



中华人民共和国国家标准

GB/T 33678—2017

VLF-LF 三维闪电定位网技术规范

Technical specifications of VLF-LF 3D lightning location network

2017-05-12 发布

2017-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 三维闪电定位网	2
4.1 总体要求	2
4.2 系统构成	2
4.3 通信网络	3
4.4 定位算法	3
4.5 技术指标要求	3
4.6 组网要求	4
5 闪电探测站	4
5.1 构成	4
5.2 功能要求	4
5.3 技术指标	4
5.4 环境适应性要求	5
5.5 安装要求	5
5.6 防雷要求	6
6 三维闪电数据处理中心	6
6.1 构成	6
6.2 数据处理流程	6
6.3 功能要求	7
7 数据质量控制要求	7
7.1 闪电探测站质量控制	7
7.2 闪电定位数据处理中心质量控制	7
8 闪电探测仪的检测	8
8.1 结构外观检查	8
8.2 自检	8
8.3 一致性对比测试	8
8.4 静态检测	9
8.5 环境适应性检测	9
参考文献	11

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象局提出。

本标准由全国气象防灾减灾标准化技术委员会(SAC/TC 345)归口。

本标准起草单位:江苏省防雷中心、中国气象局气象探测中心、中国科学院电工研究所。

本标准主要起草人:冯民学、马启明、焦雪、迟文学、周俊驰、张艳华、苑尚博、宋佳军、刘艳、张德宏。

VLF-LF 三维闪电定位网技术规范

1 范围

本标准规定了 VLF-LF 三维闪电定位网、闪电探测站、闪电数据处理中心、数据质量控制以及闪电探测仪的检测技术要求。

本标准适用于 VLF-LF 三维闪电定位网的生产、建设、检测和运行。

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 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 8566—2007 信息技术 软件生存周期过程

GB/T 18802.1—2011 低压电涌保护器(SPD) 第 1 部分:低压配电系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

QX 4—2015 气象台(站)防雷技术规范

GJB 150.8A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第 8 部分:淋雨试验

GJB 150.16A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第 16 部分:振动试验

GJB 150.18A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第 18 部分:冲击试验

GJB 1443—1992 产品包装、装卸、运输、贮存的质量管理要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

VLF-LF

频带由 3 kHz~300 kHz 的无线电波。

3.2

闪电 lightning flash

积雨云中正负不同极性电荷中心之间的放电过程,或云中电荷中心与大地和地物之间的放电过程,或云中电荷中心与云外相反极性的电荷中心之间的放电过程。

[QX/T 79—2007,定义 3.1]

3.3

云闪 intra-cloud flash; IC

放电通道不与大地和地物发生接触的闪电放电过程,包括云内(intra-cloud)闪电、云际(inter-

cloud)闪电和云-空(cloud-air)闪电三种过程。

[QX/T 79—2007, 定义 3.3]

3.4

地闪 **cloud ground flash; CG**

发生在雷暴云体与大地和地物之间的闪电放电过程。

[QX/T 79—2007, 定义 3.4]

3.5

回击 **return stroke**

起始于云内的下行先导与从地面产生的上行连接先导会合后产生的强脉冲放电过程。

[QX/T 79—2007, 定义 3.4.1]

3.6

闪电定位网 **lightning location system**

利用多个探测站组网探测的方法,通过探测闪电放电过程中一些特定放电事件产生的电磁辐射信号来确定该事件发生的时间和空间位置设备系统,一般由多个闪电探测站、通信网络、数据处理中心组成。

3.7

探测效率 **detection efficiency**

在给定区域探测到的闪电事件数与实际发生闪电数的比例,通常以百分数表示。

[QX/T 79—2007, 定义 3.7.1]

3.8

基线距离 **baseline distance**

组网时相邻闪电探测站点间的球面距离。

3.9

时间差法 **time of arrival; TOA**

通过测量闪电产生的电磁脉冲信号到达不同测站的时间差进行闪电定位的技术方法。

[QX/T 79—2007, 定义 3.5.2]

