

ICS 29.060.20

K 13

备案号: 53927-2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1506 — 2016

高压交流电缆在线监测系统 通用技术规范

General technical specification for on-line monitoring system
on high voltage AC power cables

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	2
4 总则	3
5 工作条件	3
6 技术要求	3
7 试验项目及要求	10
8 检验规则	13
9 标志、包装、运输和贮存	14
附录 A（规范性附录） 在线监测系统典型结构	16
附录 B（资料性附录） 在线监测系统典型设计方案	17
附录 C（资料性附录） 在线监测系统技术指标	19

前 言

为规范高压交流电缆在线监测系统的规划、设计、建设和运行管理，统一技术标准和检验标准，促进高压交流电缆在线监测技术的应用，提高电网的运行可靠性，制定本标准。

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电力设备状态维修与在线监测标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：国网天津市电力公司。

本标准主要参加单位：国网上海市电力公司、广州供电局有限公司、国网北京市电力公司、中国电力科学研究院、北京兴迪仪器有限责任公司。

本标准主要起草人：朱晓辉、姜芸、刘毅刚、黄鹤鸣、夏荣、肖传强、王浩鸣、戴洪宾、王荣亮、毕建刚、吴立远、孟峥峥。

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）。

高压交流电缆在线监测系统通用技术规范

1 范围

本标准规定了高压交流电缆在线监测系统的功能、结构、工作条件、技术要求、试验及要求、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于 110 (66) kV 及以上高压交流交联聚乙烯电力电缆的在线监测系统, 电缆通道环境等其他在线监测系统可参照执行。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 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 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 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 2423.18 环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Kb: 盐雾, 交变(氯化钠溶液)
- GB/T 2423.22 环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 N: 温度变化
- GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 4798.2 电工电子产品应用环境条件 第 2 部分: 运输
- GB 4943.1 信息技术设备安全 第 1 部分: 通用要求
- GB 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7261—2008 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 7665—2005 传感器通用术语
- GB/T 9361 计算机场地安全要求
- GB/T 11287 电气继电器 第 21 部分: 量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇: 振动试验(正弦)
- GB 11463 电子测量仪器可靠性试验
- GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.17 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验
- GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

DL/T 476 电力系统实时数据通信应用层协议

DL/T 860 电力自动化通信网络和系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高压交流电缆 high voltage AC power cable

由 110 (66) kV 及以上的交流电力电缆本体、电缆附件及交叉互联装置、接地装置等附属设备所组成的系统。

3.2

分布式监测 distributed monitoring

在运行情况下,采用分布在高压交流电缆沿线的传感器或信号采集单元采集并发送状态监测量,对电缆状况进行连续或周期性的自动监视检测。

3.3

状态监测量 condition monitoring parameters

能够反映高压交流电缆运行状态的监测量,主要指电缆运行温度、局部放电信号、电缆外护层接地电流等。

3.4

传感器 sensor

高压交流电缆的状态感知元件,用于将某一状态监测量转变为可采集的信号。如电流互感器、高频电流互感器、电容耦合传感器、红外温度传感器等。

注:将利用光散射原理的感温光缆(测温光纤)也归类为传感器的一种。

[改写 GB/T 7665—2005, 定义 3.1.1]

3.5

信号采集单元 signal acquisition unit

安装在电缆终端、接头、交叉互联箱、接地箱等部位或附近的,用以转换、处理、缓存和发送传感器采集信号,并且能通过现场工业总线、光纤、无线等通信方式与监控主机通信的监测装置。

3.6

监控主机 monitoring station

实现对状态监测量的处理、分析和对信号采集单元的管理,并能与综合监测分析系统进行标准化通信的装置。承担对被采集数据的综合分析、存储、预警等功能,以及对信号采集单元的设置参数、数据召唤、对时、强制重启等控制功能。监控主机通常部署于被监测电缆所属变电站内。

3.7

高压交流电缆在线监测系统 on-line monitoring system on high voltage AC power cables

对高压交流电缆的运行状态进行连续或周期性地监测、分析与辅助诊断的系统,由传感器、信号采集单元和监控主机三部分组成。

3.8

综合监测分析系统 comprehensive monitoring and analysis system

能够接入包括电力电缆在内的各类输变电设备的在线监测信息,并进行集中存储、展示、分析、加工、处理和应用的一种计算机主站系统。

3.9

在线监测装置 on-line monitoring device

在线监测系统中具有某种具体功能的硬件单元,分为户内装置和户外装置。

3.10

户外装置 outdoor device

安装于电缆敷设现场（包括露天、沟槽、隧道）的在线监测装置。

3.11

户内装置 indoor device

安装于户内（包括机房、室内站等可控环境）的在线监测装置。

4 总则

4.1 系统功能

高压交流电缆在线监测系统宜采用分布式监测方式，能对运行状态进行连续或周期性地自动监视检测，能对监测数据进行长期存储、管理、综合分析，以反映电缆长期运行状态的变化趋势，并能以数值、图形、表格、曲线和文字等形式进行显示和描述，在数据异常时进行报警。

