

ICS 77.060
A 29
备案号: 53953-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1532 — 2016

接地网腐蚀诊断技术导则

Technical guide for corrosion diagnosis of grounding grid

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 基本条件 2

5 电气诊断方法 2

6 理化诊断方法 3

7 诊断步骤 4

8 诊断结论和要求 5

附录 A（资料性附录） 现场试验仪器、工具 6

附录 B（资料性附录） 接地网腐蚀数值计算案例 7

附录 C（资料性附录） 接地网导体腐蚀速率测试方法 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准主要起草单位：广东电网有限责任公司电力科学研究院，国网江西省电力科学研究院。

本标准参与起草单位：国网陕西省电力公司电力科学研究院，国网浙江省电力公司电力科学研究院，重庆大学，长沙理工大学，广东电网有限责任公司佛山供电局，成都桑莱特科技股份有限公司，上海大帆电气设备有限公司。

本标准主要起草人：李谦、裴锋、肖磊石、饶章权、彭向阳、王森、田旭、杨晓东、刘渝根、朱志平、黄松波。

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）。

接地网腐蚀诊断技术导则

1 范围

本标准规定了接地网腐蚀诊断的一般原则、方法、步骤、判定和周期。

本标准适用于敞开式变电站、换流站等电力工程接地网腐蚀状况的评估。

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 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范

DL/T 475—2006 接地装置特性参数测量导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

接地网可及节点 **attainability node of grounding grid**

与主接地网节点直接或就近连接的接地引下线。

3.2

接地网节点对 **node pairs of grounding grid**

接地网两个不同可及节点形成的组合。

3.3

接地网拓扑图 **topological diagram of grounding grid**

构成闭合回路的接地网水平导体网络图。

3.4

端口电阻 **port resistance**

接地网节点对之间的直流电阻值。

3.5

分块测量 **block measurement**

为提高测量效率将接地网划分为数个小分块分别进行端口电阻测量的方法。

3.6

不动点测量 **fixed point measurement**

在接地网分块中，固定某一可及节点，另一可及节点依次轮换，对形成的节点对进行端口电阻测量。

3.7

大型接地网 **large grounding grid**

110kV 及以上电压等级变电站的接地装置，装机容量在 200MW 以上的火电厂或水电厂的接地装置，或者等效面积在 5000m² 以上的接地装置。

4 基本条件

4.1 图纸资料要求

具备接地网竣工图或最近一次改造或扩建的接地网图纸。

4.2 现场测量仪器、工具要求

现场测量所需仪器、工具参见附录 A。

4.3 接地网腐蚀诊断数值计算要求

采用基于电网络理论的接地网腐蚀计算软件（包），参见附录 B。

5 电气诊断方法

5.1 实施要求

电气诊断包含接地引下线间端口电阻的测量和依据端口电阻值进行数值计算得出腐蚀诊断结果，共两部分。

5.2 接地引下线间端口电阻的测量

测量方法和测量仪器要求参见 DL/T 475—2006 中的第 5 章。测量接地网节点对的选取应遵循以下原则：

a) 优先测量原则

变压器中性点和进线端避雷器区域入地故障电流、不平衡电流和杂散电流较大，该区域规定为优先测量区域；重要高压开关设备区域亦为优先测量区域。

b) 分块测量原则

对大型接地网，宜采用分块测量原则，缩短测量时所用导线长度，如图 1 所示。按不同电压等级场区和设备间隔进行分块，每个场区根据面积大小划分为 2 个~3 个小分块。

