

# 团 体 标 准

T/CAMET XXXXX. 2—XXXX

## 城市轨道交通 智能变电所 第2部分：监 控系统

Urban rail transit — Smart substation — Part 2: Monitored control system

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2025 年 3 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国城市轨道交通协会 发 布

# 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	III
1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语和定义 .....	4
4 缩略语 .....	5
5 使用条件 .....	5
6 系统架构及配置 .....	5
6.1 系统架构 .....	5
6.2 系统配置 .....	6
7 技术要求 .....	8
7.1 功能要求 .....	8
7.2 装置配置 .....	11
7.3 性能要求 .....	12
8 试验方法 .....	13
8.1 试验条件 .....	13
8.2 模块试验 .....	13
8.3 系统整组试验 .....	14
9 检验规则 .....	15
9.1 检验分类 .....	15
9.2 出厂检验 .....	15
9.3 型式检验 .....	15
9.4 合格判定 .....	16
9.5 检验项目 .....	16
附 录 A （资料性） 试验组网示意图 .....	17
A.1 试验基准平台组网示意 .....	17
A.2 重构自愈试验连接示意 .....	17
参 考 文 献 .....	19

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是T/CAMET XXXXX《城市轨道交通 智能变电所》的第2部分。T/CAMET XXXXX已经发布以下部分：

- 第1部分：通用技术要求；
- 第2部分：监控系统；
- 第3部分：供电设备状态监测及诊断评估系统。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中铁第四勘察设计院集团有限公司、天津凯发电气股份有限公司、国电南京自动化股份有限公司、郑州地铁集团有限公司、昆明轨道交通集团有限公司、长沙市轨道交通集团有限公司、重庆中车时代电气技术有限公司、天津轨道交通集团有限公司、广州有轨电车有限责任公司、重庆市轨道交通（集团）有限公司。

本文件主要起草人：王开康、钟骏、盛蓉蓉、何斌、许龙、何俊文、宋金川、闫兆辉、李佑文、陈斌、郝晓平、刘军、钱辉、邱力博、许尚农、胡珂、张敏、易韵岚、汤尧、王艳文、夏波、钟辉。

## 引 言

城市轨道交通智能变电所采用可靠、经济、集成、节能、环保的设备与设计，以全所信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、一次设备智能化和运行状态可视化为基本要求，实现变电所智能化运行，提高供电系统运行可靠性及经济性。在《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》的指导下，智能变电所经过一段时期的发展，关键技术已经成熟，并在多个工程中应用，成为城市轨道交通供电系统的发展方向。

城市轨道交通智能变电所监控系统负责对变电所的运行状态进行实时监视控制，以确保变电所的正常运行；供电设备状态监测及诊断评估系统侧重于对变电所供电设备的健康状态进行监测，对供电设备潜在故障进行早期预警和诊断；监控系统和供电设备状态监测及诊断评估系统在数据共享、协同工作、系统架构等方面又存在紧密联系。T/CAMET XXXXX《城市轨道交通 智能变电所》旨在对城市轨道交通智能变电所的通用技术要求和关键系统部件进行规范，拟由3个部分构成。

- 第1部分：通用技术要求。目的在于规定城市轨道交通智能变电所的使用条件、体系架构、通用技术要求等。
- 第2部分：监控系统。目的在于规定城市轨道交通智能变电所监控系统的总体构成、技术要求、试验方法、检验规则等，为该产品的设计、制造和检验提供依据。
- 第3部分：供电设备状态监测及诊断评估系统。目的在于规定城市轨道交通变电所供电设备状态监测及诊断评估系统的构成、功能要求、技术要求、试验方法、检验规则等方面的内容，为该产品的设计、制造和检验提供依据。

# 城市轨道交通 智能变电所 第2部分：监控系统

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通智能变电所监控系统的使用条件、系统架构及配置、技术要求、试验方法和检验规则。

