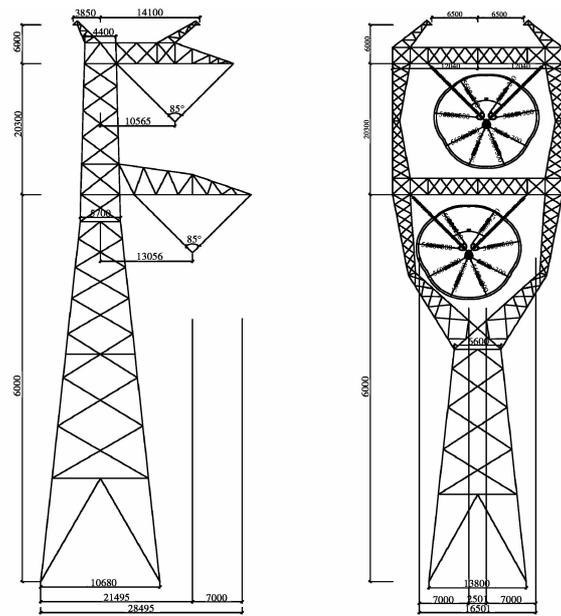
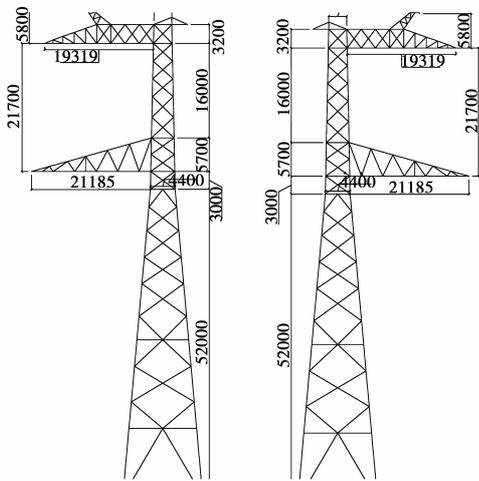


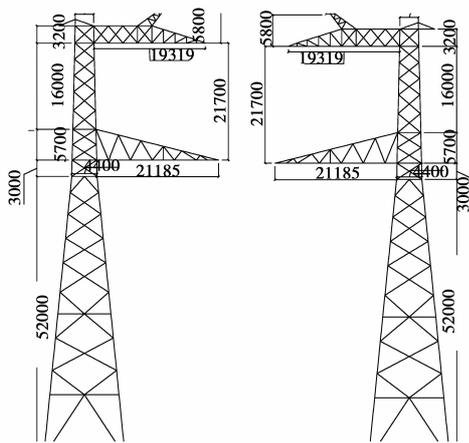
图8 “F塔及双杯塔

±800kV 直流线路走廊宽度为导线外加7m,上图为在塔位附近要求的宽度,F塔为28.5m,双杯塔为16.5m,两者均不包含基础的宽度。同时由图8可以看出,双杯塔塔基位于线路走廊之内,不增加走廊宽度。所以在狭长走廊内,采用双杯塔优于F塔。

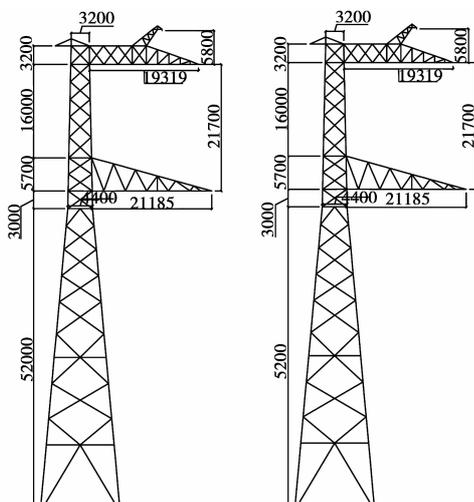
根据以往工程研究,在多条特高压线路并行的情况下,铁塔同步布置时走廊宽度控制条件多为横担长度控制。下面以两回±800kV 并行为例,铁塔按同步布置,考虑电磁环境、风偏、导线线间距离的要求,由于F塔型导线挂线有方向性,两回F塔并行会出现三种型式(图9):



(a) F塔背对背型式



(b) F塔面对面型式



(c) F塔面对背型式

图 9 F塔三种型式

背对背型式,控制线路中心距离的因素为导线电磁环境及基础施工作业面积,实际工程中基础大小和本塔呼高、基础作用力有关,即使相同的导线也会因为风速、覆冰的不同而有所差别,所以在背靠背型式只能根据实际情况进行分析。

