

ICS 27.100
F 24
备案号: 14615-2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 887 — 2004

杆塔工频接地电阻测量

Power frequency ground resistance measurement
for poles & towers

2004-10-20 发布

2005-04-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

www.kvee.cn

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 分类	2
5 测量杆塔工频接地电阻的一般性规定	3
6 测量杆塔工频接地电阻的三极法	3
7 测量杆塔工频接地电阻的钳表法	4
附录 A (资料性附录) 架空输电线路杆塔的钳表法增量的估算	6
附录 B (资料性附录) 架空输电线路杆塔的工频接地电阻	7

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2002 年度电力行业标准制定和修订计划的通知》（电力〔2002〕973 号）的安排制定的。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高压电气安全标准化技术委员会归口并解释。

本标准负责起草单位：武汉大学电气工程学院。

本标准参加起草单位：安徽省巢湖供电局、湖北省电力试验研究院。

本标准主要起草人：周文俊、王建国、刘泽生、傅军、梁国栋、林志伟、徐家奎。

杆塔工频接地电阻测量

1 范围

本标准规定了杆塔工频接地电阻的术语和定义、测量的一般性规定、测量杆塔工频接地电阻的三极法和钳表法。

本标准适用于采用三极法测量杆塔的工频接地电阻，也适用于采用钳表法测量有避雷线且多基杆塔避雷线直接接地的架空输电线路杆塔的工频接地电阻。

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。

DL/T 620—1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T 621—1997 交流电气装置的接地

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

接地 grounded

将电力系统或建筑物中电气装置、设施的某些导电部分，经过接地线连接至接地极。

[DL/T 621—1997 中 2.1]

3.2

接地极 grounding electrode

埋入地中并直接与大地接触的金属导体，称为接地极。兼作接地极用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建（构）筑物的基础、金属管道和设备等称为自然接地极。

[DL/T 621—1997 中 2.6]

3.3

接地线 grounding conductor

电气装置、设施的接地端子与接地极连接用的金属导电部分。

[DL/T 621—1997 中 2.7]

注：对于杆塔接地线的连接，有的杆塔是一根或多根接地极在杆塔基础内或在地中金属连接后再通过一根或多根接地线与杆塔塔身相连，有的杆塔的接地极是分别通过各自的接地线直接与杆塔塔身相连。

3.4

接地装置 grounding connection

接地线和接地极的总和。

[DL/T 621—1997 中 2.8]

3.5

接地电阻 ground resistance

接地极或自然接地极的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。接地电阻的数

值等于接地装置对地电压与通过接地极流入地中电流的比值。按通过接地极流入地中工频交流电流求得的电阻，称为工频接地电阻。

[DL/T 621—1997 中 2.11]

- 3.6
三极法 three-pole method (fall-of-potential method)
由接地装置、电流极和电压极组成的三个电极测量接地装置接地电阻的方法。
- 3.7
电流极 current electrode
为给大地注入测量接地电阻所需的测试电流而临时布置入地中的导体。
- 3.8
电压极 voltage electrode
为测量接地电阻所选的参考零电位而临时布置入地中的导体。
- 3.9
钳表法 clamp ground resistance tester method
使用钳形接地电阻测试仪对有避雷线且多基杆塔避雷线直接接地的架空输电线路杆塔接地装置的接地电阻进行测试的方法。
- 3.10
钳形接地电阻测试仪 clamp ground resistance tester
钳形接地电阻测试仪是一种用来测量闭合接地回路电阻的仪器，一般由钳形电压互感器、钳形电流互感器和电子测量部分组成。
- 3.11
钳口 jaw of clamp ground resistance tester
钳形接地电阻测试仪的开合部分，一般分为单钳口和双钳口。
- 3.12
钳表法增量 increment of clamp ground resistance tester method
使用钳表法测量杆塔接地电阻时，测量得到的是杆塔接地回路的回路电阻，而回路电阻总是大于被测接地装置的真实接地电阻，因此使用钳表法测量杆塔接地电阻会引入原理性增加量，将测量得到的回路电阻与接地装置接地电阻之间的差值称为钳表法增量。
- 3.13
辅助接地电阻 auxiliary ground resistance
测量接地电阻时，电压极或电流极和大地之间的电阻。
- 4 分类
- 4.1 测量方法
杆塔工频接地电阻的测量方法分为两种：
a) 三极法；
b) 钳表法。
- 4.2 测量仪器
杆塔工频接地电阻的测量仪器分为两种：
a) 按照三极法测量的接地电阻测试仪；
b) 按照钳表法测量的钳形接地电阻测试仪。

