

QB

广东电网公司企业标准

广东电网公司 10kV 电力电缆 振荡波局部放电检测及定位试验 作业指导书

docin 豆丁
www.docin.com

2013-03-30 发布

2013-03-30 实施

广东电网公司 发布

前 言

为了强化 10kV 电力电缆的缺陷检测试验工作，规范 10kV 电力电缆振荡波局部放电检测及定位试验现场作业，广东电网公司组织编制 10kV 电力电缆振荡波局部放电检测及定位试验标准化作业指导书，指导基层班组开展试验工作。作业指导书的编写在参照国家标准、行业标准、南方电网标准及相关的技术规范、规定的基础上，充分考虑了广东电网公司的实际情况。

本作业指导书对 10kV 电力电缆振荡波局部放电检测及定位试验工作的操作步骤、技术要点、安全注意事项、危险点分析等方面内容进行了详细的规范，用于指导 10kV 电力电缆振荡波局部放电检测及定位试验工作。

本作业指导书由广东电网公司生产技术部提出、归口并解释。

本作业指导书起草单位：

本作业指导书起草人：



目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 支持文件.....	1
4 术语和定义.....	24
5 电缆振荡波局部放电检测系统理论基础.....	3
6 振荡波局放检测及定位试验安全及预防措施.....	98
7 作业准备.....	1140
8 作业周期.....	12
9 工期定额.....	1342
10 作业流程.....	1443
11 作业项目、工艺要求和质量标准.....	1645
12 作业中可能出现的主要异常现象及对策.....	2726
13 作业后的验收与交接.....	2827

www.docin.com

1 范围

本规范适用于额定电压为 10kV 的电力电缆振荡波局部放电检测和定位试验。

2 规范性引用文件

下列标准所包含的条文，通过在本规范中引用而构成本规范的条文。本规范实施时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本规范的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2900.19-1994	电工术语高电压试验技术和绝缘配合
GB/T 3048.12-2007	电线电缆电性能试验方法 第 12 部分：局部放电试验
GB/T 7354-2003	局部放电测量
GB/T 16927.1-2011	高电压试验技术 第一部分：一般定义和实验要求
GB/T 16927.2-1997	高电压试验技术 第二部分：测量系统
GB 26861-2011	电力安全工作规程（高压试验室部分）
GB 50150-2006	电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
GB 50168-2006	电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
DL/T 356-2010	局部放电测量仪校准规范
DL/T 417-2006	电力设备局部放电现场设备测量导则
DL/T 849.5-2004	电力设备专用测试仪器通用技术条件 第 5 部分：振荡波 高压发生器
Q/CSG 114002-2011	电力设备预防性试验规程

3 支持文件

电力电缆使用说明书
电力电缆出厂试验报告
电缆沿布图
电力电缆交接试验报告
历次试验报告
安全生产风险管理体系

4 术语和定义

4.1 局部放电（局放）：导体间绝缘仅被部分桥接的电气放电。这种放电可以在导体附近发生也可以不在导体附近发生。

注1：局放一般是由于绝缘体内部或绝缘表面局部电场特别集中而引起的。通常这种放电表现为持续时间小于1 μ S的脉冲。

注2：“电晕”是局放的一种形式，它常发生在远离固体或液体绝缘的导体周围的气体介质中。“电晕”不宜被用作所有局放形式的通用术语。

注3：局放通常伴随着声、光、热和化学反应等现象。

4.2 视在电荷 q ：局放的视在电荷等于在规定的试验回路中，如果在非常短的时间内对试品两端间注入使测量仪器上所得的读数与局放电流脉冲本身相同的电荷。视在电荷通常用皮库（pC）表示。

4.3 规定的局部放电值：在规定条件和试验程序下试品在规定的电压下允许的局放有关参量中的最大值。对于交流电压试验，视在电荷 q 的规定值是重复出现的最大局放值。

4.4 背景噪声水平：是在局部放电试验开始前及试验中检测到的不是由试品产生的稳定信号的最大幅值。

注：背景噪声包括测试系统中的白噪声、广播电波或其他的连续或脉冲信号。

4.5 局部放电起始电压 U_i ：当施加于试品的电压从某一观察不到局放的较低值开始逐渐增加到初次观察到试品中产生重复性局放时的电压。实际上，起始电压 U_i 是局放脉冲参量幅值等于或超过某一规定的低值时的最低施加电压。

4.6 局部放电熄灭电压 U_e ：当施加于试品的试验电压从某一观察到局放脉冲参量的较高值逐渐减小到试品中停止出现重复性局放时的电压。实际上，熄灭电压 U_e 是当所选的局放脉冲参量幅值等于或小于某一规定的低值时的最低施加电压。

4.7 振荡波：频率在 50Hz~10kHz 范围内，波形为按指数衰减的交流电压波。

4.8 单端测量：只在电缆的一个终端头进行局部放电测量。

4.9 双端测量：同时在电缆的两个终端头进行局部放电测量。

4.10 时延反射（TDR）算法：利用入射和反射信号的时间差进行信号源定位的一种算法。具体到局放中，放电故障向电缆两端传输脉冲，一个到达首端，另一个到达末端后反射回到首端。理想情况下，根据已知两个脉冲时间差即可确定局放位置。

4.11 局部放电试验电压：按规定的局放试验程序施加的，并且在施加期间试品应不

出现超过局放规定值的规定电压。

4.12 电缆额定电压 U_0/U ： U_0 为电缆导体与金属套或金属屏蔽之间的设计电压， U 为导体与导体之间的设计电压。

4.13 新投运电缆：电缆的本体及附件均为全新的设备，无运行记录。

5 电缆振荡波局部放电检测系统理论基础

5.1 10kV电力电缆典型缺陷类型

按照故障在电缆系统中发生的部位，可将电缆系统中存在的故障隐患分为以下两类：

(1) 因电缆制造及施工质量不良、外力破坏、运行中的老化等原因引起的电缆本体缺陷。具体包括：

- ① 电缆绝缘中或电缆绝缘与半导体层间的微创，如刀痕刮伤、断层、裂纹等。
- ② 电缆本体绝缘中的杂质和气泡。
- ③ 电缆导体线芯表面不光滑，内外半导体层有凸起。
- ④ 电缆金属护套密封不良及运行中破损，锈蚀。
- ⑤ 电—机械应力引起的缺陷。
- ⑥ 电缆本体绝缘老化形成的水树枝和电树枝。
- ⑦ 电缆外护套受生物或化学腐蚀等。

⑧ 由于地面运动，热胀冷缩（弯曲）引发的附加机械应力引起的缺陷。

(2) 因电缆附件在制造、运输、安装及运行过程中操作不当产生的缺陷，包括：

- ① 安装错误或失误引起缺陷。包括安装未按规定标准进行、引入潮气、杂质、金属颗粒、外半导体层或主绝缘破损、导体连接器出现棱角、接头应力锥安装错位等。
- ② 电缆附件与电缆本体压接不紧，形成气隙。
- ③ 直埋式敷设的电缆接头因外力破坏。
- ④ 电缆户外终端受大气环境影响引起的缺陷。
- ⑤ 电缆终端漏电流集流环的安装位置及质量问题。
- ⑥ 电缆附件受化学或生物腐蚀。
- ⑦ 电缆附件中绝缘部件的自然老化。
- ⑧ 电缆充油户外终端因环境温度变化引起的油劣化。

5.2 电缆振荡波局部放电检测及定位原理

5.2.1 振荡波法局部放电检测原理

振荡波检测系统（oscillating wave test system，简称OWTS，下同）是将被试电缆充以直流电压，当达到预设电压时，闭合高压快速开关，通过系统自带电感线圈与电缆的等效电容形成LC振荡回路，从而产生衰减电压，谐振频率为

$f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ ，其中L为测试系统自带电感量，C为被试电缆的等效电容值，图1为OWTS系统的原理图。

电缆振荡波局放检测及定位系统硬件部分主要由振荡波系统单元和数据处理单元（笔记本电脑）构成。其中，振荡波系统单元包括高压线圈、分压器、半导体开关、局放耦合电容、局放耦合器、局放校准仪和连接面板等，该单元用于产生交流测试电压及获得局放信号数据。数据处理单元用以存储、分析及评估局放信号。

软件部分由OWTS测试软件及浏览器软件组成，内置于OWTS单元和数据处理单元中，其用户界面由笔记本电脑的鼠标和键盘控制，从而实现定义测试电缆、校准信号、生成电压、测试并保存数据、显示并处理测试数据、生成测试报告等功能。