4 三维闪电定位网

4.1 总体要求

VLF-LF 三维闪电定位网应能够探测闪电的三维空间位置,并具有自检、自校功能。闪电探测站应适应我国各地野外环境使用;三维闪电数据处理中心应基于云平台、大数据理念设计开发,并采用现代网络通讯方式,开放式架构。

4.2 系统构成

VLF-LF 三维闪电定位网应由五个以上闪电探测站、通信网络、三维闪电数据处理中心组成,构成图见图 1。

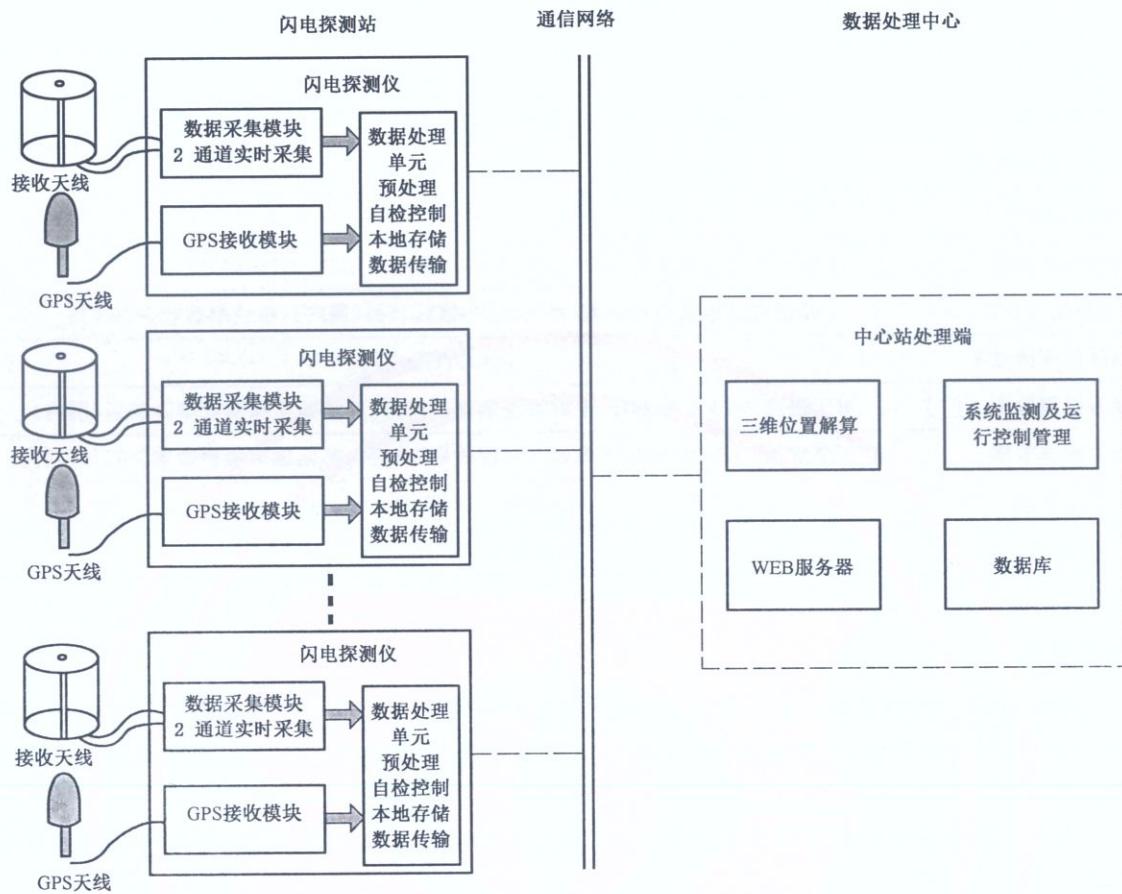


图 1 三维闪电定位网系统构成图

4.3 通信网络

三维闪电定位网通信网络宜采用公用的有线网、无线网、卫星网络及行业内的专用局域网络等。通信带宽应不小于 9 600 bps。

4.4 定位算法

闪电探测站将探测数据发送至数据处理中心,利用时间差法进行三维闪电定位处理,得到闪电发生的时间、类型、空间位置、极性、峰值强度等参数。

4.5 技术指标要求

三维闪电定位网技术指标应符合表 1 要求。

表 1 三维闪电定位网技术指标

参数类型	技术指标
闪电类型	正地闪(+CG)、负地闪(-CG)、正云闪(+IC)、负云闪(-IC)
闪电回击时间精度	优于 10^{-4} s
闪电回击分辨率	<3 ms
平均定位精度	平面<1 000 m(站网内), 高度<1 000 m(站网内)
回击强度与极性	峰值电流强度相对误差(绝对值)中值≤15%(网内), 极性准确率≥99.0%
云闪脉冲探测效率	≥40%(网内)
地闪探测效率	对于强度≥5 kA 的地区, 平原探测效率≥90%, 其他地区探测效率≥85%(网内)
回击探测效率	对于强度≥5 kA 的回击, 平原地区探测效率≥60%, 其他地区探测效率≥55%(网内)
工作方式	自动、连续、实时测量, 无人值守
可靠性	无故障工作时间≥8 000 h

4.6 组网要求

4.6.1 三维闪电的定位应采取组网工作模式, 闪电定位网由 5 个或以上闪电探测站组成。山区基线距离为 100 km~150 km 为宜, 平原地区 150 km~200 km 为宜, 地形复杂或重点关注区域地区可适当加密布设。

4.6.2 闪电定位网布设站点应按照对称性布站, 形成平行四边形和正方形站网, 避免将站点部署在一条直线上。

