

架空输电线路自立式铁塔 试验方案

华北电力设计院工程有限公司

2011 年 11 月

目 录

1. 前言
2. 铁塔真型试验的意义
3. 杆塔试验站
4. 杆塔真型试验方案主要内容
5. 真型试验方案实例
7. 结束语

架空输电线路自立式铁塔试验方案

1. 前言

铁塔结构是输电线路工程的直接支撑结构，其安全可靠性和直接关系到整个电网的稳定运行，我国输电线路工程常用的自立式铁塔结构一般有角钢塔、钢管塔、钢管杆、水泥杆等。

输电线路杆塔真型试验是为了检验杆塔设计计算的正确性、选材的准确性、节点构造的合理性、加工工艺的可行性和加工、组装的质量等，是检查和验证杆塔整体质量和安全度的最后一道程序，也是最直接验证杆塔结构应用的可靠性和为在输电线路工程中应用提供理论依据和技术支撑。

2. 铁塔真型试验的意义

杆塔真型试验，就是将输电线路杆塔按照 1:1 的比例制造出样品，即试验塔，然后模拟真实的运行工况对试验塔施加不同方向外力，从而检验该塔型的设计和制造是否合理可靠。

验证试验是对真型杆塔进行设计验证的试验，主要目的是检验杆塔设计特性的符合性；研究及验证新的设计标准或设计方法；对新的加工制造工艺研究、验证等。

对输电线路杆塔进行真型试验，验证杆塔结构在工程中的安全性和经济合理性，不仅为输电线路工程杆塔优化设计提供试验数据，也为输电线路工程建设和安全运行提供技术支持，是保证输电线路杆塔结构经济可靠运行的关键，意义重大，具有良好的经济效益和社会效益。

3. 杆塔试验站

中国电力科学研究院杆塔试验站是我国唯一的经过质量认证的进行输电线路杆塔真型试验的，它包括良乡杆塔试验站和霸州特高压杆塔试验基地两个位置，霸州特高压杆塔试验基地是当今世界上规模最大、试验能力最强、功能最完善的杆塔试验基地，其万能基础、加荷塔架、组装塔吊、加载控制系统、液压加载系统、部件试验室、整体试验能力等七项主要技术装备和性能指标居该领域世界首位。3座加荷塔即纵向、横向和纵向反加荷塔各一座，为世界同类基地所设置的最高的加荷塔，加荷塔架高 130 m，应变监测点 208 个点，

良乡杆塔试验站有两处加荷塔架，一处加荷塔架高 50 m，应变监测点 40 个点，另处塔架高 100 m，设有升降机，应变监测点 120 个点。

4. 杆塔真型试验方案主要内容

杆塔进行真型试验时需编制试验方案，试验方案应包括但不限于以下内容：

1) 试验目的

真型试验类型：验证试验（验收试验）或抽样试验；

2) 设计条件

3) 塔型、电压等级、回路数、铁塔呼称高、全高、导线及地线牌号、气象条件、设计档距、最大基础作用力等，试验铁塔单线图。

4) 试验工况

杆塔试验工况，按杆塔计算书选取荷载控制工况，提出试验工况的实施次序，次序宜采用对后续试验结果影响由小到大的次序。

5) 加荷点布置

说明施加荷载的方法，并需将塔身均布风荷载变成集中荷载，加在设定的

位置节点上。

6) 荷载级别和持续时间

试验荷载的级别按 50%、75%、90%、95%和 100%选取，超载破坏性试验的工况，其荷载达到设计荷载的 100%后，应按 5%的级差加至破坏。

对于每一级荷载，加荷应尽可能平稳、均匀，各试验工况 100%级别的荷载应最少持续 1min，最多 5min，荷载持续的时间应在试验方案中明确。

7) 变形观测

各试验工况均应进行变形（位移）观测，位移测点的位置应图示说明。

8) 应变观测

应变是试验观测的重要内容，应清楚表示试验塔应变片的位置和方向。

9) 试验工况加荷点荷载表

10) 其它

杆塔进行真型试验前，应向杆塔试验站提供试验塔结构图、试验方案、试验杆塔的基础型式，说明试验的预计日期，各试验工况中拍摄试验杆塔图像资料的部位等。

试验杆塔材料一般不做防腐处理，特殊要求时可考虑。

杆塔材料运至试验站时，设计人员应对试验杆塔使用的材料、杆件规格、连接构造等进行检查并对安装提出要求。

5. 真型试验方案实例

1) ZBS2 酒杯型直线塔试验方案

ZBS2 酒杯型直线塔是我国第一条交流特高压试验示范线路工程晋东南～南阳～荆门 1000kV 输电线路工程中我院设计的一种山区塔型，采用全方位长短腿。

(1) 试验目的

为验证塔型设计方案的合理性, 计算理论的正确性和塔型结构的安全可靠性, 对 ZBS2 酒杯型直线塔进行真型塔试验, 通过试验进行验证并应用于输电线路工程中, 试验为验收性试验。

- a) 正常设计荷载条件下, 铁塔的整体强度、刚度是否满足《关于晋东南-南阳-荆门 1000kV 输电线路工程初步设计工作大纲》和《架空送电线路杆塔结构设计技术规定 DL/T 5154-2002》的要求。
- b) 验收铁塔杆件设计及主要节点构造设计, 是否满足强度及稳定的要求。
- c) 铁塔在正常、断线、安装各工况情况下的安全可靠性。
- d) 检验塔身及横担的变形情况。
- e) 检验加工制造、施工安装、运行检修是否方便。

(2) 设计条件

- a) 电压等级 1000KV
- b) 回路数 单回路
- c) 试验铁塔呼称高 63.0 m (按长短腿试验)

