

ICS 29.080.01

K 15

备案号: 53951-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1530 — 2016

高压绝缘光纤柱

High-voltage insulation optical fiber columns

2016-01-07 发布

2016-06-01 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 1

4 标志 2

5 正常运行条件 2

6 性能要求 3

7 检验规则 4

8 设计试验 7

9 型式试验 7

10 例行试验 9

11 抽样试验 10

12 特殊试验 11

13 包装、运输和储存 11

前 言

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

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业过电压与绝缘配合标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院。

本标准起草人：周玮、刘之方、董勤晓、李永亮、李志远、李会兵、陈没、张翠霞、廖蔚明、李国富、闫晔、党冬。

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）。

高压绝缘光纤柱

1 范围

本标准规定了标称电压 66kV 及以上的交流电力系统高压绝缘光纤柱（或称光纤绝缘子、光纤信号柱，简称光纤柱）的使用条件、技术要求、试验方法、检验规则及标志等内容。

本标准适用于交流系统用变电站和串补站用光纤柱，以及换流站交流侧用光纤柱。

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 772 高压绝缘子瓷件 技术条件

GB/T 8287.1—2008 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 1 部分：瓷或玻璃绝缘子的试验

GB/T 15972.40 光纤试验方法规范 第 40 部分：传输特性和光学特性的测量方法和试验程序——衰减

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般试验要求

GB/T 21429—2008 户外和户内电气设备用空心复合绝缘子 定义、试验方法、接收准则和设计推荐

GB/T 22079—2008 标称电压高于 1000V 使用的户内和户外聚合物绝缘子 一般定义、试验方法和接收准则

GB/T 26218 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定

DL/T 376 电力复合绝缘子用硅橡胶绝缘材料通用技术条件

DL/T 1000.3 标称电压高于 1000V 架空线路用绝缘子使用导则 第 3 部分：交流系统用棒形悬式复合绝缘子

JB/T 3567 高压绝缘子 无线电干扰试验方法

JB/T 7618 避雷器密封试验

JB/T 8177 绝缘子金属附件热镀锌层 通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压绝缘光纤柱 high-voltage insulation optical fiber column

一种可实现高、低电压设备之间光信号和光能量传输的高压设备，由绝缘外套、光纤和端部金具等构成，具有良好的光传输性能和足够的内、外绝缘性能。

光纤柱从安装方式上可分为支柱式光纤柱和悬挂式光纤柱。

光纤柱从绝缘外套材质上可分为复合绝缘光纤柱和瓷绝缘光纤柱。

3.2

绝缘外套 insulating housing

光纤柱的外绝缘件，具有一定的机械强度，起保护和固定光纤的作用，提供必要的爬电距离并保护光纤免受环境影响，一般为瓷或复合绝缘材料制成。

3.3

额定机械负荷 **specified mechanical load**
允许施加在光纤柱上的最大机械负荷。

3.4

逐个试验机械负荷 **routine test mechanical load**
在例行试验项目中进行逐个机械负荷试验（见 10.3）期间，对所有装配好的光纤柱施加的机械负荷。