c) 不动点测量原则

对大型接地网，按分块测量原则进行测试的同时，在各小分块中可采用不动点测量原则进行测试。如图 1 所示。

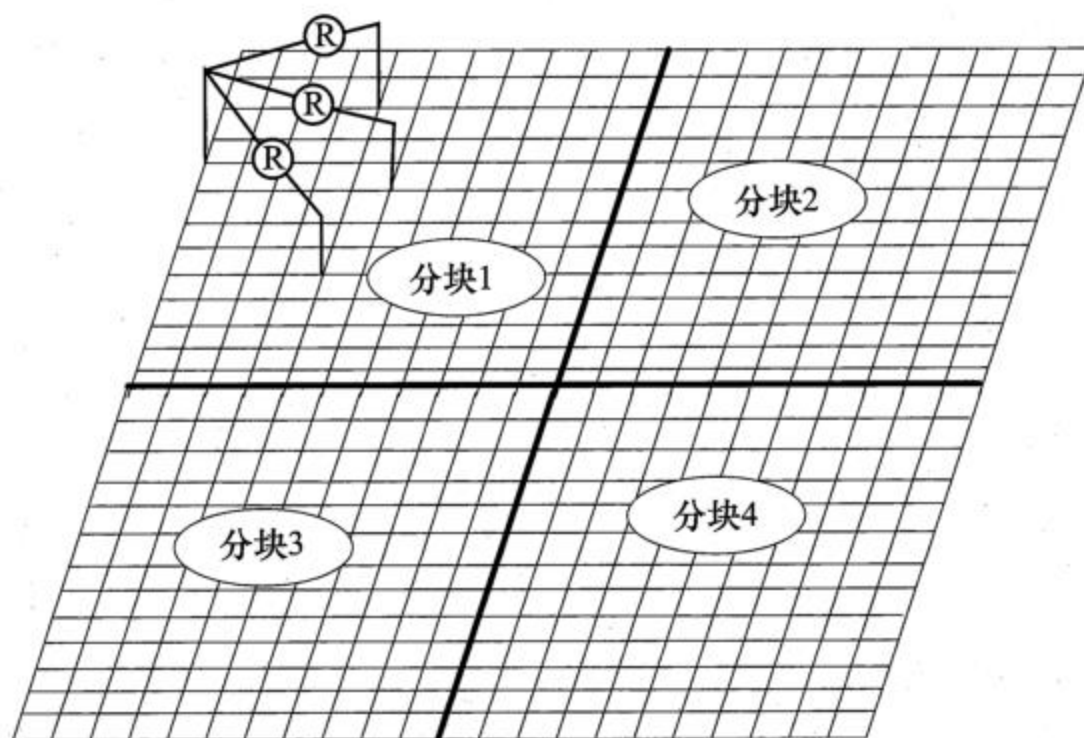


图 1 分块测量原则和不动点测量原则示意图

5.3 接地网腐蚀诊断数值计算

基于电网络理论的接地网腐蚀诊断数值计算的原理为：将接地网等效为纯电阻网络，接地网竣工后，各段支路导体的原始电阻值已确定（标称值）；当接地网运行多年后某些支路导体出现腐蚀或发生断裂，此时支路导体电阻值与标称值相比变大。通过测量接地引下线间的端口电阻值，并建立腐蚀前后端口电阻变化值与支路导体电阻变化值的关系；借助最优化计算方法，求解得到腐蚀前后接地网支路导体电阻变化值，以判断接地网腐蚀及断点情况。软件计算流程如图 2 所示。

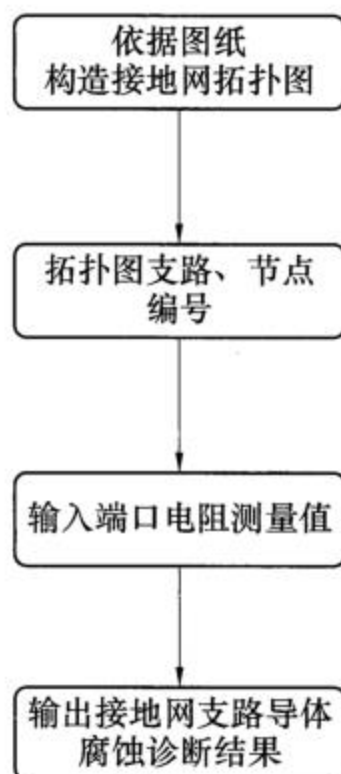


图 2 软件计算流程图

6 理化诊断方法

6.1 实施要求

理化诊断按步骤分为接地网取样点的选择、接地网导体腐蚀速率测试和接地网导体剩余寿命校核三个部分。

6.2 接地网取样点的选择

6.2.1 主接地网取样点选择

推荐在以下区域中选择主接地网取样点：

- a) 主变压器接地点；
- b) 接地网中间架构或高压开关设备接地点；
- c) 进线端避雷器接地点；
- d) 主接地网最外围边角处。

6.2.2 电缆沟接地网取样点选择

电缆沟内的接地体处于潮湿环境中，易形成氧浓度差腐蚀电池，应选点取样。

6.2.3 独立避雷针接地网取样点选择

独立避雷针接地体影响雷电流的散流水平，宜选点取样。

6.3 接地网导体腐蚀速率测试

接地网导体腐蚀速率测试主要步骤分为取样、腐蚀产物的清除、称重和腐蚀速率的计算。实施方法参见附录 C。

6.4 接地网导体剩余寿命校核

6.4.1 接地网导体最小截面校核

根据 GB/T 50065—2011 中热稳定条件，对于敷设在地下的接地体，采用流过接地引下线的计算用单相接地故障电流的 75%。接地体的所需最小截面计算见式 (1)：