5 测量杆塔工频接地电阻的一般性规定

杆塔工频接地电阻测量宜采用三极法。对新建杆塔接地装置的验收应采用三极法测量。使用三极法测量时，应采用合理的电极布置方式，以提高测量结果的可信度。

对杆塔的日常维护和接地电阻预防性检查，在符合 7.2 的规定的前提下可以采用钳表法测量。对杆塔第一次采用钳表法测量时，应同时使用三极法进行对比测量，确定两者之间的测量增量（钳表法测量结果与三极法测量结果的差），以便今后比较。

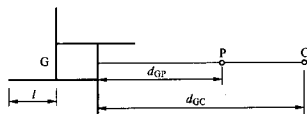
测量应安排在干燥季节和土壤未冻结时进行，不应在雨后立即进行。

测量应遵守现场安全规定。雷云在杆塔上方活动时应停止测量，并撤离测量现场。

6 测量杆塔工频接地电阻的三极法

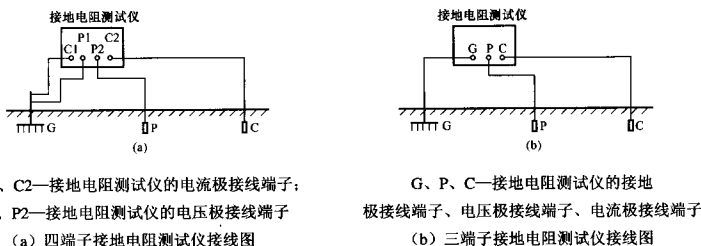
6.1 三极法的测量布置

三极法测量杆塔工频接地电阻的电极布置图和接线图见图 1 和图 2，电压极 P 和电流极 C 分别布置在离杆塔基础边缘 $d_{GP}=4l$ 处和 $d_{CP}=2.5l$ 处， l 为杆塔接地装置放射形接地极的最大长度。 d_{GP} 为接地装置 G 和电压极 P 之间的直线距离， d_{CP} 为接地装置 G 和电流极 C 之间的直线距离。



G—接地装置；P—电压极；C—电流极

图 1 三极法测量杆塔工频接地电阻的电极布置图



C1、C2—接地电阻测试仪的电流极接线端子；

P1、P2—接地电阻测试仪的电压极接线端子

(a) 四端子接地电阻测试仪接线图

G、P、C—接地电阻测试仪的接地极接线端子、电压极接线端子、电流极接线端子

(b) 三端子接地电阻测试仪接线图

图 2 三极法测量杆塔工频接地电阻的接线图

测量杆塔工频接地电阻 d_{GC} 取 $4l$ 有困难时，若接地装置周围土壤较为均匀， d_{GC} 可以取 $3l$ ，而 d_{GP} 取 $1.85l$ 。如果被测杆塔无放射形接地极， l 可以按照不小于杆塔接地极最大几何等效半径选取。

当发现杆塔接地电阻的实测值与以往的测量结果有明显的增大或减小时，应改变电极布置方向或增大电极的距离重新测量。

6.2 三极法测量的注意事项

使用三极法测量杆塔工频接地电阻时，应注意以下事项：

a) 采用三极法测量前，应将杆塔塔身与接地极之间的电气连接全部断开。

b) 测量前应对被测杆塔的接地极布置型式和最大射线长度，记录杆塔编号、接地极编号、接地

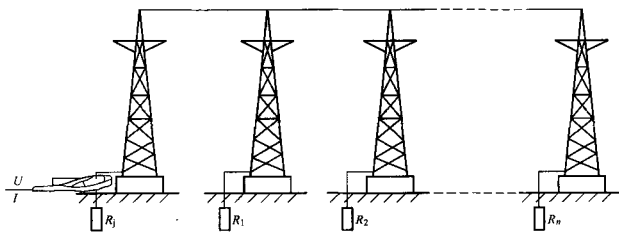
极型式、土壤状况和当地气温，按照图 1 和图 2 的要求布置电流极和电压极。布置电流极和电压极时，应避免将电流极和电压极布置在接地装置的射线方向上。