5 闪电探测站

5.1 构成

闪电探测站应包括:

- a) VLF-LF 闪电探测仪;
- b) 闪电探测仪基座;
- c) 电源和通信线;
- d) 通讯接口模块。

5.2 功能要求

5.2.1 闪电探测仪应能实时探测地闪和云闪辐射的电磁脉冲信号达到的探测仪的时间、方位角、强度、极性等参数, 并识别云闪和地闪的波形。

5.2.2 闪电探测仪应能自动检测设备运行状态。在测试模式下, 探测仪产生模拟雷电信号, 检测探测仪的工作状态参数。

5.2.3 探测站宜采用 RS-232 接口传输数据, 由通讯模块实现无线或有线传输。

5.3 技术指标

闪电探测站技术指标应满足表 2 要求。

表 2 技术指标要求

参数名称	技术指标
闪电类型	正地闪、负地闪、正云闪、负云闪
工作频率范围	1 kHz~350 kHz
测向精度	优于 1°
测时精度	同步精度<10 ⁻⁷ s
探测半径	≥300 km
事件处理时间	<1 ms
接收触发阈值	10 mV~1 000 mV
接收动态范围	≥60 dB
电 源	AC220 V(+10%, -15%), 50 Hz±3 Hz; 直流 20 V~28 V
通讯类型	有线网络、GPRS/CDMA 网络
功 耗	<20 W
可维修性	平均修复时间 MTTR≤30 min
工作方式	连续无人值守
可靠性	平均无故障工作时间(MTBF)8 000 h
储存温度	-40 °C~60 °C
环境温度	-40 °C~50 °C
相对湿度	0~100%
防腐	工作在沿海、海岛的闪电探测站应具有足够的防盐雾腐蚀的能力
使用寿命	>8 年

5.4 环境适应性要求

闪电探测站安装环境应满足以下要求：

- a) 工作温度：-35 °C~+50 °C；
- b) 相对湿度：5%~100%；
- c) 电磁兼容性：应对站址的电磁环境应进行测定，站址及附近应避免产生探测频段(1 kHz~410 kHz)的其他电磁信号。如果确实无法避免，电磁噪声应小于闪电接收机的阈值范围。

5.5 安装要求

5.5.1 安装场地宜平坦空旷，附近应无高山或峡谷。闪电探测仪 30 m 范围内地平度应小于±1%，300 m 范围内地平度应小于±2%。不宜将闪电探测仪安装在建筑物顶部。

