

ICS 27.100

F 24

备案号: 24180-2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1082 — 2008

高压实验室技术条件

Technical requirement of high voltage laboratory

2008-06-04 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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.....	1
4 高压实验室的环境条件.....	2
5 高压试验设备.....	4
6 仪表和专用设备.....	8
7 试验人员专业要求.....	10
8 技术管理.....	12

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业〔2003〕873 号）的安排制定的。

电力企业在电力生产过程中，需要进行电力设备的验证试验、交接试验、预防性试验。这些试验对试验环境、试验设备、试验人员、试验方法有严格的要求。其中一部分试验需要由高压实验室承担。目前电力行业的高压实验室建设和管理通常由电力企业参考国内外已建的高压实验室情况并结合本企业的需要提出技术要求。考虑到高压实验室的建设和管理涉及到多个学科的专业知识，需要完成大量调研工作，有必要避免由于规划不当使实验室在使用时存在缺陷。编写本标准的目的是总结国内外已建高压实验室设计和使用的经验，提高我国高压实验室建设的科学性和实用性。对那些已投入运行的高压实验室，也可以在管理和改造方面受益。

本标准的编写原则是结合我国国情和高电压试验技术的发展方向，为电力建设，电力安全生产和经济运行服务。在编写过程中，参考了各地高压实验室的建设与管理经验，现行有效的与高电压试验技术及设备有关的国家与行业标准，国家与行业的检定规程或校准规范，并广泛听取高等院校、电力试验研究院所、电力企业从事高电压试验的专家学者和技术人员的意见，集思广益，力求使标准具有科学性、先进性、可操作性，能指导我国高压实验室的建设，更好地为我国电力事业服务。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高电压试验技术与绝缘配合标准化技术委员会高电压试验技术分技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：国网武汉高压研究院、河北省电力研究院、中国电力科学研究院、华中科技大学、安徽省电力科学研究院、广东省电力试验研究所、山东电力研究院、浙江省电力试验研究院。

本标准主要起草人：王乐仁、章述汉、苏红梅、李庆峰、姚宗干、郭守贤、徐林峰、项琼、王海燕、李立生、詹洪炎。

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中心（北京市白广路二条一号，100761）。

高压实验室技术条件

1 范围

本标准规定了用于交流、直流、冲击电压试验的高压实验室的环境要求、设备要求、人员专业要求及技术管理要求。

本标准适用于试验电压超过 100kV 的高压实验室。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合（neq IEC 60071-1: 1993）

GB/T 7354—2003 局部放电测量（idt IEC 60270: 2000）

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求（eqv IEC 60060-1: 1989）

GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统（eqv IEC 60060-2: 1994）

DL/T 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则

DL 560—1995 电业安全工作规程（高压实验室部分）

DL/T 848.1—2004 高压试验装置通用技术条件 第 1 部分：直流高压发生器

DL/T 992—2006 冲击电压测量实施细则

JB/T 9641—1999 试验变压器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高压实验室 high voltage laboratory

用于检测电力设备、电力施工器具或材料在施加交流电压、直流电压、冲击电压下的性能的实验室。某些实验室也使用超过 100kV 的电压，但主要目的不是检测试品施加高压下的性能，例如用于避雷器试验的冲击电流实验室，用于高压开关试验的断流容量实验室等。

3.2

交流电压 alternating voltage

频率 20Hz~400Hz，电压波形为实际正弦波的电压（波形接近正弦，上下半波基本对称，峰值与有效值之比在 1.34~1.48 之间）。

3.3

直流电压 direct voltage

极性不变的电压。高压实验室通常使用的直流电压是交流电压经过整流与滤波且有效值与平均值之比小于 1.05 的直流脉动电压。

3.4

冲击电压 impulse voltage

电压在很短的时间内（不超过 1ms）从零突然升至峰值，然后又很快下降到零的电压。高压实验室

常用的冲击电压是 1.2/50 μ s 的雷电冲击电压、波头截断的雷电冲击电压以及 250/2500 μ s 的操作冲击电压。

4 高压实验室的环境条件

4.1 大气环境

高压实验室周边和高压实验室内，大气中不得有导电性和腐蚀性介质。实验室内年平均相对湿度不大于 70%，一年中相对湿度超过 90% 的天数不得多于 30 天，相对湿度超过 80% 的天数不得多于 60 天。不具备以上环境条件的高压实验室宜安装空气调节装置。

如果在自然大气环境下不能保证实验室内气温高于 5℃，宜安装供暖系统。如果在自然大气环境下不能保证实验室内气温低于 35℃，宜安装冷风系统。

4.2 电磁环境

紧邻高压实验室的建筑物内不得有工业生产用大电流和高电压设备投运。供暖、供气、供水管道在进出实验室处应设置绝缘隔离。实验室建筑结构中的所有导体均要可靠接地。有局部放电测量任务的高压实验室，在高压实验室选址前应测量及预计当地无线电干扰程度，必要时安装电磁屏蔽。高压实验室内 100kHz~1MHz 频段无线电信号的实测场强可根据试品的局部放电标准提出要求，一般不应高于 100 μ V/m，最好达到 30 μ V/m 以下。

