



中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1408 — 2015

1000kV 交流系统用油-六氟化硫套管 技 术 规 范

Technical specifications for oil-SF₆ bushings of 1000kV AC system

2015-04-02 发布

2015-09-01 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 一般使用条件 1

5 系统概况 2

6 基本技术参数 2

7 技术性能要求 2

8 试验要求与方法 6

9 试验分类 10

10 运输、存放、安装、运行和维护规则 11

附录 A（规范性附录） 1000kV 交流系统用油-SF₆ 套管与开关设备的典型连接结构和尺寸 14

参考文献 19

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》进行编写。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由特高压交流输电标准化技术工作委员会归口。

本标准起草单位：国家电网公司、中国电力科学研究院、西安交通大学、西安西电高压套管有限责任公司、南京电气（集团）有限公司、国网电力科学研究院。

本标准主要起草人：陈维江、胡伟、彭宗仁、王绍武、孙岗、陈国强、邬雄、谢雄杰、许佐明、侯建峰、何平、刘鹏、徐涛。

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）。

1000kV 交流系统用油-六氟化硫套管技术规范

1 范围

本标准规定了 1000kV 交流系统用油-六氟化硫套管（又称油-SF₆ 套管）的使用条件、技术性能要求、试验要求、试验方法、安装与维护等内容。

本标准适用于安装在 1000kV 交流系统用气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的油-SF₆ 套管。

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 4109—2008 交流电压高于 1000V 的绝缘套管（IEC 60137，MOD）

GB/T 22382—2008 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的直接连接（IEC 61639：1996，MOD）

GB/T 2423.23—2013 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Q：密封（IEC 60068-2-17：1994，IDT）
IEC 61463 套管抗地震能力（Bushings-Seismic qualification）

3 术语和定义

GB/T 4109—2008、GB/T 22382—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

油-SF₆ 套管 oil-SF₆ bushing

安装在气体绝缘金属封闭开关设备与油浸式电力变压器之间，一端浸入变压器油中，另一端处于气体绝缘金属封闭开关设备（简称开关设备）绝缘气体（通常为 SF₆）中的全浸入式套管。

3.2

油浸纸油-SF₆ 套管 oil-impregnated paper oil-SF₆ bushing

主绝缘由绝缘纸和铝箔卷绕的芯体，经真空干燥处理后用绝缘液体介质（通常为变压器油）浸渍而成的油-SF₆ 套管。

注：芯体装在绝缘套内且芯体和绝缘套之间的空间充以与浸渍时所使用的相同的绝缘液体（通常为变压器油）。

3.3

胶浸纸油-SF₆ 套管 resin-impregnated paper oil-SF₆ bushing

主绝缘由绝缘纸和铝箔卷绕的芯体，经真空干燥处理后用树脂（通常为环氧树脂）浸渍、固化而成的油-SF₆ 套管。

4 一般使用条件

本标准规定的油-SF₆ 套管的一般使用条件见表 1。

表 1 油-SF₆ 套管的一般使用条件

序号	名 称		单 位	典型参数
1	周围空气温度	最高温度	℃	40
		最低温度	℃	-40

表 1（续）

序号	名 称		单 位	典型参数
1	周围空气温度	最大日温差	K	25
		最热月平均温度	℃	30
2	变压器油温度	最高温度 ——对于正常负荷 ——对于故障负荷	℃	100 115
		最高日平均温度	℃	90
		最高温度	℃	75
3	开关设备侧 SF ₆ 气体	运行时最高压力 ^a	MPa	0.6
		运行时最低压力 ^a	MPa	0.4
		最高温度	℃	75
4	耐受地震能力 ^b	水平加速度	m/s ²	3
		垂直加速度	m/s ²	1.5
5	安装角度（与垂直线）		—	水平或垂直
^a 20℃表压。				
^b 共振、正弦拍波试验法，激振 5 次，每次持续时间 5 个周波，各次间隔 2s。安全系数不小于 1.67。				

5 系统概况

系统额定频率为 50Hz，系统标称电压 U_n 为 1000kV，系统最高运行电压为 1100kV。

6 基本技术参数

6.1 额定电压

套管的额定电压 U_N 为 1100kV。

6.2 额定电流

套管的额定电流 I_N （A）应从下列标准值中优先选取：1600，2000，2500，3150，4000。

6.3 套管的额定绝缘水平

套管的额定绝缘水平应符合表 2 的规定。

表 2 套管的额定绝缘水平

雷电冲击耐受电压（BIL） kV（峰值）		操作冲击耐受电压（SIL） kV（峰值）		工频 5min 耐受电压 kV（有效值）
全波	截波	相对地		相对地
2400	2760	1950		1200

7 技术性能要求

7.1 介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）

套管在工频 $1.05U_N/\sqrt{3}$ 电压下的 $\tan\delta$ 最大值应符合表 3 的规定。

表 3 套管的 $\tan\delta$ 最大值（20℃时）

套管绝缘类型	$1.05U_N/\sqrt{3}$ 电压下 $\tan\delta$ 的最大值	电压从 $1.05U_N/\sqrt{3}$ 到 U_N 最大允许增值
油浸纸	0.004	0.001
胶浸纸	0.007	0.001

7.2 套管的局部放电量

套管的局部放电量应符合表 4 的规定。

表 4 套管的局部放电量

电压值 kV	U_N^a	$1.5U_N/\sqrt{3}$	$1.1U_N/\sqrt{3}$
局部放电量 pC	—	≤ 10	≤ 5
^a 在该试验电压下应记录局部放电量，局部放电量的最大允许值应经供需双方协议确定。			