本文件适用于采用直流牵引供电的城市轨道交通工程智能变电所监控系统（以下简称为“监控系统”）的设计、制造和检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- 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/T 13729—2019 远动终端设备
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 17742 中国地震烈度表
- GB/T 26865.2 电力系统实时动态监测系统 第2部分：数据传输
- GB/T 26866 电力时间同步系统检验规范
- GB/T 30094—2013 工业以太网交换机技术规范
- GB/T 30155—2013 智能变电所技术导则
- GB/T 33591 智能变电站时间同步系统及设备技术规范
- GB/T 34132—2017 智能变电站智能终端装置通用技术条件
- GB/T 42148—2022 轨道交通 地面装置 直流保护测控装置
- GB/T 42149—2022 轨道交通 地面装置 基于数字通信的中压供电系统电流保护技术规范
- GB 50157 地铁设计规范
- DL/T 478 继电保护和安全自动装置通用技术条件
- DL/T 634.5104 远动设备及系统 第5-104部分：传输规约 采用标准传输协议集的 IEC60870-5-101网络访问
- DL/T 860（所有部分） 电力自动化通信网络和系统
- DL/T 1403 智能变电站监控系统技术规范
- DL/T 1912—2018 智能变电站以太网交换机技术规范
- DL/T 1940 智能变电站以太网交换机测试规范
- NB/T 42015 智能变电站网络报文记录及分析装置技术条件
- T/CAMET XXXXX—XXXX 城市轨道交通 电力监控系统
- T/CAMET XXXXX.1 城市轨道交通 智能变电所 第1部分：通用技术要求
- T/CAMET XXXXX.3—XXXX 城市轨道交通 智能变电所 第3部分：供电设备状态监测及诊断评估系统

## 3 术语和定义

GB/T 30155—2013、DL/T 860（所有部分）、GB/T 26865.2、DL/T 1403和T/CAMET XXXXX.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

## 3.1

**通信网关机 smart communication gateway**

一种变电所通信装置，通过规约转换能实现变电所监控系统与电力调度系统之间的通信，为电力调度系统对变电所的监视控制、信息查询、远程浏览和设备诊断等功能，提供数据、模型、图形和文件的传输服务。

[来源：GB/T 30155—2013，3.1.10，有修改]

## 3.2

**电力调度系统 power dispatching system**

对城市轨道交通供电系统运行监视、操作控制、安全分析、计划编制、辅助决策、调度管理等业务提供技术支持，面向城市轨道交通供电调度业务的自动化系统。

[来源：GB/T 35682—2017，3.1，有修改]

## 3.3

**数据传输通道 data transmission channel**

用于传输数据链路层数据帧，由确定的物理通信资源映射的数据链路层的逻辑信道。

[来源：GB/T 42019—2022，3.1.17]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

BDS——北斗卫星导航系统 (Beidou Navigation Satellite System)

GOOSE——通用面向变电所事件对象 (Generic Object Oriented Substation Event)

HSR——高可靠性无缝冗余 (High-availability Seamless Redundancy)

ICD——IED能力描述文件 (IED Capability Description)

IED——智能电子装置 (Intelligent Electronic Device)

IP——互联网协议 (Internet Protocol)

IRIG-B——靶场仪器组B码 (Inter-Range Instrumentation Group-B)

MMS——制造报文规范 (Manufacturing Message Specification)

PRP——并行冗余协议 (Parallel Redundancy Protocol)

SCD——变电所配置描述 (Substation Configuration Description)

SMV——采样值 (Sampled Measurement Values)

SNMP——简单网络管理协议 (Simple Network Management Protocol)

SNTP——简单网络时间协议 (Simple Network Time Protocol)

SOE——事件顺序记录 (Sequence Of Event)

VLAN——虚拟局域网 (Virtual Local Area Network)