4.3 供电电源

高压实验室应有额定电压 380V 的三相五线供电电源。电源容量不小于实验室所有低压供电设备最大电功率之和。电源波形失真度应不大于 5%（任一时刻的电压与基波电压的偏差不超出幅值的 $\pm 5\%$ 范围）。高压实验室如有需要使用中压（例如 6kV 或 10kV）供电的设备，还应按设备最大容量配备相应的中压供电电源。容量大的中压供电电源还要进行三相电源平衡设计，避免在使用中由于三相不对称造成中性点电位发生异常位移。

实验室内供电系统应使用带屏蔽护套的电缆，宜敷设在专用的电力电缆沟的支架上。电力电缆不宜与通信及控制电缆同沟敷设。在高压试验设备的附近宜设置满足其工作要求的取电点。

4.4 空间尺寸

高压实验室的空间尺寸应满足试验区最小尺寸要求。试验区最小尺寸包括高压试验设备与实验室墙壁、吊顶的距离以及试品与高压试验设备及实验室墙壁、吊顶的安全距离。为了满足测量准确度的要求，还要考虑测量分压器与试品、试验设备以及实验室墙壁、吊顶的安全距离。

表 1~表 3 为必须保证的安全距离。海拔高于 1000m 的地区，还应再按每千米 10% 的系数增加安全距离。

4.4.1 交流电压试区

测量试验电压的交流分压器与其他物体的距离应不小于交流分压器的高度尺寸。工频试验变压器、试品与其他物体在电压 U 下的安全距离按表 1 选取。

表 1 工频与直流电压试验安全距离

试验电压（有效值） kV	100	200	500	750
带电部分对地及其他带电设备之间 m	1.5	3	5	7
人与带电部分之间 m	2	4	8	10

4.4.2 直流电压试区

测量试验电压的直流分压器与其他物体的距离以及直流高压发生装置、试品与其他物体在电压 U 下的安全距离按表 1 选取。

4.4.3 冲击电压试区

测量试验电压的冲击分压器与其他物体的距离不宜小于冲击分压器的高度尺寸。冲击电压发生器、试品与其他物体在电压 U 下的安全距离按表 2 和表 3 选取。

表 2 雷电冲击电压试验安全距离

试验电压 (峰值) kV	500	1000	1500	2000
带电部分对地及其他带电设备之间 m	3	5	7	9
人与带电部分之间 m	5	8	10	12

表 3 操作冲击电压试验安全距离

试验电压 (峰值) kV	500	1000	1500	2000
带电部分对地及其他带电设备之间 m	5	7	10	15
人与带电部分之间 m	5	10	15	20

4.4.4 测控工作间

操作人员应在测控工作间内操作。测控工作间内的电场应不大于 4kV/m ，磁场不大于 400A/m 。

测控工作间宜与相关的试区邻近并适于观察，必要时每个试区可各设置一个测控工作间。工作间内应有光度可调、可控的照明光源。光源对测量不得产生可察觉的干扰。照明应避免光从窗玻璃反射到工作人员的眼中，妨碍对试区的观察。测控工作间宜安装电磁屏蔽层，并可根据需要安装隔音层。应安装空调设备以保持工作间内相对湿度为 $30\%\sim 70\%$ 。

测控工作间的供电电源应通过隔离变压器和电磁干扰滤波器提供。

4.4.5 辅助用房

有条件的高压实验室可以根据生产和研究需要配置辅助用房，例如用于试品安装拆卸以及临时存放的预备工作间，用于设备维护和保养的修理间等。辅助用房不需要进行专门的环境设计，但应根据功能要求配置相应的设备，例如起重装置，并尽量设计有直通高压实验室的通路。

4.5 交混回响时间

高压实验室的墙壁和吊顶应有吸收声波的设计，交混回响时间不宜大于 1s 。

4.6 接地网

高压实验室应安装接地网。接地网的接地电阻在最大地电流下电压降应不大于 1.5kV ，且最大不得超过 0.5Ω 。接地导体在最大地电流下电压降应不大于 36V ，且最大不得超过 0.05Ω 。冲击电压发生器最大地电流按最高试验电压除以波头电阻，乘上分配系数 0.3 计算。交流试验变压器的最大地电流按最高试验电压除以绕组漏电阻计算。直流高压发生装置的最大地电流按最高试验电压除以交流整流电源内电阻计算。