7.3 套管试验抽头的介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）和工频耐受电压

套管试验抽头对地的工频耐受电压不低于 2kV，试验持续 60s。
套管试验抽头的介质损耗因数 $\tan\delta$ 不大于 0.03。

7.4 套管各部位的发热温度和温升

套管在长期施加额定电流 I_N （ $1\pm 2\%$ ）至稳定后，其各部位的发热温度和温升应满足表 5 的规定。

表 5 套管各部位允许的最高温度和温升

部 件 说 明				最大温升 K	最高温度 ℃	备注
弹性接触 ^a	铜与铜合金	无镀层	SF ₆ 中 油中	60 50	90 80	
		镀锡	SF ₆ 或油中	60	90	
		电镀银或镍	SF ₆ 中 油中	75 60	105 90	
螺纹接触	铜 铝 铜合金 铝合金	无镀层	SF ₆ 中 油中	75 70	105 100	
		镀锡 ^b	SF ₆ 中 油中	75 70	105 100	
		电镀银或镍	SF ₆ 中 油中	85 70	115 100	
用螺钉或螺栓连接的外用接线端子	铜、银及其合金	无镀层		60	90	
		镀锡		75	105	
		电镀银或镍		75	105	

表 5（续）

部 件 说 明			最大温升 K	最高温度 ℃	备注
与绝缘接触的金属件	绝缘等级	A 级（油浸纸）	75	105	
		E 级（胶浸纸）	90	120	
注：温升的数据以最大日平均气温 30℃为基础。					
a 弹性接触是用弹簧压力维持连接，如插入式连接。					
b 当预计有严重氧化时，温升应限制在 50K。					

在套管导体嵌入到绝缘材料内部的情况下，为了避免破坏绝缘，经供需双方协议，套管中导体的最热点温度可由以下公式计算确定。

导体的最高温度 θ_M 可从式（1）和式（2）导出：

$$\theta_M = \frac{\left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right]^2 - \theta_1 \theta_2}{3 \left[2 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{2}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right]} \tag{1}$$

$$M = \left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \tag{2}$$

式中：

- θ_M ——导体最高温度，℃；
- θ_A ——导体的均匀基准温度，℃；
- θ_1 ——导体温度较低端测得的温度，℃；
- θ_2 ——导体温度较高端测得的温度，℃；
- R_A ——导体两端间在均匀基准温度 θ_A 时的电阻，Ω；
- R_C ——导体载流 I_N 达到温度稳定后的电阻，Ω；
- α ——测量导体电阻 R_A 时的电阻温度系数；
- M ——导体最高温度判定值。

当式（2）算得的结果 M 为正值时，导体的最高温度为 θ_M ，且它位于导体两端之间的任一点处。当 M 为负值或零时，导体的最高温度为 θ_2 。

导体温度较低端到最高温度点的距离 L_M 的计算公式为：

$$L_M = \frac{1}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \tag{3}$$

式中：

- L_M ——导体温度较低端到最高温度点的距离，m。

7.5 套管耐受的热短时电流的标准值（ I_{th} ）

I_{th} 的标准值应为额定电流 I_N 的 25 倍，持续时间 t_{th} 为 2s。

用式（4）计算验证套管耐受 I_{th} 标准值的能力：

$$\theta_f = \theta_0 + \alpha \frac{I_{th}^2}{S_t S_e} \times t_{th}$$

(4)

式中：

θ_f ——套管导体的最终温度，℃；

θ_0 ——在环境温度为 40℃、载流 I_N 连续运行时导体的温度，℃；

α ——系数，铜取值 $0.8\text{ (Ks}^{-1}) / (\text{kA} \cdot \text{cm}^{-2})^2$ ，铝取值 $1.8\text{ (Ks}^{-1}) / (\text{kA} \cdot \text{cm}^{-2})^2$ ；

t_{th} ——规定的额定持续时间，s；

I_{th} ——规定的标准值，kA；

S_t ——相应于 I_N 的总横截面面积， cm^2 ；

S_e ——考虑集肤效应的等效横截面面积， cm^2 。

其他材料 α 值的计算公式为：

$$\alpha = \frac{\rho}{c\delta}$$

(5)

式中：

ρ ——导体电阻率， $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ；

c ——比热容单位， $\text{J} / (\text{g} \cdot \text{K})$ ；

δ ——导体密度， g/cm^3 。

用于公式中的 ρ 、 c 和 δ 各值需在平均温度 160℃ 下进行校正。

在直径 D (cm) 的圆截面导体中，需考虑集肤效应取得的等效横截面面积。电流渗入深度 d 为：

$$d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho \times 10^3}{f}}$$

(6)

式中：

f ——额定频率，Hz；

集肤效应的等效截面面积 S_e 为：

$$S_e = \pi d(D - d)$$

当计算的套管导体的最终温度不超过 180℃ 时，认为套管能耐受 I_{th} 的标准值，试验可以免做；而当导体的最终温度超过 180℃ 时，就须用试验来证明套管是否能耐受此标准值。

7.6 油浸纸套管内部油的性能

油浸纸套管内部变压器油的性能应符合表 6 的规定。当用户有特殊要求时，可由供需双方另行协议商定变压器油的测试项目和指标。

表 6 油浸纸套管内部变压器油的性能

击穿电压 kV	$\tan\delta(90^\circ\text{C})$	水分 mg/L	颗粒度 (大于 5 μm)	油中溶解气体含量 $\mu\text{L/L}$		
				乙炔	总烃	氢
≥ 70.0	≤ 0.001	≤ 10.0	≤ 1000 个/100mL	0.0	≤ 10.0	≤ 30.0

7.7 作用在连接界面的机械力

在连接界面处作用于套管的机械力，包括电动力效应、元件的公差、温度效应和开关设备主回路的重量产生的力，应有相应的试验项目模拟作用于套管连接界面处的机械力。

7.8 推荐的典型尺寸和特殊要求

套管与开关设备和变压器的连接方式、法兰典型尺寸如图 A.1～图 A.4 和表 A.1 所示，尺寸也可由供需双方协商确定。

- a) 套管变压器侧和开关设备侧的绝缘长度不小于 1830mm。
- b) 套管与开关设备之间的导电连接采用平面连接方式，套管应预留圆形连接平面供开关设备厂设计开关设备与套管的连接结构，预留圆形平面外径为 230mm，连接结构的屏蔽罩直径应与套管开关设备侧端部的最大直径相匹配。
- c) 套管与变压器的导电连接方式由供需双方协商确定。