## 5 使用条件

5.1 除 T/CAMET XXXXX.1 中规定的环境条件外，监控系统还应能在以下条件下正常工作：

- a) 使用场地的电磁环境符合 DL/T 478 规定；
- b) 使用场地符合 GB/T 9361 中 B 类安全要求；
- c) 使用场地的振动严酷等级不大于 GB/T 11287 规定的 1 级，可能出现的地震烈度不超过 GB/T 17742 规定的 VII 度；
- d) 使用场地无爆炸危险的物质，周围介质中不含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面敷层的介质及导电介质，没有严重的霉菌存在；
- e) 有雨、雪、风、沙、尘埃。

5.2 当超出 5.1 规定的使用条件时，由供需双方协商确定。

## 6 系统架构及配置

## 6.1 系统架构

监控系统架构按逻辑功能划分为站控层、间隔层和过程层。监控系统典型结构示意图1。

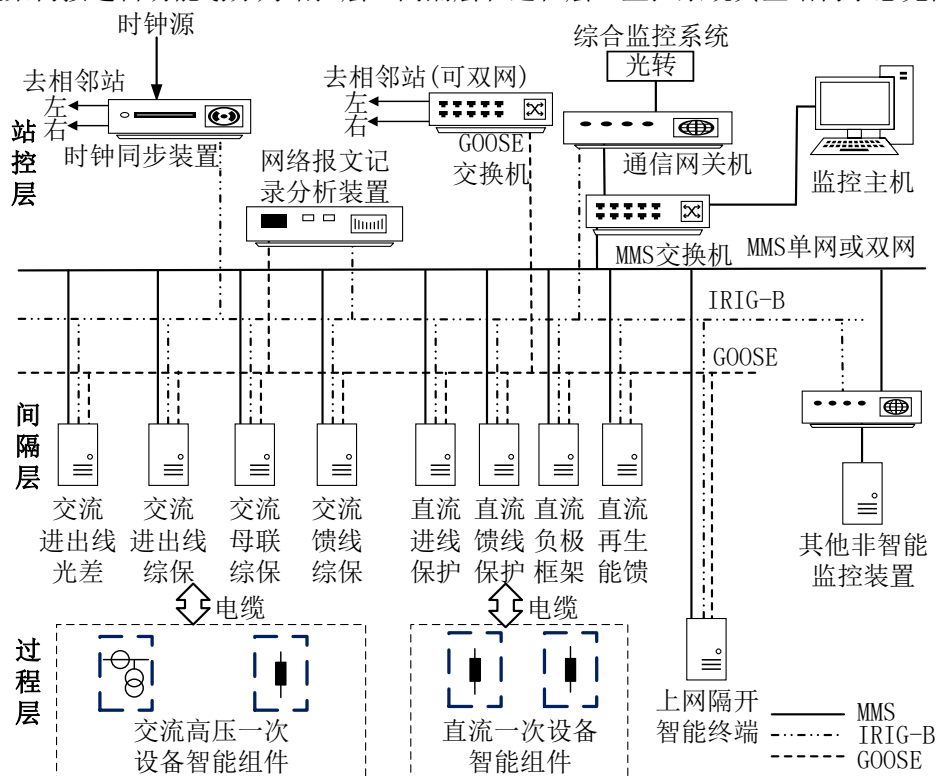


图1 监控系统典型结构示意图

## 6.2 系统配置

### 6.2.1 站控层

站控层设备包括监控主机、通信网关机、网络报文记录分析装置、时钟同步装置及通信设备。

### 6.2.2 间隔层

间隔层设备主要包括保护测控及安全自动装置（交流进出线光差保护、交流进出线综保、交流母联综保、交流馈线综保、直流进线保护、直流馈线保护、直流负极框架保护及直流再生能馈保护等）及其他非智能监控装置（计量表计、其他监控设备等）。