试验在电缆停电时进行，检测时根据试验电压选择充电的直流电压，通过合上半导体开关形成振荡波后，检测出电缆局部放电点的准确位置和放电量。

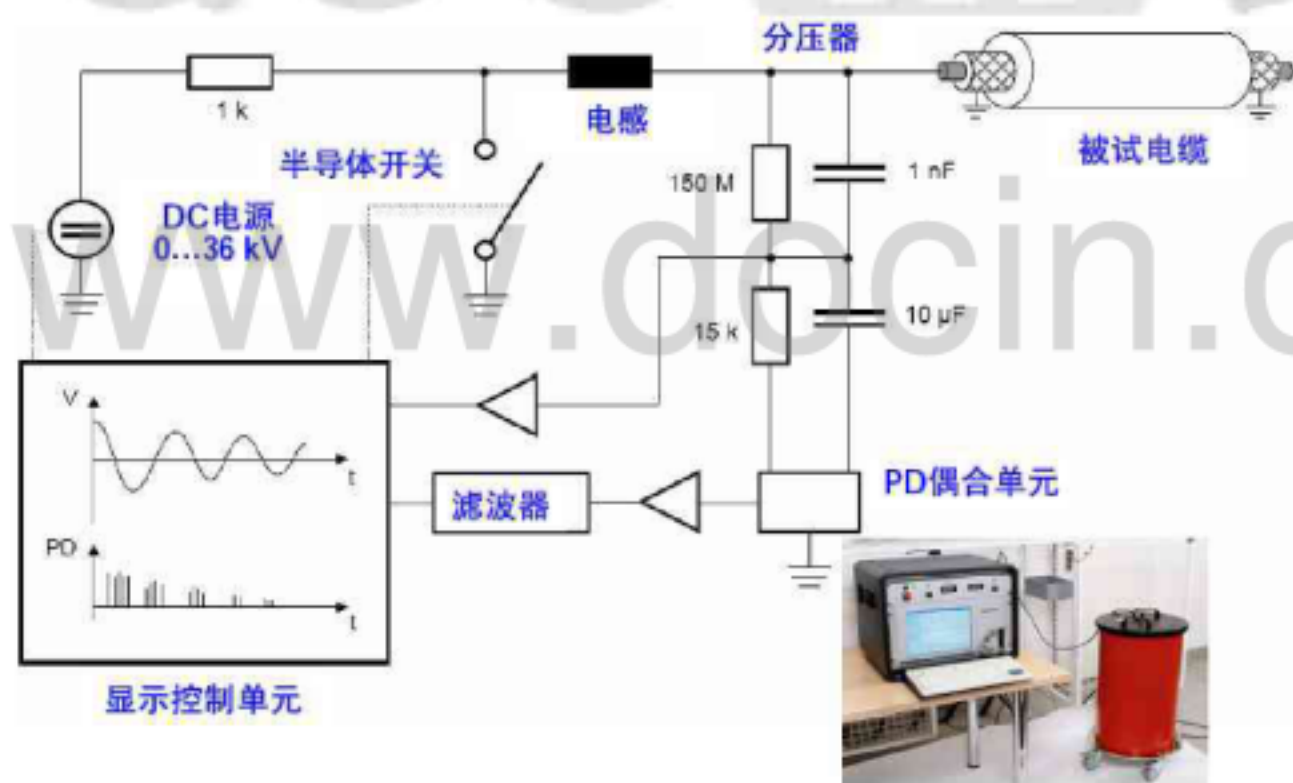


图1 振荡波局部放电检测和定位设备结构图

5.2.2 振荡波法局部放电定位原理

振荡波电压下的电缆局部放电定位技术是根据电磁波传输反射原理，即在缺陷处产生的局部放电脉冲向电缆两端传播，在电缆端头处如果没有匹配阻抗，局部放

电脉冲将在端头处反射。根据在测量端测量的第一个沿测量端传输的脉冲及经另一端反射后传回测量端脉冲的时间差即可计算出缺陷距离测量端的距离，从而定位出缺陷的位置，其原理示意如图2所示，图3为实测的一组入射波与反射波。测试一条长度为*l*的电缆，假设在距测试端*x*处发生局部放电，脉冲将沿电缆向两个相反方向传播，其中一个脉冲经过时间*t*₁到达测试端；另一个脉冲向测试端的对端传播，并在对端发生反射，之后再向测试端传播，经过时间*t*₂到达测试端。根据两个脉冲到达测试端的时间差，可计算局部放电发生位置，即

$$t_1 = \frac{x}{v}$$

$$t_2 = \frac{(l-x)+l}{v}$$

$$x = l - \frac{1}{2} \cdot v \cdot (t_2 - t_1) = l - \frac{1}{2} \cdot v \cdot \Delta t$$

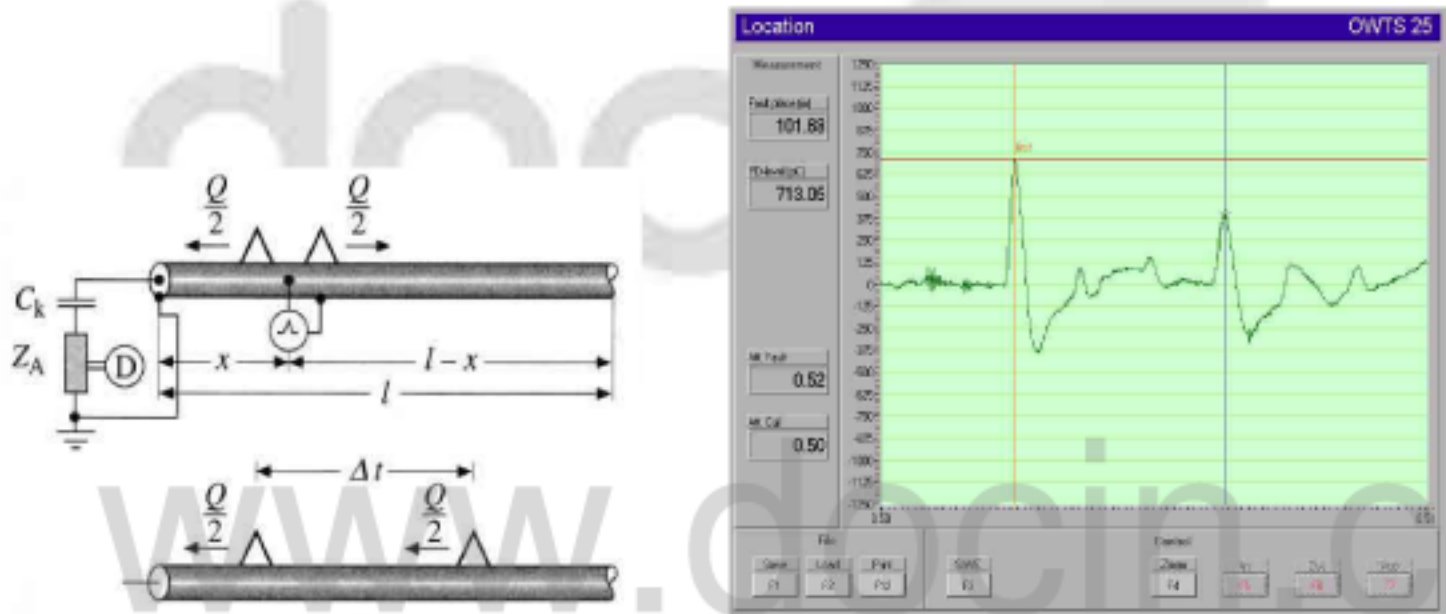


图2 脉冲反射法原理示意图

图3 入射波及反射波测试结果图

一般电磁波在不同绝缘介质电缆中的传播速度有所区别，如表1所示。根据传播速度、电缆长度及两个脉冲的时间差即可计算出电缆的缺陷位置。

表 1 两种典型电缆的半波速

电缆类型	相对介电常数	半波速（m/μs）	偏差范围
XLPE	2.3	85	82-86
PILC	3.5	80	77-83

在振荡波电压下，每一个振荡周期根据测量局部放电时可测放电幅值及此放电脉冲经远端反射后的脉冲幅值，计算出放电距离测量端的位置，即可绘出局部放电幅值、局部放电密集程度与电缆长度的关系曲线（本部分工作由OWTS自动完成），

如图4所示。

放电点集中的区域即可能为电缆缺陷产生的局部放电位置，结合电缆的沿布图及测距信息，最终分析放电点在电缆中的部位。以图4（b）中为例，电缆缺陷产生的放电位置在距离测量端的200m及365m两处。