$$S_g = \frac{0.75I_g}{C} \sqrt{t_e} \quad (1)$$

式中：

S_g ——接地体的最小截面要求值 (mm^2)；

I_g ——流过接地引下线的短路电流稳定值 (A)，根据系统 5 年~10 年发展规划，按系统最大运行方式确定；

t_e ——短路的等效持续时间 (s)，为严格起见，一般取一级后备保护（主保护失灵）动作的时限，500kV 部分取 0.35s，220kV 和 110kV 部分取 0.7s；

C ——接地体材料的热稳定系数，取值按 GB/T 50065—2011 中规定。

6.4.2 接地网导体剩余寿命校核

根据最小截面和接地网导体腐蚀速率，计算接地网剩余寿命见式 (2)：

$$ARL = \frac{d - d_g}{1.68\nu_L} - T \quad (2)$$

式中：

ARL ——接地网剩余寿命 (年)；

d ——棒材接地体按直径设计值，板材接地体按宽 (a)、厚 (b) 的尺寸设计值通过周长 ($l=2a+2b$) 折算为棒材直径 ($d = \frac{l}{\pi}$, mm)；

d_g ——最小截面要求的直径 (mm)， $2\sqrt{\frac{S_g}{\pi}}$ ；

ν_L ——接地网导体腐蚀速率 (mm/年)；

T ——变电站已运行年份 (年)。

7 诊断步骤

7.1 接地网节点编号

在接地网竣工图中依次对每个节点进行编号。

7.2 接地引下线间端口电阻的现场测量

7.2.1 在测量接地引下线的选择上，对照 7.1 中已编号的接地网竣工图，选择与主接地网节点连接或就近连接的接地引下线（可及节点），即等效为测量竣工图中编号节点间的端口电阻。在可及节点的选择上可采用探地雷达等辅助工具。

- 7.2.2 结合分块测量原则、不动点测量原则，根据接地网面积大小进行分块测量，在每个小分块中设定 2 个~3 个不动点，以每个不动点为基准测量 5 组~10 组端口电阻值。
- 7.2.3 测量方法与接地引下线导通性测试一致，见 5.1。

7.3 接地网腐蚀诊断数值计算

- 7.3.1 依据接地网竣工图，利用接地网腐蚀计算软件输入接地网导体参数，如导体材质、截面积等，计算 1m 接地网导体标称电阻值，以建立接地网拓扑图形文件。该拓扑图中包含各个节点编号和支路编号。
- 7.3.2 在接地网腐蚀计算软件中输入 7.2 中现场测量的端口电阻值。
- 7.3.3 输出诊断结果。诊断结果为接地网腐蚀支路导体电阻值的增大倍数（整数倍），结合判据标准，如表 1 所示，得出接地网各支路导体的腐蚀程度。

表 1 接地网导体腐蚀程度的划分

腐蚀程度	轻度腐蚀	中度腐蚀	严重腐蚀
接地网支路电阻增大倍数	0~1	2~9	>9

- 7.3.4 接地网腐蚀诊断数值计算案例参见附录 B。

7.4 接地网导体取样

选取 5 个~7 个开挖点进行接地体取样，取样长度 10cm~20cm。取样点的选择见 6.1。

7.5 接地网导体腐蚀速率测试

接地网导体腐蚀速率测试方法见 6.2。

7.6 接地网导体剩余寿命校核

- 7.6.1 按式（1）计算满足热稳定性条件的接地网导体所需最小截面。
- 7.6.2 校核接地网导体的剩余寿命，存档备案。校核方法见 6.3。

8 诊断结论和要求

8.1 一般要求

接地网腐蚀诊断宜将电气诊断和理化诊断相结合，但也可单独开展其中一项。

8.2 电气诊断

对电气诊断结果中中度腐蚀和严重腐蚀的接地体进行开挖检查，并更换补强。

8.3 理化诊断

对理化诊断结果中剩余寿命为负值的接地网，需安排大修改造；对剩余寿命小于 10 年的接地网，需安排电气诊断试验；对剩余寿命大于 10 年的接地网，需将诊断结果存档备案，按接地网腐蚀诊断的周期要求，定期开展诊断工作。

