

ICS 29.080.10

K 48

备案号: 50791-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1471 — 2015

高压直流线路用盘形悬式复合瓷或玻璃 绝缘子串元件

Cap and pin suspension ceramic or glass string insulators unit with
composite shed for high voltage d.c. systems

2015-07-01 发布

2015-12-01 实施

国家能源局 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 型号及结构尺寸	2
5 技术要求	4
6 检验规则	5
7 试验方法	8
8 验收	16
9 包装、运输和储存	16

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。

本标准由电力行业绝缘子标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位：青州力王电力科技有限公司、国网冀北电力有限公司、山东电力研究院、河南省电力公司、华东电力试验研究院、广东电网公司电力科学研究院、天津市新玻电力复合绝缘子制造有限公司。

本标准主要起草人员：李庆峰、吴光亚、唐苑雯、刘亚新、沈庆河、闫东、张锐、邓桃、肖嵘、彭向阳、赵辅。

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）。

高压直流线路用盘形悬式复合瓷或玻璃 绝缘子串元件

1 范围

本标准规定了高压直流线路用盘形悬式复合瓷或玻璃绝缘子串元件的型号及结构尺寸、技术要求、检验规则、试验方法、验收、包装、运输和储存。

本标准适用于标称电压高于 1500V 的直流架空电力线路用盘形悬式复合瓷或玻璃绝缘子(以下简称绝缘子)。

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/T 775.2 绝缘子试验方法 第2部分:电气试验方法

GB/T 1001.1 标称电压高于 1000V 的架空线路绝缘子 第1部分:交流系统用瓷或玻璃绝缘子元件 定义、试验方法和判定准则

GB/T 2900.8 电工术语 绝缘子

GB/T 4056 绝缘子串元件的球窝连接尺寸

GB/T 10707 橡胶燃烧性能的测定

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分:一般定义及试验要求

GB/T 19443 标称电压高于 1000V 的架空线路用绝缘子 直流系统用瓷或玻璃绝缘子元件 定义、试验方法和接收准则

GB/T 20642 高压线路绝缘子空气中冲击击穿试验

GB/T 22707 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验

GB/T 22708 绝缘子串元件的热机和机械性能试验

GB/T 22709 架空线路玻璃或瓷绝缘子串元件绝缘体机械破损后的残余强度

GB/T 24623 高压绝缘子无线电干扰试验

GB/T 25318 绝缘子串元件球窝联接用锁紧销:尺寸和试验

DL/T 376 复合绝缘子用硅橡胶绝缘材料通用技术条件

DL/T 627 绝缘子用常温固化硅橡胶防污闪涂料

DL/T 810 ±500kV 及以上电压等级直流棒形悬式复合绝缘子技术条件

DL/T 1000.2 标称电压高于 1000V 架空线路用绝缘子使用导则 第2部分:直流系统用瓷或玻璃绝缘子

JB/T 4307 绝缘子胶装用水泥胶合剂

JB/T 8177 绝缘子金属附件热镀锌层 通用技术条件

JB/T 8178 悬式绝缘子铁帽 技术条件

JB/T 9673 绝缘子 产品包装

JB/T 9677 盘形悬式绝缘子钢脚

3 术语和定义

GB/T 2900.8、GB/T 19443 和 DL/T 810 所界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盘形悬式复合瓷或玻璃绝缘子 **cap and pin suspension ceramic or glass insulators with composite shed**

以瓷或玻璃为内绝缘件，以高温硫化硅橡胶伞套材料作为外绝缘，并将瓷件或玻璃件全部包覆。

注 1：根据瓷件或玻璃件与复合材料的结合形式，通常包括以下两种类型：

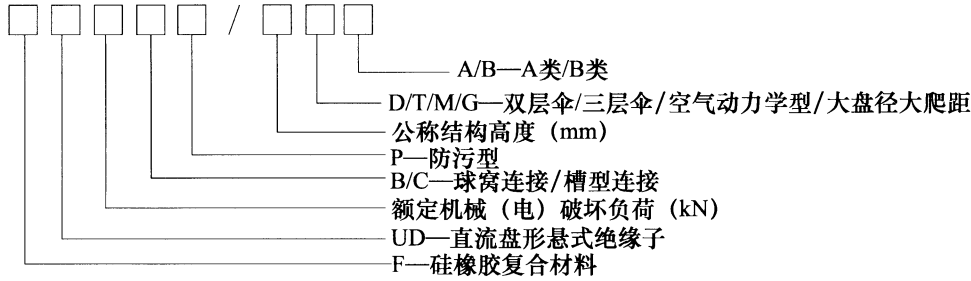
- 1) A 类，由瓷或玻璃芯盘、高温硫化硅橡胶伞套和金属附件构成；
- 2) B 类，由盘形悬式瓷或玻璃绝缘子和高温硫化硅橡胶伞套材料构成。

注 2：采用工厂复合化方式喷涂 RTV 防污闪涂料（厚度不小于 0.3mm）的盘形悬式瓷或玻璃绝缘子可参照本标准进行检验。

4 型号及结构尺寸

4.1 型号

绝缘子的型号及型号含义如下：



4.2 尺寸与特性

A 类绝缘子尺寸与特性见表 1，B 类绝缘子尺寸与特性见表 2。

表 1 A 类绝缘子尺寸与特性

型 号	主要尺寸 mm			连接 标记	电气性能 kV			机械性能 kN	
	公称结构 高度 <i>H</i>	公称 伞径 <i>D</i>	最小公称 爬电距离 ^a <i>L</i>		SF ₆ 击穿 耐受电压 (不小于)	规定直流 耐受电压 (不小于)		额定机械 (电) 破坏 负荷	例行机械 破坏负荷
						干	湿		
FUD160B/155D (FXZWP-160)	155	320	450	20	+210	140	55	160	80
FUD160B/155M (FXZMP-160)	155	420	385	20	+180	120	45	160	80
FUD160BP/155T (FXZWP-160)	155	360	635	20	+210	140	55	160	80
FUD210B/155D (FXZWP-210)	170	320	450	20	+210	140	55	210	105
FUD210BP/155T (FXZWP-210)	170	360	635	20	+210	140	55	210	105

表 1 (续)

