

ICS 33.100
L 06
备案号: 24187-2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1089 — 2008

直流换流站与线路合成场强、 离子流密度测量方法

Measurement method for total electric field strength and ion current
density of the converter station and DC transmission lines

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 测量仪器	· 1
5 测量方法	· 1
6 测量记录与数据处理	· 3
附录 A（规范性附录） 直流合成场强测量仪（场磨）校准方法	· 4
附录 B（规范性附录） 离子流密度测量仪校准方法	· 7

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2006〕1093 号）的安排制定的。

本标准的目的是确定换流站、直流输电线路的合成场强、离子流密度的测量方法，为直流输电环境评价提供技术依据。

本标准的附录 A、附录 B 是规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电磁兼容标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国网武汉高压研究院。

本标准主要起草人：邬雄、万保权、张广洲、张建功、张小武、路遥、王勤。

本标准由国网武汉高压研究院负责解释。

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）。

直流换流站与线路合成场强、离子流密度测量方法

1 范围

本标准规定了直流换流站、线路产生的合成场强、离子流密度的测量方法。

本标准适用于 $\pm 800\text{kV}$ 及以下、正常运行条件下的换流站和直流输电线路的合成场强、离子流密度的测量。

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。

DL/T 1088—2008 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流线路电磁环境参数限值

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

合成场强 total electric field strength

直流带电导体上电荷产生的场和导体电晕引起的空间电荷产生的场合成后的电场强度称为合成场强，单位： kV/m 。其在大地表面的值为地面合成场强。

参见 [DL/T 1088—2008, 3.1]

3.2

离子流密度 ion current density

直流导体电晕时，电离形成的离子在电场力的作用下，向空间运动形成离子流。地面单位面积截获的离子流称为离子流密度，单位： nA/m^2 。

参见 [DL/T 1088—2008, 3.2]

4 测量仪器

4.1 直流合成场强和离子流密度的测量必须使用专门的测量设备，测量仪器应具有自动记录功能。

4.2 合成场强测量仪应能测出直流合成场强的大小和极性。离子流密度测量仪也应能测出离子流密度的大小和极性。

4.3 通常采用场磨来测量地面合成场强，场磨应使用 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的金属板作为接地参考平面，并将其可靠接地。

4.4 通常采用平板式双面金属板来收集电荷电流来测量离子流密度，其采集板的尺寸也应为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。离子流密度测量仪的平板探头应置于绝缘支座上，高度与接地参考平面一致。

4.5 测量仪器必须在校准有效期内。直流合成场强和离子流密度测量仪校准方法见附录 A 和附录 B。

5 测量方法

5.1 一般要求

地面合成场强、离子流密度的测量应在风速小于 2m/s 、无雨、无雾、无雪的好天气下进行，测量的

时间段不少于 30min。测量合成场强和离子流密度时，测量仪表应直接放置在地面上（探头与地面间的距离应小于 200mm），接地板应良好接地。测量报告应清楚地标明具体位置。

测量仪器设定为自动记录，记录时间间隔可选为 30s，也可以采用其他时间间隔。使用手动记录测量时，应间隔 30s（或其他时间间隔）记录一次读数。每个测点每次测量数据不少于 100 个。多点同时测量时，应采用自动记录方式进行测量。

测量仪应与测量人员保持足够远的距离（至少要 2.5m），避免在场磨处产生较大的电场畸变，或影响离子流的分布；与固定物体的距离应该不小于 1m，以减小固定物体对测量值的影响。

5.2 直流输电线路合成场强和离子流密度测量

5.2.1 输电线路下地面合成场强和离子流密度测量

测量直流输电线路地面合成场强和离子流密度时，测量地点应选在地势平坦、远离树木杂草、没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上。