4.2 监测项目

应根据高压交流电缆的结构特点、敷设环境、可靠性要求、社会经济效应等条件合理选择监测项目和系统规模。监测项目宜包含局部放电信号、外护层接地电流和电缆运行温度等。

4.3 系统结构

在线监测系统宜采用开放、分层、分布式结构。典型系统结构见附录 A，典型设计方案参见附录 B。

5 工作条件

5.1 户外装置正常工作条件

户外装置应符合电力电缆的运行工况，并能在以下条件下长期运行：

- a) 环境温度：-25℃~+45℃；或-40℃~+45℃。
- b) 环境相对湿度：5%~99%（产品内部既不应凝露，也不应结冰）。
- c) 大气压强：55kPa~110kPa。

5.2 户内装置正常工作条件

户内装置应能在以下条件下长期运行：

- a) 环境温度：-5℃~+45℃。
- b) 环境相对湿度：5%~85%（无冷凝）。
- c) 大气压强：80kPa~110kPa。
- d) 场地安全要求：符合 GB/T 9361 中 B 类安全规定。
- e) 系统安全要求：符合 GB 4943.1 中的相关规定。
- f) 工作电源：额定电压为 AC 220V（1±15%）；频率为（50±0.5）Hz；谐波含量小于 5%。

5.3 特殊工作条件

当超出 5.1 和 5.2 中规定的工作条件时，可由用户与供应商协商确定。

6 技术要求

6.1 安全性能

安全性能要求如下：

- a) 不应改变被监测设备的接线方式、密封性能、绝缘性能以及接地性能，不应影响现场其他设备的安全运行。应保证不会因在线监测系统的故障影响被监测设备的性能。在线监测装置的安装不应影响正常的电缆检修维护工作。
- b) 传感器与信号采集单元应采取防振、防松措施，应具有耐腐蚀性。
- c) 信号采集单元应对内部信号与电路实施有效的隔离和绝缘，其电源也应采用合适的隔离措施。
- d) 监控主机应适合所在场所使用环境。机柜的电磁屏蔽性能应保证在线监测系统能正常工作且不影响场所其他设备的正常工作，机柜应良好散热。
- e) 当被监测电缆本体及接地线等附件流经异常电流时（如允许的最大短路电流、雷电流等），不应因传感器感应出的高电压等原因造成在线监测装置的损坏。

6.2 可靠性

可靠性要求如下：

- a) 在线监测系统内任一组成元件的故障不应造成电力运行设备误动作。
- b) 应防止设备或组件中多个元件或串联元件同时发生故障。
- c) 在线监测系统的设计应充分考虑其工作条件，要求能在第 5 章所述工作条件下长期可靠工作，至少满足平均失效间隔时间（MTBF）大于 25 000h 的要求。

6.3 基本功能要求

6.3.1 监测功能

监测功能要求如下：

- a) 在线监测系统应对高压交流电缆的状态监测量进行实时或周期性地采集和监测。
- b) 信号采集单元应具备电缆状态监测量的自动采集、信号调理、模数转换和数据预处理功能。
- c) 信号采集单元应能够将状态监测量就地数字化和缓存，并能根据需要定期将监测信息发送至监控主机。

6.3.2 数据记录功能

数据记录功能要求如下：

- a) 应准确可靠地存储实时监测数据：信号采集单元应能实现数据现场缓存和转发；监控主机具备定期保存数据流功能，重要状态监测量宜长期存储且存储时间不应低于两年。
- b) 在线监测系统运行后应能正确记录实时数据，系统异常情况下应能建立事件标识。
- c) 在线监测系统应设置数据管理权限，保证数据的安全性；不应因供电电压中断、快速或缓慢波动及跌落丢失已存储的实时数据。
- d) 数据库应自动管理数据，对超过规定存储时间的数据进行清理，对数据库的性能进行动态维护；应提供自动和手动全备份、增量备份数据的功能。
- e) 数据库应具备自动检索功能，用户可通过输入检索条件快速获得满足条件的数据；应提供回放功能，对历史数据进行回放；应具备数据下载功能，根据数据检索条件下载相关数据。

6.3.3 数据分析功能

数据分析功能要求如下：

- a) 在线监测系统应具备数据分析功能，通过各种专业的数据分析工具，对局部放电信号、电缆外护层接地电流、电缆温度等状态监测量进行分析和预测。
- b) 在线监测系统应能以图形、曲线、报表等方式对状态监测量的历史长期变化趋势进行统计、分

析和展示。

- c) 在线监测系统应能提供电缆异常状态监测点定位分析功能，对隐患处做出预判断。
- d) 在线监测系统应提供数据导出功能和离线分析功能。

6.3.4 报警功能

报警功能要求如下：

- a) 在线监测系统应提供异常报警功能，报警阈值应根据电缆运行工况设定。异常报警原因等警告信息应能上传至综合监测分析系统，且宜能同时发送至用户的手持式移动设备上。
- b) 监测数据异常时，监测系统应能切换至人工实时检测、信号分析功能。

6.3.5 通信功能

通信功能要求如下：

- a) 信号采集单元和监控主机之间的通信应满足监测数据交换所需要的、标准的、可靠的现场工业控制总线、以太网总线或无线网络的要求。
- b) 监控主机应能够将经过处理的数据发送至综合监测分析系统；监控主机与综合监测分析系统之间应采用 DL/T 860、DL/T 476 或用户要求的其他标准通信协议进行通信。
- c) 在线监测系统应满足信息安全防护方面的相关要求。
- d) 在线监测系统应具有时钟同步功能，实现系统内各部分的时钟同步。