型 号	主要尺寸 mm			连接 标记	电气性能 kV			机械性能 kN	
	公称结构 高度 <i>H</i>	公称 伞径 <i>D</i>	最小公称 爬电距离 ^a <i>L</i>		SF ₆ 击穿 耐受电压 (不小于)	规定直流 耐受电压 (不小于)		额定机械 (电) 破坏 负荷	例行机械 破坏负荷
						干	湿		
FUD300B/195D (FXZWP-300)	195	320	450	24	+210	140	55	300	150
FUD300BP/195T (FXZWP-300)	195	360	635	24	+225	150	60	300	150
FUD400BP/205T (FXZWP-400)	205	400	635	28	+225	150	60	400	200
FUD420BP/205T (FXZWP-420)	205	400	635	28	+225	150	60	420	210
FUD530BP/240T (FXZWP-530)	240	400	635	32	+225	150	60	530	265
FUD550BP/240T (FXZWP-550)	240	400	635	32	+225	150	60	550	275

^a 指硅橡胶伞套所产生的爬电距离。

^a 指硅橡胶伞套所产生的爬电距离。

表 2 B 类绝缘子尺寸与特性

型 号	主要尺寸 mm			连接 标记	电气性能 kV			机械性能 kN	
	公称结构 高度 <i>H</i>	公称 伞径 <i>D</i>	最小公称 爬电距离 ^a <i>L</i>		SF ₆ 击穿 耐受电压 (不小于)	规定直流 耐受电压 (不小于)		额定机械 (电) 破坏 负荷	例行机械 破坏负荷
						干	湿		
FUD160BP/170T	170	340	545	20	+210	140	55	160	80
FUD160BP1/155M	155	420	545	20	+180	120	45	160	80
FUD160BP/170G	170	560	760	20	+210	140	55	160	80
FUD210BP/170T	170	340	545	20	+210	140	55	210	105
FUD210BP1/170M	170	340	545	20	+210	140	45	210	105
FUD210BP/170G	170	560	760	20	+210	140	55	210	105
FUD300BP/195T	195	400	635	24	+210	140	55	300	150
FUD300BP/195G	195	560	790	24	+210	140	55	300	150
FUD420BP1/205T	205	400	555	28	+225	150	60	420	210
FUD420BP/205G	205	560	800	28	+225	150	60	420	210
FUD550BP1/240T	240	400	650	32	+225	150	60	550	275
FUD550BP/240G	240	560	800	32	+225	150	60	550	275
^a 指硅橡胶伞套所产生的爬电距离。									

^a 指硅橡胶伞套所产生的爬电距离。

5 技术要求

5.1 基本要求

绝缘子按本标准和规定的图样进行制造。绝缘子产品除符合本标准技术要求外，还应符合 GB/T 19443 及 DL/T 810 有关内容的规定。

5.2 尺寸偏差

绝缘子的尺寸应符合相应图样的规定，特别注意任何有专门公差要求的尺寸（例如规定的结构高度）和影响互换性的特性（例如 GB/T 4056 所规定的连接尺寸）。

- a) 除非另有协议，对所有未标注专门偏差的尺寸，允许下列偏差（ d 为检查尺寸，单位：mm）：
当 $d \leq 300\text{mm}$ 和所有长度的爬电距离时，允许偏差为 $\pm (0.04d + 1.5\text{mm})$ ；
当 $d > 300\text{mm}$ 时，允许偏差为 $\pm (0.025d + 6\text{mm})$ 。
即使爬电距离规定为最小公称值，上述给出的偏差也适用。
- b) 绝缘子串的结构高度偏差为 $\pm 0.024nH$ （ n 为绝缘子只数， H 为单只绝缘子结构高度，单位：mm）。6 只绝缘子串的结构高度偏差应不超过 $\pm 19\text{mm}$ 。

5.3 铁帽和钢脚

绝缘子的铁帽应符合 JB/T 8178 的规定，钢脚应符合 JB/T 9677 的规定。

160kN 及以上的绝缘子铁帽应逐个进行无损探伤试验。钢脚处胶装钢脚用材料表面应用胶密封。铁帽和钢脚不应采用连接、焊接、冷缩压接或其他任何多于一块材料的工艺来制造。金属部件的所有表面应光滑，无突出点或不均匀性，以防引起电晕。

5.4 锁紧销

锁紧销应符合 GB/T 25318 和 GB/T 19443 的规定。锁紧销应能维持在锁紧及松开的位置上，R 销将两个销腿弯曲以防止它完全从碗头内脱出。锁紧销应采用奥氏体不锈钢或其他耐锈蚀性材料制作，并与绝缘子成套供应。锁紧销的装配应使用专用工具，以免损坏金属附件的镀锌层。

5.5 水泥胶合剂

绝缘子使用 JB/T 4307 规定的 42.5 强度等级及以上的硅酸盐水泥，或特制的高强度低膨胀水泥配制成的胶合剂进行胶装。水泥胶合剂应满足 JB/T 4307 的要求。其压蒸膨胀率小于 0.10%。胶合剂不应引起金属附件的化学反应。

5.6 绝缘件

5.6.1 瓷或玻璃绝缘件

瓷或玻璃绝缘件（芯盘）应符合 GB/T 19443、JB/T 9678 的规定。瓷绝缘件（芯盘）应逐个进行内水压试验。玻璃绝缘件（芯盘）可逐个进行冲压试验。

5.6.2 硅橡胶伞套

硅橡胶伞套材料应符合 DL/T 376 的规定。

5.6.3 涂层

RTV 防污闪涂料和涂层应符合 DL/T 627 的规定。

5.7 锌环和锌套

锌环和锌套应满足 GB/T 19443 的要求。

5.8 外观

绝缘子外绝缘件（硅橡胶伞套或涂层）外观应符合 DL/T 810、DL/T 627 的规定。绝缘件表面单个缺陷面积（如缺胶、杂质、凸起等）不超过 25mm^2 ，深度不大于 1mm，凸起高度不超过 0.8mm，总缺陷面积不超过绝缘子总表面积的 0.2%。

复合玻璃绝缘子的外露部分，特别是钢脚附近处，应全部包覆有硅橡胶或涂层。包覆方式不能影响自爆的发现。若玻璃绝缘子或玻璃芯盘发生自爆，应能明显判断复合玻璃绝缘子的自爆现象。