在试验设备附近应安装铜质的接地网升高座，升高座上宜使用直径不小于 18mm 的接地铜质螺丝。

4.7 起重和运输

高压实验室宜配备起重量 $1\text{t}\sim 5\text{t}$ 的起重运输设备，并根据试品的运输尺寸，配置相应的进出口。

4.8 照明、通风及排水

高压实验室应有人工光源照明。实验室地面的照度应满足走廊照明要求，高压试验区应有专用的投

射型照明设备，照度满足阅读要求。使用的照明设备应满足实验室电磁兼容要求。

如果实验室内的试品有排放有害气体的可能，应有相应的气流通道，或安装通风设备，保证有害气体及时排出。

实验室应有完善的排水设施，能及时排出可能积存在实验室内的液体物质。

4.9 建筑安全

高压实验室的建筑结构及建筑与装修材料必须考虑在可能发生的火灾、水灾、风灾、地质及其他灾害时使人员与物资损失降到最小。其中抗地震烈度不宜低于7级。

5 高压试验设备

5.1 交流高压试验变压器

5.1.1 一般要求

不进行局部放电试验的高压实验室，可以按相应电压等级的试验变压器标准提出试验变压器的局放量要求。有局部放电试验任务的高压实验室，应按试品局部放电控制值提出试验变压器局部放电要求。在可能使用的最高局放测量电压下，试验变压器的局放量不应大于试品局部放电控制值的1/2。

5.1.2 额定电压

选择试验变压器的额定电压时，除了满足试验需要使用的最高电压外，还应留出15%~20%的裕度。用于不同电压等级电力系统中的电力设备需要的试验电压参见GB 311.1。

试验变压器单台输出电压不宜超过750kV，串联台数不宜超过3台。

5.1.3 额定电流

选择试验变压器的额定电流参数时，除了考虑试验需要使用的最大电流外，还应留出20%~30%的裕度。试验变压器的短时过电流倍数（如污秽试验）可以参照电力变压器的短时过负荷计算方法选择。

5.1.4 阻抗电压

试验变压器的阻抗电压不宜小于10%，其中电阻分量与电抗分量的比不大于0.3。如果要求有比较大的阻抗电压，可使用串联试验变压器。

5.1.5 雷电冲击截波耐受电压

试验变压器应能耐受波前截断的雷电冲击电压试验，试验电压为变压器额定电压的1.4倍。用于气体绝缘试验的试验变压器，应在高压输出端接入阻尼电阻，其通流容量可按试验变压器额定输出电流选取，阻值为1kΩ~5kΩ。

5.1.6 正弦波附加失真

在额定电压下且最大负荷电流时，试验变压器对50Hz正弦电压的附加失真应小于5%。试验时使用接近正弦的供电电源，从交流高压分压器二次侧取出电压，如果电压波形可以包容在某个正弦波电压幅值的±5%之间，则失真度符合要求。

5.1.7 功率因数

供电电源宜配备无功功率补偿装置，使负荷功率因数不低于0.8。对于电阻型和电感型试品可使用电容器补偿，对于电容型试品可使用电抗器补偿。串联变压器宜分级补偿。

5.1.8 调压装置

调压装置在运行中的输出电压应平稳变化，没有异常抖动，应能使试验电压按(1%~2%) U_N/s 的速度平稳升降， U_N 为试验变压器额定电压。调压装置必须有零位锁定机构，停电后重新启动时，调压装置回零后才能接通试验变压器的电源。调压装置应有过电压保护，在试品发生闪络时快速短路调压电源的输出。调压装置的紧急开关可以随时使过电流保护动作。

5.1.9 输出电压测量装置

试验变压器的输出必须接有高压测量装置。测量误差不大于1%。高压实验室通常使用电容分压器测量交流电压。使用测量用耦合电容器作高压臂时，电容量不宜大于1000pF，使用压缩气体电容器作高

压臂时电容量不宜大于 100pF。分压器的二次电压不宜高于 200V。除了电容分压器外，也可以使用电压互感器或电阻分压器。分压器和电压互感器的准确度不得低于 0.5 级。二次电压应使用交流峰值数字电压表测量，准确度不低于 1 级。

5.2 串联谐振升压装置

5.2.1 一般要求

如果高压实验室涉及的试品为电容型，或者需要使用非 50Hz 试验电源，可以考虑使用串联谐振升压装置进行交流电压试验。串联谐振升压装置不能如试验变压器那样提供足够大的短路电流，可能不适用于污秽试验。高压实验室使用的串联谐振升压装置可根据试品阻抗性质选用调感方式或调频方式，必要时也可使用调电容方式。受机械传动精度限制，调感方式的串联谐振升压装置的电抗器串联台数不宜多于 5 台。串联谐振升压装置的激励变压器的损耗、电抗器的损耗和回路的电晕损耗应尽量小。