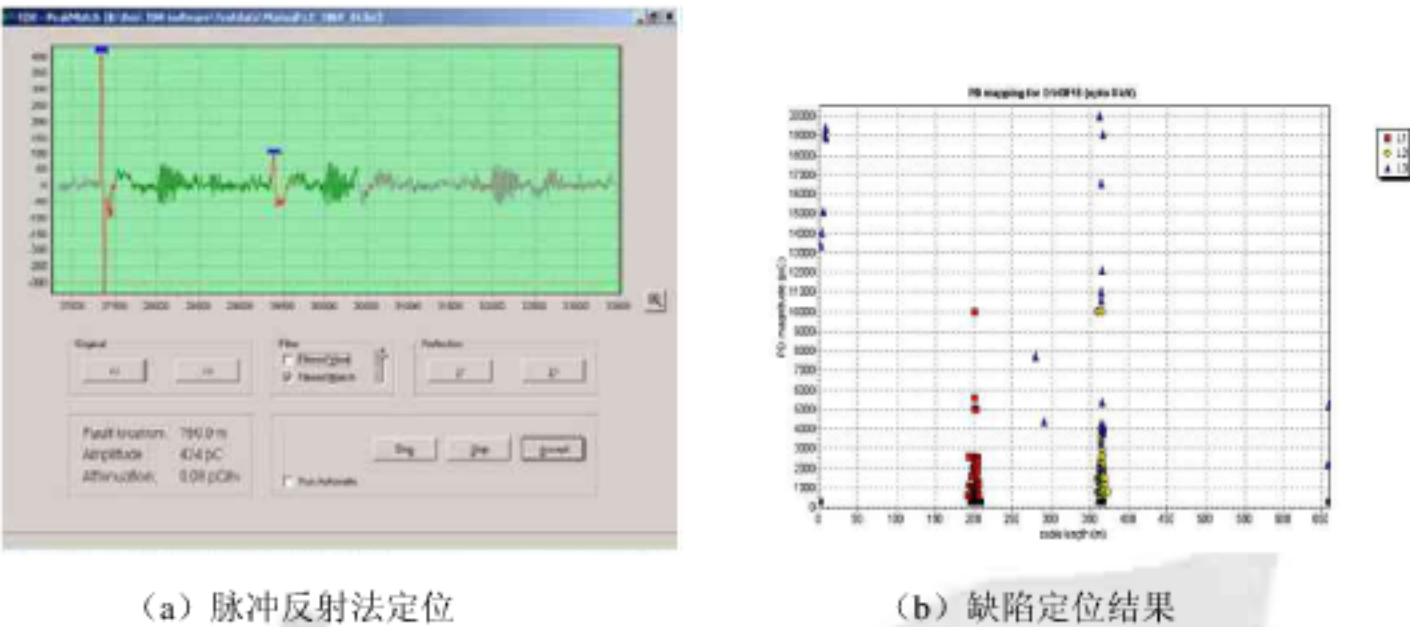


图 4 振荡波下的局部放电定位

5.3 电缆振荡波局部放电检测数据分析方法

三相电缆测试完成后，根据脉冲反射原理，进行局放数据分析，生成局放定位图及测试报告。同时保留保存原始数据以便追溯，对可疑报告可进行多次人工分析讨论。

通常，局部放电**大多情况**具有以下4个特征，即判断电缆局部放电**及定位**的“四要素”：

批注 [微软用户 1]: 因为有些场合击穿前会发生放电量减小。

(1) 放电量与**放电频率重复率**随电压升高而升高。

批注 [微软用户 2]: 或俗称放电次数

(2) 放电信号波形可明显分别出“入射波”与“反射波”，如图5所示。

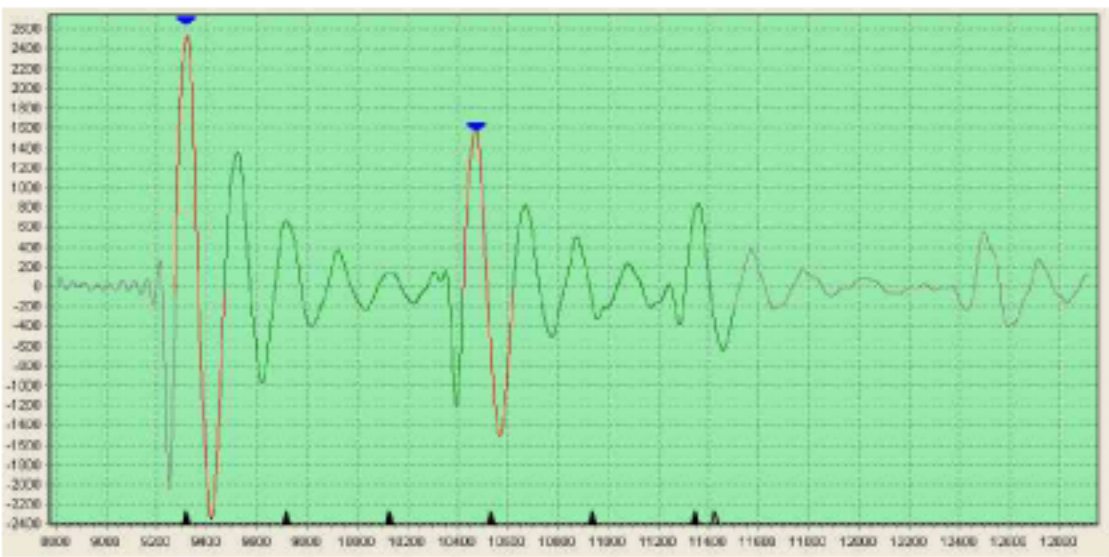


图 5 一对“入射波”与“反射波”

(3) 波形图有代表局部放电的簇状“线集合”，如图6所示；局部放电定位图上有集中的“点集合”，如图7所示。

(4) 局部放电相位具有典型的“180度”原则，即在振荡电压第一、三象限处有对称分布的局部放电点集合。

若被测电缆局部放电值超过表4所列限值，则该电缆状况需引起高度重视，并采取相应措施。

批注 [微软用户 3]: 不是很确切，请核对，是否为 sebkmt 说明文档提供？其他相位区间也有出现放电的可能。同时，缺少图例。



图 6 簇状“线集合”

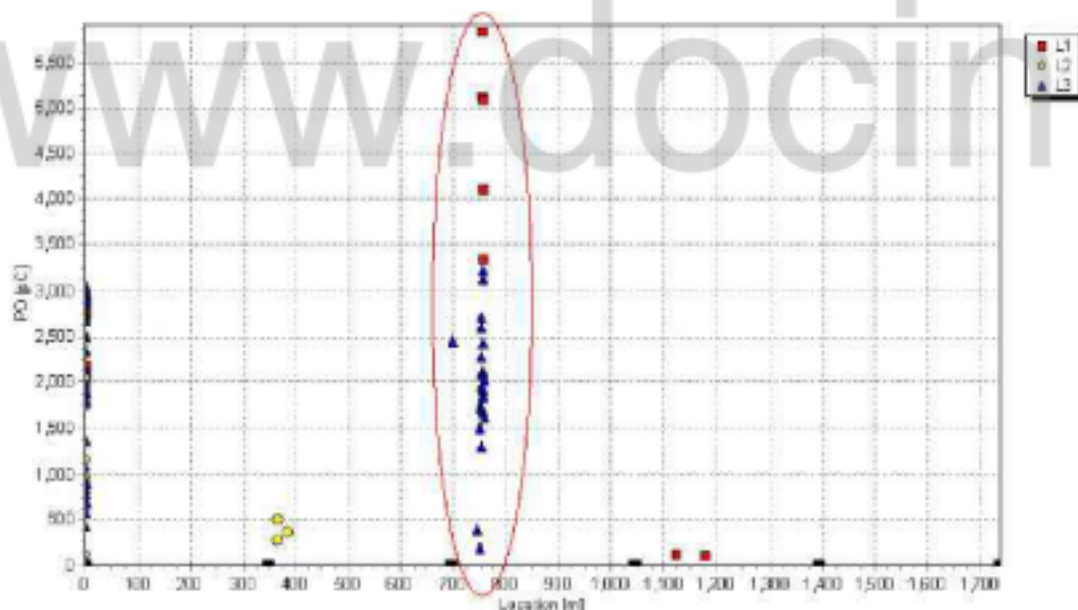


图 7 集中的“点集合”

5.4 OWTS局部放电检测与定位需要注意的问题

影响OWTS振荡波电缆局部放电检测和定位装置检测准确性的因素主要有四个，一是测试数据的准确性，主要是由于外界随机脉冲型干扰进入检测系统，或加压端

子连接不好，产生放电脉冲；二是在分析判断时入射波和反射波的选择不正确；三是测试过程中未及时改变量程；四是高压试验电缆长度。

针对以上四个影响因素，应注意以下问题：

- (1)为确保测试数据的准确性，在试验前，应该注意试验端子安全距离是否足够，表面是否清洁、光滑；试验过程中测量环境噪声时应注意GIS电压指示器是否对测量形成干扰。
- (2)对数据进行分析判断时，选择的反射波波形比入射波宽、幅值比入射波小，波形形状基本相似。
- (3)测试时应及时改变量程，对超量程保存下来的数据进行处理时，应手动调整入射波的起点，避免误判。
- (4)被试电缆长度小于300m，应对电缆并联补偿电容进行检测；测量经验表明，在电缆长度超过3000m时，进行单端测试法的校准及局部放电测量过程中，可能出现无法接收到反射波或反射波信号幅值过小的现象，此时可采用双端测试法以提高测量的灵敏度。

5.5 电缆局部放电量的读取

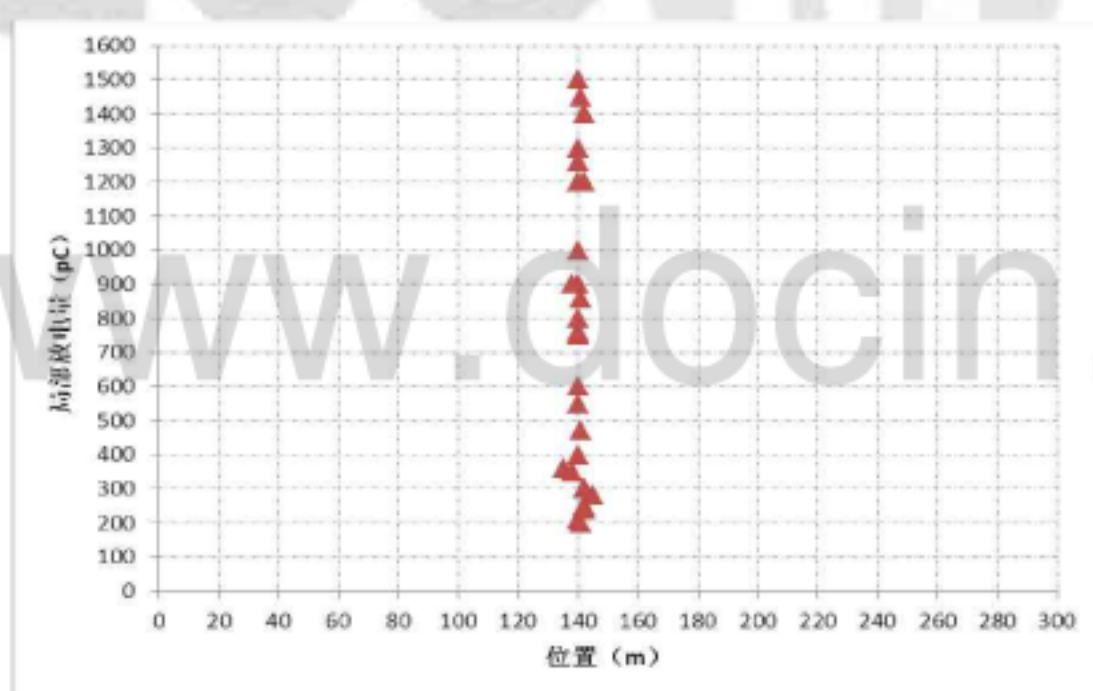


图 8 电缆局部放电检测及定位结果

电缆缺陷导致的局部放电在多次加压测量时，放电量与位置曲线上有集中的点集合。图8为一条长度为300m的10kV电缆进行振荡波局放检测与定位的结果，并已判断集中点位置的放电为电缆的内部缺陷产生。图中显示放电点集中的位置（140m）即为缺陷在电缆中的位置（以振荡波测试端为起点），通过电缆的测距信息或沿布图即可判断放电点在电缆中所处的部位（本体、中接头或终端头）。

局部放电量大小从放电定位图中放电点集中位置的放电量中读取。以图8为例，对被试电缆按照试验加压程序完成试验后，放电定位图中显示了各次加压时缺陷产生的放电量，最终读取的局部放电量以放电点集中位置的最大放电量为准，在图中为1500pC，那么本次试验电缆的局部放电量即为该值。一般情况下，最大放电量出现在施加的最高试验电压时出现。

