

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CEC 143—2017

超高性能混凝土电杆

Ultra-High performance concrete pole

2017-05-15 发布

2017-08-01 实施

中国电力企业联合会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 产品分类	2
5 原材料、混凝土配制及构造	12
5.1 原材料	12
5.2 混凝土配制	13
5.3 构造	14
6 技术要求	15
6.1 混凝土抗压强度	15
6.2 耐久性能	15
6.3 外观质量	15
6.4 尺寸允许偏差	16
6.5 保护层厚度	17
6.6 力学性能	17
6.7 抗撞击性能	17
7 试验方法	18
7.1 混凝土抗压强度	18
7.2 混凝土耐久性能	18
7.3 外观质量、尺寸	18
7.4 保护层厚度	19
7.5 力学性能	19
7.6 抗撞击性能	19
8 检验规则	19
8.1 检验分类	19
8.2 出厂检验	19
8.3 型式检验	20
9 标志与产品合格证	21
9.1 标志	21
9.2 产品合格证	22
10 贮存与运输	22
10.1 贮存	22
10.2 运输	23
附录 A （规范性附录） 电杆力学性能试验方法	24
附录 B （规范性附录） 电杆抗撞击性能试验方法	29

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国架空线路标准化技术委员会（SAC/TC 202）归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、鞍山铁塔开发研制中心、鞍山远达电网工程有限公司、国网河北省电力公司、河北省电力勘测设计研究院、北京交通大学、国网浙江省电力公司丽水供电公司、重庆宏达水泥制品有限公司。

本标准起草人：邢海军、祁锦明、李正、程永锋、安明喆、李占岭、刘光旺、马建春、李振福、张子富、吴华明、韩军科、吴春生、耿景都、王灿灿、李清华、武坤、朱彬荣、初金良、王旭明。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

超高性能混凝土电杆

1 范围

本标准规定了超高性能混凝土电杆的产品分类，原材料、混凝土配制及构造，技术要求，试验方法，检验规则，标志与产品合格证，贮存与运输等。

本标准适用于电力、通信及接触网架空线路的电杆、照明支柱和信号机柱等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 700 碳素结构钢

GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 2694 输电线路铁塔制造技术条件

GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝

GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒

GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB 8076 混凝土外加剂

GB 13788 冷轧带肋钢筋

GB/T 18046 水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰

GB 31387 活性粉末混凝土

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

JC/T 540 混凝土制品用冷拔低碳钢丝

JC/T 874 水泥用硅质原料化学分析方法

JGJ 18 钢筋焊接及验收规程

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 107 钢筋机械连接技术规程

TB/T 2922.1 铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 岩相法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete; UHPC

以水泥、矿物掺合料、细骨料、添加剂等原料生产的具有超高强度和耐久性能的细骨料混凝土。

3.2

钢筋超高性能混凝土电杆 reinforced ultra-high performance concrete pole

纵向受力钢筋为普通钢筋的超高性能混凝土电杆。

3.3

预应力超高性能混凝土电杆 prestressed ultra-high performance concrete pole

纵向受力钢筋全部为预应力钢筋，且正常使用状态下截面上混凝土不出现裂缝的超高性能混凝土电杆。

3.4

部分预应力超高性能混凝土电杆 partially prestressed ultra-high performance concrete pole

纵向受力钢筋由预应力钢筋与普通钢筋组合或全部为预应力钢筋，且正常使用状态下截面上混凝土允许出现裂缝但最大裂缝宽度不超过允许值的超高性能混凝土电杆。

3.5

薄壁超高性能混凝土电杆 ultra-high performance concrete thin-wall pole

壁厚在 30mm 及以下的超高性能混凝土电杆。

3.6

胶凝材料 binder or cementitious materials

用于配制混凝土的水泥和矿物掺合料的总称。

3.7

标准检验弯矩 standard test bending moment

正常使用状态下电杆检验位置处的检验弯矩值。

3.8

承载力检验弯矩 test bending moment of bearing capacity

承载能力极限状态下电杆检验位置处的检验弯矩值。

3.9

抗撞击性能 impact resistance

电杆抵抗在运输、装卸、安装及使用过程中发生的跌落、撞击及刮碰等荷载作用的能力。

3.10

气孔 stomata

浇筑过程中混凝土混入气泡而导致产品出现的微小孔。

4 产品分类

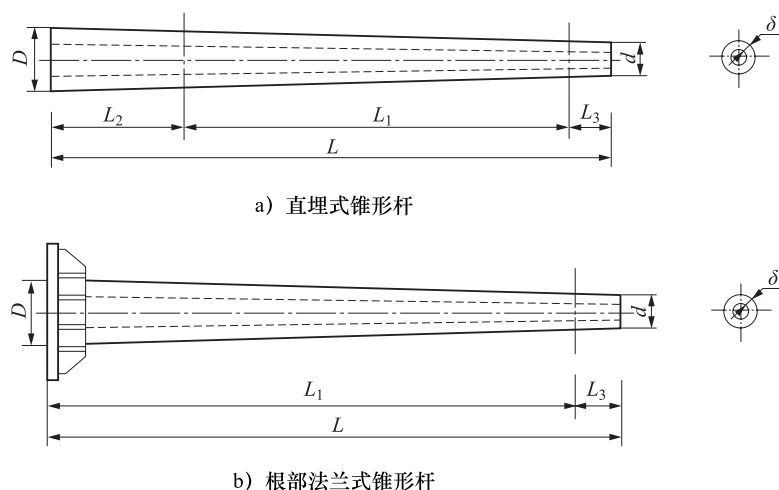
4.1 产品按外形分为锥形杆（代号为 Z）和等径杆（代号为 D），截面宜为环形，也可采用方形或多边形。产品按不同配筋方式分为钢筋超高性能混凝土电杆（代号为 G）、预应力超高性能混凝土电杆（代号为 Y）和部分预应力超高性能混凝土电杆（代号为 BY）三种。超高性能混凝土电杆锥形杆和等径杆均有整根杆和组装杆，组装杆杆段连接方式可分为法兰连接、焊接和插接。

4.2 产品按锥度分为 1/75 锥度（代号为 A）、1/50 锥度（代号为 B）和 1/37.5 锥度（代号为 C），也可

采用其他锥度。

4.3 电杆梢径（或直径）、长度、标准检验荷载、标准检验弯矩、承载力检验弯矩（承载力检验弯矩为标准检验弯矩的 2 倍），如表 1～表 4 所示，也可生产其他标准检验弯矩的电杆。

4.4 电杆与基础连接方式可分为直埋式和根部法兰式，如图 1 所示。



说明：

L —— 杆长；

L_1 —— 荷载点高度；

L_2 —— 支持点高度；

L_3 —— 梢端至荷载点距离；

D —— 根径；

d —— 梢径；

δ —— 壁厚。

图 1 电杆与基础连接方式

4.5 产品按外形代号、锥度（或锥度代号）、电杆梢径（或直径）、杆长、标准检验弯矩（或标准检验荷载代号）、品种代号和混凝土类型顺序进行标记。

注 1：梢径（或直径）单位为 mm；杆长单位为 m；标准检验荷载单位为 kN；标准检验弯矩单位为 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

注 2：锥形杆标准检验弯矩指支持点断面处的标准检验弯矩。

示例 1：

锥度为 1/75，梢径为 190mm、杆长为 12m、标准检验弯矩为 $39\text{kN} \cdot \text{m}$ 的部分预应力超高性能混凝土锥形杆，其标记为 ZA $\phi 190 \times 12 \times 39 \times \text{BY}$ (UHPC)。

示例 2：

锥度为 1/60，梢径为 230mm、杆长为 15m、标准检验荷载为 K 级的钢筋超高性能混凝土锥形杆，其标记为 Z60 $\phi 230 \times 15 \times \text{K} \times \text{G}$ (UHPC)。

示例 3：

直径为 300mm 的等径杆、杆长为 9m、标准检验弯矩为 $50\text{kN} \cdot \text{m}$ 的钢筋超高性能混凝土锥形杆，其标记为 D $\phi 300 \times 9 \times 50 \times \text{G}$ (UHPC)。