5.2.2 串联电抗器

选择串联电抗器的额定电压时除了满足试验需要使用的最高电压外，还应留出 15%~20% 的裕度。对于不同电压等级的电力系统，需要的试验电压参见 GB 311.1。

串联电抗器的额定电流应为实际使用最大电流的 1.2~1.5 倍。

串联电抗器应有足够好的线性，在最小电流和最大电流时电感量的变化应不大于 2%。

注：串联电抗器也可以作为高压并联电抗器使用，主要用途是高压电缆试验。

5.2.3 激励变压器

激励变压器的额定电压应满足在试品功率因数最大情况下，串谐回路品质因数 Q 与激励电压的乘积大于试品需要的试验电压。对于小电容量的试品，可以用接入辅助谐振电容的方法降低试验回路的功率因数，提高回路 Q 值。

5.2.4 调压装置

调压电源可以是 50Hz 电源，也可以是非 50Hz 的交流电源。高压实验室的非 50Hz 交流电源可使用电子型变频电源或交流发电机。

调压装置的输出电压应能平稳变化，没有异常抖动，应能使试验电压按 $(1\% \sim 2\%) U_N/s$ 的速度均匀升降， U_N 为激励变压器额定电压。调压装置必须有零位锁定机构，停电后重新启动时，调压装置回零后才能接通激励变压器的电源。调压装置应有过电压保护，在试品发生闪络时快速短路调压电源的输出。调压装置的紧急开关可以随时使过电流保护动作。

5.2.5 输出电压测量装置

串联谐振升压装置宜使用电容分压器测量工频电压，电容分压器同时作为电抗器最小气隙状态下的谐振电容。分压器的二次电压不宜高于 200V。分压器的准确度不得低于 0.5 级，二次电压应使用交流峰值数字电压表测量，准确度不低于 1 级。

5.3 冲击电压发生器

5.3.1 额定电压

冲击电压发生器应能在试品上产生符合 GB/T 16927.1 的标准雷电冲击波、雷电截波和操作冲击波。冲击电压发生器的额定电压可用脉冲电容器串联放电时最高电压表示，等于每级的最高充电电压乘以级数。一般情况下每级最高充电电压为 100kV~300kV。根据冲击电压发生器的工作原理，额定电压 U 的冲击分压器产生 1.2/50 μ s 标准雷电波时理论输出的最高电压为 0.96 U ，产生 250/2500 μ s 标准操作波时理论输出的最高电压为 0.90 U 。选择冲击电压发生器额定电压时，应根据电力系统的电压等级，按 GB 311.1 规定的冲击试验电压的 1.2~1.3 倍考虑。

5.3.2 串联电容值

冲击电压发生器使用的串联电容值通常在 15nF~50nF 范围。串联电容值的大小要根据试品可能具有的最大电容量和变压器类试品的电感值选择，试品电容量不宜超过串联电容值的 1/5，否则难以调出

标准的冲击试验波形。串联电容的贮能 E 有时也作为冲击电压发生器的技术参数。它与冲击电压发生器的额定电压 U 和串联电容值 C 的关系为：

$$E = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1)$$

式中：

E ——串联电容的贮能，kJ。

在选择串联电容值时，应把冲击分压器的电容量以及冲击电压发生器本体对地以及高压引线对地等效电容量计算在试品电容之内。

冲击电压发生器本体对地等效电容的近似公式为：

$$C = \pi\epsilon_0(a+b+c)/3 \quad (2)$$

式中：

a 、 b 、 c ——冲击分压器的长、宽、高。

冲击分压器顶部电极对地等效电容的近似公式为：

$$C = \pi\epsilon_0(2D+h)/3 \quad (3)$$

式中：

D 、 h ——圆环电极的直径和高。

高压引线对地等效电容的近似公式为：

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{4h}{d}} \quad (4)$$

式中：

l ——导线长；

d ——导线直径；

h ——导线离地面高度。

这些等效电容相加起来通常有 100pF~500pF。

5.3.3 截波球隙

为了产生雷电冲击截波，需要使用截波球隙。截波球隙应能调整到在雷电冲击波视在原点后 $0.5\mu\text{s}$ ~ $2\mu\text{s}$ 之间截断，时间误差不大于 $0.2\mu\text{s}$ ，下降时间不大于 $0.2\mu\text{s}$ 。

通常情况下单级截波球隙用于截断 100kV~1000kV 的冲击电压，要得到更高电压的截波，可以采用多级结构。使用多级截波球隙时，每级截断的冲击电压宜选择 100kV~300kV。

5.3.4 充放电控制器

充放电控制器应能正确指示串联电容充电电压，电压表的准确度不低于 1 级。充电电压控制细度宜小于额定充电电压的 0.1%。球隙放电宜用电脉冲或光脉冲触发。在试品参数不变，充电电压相同情况下触发放电，输出的冲击电压幅值偏差应不大于 1%。