6 振荡波局放检测及定位试验安全及预防措施

6.1 安全措施

6.1.1 停电试验须填写配网第一种工作票，多点作业应使用线路作业分组派工单。

6.1.2 试验负责人应由有经验的人员担任，开始试验前，试验负责人应对全体试验人员详细布置试验中的安全注意事项。

6.1.3 试验需要断开电缆头时，拆前应做好标记，接后应进行检查，电缆对侧应有专人看护。

6.1.4 试验装置的金属外壳应可靠接地；高压引线应尽量缩短，必要时用绝缘物支持牢固。

6.1.5 试验现场应装设遮栏或围栏，向外悬挂“止步，高压危险！”的标示牌，并派人看守。

6.1.6 上杆、塔前，应先检查登杆工具，如脚扣、升降板、安全带、梯子等是否完整牢靠。

6.1.7 进行绝缘试验时，被试品温度不应低于+5℃，应在良好的天气下进行，且空气相对湿度一般不高于80%。

6.1.8 试验需加高压时，加压前必须认真检查试验接线与仪表的开始状态，正确无误，通知有关人员撤离到安全区域，并取得试验负责人许可，方可加压。加压过程中应有人监护并呼唱提示。高压试验工作人员应穿绝缘鞋，在全部加压过程中，应精力集中，不得与他人闲谈，随时警戒异常现象发生。

6.1.9 变更接线或试验结束时，应首先断开试验电源，接着对试验电缆充分放电，最后才能变更接线或拆线。

6.1.10 试验结束时，试验人员应拆除自装的接地短路线，并对被试设备进行检查和清理现场。

6.1.11 路边作业需按照安规规定设置交通警示标志，工作班成员须穿反光衣，交通

要道须设专人监护，指挥车辆行人通过。

6.1.12 野外作业须做好防止动物伤害的安全措施。

6.2 危险辨识、风险评估和控制措施

危险辨识、风险评估和控制措施见表2。

表2 危险辨识、风险评估和控制措施

序号	危害类别	危害名称	控制措施
1	行为危害	安全措施不足	1) 工作负责人应在值班人员的带领下核实工作地点、任务，确定现场安全措施满足工作要求。 2) 工作负责人应在开始工作前向全体工作成员交待清楚工作地点、工作任务、接地线装设位置，检查安全围栏和标示牌等安全措施，特别注意与临近带电设备的安全距离。
2	物理危害	高压触电	1) 工作人员应远离开关后再通知操作人员合闸。 2) 试验时在开关的一侧挂接接地线或合上接地刀。 3) 在加压之前清理无关人员，同时对工作组成员交代安全注意事项。 4) 加压过程中设专人监护，并呼唱提示。 5) 加压结束后，确认试品已降压、放电、接地后，再进行更换接线工作。 6) 在没有试验电源情况下，需要使用发电机时，发电机本体须可靠接地，发电机应有漏电保护装置，使用专用插头，严禁使用导线直接插入电源取电源。
3	环境危害	带电距离不足	1) 工作人员应注意现场环境，严禁跨越安全围栏。 2) 搬运仪器、工具、材料时与带电设备应保持足够的安全距离。 2) 高压试验引线必须与被试品连接牢固，对接地体保持足够的安全距离，必要时采用绝缘胶带固定，防止松脱掉下。 3) 移动试验引线时，必须加强监护，注意与临近带电体保持足够的安全距离。
4	行为危害	高处坠落	1) 操作过程应设专人监护。 2) 在杆、塔上工作，必须使用安全带和戴安全帽。安全

序号	危害类别	危害名称	控制措施
			带应系在电杆及牢固的构件上。系安全带后必须检查扣环是否扣牢。在杆塔上作业转位时，不得失去安全带保护。
5	物理危害	高处坠物伤人	杆上人员应防止掉东西，使用的工具、材料应用绳索传递，不得乱扔。杆下应防止行人逗留。
6	物理危害	试验设备缺陷	1) 出发工作前应检查试验设备是否齐备、完好，是否在有效期内，对所需工器具应逐一清点核对。 2) 在引接电源前用万用表测量电源电压是否符合试验要求。
7	行为危害	现场遗漏工具	工作负责人在试验工作结束后进行认真的检查，确认试验引线和临时接地线已拆除，现场无遗留工具、试验用短接线和杂物。
8	环境危害	扎脚、摔伤	1) 试验时穿工作服，佩戴安全帽，严禁穿凉鞋、拖鞋。 2) 户外作业、过沟，走山道时防止摔伤，不走险路。

7 作业准备

7.1 工作人员的准备

7.1.1 电气试验人员一般不得少于4人，其中工作负责人应由中级工及以上人员担任。

7.1.2 专业技术要求：经过高压专业培训，掌握10kV电力电缆结构原理及相关试验仪器的使用，熟悉本作业指导书。

7.2 资料的准备

(1) 试验规程：Q/CSG 114002—2011 电力设备预防性试验规程。

(2) 电缆沿布图。

(3) 本作业指导书。

(4) 历次试验报告。

(5) 试验记录。

7.3 仪器及工具的准备

仪器及工具的准备见表3。

表3 仪器及工具的准备

序号	名称	数量	备注
----	----	----	----

序号	名称	数量	备注
1	试验警示围栏	若干	
2	标示牌（包括交通警示牌）	若干	
3	安全带	若干	
4	脚扣	若干	
5	10kV 绝缘手套	若干	
6	绝缘放电棒	1 支	
7	反光衣	若干	
8	线路接地线	若干	
9	10kV 验电器	若干	
10	万用表	1 只	
11	便携式电源线架	若干	带漏电保护器
12	绝缘操作杆	若干	
13	温湿度计	1 只	
14	照明灯具	若干	
15	计算器	1 个	
16	工具箱	1 个	
17	电缆盖板开启工具	1 个	
18	兆欧表	1 台	量程为：2500V 或 5000V
19	振荡波测试装置	1 套	包括：振荡波测试单元，补偿电容，高压连接电缆，测距仪（如设备集成在振荡波测试系统内，则不单独出现），笔记本电脑，安全开关，附件箱，控制连接线，地线。
20	试验记录	若干	

8 作业周期

作业周期及要求见表4。

表4 作业周期及要求

序号	项目	周期	要求	说明
----	----	----	----	----

序号	项目	周期	要求	说明
1	电缆主绝缘的绝缘电阻	1) 电缆振荡波局部放电检测之前 2) 电缆振荡波局部放电检测之后 3) 必要时。	大于1000MΩ。	采用 2500V 或 5000V 兆欧表。 必要时，如：怀疑有故障时。
2	电缆振荡波局部放电检测	1) 新设备投运前 (若具备试验条件) 2) 电缆大修新做终端或接头后 3) 变电站出线第一段电缆：6年 4) 必要时	1) 中间接头： ①新电缆投运前：局部放电量大于100pC,应查明原因或更换。 ②运行5年以内电缆：局部放电量大于300pC,应查明原因或更换。 ③运行5年以上电缆：局部放电量大于500pC,应查明原因或更换。 2) 终端接头：局部放电量大于3000pC应查明原因，大于5000pC,不能投入运行。 3) 电缆本体： ①新电缆投运前：局部放电量大于100pC,应查明原因或更换。 ②电缆投运后：局部放电量大于300pC,应查明原因或更换。	1) 局部放电最高测量电压：新投运（电缆本体及接头均为全新的）电缆为 $2.0U_0$ ，运行后电缆为 $1.7U_0$ 。 2) 在耐压试验后进行。

批注 [微软用户 5]: 300pC 或后文的 500pC 对应数值的选择依据是什么？是有已有对应的实验结果的统计？如有统计数据支持，会更好，该值影响较大，可能的话，征询一下 SEBKMT 的意见。