开关设备侧法兰经过一段过渡筒体与常规开关设备母线相连，过渡筒体内径为 1200mm。

7.9 压力监测要求

油浸纸套管应配有气体压力监测装置，根据设置的压力报警值，当油-SF₆套管开关设备侧 SF₆ 气体侵入套管内部时，发出异常报警信号。

8 试验要求与方法

8.1 试验的一般要求

套管变压器侧应浸在装有变压器油的尺寸合适的试验油箱中，套管开关设备侧应装在充有 SF₆ 气体的尺寸合适的试验金属壳体内，套管端部的均压屏蔽罩要确保其表面场强足够低，使其在相应介质（变压器油和 SF₆ 气体）中不发生局部放电。

试验油箱中变压器油的击穿电压、水分和颗粒度应符合表 7 的规定。试验金属壳体内 SF₆ 气体的压力（表压）应与开关设备实际运行时的压力相同，必要时允许适当提高试验金属壳体内气体的压力，试验金属壳体内 SF₆ 气体的性能要求见表 8。

套管试验时应水平或垂直安装，要求安装成其他状态时，应由供需双方协议商定。

试验时的环境温度及浸入介质的温度应在 10℃～40℃之间。

表 7 试验油箱内变压器油的性能要求

油的击穿电压		水分	颗粒度（大于 5μm）
逐个试验时	型式试验时		
≥60kV	≥65kV	≤10mg/L	≤1000 个/100mL

表 8 试验金属壳体内 SF₆ 气体的性能要求

SF ₆ 的质量 分数 %	酸度(以 HF 计) 的质量分数 %	四氟化碳的 质量分数 %	空气的 质量分数 %	可水解氟化物 (以 HF 计) %	矿物油的 质量分数 %	水 分	
						水的质量分数 %	露点 ℃
≥99.9	≤0.00002	≤0.04	≤0.04	≤0.0001	≤0.0004	≤0.0005	≤-49

8.2 套管的介质损耗因数和电容量测量

试验应在室温 10℃～40℃的条件下进行，具体数据及要求见表 3。此外，还应在 2kV 和 10kV 的试验电压下测量套管的 tanδ和电容量。

8.3 雷电全波（或截波）冲击耐受电压试验

试验电压值见表 2。

型式试验时，雷电全波（或截波）冲击耐受电压试验的顺序是：

- 15 次正极性全波雷电冲击；
- 1 次负极性全波雷电冲击；
- 5 次负极性截波雷电冲击；
- 14 次负极性全波雷电冲击。

逐个试验时，雷电全波（或截波）冲击耐受电压试验的顺序是：

- 5 次负极性全波雷电冲击，或按合同协议施加；
- 1 次负极性全波雷电冲击；
- 2 次负极性截波雷电冲击；
- 2 次负极性全波雷电冲击。

试验时不应出现闪络或击穿，试验后应复测套管 $\tan\delta$ 和电容量，若无异常，可进行下一项试验。

8.4 操作冲击耐受电压试验

试验电压值见表 2，试验顺序是：

- 15 次正极性冲击；
- 15 次负极性冲击。

冲击波形为 250/2500 μ s 的标准操作冲击波形。

试验时不应出现闪络或击穿，试验后应复测套管 $\tan\delta$ 和电容量，若无异常，可进行下一项试验。

8.5 工频耐受电压试验

试验电压值见表 2，试验时不应出现闪络或击穿，试验后应复测套管 $\tan\delta$ 和电容量，若无异常，可进行下一项试验。

8.6 长时间工频耐受电压试验

套管进行长时间工频耐受电压试验时，试验电压和持续时间要求如图 1 所示。

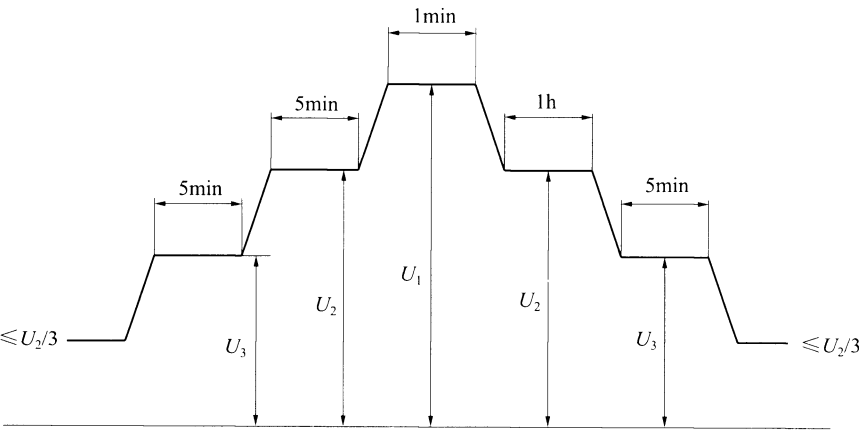


图 1 套管长时间工频耐受电压试验要求示意图

试验程序如下：

- 1) 升压至 $U_3=1.1U_N/\sqrt{3}=699\text{kV}$ ，持续 5min；
- 2) 升压至 $U_2=1.5U_N/\sqrt{3}=953\text{kV}$ ，持续 5min；

- 3) 升压至 $U_1=U_N=1100\text{kV}$, 持续 1min;
- 4) 降压至 U_2 持续 1h;
- 5) 降压至 U_3 持续 5min;
- 6) 电压降至零。

在所有测试电压下都要监测局部放电量并每 5min 记录一次测量结果, 局部放电不呈现持续增加趋势, 偶尔出现的较高幅值脉冲可以不计入。

试验时不应出现闪络或击穿, 试验后应复测套管 $\tan\delta$ 和电容量, 若无异常, 可进行下一项试验。在测试的任一阶段, 套管的局部放电量上限见表 4。