放电控制器应能对已充电的串联电容器接地放电。在需要提高接地放电速度时，可以使用多级同步放电装置。

5.3.5 冲击分压器

冲击电压试验需要测量冲击电压的幅值和波形参数，测量的方法是使用冲击分压器把一次侧的冲击试验电压转换为仪表电压。冲击分压器在结构上可分为电阻型分压器和阻尼电容型分压器两大类。电阻型分压器选用温度系数很小的电阻丝在绝缘支架上用无感绕法制成，电阻值一般不超过 50kΩ，适用于测量 1000kV 以下的冲击电压。阻尼电容型分压器由多个电容与电阻串联组成，电容量一般不大于 1000pF，串联总电阻典型值为 1000Ω。冲击电压在回路中产生的振荡大部被电阻所阻尼。冲击分压器的

电阻和电容元件固定在充油或充气的绝缘套管内，必要时使用均压环和屏蔽电极使各元件所处的电场尽量均匀。冲击分压器的二次电压经同轴电缆输出，为此需要在分压器的输出端口进行阻抗匹配。

高压实验室装备的冲击分压器的技术参数应满足以下要求：

- a) 额定电压
冲击分压器的额定电压应与冲击电压发生器的额定电压相同。
- b) 高压臂电容值
除非有特殊用途，高压实验室宜使用阻尼电容型冲击分压器。分压器高压臂电容值不宜大于 1000pF。
- c) 输出端口特性阻抗
配接同轴电缆的输出端口的特性阻抗应是 50Ω、75Ω 标准值中的一个。
- d) 额定分压比
冲击分压器的分压比定义为一次电压与分压器传输至匹配同轴电缆的入端电压之比。额定分压比的倒数与额定一次电压的乘积应不大于 1500V。
- e) 准确度
冲击分压器实际分压比与额定分压比的偏差应不大于 1%。
- f) 响应时间
冲击分压器的实验响应时间定义为单位值 1 减去单位阶跃波响应作为被积函数，从视在原点到无穷大时间的积分。高压实验室使用的冲击分压器，响应时间应不大于 100ns。
- g) 过冲量
在被校分压器对标准雷电冲击波的响应中，叠加在双指数波上的振荡产生超出双指数波的峰值部分称为过冲。该部分幅值与双指数波幅值的百分比定义为冲击分压器的过冲量。高压实验室使用的冲击分压器，过冲量应不大于 5%，过冲的振荡频率应不大于 500kHz。

5.4 直流高压发生器

5.4.1 一般要求

直流高压发生器通常使用工频或超音频多倍压电路，每级电压可达 50kV~400kV。如果要求直流高压发生器有大的短时放电电流，宜使用工频多倍压线路，并配置大容量的滤波电容。

5.4.2 额定电压

选择直流高压发生器的额定电压时除了满足试验需要使用的最高电压外，还应留出 15%~20% 的裕度。电压输出极性宜为负极性或者极性可正负变换。

5.4.3 额定电流

直流高压发生器的额定输出电流应不小于 2mA。在额定电流下，内阻压降应不大于 20%。

5.4.4 稳定度

输出额定电流时，输出电压对平均值电压的脉动应不大于 3%。1min 内输出电压的变化应不大于 1%。

5.4.5 调压装置

直流高压发生器的调压装置应能使输出电压按 (1%~2%) U_N/s 的速度均匀变化， U_N 为直流发生器的额定电压。调压装置必须有零位锁定机构，停电后重新启动时，调压装置回零后才能接通激励变压器的电源。调压装置应有过电压和过电流保护。

5.4.6 输出电压测量装置

直流高压发生器的输出必须接有高压测量装置。测量装置的准确度不低于 1 级。测量直流高压的仪器有直接作用模拟显示的仪器如高压静电电压表，有使用电场测量原理的场强计式高压表，有通过电阻分压器分压后测量二次电压的分压式高压表。高压实验室宜使用分压式高压表测量直流电压。分压式高压表使用的分压器的额定一次电压应不低于直流高压发生器的额定电压，额定二次电压不宜大于 200V，额定电压下的电流不宜超过 1mA，分压比准确度不低于 1 级。二次电压应使用数字电压表指示，准确

度不低于 0.5 级。

5.5 压缩气体电容器

压缩气体电容器的结构通常是在充 SF₆ 的高压绝缘筒内装入同轴圆柱结构的高低压电极。额定电压 800kV 及以下的压缩气体电容器电容量通常为 50pF。额定电压 300kV 及以下时电容量通常为 100pF 或 50pF。高压实验室使用的压缩气体电容器，电容量与外加电压的相关性应不大于 3×10^{-5} ，介质损耗因数应不大于 5×10^{-3} ，局部放电量不大于 10pC。