表 1 锥度为 1/75 的超高性能混凝土电杆（直埋式）标准检验弯矩表 kN·m

梢径 mm	L m	L ₁ m	L ₂ m	标准检验荷载 P kN															
				A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N			
				1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00			
130	6.00	4.75	1.00	4.75	5.94	7.12	8.31												
	7.00	5.55	1.20	5.55	6.94	8.32	9.71												
	8.00	6.45	1.30	6.45	8.06	9.68	11.28												
	9.00	7.25	1.50		9.06	10.88	12.69												
150	6.00	4.75	1.00		5.94	7.13	8.31	9.50	10.69	11.88	14.25	16.63							
	7.00	5.55	1.20		6.94	8.33	9.71	11.10	12.49	13.88	16.65	19.43							
	8.00	6.45	1.30		8.06	9.68	11.29	12.90	14.51	16.13	19.35	22.58							
	9.00	7.25	1.50			10.88	12.69	14.50	16.31	18.13	21.75	25.38							
	10.00	8.05	1.70			12.08	14.09	16.10	18.11	20.13	24.15	28.18							
梢径 mm	L m	L ₁ m	L ₂ m	标准检验荷载 P kN															
				E	G	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
				2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	13.00	15.00	18.00	21.00
190	8.00	6.45	1.30	12.90	16.13	19.35	22.58	25.80	32.25										
	9.00	7.25	1.50	14.50	18.13	21.75	25.38	29.00	36.25	43.50	50.75	58.00							
	10.00	8.05	1.70	16.10	20.13	24.15	28.18	32.20	40.25	48.30	56.35	64.40							
	12.00	9.75	2.00	19.50	24.38	29.25	34.13	39.00	48.75	58.50	68.25	78.00							
	13.00	10.55	2.20	21.10	26.38	31.65	36.93	42.20	52.75	63.30	73.85	84.40							
	15.00	12.25	2.50	24.50	30.62	36.75	42.88	49.00	61.25	73.50	85.75	98.00							

表 1 (续)

kN • m

梢径 mm	L m	L ₁ m	L ₂ m	标准检验荷载 P kN															
				E	G	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
				2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	13.00	15.00	18.00	21.00
190	18.00	15.25	2.50					61.00	76.25	91.50	106.75	122.00							
	21.00	18.25	2.50					73.00	91.25	109.50	127.75	146.00							
230	12.00	9.75	2.00					39.00	48.75	58.50	68.25	78.00	87.75	97.50	107.25				
	13.00	10.55	2.20					42.20	52.75	63.30	73.85	84.40	94.95	105.50	116.05				
	15.00	12.25	2.50					49.00	61.25	73.50	85.75	98.00	110.25	122.50	134.75				
	18.00	15.25	2.50					61.00	76.25	91.50	106.75	122.00	137.25	152.50	167.75				
	21.00	18.25	2.50					73.00	91.25	109.50	127.75	146.00	164.25	182.50	200.75				
	24.00	21.25	2.50					85.00	106.25	127.50	148.75	170.00							
	27.00	24.25	2.50					97.00	121.25	145.50	169.75								
梢径 mm	L m	L ₁ m	L ₂ m	标准检验荷载 P kN															
				M	N	O	P	Q	R	S	T	U	U1	U2	U3	V	V1	V2	V3
				6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	13.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	35.00	40.00	45.00
270	12.00	9.75	2.00	58.50	68.25	78.00	87.75	97.50	107.25	126.75	146.25	175.50	204.75						
	13.00	10.55	2.20	63.30	73.85	84.40	94.95	105.50	116.05	137.15	158.25	189.90	221.55						
	15.00	12.25	2.50	73.50	85.75	100.40	110.25	122.50	134.75	159.25	183.75	220.50	257.25						
	18.00	15.25	2.50	91.50	106.70	122.00	137.25	152.50	167.75	198.25	228.75	274.50	320.25						
	21.00	18.25	2.50	109.50	127.75	146.00	164.25	182.50	200.75	237.25	273.75	328.50	383.25						
	24.00	21.25	2.50	127.50	148.75	170.00	191.25	212.50	233.75	276.25	318.75	382.50	446.25						

kN • m

[illegible]

表 1（续）

kN · m

梢径 mm	L m	L ₁ m	L ₂ m	标准检验荷载 P kN														
				S	T	U	U1	U2	U3	V	V1	V2	V3	V4	W	W1	W2	W3
				13.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00
390	18.00	15.25	2.50	198.25	228.75	274.50	320.25	366.00	411.75									
	21.00	18.25	2.50		273.75	329.04	383.25											
	24.00	21.25	2.50		318.75	382.50	446.25											
430	10.00	8.05	1.70				169.05	193.20	217.35	241.50	281.75							
	11.00	8.85	1.90				185.85	212.40	238.95	265.50	309.75							
	12.00	9.75	2.00		146.25	175.50	204.75	234.00	263.25	292.50	341.25							
	13.00	10.55	2.20		158.25	189.90	221.55	253.20	284.85	316.50	369.25							
	15.00	12.25	2.50		183.75	220.50	257.25	294.00	330.75	367.50	428.75							
	18.00	15.25	2.50		228.75	274.50	320.25	366.00	411.75	457.50	533.75							
470	12.00	9.75	2.00			175.50	204.75	234.00	263.25	292.50	341.25	390.00	438.75					
	13.00	10.55	2.20			189.90	221.55	253.20	284.85	316.50	369.25	422.00	474.75					
	15.00	12.25	2.50			220.50	257.25	294.00	330.75	367.50	428.75	490.00	551.25					
	18.00	15.25	2.50						411.75	457.50	533.75	610.00	686.25					
510	12.00	9.75	2.00					234.00	263.25	292.50	341.25	390.00	438.75	487.50	585.00	682.50		
	13.00	10.55	2.20					253.20	284.85	316.50	369.25	422.00	474.75	527.50	633.00	738.50		
	15.00	12.25	2.50					294.00	330.75	367.50	428.75	490.00	551.25	612.50	735.00	857.50		

注 1: A、B、C…是不同标准检验荷载的代号。
 注 2: 本表所列标准检验弯矩 (M_k) 为用悬臂式试验时, 取梢端至荷载点距离 (L_3) 为 0.25m、在标准检验荷载作用下假定支持点 (L_2) 断面处的弯矩。电杆实际设计使用时, 应根据工程需要确定梢端至荷载点距离和支持点高度, 并按相应计算弯矩进行检验。
 注 3: 经供需双方协议, 可根据图纸生产其他承载力检验弯矩的电杆。

表 2 锥度 1/50 的超高性能混凝土电杆（根部法兰式）标准检验弯矩表 kN · m

L m	L_1 m	L_2 m	梢径 mm											
			270			310			350			430		
			标准检验荷载 P kN											
			U1	U2	U3	U3	V	V1	V	V1	V2	V2	V3	V4
			21	24	27	27	30	35	30	35	40	40	45	50
10.00	9.75	0.00	204.75	234.00	263.25	263.25	292.50	341.25	292.50	341.25	390.00			
12.00	11.75	0.00	246.75	282.00	317.25	317.25	352.50	411.25	352.50	411.25	470.00			
13.00	12.75	0.00	267.75	306.00	344.25	344.25	382.50	446.25	382.50	446.25	510.00			
14.00	13.75	0.00	288.75	330.00	371.25	371.25	412.50	481.25	412.50	481.25	550.00			
16.00	15.75	0.00	330.75	378.00	425.25	425.25	472.50	551.25	472.50	551.25	630.00			
18.00	17.75	0.00	372.75	426.00	479.25	479.25	532.50	621.25	532.50	621.25	710.00	710.00	798.75	887.50
21.00	20.75	0.00	435.75	498.00	560.25	560.25	622.50	726.25	622.50	726.25	830.00	830.00	933.75	1037.50
24.00	23.75	0.00	498.75	570.00	641.25	641.25	712.50	831.25	712.50	831.25	950.00	950.00	1068.75	1187.50
27.00	26.75	0.00	561.75	642.00	722.25	722.25	802.50	936.25	802.50	936.25	1070.00	1070.00	1203.75	1337.50
30.00	29.75	0.00	624.75	714.00	803.25	803.25	892.50	1041.25	892.50	1041.25	1190.00	1190.00	1338.75	1487.50
33.00	32.75	0.00	687.75	786.00	884.25	884.25	982.50	1146.25	982.50	1146.25	1310.00	1310.00	1473.75	1637.50
36.00	35.75	0.00	750.75	858.00	965.25	965.25	1072.50	1251.25	1072.50	1251.25	1430.00	1430.00	1608.75	1787.50
39.00	38.75	0.00	813.75	930.00	1046.25	1046.25	1162.50	1356.25	1162.50	1356.25	1550.00	1550.00	1743.75	1937.50