6.3.6 自诊断及自恢复

自诊断及自恢复功能要求如下：

- a) 在线监测系统应对系统内装置及软件进行自诊断。系统出现异常时，应自动提示。
- b) 应具备自恢复功能，包括装置及软件的定时监控及自启动功能。
- c) 应具备断电保护功能。
- d) 应具备通信自诊断功能。

6.3.7 其他功能

其他功能要求如下：

- a) 在线监测系统应具备应用功能升级和软件升级功能。
- b) 在线监测系统宜具有通过网络远程实现在线监测信息的展示、查询和统计分析功能。
- c) 在线监测系统宜具备远程维护和诊断功能，可通过远程登录实现系统异地维护、升级、故障诊断和排除等工作。

6.4 测量误差

测量误差应满足相关在线监测装置专项技术规范中的具体规定。

6.5 绝缘性能

6.5.1 绝缘电阻

绝缘电阻要求如下：

- a) 在正常试验条件下，在线监测装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，绝缘电阻的要求见表 1。
- b) 在温度 $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $93\% \pm 3\%\text{RH}$ 的恒定湿热条件下，在线监测装置各独立电路与外

露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，绝缘电阻的要求见表 2。

表 1 正常试验条件下绝缘电阻要求

额定工作电压 U_r	绝缘电阻要求
$U_r \leq 60V$	$\geq 100M\Omega$ (用 250V 绝缘电阻表测量)
$60V < U_r < 250V$	$\geq 100M\Omega$ (用 500V 绝缘电阻表测量)
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $60V < U_r < 250V$ 的要求。	

表 2 恒定湿热条件下绝缘电阻要求

额定工作电压 U_r	绝缘电阻要求
$U_r \leq 60V$	$\geq 1M\Omega$ (用 250V 绝缘电阻表测量)
$60V < U_r < 250V$	$\geq 1M\Omega$ (用 500V 绝缘电阻表测量)
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $60V < U_r < 250V$ 的要求。	

6.5.2 介质强度

介质强度要求如下：

- 在正常试验条件下，在线监测装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受频率为 50Hz、历时 1min 的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象。
- 工频耐压试验电压值按表 3 规定进行选择，也可以采用直流试验电压，其值应为规定的交流试验电压值的 1.4 倍。
- 若有安装于电缆接头内部的传感器，应能耐受电缆外护套耐压试验时所施加的直流电压 (10kV)。

表 3 试验电压要求

额定工作电压 U_r	交流试验电压有效值
$U_r \leq 60V$	0.5kV
$60V < U_r < 250V$	2.0kV
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路试验电压采用 $60V < U_r < 250V$ 的要求。	

6.5.3 冲击电压

在正常试验条件下，在线监测装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受 1.2/50 μ s 的标准雷电波的短时冲击电压试验。当额定工作电压大于 60V 时，开路试验电压为 5kV；当额定工作电压不大于 60V 时，开路试验电压为 1kV。试验后装置应无绝缘损坏和器件损坏。

6.6 电磁兼容性能

电磁兼容性能要求如下：

- 在线监测装置的电磁兼容性宜满足表 4～表 8 中所列指标的要求。

表4 交流电源端口抗扰度要求

试验 序号	环境描述	执行标准	装置安装位置				说明
			户外		户内		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4	4kV	2	1kV	—
2	浪涌	GB/T 17626.5	4	4kV	3	2kV	—
3	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	2	3V	—
4	电压暂降	GB/T 17626.11	—	60% U_T , 10 个周期			不适用于交流 输出端口
5	电压短时中断		—	0% U_T , 50 个周期			
注： U_T 为装置的额定工作电压。							

表5 直流电源端口抗扰度要求

试验 序号	环境描述	执行标准	装置安装位置				说明
			户外		户内		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4	4kV	2	1kV	—
2	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	2	3V	—
3	阻尼震荡波 共模差模	GB/T 17626.12	3	2.5kV 1kV	2	1kV 0.5kV	
4	直流电源的纹波	GB/T 17626.17	3	10% U_n			不适用于直流 输出端口
5	电压暂降	GB/T 17626.29	—	40% U_T 和 70% U_T , 0.1s			不适用于直流 输出端口
6	电压短时中断		—	0% U_T , 0.03s			
注： U_n 为装置的直流标称电压， U_T 为装置的额定工作电压。							

表6 外壳抗扰度要求

试验 序号	环境描述	执行标准	装置安装位置				说明
			户外		户内		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	静电放电	GB/T 17626.2	4	8kV 接触放电 15kV 空气放电	3	6kV 接触放电 8kV 空气放电	—
2	辐射电磁场	GB/T 17626.3	3	10V/m	3	10V/m	—
3	工频磁场	GB/T 17626.8	2	3A/m, 连续	2	3A/m, 连续	适用于非磁场敏感设备
			5	100A/m, 连续 1000A/m, 1s	5	100A/m, 连续 1000A/m, 1s	适用电感型传感器等对磁场敏感的装置的设备
4	脉冲磁场	GB/T 17626.9	4	300A/m	2	—	—
5	振荡磁场	GB/T 17626.10	5	100A/m, 2s	3	10A/m, 2s	—