8.7 局部放电测量

套管进行局部放电测量试验时, 试验电压和持续时间要求如图 2 所示。

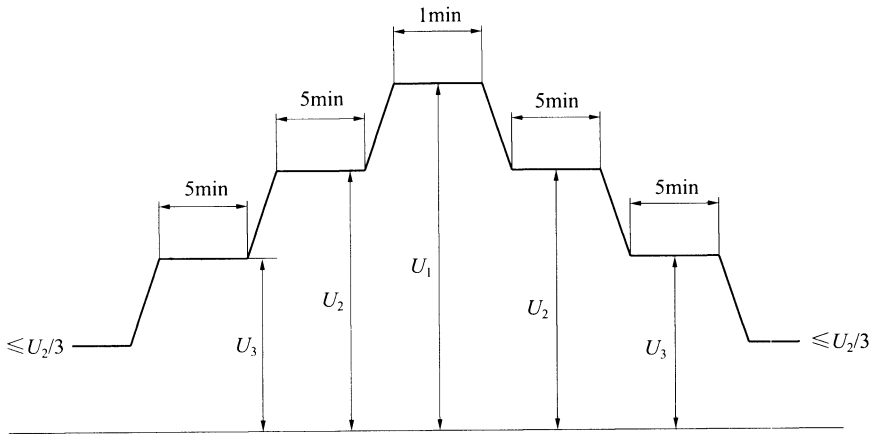


图 2 套管的局部放电测量试验要求示意图

试验程序如下:

- 1) 升压至 $U_3=1.1U_N/\sqrt{3}=699\text{kV}$, 持续 5min;
- 2) 升压至 $U_2=1.5U_N/\sqrt{3}=953\text{kV}$, 持续 5min;
- 3) 升压至 $U_1=U_N=1100\text{kV}$, 持续 1min;
- 4) 降压至 U_2 持续 5min;
- 5) 降压至 U_3 持续 5min;
- 6) 电压降至零。

在所有测试电压下都要监测局部放电量并记录测量结果, 局部放电不呈现持续增加趋势, 偶尔出现的较高幅值脉冲可以不计入。

试验时不应出现闪络或击穿, 试验后应复测套管 $\tan\delta$ 和电容量, 若无异常, 可进行下一项试验。在测试的任一阶段, 套管的局部放电量上限见表 4。

8.8 抽头绝缘试验

应在 1kV 和 2kV 的试验电压下测量试验抽头的 $\tan\delta$ 和电容量。

套管的抽头绝缘数据及要求见本标准 7.3。

8.9 热稳定性能试验

进行热稳定性能试验时, 室温应不低于 10℃, 套管变压器侧应浸入充满变压器油的试验油箱内, 油温应为 $90^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$, 此温度应为试验油箱内套管附近的油温。套管开关设备侧应装在充满 SF_6 气体的试验金属壳体内, 气体应维持在本标准表 1 中规定的最低压力, 气体温度由供需双方协议决定。试验应在试

验油箱中的变压器油、套管所在气室的 SF_6 气体和套管间达到热平衡后，开始施加 $0.8U_N$ 的试验电压，试验时应频繁测量套管的介质损耗因数 $\tan\delta$ ，且在每次测量时记录周围空气温度。当套管的 $\tan\delta$ 在周围温度条件下连续 5h 无明显变化趋势时，套管即达到热稳定。热稳定时套管的 $\tan\delta$ 每小时的变化量 $\Delta\tan\delta$ 应不大于 0.0002。

套管达到热稳定，且当套管的温度自然冷却至常温后，其 $\tan\delta$ 和电容量与热稳定性能试验前的测量结果相比没有明显变化，可进行下一项试验。

8.10 温升试验

套管温升试验应符合 GB/T 4109—2008 中 8.7 和本标准 7.4 的规定。

8.11 热短时电流耐受试验

套管的安装方式可由供需双方协议商定，通过套管导体的电流值应至少为本标准 7.5 中的标准值 I_{th} 。试验前套管应施加一个电流，使套管导体达到一个稳定的温度，该温度应与套管在最高环境温度下施加额定电流时达到的稳定温度相同。

试验后没有出现绝缘损伤时，套管可进行下一项试验。

8.12 悬臂负荷耐受试验

为了验证套管符合本标准 7.7 的规定，套管应按 GB/T 4109—2008 中 8.9 规定的试验方法进行试验，试验时施加的负荷为 5kN。

8.13 油浸纸油-SF₆ 套管密封试验

对于油浸纸油-SF₆ 套管，在型式试验和逐个试验中都需要进行密封试验。

型式试验时，充以变压器油并放入温度能持续 12h 保持在 75℃ 的一个适当的加热容器内。试验时采用适当的方法保持套管内部的最小压力比其最高运行压力高出 $0.1\text{MPa}\pm 0.01\text{MPa}$ 。

逐个试验时，在环境温度不低于 10℃ 时充以最低温度 60℃ 的变压器油，充油后应尽快对套管内部施加比最高运行压力高 $0.1\text{MPa}\pm 0.01\text{MPa}$ 的压力，保压至少 12h。

试验时或试验后套管应无泄漏。检测方法应符合 GB/T 2423.23—2013 的相关规定。

8.14 外部压力试验

套管应按试验的要求装配好，在环境温度下其开关设备侧应安装在尽可能和正常运行时一样的箱内，箱体密封并充满适当的液体。箱内应施加 3 倍的最高运行气体压力，压力持续 1min，套管不应有机械损伤（例如变形、破裂）。

当没有出现机械损伤的迹象时，套管可进行下一项试验。

8.15 法兰或其他紧固件上的密封试验

- a) 变压器侧密封要求。套管应按试验要求装配。在环境温度下套管变压器侧应如正常运行时那样安装在一箱体上，变压器侧的箱内应充以相对压力为 $0.15\text{MPa}\pm 0.01\text{MPa}$ 的空气或任何适宜的气体并维持 15min，或充以相对压力为 $0.1\text{MPa}\pm 0.01\text{MPa}$ 的油压维持 12h，套管应无泄漏。
- b) 开关设备侧密封要求。套管应按试验要求装配。在环境温度下套管开关设备侧应如正常运行时那样安装在一箱体上，箱内应按正常运行要求充以最高运行气体压力的 SF_6 气体或示踪气体。当有要求时，套管变压器侧部件应封闭在一外套内。含有液体的套管内腔应清空并开一个使气体可自由流通到外套内的窗口。在等于或大于 2h 的时间间隔内应测量两次外套内空气中的气体浓度。