顺线路方向正面为 2 个短腿 63m-6.0m 腿

后面为 2 个长腿 63m±0.0m 腿,

d) 导线及地线牌号

导线 8 X LGJ-500/35 钢芯铝绞线

地线 OPGW - 175

e) 气象条件

最大设计风速 $V = 30 \text{ m/s}$

最大覆冰厚度 $C = 10 \text{ mm}$

最低温度 $t = -15^{\circ}\text{C}$

f) 设计档距

水平档距 $LH=560\text{ m}$, 垂直档距 $Lv=800\text{ m}$, 规律档距 $Lo=400\text{ m}$

g) 线路转角 0°

h) 绝缘子悬挂方式

边相导线采用悬垂串, 中相导线采用 V 型串

(3) 试验工况

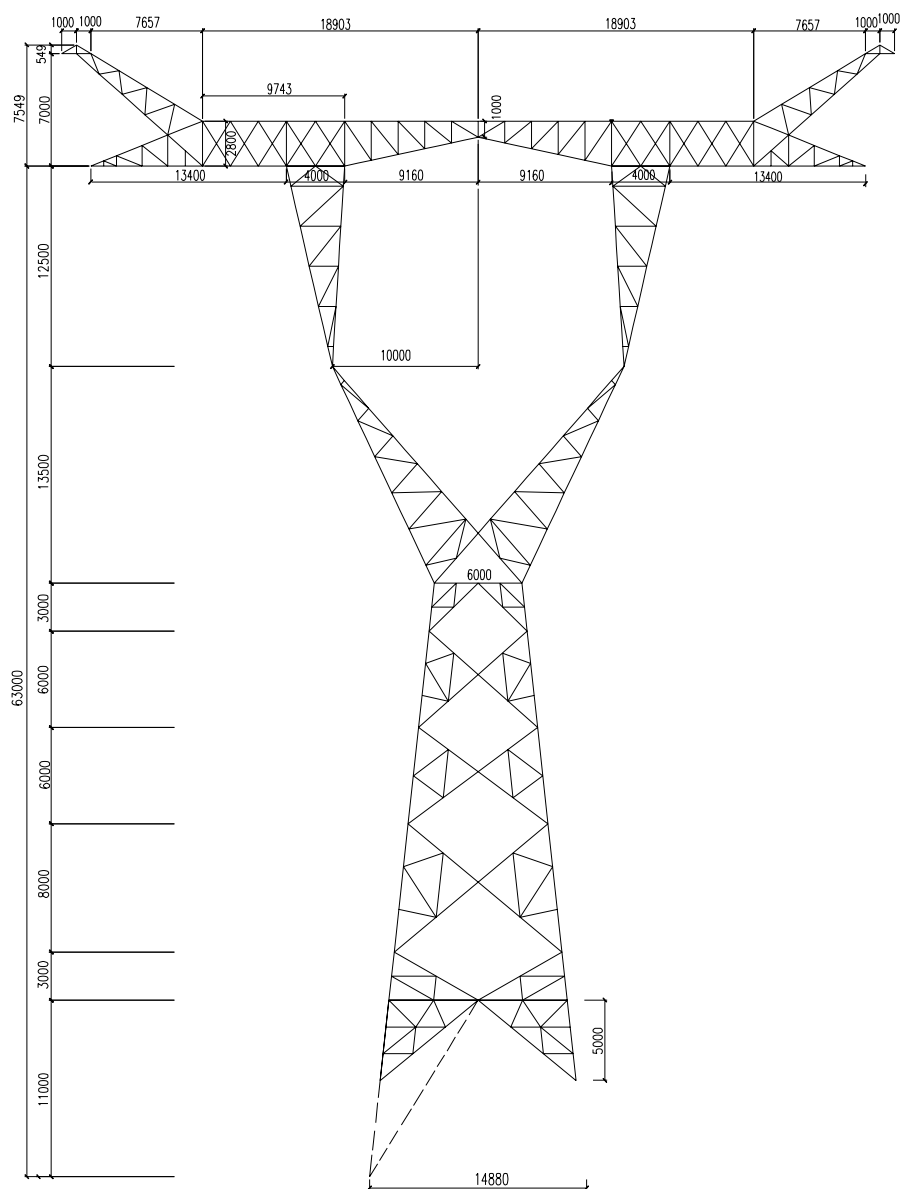
- (1) 事故断右侧地线 100%
- (2) 事故断右侧相导线 100%
- (3) 事故断中相导线 100%
- (4) 安装工况 右地线 1.5 倍起吊, 其余无线 100%
- (5) 安装工况 两地线已吊好, 右导线 1.5 倍起吊, 其余无线 100%
- (6) 安装工况 两地线、右导线已吊好, 中导线 1.5 倍起吊, 其余无线 100%
- (7) 安装工况 右侧地线锚线, 其余无线 100%
- (8) 安装工况 两地线已锚好, 右导线锚线, 其余无线 100%
- (9) 安装工况 两地线、右侧导线已锚好, 中导线锚线, 其余无线 100%
- (10) 正常 90° 最大风 100%
- (11) 正常 60° 最大风 100%
- (12) 正常 45° 最大风 100%
- (13) 正常 0° 最大风 100%
- (14) 正常覆冰工况 100%
- (15) 90° 正常最大风 超载 110%