表7 信号数据抗扰度要求

试验 序号	环境描述	执行标准	装置安装位置				说明
			户外		户内		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4	4kV	2	1kV	—
2	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	2	3V	—
3	振荡波 共模差模	GB/T 17626.12	3	2kV 1kV	2	1kV 0.5kV	—
4	阻尼震荡波 共模差模		3	2.5kV 1kV	2	1kV 0.5kV	

表8 接地抗扰度要求

试验 序号	环境描述	执行标准	装置安装位置				说明
			户外		户内		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4	4kV	2	1kV	适用于与安全 接地分开的专用 的功能接地
2	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	2	3V	

- b) 当安装环境的辐射超过了装置允许的电磁兼容性极限时,应改善安装环境,使安装处的辐射场在允许限值内,或者由生产厂商采取特殊措施提高在线监测装置的电磁兼容性极限值,以适应特殊环境的要求。

6.7 环境适应性能

6.7.1 低温

在线监测装置应能承受 GB/T 2423.1 规定的低温试验,试验温度为表 9 规定的低温温度,试验时间 2h。

表9 考核适用温度

单位: °C

环境温度	严 酷 等 级	
	低温温度	高温温度
-5~+45	-5	+70
-25~+45	-25	+70
-40~+45	-40	+70

6.7.2 高温

在线监测装置应能承受 GB/T 2423.2 规定的高温试验,试验温度为表 9 规定的高温温度,试验时间 2h。

6.7.3 恒定湿热

在线监测装置应能承受 GB/T 2423.3 规定的恒定湿热试验。试验温度+40℃±2℃、相对湿度 93%±

3%，试验时间为 48h。

6.7.4 温度变化

在线监测装置应能承受 GB/T 2423.22 规定的温度变化试验，低温为-10℃，高温为+50℃，暴露时间为 2h，温度转换时间为 3min，温度循环次数为 5 次。

6.8 机械性能

6.8.1 振动（正弦）

振动（正弦）性能要求如下：

- a) 在线监测装置应能承受 GB/T 11287 规定的严酷等级为 1 级的振动响应试验。
- b) 在线监测装置应能承受 GB/T 11287 规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验。

6.8.2 冲击

冲击性能要求如下：

- a) 在线监测装置应能承受 GB/T 14537 规定的严酷等级为 1 级的冲击响应试验。
- b) 在线监测装置应能承受 GB/T 14537 规定的严酷等级为 1 级的冲击耐久试验。

6.8.3 碰撞

在线监测装置应能承受 GB/T 14537 规定的严酷等级为 1 级的碰撞试验。

6.9 外壳防护性能

外壳防护性能要求如下：

- a) 户内装置外壳应符合 GB 4208 规定的外壳防护等级 IP42 的要求。
- b) 户外装置应符合 GB 4208 规定的外壳防护等级 IP66 的要求。
- c) 当在线监测装置安装现场有浸水可能时，应由生产厂商和用户协商，按双方同意的防护等级（IP67 或 IP68），确保防水性能或进水后进水量不致达到有害程度。

6.10 结构和外观要求

结构和外观要求如下：

- a) 在线监测装置各电气连接部位应密封良好，防止潮气进入。
- b) 在线监测装置外壳的外露导电部分应在电气上连成一体，并可靠接地。
- c) 外壳应满足发热元器件的散热要求。
- d) 机箱模件应插拔灵活、接触可靠、互换性好。
- e) 外表涂敷、电镀层应牢固均匀、光洁，不应有脱皮锈蚀等。

6.11 连续通电

在线监测系统完成调试后，宜进行 72h（常温）连续通电试验。要求试验期间，测量误差及性能满足技术要求的规定。

6.12 接地要求

接地要求如下：

- a) 在线监测装置的外壳、交流电源、逻辑回路、信号回路和屏蔽层应有效接地，以避免产生接地

环流或接地噪声干扰，同时确保装置的安全防护。

- b) 在线监测装置使用外接测试仪器时，该设备应为测试仪器提供电源连接和接地连接。

6.13 可扩展性

可扩展性要求如下：

- a) 监控主机的数据存储容量应有一定裕度，存储单元应具有可扩充能力。
b) 监测系统应留有扩充信号采集单元、外围设备或系统通信接口。

6.14 主要技术指标

在线监测系统的主要技术指标可参考附录 C。

7 试验项目及要求

7.1 试验条件

除非另有规定，正常试验条件不应超出下列范围：

- a) 环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ （户外试验不做要求）；
b) 相对湿度： $\leq 75\%$ ；
c) 大气压强： $86\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。

注：基于某种原因，装置不能在上述条件下进行试验时，应把实际气候条件记录在检验报告中。当有关标准要求严格控制环境条件时，应在该标准中另行规定。

7.2 基本功能检验

按照现场配置方案组成在线监测系统，给监测系统通电，施加相应信号，分项检验系统是否具有 6.3 节所描述的各项功能。对信号采集单元进行通信功能检测，信号采集单元应能正确响应并传送数据。