开关设备侧的密封要求如下：

- 对于油浸纸套管，气体可能会渗透到套管内部，由套管各部分渗透进套管内部的气体算得的总泄漏率不大于 $0.05\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s} \times L$ ($5 \times 10^{-7}\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s} \times L$)，其中“ L ”为套管内部液体的量， L ；
- 对于胶浸纸套管，进入套管的气体可能会渗透到变压器内部，变压器内部所有部分算得的总泄漏率不大于 $10\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ($10^{-4}\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$)。

8.16 外观及尺寸检查

套管的外观及各部位尺寸应符合相关图纸规定，不允许有影响套管正常运行的表面缺陷，按抽样方法校对。

9 试验分类

9.1 逐个试验

出厂的每一只套管，应按表 9 的规定和顺序进行逐个试验。试验时，如套管有不符合表 9 中规定的任何一项要求时，则此套管不合格。在绝缘试验后，应按表 9 第 2 项再次进行介质损耗因数 $\tan\delta$ 和电容量测量，以便检验套管是否发生击穿或其他损伤。

表 9 套管逐个试验项目

序号	试 验 项 目	试验依据	试验方法
1	外观及尺寸检查	本标准 7.8	本标准 8.16
2	介质损耗因数和电容量测量	本标准 7.1	本标准 8.2
3	雷电冲击耐受电压试验	本标准 6.3	本标准 8.3
4	工频耐受电压试验	本标准 6.3	本标准 8.5
5	局部放电量测量	本标准 7.2	本标准 8.7
6	抽头绝缘试验	本标准 7.3	本标准 8.8
7	油浸纸油-SF ₆ 套管密封试验	本标准 8.13	本标准 8.13
8	法兰或其他紧固件上的密封试验	本标准 8.15	本标准 8.15

9.2 型式试验

新产品定型或正常产品修改结构、改变原材料及生产工艺时，应根据改变性质，进行产品型式试验的全部项目。型式试验应在通过逐个试验合格后的产品中随机抽取 1 支，按表 10 的规定和顺序进行试验。在套管全部试验后，应及时抽取试验油箱内的变压器油进行分析，并对试验金属壳体内的 SF₆ 气体进行成分分析，作为试验装置内是否发生放电的辅助判据。对于油浸纸油-SF₆ 套管试品，还应在全部试验后及时抽取套管内部油样进行分析，作为油浸纸油-SF₆ 套管内部是否发生放电或过热现象的辅助判据。试验时，如套管有不符合表 10 中规定的任何一项要求时，则型式试验不合格。

在型式试验之前和之后，应按表 9 第 2 项、第 5 项规定进行介质损耗因数 $\tan\delta$ 、电容量及局部放电量测量，以便检验套管是否在试验时受到损伤。

表 10 套管型式试验项目

序号	试 验 项 目	试验依据	试验方法
1	外观及尺寸检查	本标准 7.8	本标准 8.16
2	工频耐受电压试验	本标准 6.3	本标准 8.5

表 10（续）

序号	试 验 项 目	试验依据	试验方法
3	长时间工频耐受电压试验	本标准 8.6	本标准 8.6
4	雷电冲击耐受电压试验	本标准 6.3	本标准 8.3
5	操作冲击耐受电压试验	本标准 6.3	本标准 8.4
6	试验抽头电容量及 $\tan\delta$ 测量	本标准 7.3	本标准 8.8
7	热稳定性能试验	本标准 8.9	本标准 8.9
8	温升试验	本标准 7.4	本标准 8.10
9	热短时电流耐受试验	本标准 7.5	本标准 8.11
10	悬臂负荷耐受试验	本标准 7.7	本标准 8.12
11	油浸纸油-SF ₆ 套管密封试验	本标准 8.13	本标准 8.13
12	外部压力试验	本标准 8.14	本标准 8.14

9.3 特殊试验

特殊试验只在供需双方协商确定后进行。

——长时间性能考核试验的试验方法和要求由供需双方协议商定。

——地震试验（参考 IEC 61463）。

10 运输、存放、安装、运行和维护规则

10.1 总则

套管的运输、存放、安装、运行和维护都应按照供方提供的说明书来执行。因此，供货商应提供套管的运输、存放、安装、运行和维护的说明书。运输和存放的说明书应在供货之前提供，而安装、运行和维护的说明书最迟应在供货时提供。

供货商提供的说明书必须包含以下给出的重要信息。

10.2 运输、存放和安装要求

在订单中规定了维护条件，但在运输和存放过程中无法得到保证时，供需双方应做专门的协定。特别是在运输、存放和安装过程中不能破坏绝缘性能。油浸纸油-SF₆ 套管要确保在运输和存放中避免电容芯体露出绝缘油液面。应当考虑在运输过程中的震动，必要时应给出防范措施的说明书。供货商应详细说明套管存放条件、规定存放的最长时间及放置要求，防止产品受潮，例如要防止雨水、积雪和凝露。

10.3 安装说明

10.3.1 拆装与吊装

提供安全拆装和吊装所必需的信息，包括详细的吊装步骤和必要的工具、工装和设备要求。

在套管运抵目的地后，安装前应按供方提供的说明书检验清楚。

10.3.2 组装

若套管不是组装好后运输的，则运输的零部件必须标识清楚。总装图中必须标清各个零部件的位置。

10.3.3 安装说明

安装说明中应指出以下内容：

- a) 套管的质量；
- b) 重心位置。

10.3.4 连接说明

说明书中应包含以下信息：

- a) 在连接导体时应注意防止套管过热和不必要的损伤，留出足够的间距；
- b) 所有辅助电路的连接；
- c) 液体和气体系统的连接，如需要，说明所需管道的大小和排列方式；
- d) 接地。