输电线路地面合成场强和离子流密度测量点应选择在极导线档距中央弧垂最低位置的横截面方向上，如图 1 所示。测量时两相邻测量点间的距离可以任意选定，但在测量最大值时，两相邻测量点间的距离应不大于 5m。输电线路下合成场强和离子流密度一般测至距离边导线对地投影外 50m 处即可。

除在线路横截面方向上测量外，也可在线下其他感兴趣的位置进行测量，但测量条件必须满足 5.1 的要求，同时也要详细记录测量点以及周围的环境情况。

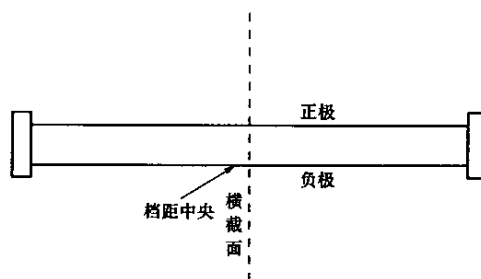


图 1 输电线路下方合成场强和离子流密度测量布点图

5.2.2 输电线路邻近民房合成场强和离子流密度测量

邻近民房位置的地面合成场强和离子流密度的测量点应布置在靠近线路最近极导线侧距离民房（围）墙外测不小于 1m 处。当线路极导线距离房屋较近（极导线距离房屋的最小距离 5m~10m）时，可在民房楼顶平台位置处测量。

民房楼顶平台上测量：应在距离周围墙壁和其他固定物体（如护栏）不小于 1m 的区域内测量地面合成场强和离子流密度。若民房楼顶平台的几何尺寸不满足这个条件，则不进行测量。

5.3 换流站合成场强和离子流密度测量

5.3.1 换流站内合成场强和离子流密度测量

换流站合成场强和离子流密度测点应选择在换流站直流侧场地的巡视走道、直流母线下等直流区域位置。其他测量条件应满足 5.1 的要求。

5.3.2 换流站外合成场强和离子流密度测量

换流站围墙外的合成场强和离子流密度测量：合成场强和离子流密度测量点应选在无进出线或远离进出线的直流侧围墙外且距离围墙 5m 的地方布置，测量合成场强和离子流密度的最大值。换流站围墙外合成场强和离子流密度测至围墙外 50m 处即可。

换流站围墙外合成场强和离子流密度衰减测量：合成场强和离子流密度衰减测量点以距离换流站围墙外 5m 处为起点，在垂直于围墙的方向上分布。在测量合成场强和离子流密度的衰减时，相邻两测点间的距离一般为 5m，但也可选其他较小的距离，所有这些参数均应记录在测量报告中。

5.3.3 换流站附近民房及其他敏感位置的测量

换流站附近民房及其他敏感位置的测量布点和方法参照 5.2.2 进行。

6 测量记录与数据处理

6.1 测量记录

测量线路时，应记录测点或测量路径所在处极导线的线路参数，如导线高度、极间距离、导线型式和运行电压、电流；测量档距两端的杆塔编号、线路走向、同杆线路回路数、线路排列方式。测量换流站时，应记录测量点的具体位置、换流站的运行方式、换流阀功率、直流电压等。

同时，应记录测量时间段的风速、风向、温度、相对湿度、大气压等气象条件以及每一次测量的开始时间与结束时间。

对于每一个测量点，在最少测量时间段 30min 内，至少记录 100 个数据。

6.2 数据处理

在地面合成场强、离子流密度的连续测量中，测量数据分散性较大，应用累计概率的方法进行数据处理。线路、换流站的地面合成场强测量数据按测点统计，每个测点数据按绝对值大小排序，求出 95% 的数据不超过的值为最大值；80% 不超过的值为 80% 值；50% 不超过的值为平均值。以 100 个同一测点地面合成场强数据为例，则第 95 个、第 80 个和第 50 个测量数据作为该点 95%、80%、50% 所对应的值，分别为该点地面合成场强的最大值、80% 值和平均值，以便进行环境评价。