试验项目, X、Y 方向水平荷载按 50%、75%、90%、95%、100%等级

加荷。

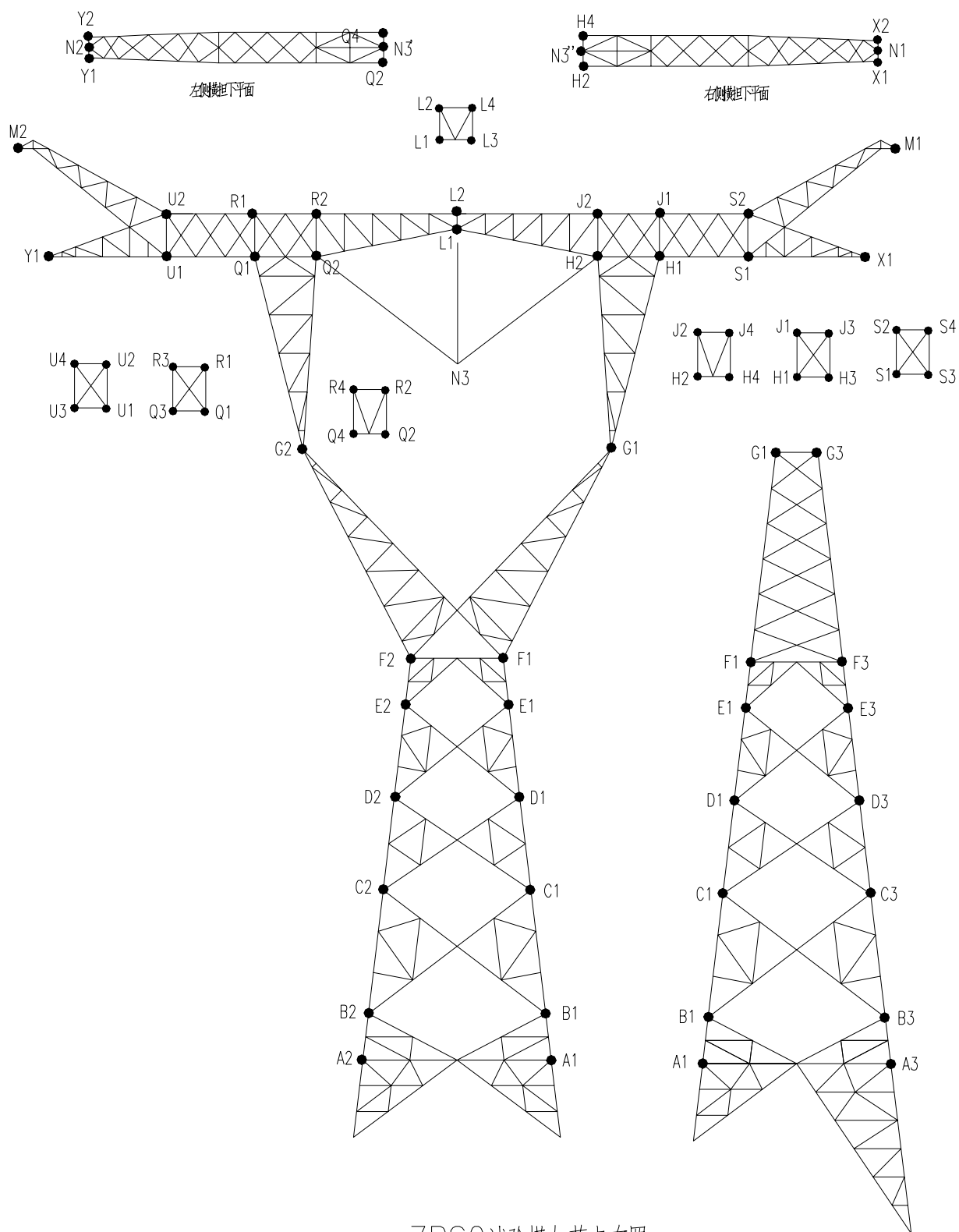
正常 90° 最大风加荷至 105%、110%。

(4) 试验铁塔单线图



ZBS2试验塔单线图

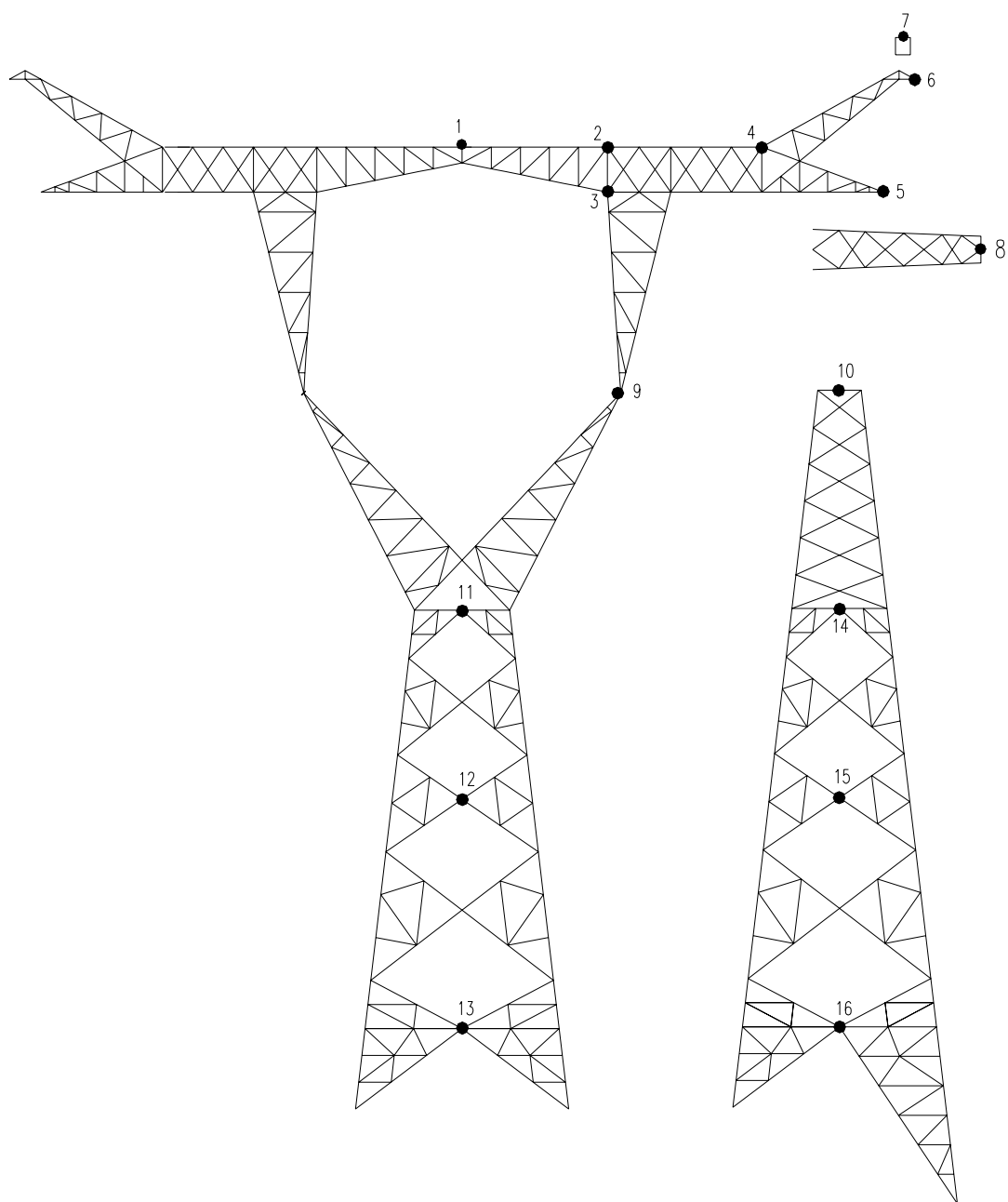
(5) 加荷点布置图



(6) 变形观测

各试验项目均应进行变形观测，每次加载稳定 5 分钟后，进行变形观测，卸载为零后需检测个部位杆件有无损坏现象，检查正常后才能进行下一项试验。

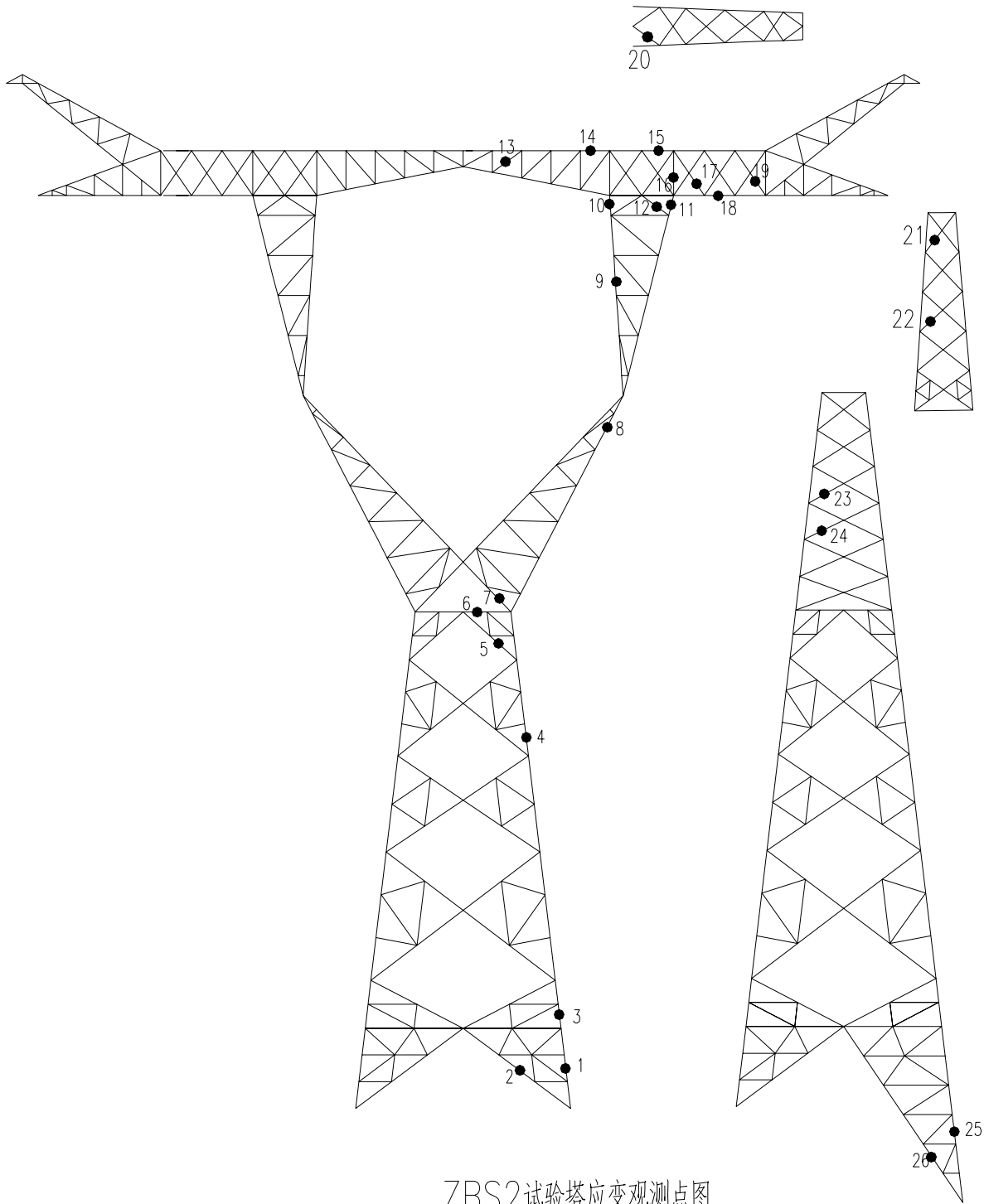
位移观测点位置图



ZBS2试验塔位移观测点布置图

(7) 应变观测

各试验项目均应进行应变观测，应变观测点图如下



(8) 试验工况加荷点荷载表

ZBS2 直线塔正常 90°最大风加荷表 100%

工况(1)

单位： KN

<div> <div>加荷</div> <div>等级</div> </div>		正常 90° 最大风		
		X	Y	Z
地 线	M 1	13.936		18.224
	M 2	13.936		15.187
导 线	N1	163.494		183.466
	N2	163.494		152.888
	N3 (N3' +N3' ')	167.979		195.676
塔头风荷载	Y1+Y2	10.198		
	U1+U2+U3+U4	20.611		
	R1+R2+R3+R4	5.113		
	Q1+Q2+Q3+Q4	33.562		
	G2+G4	66.078		
	L1+L2+L3+L4	26.574		
	X1+X2	8.665		
	S1+S2+S3+S4	19.356		
	J1+J2+J3+J4	4.577		
	H1+H2+H3+H4	29.925		
	G1+G3	57.781		
塔身风荷载	F1+F2+F3+F4	106.279		