表 2（续）

kN·m

L m	L_1 m	L_2 m	梢径 mm											
			510			630			750			870		
			标准检验荷载 P kN											
			V4	W	W1	W1	W2	W3	W3	W4	W5	W5	X	X1
			50	55	60	60	65	70	70	75	80	80	85	90
10.00	9.75	0.00												
12.00	11.75	0.00												
13.00	12.75	0.00												
14.00	13.75	0.00												
16.00	15.75	0.00												
18.00	17.75	0.00	887.50	976.25	1065.00	1065.00	1153.75	1242.50	1242.50	1331.25	1420.00	1420.00	1508.75	1597.50
21.00	20.75	0.00	1037.50	1141.25	1245.00	1245.00	1348.75	1452.50	1452.50	1556.25	1660.00	1660.00	1763.75	1867.50
24.00	23.75	0.00	1187.50	1306.25	1425.00	1425.00	1543.75	1662.50	1662.50	1781.25	1900.00	1900.00	2018.75	2137.50
27.00	26.75	0.00	1337.50	1471.25	1605.00	1605.00	1738.75	1872.50	1872.50	2006.25	2140.00	2140.00	2273.75	2407.50
30.00	29.75	0.00	1487.50	1636.25	1785.00	1785.00	1933.75	2082.50	2082.50	2231.25	2380.00	2380.00	2528.75	2677.50
33.00	32.75	0.00	1637.50	1801.25	1965.00	1965.00	2128.75	2292.50	2292.50	2456.25	2620.00	2620.00	2783.75	2947.50
36.00	35.75	0.00	1787.50	1966.25	2145.00	2145.00	2323.75	2502.50	2502.50	2681.25	2860.00	2860.00	3038.75	3217.50
39.00	38.75	0.00	1937.50	2131.25	2325.00	2325.00	2518.75	2712.50	2712.50	2906.25	3100.00	3100.00	3293.75	3487.50
注 1: U1、U2、U3…是不同标准检验荷载的代号。 注 2: 本表所列标准检验弯矩 (M_K) 为用悬臂式试验时, 取梢端至荷载点距离 (L_3) 为 0.25m、在标准检验荷载作用下根部法兰处的弯矩。 注 3: 经供需双方协议, 可根据图纸生产其他承载力检验弯矩的电杆。														

表 3 锥度 1/37.5 的超高性能混凝土电杆（根部法兰式）标准检验弯矩表 kN·m

L m	L_1 m	L_2 m	梢径 mm																	
			310			390			510			630			790			950		
			标准检验荷载 P kN																	
			V	V1	V2	V3	V4	W	W1	W3	W4	W5	X	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
			30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
10.00	9.75	0.00	292.50	341.25	390.00	438.75	487.50	536.25	585.00	682.50	780.00	877.50	975.00	1072.50						
12.00	11.75	0.00	352.50	411.25	470.00	528.75	587.50	646.25	705.00	822.50	940.00	1057.50	1175.00	1292.50						
13.00	12.75	0.00	382.50	446.25	510.00	573.75	637.50	701.25	765.00	892.50	1020.00	1147.50	1275.00	1402.50						
14.00	13.75	0.00	412.50	481.25	550.00	618.75	687.50	756.25	825.00	962.50	1100.00	1237.50	1375.00	1512.50						
16.00	15.75	0.00	472.50	551.25	630.00	708.75	787.50	866.25	945.00	1102.50	1260.00	1417.50	1575.00	1732.50						
18.00	17.75	0.00	532.50	621.25	710.00	798.75	887.50	976.25	1065.00	1242.50	1420.00	1597.50	1775.00	1952.50	2130.00	2307.50	2485.00	2662.50	2840.00	3017.50
21.00	20.75	0.00	622.50	726.25	830.00	933.75	1037.50	1141.25	1245.00	1452.50	1660.00	1867.50	2075.00	2282.50	2490.00	2697.50	2905.00	3112.50	3320.00	3527.50
24.00	23.75	0.00	712.50	831.25	950.00	1068.75	1187.50	1306.25	1425.00	1662.50	1900.00	2137.50	2375.00	2612.50	2850.00	3087.50	3325.00	3562.50	3800.00	4037.50
27.00	26.75	0.00	802.50	936.25	1070.00	1203.75	1337.50	1471.25	1605.00	1872.50	2140.00	2407.50	2675.00	2942.50	3210.00	3477.50	3745.00	4012.50	4280.00	4547.50
30.00	29.75	0.00	892.50	1041.25	1190.00	1338.75	1487.50	1636.25	1785.00	2082.50	2380.00	2677.50	2975.00	3272.50	3570.00	3867.50	4165.00	4462.50	4760.00	5057.50
33.00	32.75	0.00	982.50	1146.25	1310.00	1473.75	1637.50	1801.25	1965.00	2292.50	2620.00	2947.50	3275.00	3602.50	3930.00	4257.50	4585.00	4912.50	5240.00	5567.50

表 3（续）kN·m

L m	L_1 m	L_2 m	梢径 mm																	
			310			390			510			630			790			950		
			标准检验荷载 P kN																	
			V	V1	V2	V3	V4	W	W1	W3	W4	W5	X	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
			30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
36.00	35.75	0.00	1072.50	1251.25	1430.00	1608.75	1787.50	1966.25	2145.00	2502.50	2860.00	3217.50	3575.00	3932.50	4290.00	4647.50	5005.00	5362.50	5720.00	6077.50
39.00	38.75	0.00	1162.50	1356.25	1550.00	1743.75	1937.50	2131.25	2325.00	2712.50	3100.00	3487.50	3875.00	4262.50	4650.00	5037.50	5425.00	5812.50	6200.00	6587.50
注 1：V、V1、V2…是不同标准检验荷载的代号。 注 2：本表所列标准检验弯矩（ M_K ）为用悬臂式试验时，取梢端至荷载点距离（ L_3 ）为 0.25m、在标准检验荷载作用下根部法兰处的弯矩。 注 3：经供需双方协议，可根据图纸生产其他承载力检验弯矩的电杆。																				

表 4 等径超高性能混凝土电杆标准检验弯矩表kN·m

直径 mm	长度：3.0m、4.5m、6.0m、9.0m、12.0m、15.0m								
300	20	25	30	35	40	45	50	60	
400	40	45	50	55	60	70	80	90	
500	70	75	80	85	90	95	100	110	120
550	90	115	135	155	180				
注 1：本表所列标准检验弯矩（M_K）为用简支式试验时，在标准检验荷载作用下两支持点间的最大弯矩。 注 2：经供需双方协议，可根据图纸生产其他承载力检验弯矩的电杆。									

5 原材料、混凝土配制及构造

5.1 原材料

5.1.1 胶凝材料

5.1.1.1 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 级的非早强型硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其性能应符合 GB 175 的规定。

5.1.1.2 粉煤灰应采用 I 级粉煤灰，其性能应符合 GB/T 1596 的规定；硅灰应符合 GB/T 27690 的规定；粒化高炉矿渣粉应采用 S95 以上的矿渣粉，其性能应符合 GB/T 18046 的规定。当采用其他矿物掺合料时，应通过试验进行验证，确定混凝土性能满足工程应用要求后方可使用。

5.1.2 集料

5.1.2.1 集料宜采用粒径 0.16mm~1.25mm 的石英砂，粒级按粗粒径砂（1.25mm~0.63mm）、中粒径砂（0.63mm~0.315mm）和细粒径砂（0.315mm~0.16mm）三个粒级，同一粒级中超过粒径范围的颗粒含量不得大于同一粒级石英砂总量的 5%，且不得含有泥块。其技术指标应符合表 5 的要求。

表 5 石英砂的技术指标 %

项 目	技 术 指 标
SiO ₂ 含量	≥97
氯离子含量	≤0.02
硫化物及硫酸盐含量	≤0.50
云母含量	≤0.50
含泥量	≤0.50

5.1.2.2 石英砂的筛分应按照 JGJ 52 的规定进行检验；石英砂的 SiO₂ 含量应按 JC/T 874 的规定进行检验；石英砂的氯离子含量、硫化物及硫酸盐含量、云母含量及泥含量应按 JGJ 52 的规定进行检验。

5.1.2.3 集料可选用级配 II 区的中砂，粒径大于 3mm 的颗粒含量宜小于 5%。天然砂的含泥量和泥块含量应符合表 6 的要求；人工砂的石粉含量应符合表 7 的要求。集料碱活性按 TB/T 2922.1 的规定检验矿物组成和碱活性类型，不应使用碳酸盐类碱活性矿物。硅质骨料按照 TB/T 2922.5 的规定进行碱活性评定，当 14d 砂浆棒长度膨胀率小于等于 0.10% 时，将骨料评定为非碱—硅酸反应活性骨料，可正常使用；当长度膨胀率大于 0.10% 且小于等于 0.20% 时，应采用有效抑制措施，并证明有效方可使用；当长度膨胀率大于 0.20% 时，严禁使用。砂的其他性能应符合 JGJ 52 的规定。