7.3 测量误差试验

按照相关在线监测装置专项技术规范的要求进行试验。在进行其他试验项目之前，先进行测量误差试验。完成所有试验项目后，可再进行一次测量误差试验（选取一个测量点）作为参考。

7.4 绝缘性能试验

7.4.1 绝缘电阻试验

根据 6.5.1 的要求，按 GB/T 7261—2008 第 12 章的方法进行绝缘电阻试验。测试前应断开被试回路与外部的电气连接。湿热条件下的绝缘电阻试验同上，但应在完成湿热试验之后 5min 内进行。

7.4.2 介质强度试验

根据 6.5.2 的要求，按 GB/T 7261—2008 第 12 章方法进行介质强度试验。试验前，除被试回路外，其余回路应等电位互联并接地。试验过程中及试验后，装置不应发生击穿、闪络及元器件损坏现象。

7.4.3 冲击电压试验

根据 6.5.3 的要求，按 GB/T 7261—2008 第 12 章的方法进行冲击电压试验。试验前，除被试回路外，其余回路应等电位互联并接地。试验过程中及试验后，装置不应发生击穿、闪络及元器件损坏现象。

7.5 电磁兼容性能试验

7.5.1 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照 GB/T 17626.4 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按照 GB/T 17626.6 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.6 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.7 脉冲磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.9 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.8 阻尼振荡磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.10 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.9 电压暂降、短时中断抗扰度试验

按照 GB/T 17626.11 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.10 振荡波抗扰度试验

按照 GB/T 17626.12 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.11 直流电源输入端口纹波抗扰度试验

按照 GB/T 17626.17 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.5.12 直流电源输入端口电压暂降、短时中断抗扰度试验

按照 GB/T 17626.29 规定的方法进行试验。在线监测装置应能满足 6.6 规定的抗扰度要求。

7.6 环境适应性能试验

7.6.1 低温试验

按 GB/T 2423.1 规定的试验要求和试验方法进行，应能承受严酷等级为：温度为表 9 规定的低温温

度、持续时间 2h 的低温试验。试验期间及试验后，监测装置应能正常工作。

7.6.2 高温试验

按 GB/T 2423.2 规定的试验要求和试验方法进行，应能承受严酷等级为：温度为表 9 规定的高温温度、持续时间 2h 的高温试验。试验期间及试验后，监测装置应能正常工作。

7.6.3 恒定湿热试验

按 GB/T 2423.3 规定的试验要求和试验方法进行，应能承受严酷等级为：温度 $+40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $93\%\pm 3\%\text{RH}$ 、持续时间 48h 的恒定湿热试验。试验期间及试验后，监测装置应能正常工作。

7.6.4 温度变化试验

按 GB/T 2423.22 规定的试验要求和试验方法进行，应能承受严酷等级为：低温为 -10°C 、高温为 $+50^{\circ}\text{C}$ 、暴露时间为 2h、温度转换时间为 3min、温度循环次数为 5 次的温度变化试验。试验期间及试验后，监测装置应能正常工作。

7.7 机械性能试验

7.7.1 振动（正弦）试验

7.7.1.1 振动响应试验

按 GB/T 11287 的规定和方法，对在线监测装置进行严酷等级 1 级的振动响应试验。监测装置不工作，将其固定在扫频范围为 10Hz~150Hz，60Hz 以下振幅为 0.035mm、60Hz 以上峰值加速度为 5m/s^2 的振动试验台上，在每个轴线方向上进行一次扫频循环，时间约 8min。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

7.7.1.2 振动耐久试验

按 GB/T 11287 的规定和方法，对在线监测装置进行严酷等级 1 级的振动耐久试验。监测装置不工作，将其固定在扫频范围为 10Hz~150Hz、峰值加速度为 10m/s^2 的振动试验台上，在每个轴线方向上进行 20 次扫频循环，每次扫频循环约 8min。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

7.7.2 冲击试验

7.7.2.1 冲击响应试验

按 GB/T 14537 的规定和方法，在线监测装置不工作，进行严酷等级 1 级的冲击响应试验。加速度峰值为 49m/s^2 ，脉冲持续时间为 11ms，在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加 3 个脉冲。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

7.7.2.2 冲击耐久试验

按 GB/T 14537 的规定和方法，在线监测装置不工作，进行严酷等级 1 级的冲击耐久试验，加速度峰值为 147m/s^2 ，脉冲持续时间为 11ms，在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加 3 个脉冲。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

7.7.3 碰撞试验

按 GB/T 14537 的规定和方法，在线监测装置不工作，进行严酷等级 1 级的碰撞试验，加速度峰值

为 98m/s^2 ，脉冲持续时间为 16ms ，在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加 1000 个脉冲。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

7.8 外壳防护性能试验

按 GB 4208 规定的试验要求和试验方法进行，外壳防护等级应满足 6.9 的要求。

7.9 结构和外观检查

根据 6.10 的要求逐项进行检查。

7.10 连续通电试验

按照现场配置方案组成在线监测系统，工作电压为额定值，施加相应信号使在线监测系统工作在有效测量范围，进行 72h 连续通电试验（常温）。同时进行测量数据稳定性检查，数据记录时间间隔不大于 2h，或不少于 12 次/24h。要求 72h 期间监测系统各项功能正常。