对于复合瓷绝缘子，仅允许钢脚和铁帽与瓷件的外露部分径向长度不超过 20mm，其余瓷件应全包覆有硅橡胶或涂层。

5.9 连接结构形式

绝缘子连接结构形式为球窝连接，连接结构的参数应符合 GB/T 4056 的规定。

5.10 机械特性

绝缘子的额定机械拉伸负荷宜从下列等级中选取：160、210、300、400（420）、530（550）kN。

5.11 可见电晕电压试验

单片绝缘子铁帽和钢脚的直流电晕熄灭电压值不低于 50kV。

5.12 无线电干扰试验

单个绝缘子在交流 10kV 试验电压和 1MHz 测量频率下，无线电干扰电压不大于 50μV。

5.13 界面试验

绝缘子界面试验应满足本标准 7.17 的要求。

6 检验规则

6.1 基本要求

供方保证出厂的绝缘子符合本标准的要求。用户有权按本标准规定对绝缘子进行抽样试验。

B 类绝缘子所使用的盘形悬式瓷或玻璃绝缘子应通过 GB/T 19443 和 DL/T 1000.2 所规定的型式试验、抽样试验、逐个试验和补充试验后方可使用。

6.2 试验分类

绝缘子的试验分为逐个试验、抽样试验、型式试验。对于一种新结构的绝缘子，逐个试验、型式试验、抽样试验作为一个完整的试验称为定型试验（型式试验、抽样试验中相同的试验项目仅做一次）。

6.3 逐个试验

逐个试验的目的在于剔除有缺陷的绝缘子元件，在制造过程中对每一只绝缘子进行。逐个试验项目包括 GB/T 19443 中逐个试验的全部试验项目，见表 3。

表 3 逐 个 试 验 项 目

序号	试 验 项 目	试品数量	试 验 方 法
1	外观检查	全部	GB/T 19443，本标准 7.23
2	机械试验	全部	GB/T 19443，本标准 7.24
3	电气试验（仅对瓷芯盘绝缘子）	全部	GB/T 19443，本标准 7.25
注：对于复合玻璃绝缘子用玻璃芯盘、瓷芯盘，其逐个试验应符合本标准 5.6 的规定。			

6.4 抽样试验

6.4.1 抽样规则和程序

抽样试验的抽样规则和程序应符合 GB/T 19443 的规定。

6.4.2 抽样试验项目

抽样试验项目见表 4。

表 4 抽 样 试 验 项 目

序号	试 验 项 目	试品数量 只	试验方法及判据
1	尺寸检查	E1+E2	GB/T 19443，本标准 5.2
2	锁紧销操作试验	E2	GB/T 19443，本标准 7.12

表 4 (续)

序号	试 验 项 目	试品数量 只	试验方法及判据
3	体积电阻试验	E2	GB/T 19443, 本标准 7.21
4	温度循环试验	E1+E2+E3	GB/T 19443, 本标准 7.13
5	机电破坏负荷试验 (对于复合瓷绝缘子)	经温度循环 试验后的 E1	GB/T 19443, 本标准 7.9
6	机械破坏负荷试验 (对于复合玻璃绝缘子)	经温度循环 试验后的 E1	GB/T 19443, 本标准 7.10
7	空气中冲击击穿耐受试验	E2	GB/T 19443, 本标准 7.7
8	残余机械强度试验	经温度循环 试验后的 E3	GB/T 22709, 本标准 7.8
9	热震试验 (对于复合玻璃绝缘子)	E2	GB/T 19443, 本标准 7.14
10	孔隙性试验 (对于复合瓷绝缘子)	E1	GB/T 19443, 本标准 7.15
11	锌层试验	E2	GB/T 19443, 本标准 7.16
12	锌套和锌环试验	E1/2	GB/T 19443, 本标准 7.22
注: E1、E2、E3 的具体数量见表 5。			

6.4.3 绝缘子抽样试验数量

用于抽样试验的绝缘子数量见表 5。

表 5 绝缘子抽样数量

母体数量 只	样本数量 只		
	E1	E2	E3
<300	按协议		
300~1200	4	3	4
1201~3200	6	4	6
3201~5000	8	4	8
5001~10 000	12	6	12

6.4.4 重复试验程序和判据

6.4.4.1 绝缘子抽样试验采用的重复试验程序和判定常数应分别符合 GB/T 19443 和本标准表 5 的规定。

注: 机械(电)破坏试验按计量二次, 其他试验按计件二次抽样试验。

6.4.4.2 在计量二次抽样试验中:

- 如果仅有一只绝缘子抽样试验不合格, 则应抽取等于第一次抽样试品数量的两倍的新试品进行重复试验。重复试验应包括试验不合格项目及该项目之前的且对试验结果有影响的试验项目。
- 如果有两只或更多的绝缘子在任何一项抽样试验中不合格, 或是重复试验时有任何一只绝缘子不合格, 则整批产品不符合本标准要求。

6.4.4.3 计量二次抽样试验的判定准则见本标准 7.10.2, 判定常数见表 6。

表6 计量二次抽样试验判定常数

项 目	判定常数	E1 样本数量			
		4	6	8	12
计量二次抽样	C_1	2		3	
	C_2	1.5		2	
	C_3	2		3	

6.5 型式试验

型式试验应从满足抽样试验和逐个试验要求的绝缘子批中随机抽取。型式试验的目的是检验由绝缘子结构所决定的主要特性。对一种新结构或新制造的绝缘子只进行一次。以后，只有在结构或制造工艺改变时才重做试验。当这种改变仅影响某些特性时，则仅重复进行与这些特性有关的试验。型式试验项目见表7。当表7中任何一次试验未通过时，则型式试验不合格。