面对面型式及面对背型式,则类似普通塔型分析因素。但面对背方式需要考虑导线在塔身宽度处风偏的影响因素,单考虑塔身宽度较窄,此处导线弧垂较小,不作为控制条件。

根据以往线路研究成果,±800kV 与 ±800kV 线路在塔位布置同步时线路中心最小距离控制尺寸如表 1~3 所示。

表 1 铁塔相碰要求线路中心距离(考虑 1m 裕度)

距离	
背对背型式线路中心距离/m	根据实际情况确定
面对面型式线路中心距离/m	47.8
面对背型式线路中心距离/m	26.6

表 2 不同档距下相邻导线水平间距及线路中心距离要求值

档距/m	300	400	500
±800kV 回路要求导线水平间距/m	12.5	13.1	13.7
线路中心距离(背对背型式)/m	13.1	12.5	11.9
线路中心距离(面对面型式)/m	38.1	38.7	39.3
线路中心距离(面对背型式)/m	12.5	13.1	13.7

表 3 电磁环境要求相邻导线水平间距及线路塔位中心距离值

档距		300	400	500
居民区导线间最小距离/m		12.5	14	15
农业耕作区导线间最小距离/m		12.5	14	15
非农业耕作区导线间最小距离/m		12.5	14	15
居民区线路中心距离/m	线路中心距离(背对背型式)/m	13.1	11.6	10.6
	线路中心距离(面对面型式)/m	38.1	39.6	40.6
	线路中心距离(面对背型式)/m	12.5	14	15
农业耕作区线路中心距离/m	线路中心距离(背对背型式)/m	13.1	11.6	10.6
	线路中心距离(面对面型式)/m	38.1	39.6	40.6
	线路中心距离(面对背型式)/m	12.5	14	15
非农业耕作区线路中心距离/m	线路中心距离(背对背型式)/m	13.1	11.6	10.6
	线路中心距离(面对面型式)/m	38.1	39.6	40.6
	线路中心距离(面对背型式)/m	12.5	14	15

由上表可以看出,F塔采用背对背布置外,塔位布置同步时线路中心最小距离控制条件均为铁塔尺

寸控制,而且电磁环境及导线线间距离要求均远小于铁塔相碰要求的线路中心距离。同时在多条特高压线路共走廊时,与相邻线路之间宽度将增大。

如果采用双杯塔,根据前面双杯塔图可以看出,铁塔相碰要求的线路中心距离为 25m(考虑 1m 裕度),比采用面对背时节节约 1.6m 走廊,且不受铁塔布置方式限制。

由以上分析可以得出,在多条特高压共走廊情况下,采用双杯塔走廊宽度比 F 塔小,且走廊宽度不

受铁塔布置方案影响。

#### 4 铁塔及基础指标分析

下面选取以下设计条件,比较 F 塔与双杯塔塔重和基础工程量。

导线:6×JL1/G3A-1250-70;地线:JLB20A-150  
 风速:30m/s;覆冰:10mm  
 水平档距:600m;垂直档距:750m  
 计算呼高:60m

表 4 F 塔与双杯塔塔重和基础工程量比较

塔型	估算塔重	上拔力/kN			下压力/kN		
		T	Tx	Ty	N	Nx	Ny
F 塔	99 400	2 076.9	295.1	251.1	2 956	364.5	372.8
双杯塔	94 348.3	2 000	260	246	2 696	337	325
双杯/F 塔	0.95	0.96	0.88	0.98	0.91	0.92	0.87

由表 4 可以看出,双杯塔塔重比 F 塔减少约 5%;基础作用力上拔力相差不大,下压力相差 10%左右,在下压控制基础情况下,基础混凝土量及钢筋量均可大大减少。由此看出采用双杯塔经济性优于 F 塔。

#### 5 结论

根据以上分析得出以下结论:

1) 在走廊拥挤地区采用双杯塔优于 F 塔,此种布置方式导地线荷载关于铁塔中心对称,铁塔受力均匀,与转角塔配合方便,且受场地限制较小,定位与常规塔一样。

2) 在一个耐张段 F 塔地线在各种方案中均需要带角度。双杯塔在各种布置方案中只有普通直线

塔与 F 塔连接处需要带角度,且角度力对整塔有平衡效果,所以在铁塔布置方面双杯塔优于 F 塔。

3) 在单独一条特高压直流线路的狭长走廊内,双杯塔塔基位于线路走廊之内,不增加走廊宽度。所以在狭长走廊内,采用双杯塔优于 F 塔。

4) 在多条特高压共走廊情况下,采用双杯塔走廊宽度比 F 塔小,且走廊宽度不受铁塔布置方案影响。

5) 根据计算,双杯塔塔重比 F 塔减少约 5%,基础作用力上拔力相差不大,下压力相差 10%左右,在下压控制基础情况下,基础混凝土量及钢筋量均可大大减少,采用双杯塔经济性优于 F 塔。

(编辑 胡 玥)