### 6.2.3 过程层

过程层设备主要包括交流高压一次设备智能组件、直流一次设备智能组件及接触网上网隔离智能终端。

### 6.2.4 通信网络

变电所内网络包括站控层网络、过程层网络和时钟网络。变电所间网络包括过程层网络和时钟网络。各网络结构要求如下：

- 站控层网络拓扑宜采用双星型以太网或环型以太网。双星型以太网链路协议宜采用 PRP 协议，环形以太网链路协议宜采用 HSR 协议。传输协议应采用 DL/T 860（所有部分），通信介质可根据需要选用光纤或双绞线，通信速率不低于 100 Mbit/s。
- 过程层网络应采用双网冗余的模式，传输协议应符合 DL/T 860（所有部分），通信介质应使用光纤。变电所间过程层通信典型网络结构示意图 2。

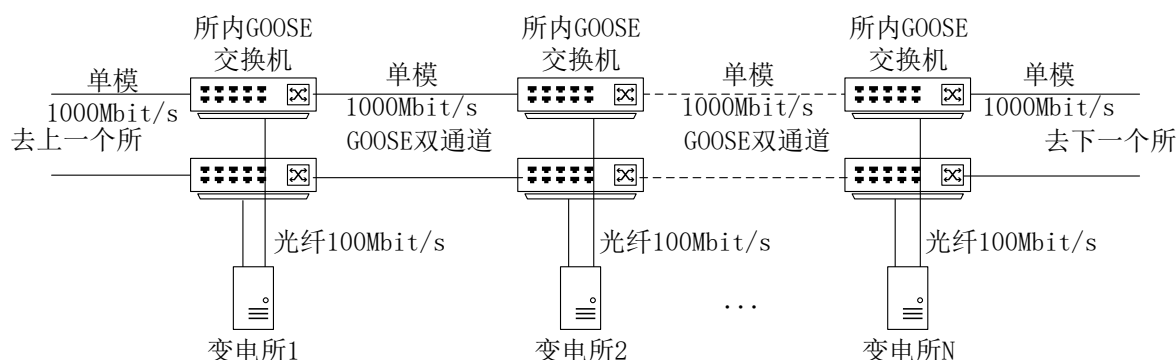


图2 变电所间过程层通信典型网络结构示意图

- c) 时钟网络由时钟源、时钟同步装置、通信网络构成。全线时钟网络可采用单环网或双环网，单环网典型结构见图3，双环网典型结构见图4。全线时钟网络外部时钟源不应少于两处，变电所内具备安装卫星天线时应采用 BDS 信号作为时钟源，变电所内不具备安装卫星天线时可采用城市轨道交通通信主母钟或者二级母钟作为时钟源。