8.4 接地网腐蚀诊断周期及要求

每 10 年进行一次检测。位于海边、潮湿地区或有地下污染源地区的接地网，可视情况缩短周期。

记录每次的诊断结果、现场开挖情况以及腐蚀接地体处理情况，准确及时掌握接地网健康状况，保证接地网的安全运行。

附 录 A
(资料性附录)
现场试验仪器、工具

表 A.1 给出接地网腐蚀诊断现场测量所需试验仪器、工具。

表 A.1 试 验 仪 器 、 工 具

序 号	名 称	用 途
1	接地网导通测试仪	测量接地引下线间端口电阻
2	测量导线，长度按需备置	测量接地引下线间端口电阻
3	电焊机	接地网导体取样
4	皮尺	接地网拓扑网格的测距
5	锉刀	接地引下线夹钳处打磨
6	铁锹	接地网开挖
7	探地雷达（必要时）	接地网导体走向探测

附录 B

(资料性附录)

接地网腐蚀数值计算案例

B.1 接地网导体相关参数的设置

进行节点激励电流、接地网导体截面积及电阻率的设置，节点激励电流一般选取 1A。依据接地网导体支路长度可生成各支路电阻值。

B.2 标准拓扑图形生成

标准拓扑图形生成步骤如下：

- a) 确定实际接地网外围的 4 个节点（4 节点的连线所形成的面积尽量包围整个接地网的所有节点），通过接地网设计图上标示的长度确定这 4 个节点的坐标，在程序中添加该 4 个节点的坐标；
- b) 假如某变电站接地网行、列数目分别为 16 和 16，则在 X 方向插入行数栏输入 14，Y 方向插入列数栏输入 14，然后通过程序工具栏选中上一步已生成的 4 个节点，进行批量生成，从而得到标准的拓扑结构。添加标准矩形网络的输入界面并得到典型案例的标准拓扑结构（部分），如图 B.1 所示。

