



# 中华人民共和国气象行业标准

QX/T 594—2020

---

## 地面大气电场观测规范

Specifications for ground atmospheric electric field observation

2020-12-29 发布

2021-04-15 实施

---

中 国 气 象 局 发 布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 观测内容 .....	1
5 观测方法 .....	1
6 观测仪器 .....	2
7 场地和安装 .....	3
8 数据记录与传输 .....	3
9 维护与检查 .....	4
附录 A(资料性附录) 建筑物对地面大气电场测量值影响的数值模拟 .....	6
参考文献 .....	8



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：福建省气象灾害防御技术中心、福建省气象科学研究所、湖北省防雷中心、黑龙江气象灾害防御技术中心、福建省气象服务中心、内蒙古自治区雷电预警防护中心、安徽省气象灾害防御技术中心、新疆维吾尔自治区气象灾害防御技术中心、上海市气象灾害防御技术中心、上海晨辉科技股份有限公司、江苏省无线电科学研究所有限公司、深圳市气象服务中心、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、漳州市气象局、江苏云脉电气有限公司。

本标准主要起草人：曾金全、朱彪、曾颖婷、肖再励、王学良、吕东波、刘晓东、陈华晖、李萍、林彬彬、张恬、吴海荣、徐明、叶文军、朱传林、张春龙、杨悦新、朱浩、严碧武、陈青娇、刘冰、张磊、王惠君。



# 地面大气电场观测规范

## 1 范围

本标准规定了地面大气电场观测的观测内容、观测方法、观测仪器、场地与安装、数据记录与传输及维护与检查等技术要求。

本标准适用于地面大气电场的自动观测和资料应用。

## 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 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**大气电场 atmospheric electric field**

存在于大气中与带电物质产生电力相互作用的物理场。

注:用表征大气电场强弱和方向的电场强度来描述,方向垂直向下的大气电场规定为正电场,方向垂直向上的大气电场规定为负电场。

### 3.2

**地面大气电场 ground atmospheric electric field**

大气中带电物质相互作用在地面产生的合成电场。

### 3.3

**校准 calibration**

在规定条件下,建立标示值和按参考标准的测量结果之间关系的一组操作。

注1:该术语用于“不确定度”方式。

注2:原则上,标示值与测量结果之间的关系可以用校准图表示。

[GB/T 2900.77—2008,定义 311-01-09]

## 4 观测内容

4.1 观测内容包括地面大气电场的采样值、分钟平均值、分钟内电场强度的最大值和最小值、电场方向、变化率及对应时间。

4.2 观测流程包括数据采集、数据处理、数据记录和数据传输。

## 5 观测方法

观测设备利用置于电场中的导体(定子)上产生感应电荷的原理来测量地面大气电场强度和方向。

观测设备电场传感器中的感应电荷  $Q(t)$  为时间的函数,其值与外界电场强度成正比,见公式(1)。

$$Q(t) = -\epsilon_0 EA(t) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$Q(t)$  ——感应电荷,单位为库伦(C);

$\epsilon_0$  ——真空介电常数,数值为  $8.854187817 \times 10^{-12}$  F/m;

$E$  ——电场强度,单位为伏每米(V/m);

$A(t)$  ——定子暴露在电场中的表面积,单位为平方米( $m^2$ )。

## 6 观测仪器

### 6.1 组成

地面大气电场观测设备应由电场仪和控制处理软件两部分组成,其中,电场仪应包括电场传感器、数据采集器、通信单元、供电单元及结构部件;控制处理软件应包括电场仪运行控制软件和数据自动采集处理软件。

### 6.2 性能要求

观测设备主要性能指标应符合表 1 的要求。

表 1 观测设备主要性能要求

名称	性能指标
测量量程	-100 kV/m~100 kV/m
分辨力	≤10 V/m
最大允许测量误差	±(20 V/m+3%×E)
平均故障间隔时间	>5000 h
采样频率	≥1 Hz
内部时钟	每 30 d 累计最大允许误差不超过±15 s
数据存储时间	不少于 7 d
浪涌(冲击)抗扰度	直流电源端口、交流电源端口、数据端口:符合 GB/T 17626.5 的要求
气象条件	适用环境应优于下列条件: ——温度:-40℃~60℃; ——相对湿度:10%~100%; ——大气压力:500 hPa~1100 hPa
电源	电源应符合下列条件: ——交流电源供电时,电压及频率应为:220 V×(1±20%)、50 Hz×(1±10%)。 ——直流电源供电时,电压宜为 12 V×(1±5%)。 ——应具备交流电、太阳能或风力发电等供电系统。蓄电池单独供电时,维持正常工作时间应不少于 7 d
注:E 表示被测电场强度实际值。	