压缩气体电容器的一个用途是工频电压精密测量。用它作为电容分压器的高压臂可构成精度不低于 0.01 级的精密电容分压器，可用于工频高压分压器和电压互感器的误差检验。用精密数字电压表接在精密电容分压器的二次侧，可以作为交流标准高压表，用于工频高压表（高压静电表或分压式高压表）的校验。

压缩气体电容器的另一个用途是电力设备介质损耗因数测量。用它作为零损耗因数标准，通过高压电容电桥测量电力设备的介质损耗因数。加上辅助设备后，可以测量高压变压器的空载损耗，高压电抗器的品质因数等。

5.6 测量用耦合电容器

测量用耦合电容器的结构是在充油或充气的高压套管内装入由多个膜纸或全膜绝缘电容器芯子串联而成的高压电容器。单节电容量通常为 1000pF 量级。高压实验室使用的测量用耦合电容器，电容量与外加电压的相关性应不大于 1×10^{-3} ，介质损耗因数应不大于 2×10^{-3} ，额定电压下的局部放电量应不大于 10pC。

测量用耦合电容器的一个用途是交流电压测量。用它作为电容分压器的高压臂可构成测量用电容分压器，可用于测量交流试验变压器的一次电压。

测量用耦合电容器的另一用途是电力设备局部放电测量。用它作为无局部放电电容器，为局部放电脉冲电荷构成通道，流过试品和耦合电容器的脉冲电流在耦合装置上产生局部放电脉冲电压，经局部放电测量仪测量并经脉冲电荷校正即可得到设备的视在局部放电量。这种耦合电容器的局部放电水平应不大于试品局部放电控制值的 1/2。

6 仪表和专用设备

高压实验室配用的仪表和专用设备应根据试验任务确定。以电力设备为试品的高压实验室可考虑实施交流耐压试验、直流耐压试验、冲击耐压试验、局部放电测量、介质损耗测量、电压比误差测量等项目。本标准未列入的仪表和设备，可参照相应国家标准和行业标准配置。

6.1 禁入装置和警示标志

实验室应备有足够数量的围栏用以封闭高压试验区，围栏上应有警示标志。试验区内应备有警示灯和警示铃，在高压试验期间发出声光警示信号。

6.2 数字电压表、电流表和欧姆表

数字电压表、电流表和欧姆表可以是专用型，也可以是多用型（如数字万用表），并按高压实验室的试验设备专属配置。

6.2.1 交流峰值电压表

交流峰值电压表用于工频耐压试验，接在工频高压分压器或电压互感器的二次侧，测量试验电压的峰值。电压表的准确度应不低于 1 级，电压量程应为工频分压器最大试验电压与额定分压比倒数的乘积的 1.2~1.5 倍。交流峰值电压表宜直接峰值的 0.707 倍（正弦有效值）刻度。测量电压时数字电压表的输入阻抗并联在工频分压器的低压臂两端，会产生附加误差，因此数字电压表应使用高阻输入型。如果电压表输入阻抗大于 1MΩ，通常可以满足要求。

6.2.2 直流数字电压表

直流电压表用于直流电压试验，接在电阻分压器的二次侧，测量试验电压的平均值。电压表的准确度应不低于 0.5 级，电压量程应为电阻分压器最大试验电压与分压比倒数的乘积的 1.2~1.5 倍。直流电

压表应按平均值刻度。测量电压时数字电压表的输入阻抗并联在电阻分压器的低压臂两端，会产生附加误差，因此电压表应使用高阻输入型。如果电压表输入电流小于 $1\mu\text{A}$ ，通常可以满足要求。

6.2.3 钳形数字交流电流表

为了在不断开电流导线状态下测量电流，需要配备钳形电流表。钳形电流表的量程应包括 $0.1\text{A}\sim 100\text{A}$ ，准确度不低于 2 级。

6.2.4 分压式交直流高压数字电压表

额定电压 200kV ，交流电压有峰值和有效值刻度，准确度 1 级。

6.3 冲击峰值电压表

冲击峰值电压表用于冲击耐压试验，接在冲击分压器二次侧，测量冲击电压的峰值。冲击峰值电压表输入峰值电压范围 $200\text{V}\sim 1500\text{V}$ 。冲击峰值电压表测量标准雷电波和操作波峰值的准确度应不低于 1 级，测量波头截断的雷电波峰值的准确度应不低于 2 级。

6.4 数字存储示波器

数字存储示波器是一种集数字暂态记录，数字处理与波形显示为一体的测量仪器。有冲击试验装置的高压实验室应配备频带宽度不低于 100MHz 的双踪数字存储示波器。有工频和直流试验装置的高压实验室应配备频带不低于 10MHz 的双踪数字存储示波器，其垂直分辨率不少于 8 位。