表 6 天然砂的含泥量和泥块含量 %

项 目	含泥量	泥 块 含 量
指标	≤1.0	≤0.5

表 7 人工砂的石粉含量 %

项 目	指 标
石粉含量	$MB < 1.4$ ≤5.0
	$MB \geq 1.4$ ≤3.0

5.1.3 水

混凝土拌和用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.4 外加剂

外加剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。减水剂宜选用高性能减水剂，减水率宜大于 30%。严禁使用氯盐类外加剂或其他对钢筋有腐蚀作用及影响混凝土蒸养性能的外加剂。

5.1.5 钢纤维

钢纤维宜采用高强度圆截面直纤维，其性能指标应符合表 8 的规定，其性能检验应按 GB 31387 进行。

表 8 钢纤维的性能指标

项 目	性 能 指 标
抗拉强度 (MPa)	≥ 2000
长度 (12mm~14mm 纤维比例) ^a (%)	≥ 96
直径 (0.18mm~0.22mm 纤维比例) ^b (%)	≥ 90
形状合格率 (%)	≥ 96
杂质含量 (%)	≤ 1.0
^a 50 根样品的长度平均值应在 12mm~14mm 范围内。 ^b 50 根样品的直径平均值应在 0.18mm~0.22mm 范围内。	

5.1.6 钢材

5.1.6.1 普通纵向受力钢筋宜采用热轧带肋钢筋，各项质量指标应符合 GB 1499.2 的规定。

5.1.6.2 预应力纵向受力钢筋宜采用低松弛预应力混凝土用钢丝、钢绞线和钢棒，各项质量指标应分别符合 GB/T 5223、GB/T 5224 和 GB/T 5223.3 的规定。

5.1.6.3 架立圈筋宜采用热轧光圆钢筋、冷拔低碳钢丝，各项质量指标应分别符合 GB 1499.1、JC/T 540 的规定。

5.1.6.4 螺旋筋宜采用冷拔低碳钢丝和冷轧带肋钢筋，各项质量指标应分别符合 JC/T 540、GB 13788 的规定。

5.1.6.5 法兰盘、钢板圈和插接套筒所用钢板牌号宜采用 Q235、Q345 和 Q420，各项质量指标应分别符合 GB/T 700、GB/T 1591 的规定。如有特殊情况，经试验验证可采用其他材质，并应符合相应标准要求。

5.2 混凝土配制

5.2.1 配合比

5.2.1.1 微硅粉用量不宜小于胶凝材料用量的 10%，水泥用量不宜小于胶凝材料用量的 50%。

5.2.1.2 水胶比不宜大于 0.22，胶凝材料用量不宜大于 1000kg/m^3 。

5.2.1.3 集料各个粒级的相对比例应遵循最密实堆积理论，单位体积混凝土中集料的堆积体积不宜大于混凝土体积的 80%。

5.2.1.4 超高性能混凝土的总氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

5.2.2 养护

5.2.2.1 成型后应先静停，静停时的温度应在 10℃ 以上且不宜高于 40℃，静停时间不应少于 4h。

5.2.2.2 静停后应高温养护，养护方式宜采用蒸汽养护，封闭成型时可采用干热养护。

5.2.2.3 高温养护时的温度控制宜采用自动控制系统。升温速度不应大于 15℃/h，升温至 85℃ 后，保持恒温（85℃±5℃）6h 以上，再以不超过 15℃/h 的降温速度降温，降温后的模具表面温度不高于环境温度 30℃ 时方可进行脱模。

5.3 构造

5.3.1 钢筋骨架

5.3.1.1 纵向受力钢筋应沿电杆环向均匀配置，锥形杆不得少于 6 根，等径杆不得少于 8 根。纵向受力钢筋直径不得大于壁厚的 2/5。端面应平整，不应有局部弯曲，表面不得有锈蚀和油污。

5.3.1.2 预应力钢筋调直下料后，其下料长度相对误差不应大于钢筋长度的 1.5/10 000。镦头的强度不得低于该材料标准强度的 98%。预应力钢筋不得断筋，张拉程度及应力控制方法应符合 GB 50204 的规定。

5.3.1.3 预应力钢筋不得有接头；普通钢筋允许有接头，其接头技术要求应符合 JGJ 18、JGJ 107、GB 50204 的规定。

5.3.1.4 纵向受力钢筋净距不宜小于集料最大粒径的 1.5 倍且不宜小于 15mm。当配筋太密时，可采取并筋布置，并筋的技术要求应符合 GB 50010 的规定；也可沿壁厚方向采取双层布筋，两层主筋之间应增置螺旋筋，增设的螺旋筋间距不应大于 200mm。

5.3.1.5 电杆在其全长度范围内均应配置螺旋筋，螺旋筋直径宜采用 2.5mm~6mm。当锥形杆的梢径大于等于 190mm、小于 230mm 时，螺旋筋直径不宜小于 3mm；当锥形杆的梢径或等径杆的直径大于等于 230mm 时，螺旋筋直径不宜小于 4mm。螺旋筋间距在距两端各 1.5m 内不宜大于 60mm，其余不得大于 120mm。所有杆段的两端螺旋筋应密缠 3 圈~5 圈。

5.3.1.6 除采用滚焊骨架外，纵向受力钢筋内侧应设架立圈或垫块，架立圈钢筋直径宜采用 4mm~10mm。当纵向受力钢筋直径大于 18mm 时，架立圈钢筋直径不宜小于 8mm。架立圈间距不宜大于 1000mm。垫块可采用单体垫块或连续垫块。垫块如采用黑色金属，应进行热镀锌防腐，若采用其他材料，除需保证防腐性能外还应保证其抗压强度不低于混凝土强度。

5.3.1.7 钢丝网、主筋绕丝直径宜采用 1.2mm~3mm，钢丝网、主筋绕丝保护层不大于 3mm 时，应进行热镀锌防腐处理。

5.3.1.8 骨架成型后，各部分尺寸应符合下列要求：

- a) 纵向受力钢筋间距偏差不得超过±5mm；
- b) 螺旋筋间距偏差不得超过±10mm；
- c) 架立圈间距偏差不应超过±20mm，垂直度偏差不应超过架立圈直径的 1/40。

5.3.2 电杆接头、预埋件及预留孔

5.3.2.1 电杆接头可采用法兰盘、钢板圈焊接、插接套筒等形式，其各项质量指标应符合 GB 50205 的规定，法兰盘、钢板圈和插接套筒宜采用热镀锌防腐处理，锌层质量应符合 GB 2694 中热浸镀锌件的锌层质量要求。

5.3.2.2 预应力钢筋宜采用镦头连接的方法，镦头的承力面应在同一平面内；普通钢筋应采用焊接连接或机械连接，其质量应分别符合 JGJ 18 和 JGJ 107 的规定。

5.3.2.3 预埋件、预留孔及泄水孔处应清理干净，定位允许偏差应按表 11 规定。接地螺母、脚钉母、

接线盒等的外露金属部分应有明显标记。所有外露金属面宜采用热镀锌防腐处理。

5.3.3 端部处理

脱模后或出厂前，电杆外露的纵向受力钢筋头应切除，可采用超高性能混凝土浆料封堵。法兰盘、插接套筒接头端纵向受力钢筋顶部应密闭在电杆混凝土内部且距混凝土端面距离不小于 5mm。产品出厂前，锥形杆梢端应用混凝土或砂浆封实。

6 技术要求

6.1 混凝土抗压强度

混凝土抗压强度标准值不应小于 90MPa。

6.2 耐久性能

超高性能混凝土的耐久性能应符合表 9 的要求。

表 9 超高性能混凝土的耐久性能要求

抗冻等级（快冻法）	电通量（C）	抗渗等级
$\geq F300$	$Q-I \leq 150$	$\geq P30$

6.3 外观质量

电杆的外观质量应符合表 10 的规定。

表 10 电杆的外观质量要求

序号	项 目		项目类别	质 量 要 求
1	表面裂缝		A	超高性能混凝土电杆不得有环向和纵向裂缝
2	漏浆	模边合缝处	A	模边合缝处不应漏浆。但如漏浆深度不大于 3mm、每处漏浆长度不大于 300mm、累计长度不大于杆长的 10%、对称漏浆的搭接长度不大于 100mm 时，允许修补
		法兰盘（或插接套筒，或钢板圈）与杆身结合面	A	法兰盘（或插接套筒，或钢板圈）与杆身结合面不应漏浆。但如漏浆深度不大于 3mm、环向累计长度不大于 1/4 周长、纵向长度不大于 15mm 时，允许修补
		钢丝网、主筋绕丝或限位垫块的弧面外露点周边	B	钢丝网、主筋绕丝或限位垫块的弧面外露点，漏浆深度不大于 1.0mm 的空隙；如漏浆深度大于 1.0mm 但小于 3mm、允许修补；超出上述范围的空隙不允许出现
3	局部碰伤		B	局部不应碰伤。但如碰伤深度不大于 3mm、每处面积不大于 50cm ² 时，允许修补
4	内、外表面露筋		A	不允许
5	内表面混凝土坍落		A	不允许
6	蜂窝		A	不允许
7	麻面、粘皮		B	不应有麻面或粘皮。但如每米长度内麻面或粘皮总面积不大于相同长度外表面积的 5% 时，允许修补