10.3.5 最终安装检查

应提供在套管安装和连接完毕后进行检查和测试的说明书，检查和测试结果应记录于投运报告中，应包括以下内容：

- a) 正常运转设定的测试计划表；
- b) 执行所有能使套管正常运转的调节程序；
- c) 提供一些帮助设备运行的维护建议；
- d) 最终检查和投入运行的说明书。

10.4 运行信息

制造商应提供以下信息：

- a) 设备的一般描述，特别是应注意提供对其特性和所有运行细节的技术上的描述，以使用户对所涉及的主要原理有充分的了解；
- b) 给出设备的安全性和操作信息；
- c) 给出设备的维护和测试信息。

10.5 维护信息

10.5.1 一般维护

维护的有效性主要取决于制造商制订的并由用户执行的方法说明书。

10.5.2 对供方的建议

- a) 制造商应提供包含下列信息的维护手册。
 - 1) 维护次数表。
 - 2) 维护工作的详细描述：
 - 推荐的维护作业场所（户内、户外、工厂、现场……）；
 - 检查程序、诊断测试、细查、粗查、功能检测（例如极限值和偏差）；
 - 参考图样；
 - 提供的部件号（如有需要）；
 - 使用的特殊设备或工具（清理和除油）；
 - 预防措施（例如保持清洁）。

- 3) 套管的详图对维护很重要,这种图样能清楚识别总装、分装和重要的部件(部件的数量和描述)。

注:能表示总装和分装中零部件相对位置的详图是一种推荐的图解方法。

- 4) 推荐的备件清单(描述、参考数量)和存放建议。
 - 5) 有效的计划维护时间的详估。
 - 6) 考虑到环境要求,如何维持设备的寿命。
- b) 供方应告知用户在系统发生故障时采取怎样的正确措施。
 - c) 备件的获得。套管制造商应保证,自套管制造完工之日起至少 10 年应连续供应为维护需要所推荐的备件。

10.5.3 对用户的建议

- a) 如果用户要自己维护,则必须保证员工有足够的知识和能力去维护套管。
- b) 用户要记录以下信息:
 - 套管的编号和型号;
 - 套管投入运行的日期;
 - 在套管的使用寿命期限内记录所有的测量和测试(包括诊断测试)结果;
 - 维修工作的范围和日期;
 - 在运行过程中,记录特殊运作条件下(例如操作状态中的一次故障和二次故障)套管的测量结果;
 - 记录所有故障报告。
- c) 如果出现故障和损伤,用户应做一故障报告并告知供方事故发生的特殊环境和测量结果。应由用户与供方共同来分析造成故障的原因。
- d) 如果要拆卸并重新安装,用户必须记录时间和存放条件。

10.5.4 运行故障报告

为了使记录套管故障报告标准化,应当包括以下内容:

- 使用一般术语描述故障;
- 为用户统计提供数据;
- 向制造商提供有意义的反馈。

编写故障报告的导则可参考 GB/T 4109—2008 中 11.6.4 的规定。

附 录 A
(规范性附录)