### 6.3 功能要求

- 6.3.1 观测设备电源供电宜优先采用工频交流电源,应支持直流电源供电,供电的安全性能应符合 GB 4793.1 的要求。
- 6.3.2 观测设备的运行状态应具备远程智能监控管理和异常告警功能。
- 6.3.3 观测设备应能通过远程控制实现系统复位、参数配置等功能。

## 7 场地和安装

### 7.1 场地

- 7.1.1 安装场地应选择在无遮挡以及周边空旷的室外地带(或楼顶屋面的中间位置),观测设备的安装点与最近遮挡物的距离宜大于观测设备探头感应面与最近遮挡物高度差的 2 倍。
- 7.1.2 观测设备不宜安装在下列场所。当有特殊需求,观测设备安装在下列场所时,观测设备厂家应采取有效措施及现场对比观测试验,制定数据订正方案,保障观测数据质量:
- 陡坡、洼地等场所;
  - 邻近有丛林、铁路、公路、工矿、高(或低)压线路可能对观测数据有影响的场所;
  - 电磁环境干扰严重、局地性雾、烟等大气污染严重的场所。

### 7.2 安装

- 7.2.1 观测设备基础底座的安装应稳固,探头感应面应保持水平。
- 7.2.2 观测设备的探头感应面与地面高度的间距应为 1.5 m,设备各金属构件之间应保持可靠的电气连通,且应采取防静电接地措施。
- 7.2.3 观测设备宜安装在直击雷防护区域内,且应设置雷击电磁脉冲防护措施。
- 7.2.4 当观测设备的安装环境处于高盐雾的沿海或海岛时,应采取相应的防腐蚀措施。
- 7.2.5 当观测设备独立安装时,其周围应设置警示牌,或采取围栏的方式加以隔离。围栏尺寸宜采用 4 m×4 m,高度宜为 0.8 m,材质应采用绝缘抗静电感应材料,且不应采用尖端立柱。
- 7.2.6 当观测设备安装在屋面时,应考虑建筑物高度对大气电场观测数据的影响,其影响系数的修正参见附录 A,观测设备厂家应开展现场对比试验订正,保障观测数据质量。
- 7.2.7 观测设备安装完成后应对其主要参量进行现场校准。

## 8 数据记录与传输

### 8.1 数据记录

- 8.1.1 观测时制应采用北京时,以 00 时为日界。
- 8.1.2 观测数据记录应包括观测时间、区站号、观测点经度、纬度、海拔高度、观测设备标识符、电场强度、电场方向和变化率等要素。
- 8.1.3 应至少每小时获取一次反映观测设备状况和性能的相关信息,包括观测设备自检、电场传感器状态、电源工作状态、观测设备断电告警和通信工作状态等。
- 8.1.4 应对观测数据文件进行备份。
- 8.1.5 观测数据记录格式应符合表 2 的要求。

表 2 观测数据记录格式

参数名称	记录格式
日期时间	以年、月、日、时、分、秒的形式表示,字符型
观测站编码	观测站编码,字符型
强度	范围为-100 kV/m~100 kV/m,浮点型,单位为千伏每米(kV/m)
方向	用正或负表示
平均值	为分钟平均值,按 1 分钟内的采样值的算术平均法计算,浮点型,单位为千伏每米(kV/m)
最小值	本分钟内最小的电场采样值,浮点型,单位为千伏每米(kV/m)
最大值	本分钟内最大的电场采样值,浮点型,单位为千伏每米(kV/m)
变化率	每秒电场强度峰值的变化值,浮点型,单位为千伏每米秒(kV/(m·s))

## 8.2 数据传输

- 8.2.1 观测数据传输应具备有线和无线两种数据传输形式。
- 8.2.2 观测设备应具有数据传输状态的监控管理和断点续传功能,确保数据传输的完整性。
- 8.2.3 数据传输成功率应满足实际接收数据与应发送数据的比值不小于 95%。
- 8.2.4 数据传输频率可根据需求设置,如预警状态,观测数据应每秒钟传输一次,其他状态可每分钟传输一次。