表7 型式试验项目

序号	试 验 项 目		试品数量 只	试验方法及判据
1	尺寸检查		10	GB/T 19443, 本标准 5.2
2	锁紧销操作试验		4	GB/T 19443, 本标准 7.12
3	干雷电冲击耐受电压试验		1SS	GB/T 19443, 本标准 7.5
4	直流干、湿耐受电压试验		3	GB/T 19443, 本标准 7.6
5	温度循环试验		45	GB/T 19443, 本标准 7.13
6	机电破坏负荷试验（对于复合瓷绝缘子）		经温度循环 试验后 10	GB/T 19443, 本标准 7.9
7	机械破坏负荷试验（对于复合玻璃绝缘子）		经温度循环 试验后 10	GB/T 19443, 本标准 7.10
8	残余机械强度试验		经温度循环 试验后 25	GB/T 19443, 本标准 7.8
9	热机械性能试验		10	GB/T 22708, 本标准 7.11
10	空气中冲击击穿耐受试验		10	本标准 7.7, GB/T 19443, DL/T 810
11	孔隙性试验（对于复合瓷绝缘子）		10 块	GB/T 19443, 本标准 7.15
12	热震试验（对于复合玻璃绝缘子）		4	GB/T 19443, 本标准 7.14
13	锌层试验		4	GB/T 19443, 本标准 7.16
14	可见电晕电压试验		5	GB/T 775.2
15	无线电干扰试验		5	GB/T 24623
16	界面试验	① 干工频电压试验	5	本标准 7.17.1
		② 水煮试验	经①后 5	本标准 7.17.2
		③ 外观检查	经②后 5	本标准 7.17.3
		④ 空气中冲击击穿耐受试验	经③后 5	本标准 7.17.4
		⑤ 干工频电压试验	经④后 5	本标准 7.17.5
		⑥ 粘接面机械强度试验	经②后 5	本标准 7.17.6

表 7 (续)

序号	试 验 项 目	试品数量 只	试验方法及判据
17	硅橡胶伞套材料试验	① 可燃性试验	GB/T 10707
		② 体积电阻率试验	DL/T 810, DL/T 376
		③ 介电强度试验	DL/T 810, DL/T 376
		④ 耐漏电起痕及电蚀损试验	DL/T 810, DL/T 376
		⑤ 抗撕裂强度试验	DL/T 810, DL/T 376
		⑥ 机械扯断强度试验	DL/T 810, DL/T 376
		⑦ 拉断伸长率试验	DL/T 810, DL/T 376
		⑧ 邵氏硬度	DL/T 810, DL/T 376
		⑨ 憎水性试验	DL/T 810, DL/T 376
18	1000h 耐漏电起痕及电蚀损试验	2	DL/T 810
19	SF ₆ 击穿耐受电压试验	10	GB/T 19443, 本标准 7.18
20	离子迁移试验	50	GB/T 19443, 本标准 7.19
21	热破坏试验	10	GB/T 19443, 本标准 7.20
22	锌套和锌环试验	3	GB/T 19443, 本标准 7.22
23	直流人工污秽耐受电压试验	1SS ^a	DL/T 810, GB/T 22707
24	水泥胶合剂压蒸膨胀率试验	6	JB/T 4307

^a 1SS—在一标准短串上进行的试验, 5 片串。
 注 1: 机电破坏负荷试验、残余机械强度试验、空气中冲击击穿耐受试验应在温度循环试验后进行。
 注 2: 对于 A 类绝缘子, 其空气中冲击击穿耐受试验的试品数量应为 20 只 (半成品及成品各 10 只)。
 注 3: 对于 1000h 耐漏电起痕及电蚀损试验的试品, 一只水平安装, 另一只垂直安装。试品上施加的电压 (以 kV 计) 用试品的实际爬电距离 (以 mm 计) 除以 35 (相当于统一爬电比距 35mm/kV) 确定。
 注 4: 直流人工污秽耐受电压试验、水泥胶合剂压蒸膨胀率试验为供需双方协商项目。

7 试验方法

7.1 高电压试验的一般要求

- 雷电冲击电压和工频电压的试验程序按 GB/T 16927.1 的规定。
- 雷电冲击电压以峰值表示, 而工频电压以峰值/ $\sqrt{2}$ 表示。
- 当试验时的大气条件与 GB/T 16927.1 规定的标准参考大气条件不同时, 必须按照本标准 7.2.2 规定的校正因数进行校正。
- 高压试验开始前, 绝缘子应是清洁和干燥的。
- 应采用特殊预防措施避免绝缘子表面凝露, 在相对湿度高的时候更应如此。例如, 绝缘子应预先在试验场所的环境温度下保持足够的时间, 以便在试验开始前达到热平衡。
- 除非供需双方另有协议, 干试验不得在相对湿度超过 85% 的条件下进行。
- 闪络或耐受试验时, 连续两次施加电压的时间间隔应足够长, 以使前次施加电压影响减至最小。

7.2 电气试验的标准大气条件和校正因数

7.2.1 标准参考大气条件

电气试验的标准参考大气条件应符合 GB/T 16927.1 的规定。

7.2.2 大气条件的校正因数

校正因数应根据 GB/T 16927.1 确定。如果试验时大气条件与标准参考大气条件不同，则应计算空气密度校正因数 (K_1) 和湿度校正因数 (K_2)，并确定其乘积 $K=K_1K_2$ 。试验电压应按下式校正：

a) 耐受电压（雷电冲击和工频）：

施加试验电压= K ×规定的耐受电压

b) 闪络电压（雷电冲击和工频）：

记录闪络电压=测得的闪络电压/ K

注：湿工频电压试验不进行湿度校正， $K_2=1$ ，则 $K=K_1$ 。

7.3 湿试验的人工雨参数

采用 GB/T 16927.1 所述的标准试验程序，人工雨参数应符合 GB/T 16927.1 的要求。

注：当对于水平或倾斜位置的绝缘子进行试验时，淋雨方向经供需双方协商确定。

7.4 电气试验的安装布置

被试绝缘子详细安装布置在各有关章节中规定。

7.5 干雷电冲击耐受电压试验

7.5.1 一般要求

标准短串的干雷电全波冲击干耐受电压通常可按 GB/T 16927.1 规定的升降法测定 50% 闪络电压来确定。

注：经供需双方协议，耐受电压可由 GB/T 16927.1 的 15 次冲击法来检验。

7.5.2 试验程序

应采用 1.2/50 μ s 标准雷电冲击波（见 GB/T 16927.1），在本标准 7.1 和 7.2 规定条件下进行试验。

应采用正极性和负极性两种冲击波。然而，若能证明其中一种极性下耐受电压较低时，可以只用该种极性进行试验。

7.5.3 接收准则

用上述程序测定的 50% 雷电冲击闪络电压，应按本标准 7.2 的规定进行校正。

当绝缘子的 50% 雷电冲击闪络电压不低于 $[1/(1-1.3\sigma)]=1.040$ (σ 为标准偏差，假设等于 3%) 倍规定雷电冲击耐受电压时，绝缘子通过该试验。