8 检验规则

8.1 检验类型和项目

高压交流电缆在线监测系统检验分为型式试验、出厂试验、交接试验、现场试验和特殊试验五类，其中通用性试验项目宜按表 10 的规定执行，其余的专用性试验项目可参照相关专项技术规范执行。

表 10 试 验 项 目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
1	结构和外观检查	6.10	7.9	●	●	●	●
2	基本功能检验	6.3	7.2	●	●	●	●
3	测量误差试验	6.4	7.3	●	●	●	●
4	绝缘电阻试验	6.5.1	7.4.1	●	●	●	*
5	介质强度试验	6.5.2	7.4.2	●	●	*	*
6	冲击电压试验	6.5.3	7.4.3	●	●	*	○
7	电磁兼容性能试验	6.6	7.5	●	○	○	○
8	低温试验	6.7.1	7.6.1	●	○	○	○
9	高温试验	6.7.2	7.6.2	●	○	○	○
10	恒定湿热试验	6.7.3	7.6.3	●	○	○	○
11	温度变化试验	6.7.4	7.6.4	●	○	○	○
12	振动试验	6.8.1	7.7.1	●	○	○	○
13	冲击试验	6.8.2	7.7.2	●	○	○	○
14	碰撞试验	6.8.3	7.7.3	●	○	○	○
15	外壳防护性能试验	6.9	7.8	●	○	○	○
16	连续通电试验	6.11	7.10	●	○	*	○

注：●表示规定应做的项目；○表示规定可不做的项目；*表示根据客户要求选做的项目。

8.2 型式试验

当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型，投运前；
- b) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产一年以上又重新恢复生产时；
- d) 出厂试验结果与型式试验有较大差异时；
- e) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- f) 合同规定进行型式试验时。

8.3 出厂试验

每台监测装置出厂前在正常试验条件下逐个按规定进行例行检验，检验合格后，附有合格证，方可出厂。

8.4 交接试验

在装置安装完毕后、正式投运前，由运行单位开展试验，装置试验合格后，方可运行。

8.5 现场试验

现场试验是现场运行单位或具有资质的检测单位对现场待测装置性能进行测试。现场试验一般分两种情况：

- a) 对装置进行的例行校验，校验周期为1年~2年；
- b) 怀疑装置有故障时。

8.6 特殊试验

根据应用需求，需要增补的试验项目。特殊试验项目可包括：

- a) 可靠性试验：一般按照 GB 11463 的规定，通过专项试验进行，也可在监测系统运行时进行统计；
- b) 严酷等级为8的防水性能试验：可按照 GB 4208 的规定，按生产厂商和用户双方同意的试验条件（应比特征数字为7时更为严酷）进行试验；
- c) 耐腐蚀试验：可参照 GB/T 2423.18 的规定，按生产厂商和用户双方约定的严酷等级进行试验。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 产品标志

在产品的显著位置应有下列标志：

- a) 设备型号；
- b) 产品全称；
- c) 制造厂全称及商标；
- d) 额定参数；
- e) 出厂年月及编号。

9.1.2 包装标志

在包装箱的适当位置，应标有显著、牢固的包装标志，内容包括：

- a) 生产企业名称、地址；
- b) 产品名称、型号；
- c) 设备数量；
- d) 包装箱外形尺寸及毛重；
- e) 包装箱外面书写“防潮”“小心轻放”“不可倒置”等字样；
- f) 到站（港）及收货单位；
- g) 发站（港）及发货单位。

9.1.3 储运图示和收发货标志

包装储运图示和收发货标志应根据被包装产品的特点，按 GB/T 191 和 GB 6388 的有关规定正确选用。

9.2 包装

9.2.1 产品包装前的检查

产品包装前应进行下列检查：

- a) 产品的合格证书和产品说明书、附件、备品、备件齐全；
- b) 产品外观无损伤；
- c) 产品表面无灰尘。

9.2.2 包装的一般要求

产品应有内包装和外包装，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防振等措施。

9.3 运输

按 GB/T 4798.2 执行，产品应适用于陆运、空运、水（海）运，按运输装卸包装箱上的标准进行操作。运输允许的环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 85%。