## 9 维护与检查

### 9.1 日常维护

宜进行下列日常维护:

- 每日巡检观测设备的软、硬件运行状况,发现异常时及时处理;
- 当内部时钟与标准时间的误差超过±15 s 及时调整;
- 当显示的电场数据出现异常时,及时查找原因并处理;
- 当出现停电时,及时检查观测设备的运行状况。

### 9.2 定期检查

9.2.1 观测设备检测和维修的项目应不限于下列项目:

- 安装场地;
- 设备稳固和探头水平;
- 设备电气导通性及防静电措施;
- 防雷装置;
- 警示牌或围栏;
- 供电和通信测试;
- 外观清洁;
- 太阳能板擦拭(当采用太阳能供电时);
- 传感器维护和防腐油漆的修补。

9.2.2 当观测设备安装于海边高盐雾或腐蚀性严重的环境,宜每 6 个月进行一次检测和维修,其他环

境应每 12 个月进行一次检测和维护。

### 9.3 性能检测

9.3.1 每 12 个月应对运行中的观测设备进行现场校准核查。

9.3.2 每 36 个月宜对运行中的观测设备进行实验室校准。

9.3.3 观测设备启用或更换传感器后或发现观测结果长时间异常时,应对系统进行性能检测。

附录 A  
(资料性附录)

建筑物对地面大气电场测量值影响的数值模拟

A.1 数值仿真方法

观测设备安装环境中的建筑物等地面物体会造成大气电场的畸变,影响测量结果的准确性。大气中的静电场问题可归结为在给定电荷分布和边界条件下求解泊松方程,利用有限差分方法计算地面建筑物对大气电场畸变的影响,得到安装环境对观测设备测量结果造成影响的修正系数。

对于二维大气电场满足的泊松方程计算公式为:

$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon} \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- $\varphi$  —— 电势;
- $\rho$  —— 自由电荷密度;
- $\epsilon$  —— 介电常数。

在没有自由电荷的区域里,  $\rho = 0$ , 此时泊松方程就简化为拉普拉斯方程,在直角坐标系下拉普拉斯方程表示为:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

在求解二维拉普拉斯方程时,采用五点差分格式,假定在  $x$  和  $y$  方向上的步长均相等,且为  $l$ ,则场域内得到其差分格式为:

$$(\partial^2 \varphi / x^2)_{i,j} = \frac{\varphi_{i,j+1} - 2\varphi_{i,j} + \varphi_{i,j-1}}{l^2} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

$$(\partial^2 \varphi / y^2)_{i,j} = \frac{\varphi_{i+1,j} - 2\varphi_{i,j} + \varphi_{i-1,j}}{l^2} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

将公式(A.3)、公式(A.4)带入在直角坐标系下的拉普拉斯方程得:

$$\varphi_{i-1,j} + \varphi_{i,j-1} + \varphi_{i,j+1} + \varphi_{i+1,j} - 4\varphi_{i,j} = 0 \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

边界条件的设定:建筑物及地面满足 Dirichlet(狄利克莱)边界条件,即此边界上的电位为常数,空气边界满足 Neumann(诺埃曼)边界条件,此边界的法向电位梯度为常数。

差分方程组的求解采用超松弛迭代法,超松弛迭代在计算每一节点时,会将之前计算得到的临近点的电势新值带入,即:

$$\varphi_{i,j}^{n+1} = \varphi_{i,j}^n + \frac{a}{4}(\varphi_{i-1,j}^{n+1} + \varphi_{i,j-1}^{n+1} + \varphi_{i,j+1}^n + \varphi_{i+1,j}^n - 4\varphi_{i,j}^n) \quad \dots\dots\dots(A.6)$$

式中:

$a$  —— 松弛因子,其取值范围一般为 1 与 2 之间。

求得每个节点的电势值之后,空间电场强度值由下式给出:

$$E = -\nabla \varphi \quad \dots\dots\dots(A.7)$$

定义大气电场测量值  $E$  与地面大气电场原始值  $E_0$  的比值为修正系数  $k$ ,即:

$$k = E/E_0 \quad \dots\dots\dots(A.8)$$

通过计算可得出模型空间不同位置处的  $k$ ,即可根据在该处地面大气电场测量结果  $E$  和修正系数  $k$  来确定地面大气电场的原始值  $E_0 = E/k$ 。