试验中绝缘子不应损坏。但是，在绝缘件表面允许有轻微痕迹或有水泥或其他胶装材料的小碎片。

7.6 直流干、湿耐受电压试验

7.6.1 直流干耐受电压试验

7.6.1.1 试验程序

试验回路应符合 GB/T 16927.1 的规定。

绝缘子应在本标准 7.1 和 7.2 的规定条件下进行试验。

施加在绝缘子上的试验电压，应是按试验时的大气条件校正过的规定正极性直流干耐受电压，试验电压应在此值下保持 1min。

7.6.1.2 接收准则

如果绝缘子都未发生闪络或击穿，则试验通过。

当订货有特殊要求时，可从 75% 直流干耐受电压起，以每秒 2% 该电压的升压速率来测定绝缘子的闪络电压。闪络电压应是 5 次连续闪络的平均值，并且应校正到标准大气条件。

7.6.2 直流湿耐受电压试验

7.6.2.1 试验程序

试验回路、淋雨条件和湿试验程序应符合 GB/T 16927.1 的规定。

施加在绝缘子上的试验电压应是规定的正极性直流湿耐受电压。试验电压应在此值下保持 1min。
湿试验不进行湿度校正，其空气密度校正见本标准 7.2.2 的规定。

7.6.2.2 接收准则

如果绝缘子都未发生湿闪络或击穿，则试验通过。

7.7 空气中冲击击穿耐受试验

7.7.1 对于 A 类绝缘子，试验分两步进行。

- a) 对胶装完成后尚未加装伞套的半成品，应先按 GB/T 19443 的规定进行温度循环试验，然后按照 GB/T 20642 采用陡度法进行空气中冲击击穿耐受试验，陡度不低于 4000kV/μs。试验时，每只绝缘子先施加正极性冲击 5 次，再施加负极性冲击 5 次；然后再施加正极性冲击 5 次，负极性冲击 5 次。每次冲击间隔 1min。试验中应无试品发生击穿或损坏。
- b) 对加装伞裙的成品，应先按 DL/T 810 的规定进行水浸渍预应力试验，然后按照 DL/T 810 进行陡波前冲击电压试验，陡度为 1000kV/μs~1500kV/μs。试验时，每只绝缘子先施加正极性冲击 25 次，再施加负极性冲击 25 次。每次冲击间隔 1min。每次冲击应在电极间的外部闪络，不应发生绝缘体、界面和伞套击穿或损坏。

7.7.2 对于 B 类绝缘子及采用工厂复合化方式喷涂 RTV 防污闪涂料的复合瓷或玻璃绝缘子，其空气中冲击击穿耐受试验按照 GB/T 20642 采用幅值法进行。B 类绝缘子的冲击电压幅值取其相同机械强度的标准型绝缘子的冲击电压幅值。

注：采用陡度法进行空气中冲击击穿耐受试验时，冲击电压波形波前的非线性度 $\epsilon \leq 0.05t_1$ (t_1 为波前时间)。

7.8 残余机械强度试验

7.8.1 一般要求

绝缘子串元件的残余机械强度试验应按 GB/T 22709、GB/T 19443 的规定进行。

7.8.2 型式试验的判定准则

- 1) 分离破坏的数目不少于 10：当 $\bar{X}_s \geq 0.8X_{SFL} + 1.645S$ ，并且每个 $X_b \geq X_{SFL}$ ，则试验通过。
- 2) 分离破坏的数目少于 10：当每个 $X_s \geq 0.8X_{SFL}$ ，并且每个 $X_b \geq X_{SFL}$ ，则试验通过。

式中：

\bar{X}_s ——分离负荷的平均值；

S ——标准偏差；

X_{SFL} ——额定机械（电）破坏负荷；

X_s ——分离负荷；

X_b ——金属附件破坏负荷。

7.8.3 抽样试验的接收准则

当每个 $X_s \geq 0.8X_{SFL}$ ，并且每个 $X_b \geq X_{SFL}$ ，则试验通过。

7.9 机电破坏负荷试验

7.9.1 试验程序

本试验适用于可用内部放电表征绝缘件机械破坏的绝缘子串元件。

绝缘子串元件应逐个施加 50kV 工频电压，并同时在金属附件之间施加拉伸负荷。在整个试验中保持该电压。

试验机连接部件的主要尺寸应符合 GB/T 4056 的规定。

拉伸负荷应平稳、迅速地从零增加到约为规定机电破坏负荷 75%，然后以每分钟 100%~35%规定机电破坏负荷的速度（相当于在 15s~45s 时间内达到规定的机电破坏负荷）逐步增加到规定破坏负荷为止，并记录该数值。

7.9.2 判定准则

判定准则见本标准 7.10.2。

7.10 机械破坏负荷试验

7.10.1 试验程序

绝缘子串元件应独立经受施加在金属附件之间的拉伸负荷。

试验机连接部件的主要尺寸应符合 GB/T 4056 的规定。型式试验和抽样试验应采用同样强度的连接件（标准的或加强的）。

拉伸负荷应平稳、迅速地从零增加到约为规定机械破坏负荷的 75%，然后以每分钟 100%~35%规定机械破坏负荷的速度（相当于在 15s~45s 时间内达到规定机械破坏负荷）逐步增加到规定的破坏负荷为止，并记录该数值。

7.10.2 判定准则

用机电或机械破坏负荷试验时得到的破坏负荷 X ，计算其平均值 \bar{X} 和标准偏差 σ_{n-1} 。

计算时使用下列符号：

X_{SFL} ：规定的机电或机械破坏负荷；

\bar{X}_T ：型式试验结果的平均值；

\bar{X}_1 ：抽样试验结果的平均值；

\bar{X}_2 ：重复试验结果的平均值；

σ_T ：型式试验结果的标准偏差；

σ_1 ：抽样试验结果的标准偏差；

σ_2 ：重复试验结果的标准偏差；

C_0 、 C_1 、 C_2 、 C_3 ：判定常数。

如果 $\bar{X}_T \geq X_{SFL} + C_0 \sigma_T$ ，则型式试验通过；

如果 $\bar{X}_1 \geq X_{SFL} + C_1 \sigma_1$ ，则抽样试验通过；

如果 $X_{SFL} + C_2 \sigma_1 \leq \bar{X}_1 < X_{SFL} + C_1 \sigma_1$ ，则允许进行双倍抽样数量的重复试验；