批注 [微软用户 6]: 个人感觉给的太宽了。

批注 [微软用户 4]: 没懂，笔误？

9 工期定额

本项作业工作时间为 0.5 天/条，不包括设备停送电及其它因素造成延误的时间。

10 作业流程

10.1 单端作业流程图

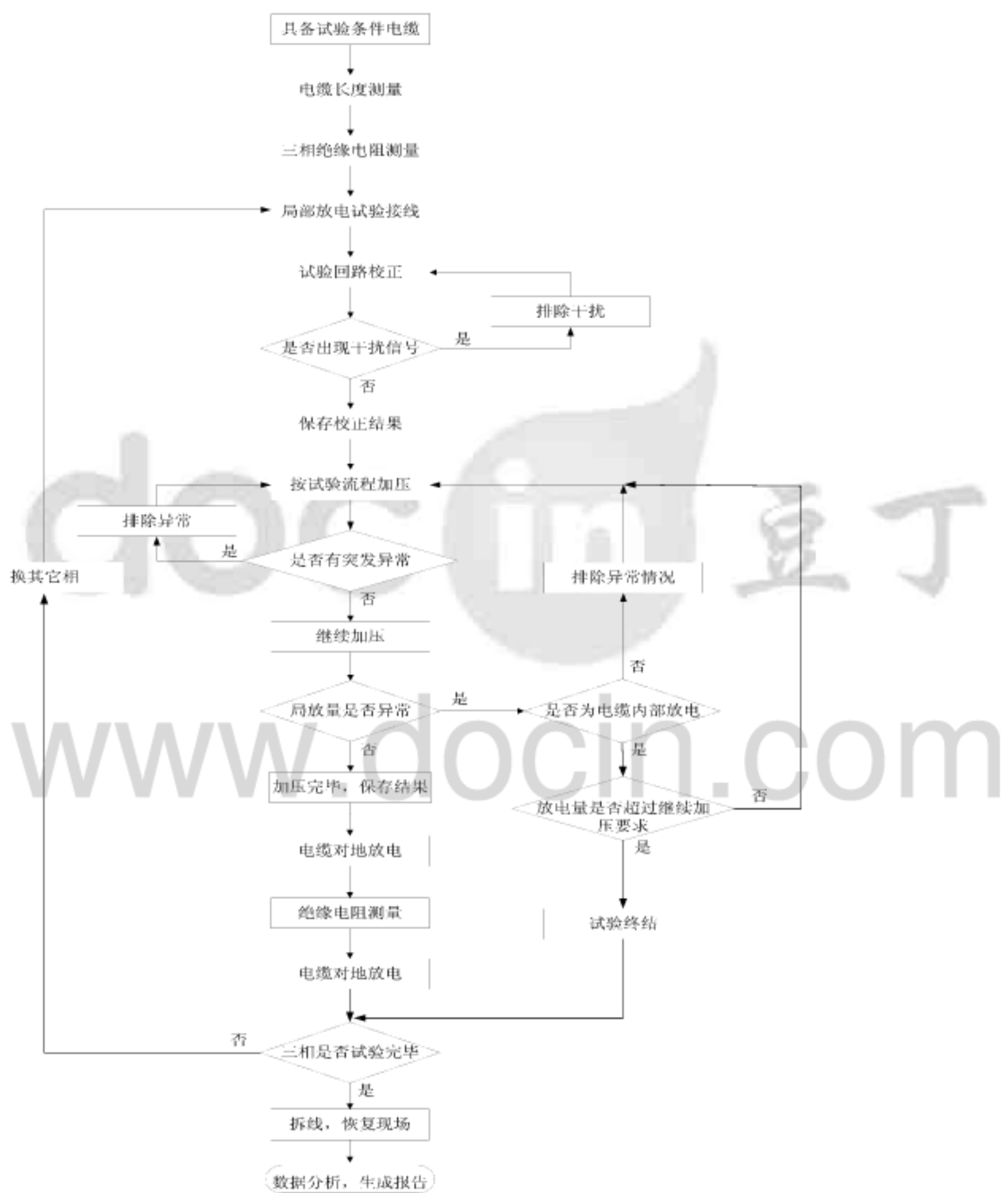


图9 单端作业流程图

10.2 双端作业流程图

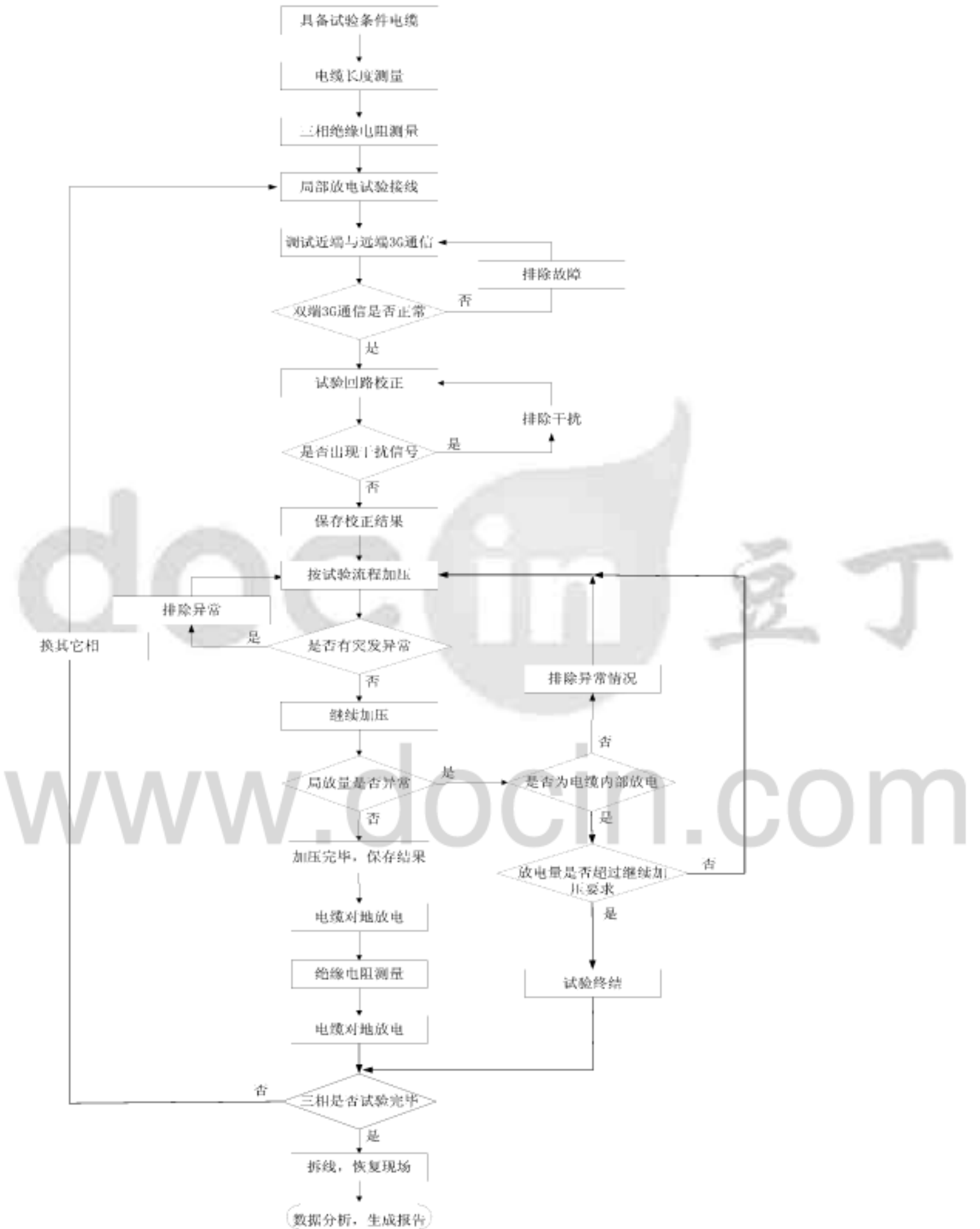


图 10 双端作业流程图

11 作业项目、工艺要求和质量标准

11.1 试验前准备工作

试验前准备工作见表5。

表5 试验前准备工作

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	查看现场	工作负责人在运行人员带领下进入工作现场，查看现场安全措施是否满足工作要求，并办理许可手续。	现场安全措施是否满足工作要求。	工作负责人应在值班人员的带领下检查工作地点、已拉开的隔离开关、已合上的接地开关等情况。根据标示牌及图纸资料，核查、确认被试电缆位置。
2	装设保护接地线	1) 工作票许可后，在工作地点两侧装设保护施工人员安全的接地线。 2) 按线路操作票装设工作地点保护接地线。 3) 在户外终端将线路可靠接地。	1) 位置是否正确。 2) 接地线是否接触良好。 3) 装设顺序。	1) 填写正确且经审核合格的操作票。 2) 装设接地线时需一人操作一人监护，监护人员需认真检查接地线的装设情况。 3) 使用专用接地线，并检查接地良好。
3	现场安全、技术措施交底	各工作组成员列队，工作负责人宣读工作票上的工作内容和安全措施，并交待现场安全措施及注意事项。	工作任务和安全措施交待是否详尽、清晰。	工作负责人应在开工前向全体工作成员交待清楚工作地点、工作任务、临时保护接地线装设位置，检查安全围栏和标示牌等安全措施，特别注意与临近带电设备的安全距离。
4	试验准备	1) 搬运仪器、工具、材料等。 2) 在试验现场四周装设试验专用警示围栏。 3) 可靠连接试验所需接地线。 4) 抄录被试电缆各项原始数据。 5) 记录现场环境温度、湿度。	试验测试线、接地线连接可靠。	对照危险点分析内容，采取相应防范措施，按照表3检查设备是否齐全。
5	接取试验电源	1) 在有 220V 交流试验电源	检查电源电压是否过	1) 在接取试验电源前用万

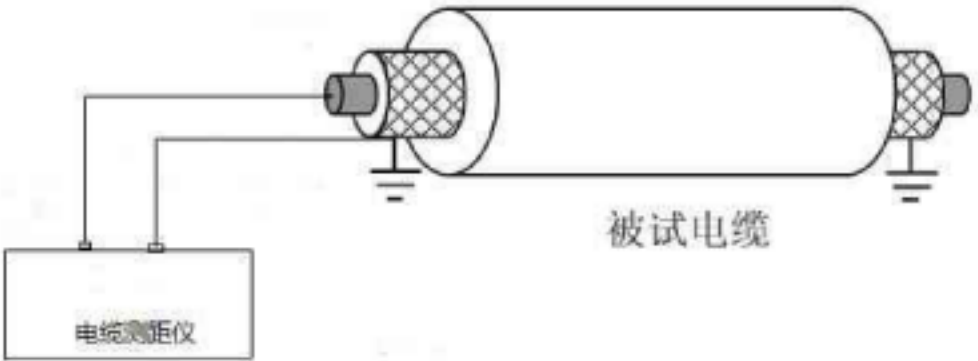
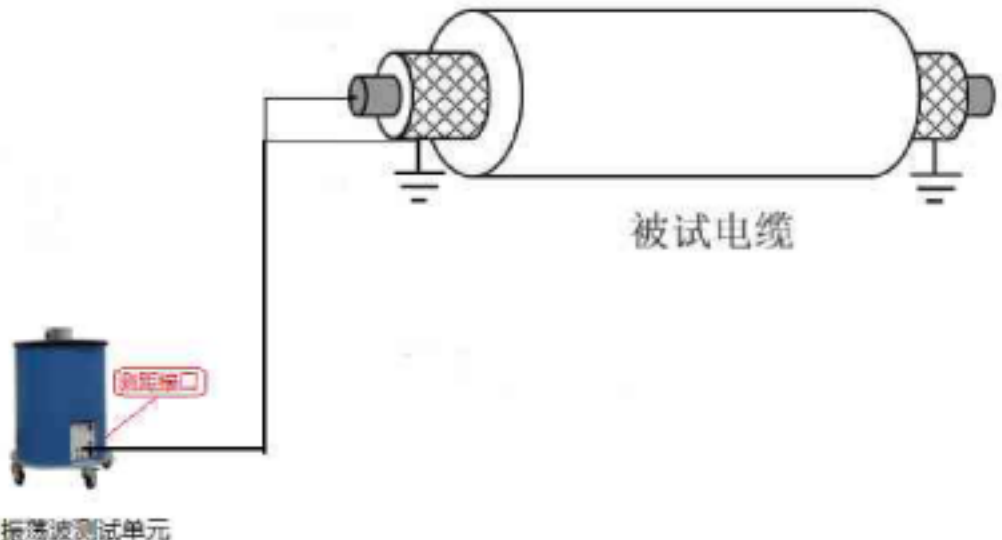
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
	源	时，使用符合安全要求的电源线架，将电源引至试验地点。 2) 在没有 220V 交流试验电源情况下，使用符合安全要求的电源线架从发电机发接取电源。	高。	用表测量电源电压是否符合试验要求。 2) 发电机本体须可靠接地，发电机应有漏电保护装置，使用专用插头，严禁使用导线直接插入电源取电源。
6	拆除被试设备引线	根据需要，用专业工具拆除被试设备的引线。	注意作业安全。	对照危险点分析内容，采取相应防范措施。