3.5

设备最高电压 **highest voltage for equipment**
光纤柱长期工作时所适用的最高电压。

4 标志

4.1 型号命名规则

光纤柱型号命名规则见图 1。

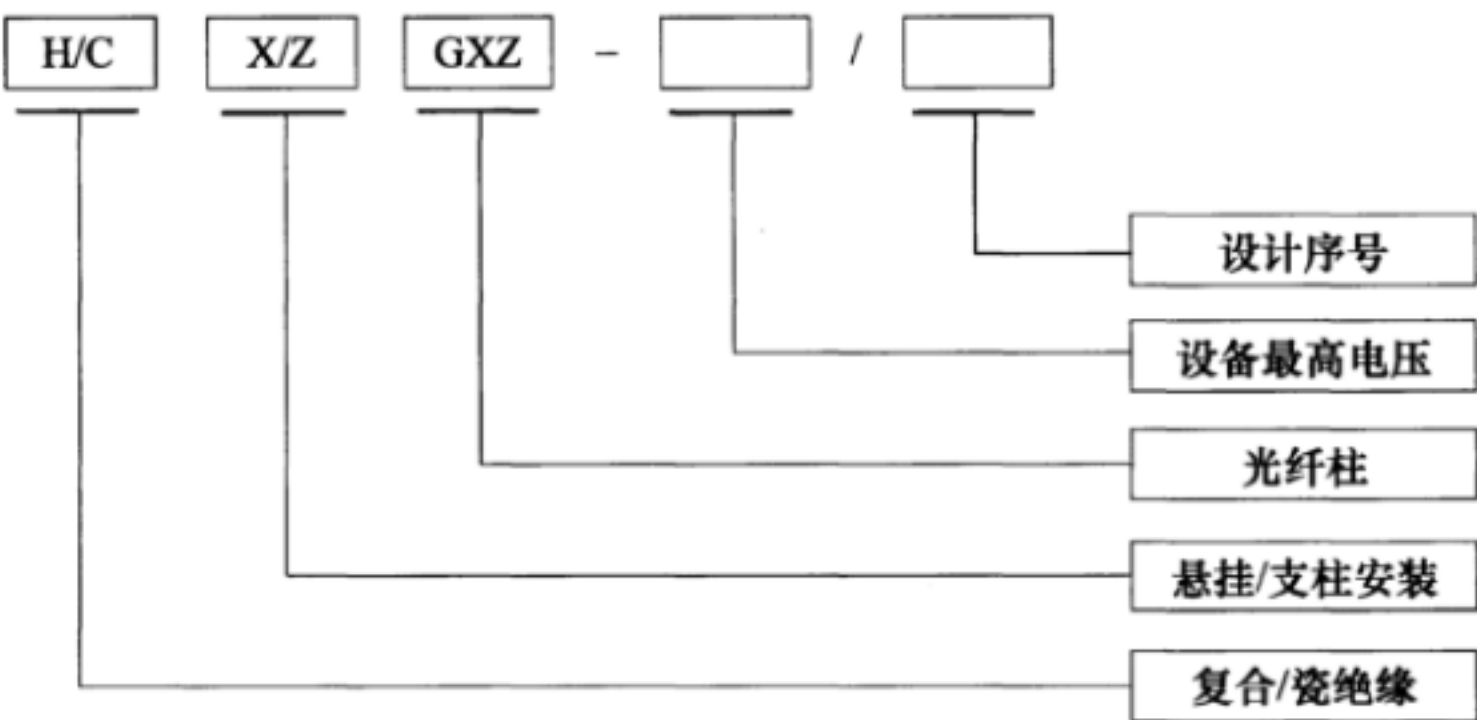


图 1 光纤柱型号命名规则

4.2 铭牌

光纤柱的铭牌应固定在产品端部附件上，其标注内容应清晰牢固。光纤柱铭牌上应至少包含下列内容：

- 制造厂商；
- 型号；
- 出厂编号；
- 最高电压；
- 产品名称；
- 重量；
- 出厂年月。

5 正常运行条件

光纤柱在下列条件下应能正常运行：

- 环境温度：-40℃~+40℃；
- 太阳最大辐射：不超过 1.1kW/m²；
- 海拔：一般不超过 1000m；

- 交流电源的频率：不低于 48Hz，不超过 62Hz；
- 空气相对湿度：不超过 95%；
- 风速：不大于 35m/s；
- 地震烈度：Ⅶ度及以下地区；
- 覆冰厚度：不大于 20mm；
- 污秽度等级：d 级及以下地区。

6 性能要求

6.1 绝缘外套材料性能

光纤柱的绝缘外套为复合材料时，复合外套的硅橡胶伞裙材料性能应满足 DL/T 376 的要求，绝缘衬管（棒）材料性能应满足 DL/T 1000.3 的要求；光纤柱的绝缘外套为瓷材料时，瓷外套应满足 GB/T 772 的要求。

6.2 绝缘性能

光纤柱的爬电比距应满足 GB/T 26218 规定的污秽度 d 级的要求。
光纤柱的设备最高电压和试验电压见表 1。

表 1 光纤柱的设备最高电压和试验电压 单位为 kV

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	工频耐受电压（有效值）		操作冲击耐受电压（峰值）		雷电冲击耐受电压 (峰值)
		干试	湿试	干试	湿试	
66	72.5	165	140	—	—	325
110	126	265	185	—	—	550
220	252	495	395	—	—	950
330	363	—	570	950	950	1175
500	550	—	680	1300	1300	1675
750	800	—	900	1550	1550	2100
1000	1100	—	1100	1800	1800	2550