如果 $\bar{X}_2 \geq X_{SFL} + C_3 \sigma_2$ ，则重复试验通过，平均值 \bar{X}_2 和标准偏差 σ_2 仅从重复试验结果计算中得到。

如果重复试验没有通过，则认为该批不符合本标准要求，为了找出不合格的原因，应进行调查分析（当一批已分成若干小批时，如果小批中有一批不合格，则调研可以扩大到其他批）。

型式试验的判定常数：样本为 10 时， C_0 为 3.0。抽样试验及其重复试验程序和判定常数 C_1 、 C_2 和 C_3 应满足本标准 6.4.4 的规定。

注：计算标准偏差时，应注意它是分母为 $n-1$ 的标准偏差。

7.11 热机械性能试验

7.11.1 试验程序

绝缘子元件应承受四个 24h 冷却和加热循环，并同时施加拉伸负荷，该负荷的大小保持在所规定机电或机械破坏负荷的 60%~65%之间。每个 24h 循环中，首先应将其冷却到 $-40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，然后将其加热到 $+40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。应控制冷却和加热循环的温度偏差，以保证记录的冷却和加热温度之间的最小温差为 80K。在温度循环中最高温度和最低温度至少均应连续保持 4h。温度变化的速度实际上并不重要，它取决于试验装置。所有温度应在其中一个绝缘子的金属附件上或附近测量。

开始第一次冷热循环之前，应在室温下在绝缘子上施加拉伸负荷。在每次加热期终结时，完全卸除该拉伸负荷，并再重新施加，但最后一次热循环除外。在第四次 24h 循环之后，将其冷却到室温，除去拉伸负荷。

机电破坏负荷试验或机械破坏负荷试验应在从绝缘子元件上卸除拉伸负荷的同一天进行。

注：绝缘子元件经受冷热循环和机械负荷时，它们可以串联形式或并联形式连接在一起，并联连接时应对绝缘子元件施加等量负荷。

7.11.2 判定准则

机电和机械破坏负荷试验应采用的判定准则见本标准 7.10.2，如果在加热和冷却循环期间，有任何一个绝缘子损坏，则这些绝缘子都不符合本标准要求。

7.12 锁紧销检查

7.12.1 一般要求

锁紧销检查按 GB/T 19443 的规定进行。

本检查应包括 4 部分：

- 锁紧销的符合性；
- 锁紧状态的检查；
- 锁紧销的位置；
- 操作试验。

7.12.2 锁紧销的符合性

绝缘子或金属附件制造厂应检验锁紧销是否符合 GB/T 25318 的要求。绝缘子制造厂应持有有效的检验合格证书，确认进行了检验。

注：如果不能证明提交验收的绝缘子上所装的锁紧装置是属于已取得合格证书的同一批，则可以按 GB/T 25318 对若干锁紧装置进行试验，被试验锁紧装置抽样数量不超过本标准 6.4.3 中给出的 E2 抽样数量。

7.12.3 锁紧状态的检查

把绝缘子连接成两个元件的串，锁紧装置置于锁紧位置，然后模拟运行所能出现的运动方式，检查绝缘子串或球头连接件，不应有连接脱开。

7.12.4 锁紧销的位置

对于 R 型锁紧销，检查在锁紧位置时锁腿不应伸出窝的入口，并且用具有孔眼直径一半的尖形工具插入 R 型销孔眼，检查是否能把 R 型销从锁紧位置移动到连接位置。

注：见 GB/T 25318 关于连接和锁紧位置的说明。

7.12.5 操作试验的程序

使锁紧销处在锁紧位置。

用合适的装置沿其轴线方向将拉伸负荷 F 施加在 R 型销的孔眼上。

负荷逐渐增大，直至锁紧销移动到连接位置。从锁紧位置移动到连接位置的操作应连续进行三次。记录每次使锁紧销从锁紧位置移动到连接位置的负荷 F 。在施加表 8 给出的负荷 F_{\max} 时，锁紧销不应从窝里完全拉脱。

7.12.6 操作试验的判定准则

三次操作的负荷值 F 应在表 8 所给出的 F_{\min} 和 F_{\max} 值之间。

表 8 三次操作的负荷 F

单位：N

连接标记	R 型销	
	F_{\min}	F_{\max}
16, 20, 24	50	500
28, 32	100	650

7.13 温度循环试验

7.13.1 试验程序

绝缘子应不经过中间容器，迅速而完全地浸入到温度比后面试验用的冷水温度高 70K 的热水中，并

在此温度下保持一段时间 t , $t=15\text{min}$ 。

然后取出试品, 不经过中间容器而完全地浸入到冷水中, 在此温度下与在热水中保持相同的时间。这样的热冷循环应连续进行三次。从热到冷或从冷到热, 转换时间应尽可能短, 不超过 30s。

完成第三次循环后, 绝缘子应无损坏, 然后进行 1min 工频试验。

7.13.2 附加规定

附加规定如下:

- a) 对本试验, 试验水箱中的水量应足够多, 以便绝缘子浸入时引起水温的变化不超过 $\pm 5\text{K}$ 。
- b) 限制不能使用中间容器但可使用具有低热系数并且能使水自由流通的金属丝网篮。

7.13.3 判定准则

绝缘子应能耐受本试验, 不应出现损坏或击穿。

7.14 热震试验

7.14.1 试验程序

将已用热空气或其他合适的方法加热到至少高于水温 100K, 且温度均匀的绝缘子迅速而完全地浸入温度不超过 50℃ 的水中。

绝缘子在水中至少应保持 2min。

7.14.2 判定准则

绝缘子应承受本试验而不发生绝缘件的损坏。

7.15 孔隙性试验

7.15.1 试验程序

将从绝缘子上敲下来的瓷碎片浸入压力不小于 $15 \times 10^6 \text{N/m}^2$ 的 1% 品红酒精溶液 (100g 变性酒精中含 1g 品红) 中, 试验时间以 h 计, 压力以 N/m^2 计, 试验时间与压力的乘积不小于 180×10^6 。