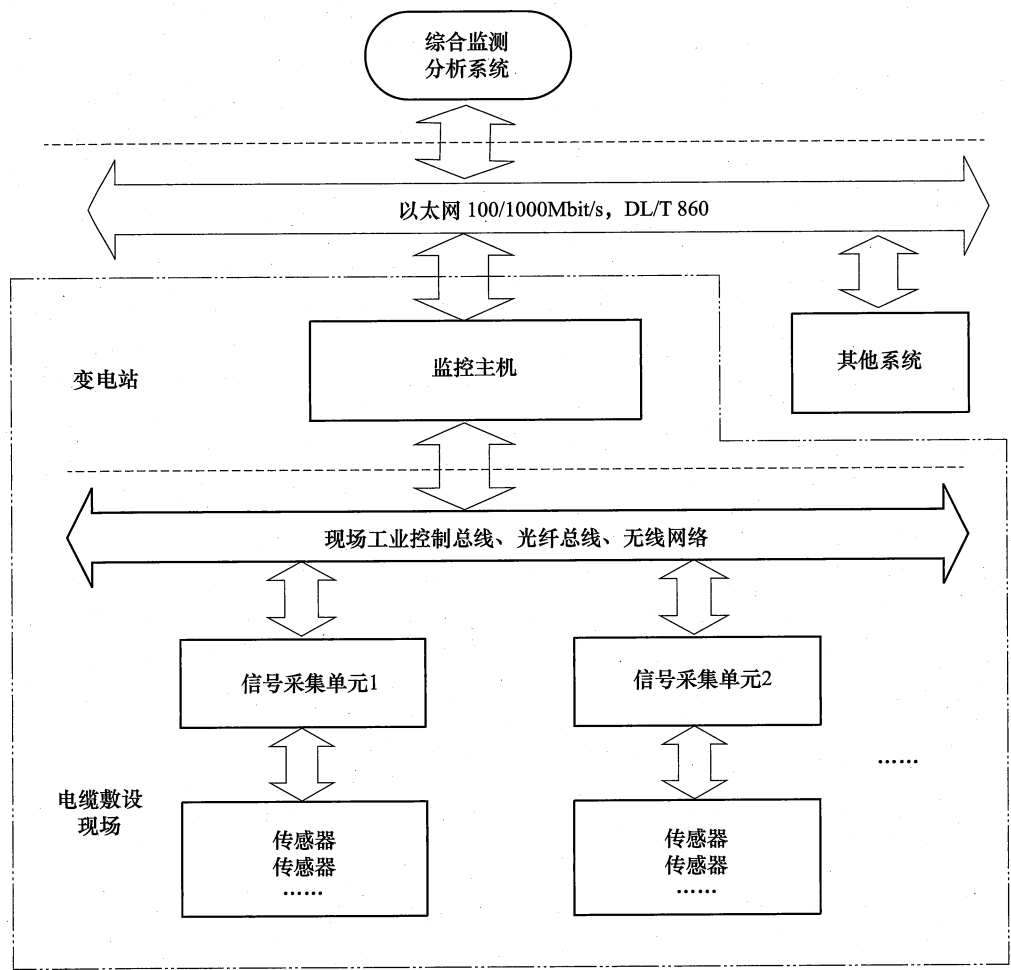
9.4 贮存

9.4.1 包装好的产品应贮存在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 85%的库房内，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘雨雪的侵蚀。