- c) 电流极和电压极的辅助接地电阻不应超过测量仪表规定的范围，否则会使测量误差增大。可以通过将测量电极更深度地插入土壤并与土壤接触良好、增加电流极导体的根数、给电流极泼水等方式降低电流极的辅助接地电阻。
- d) 在工业区或居民区，地下可能具有部分或完全埋地的金属物体，如铁轨、水管或其他工业金属管道，如果测量电极布置不当，地下金属物体可能会影响测量结果。电极应布置在与金属物体垂直的方向上，并且要求最近的测量电极与地下管道之间的距离不小于电极之间的距离。
- e) 测量时应注意保持接地电阻测试仪各接线端子、电极和接地装置等电气连接位置的接触良好。采用图 2b) 的测量接线时，应注意尽量缩短接地电阻测试仪 G 端子与接地装置之间的引线长度。

7 测量杆塔工频接地电阻的钳表法

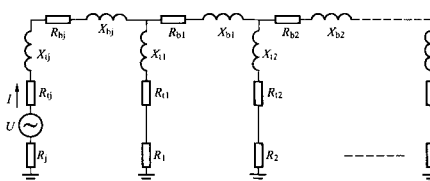
7.1 钳表法的测量原理

钳表法测量杆塔工频接地电阻的示意图和原理图见图 3 和图 4。对于有避雷线且多基杆塔避雷线直接接地的架空输电线路杆塔的接地装置，钳表法增量来自于杆塔塔身和本档避雷线电阻、后续（或两侧）各档链形回路等效阻抗中的电阻分量等。架空输电线路杆塔的钳表法增量的估算参见附录 A。



R_1 —被测杆塔的接地电阻； R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_n —通过避雷线连接的各基杆塔的接地电阻；
 U —钳形接地电阻测试仪输出的激励电压； I —钳形接地电阻测试仪感应的回路电流

图 3 钳表法测量杆塔工频接地电阻示意图



R_{0j} 、 R_{01} 、 R_{02} 、 \dots —各档避雷线的电阻（包括接触电阻）； X_{0j} 、 X_{01} 、 X_{02} 、 \dots —各档避雷线的电抗；
 R_{1j} 、 R_{11} 、 R_{12} 、 \dots 、 R_{1n} —各基杆塔电阻（包括接触电阻）； X_{1j} 、 X_{11} 、 X_{12} 、 \dots 、 X_{1n} —各基杆塔的电抗

图 4 钳表法测量杆塔工频接地电阻的原理图

7.2 钳表法的使用条件

架空输电线路的杆塔在满足以下条件时可以使用钳表法测量工频接地电阻：

- a) 杆塔所在的输电线路具有避雷线，且多基杆塔的避雷线直接接地。
 b) 测量所在线路区段中直接接地的避雷线上并联的杆塔数量满足表 1 的规定。

表 1 测量所在线路区段中直接接地的避雷线上并联杆塔数量的要求

杆塔接地电阻 Ω	$0 < R_j \leq 1$	$1 < R_j \leq 2$	$2 < R_j \leq 4$	$4 < R_j \leq 5$	$5 < R_j \leq 7$	$7 < R_j \leq 10$	$10 < R_j \leq 15$	$15 < R_j \leq 17$	$17 < R_j \leq 24$	$24 < R_j \leq 30$	$30 < R_j \leq 40$	$40 < R_j \leq 50$
并联杆塔数量 基	≥ 4	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 9	≥ 10	≥ 11	≥ 12	≥ 13	≥ 15	≥ 16

7.3 钳表法的测量步骤

使用钳表法测量架空输电线路杆塔的工频接地电阻时，按照以下步骤进行：

- a) 首先检查被测线路杆塔是否符合 7.2 的规定，记录杆塔编号、接地极编号、接地极型式、土壤状况和当地气温。
 b) 检查被测杆塔接地线的电气连接状况。测量时应只保留一根接地线与杆塔塔身相连，其余接地线均应与杆塔塔身断开，并用金属导线将断开的其他接地线与被保留的接地线并联，将杆塔接地装置作为整体测量。
 c) 测量时打开测试仪钳口，使用钳形接地电阻测试仪钳住被保留的那根接地线，使接地线居中，尽可能垂直于测试仪钳口所在平面，并保持钳口接触良好，使测试仪工作，读取并记录稳定的读数。