	E1+E2+E3+E4	34.496		
	D1+D2+D3+D4	42.703		
	C1+C2+C3+C4	43.319		
	B1+B2+B3+B4	30.400		
	A1+A2+A3+A4	41.328		

ZBS2 直线塔正常 60°最大风加荷表 100%

工况(2)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	正常 60° 最大风		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		10.450		18.224
	M 2		10.450		15.187
导 线	N1		122.619		183.466
	N2		122.619		152.888
	N3 (N3' +N3' ')		125.983		195.676
塔 头 风 荷 载	Y1+Y2		10.395	12.702	
	U1+U2+U3+U4		21.923	19.681	
	R1+R2+R3+R4		6.579	14.264	
	Q1+Q2+Q3+Q4		34.373	35.660	
	G2+G4		61.834	23.799	
	L1+L2+L3+L4		26.574	23.252	
	X1+X2		8.665	12.611	
	S1+S2+S3+S4		21.556	18.562	
	J1+J2+J3+J4		6.179	14.033	
	H1+H2+H3+H4		31.656	33.646	
	G1+G3		55.899	21.514	
塔 身 风 荷 载	F1+F2+F3+F4		94.162	66.760	
	E1+E2+E3+E4		32.950	19.022	
	D1+D2+D3+D4		41.065	23.710	
	C1+C2+C3+C4		42.715	24.659	
	B1+B2+B3+B4		30.695	17.722	
	A1+A2+A3+A4		44.525	25.706	