11.2 测量电缆长度及中间接头位置

测量电缆长度及中间接头位置工作见表6。

表6 测量电缆长度及中间接头位置

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	测量前对试品短路接地，释放残余电荷	先将接地线的接地端连接好，再用绝缘棒将接地线的另一端挂接在被试设备需要测量绝缘电阻的部位，可靠短路接地。	防止残余电荷伤人。	应严格按接地顺序操作并充分放电，放电时使用绝缘棒等工具进行，不得用手触碰放电导线。
2	连接测试线和接地线	参考试验接线示意图，将测距仪的接地端与被试设备的接地线连接，将测距仪的接高压端与被试设备相连接	1) 连接应牢固、可靠。 2) 防止测试线接触不良。 3) 测距仪的输出端不能接错。	1) 试验用的导线应使用测距仪配的专用线。 2) 认真检查测试线和接地线的连接，不能接反。
3	测量电力电缆的长度和中间接头位置。	1) 选择合适量程； 2) 显示屏内入射波与反射波均可见，测量全长； 3) 适当调整增益，寻测中间头； 4) 记录可能的中间头位置	1) 防止电缆波速填写不对。 2) 增益要调节好。 3) 测量中间头位置时，电缆的起始点要选择正确。	1) 仔细检查测距仪设定的波速。 2) 电缆的起始点要选好。
4	测量完毕，将被试品短路放电并接地	测量完毕，将被试品短路放电并接地。	确保试品已彻底放电，防止残余电荷伤人。	应严格按接地顺序操作并充分放电，放电时使用绝缘棒等工具进行，不得用手触碰放电导线。

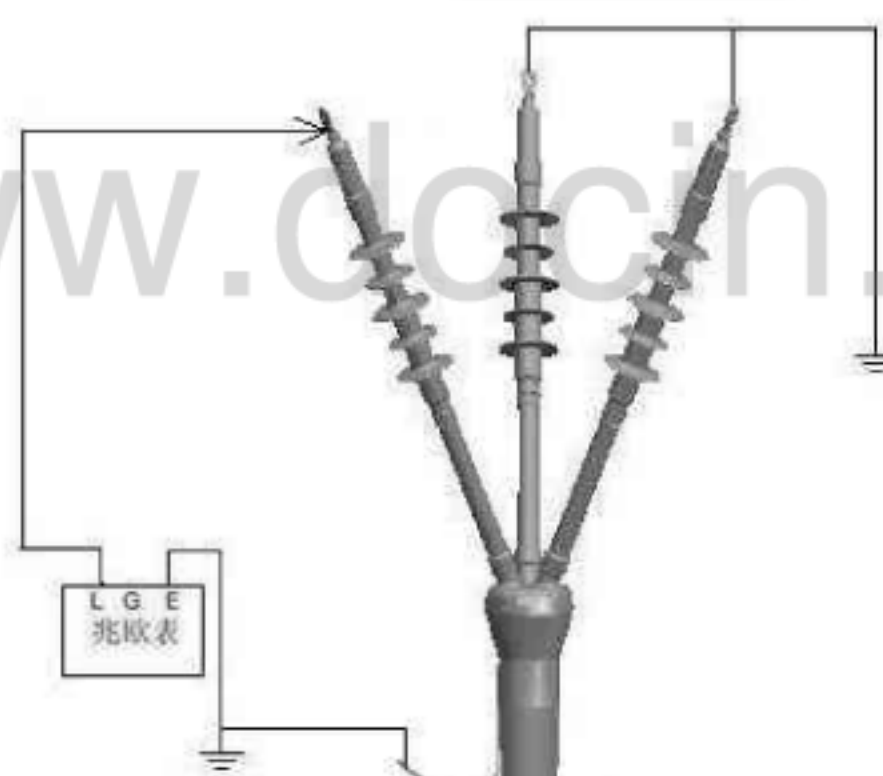
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
	单独用测距仪测距的接线示意图			
	测距仪集成在振荡波测试单元的接线示意图			

11.3 绝缘电阻试验

绝缘电阻试验工作见表7。

表7 绝缘电阻试验

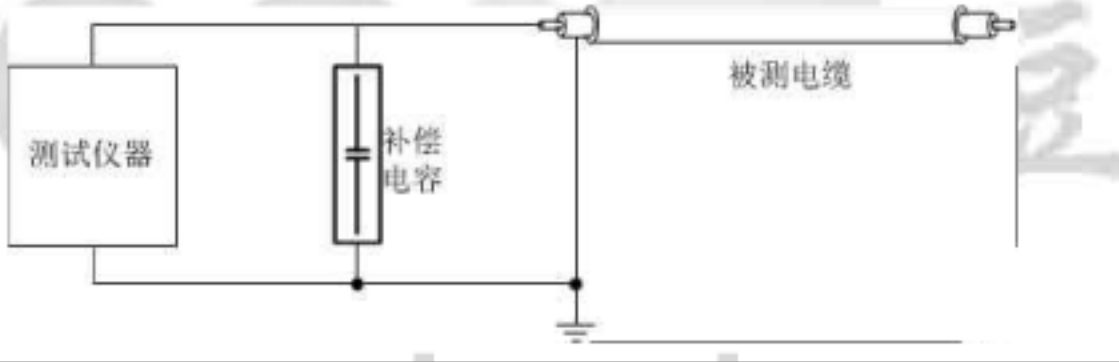
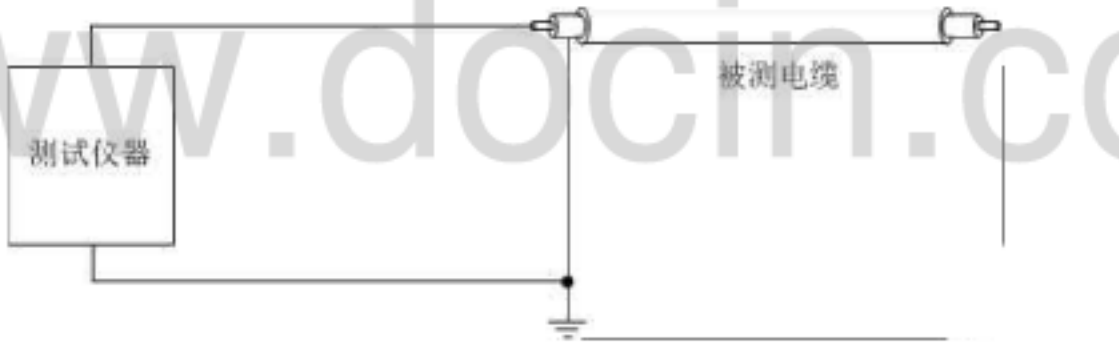
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	试验前对试品短路接地，释放残余电荷	先将接地线的接地端连接好，再用绝缘棒将接地线的另一端挂接在被试设备需要测量绝缘电阻的部位，可靠短路接地。	防止残余电荷伤人。	应严格按接地顺序操作并充分放电，放电时使用绝缘棒等工具进行，不得用手触碰放电导线。
2	摆放兆欧表、兆欧表检查	选择合适位置，将兆欧表水平放稳，试验前对兆欧表本身进行检查。	1) 兆欧表摆放位置应安全，摆放应水平、稳固。 2) 兆欧表检查。	1) 兆欧表摆放位置应安全、应水平放稳。 2) 试验前对兆欧表进行“短路”、“开路”测试检查。
3	连接测试线和接地线	参考试验接线示意图，将兆欧表的接地端与被试设备的地线连接，将兆欧表	1) 连接应牢固、可靠。	1) 试验用的导线应使用绝缘护套线或屏蔽

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
		的接高压端与被试设备相连接	2) 防止测试线绝缘不良。 3) 兆欧表的输出端不能接错。	线。 2) 认真检查测试线和接地线的连接, 检查兆欧表的输出端接线。
4	测量电力电缆主绝缘, 读取并记录测量结果	1) 主绝缘对地的绝缘电阻测试选择兆欧表: 2500V 或 5000V。 2) 读取 60s 的测量值。	1) 防止兆欧表输出电压过高损坏被试设备。 2) 保持直流输出电压稳定。 3) 注意读数时间正确。	1) 仔细检查兆欧表输出电压档位。 2) 注意绝缘电阻低会导致端电压降低。 3) 注意仪表指示测量时间。
5	停止测量, 将被试品短路放电并接地	停止测量, 将被试品短路放电并接地 (对带保护的整流电源型兆欧表, 否则应先断开接至被试品高压端的连接线, 然后停止测量)。	确保试品已彻底放电, 防止充电电荷放电损坏兆欧表、造成人身伤害。	注意仪表显示已放电完毕, 才将被试品短路接地。
根据相关试验规程对数据进行判断		见表 4 中要求和说明栏。		
试验接线示意图		 测试电缆主绝缘电阻		