6.3 额定机械负荷

6.3.1 悬挂式光纤柱

对于悬挂式光纤柱，其额定机械负荷是指额定拉伸机械负荷，不宜低于自重的 15 倍，必要时可由供需双方协商确定。

6.3.2 支柱式光纤柱

对于支柱式光纤柱，其额定机械负荷是指额定弯曲机械负荷，应满足表 2 的推荐值，必要时可由供需双方协商确定。

表 2 支柱式光纤柱的额定弯曲机械负荷

设备最高电压（有效值） kV	72.5	126	252~363	550	800	1100
额定弯曲机械负荷 N	1250	2000	2500	4000	4500	6000

6.4 逐个试验机械负荷

逐个试验机械负荷不应低于额定机械负荷的 50%，必要时可由供需双方协商确定。

6.5 光损

测量光纤柱光损时宜采用插入损耗法，且在规定波长下的光损不宜大于 0.6dB。
必要时光纤柱的光损阈值及光损测试用光源波长也可由供需双方协商确定。

6.6 密封性能

光纤柱应有可靠的密封。在光纤柱寿命期间内，不应因密封不良而影响光纤柱的运行性能。

6.7 无线电干扰电压试验（RIV）

此项试验可由供需双方协商进行，最大无线电干扰水平也可由供需双方协商确定。

7 检验规则

7.1 检验分类

本标准所规定的试验包括设计试验、型式试验、例行试验、抽样试验、特殊试验，具体要求如下：

7.1.1 设计试验

仅复合绝缘光纤柱需要进行设计试验。

设计试验旨在验证光纤柱的设计、材料和制造（工艺）方法是否合适。对某一新设计或新制造工艺的光纤柱，设计试验仅进行一次，仅当设计、材料或制造（工艺）发生改变时才需要重新进行。若这些改变仅影响到某些特性时，仅重复与那些特性有关的试验。光纤柱某一特性的设计试验，如果有等同设计的光纤柱或绝缘子试验报告，则不需进行。

光纤柱特性的等同设计的含义见于 7.2。

7.1.2 型式试验

凡遇下列情况之一，应进行型式试验：

- 新产品定型前；
 - 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时。
- 产品进行型式试验前，应先通过例行试验和抽样试验。

7.1.3 例行试验和抽样试验

产品出厂时，应对每个产品进行例行试验，并按照 7.5 规定进行抽样试验。

7.1.4 特殊试验

当用户有要求时，可对产品进行特殊试验。

7.2 设计试验

当一种复合绝缘光纤柱进行设计试验时，其结果应认为对整类复合绝缘光纤柱都有效，该类光纤柱由被试的该种光纤柱所代表，并具有下述特性：

- a) 衬管（棒）、伞套材料相同，并且制作方法（工艺）相同；
- b) 相同的附件材料、相同的设计和相同的附着方法；
- c) 衬管（棒）上的伞套材料层厚度（包括所采用的伞套）相同或较大；
- d) 最高系统电压与光纤柱绝缘距离之比相同或较小。

复合绝缘光纤柱的设计试验应按表 3 规定进行。

表 3 复合绝缘光纤柱的设计试验

项号	试验名称	试验依据
1	伞套材料试验	8.1
2	衬管（棒）材料试验	8.2

7.3 型式试验

光纤柱的型式试验应按表 4 规定进行，试验时有任何一项不合格，该次型式试验不合格。

表 4 光纤柱的型式试验

项号	试验名称	试验依据	产品类型	试品数量	
				全尺寸	短样
1	工频耐受电压试验	9.1	全部	1	—
2	操作冲击耐受电压试验	9.2	全部	1	—
3	雷电冲击耐受电压试验	9.3	全部	1	—
4	复合绝缘光纤柱的密封及界面试验	9.4	复合绝缘光纤柱	—	3
5	瓷绝缘光纤柱的密封试验	9.5	瓷绝缘光纤柱	1	—
6	额定机械负荷试验	9.6	全部	1	—
7	机械负荷破坏性试验	9.7	全部	3 ^a	
^a 机械负荷破坏性试验中，悬挂式复合绝缘光纤柱可以使用短样试品，其余类型光纤柱必须使用全尺寸试品。					

7.4 例行试验

出厂的每只光纤柱产品应按表 5 的规定进行试验，试验时有任何一项不合格，该光纤柱的例行试验不合格。

表5 光纤柱的例行试验

项号	试验名称	试验依据	产品类型
1	标志检查	10.1	全部
2	外观检查	10.2	全部
3	逐个机械负荷试验	10.3	全部
4	光损测量	10.4	全部
5	超声波探伤检查	10.5	瓷绝缘光纤柱