表 10 (续)

序号	项 目	项目类别	质 量 要 求
8	气孔	B	不允许有直径大于 5mm 且深度大于 2.5mm 的气孔, 直径大于 3mm 和深度大于 1.5mm 的气孔应进行封闭处理, 任意 1m 杆段长度上应封闭处理的气孔总量不得大于 15 个
注 1: 表面裂缝中不计龟纹和水纹。 注 2: A 类项目为受检的抽检样品超差应全部合格的项目, B 类为受检的抽检样品超差不应超过 2 根的项目。			

6.4 尺寸允许偏差

电杆的尺寸应符合本标准要求或按设计图纸制造。电杆的尺寸允许偏差应符合表 11 的规定。

表 11 电杆的尺寸允许偏差

序号	项 目			项目类别	质 量 要 求 mm	
1	杆 长		锥形整根杆	B	+20 —40	
			锥形组装杆段	B	+15 —30	
			等径组装杆段	B	±10	
2	壁 厚			A	+6 0	
3	外 径			B	+4 0	
4	保护层厚度			A	+4 0	
5	杆段弯曲度		电杆梢径小于等于 190	A	≤L/800	
			电杆梢径或小端直径大于 190	A	≤L/1000	
6	端部倾斜		杆 底	B	≤5	
			法兰盘	B	≤2	
			插接套筒	B	≤2	
			钢板圈	B	≤3	
7	预埋件	预留孔	纵向两孔间距		B	±4
			横向	固定式	B	≤2
				埋管式	B	≤3
			直径		B	+2
		插接套筒	厚度		B	+2 —0.5
			外径	电杆外径 小于等于 400	B	±2
				电杆外径大于 400	B	±3
		钢板圈	厚度		B	+1.0 —0.6

表 11 (续)

序号	项 目				项目类别	质 量 要 求 mm
7	预埋件	钢板圈	外径	电杆外径 小于等于 400	B	±2
				电杆外径 大于 400	B	±3
		法兰盘	内外径		B	±2
			螺孔中心距		B	±1
			端板厚度		B	+1.5 -0.5
8	法兰盘或插接套筒或钢板圈轴线与杆段轴线				B	≤2
注 1：保护层厚度偏差为制造与设计的差数，但保护层最小厚度应符合 6.5 的规定。 注 2：A 类项目为受检的抽检样品超差应全部合格的项目，B 类为受检的抽检样品超差不应超过 2 根的项目。						

6.5 保护层厚度

壁厚 30mm 以上超高性能混凝土电杆纵向钢筋的净保护层厚度不得小于 10mm。壁厚 30mm 及以下的薄壁超高性能混凝土电杆纵向钢筋的净保护层厚度不得小于 7mm。保护层厚度允许偏差如表 11 所示。

6.6 力学性能

6.6.1 钢筋混凝土电杆加荷至标准检验弯矩时, 裂缝宽度不得大于 0.10mm, 残余裂缝宽度不得大于 0.03mm。

6.6.2 预应力混凝土电杆加荷至标准检验弯矩时, 不得出现裂缝; 锥形杆杆长小于等于 12m 时, 杆顶挠度不得大于 $(L_1+L_3)/50$; 杆长大于 12m、小于等于 18m 时, 杆顶挠度不得大于 $(L_1+L_3)/35$ 。

6.6.3 部分预应力混凝土电杆加荷至标准检验弯矩的 80% 时, 不得出现裂缝。加荷至标准检验弯矩时, 裂缝宽度不得大于 0.06mm; 锥形杆杆长小于等于 12m 时, 杆顶挠度不得大于 $(L_1+L_3)/35$; 杆长大于 12m、小于等于 18m 时, 杆顶挠度不得大于 $(L_1+L_3)/30$ 。

6.6.4 等径杆、杆长大于 18m 的锥形杆及对挠度和裂缝宽度有特殊要求的电杆, 其标准检验弯矩时的挠度和裂缝宽度由供需双方协议规定。

6.6.5 加荷至承载力检验弯矩时, 不得出现下列任一种情况。

- 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.0mm 或受拉钢筋被拉断;
- 受压区混凝土破坏;
- 接头法兰盘、焊接钢板圈或插接套筒破坏;
- 挠度: 按悬臂式试验的锥形杆, 薄壁超高性能混凝土电杆杆顶挠度大于 $(L_1+L_3)/10$, 其他超高性能混凝土电杆杆顶挠度大于 $(L_1+L_3)/8$; 按简支式试验的等径杆, 直径小于 400mm, 挠度大于 $L_0/50$; 直径大于等于 400mm, 挠度大于 $L_0/70$ 。

6.7 抗撞击性能

对于壁厚小于 30mm 的超高性能混凝土电杆应进行抗撞击性能检验, 抗撞击性能检验的每个锤击点均应符合以下要求。

- 第 1 次锤击后, 锤击点无明显损伤, 锤击点外围不出现肉眼可见裂缝;
- 第 2 次锤击后, 裂缝宽度小于 0.1mm, 合计裂缝长度小于 200mm;

c) 第 3 次锤击后, 不得出现贯穿的孔洞, 裂缝宽度小于 0.2mm, 最大裂缝长度小于 500mm。

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

混凝土拌和物应在搅拌站或喂料工序中随机取样, 制作立方体试件, 3 个试件为一组。每天拌制的同配合比的混凝土, 取样不得少于一次, 每次至少成型一组, 与电杆同条件养护, 试块试压时间与脱模时间相同。混凝土抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 规定的方法进行, 并应符合下列规定。

- a) 抗压强度试验应采用 100mm×100mm×100mm 立方体试件, 加载速率为 1.2MPa/s;
- b) 抗压强度试验值不乘以折减系数;
- c) 每组混凝土试件强度代表值的确定应符合 GB/T 50107 的规定。

7.2 混凝土耐久性能

混凝土的电通量、抗渗性和抗冻性试验应按照 GB/T 50082 规定的方法进行。

7.3 外观质量、尺寸

外观质量、尺寸的检验工具与检验方法如表 12 所示。

表 12 外观质量、尺寸的检验工具与检验方法

序号	检 验 项 目	检 验 方 法	量具分度值 mm
1	裂缝宽度	用大于等于 20 倍读数放大镜测量, 精确至 0.01mm	0.01
2	漏浆缝长度	用钢卷尺测量, 精确至 1mm	1.00
3	漏浆缝深度	用钢尺测量细丝插入深度, 精确至 1mm	0.50
4	碰伤长度	用钢卷尺 (或钢直尺) 测量, 精确至 1mm	1.00
5	碰伤深度	用钢尺测量, 精确至 1mm	0.50
6	内、外表面露筋	观察	—
7	内表面混凝土坍落	观察	—
8	蜂窝	观察	—
9	麻面、粘皮	用钢卷尺 (或钢直尺) 测量, 精确至 1mm	1.00
10	杆长	用钢卷尺测量, 精确至 1mm	1.00
11	壁厚	用钢直尺或卡尺在同一断面互相垂直的两直径上测量四处壁厚, 取其最大值和最小值, 精确至 1mm	0.50
12	外径	用钢直尺或卡尺在同一断面测量互相垂直的两直径, 取其平均值, 精确至 1mm	1.00
13	弯曲度	将拉线紧靠电杆的两端部, 用钢直尺测量其弯曲处的最大距离, 精确至 1mm	0.50
14	端部倾斜	用 90° 角度尺或钢直尺及 150mm 长钢直尺测量, 精确至 1mm	0.50
15	预留孔直径及位置	用钢卷尺 (或钢直尺) 测量, 精确至 1mm	0.50

表 12 (续)

序号	检 验 项 目	检 验 方 法	量具分度值 mm
16	插接套筒外径	用钢卷尺或卡尺测量，精确至 1mm	0.50
17	法兰盘、插接套或钢板圈 筒厚度	用游标卡尺测量，精确至 0.1mm	0.10
18	法兰盘、插接套筒或钢板 圈轴线与杆段轴线偏差	用吊锤及钢直尺测量，精确至 1mm	0.50