ZBS2 直线塔正常 45°最大风加荷表 100%

工况(3)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	正常 45° 最大风		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		6.967	2.090	18.224
	M 2		6.967	2.090	15.187
导 线	N1		81.748	24.523	183.466
	N2		81.748	24.523	152.888
	N3 (N3' +N3' ')		83.990	25.196	195.676
塔 头 风 荷 载	Y1+Y2		10.309	13.025	
	U1+U2+U3+U4		21.326	24.036	
	R1+R2+R3+R4		6.868	17.328	
	Q1+Q2+Q3+Q4		30.073	48.276	
	G2+G4		51.279	34.185	
	L1+L2+L3+L4		26.574	23.254	
	X1+X2		8.665	12.936	
	S1+S2+S3+S4		21.782	22.934	
	J1+J2+J3+J4		6.641	17.106	
	H1+H2+H3+H4		28.529	46.292	
	G1+G3		47.909	31.940	
塔 身 风 荷 载	F1+F2+F3+F4		77.179	95.209	
	E1+E2+E3+E4		28.215	28.215	
	D1+D2+D3+D4		34.964	34.964	
	C1+C2+C3+C4		36.369	36.369	
	B1+B2+B3+B4		26.137	26.137	

	A1+A2+A3+A4	37.909	37.909	
--	-------------	--------	--------	--

ZBS2 直线塔正常 0°最大风加荷表 100%

工况(4)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	正常 0° 最大风		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1			3.484	18.224
	M 2			3.484	15.187
导 线	N1			44.237	183.466
	N2			44.237	152.888
	N3 (N3' +N3' ')			48.721	195.676
塔 头 风 荷 载	Y1+Y2			18.606	
	U1+U2+U3+U4			34.182	
	R1+R2+R3+R4			26.032	
	Q1+Q2+Q3+Q4			61.083	
	G2+G4			38.198	
	L1+L2+L3+L4			33.217	
	X1+X2			18.606	
	S1+S2+S3+S4			34.182	
	J1+J2+J3+J4			26.032	
	H1+H2+H3+H4			61.083	
	G1+G3			38.198	
塔 身 风 荷	F1+F2+F3+F4			103.685	
	E1+E2+E3+E4			30.757	
	D1+D2+D3+D4			37.619	
	C1+C2+C3+C4			38.907	

载	B1+B2+B3+B4		27.936	
	A1+A2+A3+A4		40.576	

ZBS2 直线塔正常覆冰加荷表 100%

工况(5)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	正常覆冰		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		4.310		27.368
	M 2		4.310		24.858
导 线	N1		39.202		279.576
	N2		39.202		252.937
	N3 (N3' +N3' ')		40.163		299.485
塔 头 风 荷 载	Y1+Y2		1.170		
	U1+U2+U3+U4		2.285		
	R1+R2+R3+R4		0.585		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.912		
	G2+G4		7.678		
	L1+L2+L3+L4		2.994		
	X1+X2		0.995		
	S1+S2+S3+S4		2.168		
	J1+J2+J3+J4		0.530		
	H1+H2+H3+H4		3.536		
	G1+G3		6.718		
塔 身 风	F1+F2+F3+F4		11.938		
	E1+E2+E3+E4		3.690		
	D1+D2+D3+D4		4.620		

荷载	C1+C2+C3+C4	4.780		
	B1+B2+B3+B4	3.407		
	A1+A2+A3+A4	4.860		

ZBS2 直线塔断右地线加荷表 100%

工况(6)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	右侧地线断线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1			42.847	18.744
	M 2				15.620
导 线	N1				167.821
	N2				139.851
	N3 (N3' +N3' ')				180.031
塔头风荷载	Y1+Y2				
	U1+U2+U3+U4				
	R1+R2+R3+R4				
	Q1+Q2+Q3+Q4				
	G2+G4				
	L1+L2+L3+L4				
	X1+X2				
	S1+S2+S3+S4				
	J1+J2+J3+J4				
	H1+H2+H3+H4				
	G1+G3				
塔	F1+F2+F3+F4				
	E1+E2+E3+E4				

身 风 荷 载	D1+D2+D3+D4			
	C1+C2+C3+C4			
	B1+B2+B3+B4			
	A1+A2+A3+A4			

ZBS2 直线塔断右导线加荷表 100%

工况(7)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	右侧导线断线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1				18.744
	M 2				15.620
导 线	N1			100.697	167.821
	N2				139.851
	N3 (N3' +N3' ')				180.031
塔 头 风 荷 载	Y1+Y2				
	U1+U2+U3+U4				
	R1+R2+R3+R4				
	Q1+Q2+Q3+Q4				
	G2+G4				
	L1+L2+L3+L4				
	X1+X2				
	S1+S2+S3+S4				
	J1+J2+J3+J4				
	H1+H2+H3+H4				
	G1+G3				
	F1+F2+F3+F4				

塔身风荷载	E1+E2+E3+E4			
	D1+D2+D3+D4			
	C1+C2+C3+C4			
	B1+B2+B3+B4			
	A1+A2+A3+A4			

ZBS2 直线塔断中相导线加荷表 100%

工况(8)

单位： KN

加 荷 点		加荷等级	中相导线断线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1				18.744
	M 2				15.620
导 线	N1				167.821
	N2				139.851
	N3 (N3' +N3' ')			100.697	180.031
塔头风荷载	Y1+Y2				
	U1+U2+U3+U4				
	R1+R2+R3+R4				
	Q1+Q2+Q3+Q4				
	G2+G4				
	L1+L2+L3+L4				
	X1+X2				
	S1+S2+S3+S4				
	J1+J2+J3+J4				
	H1+H2+H3+H4				
	G1+G3				

塔身风荷载	F1+F2+F3+F4			
	E1+E2+E3+E4			
	D1+D2+D3+D4			
	C1+C2+C3+C4			
	B1+B2+B3+B4			
	A1+A2+A3+A4			

ZBS2 直线塔安装工况(1)加荷表 100%

工况(9)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	右地线 1.5 倍起吊		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		1.660		42.485
	M 2				
导 线	N1				
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')				
塔头风荷载	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		
	G2+G4		6.498		
	L1+L2+L3+L4		2.561		
	X1+X2		0.830		
	S1+S2+S3+S4		1.798		
	J1+J2+J3+J4		0.438		
	H1+H2+H3+H4		2.964		