离子流密度测量数据也应按测点统计，并以 90% 值作为评价依据。

附 录 A
(规范性附录)
直流合成场强测量仪(场磨)校准方法

A.1 概述

由于直流合成场不像交流电场那样可以用极板耦合,所以直流场的测量需要特殊的传感器,使传感元件上接收到的电力线总数量周期性地变化,与之相应的感应电荷也随之周期性地变化。利用周期性变化的电荷所形成的电流即可测出相应的场强。该电场测量仪既要能准确地测量合成的直流电场,又要能把多余的吸附离子导入地面,不致影响读数。目前能用于测量的场强测量仪传感器通常有快门型、圆筒型和震板型。

传感器只能感应场强大小的变化,双极性直流输电线路的地面合成场强不仅有大小变化,而且有极性的变化;由于空间离子的存在和漂移,地面合成场强的极性是变化的。因此,测量仪应不仅能测量出场强的大小,而且能够判断合成场强的极性。

A.2 快门型工作原理

快门型电场测试仪(又称场磨)传感器的结构如图 A.1 所示。其探头是由两个同轴安装的圆形扇片构成,上扇片随轴由电机驱动转动,下扇片固定不动。

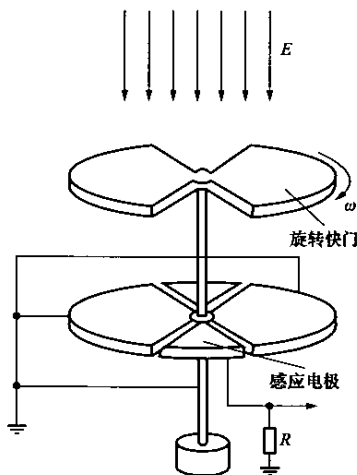


图 A.1 快门型传感器示意图

设场磨位于均匀恒定的电场 E 之中,电动机带动旋转快门(或称为动磨片)作定速旋转,下部的感应电极(或称为静磨片)曝露于电场 E 的面积呈周期性变化,当静磨片曝露于电场时,为了维持其地面电位,其上面会积聚相应的电荷,当电场 E 指向地面时积聚的是负电荷,当电场 E 指向上空时积聚的是正电荷。当静片被动片遮蔽时,其上的电荷会流散于地中。电荷的积聚与流散都是通过电阻 R 进行的,通过测量 R 上的压降即可测得其所在位置的电场强度。

积聚的电荷量由式(A.1)确定:

$$q_s(t) = \varepsilon_0 EA(t) \quad (\text{A.1})$$

式中:

$q_s(t)$ ——静片上随时间而变化的电荷量, C;

ϵ_0 ——真空的介电系数， $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ F/m}$ ；

E ——所测点的电场强度， V/m ；

$A(t)$ ——静片暴露于电场下随时间而变化的面积， m^2 。

与 $q_s(t)$ 相应的电流为

$$i_s(t) = \frac{dq_s(t)}{dt} = \epsilon_0 E \frac{d}{dt} A(t) \tag{A.2}$$

式 (A.2) 即为设计场磨传感器物理尺寸、放大器倍数等的基本依据。

A.3 校准

A.3.1 校准设备

校准场磨所需的电荷是由电荷源提供的，其布置方式如图 A.2 所示，电阻 R_3 、 R_4 、 R_5 共同构成电晕笼，在电压 ($U_{co} \sim U_A$) 作用下，电极 4 的细金属导线上产生电晕。电极 2、3、5 是由金属网构成的电极，电晕电荷除一部分被电极 3 和 5 吸收之外，向上逸至上空，向下则进入电极 2、3 之间的空间，其中一部分被电极 2 吸收之外，其余部分则进入电极 1、2 之间的空间，为校准区提供电荷。