然后将碎片从溶液中取出, 洗涤、干燥, 接着再敲碎。

7.15.2 判定准则

用肉眼检查新敲碎的表面, 应无任何染色渗透, 渗入最初敲取小碎片时形成的小裂纹除外。

本标准 6.4 的重复试验程序适用于本试验。

7.16 锌层试验

7.16.1 一般要求

除非下面另有规定, JB/T 8177 适用于本试验。

注: 虽然提出一个总的推荐是困难的, 对于加工粗糙造成小面积镀锌层损坏进行满意的修补是可能的, 但需使用特制的低熔点锌合金修补焊条进行修补, 修补层的厚度至少应等于镀锌层的厚度。允许修补的最大面积在某种程度上应取决于黑色金属件的种类和它的尺寸。但作为一般性导则, 建议面积为 40mm^2 是合适的。而对于大型绝缘子金属附件, 建议最大面积 100mm^2 。然而, 仅在特殊情况下, 在较小的缺陷上, 经供需双方协商同意后才允许修补损坏的镀层。应当注意, 用修补焊条进行修补的方法只能在未装配的黑色金属附件上进行, 因为在进行修补时, 黑色金属附件温度太高, 故不允许在完整的绝缘子上采用此法修补。

7.16.2 试验程序

7.16.2.1 试验方法

黑色金属部件应经受外观检查, 接着用磁力试验法测定镀层质量。当对用磁力法测试的结果有分歧意见时, 应进行如下仲裁试验的一种:

- 对铸件和锻件以及经过协议的垫圈用称量法, 应按 JB/T 8177 相关规定进行试验。
- 对螺栓、螺母或垫圈, 用显微镜法, 应按 JB/T 8177 相关的规定进行试验。

注: 在订货时由供需双方商定的其他试验方法也可采用。例如, 用硫酸铜溶液法或气体重量分析法。协议中应确定选择何种方法及其适用范围和通用试验条件。有许多资料叙述了用硫酸铜溶液法, 它可以测量锌层的连续性。

7.16.2.2 外观检查

金属附件应经受外观检查。

7.16.2.3 用磁力试验法确定镀层质量

试验应按 JB/T 8177 相关规定条件进行。

对每个试品，应按其尺寸大小进行 3 次~10 次测量。这些测量应均匀而随机地分布在整个金属附件表面，避开边缘和尖端处。

注：用磁力法确定镀层质量是非破坏性的，简单、迅速且有足够的精度，在绝大多数情况下适用。因此，规定该方法为基本试验方法。

7.16.3 判定准则

7.16.3.1 外观试验的判定准则

镀层应连续，尽可能均匀光滑（以免搬运时损坏），避免任何不利于镀品正常使用的缺陷。

允许有小的缺锌斑点，单个缺锌斑点的最大面积为 4mm^2 ，但总的缺锌面积不应超过大约金属附件总面积的 0.5%，最大不得超过 20mm^2 。

镀层应附着良好，在正常使用时，能经受装卸而不起皮剥落。

注：带有螺纹的零件，应加工好螺纹后镀锌。除非供需双方另有规定，螺母（含内螺纹）应在镀锌后攻丝并防护。

7.16.3.2 镀层质量值的判定准则

由测量的算术平均值得出的镀层质量不应小于下面规定的值。下列最小标准值是适用的，除非当这些部件使用在特别严酷的条件下，预先由供需双方协议可采用较高的值（例如任何单独的螺栓、螺母和垫片的平均值为 500g/m^2 ）。

最小平均镀层质量：

——对铁和钢的铸件和锻件，全部试样为 600g/m^2 ，任何单个试样为 500g/m^2 ；

——对螺栓、螺母和垫圈，全部试样为 375g/m^2 ，任何单个试样为 300g/m^2 。

注：作为指导，上述不同数值对应不同的等值厚度，即： 600g/m^2 ， $85\mu\text{m}$ ； 500g/m^2 ， $70\mu\text{m}$ ； 375g/m^2 ， $54\mu\text{m}$ ； 300g/m^2 ， $43\mu\text{m}$ 。

如果全部试品的平均值合格，而仅单个试品的平均值不合格，则用同样方法按本标准 6.4 的规定进行重复试验。如果每个单个试品的结果合格，而全部试品的平均值不合格，则采用重量法或显微镜法进行仲裁试验。

7.17 界面试验

7.17.1 干工频闪络电压试验

测量干工频闪络电压试验平均值 U_{av} ，试验方法按 GB/T 775.2 及 DL/T 810 的规定进行。

7.17.2 水煮试验

绝缘子在 0.1%质量的 NaCl 水中煮沸（ 100°C ）保持 42h，试验按 DL/T 810 的规定进行。

7.17.3 外观检查

在水煮试验后 48h 内，检查绝缘子伞裙或涂层外观。伞裙或涂层不应有开裂或与绝缘件分离、界面硅橡胶鼓起等缺陷。

7.17.4 空气中冲击击穿耐受试验

水煮试验后 48h 内，绝缘子界面应能耐受该试验。试验方法和判据应符合 DL/T 810 的规定。

7.17.5 干工频电压试验

按 DL/T 810 再次测量本标准 7.17.4 试验后的绝缘子干工频闪络电压。每一只试品的闪络电压平均值不得低于按本标准 7.17.1 测定值的 90%。

7.17.6 黏接面机械强度试验

7.17.6.1 试验程序

为验证伞套与瓷或玻璃绝缘子（芯盘）的黏接面强度，须进行本项试验。试验时用手术刀片切开伞

裙与瓷或玻璃绝缘子（芯盘）黏接界面的任意一处地方，采用手工剥离的方式加载外力，施力方向与伞裙表面形成大于 30° 夹角，直至伞裙撕裂为止。

7.17.6.2 判定准则

破坏形式应为硅橡胶伞裙撕坏，不允许硅橡胶伞裙与瓷或玻璃绝缘子（芯盘）界面黏接处露出瓷或玻璃件的光面。

7.18 SF₆ 击穿耐受电压试验

将绝缘子放在容器中，注入 SF₆ 绝缘介质并施加电压。在压力 0.2MPa~0.4MPa、温度 25℃±15℃ 下，对绝缘子钢脚施加正极性直流电压，并尽快升高至规定的 SF₆ 击穿耐受电压值（至少等于 1.5 倍规定的直流干耐受电压），电压保持 20min。若绝缘子头部没有发生击穿，则试验通过。