11.4 摆放振荡波设备及接线

(1) 采用单端测量时, 摆放振荡波设备及接线见表8所示。

表8 采用单端测量时摆放振荡波设备及接线

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	试验电缆长度为 300 米及以下时，振荡波设备的摆放及接线	振荡波设备需接上补偿电容器。	1) 连接应牢固、可靠。 2) 防止接线错误。 3) 注意高压引线与周围带电体、接地部位距离。	1) 检查被试品状态。 2) 认真对照接线示意图检查。 3) 高压引线长度合适，布局合理，保持与邻近物体有足够的绝缘距离。
2	试验电缆长度为大于 300 米时，振荡波设备的摆放及接线	振荡波设备不需接补偿电容器。	1) 连接应牢固、可靠。 2) 防止接线错误。 3) 注意高压引线与周围带电体、接地部位距离。	1) 检查被试品状态。 2) 认真对照接线示意图检查。 3) 高压引线长度合适，布局合理，保持与邻近物体有足够的绝缘距离。
试验接线示意图 试验电缆长度为 300 米及以下				
试验电缆长度大于 300 米				

(2) 采用双端测量时，摆放振荡波设备及接线见表9所示。

表9 采用双端测量时摆放振荡波设备及接线

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	试验电缆长度为 3000 米以上时，宜采用双端法进行振荡波设备的摆放及接线	振荡波设备需要在电缆两端接线，电缆的一端接振荡波的近端设备，电缆的另一端接振荡波的远端设备。	1) 连接应牢固、可靠。 2) 防止接线错误。 3) 注意高压引线	1) 检查被试品状态。 2) 认真对照接线示意图检查。 3) 高压引线长度合适，布局合理，保持

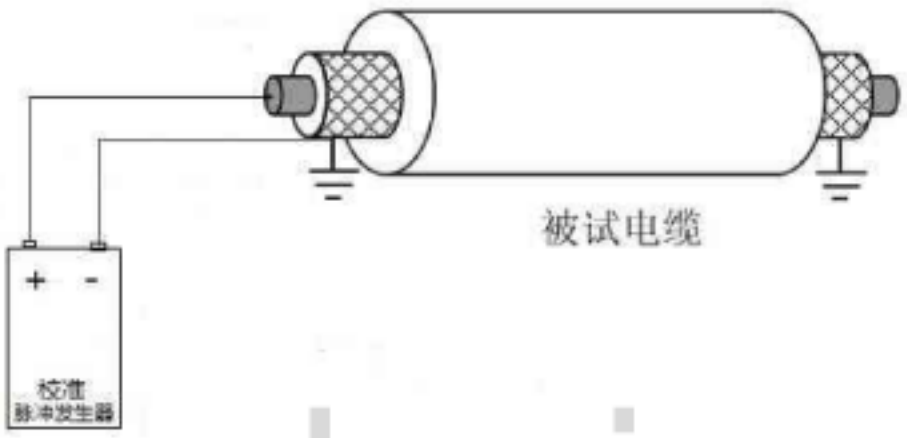
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
			与周围带电体、接地部位距离。	与邻近物体有足够的绝缘距离。
	进行双端法振荡波局放测量的设备摆放及接线			

11.5 试验回路校准

(1) 单端法测量时，试验回路校准见表10所示。

表10 单端测量时试验回路校准

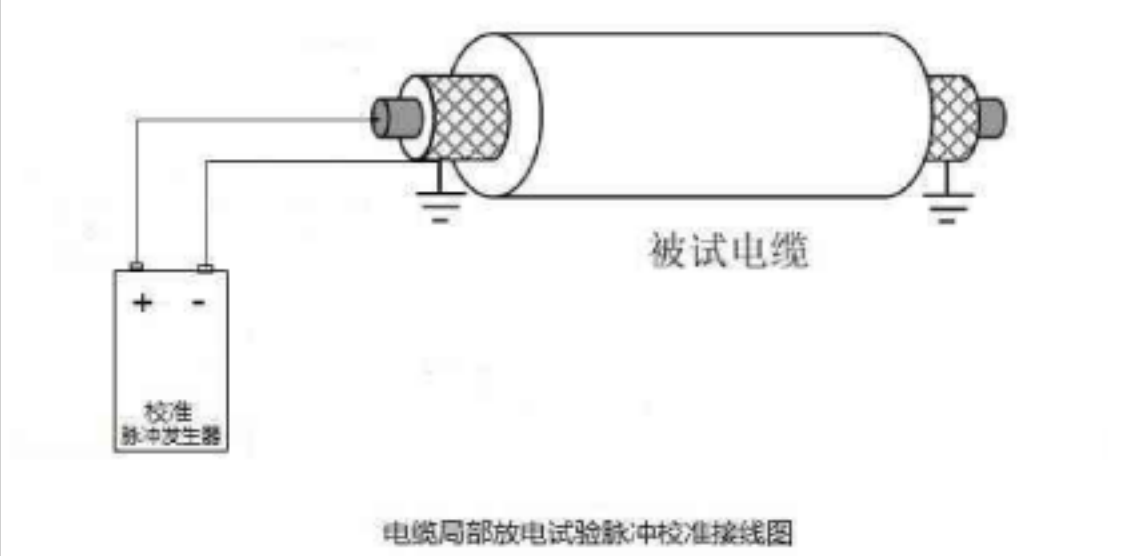
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	试验电缆长度为 300 米及以下	用校准脉冲发生器在电缆主体与地之间注入校准脉冲，同时在电缆振荡波系统进行确认和保存。	1) 防止接线错误。 2) 排除外界干扰。 3) 注意入射波，反射波，波速三者的关系。	1) 校准量为：100pC，200pC，500pC，1nC，2nC，5nC，10nC，20nC，50nC，100nC 2) 在校准波形中要能够区分入射波与反射波。 3) 电缆的波速在 165-170 m/μs 范围内 4) 10kV 三芯电缆只需校准其中的一相即可，10kV 单芯电缆每相均需校准。
2	试验电缆长度为 300-3000 米时	用校准脉冲发生器在电缆主体与地之间注入校准脉冲，同时在电缆振荡波系统进行确认和保存。	1) 防止接线错误。 2) 排除外界干扰。 3) 注意入射波，反射波，波速三者的关系。	1) 试验电缆长度为 300-600 米时，校准量为：100pC，200pC，500pC，1nC，2nC，5nC，10nC，20nC，50nC，100nC 2) 试验电缆长度为 600-1200 米时，校准量为：200pC，500pC，1nC，2nC，5nC，10nC，20nC，

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
				50nC, 100nC 3) 试验电缆长度为1200-3000米时, 校准量为: 500pC, 1nC, 2nC, 5nC, 10nC, 20nC, 50nC, 100nC 4) 在校准波形中要能够区分入射波与反射波。 5) 电缆的波速在 165-170 m/ μ s 范围内。 6) 10kV 三芯电缆只需校准其中的一相即可, 10kV 单芯电缆每相均需校准。
校准脉冲接线示意图		 被试电缆 校准脉冲发生器 电缆局部放电试验脉冲校准接线图		

(2) 双端法测量时, 试验回路校准见表11所示。

表11 双端测量时试验回路校准

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	试验电缆长度为3000米以上时	用校准脉冲发生器在电缆主体与地之间注入校准脉冲, 同时在电缆振荡波系统进行确认和保存。	1) 防止接线错误。 2) 排除外界干扰。 3) 注意入射波, 反射波, 波速三者的关系。接地部位距离。	1) 校准量为: 500pC, 1nC, 2nC, 5nC, 10nC, 20nC, 50nC, 100nC 2) 在校准波形中近端及远端设备只要有入射波即可。 3) 电缆的波速在 165-170 m/ μ s 范围内

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
				4) 10kV 三芯电缆只需校准其中的一相即可，10kV 单芯电缆每相均需校准。
校准脉冲接线示意图				

(3) 在对试验回路进行校准时，背景噪声水平宜不大于50pC；当测试环境受外界干扰影响较大时，可通过表12的干扰排除方法进行排查。

表12 试验回路校准时干扰排除方法

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	排除外界干扰	1) 滤波 2) 屏蔽 3) 接地 4) 隔离	根据不同的干扰源，采取相应的措施进行排除	1) 由电源带入的干扰采用滤波方法排除。 2) 电缆终端头等尖端放电干扰时，采用屏蔽方法排除。 3) 试验测量设备的金属外壳以及试验场地旁边的金属物品也要接地，这样可以减少干扰信号的产生。 4) 对一些能发出脉冲或微波信号的设备应搬离测试现场。

11.6 局部放电测试

振荡波局部放电测试过程见表13所示。

表13 局部放电测试

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
----	------	-------	----------	------