7.4 保护层厚度

保护层厚度检验工具与检验方法如表 13 所示。

表 13 保护层厚度检验工具与检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法	量具分度值 mm
保护层厚度	用钢直尺测量 3 个点，每个断面测 1 点： ——锥形杆第 1 点在 B 支座处（法兰式锥形杆在距法兰底部 0.6m 处）；第 2 点在距梢端 0.5m 处；第 3 点在前面两点中间的任一处，精确至 0.5mm。 ——等径杆距端头 0.5m 处各 1 点，中部 1 点，精确至 0.5mm	0.50

7.5 力学性能

电杆力学性能试验方法见附录 A，根部法兰连接及埋入混凝土基础中的锥形杆试验，其根部应模拟实际使用情况进行固定。

7.6 抗撞击性能

电杆抗撞击性能试验方法见附录 B。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差（不包括保护层厚度）、力学性能（包括抗裂、裂缝宽度和标准检验弯矩时的挠度）。

8.2.2 检验批量

同材料、同工艺、同品种、同荷载级别、同规格的电杆，每 2000 根为一批；但在 6 个月内生产总数不足 2000 根且不少于 30 根时，也应作为一个检验批。

8.2.3 抽样、检验

8.2.3.1 混凝土抗压强度：检查混凝土抗压强度试验记录，混凝土抗压强度按 GB/T 50107 检验评定。

8.2.3.2 外观质量和尺寸偏差：从受检批中随机抽取 10 根电杆，逐根进行外观质量和尺寸偏差检验。

8.2.3.3 力学性能：从已抽取的 10 根样品中，随机抽取 1 根电杆进行抗裂、裂缝宽度和标准检验弯矩时的挠度检验。

8.2.4 判定规则

8.2.4.1 外观质量和尺寸偏差

10 根受检电杆中，A 类项目应全部合格，B 类项目的超差不超过 2 根，则判定该批产品的外观质量和尺寸偏差合格。

8.2.4.2 力学性能

- a) 抗裂、裂缝宽度和标准检验弯矩时的挠度检验均符合 6.6 规定时，则判定该批产品力学性能合格。
- b) 如不符合 6.6 规定，允许从同批产品中再抽取 2 根电杆进行复检。2 根复检电杆复检结果如全部符合 6.6 规定，则剔除原不合格的 1 根，判定该批产品力学性能合格；复检结果中如仍有 1 根电杆不符合 6.6 规定，则判定该批产品力学性能不合格。

8.2.4.3 总判定

混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差、力学性能均符合标准要求时，判定该批产品为合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差、力学性能、保护层厚度和抗撞击性能等。

8.3.2 检验条件

当有下列情况之一时，应进行型式检验。

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后如产品结构、原材料、生产工艺和管理有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；同类产品连续生产 4000 根或在 12 个月内生产总数不足 4000 根且不少于 30 根时；
- e) 国家或地方质量监督检验机构提出进行检验时。

8.3.3 抽样、检验

8.3.3.1 混凝土抗压强度：见 8.2.3.1。

8.3.3.2 外观质量和尺寸偏差：见 8.2.3.2。

8.3.3.3 力学性能：从已抽取的 10 根样品中，随机抽取 1 根电杆进行力学性能检验。

8.3.3.4 抗撞击性能：从已抽取的 10 根样品中，另抽取 1 根电杆进行抗撞击性能检验。

8.3.3.5 保护层厚度：抽取 1 根经承载力检验弯矩检验的电杆，进行保护层厚度检验。

8.3.4 判定规则

8.3.4.1 外观质量和尺寸偏差

见 8.2.4.1。

8.3.4.2 力学性能

- a) 抗裂、裂缝宽度、承载力检验弯矩和挠度检验的电杆，符合 6.6 规定时，则判定该批产品力学性能合格。
- b) 电杆不符合 6.6 规定时，允许从同批产品中再抽取 2 根电杆进行复检；2 根复检电杆复检结果如全部符合 6.6 规定，则剔除原不合格的 1 根，判定该批产品力学性能合格；复检结果如仍有 1 根电杆不符合 6.6 规定，则判定该批产品力学性能不合格。

8.3.4.3 抗撞击性能

- a) 3 次捶击均符合 6.7 规定时，则判定该批产品抗撞击性能合格。
- b) 3 次捶击中有两次及以上不符合 6.7 规定时，则判定该批产品抗撞击性能不合格。
- c) 3 次捶击中有 1 次不符合 6.7 规定时，允许从同批产品中再抽取 2 根电杆进行复检。2 根复检电杆复检结果如全部符合 6.7 规定，则剔除原不合格的 1 根，判定该批产品抗撞击性能合格；复检结果如仍有 1 根电杆不符合 6.7 规定，则判定该批产品抗撞击性能不合格。

8.3.4.4 保护层厚度

- a) 被测的 3 点保护层，均符合 6.5 规定时，则判定该批产品保护层厚度合格。
- b) 3 点中有 1 点不符合 6.5 规定时，允许从同批产品中再抽取 2 根电杆进行复检；2 根复检电杆复检结果如全部符合 6.5 规定，则剔除原不合格的 1 根，判定该批产品保护层厚度合格；复检结果如仍有 1 点不符合 6.5 规定，则判定该批产品保护层厚度不合格。
- c) 3 点中有 2 点不符合 6.5 规定时，判定该批产品保护层厚度不合格。

8.3.4.5 总判定：混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差、力学性能及保护层厚度均符合标准要求时，则判定该批产品为合格。因委托方要求或对耐久性、抗撞击性能有要求的，耐久性、抗撞击性能可作判定。

9 标志与产品合格证

9.1 标志

9.1.1 永久标志

产品明显部位应设置永久标志。永久标志位置，梢径或直径不小于 190mm，宜标在距根部 3.5m 处；梢径小于 190mm 时，宜标在距根部 3.0m 处。

9.1.2 临时标志

临时标志包括超高性能混凝土电杆代号（U）、锥度代号、梢径（等径杆为直径）、杆长、标准检验荷载代号或标准检验弯矩、电杆类型、制造日期等标在电杆表面上，其位置略低于永久标志。

表示方法如下。

电杆代号-锥度代号-梢径-长度-标准荷载代号或标准检验弯矩-电杆类型
制造日期

示例:

U - A - 190 - 15 - P - BY
2016.12.6

9.2 产品合格证

电杆出厂时, 应随带企业统一编号的产品合格证, 其内容应包括:

- a) 制造企业名称、商标、地址、电话;
- b) 生产日期、出厂日期;
- c) 执行标准;
- d) 产品品种、规格、荷载级别;
- e) 混凝土抗压强度检验结果;
- f) 纵向受力钢筋抗拉强度检验结果;
- g) 外观和尺寸偏差检验结果;
- h) 力学性能检验结果;
- i) 制造企业技术检验部门签章。

10 贮存与运输

10.1 贮存

10.1.1 产品堆放场地应坚实平整。

10.1.2 产品可根据不同杆长分别采用两支点或三支点堆放。杆长小于等于 12m 时, 宜采用两支点支承; 杆长大于 12m 时, 宜采用三支点支承。电杆支点位置如图 2 所示。

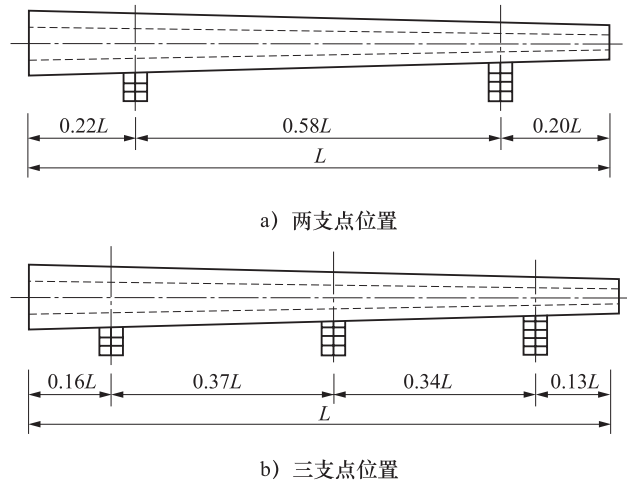


图 2 电杆支点位置示意图

10.1.3 产品应按品种、规格、荷载级别、生产日期等分别堆放。锥形杆梢径大于 270mm 时, 堆放层数不宜超过 6 层; 锥形杆梢径小于等于 270mm 时, 堆放层数不宜超过 10 层。