5.5.2 闪电探测仪四周障碍物对甚低频、低频频段闪电探测天线形成的遮挡仰角不应大于 10°。

5.5.3 闪电探测仪基座应结构稳定，宜安装在钢筋水泥结构支架上或金属支架上。

5.6 防雷要求

5.6.1 一般要求

闪电探测站应采取防直接雷击和防雷击电磁脉冲的措施,防雷安全要求和设计应符合相关国家标准和行业标准的要求。

5.6.2 直击雷的防护

闪电探测站应处在接闪器的保护范围内。接地体的接地电阻应不大于 4Ω 。处在高山、海岛等岩石地面土壤电阻率大于 $1\ 000 \Omega \cdot m$ 的闪电探测站,接地体的阻值可适当放宽,但应围绕基础接地体敷设环型接地网,环型地网等效半径不应小于 $5\ m$,并使用四根以上导体与基础接地网连接。

5.6.3 雷击电磁脉冲的防护

5.6.3.1 屏蔽措施

闪电探测站的信号传输线应采用屏蔽电缆,采用非屏蔽电缆时,应外穿金属管。电缆的屏蔽层和金属管两端应接到地网上。设备到室内的电缆线应敷设在电缆沟内,如没有条件时电缆在入户前应穿金属管埋地,埋地水平距离宜大于 $15\ m$ 。

5.6.3.2 等电位连接

应采用共用接地系统(地网),将所有金属部件就近连接到该接地系统上。

5.6.3.3 电涌保护措施

应在交流配电盘处加装冲击通流量 I_{imp} 不小于 $12.5\ kA$ 的电源电涌保护器(SPD);供电系统的电涌保护器的安装要求,应符合 GB/T 18802.1—2011 中的规定。

5.6.3.3.2 信号系统的电涌保护措施

闪电探测仪输入端应加装适配的信号电涌保护器(SPD);信号系统电涌保护器的性能技术指标和安装要求,应符合 QX 4—2015 中的规定。

6 三维闪电数据处理中心

6.1 构成

6.1.1 三维闪电数据处理中心由硬件和相应的软件系统构成。

6.1.2 硬件由一台高性能服务器或小型机组成,亦可由云平台上的虚拟计算机组成。其主要性能指标应满足:4个主频在 $2.0G$ 以上的CPU,内存大于 $16G$,硬盘空间大于 $2T$,2个千兆网卡。

6.1.3 软件系统由操作系统(windows 或者 linux 系统)及三维闪电数据处理定位软件组成。

6.2 数据处理流程

6.2.1 闪电探测站数据实时上传至数据处理中心,三维位置解算软件根据接收到的多站点探测数据进行相关性分析并计算出闪击位置,完成三维位置解算。数据处理中心监测及运行控制管理单元负责对整个定位网运行监控,探测数据和定位结果都存储在数据处理中心的数据库中,数据处理流程见图 2。