	G1+G3	5.684		
塔身风荷载	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

ZBS2 直线塔安装工况(2)加荷表 100%

工况(10)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	右导线 1.5 倍起吊		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		1.660		18.392
	M 2		1.660		15.326
导 线	N1		19.362		303.123
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')				
塔头风荷载	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		
	G2+G4		6.498		
	L1+L2+L3+L4		2.561		
	X1+X2		0.830		
	S1+S2+S3+S4		1.798		
	J1+J2+J3+J4		0.438		

塔身风荷载	H1+H2+H3+H4	2.964		
	G1+G3	5.684		
	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

ZBS2 直线塔安装工况(3)加荷表 100%

工况(11)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	中相导线 1.5 倍起吊		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		1.660		18.392
	M 2		1.660		15.326
导 线	N1		19.362		174.963
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')		19.795		
	L1+L3				324.276
塔头风荷载	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		
	G2+G4		6.498		
	L1+L2+L3+L4		2.561		
	X1+X2		0.830		

	S1+S2+S3+S4	1.798		
	J1+J2+J3+J4	0.438		
	H1+H2+H3+H4	2.964		
	G1+G3	5.684		
塔身风荷载	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

ZBS2 直线塔安装工况(4)加荷表 100%

工况(12)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	右側地线锚线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		0.831	4.388	45.593
	M 2				
导 线	N1				
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')				
塔头风荷载	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		
	G2+G4		6.498		
	L1+L2+L3+L4		2.561		
	X1+X2		0.830		

	S1+S2+S3+S4	1.798		
	J1+J2+J3+J4	0.438		
	H1+H2+H3+H4	2.964		
	G1+G3	5.684		
塔身风荷载	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

ZBS2 直线塔安装工况(5)加荷表 100%

工况(13)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	右側导线锚线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		0.831	3.989	39.475
	M 2		0.831	3.989	32.896
导 线	N1		9.897	26.505	303.448
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')				
塔头风荷	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		
	G2+G4		6.498		
	L1+L2+L3+L4		2.561		

载	X1+X2	0.830		
	S1+S2+S3+S4	1.798		
	J1+J2+J3+J4	0.438		
	H1+H2+H3+H4	2.964		
	G1+G3	5.684		
塔身风荷载	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

ZBS2 直线塔安装工况(6)加荷表 100%

工况(14)

单位：KN

加 荷 点		加荷等级	中相导线锚线		
		方向	X	Y	Z
地 线	M 1		0.831	3.989	39.475
	M 2		0.831	3.989	32.896
导 线	N1		9.897	24.094	262.726
	N2				
	N3 (N3' +N3' ')		10.331	26.505	
	L1+L3				316.268
塔	Y1+Y2		0.973		
	U1+U2+U3+U4		1.910		
	R1+R2+R3+R4		0.489		
	Q1+Q2+Q3+Q4		3.325		

头 风 荷 载	G2+G4	6.498		
	L1+L2+L3+L4	2.561		
	X1+X2	0.830		
	S1+S2+S3+S4	1.798		
	J1+J2+J3+J4	0.438		
	H1+H2+H3+H4	2.964		
	G1+G3	5.684		
塔 身 风 荷 载	F1+F2+F3+F4	10.135		
	E1+E2+E3+E4	3.152		
	D1+D2+D3+D4	3.943		
	C1+C2+C3+C4	4.074		
	B1+B2+B3+B4	2.901		
	A1+A2+A3+A4	4.080		

2) SZ272 同塔双回直线钢管塔试验方案

SZ272 同塔双回直线钢管塔是皖电东送淮南-上海 1000kV 交流输电线路工程中的一种塔型，是我国第一条交流特高压同塔双回路线路工程，全线采用钢管塔。

1) 试验目的

SZ272 直线塔是平地段 27 m/s 风区应用最多的塔型，为验证塔型设计方案的合理性, 计算理论的正确性和塔型结构、节点构造和连接法兰的安全可靠性，对 SZ272 直线塔进行真型塔试验, 通过试验进行验证并应用于输电线路工程中；

a) 正常设计荷载各种组合工况条件下，钢管铁塔的整体强度、刚度是否满足相关设计技术规范规范和《皖电东送淮南-上海 1000kV 交流输电线路工程设计工作大纲》的要求，试验为验收性试验。

- b) 铁塔杆件设计、主要节点构造设计及连接法兰设计, 是否满足强度及稳定的要求。
- c) 铁塔在正常、断线、安装各工况情况下的安全可靠性。
- d) 检验塔身及横担的变形情况。
- e) 检验加工制造、施工安装、运行检修是否方便。

2) 设计条件

- 1) 电压等级 1000KV
- 2) 回路数 同塔双回路
- 3) 试验铁塔呼称高 54.0 m
- 4) 试验铁塔呼称高 100.6 m
- 5) 试验塔单基重量 142.06 t

5) 导线及地线牌号

导线 8 X LGJ-630/45 钢芯铝绞线
地线 一根 LBGJ-240 另根 OPGW - 240

6) 气象条件

最大设计风速 $V = 27 \text{ m/s}$
最大覆冰厚度 $C = 10 \text{ mm}$
验算覆冰厚度 $C = 20 \text{ mm}$
最低温度 $t = -20^{\circ}\text{C}$