7.19 离子迁移试验

离子迁移试验是用通过绝缘子试品预期电荷量 Q_{50} 进行检验的，试验程序和要求如下：

- a) 体积电阻测量：10 只绝缘子试品安放在离子迁移试验装置内，当温度达到预定值 2h 后，施加 +30kV 直流电压，15min 后开始测量并记录每只试品的电流值。每只试品读取 3 次电流，然后求出 (90±2)℃、(120±2)℃、(150±2)℃ 的温度下绝缘子体积电阻平均值 R_{90} 、 R_{120} 和 R_{150} 。按式 (1) 计算 90℃~120℃ 的 A_1 及 90℃~150℃ 的 A_2 值，求出温度系数 $A = (A_1 + A_2) / 2$ 。

$$\frac{R_{\theta_1}}{R_{\theta_2}} = \frac{e^{[A / (273 + \theta_1)]}}{e^{[A / (273 + \theta_2)]}} \quad (1)$$

根据 R_{90} 和 A 值，计算出型式试验中 120℃ 的体积电阻值 R_{120} 。

- b) 计算预期电荷量 Q_{50} ：按绝缘子承受电压 $U=70kV$ ，运行环境的温度为正态分布，平均温度 $M=25℃$ ，标准偏差 $\sigma=10℃$ ，在 -15℃~+65℃ 温度区间，用式 (2) 计算 50 年内通过绝缘子的电荷量 Q_{50} ：

$$Q_{50} = U \sum_{-15^{\circ}\text{C}}^{+65^{\circ}\text{C}} \frac{t(\theta)}{R(\theta)} \quad (2)$$

- c) 在 $+65kV \leq U_{\text{exp}} \leq +75kV$ 、 $90^{\circ}\text{C} \leq \theta_{\text{exp}} \leq 130^{\circ}\text{C}$ 试验条件下，测量通过 50 只绝缘子试品的电荷量，当所有绝缘子试品中，通过的电荷量 $Q_{50 \text{ min}} \geq Q_{50}$ 时，迁移试验结束。
- d) 对所有完成迁移试验的 50 只绝缘子试品，进行正、负极性的直流干耐受电压试验，两种极性试验电压应等于规定正极性直流干耐受电压（见表 1）按标准大气条件的校正值。
- e) 试验结果的判定：迁移试验中，任何一只绝缘子击穿或损坏，或者直流干耐受试验时闪络，则该离子迁移试验不合格。

7.20 热破坏试验

10 只绝缘子试品安放在热破坏试验装置内，待箱内的空气温度加热到 80℃ 后保持 8h；接着施加 8h 正极性试验电压 U ；然后，停止施加电压和加热，烘箱门仍保持关闭，绝缘子在箱内保留 30min。

在等待期通过后，对绝缘子施加规定正极性直流干耐受电压（见表 1、表 2）并保持 1min，检验其是否发生击穿。

热破坏试验电压 U ：当 $X_{\text{SFL}} < 300kN$ 时， $U = +110kV$ ； $X_{\text{SFL}} \geq 300kN$ 时， $U = +125kV$ 。电压 U 允许有 -0%~+5% 的偏差。

注： X_{SFL} ——额定机械（电）破坏负荷。

7.21 体积电阻试验

按本标准 7.19 a) 程序测量每只绝缘子试品在 120℃±2℃ 的体积电阻值 R_{120} ，该值应处在离子迁移型式试验中得到的校正过的体积电阻 R_{120} 的 50%~200% 范围之内。用于这一校正的系数，应该采用在离子迁移型式试验体积电阻测量中得到的，相应于 90℃~150℃ 温度范围的温度系数 A 的平均值。

7.22 锌套和锌环试验

锌套应采用纯度不低于 99.8% 的锌制造。制造厂应提供制造锌套用锌的纯度证明。锌套的熔合面积至少应是锌套与钢脚间界面面积的 80%，锌套外露部分的质量应至少为 5g，外露尺寸大约是总长度的 50%。

应对绝缘子施加等于 65% 规定机械（电）破坏负荷的拉伸负荷并保持 1min，然后卸除负荷，拆下钢脚，检查锌套有无裂纹。

如果施加负荷后，锌套没有出现放射状裂纹或在锌套与钢脚间界面上没有环形裂缝，则该加锌套的钢脚合格。

然后使钢脚承受拉伸负荷直到破坏，检查熔合面（熔合面黯淡，不反光），其面积应不小于锌套与钢脚间界面面积的 80%。

7.23 逐个外观检查

应对每个绝缘子进行检查，绝缘件上应按图样安装金属附件。绝缘子的颜色应与图样规定的接近。在绝缘子表面允许有以下缺陷：缺陷面积不大于 25mm^2 ，但总缺陷面积不超过绝缘子总表面积的 0.2%，并且表面缺陷深度小于 1mm。

7.24 逐个机械试验

每个绝缘子串元件至少应承受等于规定机械破坏负荷 50% 的拉伸负荷，且持续至少 10s。

试验时发生断裂或其金属附件破坏或拉脱的绝缘子应报废。

7.25 逐个电气试验

复合瓷绝缘子串元件应承受连续施加的工频试验电压。施加试验电压的时间应持续 3min~5min，并且试验电压应足够高，以在绝缘子表面产生零星的工频火花闪络放电（几秒钟一次）。

试验时击穿的绝缘子应报废。

除非另有规定，该试验应在逐个机械试验之后进行，以剔除在机械试验时产生局部损伤的绝缘子。

8 验收

验收内容一般包括：

- a) 出厂合格证及本批产品的逐个试验、抽样试验报告。
- b) 有效期内的定型试验报告。
- c) 装箱单与附件的一致性。
- d) 安装说明书。
- e) 合同规定的内容。

9 包装、运输和储存

9.1 绝缘子标志

每只绝缘子应按 GB/T 19443 的规定，在绝缘件上或金属附件上标明制造厂名称或商标以及制造年份。此外，每只绝缘子还应标明其机电破坏负荷或机械破坏负荷额定值，这些标志应清晰、牢固、耐腐蚀。

9.2 包装要求

绝缘子包装应满足 JB/T 9673 的规定，且绝缘子包装体上应注明：

- a) 制造厂名称。
- b) 绝缘子型号。
- c) 绝缘子数量。
- d) 包装体总质量。
- e) “小心轻放”“瓷件”“玻璃件”等字样或指示标志。

9.3 运输

绝缘子在运输过程中应固定牢固，严禁重压，并有防雨、防潮、防振、冲击等措施。

9.4 储存

绝缘子应储存在周围无酸性、碱性及其他有害物质的库房中。