6.5 冲击测量数字示波器

冲击测量数字示波器是一种专用数字测量仪器，用于冲击电压测量和波形分析。它由数字暂态记录仪和计算机系统组成，记录得到的波形数字信息传输到计算机，由专用计算机软件处理，在屏幕上显示出全部波形信息，对冲击全波的幅值测量误差不大于 1%，对波前截断的雷电截波幅值测量误差不大于 3%，时间参数测量误差不大于 5%。如果数字存储示波器可以输出采样信息，也可以与装有冲击波形分析软件的通用计算机组成冲击测量数字示波器。

6.6 局部放电测量仪

局部放电测量仪用于测量电气设备发生局部放电时的视在放电量。高压实验室宜使用脉冲电流法原理，频率范围 $30\text{kHz}\sim 500\text{kHz}$ 、频宽 $100\text{kHz}\sim 400\text{kHz}$ 的局部放电测量仪。它由输入衰减器，带通放大器，信号处理器，输出显示器组成。为了抑制某些频段的干扰，带通放大器可以有多个可供选择的不同频带。局部放电测量仪的信号处理器和输出显示器可以使用模拟量，也可以使用数字量，但都要求具有局部放电量，脉冲重复率的测量显示功能。

局部放电测量仪示波装置应有椭圆扫描方式，示波图迹线宽度应不大于 0.3mm ，应有试验电压过零点或峰值点的标志。局部放电量程应能包括 $1\text{pC}\sim 1\times 10^5\text{pC}$ 量程范围，应有脉冲重复率测量功能。局部放电测量仪在频带中心频率处的输入灵敏度应不低于 $5\mu\text{V}$ 。

耦合装置和校准方波发生器是局部放电测量仪的配套器件。宜在购置局部放电测量仪时一起订购。

6.7 高压电容电桥

高压电容电桥用于测量电容型高电压设备的电容量和介质损耗因数。高压实验室应使用电容比率测量准确度 0.5 级及以上，介质损耗因数差值测量准确度 1 级及以上的高压电容电桥，以保证介质损耗因数测量误差 ΔD 不大于 $0.01D + 0.0001$ ；其中 D 为电桥损耗因数示值。适合要求的电桥有西林型和电流比较仪型两种。

高压电容电桥的额定最大输入电流应满足实验要求。其中接在压缩气体电容器侧的输入回路为参考电流回路，这一回路一般没有量程扩大器。压缩气体电容器的电容量应按以下要求选择，在最高试验电压下，测量电极的电容电流不超过电桥参考电流回路额定电流。试品回路通常有内置量程扩大器，大电流下还可以外接量程扩大器。量程扩大器有分流器和电流互感器两种。它们的电流比率准确度和相位误差都应与配用的高压电容电桥相当。

6.8 高频阻抗电桥

进行冲击电压试验的高压实验室应配置高频阻抗电桥，频率范围 $100\text{kHz}\sim 10\text{MHz}$ ，准确度不低于 2 级：

高频阻抗电桥用于测量冲击分压器的分压臂阻抗以及同轴电缆的波阻抗。

6.9 音（高）频信号发生器

进行局部放电试验的高压实验室应配置音（高）频信号发生器，频率范围 10kHz~1MHz，频率准确度不低于 2×10^{-3} 。

高频信号发生器用于校验局部放电测量仪的频率特性和检测局部放电测量仪的输入灵敏度。

6.10 多用工频电源

多用工频电源用于对试验设备的附件通电检测，要求有 0~3000V，容量 500VA~1kVA 的分档可调电压输出以及 0~300A，容量 1kVA~2kVA 的分档可调电流输出。电源的输出端应能浮置使用。

6.11 多用直流电源

多用直流电源用于对试验设备的附件通电检测，要求有 0~3000V，50mA~100mA 的分档可调电压输出以及 0~50A，容量 500W~1kW 的分档可调电流输出。电源的输出端应能浮置使用。

6.12 谐波分析仪

谐波分析仪用于测量工频电压中的谐波。高压实验室使用的波形分析仪，测量 7 次及以下谐波分量时，幅值测量误差应不大于测量值的 5% 或基波值的 1%，测量 27 次及以下谐波时，幅值测量误差应不大于测量值的 10% 或基波值的 2%。

6.13 绝缘电阻表（兆欧表）

高压实验室应配备额定电压 500V~5000V，输出电流 1mA~5mA，准确度 5 级或 10 级的绝缘电阻表。

6.14 仪用电流互感器

仪用电流互感器用于变换工频电流，一般情况下配备一次电流为 0.1A~500A，二次电流为 5A 和 1A，额定二次负荷 5VA，准确度 0.05 级的电流互感器。

6.15 仪用电压互感器

仪用电压互感器用于变换工频电压，一般情况下配备电压比 6kV、10kV/100V，额定二次负荷 5VA，准确度 0.05 级的电压互感器。

7 试验人员专业要求

高压实验室应按每个项目不少于 2 名的额度配备专业的高压试验人员。试验人员应掌握相应专业技能，通过考核合格后才能上岗操作。试验人员应具有的其他资格由高压实验室的上级主管部门规定。