7) 设计档距

水平档距 $LH=510 \text{ m}$
垂直档距 $L_v=650 \text{ m}$

8) 线路转角 0°

9) 绝缘子悬挂方式

导线及地线均采用悬垂串

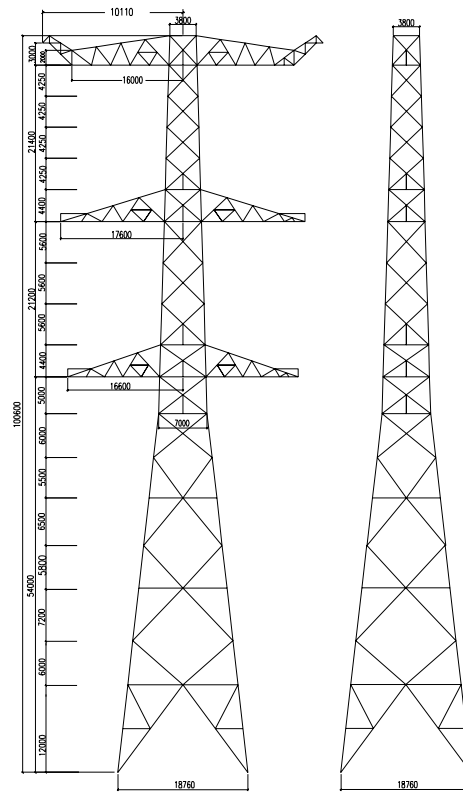
3) 试验工况

- (1) 事故断右侧地线、右上导线，其余未断 100%
- (2) 事故断右上导线、右中导线，其余未断 100%
- (3) 事故断右中导线、右下导线，其余未断 100%
- (4) 事故断右上导线、左上导线，其余未断 100%
- (5) 安装工况 右侧地线锚线，其余无线 100%
- (6) 安装工况 两地线已锚好，右侧上导线锚线，其余导线无线 100%
- (7) 安装工况 两地线已锚好，右侧中导线锚线，其余导线无线 100%
- (8) 正常覆冰工况 100%
- (9) 正常 90° 最大风 100%
- (10) 正常 60° 最大风 100%
- (11) 正常 45° 最大风 100%
- (12) 正常 0° 最大风 100%
- (13) 正常 60° 最大风（最小垂直档距） 100%
- (14) 60° 正常最大风 超载 120%

试验项目，X、Y 方向水平荷载按 50%、75%、90%、95%、100% 等级加荷。

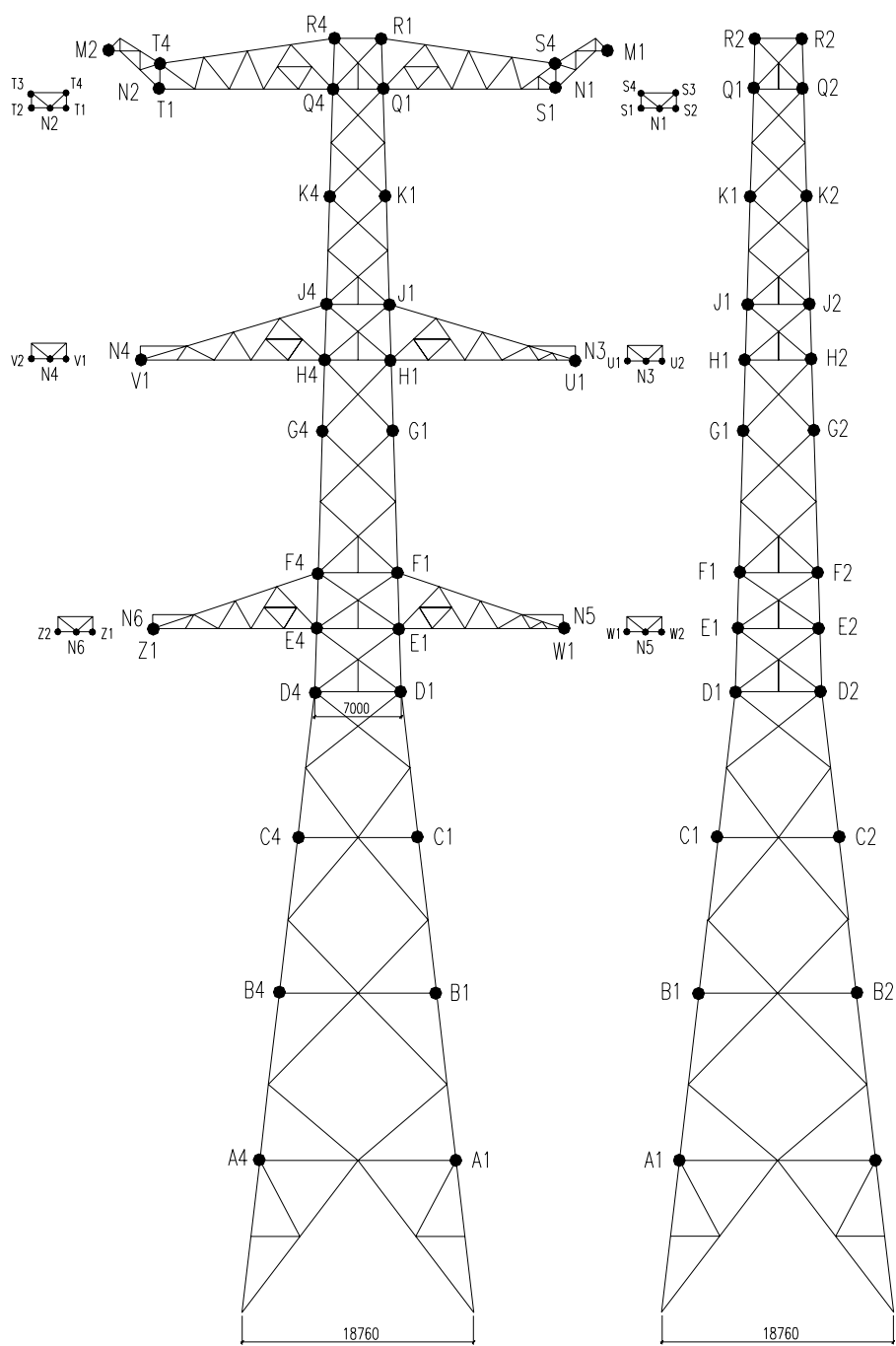
正常 60° 最大风加荷至 100%后进行超载试验，105%、110%、115%、120%。