7.5 抽样试验

光纤柱的抽样试验应按表6的规定进行。

表6 光纤柱的抽样试验

项号	试验名称	试验依据	产品类型
1	尺寸检查	11.1	全部
2	镀锌层厚度检查	11.2	具有热镀锌金属附件的光纤柱
3	陡波冲击电压试验	11.3	全部
4	额定机械负荷试验	11.4	全部
5	瓷外套的温度循环试验	11.5	瓷绝缘光纤柱
6	瓷外套材料的孔隙性试验	11.6	瓷绝缘光纤柱

抽样试验应按批次在完成例行试验的产品中随机抽取，抽样的数量应符合表7的规定。必要时，可由供需双方协商确定抽样数量。进行抽样试验的光纤柱不能再交付用户使用。

表7 抽 样 数 量

序号	批次生产数量（只）	抽取数量（只）
1	<30	0
2	30~50	1
3	>50	2

注：“瓷外套材料的孔隙性试验”的抽样数量由11.6规定。

当抽样试验未通过时，若能清楚地知道试验未通过的原因，则制造厂应从该批中剔除所有有缺陷的产品，任意抽取第一次抽样数量的2倍的产品，再次进行抽样试验。

若再次进行的抽样试验仍未通过，则认为该批光纤柱不合格。

7.6 特殊试验

光纤柱的特殊试验应按表8的规定进行，试验项目由供需双方协商确定。

表 8 光纤柱的特殊试验

项号	试验名称	试验依据	产品类型
1	无线电干扰试验	12.1	全部

8 设计试验

8.1 伞套材料试验

试验方法和验收准则参照 GB/T 22079—2008 的 9.3 或者 GB/T 21429—2008 的 7.3 的规定进行。

8.2 衬管（棒）材料试验

试验方法和验收准则参照 GB/T 22079—2008 的 9.4 或者 GB/T 21429—2008 的 7.4 的规定进行。

9 型式试验

9.1 工频耐受电压试验

试验方法和验收准则参照 GB/T 16927.1 的规定进行。
型式试验施加电压值按表 1 中规定，施加电压持续时间为 1min。

9.2 操作冲击耐受电压试验

试验方法和验收准则参照 GB/T 16927.1 的规定进行。操作冲击耐受电压试验在干、湿两种状态下进行，施加次数为正、负极性各 15 次，施加电压值按表 1 中规定，试验波形为 250/2500μs 标准操作冲击电压波形。

9.3 雷电冲击耐受电压试验

试验方法和验收准则参照 GB/T 16927.1 的规定进行。雷电冲击电压施加次数为正、负极性各 15 次，施加电压值按表 1 中规定，试验波形为 1.2/50μs 标准雷电冲击电压波形。

9.4 复合绝缘光纤柱的密封及界面试验

9.4.1 试样准备

应准备 3 只与产品材料及生产工艺完全一致的短样光纤柱试品，其绝缘长度不应小于 800mm。应对这 3 只试品进行外观检查和尺寸检查，然后按照 9.4.2～9.4.7 步骤依次进行，试验过程中应做好光纤尾纤的防护。

9.4.2 干工频闪络电压试验

对清洁、干燥的试品测定 5 次工频闪络电压值，试验电压应在 1min 内从零升至闪络值。取平均值并按照 GB/T 16927.1 规定的方法校正到标准大气条件，作为该试品的干工频闪络电压测定值。

9.4.3 额定机械负荷试验

9.4.3.1 悬挂式光纤柱的拉伸机械负荷试验

悬挂式光纤柱应进行额定拉伸机械负荷试验，试验值由 6.3 规定。

试验时,使用特制螺栓把上、下端部附件分别牢固、安全地固定到试验夹具上,然后在法兰上沿光纤柱轴线方向均匀施加拉伸负荷至额定机械负荷为止,维持 1min。

试验后,法兰应无脱出,试品应无裂纹等机械损伤,且试验前后测得的光损应满足 6.5 的要求,试验过程中光纤损坏数量不得超过光纤总数的 20%,光损测量方法见 10.4。

9.4.3.2 支柱式光纤柱的弯曲机械负荷试验

支柱式光纤柱应进行额定弯曲机械负荷试验,试验值由 6.3 规定。短样试品的试验值按照力矩相等原则进行折算。

试验时,使用特制螺栓把下端部附件牢固、安全地固定到试验夹具上,弯曲负荷应施加在光纤柱的上端部附件安装部位,并与光纤柱垂直,均匀施加弯曲负荷至额定弯曲负荷为止,维持 1min。