7.4 钳表法测量的注意事项

使用钳表法测量架空输电线路杆塔的工频接地电阻时，应注意以下事项：

- a) 如果与历次钳表法测量结果比较变化不明显，则认为此次钳表法测量结果有效。如果钳表法测量结果远大于历次钳表法测量结果，或者超过了相应的标准或规程中对接地电阻值的规定，则应采用三极法进行对比测量，以判断其原因。架空输电线路杆塔的工频接地电阻参见附录 B。
 b) 当线路状况改变（如更换避雷线型号及接地方式、线路走向改变等）并影响到被测杆塔邻近的避雷线与杆塔接地回路时，应重新使用钳表法和三极法对受影响杆塔的接地电阻进行对比测量。
 c) 测量前，测量人员应使用精密环路电阻对钳形接地电阻测试仪进行自检。测量时应注意保持钳口清洁，防止夹入野草、泥土等影响测量精度，测试仪工作时不允许人直接接触接地装置或杆塔的金属裸露部分。

附录 A

(资料性附录)

架空输电线路杆塔的钳表法增量的估算

在第一次使用钳表法测量、缺乏与三极法对比的增量数据(钳表法测量结果与三极法测量结果的差)时,对使用 GJ35 和 GJ50 单、双避雷线的架空输电线路杆塔的钳表法增量可按表 A.1 的公式进行估算。

表 A.1 的公式中,较小的数值是钳形接地电阻测量仪在并联杆塔的中间一基杆塔测量所对应的钳表法增量,较大的数值是钳形接地电阻测量仪在并联杆塔的首端或终端杆塔测量所对应的钳表法增量,未计及接触电阻的影响。

表 A.1 架空输电线路杆塔的钳表法增量 ΔR 的估算公式

避雷线种类		钳表法增量 ΔR 的估算公式
GJ35	单避雷线	$(1.695e^{-0.5283n} + 0.1690e^{-0.04856n}) R_j - 0.8349e^{-0.09132n} + 1.111e^{0.02003n}$ $\leq \Delta R \leq$ $(1.906e^{-0.5518n} + 0.1312e^{0.002748n}) R_j + 3.704e^{-0.01420n} - 4.206e^{-0.2066n}$
	双避雷线	$(1.704e^{-0.5384n} + 0.1872e^{-0.06123n}) R_j - 0.6368e^{-0.05424n} + 0.7614e^{0.02117n}$ $\leq \Delta R \leq$ $(1.647e^{-0.4919n} + 0.1185e^{-0.01021n}) R_j - 2.419e^{-0.1882n} + 2.030e^{-0.001004n}$
GJ50	单避雷线	$(1.696e^{-0.5210n} + 0.1574e^{-0.04050n}) R_j - 1.219e^{-0.1188n} + 1.501e^{0.00856n}$ $\leq \Delta R \leq$ $(2.360e^{-0.6579n} + 0.1798e^{-0.01616n}) R_j - 4.333e^{-0.3400n} + 3.172e^{0.003652n}$
	双避雷线	$(1.775e^{-0.5614n} + 0.2014e^{-0.06553n}) R_j - 0.7087e^{-0.08421n} + 0.8362e^{0.01965n}$ $\leq \Delta R \leq$ $(1.753e^{-0.5171n} + 0.1260e^{-0.007979n}) R_j - 2.757e^{-0.2253n} + 2.218e^{0.001833n}$
注:表 A.1 中 n 为测量所在线路所在区段中直接接地的避雷线上并联的杆塔数量 ($n \geq 3$), R_j 为杆塔接地电阻。		

附录 B
(资料性附录)

架空输电线路杆塔的工频接地电阻

架空输电线路杆塔的工频接地电阻应符合 DL/T 620 的要求。有避雷线的线路，每基杆塔不连避雷线的工频接地电阻，在雷季干燥时，不宜超过表 B.1 所列数值。

表 B.1 有避雷线的线路杆塔的工频接地电阻

土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	≤ 100	$>100 \sim 500$	$>500 \sim 1000$	$>1000 \sim 2000$	>2000
接地电阻 Ω	10	15	20	25	30
注：如土壤电阻率超过 $2000\Omega \cdot m$ ，接地电阻很难降到 30Ω 时，可采用 6~8 根总长不超过 500m 的放射形接地体，或采用连续伸长接地体，接地电阻不受限制。					