10.1.4 产品堆垛应放在支垫物上, 层与层之间用支垫物隔开, 每层支承点应在同一平面上, 各层支垫物位置应在同一垂直线上。

注: 在保证不会对电杆表面产生破坏, 也不会使电杆产生裂纹或弯曲的前提下, 可以采用其他方式堆放。

10.2 运输

10.2.1 产品起吊时，不分电杆长短均须采用两支点法。装卸、起吊应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞。

10.2.2 产品在运输过程中的支承要求应符合 10.1.4 中的有关规定。

10.2.3 产品装卸过程中，每次吊运数量为梢径大于等于 190mm 的电杆，不宜超过 3 根；梢径小于 190mm 的电杆，不宜超过 5 根；如果采取有效措施，每次吊运数量可适当增加。

10.2.4 产品由高处滚向低处，应采取牵制措施，不得自由滚落。

10.2.5 产品支点处应套上软质物，以防碰伤。

附 录 A
(规范性附录)
电杆力学性能试验方法

A.1 适用范围

A.1.1 悬臂式试验方法，适用于不同梢径锥形杆的力学性能试验。

A.1.2 简支式试验方法，适用于不同直径等径杆的力学性能试验。

A.2 试件

试件按出厂检验或型式检验的规定随机抽样。

A.3 试验仪器设备

A.3.1 台座

固定试件的台座，可采用钢台座或钢筋混凝土台座。悬臂式试验或简支式试验采用水平加荷时，应加设灵活的滚动台座。

A.3.2 仪器

试验仪器应按规定期限检定，技术要求应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 试验仪器技术要求

测量项目	仪器名称	单位	技术指标		
			量程	分度值	精度
荷载	荷载测力器	kN	0~10 0~20	0.01	满程：0.5%
			0~100 0~200	0.1	
挠度	挠度仪或直尺或卷尺	mm	0~1500	1.0	满程：0.5%
台座位移	直尺或百分表	mm	0~100	1.0	满程：0.5%
			0~30	0.01	0.5% I 级
裂缝宽度	20 倍读数放大镜	mm	0~6	0.01	0.01

A.4 试验方法

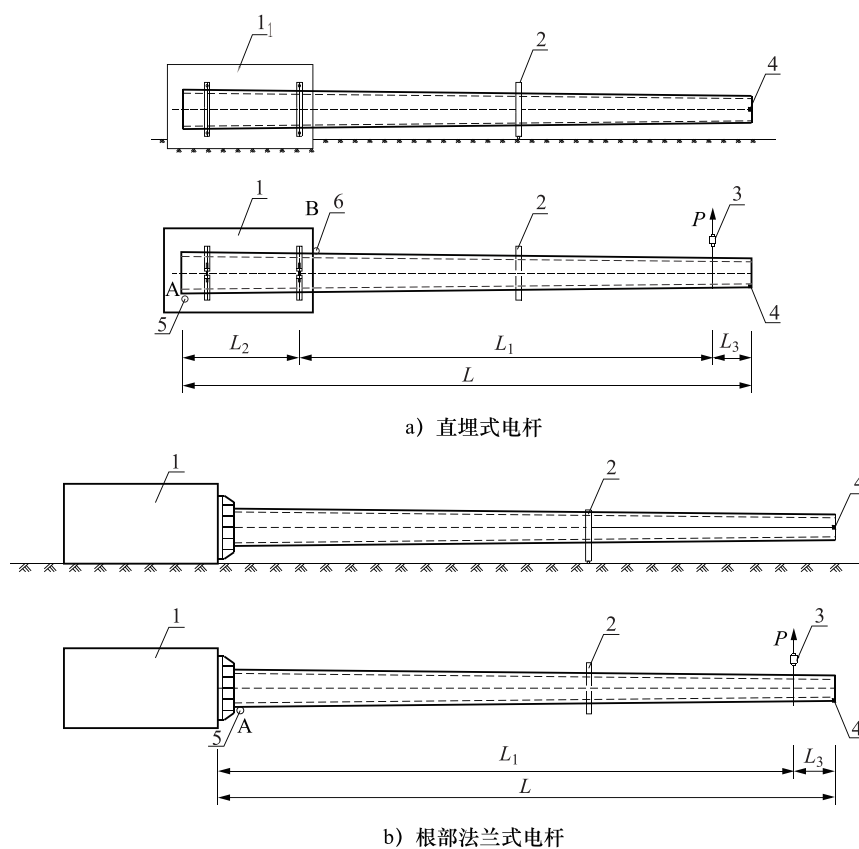
A.4.1 悬臂式试验方法

锥形电杆如杆长不大于 10m，采用一个滚动台座；杆长大于 10m 时，采用两个及以上滚动台座。悬臂式试验装置示意图如图 A.1 所示。

A.4.2 简支式试验方法

等径电杆宜采用水平加荷或垂直加荷，允许加荷点与支点互换。垂直加荷应考虑自重影响，简支

式试验装置示意图如图 A.2 所示。



说明:

- 1——混凝土（或钢制）台座；
- 2——滚动台座；
- 3——测力传感器；
- 4——挠度观测点；
- 5——A 点位移测点；
- 6——B 点位移测点；
- P ——荷载；
- L ——杆长。

图 A.1 悬臂式试验装置示意图

A.5 试验加荷

A.5.1 加荷要求

加荷绳索上测力计或力传感器应靠近荷载作用点。应使加荷绳索与试验电杆接触造成的影响降到最低；当不可避免时，应提请委托方注意。荷载施加应避免撞击效应，避免接头处的滑动。

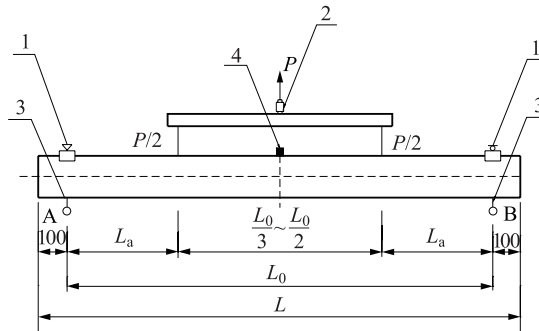
A.5.2 加荷程序

A.5.2.1 钢筋混凝土电杆

- a) 由零按标准检验弯矩 20% 的级差加荷至标准检验弯矩的 80%，然后按标准检验弯矩 10% 的级差

继续加荷至标准检验弯矩，每次静停时间为 3min，测量并记录裂缝宽度及挠度值。

- b) 由标准检验弯矩卸荷至零，卸荷后静停时间为 3min，测量并记录残余裂缝宽度及挠度值。
- c) 由零按标准检验弯矩 20%的级差加荷至标准检验弯矩的 160%，测量并记录裂缝宽度及挠度值。再按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间为 3min，观测并记录各项读数。



说明：

- 1 —— 支点；
- 2 —— 测力传感器；
- 3 —— A、B 点位移测点；
- 4 —— 挠度观测点；
- P —— 荷载；
- L_0 —— 跨距；
- L —— 杆长。

图 A.2 简支式试验装置示意图

A.5.2.2 预应力混凝土电杆

- a) 由零按标准检验弯矩 20%的级差加荷至标准检验弯矩的 80%，然后按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至标准检验弯矩，观察是否有裂缝出现。如果在标准检验弯矩下未出现裂缝，则继续按标准检验弯矩 10%的级差加荷至裂缝出现，测量并记录裂缝宽度及挠度值，每次静停时间为 3min。
- b) 由初裂弯矩卸荷至零，卸荷后静停时间为 3min，测量并记录其残余裂缝宽度及挠度值。
- c) 由零按标准检验弯矩 20%的级差加荷至标准检验弯矩的 160%后，再按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间为 3min，观测并记录各项读数。

A.5.2.3 部分预应力混凝土电杆

- a) 由零按标准检验弯矩 20%的级差加荷至标准检验弯矩的 60%，然后按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至标准检验弯矩的 80%，观察是否有裂缝出现。若无裂缝出现，再按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至标准检验弯矩，每次静停时间为 3min，测量并记录裂缝宽度及挠度值。
- b) 由标准检验弯矩卸荷至零，卸荷后静停时间为 3min，测量并记录残余裂缝宽度及挠度值。
- c) 由零按标准检验弯矩 20%的级差加荷至标准检验弯矩的 160%后，按标准检验弯矩 10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间为 3min，观测并记录各项读数。