试验后,试品应无裂纹等机械损伤,且试验前后测得的光损应满足 6.5 的要求,试验过程中光纤损坏数量不得超过光纤总数的 20%,光损测量方法见 10.4。

9.4.4 温度循环试验

温度循环试验按照下列步骤进行:

- a) 试验前,测量光纤柱的光损;
- b) 将试品置于高低温试验箱内,调节试验箱温度,使试品由常温先冷却至 $-40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,停留 12h,然后让试品自然恢复到常温。
- c) 将试品加热至 $60^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,停留 12h,然后让试品自然恢复到常温。

重复执行步骤 b)、c) 一次。试验过程中,测量试品处于最高温和最低温时的光损各一次。试验结束后测量光损,光损测量方法见 10.4。

试验中测得的光损应满足 6.5 的要求,试验过程中光纤损坏数量不得超过光纤总数的 20%。试验结束后,试品应无裂纹等损伤,外观应无异常。

9.4.5 水煮试验

试验时,将试品浸在含有质量分数为 0.1% 的 NaCl 去离子水溶液中保持沸腾 42h。试验结束后,从水中取出光纤柱,仔细检查试品,硅橡胶应无开裂和脱落现象,其他外观应无异常。

水煮试验结束 48h 内,进行 9.4.6 试验。

9.4.6 陡波冲击电压试验

在试品上布置电极(该电极由夹片构成,例如可由宽大约 20mm,厚度不超过 1mm 的窄铜条做成)。此电极应牢固地紧绕在伞裙间的伞套上,形成不大于 500mm 的区段。每段连续施加陡度为(1000~1500) kV/ μs 的正、负冲击电压各 25 次。每次冲击,应使电极间的外部闪络,而不应产生试品内部击穿。试验结束后撤去构成区段所使用的电极。

9.4.7 干工频闪络电压试验

陡波冲击电压试验结束后,对试品进行 5 次工频闪络电压试验,取测量平均值并按照 GB/T 16927.1 规定的方法校正到标准大气条件,作为该试品的干工频闪络电压值。电压应在 1min 内从零升至闪络值。

陡波冲击电压试验后干工频闪络电压值应不小于 9.4.2 中干工频闪络电压试验值的 90%。

对每一只试品分别施加 9.4.2 所测得的工频闪络电压值 80% 的工频电压 30min,试品不应发生击穿;在试品的绝缘外套上均匀布置 6 个测温点,试验前后温升不应超过 10K。

9.5 瓷绝缘光纤柱的密封试验

试验应在一个完整的光纤柱全尺寸试品上进行；当光纤柱的瓷绝缘外套由多个瓷单元节组成时，也可在其中一个单元节上进行。产品内部不应填充绝缘物质，但应内置与常规产品数量相当的光纤，密封工艺应与产品保持一致。

试验时宜采用抽气浸泡法或热水浸泡法进行试验，试验方法和验收准则参照 JB/T 7618 的规定进行。

9.6 额定机械负荷试验

试验应在一个完整的光纤柱全尺寸试品上进行。

悬挂式光纤柱应耐受额定拉伸机械负荷而不损坏，试验方法和验收准则由 9.4.3.1 规定。

支柱式光纤柱应耐受额定弯曲机械负荷而不损坏，试验方法和验收准则由 9.4.3.2 规定。

9.7 机械负荷破坏性试验

9.7.1 悬挂式光纤柱

悬挂式光纤柱应进行拉伸方向的机械负荷破坏性试验。悬挂式复合绝缘光纤柱可以使用短样试品。试验应使用至少 3 只试品，试品可以是半成品，但承受主要机械负荷的组件应组装完毕。

试验时，使用特制螺栓把上、下端部附件分别牢固、安全地固定到试验夹具上，然后在法兰上沿光纤柱轴线方向均匀施加拉伸负荷至试品破坏为止，记录试品破坏时所施加的作用力。

9.7.2 支柱式光纤柱

支柱式光纤柱应进行弯曲方向的机械负荷破坏性试验。试验应使用至少 3 只全尺寸试品，试品可以是半成品，但承受主要机械负荷的组件应组装完毕。

试验时，使用特制螺栓把下端部附件牢固、安全地固定到试验夹具上，弯曲负荷应施加在光纤柱的上端部附件安装部位，并与光纤柱垂直，均匀施加拉伸负荷至试品破坏为止，记录试品破坏时所施加的作用力，并计算出试品破坏时所施加的作用力矩。