7.1 交流电压试验专业技能

a) 熟悉并正确理解以下标准：

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求

GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统

JB/T 9641—1999 试验变压器

b) 按操作规范启动实验室安装的交流电压试验装置，进行升降电压操作。

c) 能正确使用实验室仪器设备完成以下项目测量：

- 1) 试验变压器的阻抗电压。
- 2) 试验变压器的电压比。
- 3) 试验电压波形失真度。
- 4) 试验变压器的绝缘电阻。
- 5) 工频分压器的电压比。
- 6) 交流高压表的误差。
- 7) 交流电压的谐波。

7.2 冲击电压试验专业技能

- a) 熟悉并正确理解以下标准：
 GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合
 GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求
 GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统
 DL/T 992—2006 冲击电压测量实施细则
- b) 按操作规范启动实验室安装的冲击电压试验装置，进行充电、触发及放电操作。
- c) 能用试验设备调出标准雷电冲击波、雷电冲击截波和操作波。
- d) 能正确使用实验室仪器设备完成以下项目测量：
- 1) 串联电容器的充电电压。
 - 2) 波头电阻和波尾电阻的阻值。
 - 3) 冲击分压器同轴电缆的波阻抗。
 - 4) 冲击分压器的高低压臂阻抗，计算分压比。

7.3 直流电压试验专业技能

- a) 熟悉并正确理解以下标准：
 GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合
 GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求
 GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统
 DL/T 848.1—2004 高压试验装置通用技术条件 第1部分：直流高压发生器
- b) 按操作规范启动实验室安装的直流电压试验装置，进行升降电压及放电操作。
- c) 能正确使用实验室仪器设备完成以下项目测量：
- 1) 直流电压发生器的等效内阻。
 - 2) 电压发生器输出电压的脉动系数。
 - 3) 直流分压器的分压比。
 - 4) 直流高压表的误差。

7.4 局部放电试验专业技能

- a) 熟悉并正确理解以下标准：
 GB/T 7354—2003 局部放电测量
 DL 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则
 GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求
- b) 按操作规范启动实验室安装的工频电压试验装置，进行升降电压操作。
- c) 能正确使用实验室仪器设备完成以下项目测量：
- 1) 局部放电测量仪的输入灵敏度。
 - 2) 局部放电测量仪的频带。
 - 3) 耦合装置的参数。
 - 4) 校正脉冲发生器的频率、波形和幅度。

7.5 高压电容电桥试验专业技能

- a) 熟悉并正确理解以下标准：
 GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求
- b) 按操作规范启动实验室安装的交流电压试验装置，进行升降电压操作。
- c) 测量高压电容器的电容量和损耗因数。
- d) 测量介质损耗标准器的电容量和损耗因数。
- e) 测量电抗器的品质因数。

- f) 测量变压器空载功率因数。
- g) 用高压电容电桥测量电压互感器的电压比。

8 技术管理

8.1 实验室安全条例

应根据 DL 560 并结合实验室具体情况编写安全条例。安全条例应明确安全岗位、安全责任人、安全标准、安全检查、安全监督等内容。

8.2 编写设备操作规范

高压实验室应按照已安装使用的交流电压、冲击电压、直流电压、局部放电、高压电容电桥设备编写操作规范。操作规范应根据设备结构和技术参数，实验室条件和人员专业水平编写，应具有可操作性和可核查性。

8.3 编写试验项目作业指导书

高压实验室应按照开展的交流电压、冲击电压、直流电压、局部放电、高压电容电桥项目编写作业指导书。作业指导书应有对该测量领域的基本理论的叙述，介绍有关仪器仪表结构及原理，引用相应国家和行业标准检定规程和校准规范。对于还没有国家和行业检定规程或校准规范的项目，高压实验室应编写本部门的检定规程或操作规范。

8.4 建立设备档案

高压实验室应收集组建开始后的所有相关文件资料，包括项目计划，土建设计、施工与验收，设备订购，设备验收，设备安装，设备使用等内容。如果不能存原件，应存复印件，必要时可使用照片、光盘等记录介质存入设备档案。

8.5 建立试验档案

高压实验室应对每一项试验任务进行跟踪，从任务下达开始，各阶段的试验过程都应有文字记录存档，试验过程的数据资料应足够详细，达到可以追溯复现的程度。文件应长期保存。长期保存有困难的，也至少保存五年。

8.6 建立用户档案

高压实验室应收集用户信息，建立用户档案，以便于实验室资源的利用。档案内容可包括用户的产品种类，技术参数，用户的生产能力，试验能力，可共享的资源等。用户档案可使用计算机管理，便于录入与查询，但必须备份在光盘，磁盘等永久性介质中。