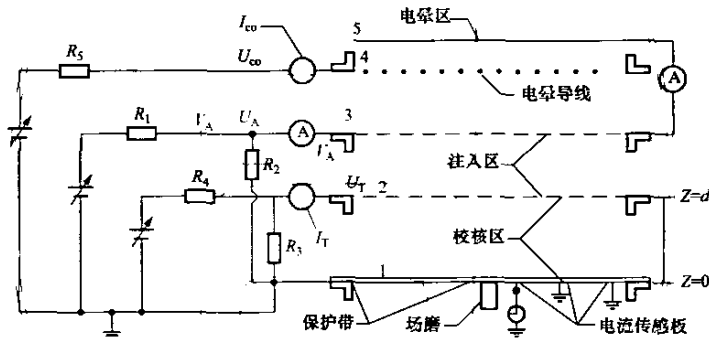


图 A.2 场磨校准装置示意图

对场磨的校准不是利用精确的场磨以对比的方式来校准，而是用建立可以计算电场和空间电荷的校准装置，以被校场磨的读数与计算相比较的方式进行校准。

校准时场磨的静片需与底板取平。

A.3.2 场磨的校准

场磨是测量直流电场的。直流电场还存在空间电荷，所以为校准场磨，不但要有直流电场源而且还要有相应的空间电荷发生装置。利用能确切计算其电场强度和确切测量其空间电荷的场源和空间电荷流，以此作为原值来进行场磨校准。

两块无穷大平行的平板之间的电场，就是可精确计算出来的均匀场源。实验表明，在距离边缘大于板间距离的地方就已可以看作均匀场了，如图 A.3 所示。

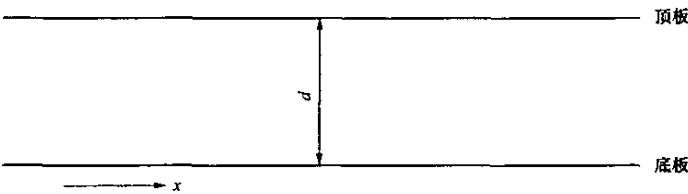


图 A.3 产生均匀电场的平板电极

只要校准点的外缘处于 $x \geq d$ 的范围即可。此外场磨的动磨片并不是将其所在的圆片面全部填满的，其空当部分有所下陷，这也会影响其上空电场的均匀性。实验表明，这一影响在其上约 4 倍场磨半径的地方即可认为已不存在了。亦即图 A.3 中两板之间的距离 d 应等于或大于 4 倍场磨的半径。

在有空间电荷的情况下进行校准，还应测量离子电流密度。

附录 B
(规范性附录)
离子流密度测量仪校准方法

B.1 离子流密度测量仪工作原理

离子电流密度可通过测量对地绝缘的金属板截获的电流计算得出。一般采用 1m×1m 的金属板进行测量。一种方法是将金属板连接一个能测微弱电流的电流表接地，直接测量电流；另一种方法是将金属板与地间并联一个电阻，通过测量该电阻上的压降来得到流过的电流。
测量仪器可以人工读取数据，也可用多通道自动测量系统进行测量。

B.2 校准

根据上述测量原理，可以通过注入小电流的方法校准离子流密度测量仪，如图 B.1 所示。当已知电压 U 和电阻 R (R 须大大超过测量仪的输入阻抗)，在此情况下，离子流测量仪的读数应为：

$$I = U/R \tag{B.1}$$

若电流表读数确实符合式 (B.1)，表明离子流测量仪已校好。

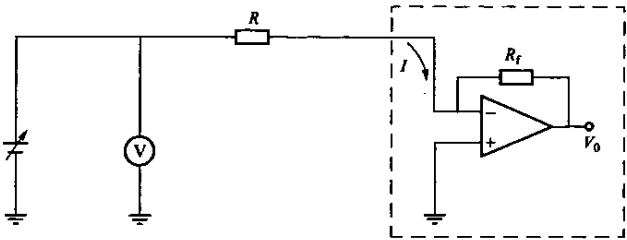


图 B.1 电流注入校准离子流密度测量仪