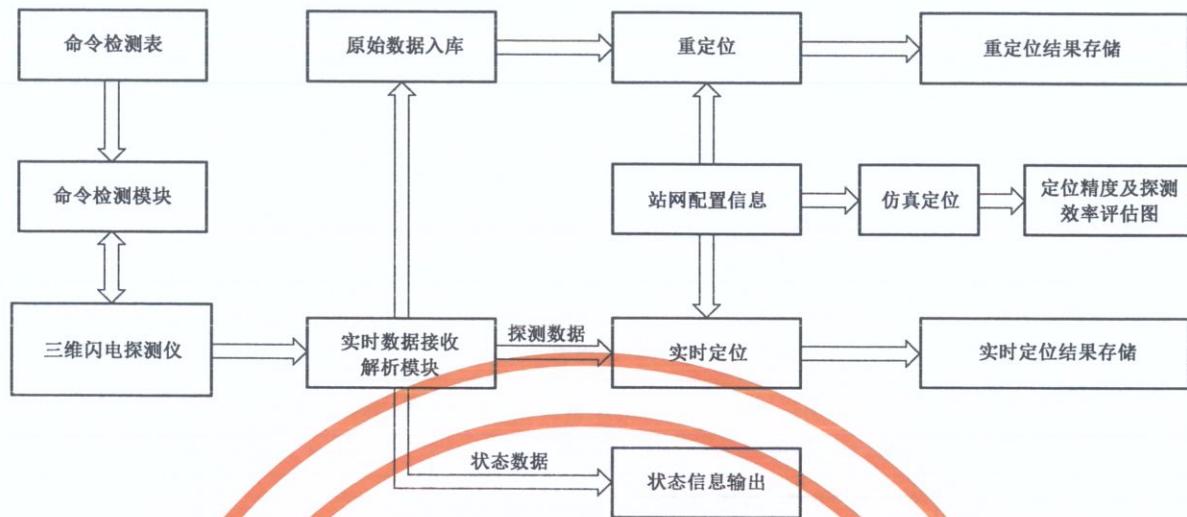


图 2 数据处理流程图

6.2.2 站网配置信息应包括:序号、站名、经度、纬度、海拔高度等参数。

6.3 功能要求

- 6.3.1 软件设计应符合 GB/T 8566—2007 的规定,软件结构应便于修改升级与维护,各子程序之间、模块之间和程序单元之间的依赖关系应减少到最低限度。
- 6.3.2 应具备对各探测站接收到的全部闪电数据进行实时接收和处理的能力,在特殊情况下,若实际闪电发生率超过传输能力,则可以缓存补传,但不可以丢失数据。
- 6.3.3 应具备三维优化定位算法功能,定位处理能力不小于 100 次/s。
- 6.3.4 定位结果应包括:闪电发生的日期、时间(精度为 10^{-7} s)、闪电类型、经度、纬度、高度、极性、闪电峰值电流、放电陡度、电量等参数,宜包括:定位子站信息、交汇率、定位精度等原始数据。
- 6.3.5 宜具备定位算法仿真的功能:根据站点分布的地理环境,提供定位网的定位精度和探测效率仿真结果,为定位网探测性能分析提供设计依据。
- 6.3.6 宜具备查询显示功能:实时控制、检测、设置和更改各探测站的工作状态和参数,显示检测结果,提供工作状态和参数。
- 6.3.7 应具备数据贮存功能:及时保存探测数据和定位结果,保证原始数据能够及时存盘。对探测数据进行归档和建库,形成闪电资料数据库。
- 6.3.8 宜具备历史数据的处理功能:存档数据按不同时段能够进行数据回放和重新定位及发送,能够调用和下载子站存储的历史数据并重新定位。
- 6.3.9 宜具备数据的输出和传送功能:将定位结果实时传送给三维闪电应用服务系统。

7 数据质量控制要求

7.1 闪电探测站质量控制

应设计自检模块,通过探测仪信号判定探测仪的工作状态,异常时应停止探测数据的发送并向数据处理中心提供异常状态信息。

7.2 闪电定位数据处理中心质量控制

数据处理中心应通过多站数据相干性分析、综合识别、判断以及对误差较大的定位结果复算等方法

剔除部分由于电磁噪声、云地闪先导脉冲及云闪高频脉冲等造成的无用数据。

8 闪电探测仪的检测

8.1 结构外观检查

应对各机械结构和各部件的检查,对仪器外观的检查,将检查结果记录在表3。

表3 闪电探测仪结构检查

编号	项目	内容	检查结果
1	成套性	根据产品出厂清单,清点闪电探测仪各部件,包括:安装工具、技术手册、合格证等	
2	机械结构	是否利于装配、调试、安装等 棱缘或拐角是否倒圆和磨光	
3	零部件	更换部件时是否简便易行 是否安装牢固,有无变形、断裂、弯曲等 操作部分是否出现迟滞、卡死、松脱等 电路板、接插件、电线电缆是否排列规范,焊接牢固	
4	接口	接插件是否有明显安全标识	
5	仪器及附件表面	有无残损、表面涂层有无气泡、开裂、脱落等现象 所选材料是否符合出厂要求 表层涂覆是否符合出厂要求	

8.2 自检

应利用闪电探测仪的自检功能,从天线到数据输出端口各个功能模块的全数据化检测,并实时输出检测结果。

8.3 一致性对比测试

在实验室,通过信号发生器注入多个不同幅值、相同脉宽,以及同一幅值,不同脉宽的闪电脉冲模拟信号,将模拟信号同时输入5台闪电探测仪,每条信号重复输入100次,使用示波器跟踪显示模拟闪电幅值和脉宽,用上位机接收5台闪电探测仪上传的探测数据,分析100次模拟闪电数据得出时间、方位角、幅值测量参数的一致性。具体指标如表4所示。