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施																										
1	确定电缆的类型	根据电缆的电压类型选择对应的额定电压，目前 10kV 电 缆 的 电 压 类 型 有 15/8.7kV 、 10/8.7kV 、 10/6kV，其中 15/8.7kV、10/8.7kV 的电缆采用 8.7kV 为额定电压加压，10/6kV 的电缆采用 6kV 为额定电压加压。	防止额定电压选错导致电缆损坏。	严格按照规定选择试验电压。																										
2	新投运电缆的加压测试	1) 合上安全开关； 2) 设定目标加压值； 3) 按以下顺序加压试验： <table><tr><td>0</td><td>1 次</td></tr><tr><td>0.5U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>0.7 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>0.9 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>1.0 U₀</td><td>3 次</td></tr><tr><td>1.1 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>1.3 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>1.5 U₀</td><td>3 次</td></tr><tr><td>1.7 U₀</td><td>3 次</td></tr><tr><td>1.8 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>1.9 U₀</td><td>1 次</td></tr><tr><td>2.0U₀</td><td>3 次</td></tr><tr><td>0</td><td>1 次</td></tr></table> 4) 保存数据	0	1 次	0.5U ₀	1 次	0.7 U ₀	1 次	0.9 U ₀	1 次	1.0 U ₀	3 次	1.1 U ₀	1 次	1.3 U ₀	1 次	1.5 U ₀	3 次	1.7 U ₀	3 次	1.8 U ₀	1 次	1.9 U ₀	1 次	2.0U ₀	3 次	0	1 次	1) 每次加压数据是否已保存。 2) 注意试验电压及加压次数，避免损坏被试设备。 3) 测试环境的背景噪声水平宜不大于 50pC	1) 加压过程中出现紧急情况时，第一时间按下安全开关的急停按钮，切断高压电源。 2) 加压过程中应通过抗干扰措施，控制测量环境的背景噪声水平不大于 50pC，常用的抗干扰方法见指导书第 13 节所述。 3) 如果加压过程中，局放量较大，超过 2000pC 时，中止加压，对加压数据进行分析：如有明显集中的局放点且放电位置不在电缆终端头，即可停止对该相加压；如没有明显集中的局放点，可按操作及工艺分析放电产生原因，并确认为外部干扰后再继续对该相加压。 4) 如果加压过程中，局放量较大，且放电点位置在电缆终端头处，放电量超过 6000pC 时，即可停止对该相加压。 5) 加压结束后，需充分放电才能换相及拆线。
0	1 次																													
0.5U ₀	1 次																													
0.7 U ₀	1 次																													
0.9 U ₀	1 次																													
1.0 U ₀	3 次																													
1.1 U ₀	1 次																													
1.3 U ₀	1 次																													
1.5 U ₀	3 次																													
1.7 U ₀	3 次																													
1.8 U ₀	1 次																													
1.9 U ₀	1 次																													
2.0U ₀	3 次																													
0	1 次																													
3	已投运电缆的	1) 合上安全开关；	1) 每次加压数据	1) 加压过程中出现紧																										

批注 [微软用户7]: 是否可补充：如现场实验不满足该背景噪音水平，则需要记录现场实际的背景噪音水平及波形图，理论上，所测放电量应满足信噪比 2: 1 以上水平。

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
	加压测试	2) 设定目标加压值; 3) 按以下顺序加压试验: 0 1 次 0.5U ₀ 1 次 0.7U ₀ 1 次 0.9U ₀ 1 次 1.0U ₀ 3 次 1.1U ₀ 1 次 1.3U ₀ 1 次 1.5U ₀ 3 次 1.7U ₀ 3 次 0 1 次 4) 保存数据	是否已保存。 2) 注意试验电压及加压次数, 避免损坏被试设备。 3) 测试环境的背景噪声水平宜不大于 50pC	急情况时, 第一时间按下安全开关的急停按钮, 切断高压电源。 2) 加压过程中应通过抗干扰措施, 控制测量环境的背景噪声水平不大于 50pC, 常用的抗干扰方法见指导书第 13 节所述。 3) 如果加压过程中, 局放量较大, 超过 2000pC 时, 中止加压, 对加压数据进行分析; 如有明显集中的局放点且放电位置不在电缆终端头, 即可停止对该相加压; 如没有明显集中的局放点, 可按操作及工艺分析放电产生原因, 并确认为外部干扰后再继续对该相加压。 4) 如果加压过程中, 局放量较大, 且放电点位置在电缆终端头处, 放电量超过 6000pC 时, 即可停止对该相加压。 5) 加压结束后, 需充分放电才能换相及拆线。
4	试验结束, 拆线	1) 关上安全开关。 2) 断开电源, 接地放电。 3) 拆线	确保已彻底放电, 防止设备、人身伤害。	使用专用放电棒, 将试验回路高压端放电, 并短路接地, 方可进行后续工作。

11.7 工作终结

工作终结见表14

表14 工作终结

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
----	------	-------	----------	------

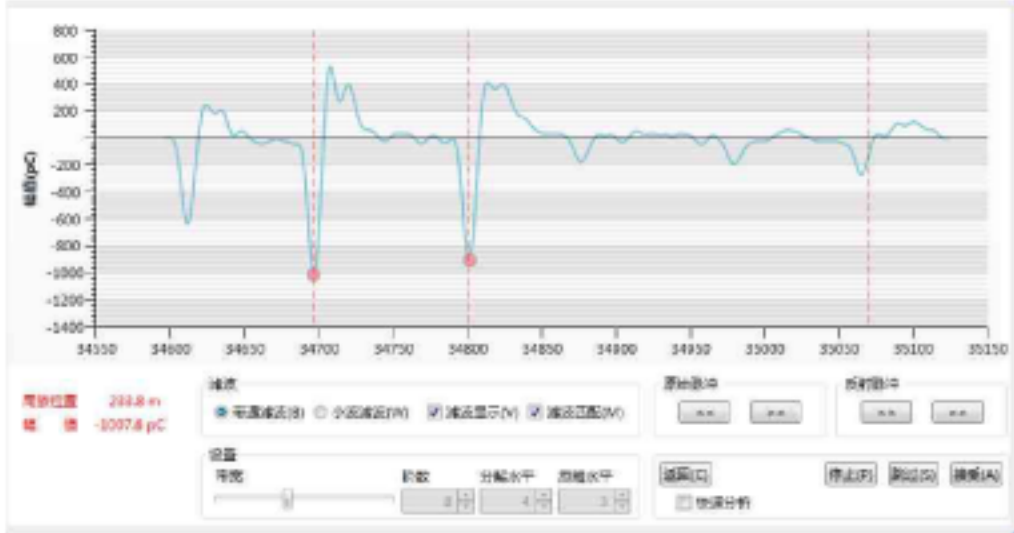
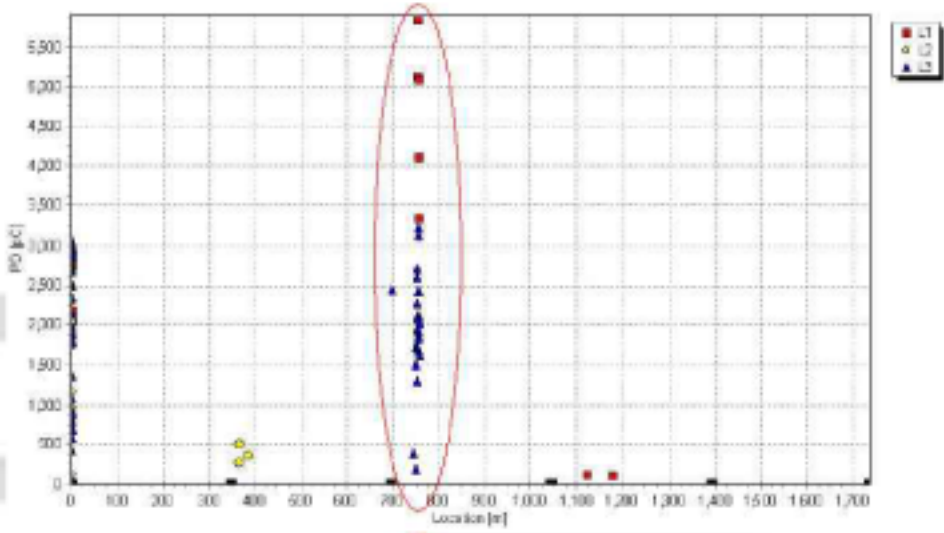
序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	检查试验结果	检查各项试验项目、数据是否齐全、数据记录是否准确，工作负责人及各试验人员在现场试验记录上签名确认。		
2	恢复被试设备引线	恢复被试设备引线。	注意作业安全。	对照危险点分析内容，采取相应防范措施。
3	拆除试验电源，清理、撤离现场	拆除试验电源，将仪器、工具、材料等搬离现场。	注意作业安全。	对照危险点分析内容，采取相应防范措施。
4	拆除接地线	将线路接地线拆除。	确认接地线全部拆除。	检查接地线是否全部拆除。
5	结束工作	向运行人员办理工作终结手续，会同运行人员赴现场检查，确认已恢复试验前状态，已清理工作现场。		

11.8 数据分析

对电缆振荡波局部放电测量数据的分析方法可参见本指导书5.3节要点进行，具体操作步骤如表15所示。

表15 数据分析

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
1	自动分析	采用系统自动分析功能	测量过程中固有的干扰，系统不能排除。	结合电缆测距信息、系统给出的局部放电位置判断等进行综合判断。
2	手动分析	采用系统手动分析功能对试验数据进行分析	试验人员的对试验方法的熟练程度及经验对判断有较大影响。	1) 按照 5.3 节的技术要点进行电缆局部放电信号的判断； 2) 对判断为存在局部放电的电缆，结合定位图及测距信息判断缺陷所在位置。

序号	工作内容	操作及工艺	风险和质量控制点	控制措施
	典型的局部放电波形			
	典型的局部放电定位图			

12 作业中可能出现的主要异常现象及对策

作业中可能出现的主要异常现象及对策见表16。

表16 作业中可能出现的主要异常现象及对策

序号	工作内容	主要异常现象	处理对策
1	绝缘电阻测试	测试数据异常。	1) 采用专用屏蔽型测试线。 2) 采取清抹、屏蔽等措施，重新测试。 3) 调整测试线与非被测设备及接地部分的距离。 4) 判断是否因湿度造成外绝缘对测量结果影响，考虑在湿度相对较小的时段（如午后）进行 测量。

2	校准及局部放电测量	干扰信号较大，无法进行正常的校准及局放测试	根据不同的干扰源，采取相应的措施进行排除： 1) 由电源带入的干扰采用滤波方法排除。 2) 电缆终端头等尖端放电干扰时，采用屏蔽方法排除。 3) 对试验测量设备的金属外壳以及试验场地旁边的金属物品接地，以减少干扰信号的产生。 4) 对一些能发出脉冲或微波信号的设备应搬离测试现场。
3	局部放电检测	测试数据异常。	1) 检查试验接线是否良好，设备接地是否良好。 2) 排除外界干扰 3) 多次抽取试验样本进行。

13 作业后的验收与交接

13.1 工作组成员在现场试验记录上签名。

13.2 工作负责人和运行人员共同检查试验现场，确定已收回全部临时接地线，被试设备已恢复原状，工作负责人结束配网第一种工作票。

13.3 工作负责人向运行人员书面汇报试验结果，运行人员在书面报告上签字确认。