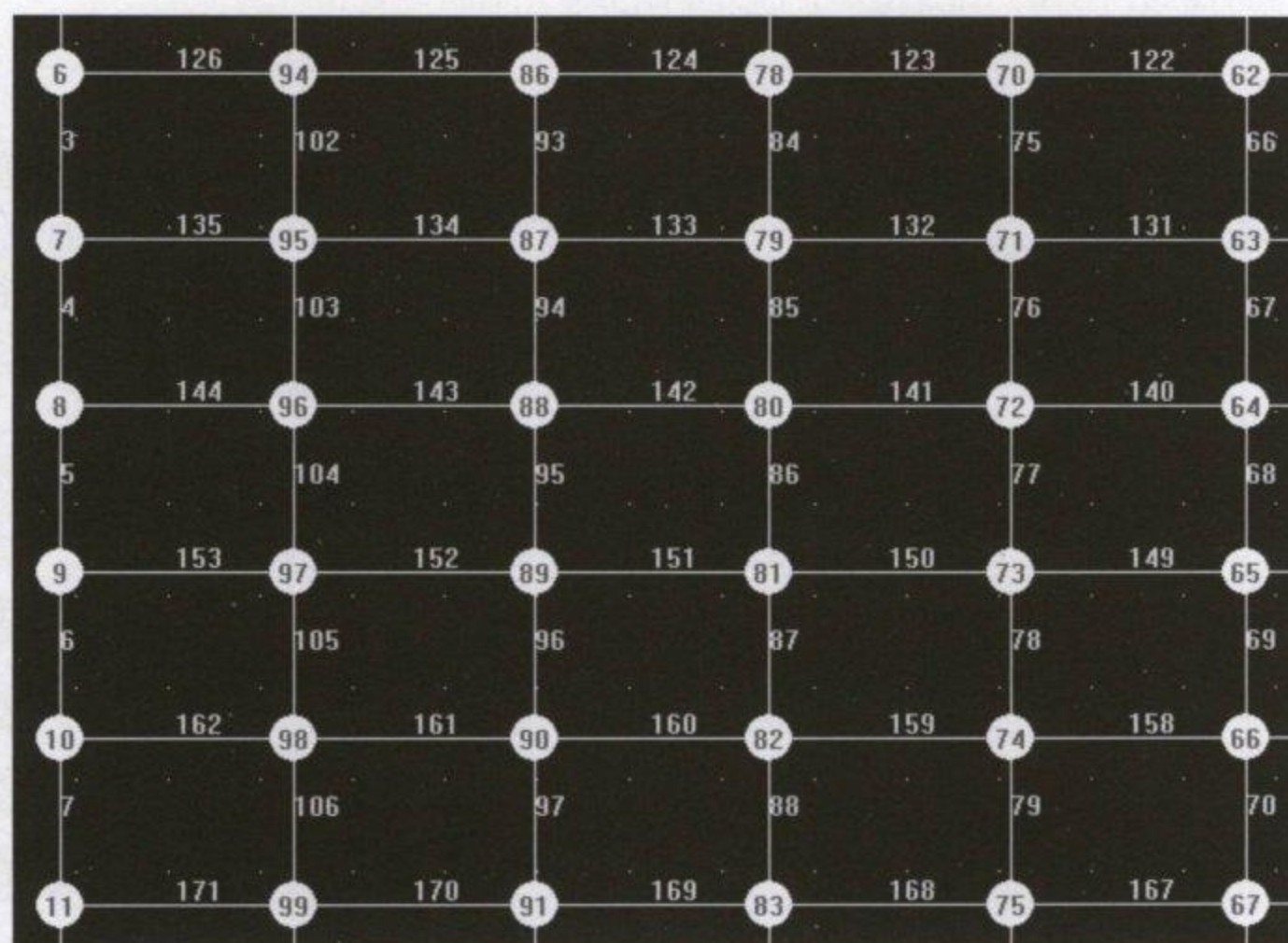


图 B.1 标准拓扑结构（部分）

B.3 实际拓扑图形生成

根据实际接地网拓扑图，对已生成的标准拓扑结构进行修改。直接选取需删除的节点和支路，并完成其他支路和节点的添加。对标准拓扑图中各个需要修改的部分分别进行编辑就可得到如图 B.2 所示的最终拓扑结构（部分）。