4) 试验铁塔单线图



SZ272 试验塔单线图

5) 加荷点布置图

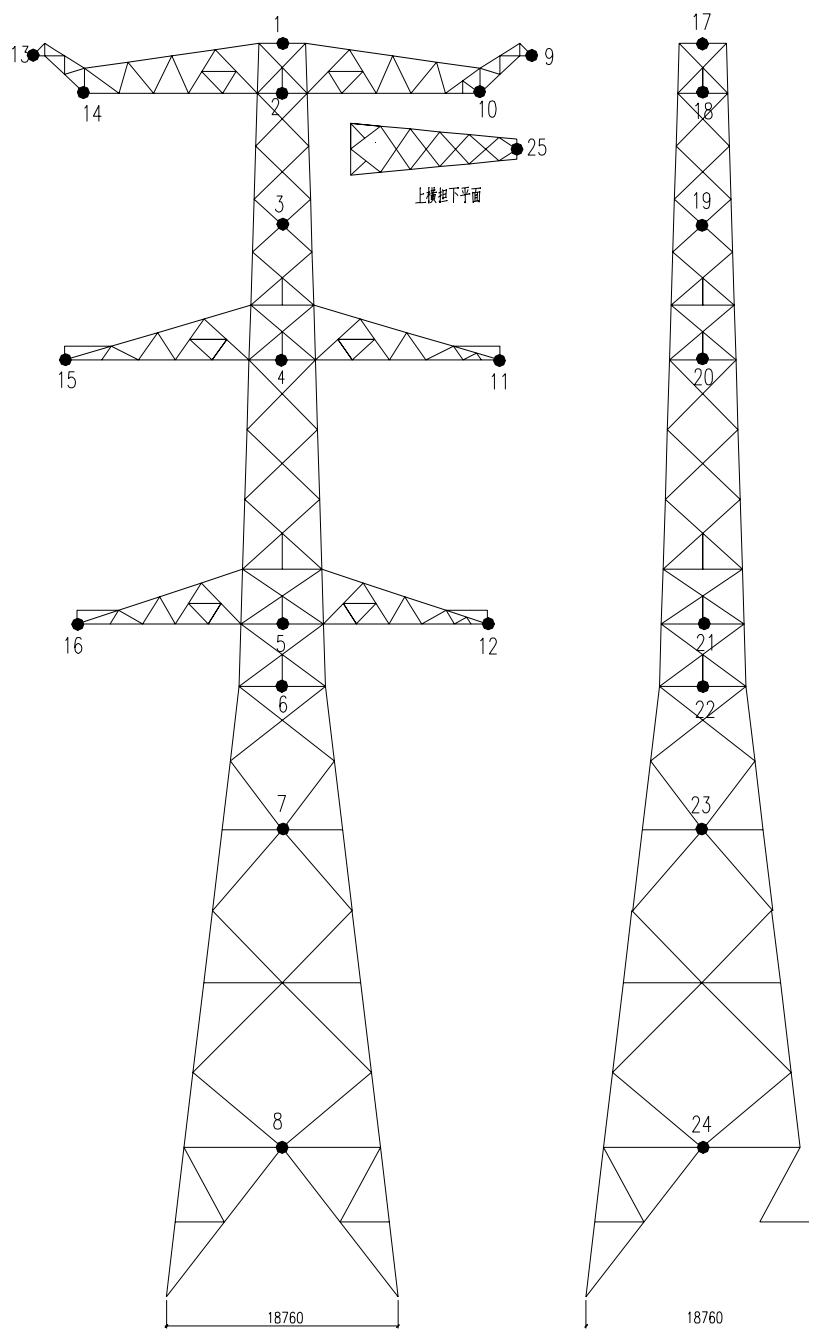


SZ272试验塔加荷点布置图

6) 变形观测

各试验项目均应进行变形观测,位移观测点位置见附图(三)

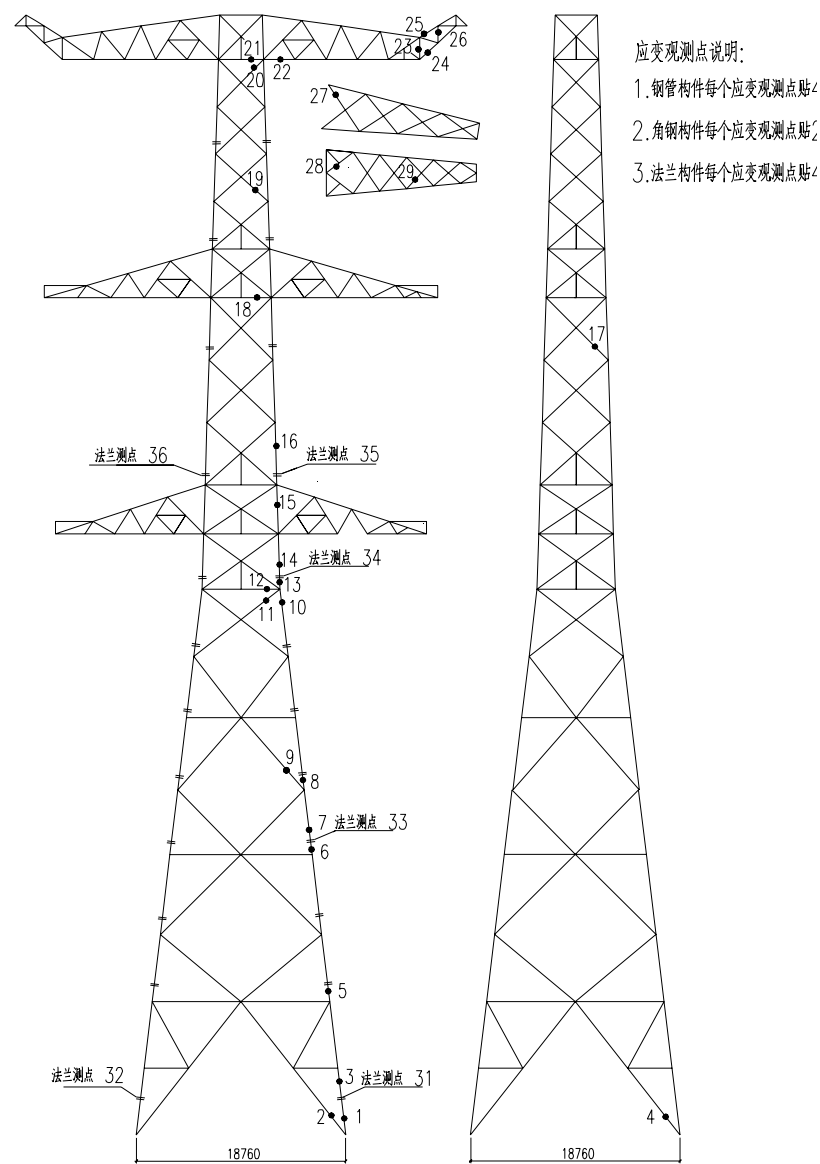
每次加载稳定 5 分钟后,进行变形观测,卸载为零后需检测个部位杆件有无损坏现象,检查无异常后才能进行下一项试验。



SZ272试验塔位移观测点布置图

7) 应变观测

各试验项目均应进行应变观测，应变观测点见附图



SZ272试验塔应变点观测布置图

8) 试验工况加荷点荷载表 (略)

7. 结束语

输电线路杆塔真型试验对保障线路的安全可靠运行具有重要意义，特高压交直流工程、单双回路紧凑型线路、国网公司典型设计等多个具有代表性的塔型通过真型试验发现薄弱点，使塔型设计更合理和经济，确保输电线路建设体现“资源节约型、环境友好型，新技术、新材料、新工艺”的两型三新的原则。