表4 一致性对比测试指标

编号	项目	指标
1	数量一致性	$\geq 95\%$
2	时间一致性	同步精度 $<3 \times 10^{-7}$ s
3	方位一致性	$\pm 1^\circ$ 以内
4	幅值一致性	相对误差 $<10\%$

8.4 静态检测

8.4.1 连续工作时间

根据设备工作状态信息判断设备工作是否正常,24 h 内不应出现功能故障。

8.4.2 无人值守

系统断电后再加电,系统应能够自动恢复到断电前的工作状态。

8.4.3 自动实时测量

用模拟信号源产生闪电信号,触发闪电监测设备,设备应能立即自动输出测量结果。

8.4.4 时稳定性

以铷钟作为频率源,测量振荡器的时频率稳定性,每小时测量一次,连续测量 8 次,应得到平均时稳定性。

8.4.5 探测灵敏度

使用信号源构成模拟天线,在设备频段中点,调整信号幅度,测量设备的探测灵敏度。

8.4.6 时间同步精度

抽取 4 台以上闪电监测设备,以其中一台闪电监测设备的时统信号做为时间同步信号标准,用计数器或者示波器测量其余闪电监测设备的时统信号与时间同步信号标准之间的偏移,各被测设备的时间偏移量应满足技术指标要求,连续测量时间不短于 10 min。

8.4.7 闪电事件分辨力

用模拟闪电信号源,将模拟闪电信号注入闪电探测设备,调整模拟闪电信号的时间间隔,当时间间隔为 5 ms 时,闪电监测设备应能正常输出监测结果。

8.5 环境适应性检测

8.5.1 高温

应按照 GB/T 2423.2—2008 中的试验方法进行。

8.5.2 恒定湿热

应按照 GB/T 2423.3—2006 中的试验方法进行检测。

8.5.3 低温

应按照 GB/T 2423.1—2008 中的试验方法进行检测。

8.5.4 盐雾

应按照 GB/T 2423.17—2008 中的试验方法进行检测。

8.5.5 冲击

应按照 GJB 150.18A—2009 的试验方法进行检测。

8.5.6 振动

应按照 GJB 150.16A—2009 的振动环境条件进行检测。

8.5.7 淋雨

应按照 GJB 150.8A—2009 的试验方法进行检测。

8.5.8 电磁兼容性

闪电探测仪电磁抗扰度检测要求应满足表 5。

表 5 闪电探测仪电磁抗扰度要求

内 容	试 验 条 件		
	交流电源端口	直 流 电 源 端 口	控 制 和 信 号 端 口
电压暂降和短时中断 抗扰度	30% 0.5 周期 60% 5 周期 100% 250 周期	—	—
1.2/50 μ s(电压) 8/20 μ s(电流) 浪涌冲击抗扰度	线对地:±2 kV	线对地:±1 kV	线对地:±1 kV
电快速瞬变脉冲群抗扰度	±2 kV 5 kHz	±1 kV 5 kHz	±2 kV 5 kHz
射频电磁场辐射抗扰度	0.15 MHz~80 MHz 3 V 80% AM(1 kHz)	0.15 MHz~80 MHz 3 V 80% AM(1 kHz)	0.15 MHz~80 MHz 3 V 80% AM(1 kHz)
静电放电抗扰度	接触放电:±4 kV 空气放电:±8 kV	接触放电:±4 kV 空气放电:±8 kV	接触放电:±4 kV 空气放电:±8 kV

8.5.9 其他

包装、运输、贮存的质量管理要求应符合 GJB 1443—1992 的标准。

参 考 文 献

- [1] QX/T 95—2008 地闪闪电定位系统考核方法
- [2] 陈瑶,孙秀斌,雷勇,刘达新,等.VLF/LF 雷电探测仪功能规格需求书.北京:中国气象局综合观测司,2014.
- [3] 马启明.雷电监测原理与技术.北京:科学出版社,2014.

中华人民共和国

国家标准

VLF-LF 三维闪电定位网技术规范

GB/T 33678—2017

*

中国标准出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
2017年5月第一版 2017年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-56246 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



GB/T 33678-2017