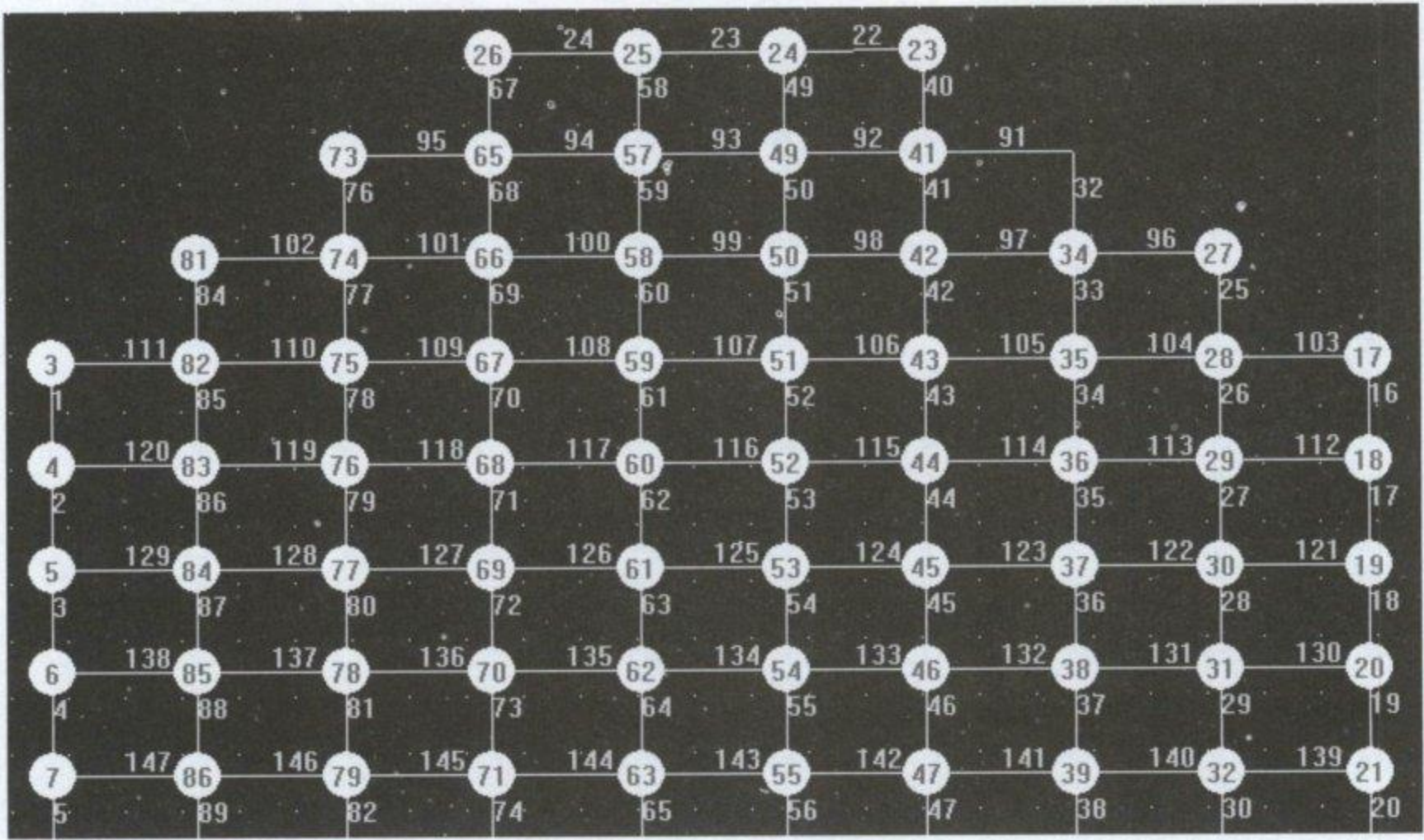


图 B.2 最终拓扑结构（部分）

B.4 测量数据的输入及诊断计算

输入端口电阻测量值，并完成诊断计算。查看诊断图形，同时程序中用红色支路表示腐蚀支路。测量数据输入程序界面及诊断结果示意图如图 B.3 和图 B.4 所示。

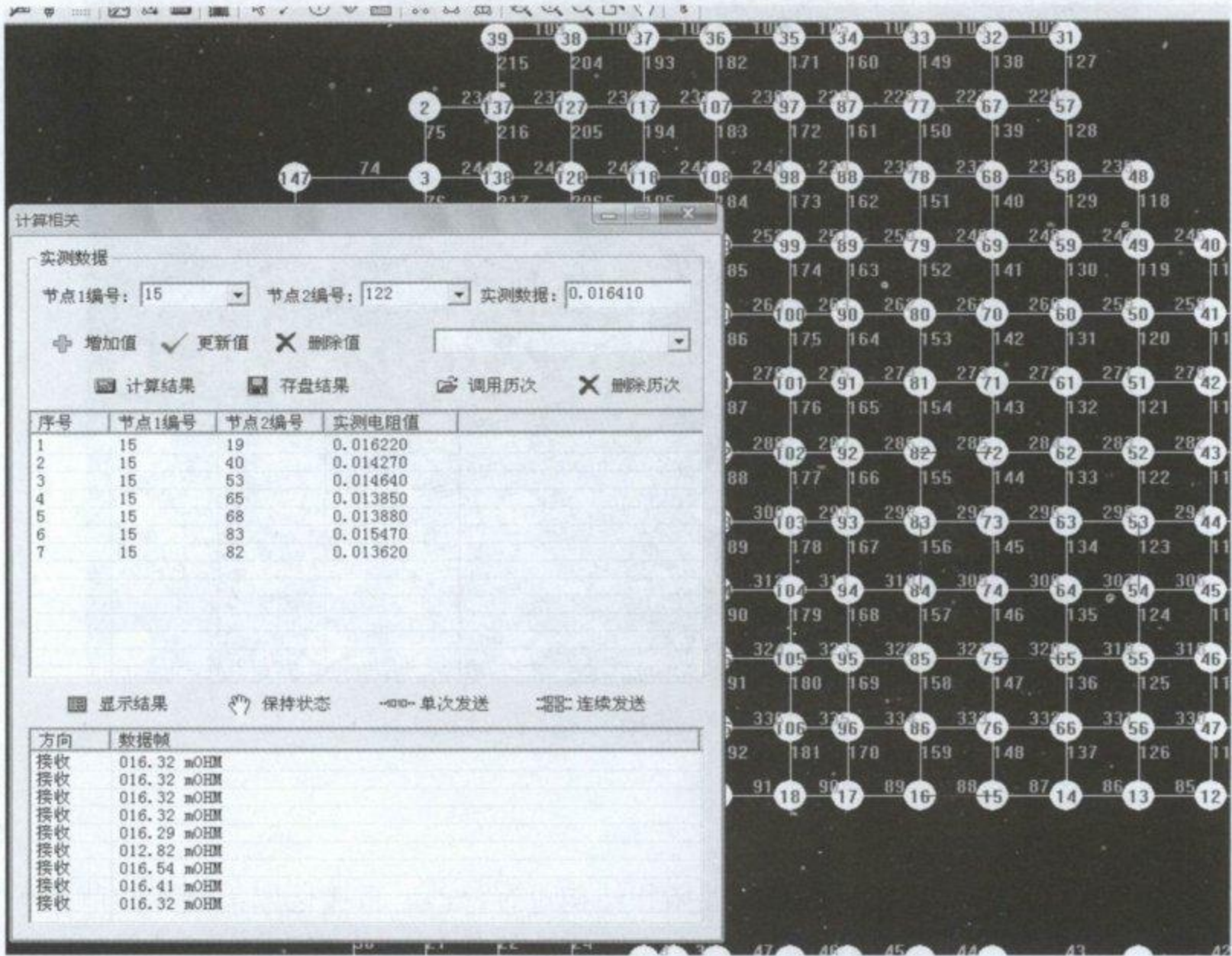


图 B.3 测量数据自动输入程序示意图

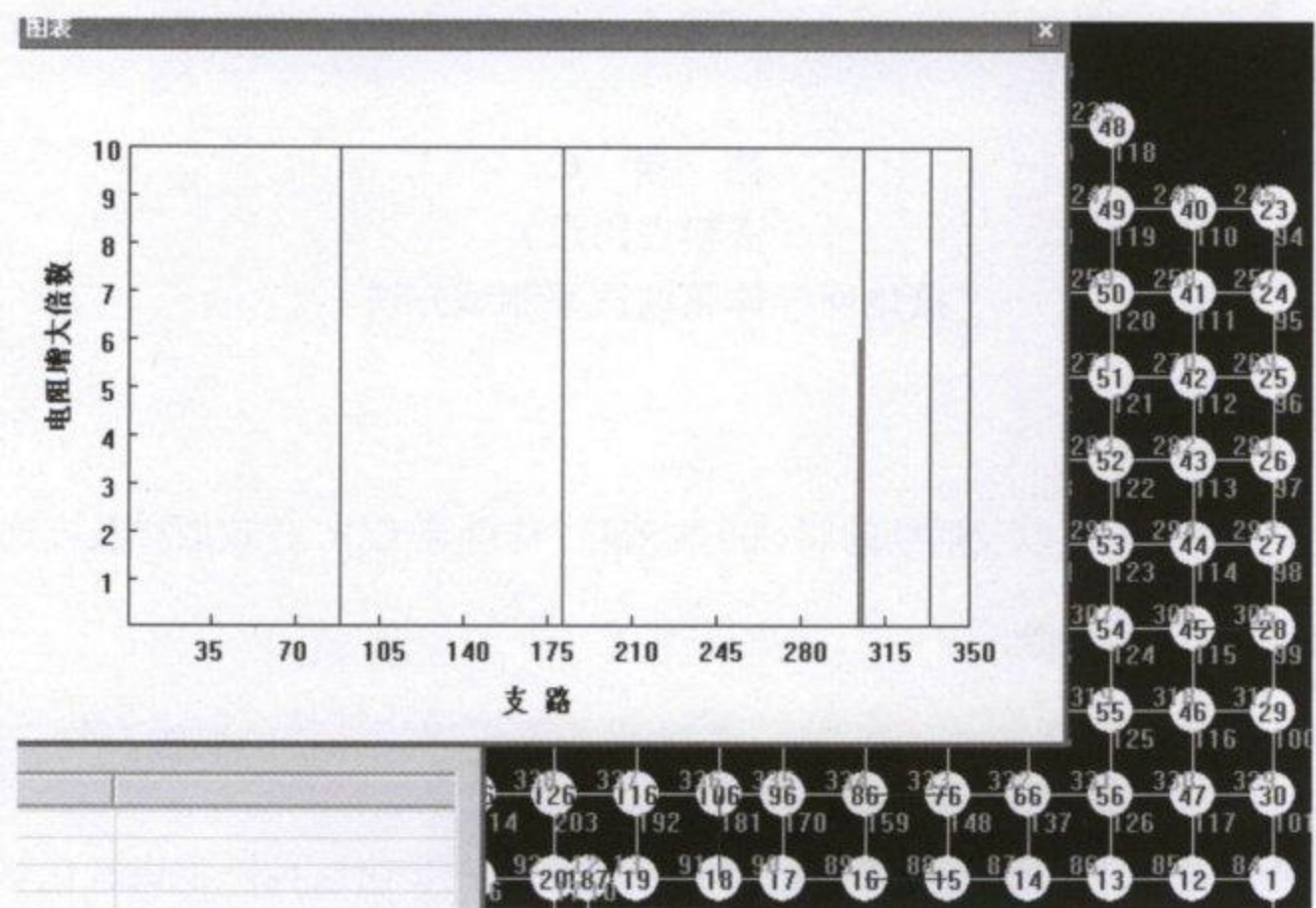


图 B.4 诊断结果示意图

通过上述步骤完成对变电站接地网拓扑图的输入、接地导体参数的设置、测量数据的导入以及最后诊断结果的输出。

附录 C (资料性附录)

接地网导体腐蚀速率测试方法

C.1 接地网导体的取样长度

结合接地网导体的复原工作以及后续的腐蚀产物清除、称重等工作,建议取样长度选取为 10cm~20cm。

C.2 接地网导体腐蚀产物的清除

C.2.1 在流水中用软毛刷进行轻微机械清洗,去除附着不牢固或疏松的腐蚀产物。若经过此步骤所有腐蚀产物都被除去,则可不进行下一步清洗。

C.2.2 如果 C.2.1 所述过程不能除去全部腐蚀产物,则需进一步对腐蚀产物进行化学方法处理。