A.5.3 荷载误差

试验时，加荷值的允许偏差为 2%。

A.5.4 加载速率和荷载持续时间

对于每一级荷载，加荷应平稳、均匀。每次静停时间不少于 3min，观测并记录各项读数。

A.5.5 承载力的确定

当在加载过程中出现 6.6.5 所列的情况之一时，应取前一级荷载值作为承载力荷载的实测值；当在规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为承载力荷载的实测值；当在荷载持续时间结束后出现上述情况之一时，应取本级荷载值作为承载力荷载实测值。

A.6 试验结果计算

A.6.1 弯矩计算

A.6.1.1 锥形杆采用悬臂式试验时，实测弯矩按式 (A.1) 计算：

$$M_{ui} = P_{ui} L_1 \quad (A.1)$$

式中：

M_{ui} ——任一级荷载作用下的弯矩值，kN·m；

P_{ui} ——任一级荷载加荷值，kN；

L_1 ——荷载点高度，m。

A.6.1.2 等径杆采用简支式试验时，实测弯矩按式 (A.2)～式 (A.4) 计算：

水平加荷时：

$$M_{ui} = \frac{P_{ui}}{2} L_a \quad (\text{清除自重影响}) \quad (A.2)$$

垂直向下加荷时：

$$M_{ui} = \frac{P_{ui} + Q}{2} L_a + \frac{1}{8} q L_0^2 \quad (A.3)$$

垂直向上加荷时：

$$M_{ui} = \frac{P_{ui} - Q - q L_0}{2} L_a + \frac{1}{2} q L_a^2 \quad (A.4)$$

式中：

P_{ui} ——由测力器测得的加荷值，kN；

Q ——试验设备总重，kN；

q ——电杆单位长度的自重，kN/m；

L_0 ——跨距，m；

L_a ——加载点至支座中心线的距离，m。

A.6.2 挠度计算

A.6.2.1 悬臂式试验时，任一级荷载作用下的梢端挠度，按式 (A.5) 计算：

$$a_{si} = a_{Ci} - \frac{a_{Ai} + a_{Bi}}{L_2} L + a_{Ai} \quad (\text{A.5})$$

式中:

- a_{si} ——悬臂梁试验时,任一级荷载作用下的梢端挠度值,mm;
- a_{Ci} ——由测量仪器测得的任一级荷载作用下梢端的变形值,mm;
- a_{Ai} ——由测量仪器测得的任一级荷载作用下 A 测点处的变形值,mm;
- a_{Bi} ——由测量仪器测得的任一级荷载作用下 B 测点处的变形值,mm;
- L ——电杆总长度,mm;
- L_2 ——电杆支持点高度(如图 1 所示),mm。

A.6.2.2 简支式试验时,任一级荷载作用下的跨中挠度按式(A.6)和式(A.7)计算:

$$a_{si} = a_{Ci} - \frac{a_{Ai} + a_{Bi}}{2} \pm a_1 \frac{P_0}{P_1} \quad (\text{A.6})$$

$$a_1 = a_{C1} - \frac{a_{A1} + a_{B1}}{2} \quad (\text{A.7})$$

式中:

- a_{si} ——简支式试验时,任一级荷载作用下的跨中挠度值,当向下加荷时取“+”,向上加荷时取“-”,水平加荷时,由于电杆自重所产生的挠度忽略不计,mm;
- a_{Ci} ——由测量仪表测得中点任一级荷载作用下的变形值,mm;
- a_{Ai} ——由测量仪表测得支点 A 处任一级荷载作用下的变形值,mm;
- a_{Bi} ——由测量仪表测得支点 B 处任一级荷载作用下的变形值,mm;
- a_1 ——电杆在第一级荷载作用下的挠度值,mm;
- P_0 ——仪表为零读数时,已作用于电杆上的荷载(如电杆自重和加荷设备的总重),kN;
- P_1 ——第一级荷载(不包括 P_0),kN;
- a_{C1} ——由测量仪表测得中点第一级荷载作用下的变形值,mm;
- a_{A1} ——由测量仪表测得支点 A 处第一级荷载作用下的变形值,mm;
- a_{B1} ——由测量仪表测得支点 B 处第一级荷载作用下的变形值,mm。

附录 B

(规范性附录)

电杆抗撞击性能试验方法

B.1 适用范围

适用于壁厚小于 30mm 电杆的抗撞击性能试验。

B.2 试件

试件按出厂检验或型式检验的规定随机抽样。

B.3 试验仪器和设备

B.3.1 锤击设备

B.3.1.1 锤击设备如图 B.1 所示。

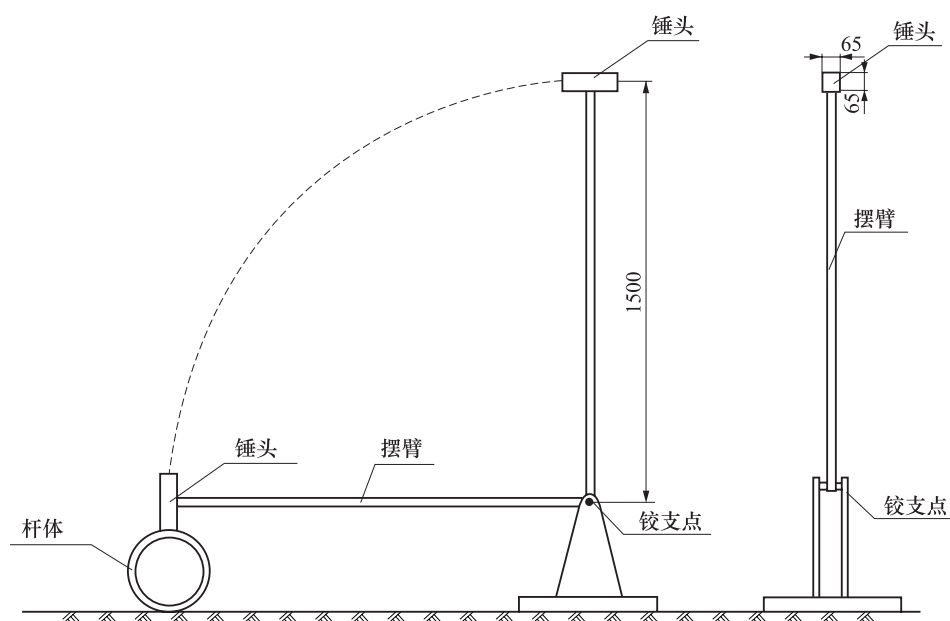


图 B.1 锤击设备

B.3.1.2 锤头与试件接触端面宜为边长 65mm 正方形平面，锤头质量宜为 8.16kg，摆臂宜为 $\phi 40$ 、壁厚 3.5mm 的钢管，锤头中心到铰接点中心距离为 1.5m。锤头质量偏差为 $\pm 50\text{g}$ 、几何尺寸偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

B.3.1.3 底座、铰接点及锤头与摆杆连接处要牢固，在锤击过程中不得发生跳动和位移。

B.3.1.4 摆臂需有足够的刚度，连续锤击时锤击点位置偏差不得大于 5mm。

B.3.1.5 铰接点宜安装轴承，保证转动灵活。

B.3.2 仪器

试验仪器应按规定期限检定，技术要求应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 试验仪器技术要求

测量项目	仪器名称	单位	技术指标		
			量程	分度值	精度
裂缝宽度	20 倍读数放大镜	mm	0~6	0.01	满程：0.5%
裂缝长度	直尺	mm	0~1000	1	满程：0.5%
破坏深度	钢尺	mm	0~100	0.5	满程：0.5%

B.4 试验方法

B.4.1 试件准备

试件应水平放置，轴线与摆臂垂直，锤击点处与锤头轴线完全贴合，锤头与试件接触时，摆臂处于水平位置，锤击点下方应垫实，衬垫长度不小于 200mm。

B.4.2 锤击点选择

每根电杆选择 3 个锤击点分别进行试验，第一个锤击点在距大端 1m 处；第二个锤击点在距大端 2m 处，并将电杆旋转 120°；第三个锤击点在距大端 3m 处，并沿同方向再次旋转 120°。

B.4.3 锤击方法

先使摆臂处于竖直位置，然后释放使其自由锤击，每次锤击后对锤击位置观察、测量完毕后，进行下一次锤击。

中国电力企业联合会标准

超高性能混凝土电杆

T / CEC 143 — 2017

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2017 年 10 月第一版 2017 年 10 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 2 印张 60 千字

*

统一书号 155198 • 455 定价 17.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

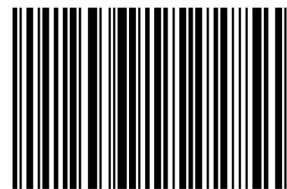
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电机工程学会官方微信



中国电力出版社官方微信



155198.455