## A.2 模型建立及计算案例

设定建立的二维建筑物及其周围电场畸变模型以地面上方  $300\text{ m} \times 100\text{ m}$  范围为研究区域,空间分辨率为  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 。模拟区域背景电场取值为晴天大气电场的均值,即  $130\text{ V/m}$ ,晴天大气电场方向垂直指向地面,且该模拟区域内没有其他自由电荷的影响。利用软件模拟观测设备安放在不同高度的建筑物顶端,观测设备高度为  $1.5\text{ m}$ ,建筑物的宽度为  $20\text{ m}$ ,建筑物高度取值范围为  $10\text{ m} \sim 100\text{ m}$  时的畸变效应。图 A.1 为当建筑物高度为  $70\text{ m}$  时的模拟示例。

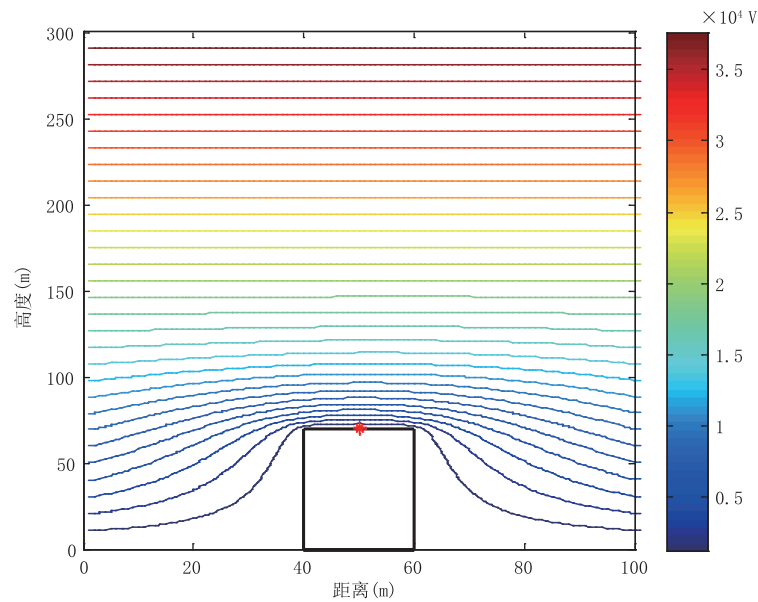


图 A.1 建筑物高度为  $70\text{ m}$  时对大气电场畸变效应模拟示例

当建筑高度取值范围在  $10\text{ m} \sim 100\text{ m}$  时,大气电场修正系数的参考值如表 A.1 所示,大气电场修正系数与建筑物高度呈正相关,即建筑物越高,大气电场修正系数值也就越大。在实际的应用场景中,根据建筑物的宽度、高度和周围建筑物布局等,使用此方法计算获得修正系数。

表 A.1 建筑物不同高度下的大气电场修正系数

建筑物高度 $H/\text{m}$	修正系数 $k$
10	1.6960
20	2.1894
30	2.6699
40	3.1478
50	3.6249
60	4.1019
70	4.5787
80	5.0555
90	5.5322
100	6.0090

#### 参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.77—2008 电工术语 电工电子测量和仪器仪表 第1部分:测量的通用术语
  - [2] GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
  - [3] GB/T 35221—2017 地面气象观测规范 总则
  - [4] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
  - [5] QX/T 419—2018 空气负离子观测规范 电容式吸入法
  - [6] QX/T 566—2020 场磨式大气电场仪
-



中华人民共和国  
气象行业标准  
地面大气电场观测规范  
QX/T 594—2020

\*

气象出版社出版发行  
北京市海淀区中关村南大街46号  
邮政编码:100081  
网址:<http://www.qxcbs.com>  
发行部:010-68408042  
北京建宏印刷有限公司印刷

\*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:1 字数:30千字  
2021年1月第1版 2021年1月第1次印刷

\*

书号:135029-6217 定价:25.00元

如有印装差错 由本社发行部调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68406301