1000kV 交流系统用油-SF₆ 套管与开关设备的典型连接结构和尺寸

1000kV 交流系统用油-SF₆ 套管与开关设备之间典型的连接结构及尺寸说明如图 A.1～图 A.4、表 A.1 所示。

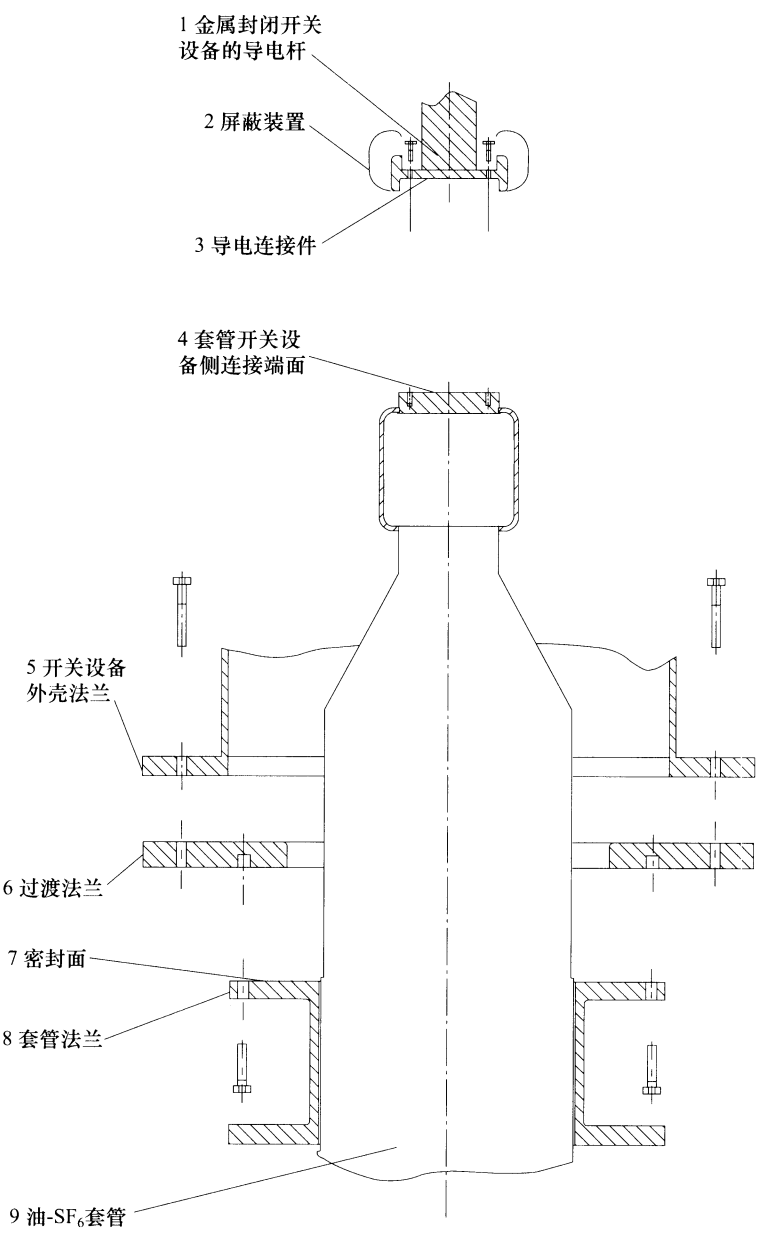


图 A.1 1000kV 交流系统用油-SF₆ 套管与开关设备之间典型连接结构示意图

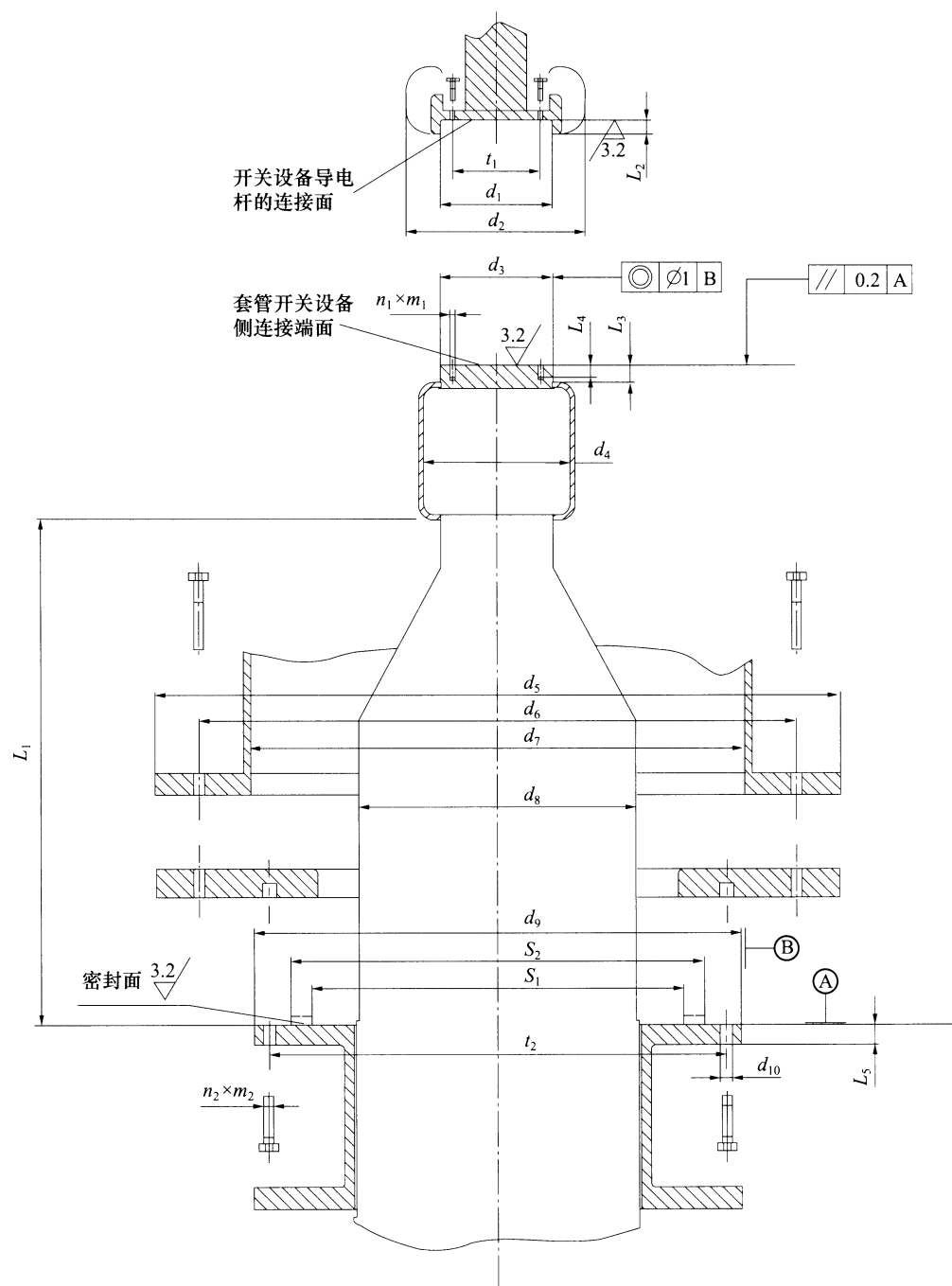
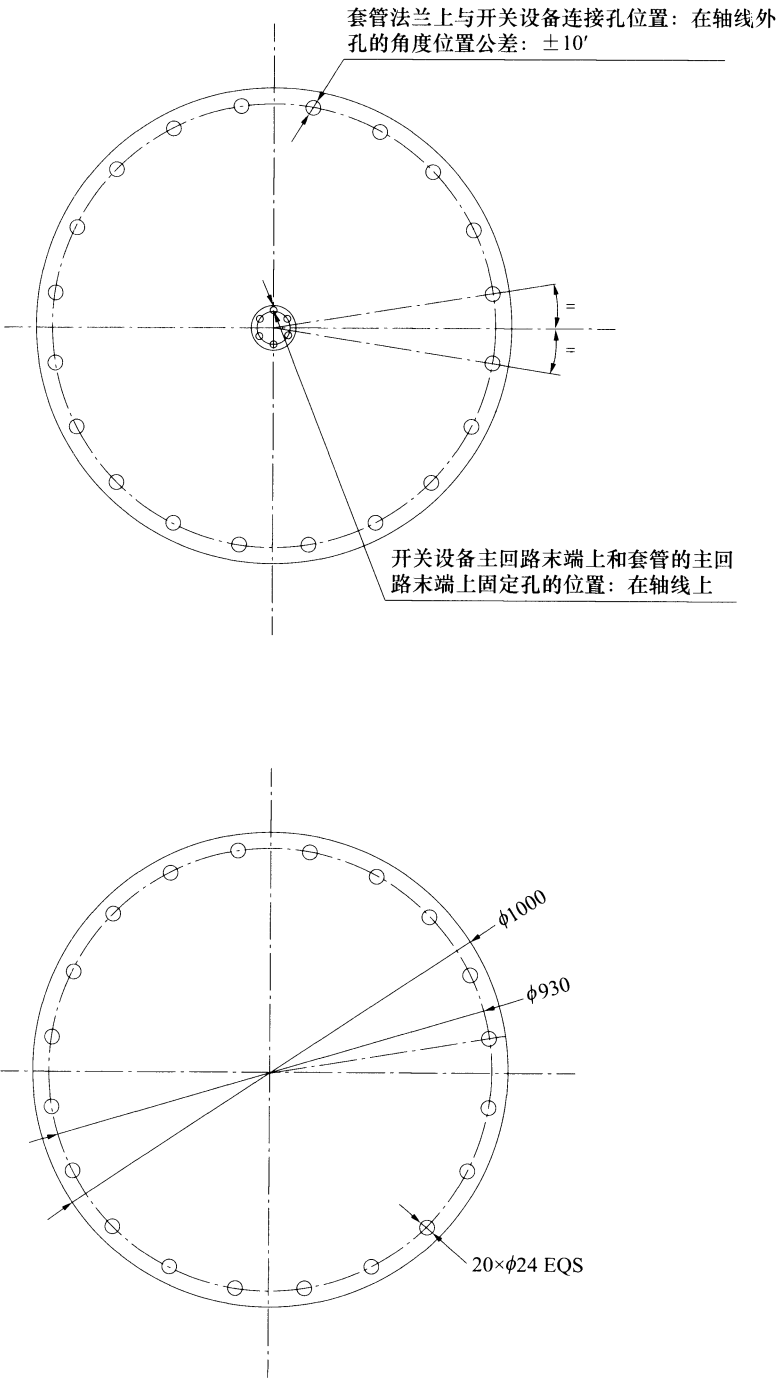