10 例行试验

10.1 标志检查

检查光纤柱的铭牌标志，标志应清晰牢固，且符合 4.2 的要求。

10.2 外观检查

10.2.1 复合绝缘光纤柱

用目测的方法检查试品外表面，应无裂纹和损伤；伞表面的单个缺陷（如缺胶、杂质和突起等）面积不应大于 25mm^2 、深度不应大于 0.5mm 、突起不应超过 0.5mm 、总缺陷面积不应大于外套总面积的 0.1% 。

10.2.2 瓷绝缘光纤柱

检验方法和验收准则参照 GB/T 8287.1—2008 的规定进行。

10.3 逐个机械负荷试验

10.3.1 悬挂式光纤柱

悬挂式光纤柱应进行逐个拉伸机械负荷试验，试验值由 6.4 规定。

试验时，使用螺栓把上、下端部附件分别牢固、安全地固定到试验夹具上，然后在法兰上沿光纤柱轴线方向均匀施加拉伸负荷至逐个机械负荷为止，维持 1min。

试验结束后，法兰应无脱出，试品应无裂纹或其他机械损伤。

10.3.2 支柱式光纤柱

支柱式光纤柱应进行逐个弯曲机械负荷试验，试验值由 6.4 规定。

使用螺栓把下端部附件牢固、安全地固定到试验夹具上，弯曲负荷应施加在光纤柱的上端部附件安装部位，并与光纤柱垂直，均匀施加弯曲负荷至逐个机械负荷为止维持 1min。

试验结束后，试品应无裂纹或其他机械损伤。

10.4 光损测量

试验方法参照 GB/T 15972.40 中规定的插入损耗法进行，试验结果应符合 6.5 的要求。

10.5 超声波探伤检查

试验仅在瓷外套上进行，试验方法和验收准则参照 GB/T 8287.1—2008 的 5.10 的规定进行。

11 抽样试验

11.1 尺寸检查

用合格的标尺检查光纤柱的几何尺寸，应与图纸要求相符。

11.2 镀锌层厚度检查

试验方法和验收准则参照 JB/T 8177 的规定进行。

11.3 陡波冲击电压试验

试验方法见 9.4.6。

试验进行之前，不需进行 9.4.2~9.4.5 的试验项目。试品电弧距离大于 5m 的，可沿试品长度方向均匀选择 6 段进行试验，端部的两段应使用金属法兰作为电极。

11.4 额定机械负荷试验

光纤柱试品可以是半成品，承受主要机械负荷的组件应组装完毕。

试验方法同 9.4.3。

11.5 瓷外套的温度循环试验

试验仅在瓷外套上进行，试验方法和验收准则参照 GB/T 8287.1—2008 的 5.4 的规定进行。

11.6 瓷外套材料的孔隙性试验

抽样数量、试验方法和验收准则参照 GB/T 8287.1—2008 的 5.6 的规定进行。

12 特殊试验

12.1 无线电干扰试验

此项试验由供需双方协商进行，并协商确定光纤柱作为独立产品时的最大无线电干扰水平限值。试验方法和验收准则参照 JB/T 3567 的规定进行。

13 包装、运输和储存

13.1 包装

光纤柱的包装应符合以下规定：

- a) 光纤柱的包装，应保证产品及其组件、零件，特别是光纤的尾纤及端头，在整个运输和存储期间不致受到雨淋、挤压等原因造成腐蚀或损伤。
- b) 光纤柱随包装应附有下列出厂文件：
 - 产品合格证；
 - 出厂检验报告；
 - 安装使用说明书（包括产品外形尺寸图及组件安装使用说明书）；
 - 拆卸运输零件和备件一览表（如需要）。出厂文件应妥善包装，防止受潮。
- c) 包装箱上应注明：
 - 产品名称、型号；
 - 适用线路及相别（需要时）；
 - 发货单位、收货单位及详细地址；
 - “小心轻放”“防雨”“防潮”等字样和标记。

13.2 运输和储存

光纤柱的运输和储存应符合以下规定：

- a) 光纤柱的运输、装卸应遵守小心轻放的原则。
 - b) 光纤柱在运输过程中应无严重震动、颠簸和冲击现象。
 - c) 包装好的设备应存储在环境温度为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 、湿度不大于 85% 的库房内，室内无酸、碱、盐及其他腐蚀性物质。若无库房条件，产品应具有良好包装，防止被雨水淋湿或日光照射，且储存在离地面高度至少 20mm 的水平面上，地面应有良好的排水通道，防止光纤柱被雨水浸泡。
-