C.2.3 化学清洗液的组成为 500mL 盐酸 (HCl, $\rho=1.19\text{g/mL}$), 3.5g 六次甲基四胺加蒸馏水配制成 1000mL 溶液。

C.2.4 将带有腐蚀产物的接地网导体浸入上述化学清洗液中, 10min 后从溶液中取出轻刷,并重复多次,直至腐蚀产物全部清除。

C.3 试样的称重

C.3.1 将化学法处理的接地网导体用去离子水清洗 3 遍,再用无水乙醇清洗 3 遍。用吹风机吹干。

C.3.2 将 C.3.1 处理的接地网导体于 50℃ 真空烘箱中烘干 15min,取出后放入干燥器中冷却至室温(一般约需 15min~30min),再称定重量。

C.3.3 重复 C.3.2 操作,直至恒重。

C.4 腐蚀速率的计算

通过对失重数据分析,得到接地网导体的腐蚀速率,通过下式计算试样的腐蚀速率:

$$v_g = \frac{w_0 - w_1}{St} \quad (\text{C.1})$$

式中:

v_g ——失重法腐蚀速率, $\text{g/m}^2\text{h}$;

w_0 ——接地网导体的初始重量, g;

w_1 ——清除腐蚀产物后接地网导体的重量, g;

S ——取样导体与土壤接触的表面积, m^2 ;

t ——腐蚀进行的时间, h。

采用下式转换,得出式 (2) 中接地网导体腐蚀速率:

$$v_L = \frac{8.76v_g}{\rho} \quad (\text{C.2})$$

式中:

v_L ——接地网导体腐蚀速率, mm/a ;

v_g ——失重法腐蚀速率, $\text{g/m}^2\text{h}$;

ρ ——接地网导体密度, g/cm^3 。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
接地网腐蚀诊断技术导则
DL/T 1532 — 2016

*

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 7 月第一版 2016 年 7 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 22 千字

印数 0001—2000 册

*

统一书号 155123 · 3047 定价 9.00 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

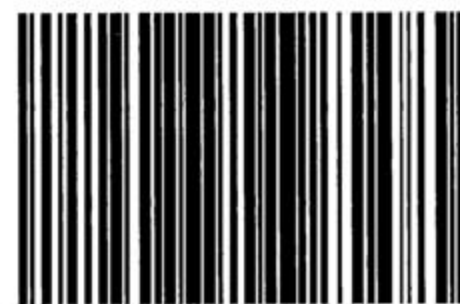
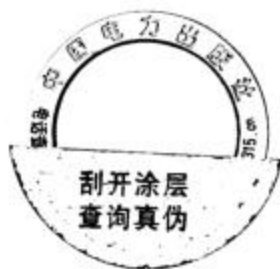
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3047

上架建议：电力工程