图 A.2 1000kV 交流系统用油-SF₆套管与开关设备之间典型连接结构的标准尺寸



注：“=”表示两孔相对于水平中心线对称布置。

图 A.3 套管开关设备侧法兰及固定孔的位置和尺寸

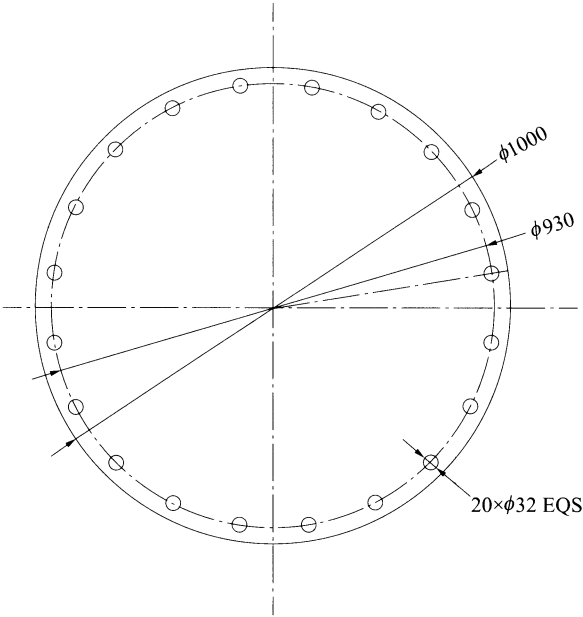


图 A.4 套管变压器侧法兰及固定孔的位置和尺寸

表 A.1 标准尺寸 mm

额定电压（有效值） kV	1100
额定雷电冲击耐受电压（峰值） kV	2400
d_1	$\phi 231^{+0.5}_0$
d_2	—
d_3	$\phi 230^0_{-0.5}$
d_4 （最大）	$\phi 420$
d_5	$\phi 1400$
d_6	$\phi 1350$
d_7 （最小）	$\phi 1200$
d_8 （最大）	$\phi 640$
d_9	$\phi 1000$
d_{10}	$\phi 24$
L_1	≥ 1830
L_2 （最大）	30
L_3 （最小）	35
L_4 （最小）	25
L_5	45
t_1	$\phi 180 \pm 0.3$
t_2	$\phi 930$

表 A.1（续）

$n_1 \times m_1^a$	6×M12
$n_2 \times m_2^a$	20×M20
S_1 （最大）	$\phi 710$
S_2 （最小）	$\phi 850$
^a 固定孔的方位应按照图 A.3 和图 A.4 布置。	

参 考 文 献

- [1] GB/T 156—2007 标准电压 (IEC 60038: 2002, MOD)
 - [2] GB/T 762—2002 标准电流等级 (IEC 60059: 1999, EQV)
 - [3] GB 2536—2011 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油 (IEC 60296: 2003, MOD)
 - [4] GB/T 7354—2003 局部放电测量 (IEC 60270: 2000, IDT)
 - [5] GB/T 7600—2014 运行中变压器油和汽轮机油水分含量测定法 (库仑法)
 - [6] GB 7674—2008 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备 (IEC 62271-203: 2003, MOD)
 - [7] GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC 62271-1: 2007, MOD)
 - [8] GB/T 12022—2014 工业六氟化硫
 - [9] GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分: 一般定义及试验要求 (IEC 60060-1: 2010, MOD)
 - [10] DL/T 1096 变压器油中颗粒度限值
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
1000kV 交流系统用油-六氟化硫套管
技 术 规 范
DL/T 1408 — 2015

*

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

*

2016年3月第一版 2016年3月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 39千字
印数 0001—2000册

*

统一书号 155123·2817 定价 **13.00元**

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

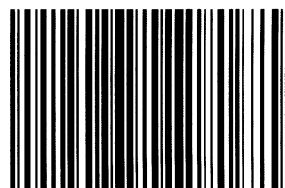
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2817