9.4.2 应指明产品贮存期限及超过规定期限后应采取的措施。

附录 A
(规范性附录)
在线监测系统典型结构

高压交流电缆在线监测系统典型结构如图 A.1 所示。



注：分布式光纤测温系统的信号采集单元可与监控主机合并安装。

图 A.1 高压交流电缆在线监测系统（虚线框内）典型结构

附录 B
(资料性附录)
在线监测系统典型设计方案

对高压交流电缆可根据实际需要选择在线监测系统的种类，系统典型设计方案可参考图 B.1。

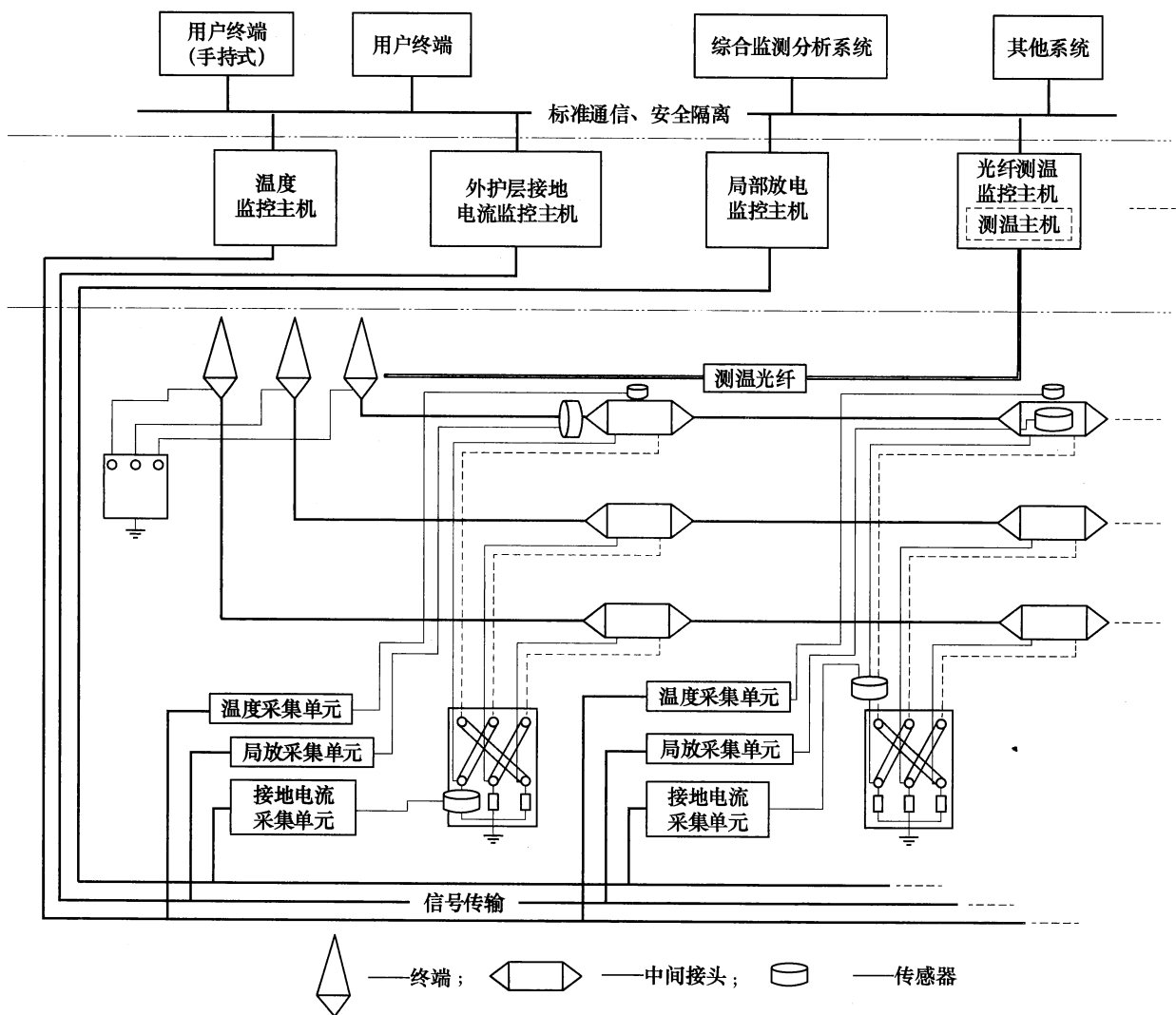


图 B.1 高压交流电缆在线监测系统典型设计方案

高压交流电缆在线监测系统各组成部分可采用以下方式配置：

- a) 传感器。可根据传感器类型和电缆敷设方式等因素选择外置式或内置式传感器。外置式传感器一般固定在电缆接头或附近、电缆本体外护套周围、接地箱以及交叉互联箱的交叉连片或接地线等位置。可对接地箱、交叉互联箱进行适当改造以方便传感器的固定。内置式传感器一般安装于电缆的外半导体屏蔽处。
- b) 信号采集单元。为节约占地面积，可将同一位置的多个信号采集单元（同一状态监测量或不同状态监测量）集中安装在同一现场采集箱中。

- c) 电源。安装于电缆敷设现场的信号采集单元可由传感器感应电或外接交直流电源供电。
- d) 信号传输通道。信号传输通道可以选择各种标准总线、光纤、无线通信等传输方式。选择传输方式时应考虑信号传输距离和抗干扰性能。
- e) 监控主机。针对多个状态监测量的在线监测系统可共用同一台监控主机。

附 录 C
(资料性附录)
在线监测系统技术指标

高压交流电缆在线监测系统的主要技术指标可参考表 C.1。

表 C.1 高压交流电缆在线监测系统主要技术指标

监测对象	技术参数名称	技术指标要求
电缆运行温度	温度测量范围	$-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$
	温度测量误差	$\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$
	温度分辨率	$\leq 0.5^{\circ}\text{C}$
	空间分辨率	线型测温: $\leq 2\text{m}$ 点型测温: $\leq 10\text{cm}$
	报警响应时间	$\leq 5\text{s}$
	系统时延	$\leq 1\text{s}$
局部放电信号	频带范围	大于 $1\text{MHz} \sim 20\text{MHz}$ 中心频率可调
	检测量程	$5\text{pC} \sim 5000\text{pC}$, 三相同时检测
	灵敏度	$\leq 5\text{pC}$ (或等效于 5pC 的 mV 值)
	局部放电信号响应时间	$< 20\text{ns}$
	采样频率	$\geq 100\text{MHz}$ (MS/s)
	系统噪声	$< 2\text{pC}$
	参考相位精度	$\leq 0.1^{\circ}$
	信号监视	提供信号幅值、相位、放电频次等基本的局部放电表征参数及二维 ($Q-\phi$ 、 $Q-t$ 、 $N-t$ 等)、三维 ($Q-\phi-n$ 、 $Q-\phi-t$ 等) 放电图谱
外护层接地电流	电流测量范围	$0.1\text{A} \sim 1000\text{A}$ (可根据线路选配)
	电流测量精度	0.5 级
	频率测量范围	$10\text{Hz} \sim 1000\text{Hz}$
	采样频率	$\geq 100\text{kHz}$ (kS/s)
	采样分辨率	$\geq 12\text{bit}$
	报警响应时间	$\leq 5\text{s}$

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
高压交流电缆在线监测系统
通 用 技 术 规 范
DL/T 1506—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 1.5印张 39千字
印数 0001—2000册

*

统一书号 155123·3185 定价 13.00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

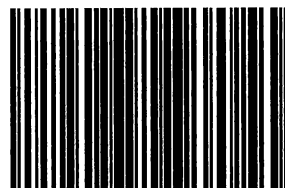
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3185

上架建议：电力工程/输配电