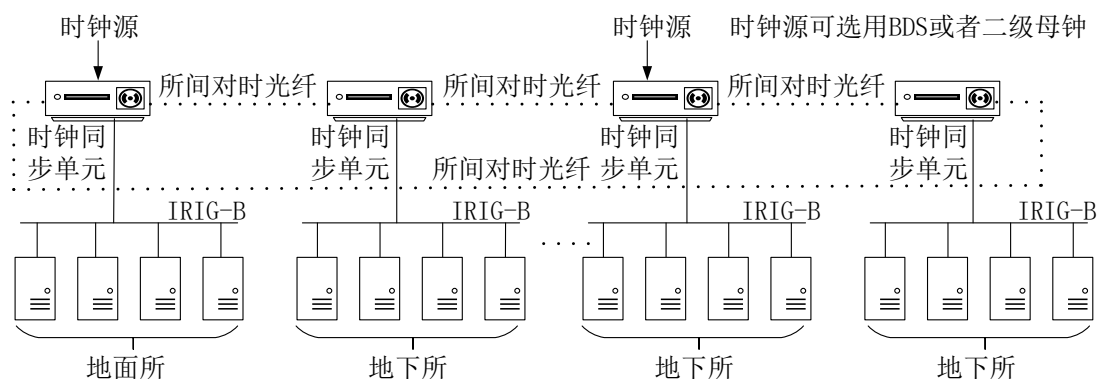


图3 时钟单环典型网络示意图

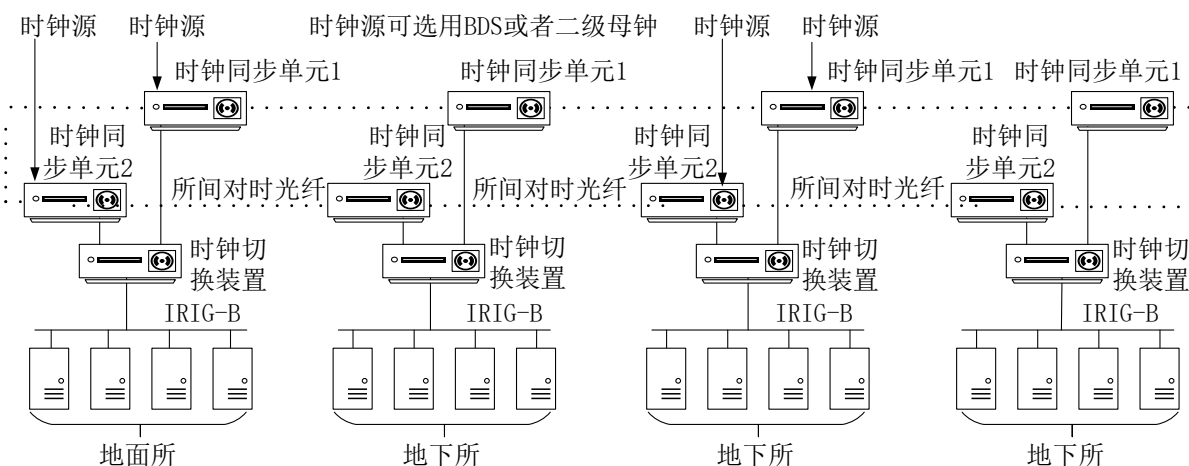


图4 时钟双环典型网络示意图

## 6.2.5 软件

6.2.5.1 根据监控系统及变电所内、变电所间信息交互和共享的需求，监控系统的软件包含系统软件、监控软件、配置工具软件和模型校核工具软件。

6.2.5.2 系统软件主要由操作系统、历史数据库、实时数据库等组成。



6.2.5.3 监控软件主要由画面编辑软件、监控实时运行软件及实时告警窗等组成，用于系统的配置和运行监控。

6.2.5.4 配置工具软件由装置配置工具软件和系统配置工具软件等组成，用于创建和修改 ICD、SCD 文件及参数设定等。

6.2.5.5 模型校核工具软件用于读取变电所 SCD 文件，进行语义和语法验证，检测装置配置参数的合理性和一致性。

## 7 技术要求

### 7.1 功能要求

#### 7.1.1 基本功能

监控系统的基本功能应满足 T/CAMET XXXXX—XXXX 中 6.5.1.1～6.5.1.3 的要求，还应满足 7.1.2～7.1.15 的要求。

#### 7.1.2 数据采集与数据传输功能

数据采集应满足变电所运行管理、电力调度系统及其他系统的数据需求，数据采集范围和传输还应满足以下要求：

- a) 数据采集范围包括系统运行数据、设备运行信息、变电所运行异常信息；
- b) 系统运行数据包括稳态、动态和暂态数据；
- c) 设备运行信息包括一次设备、二次设备和辅助设备的运行信息；
- d) 变电所运行异常信息包括保护动作、异常告警、自检信息和分析结果信息等；
- e) 变电所内、变电所间数据传输采用 DL/T 860（所有部分）协议；
- f) 变电所与电力调度系统之间通信采用 DL/T 634.5104 协议。

#### 7.1.3 数据处理功能

数据处理应支持逻辑运算与算术运算功能，支持时标和品质的运算处理、通信中断品质处理功能，还应满足以下要求：

- a) 支持遥信信号的与、或、非等运算；
- b) 支持遥测信号的加、减、乘、除等运算；
- c) 合成信号的时标为触发变化的信息点所带的时标；
- d) 断路器、隔离开关位置等双点遥信参与合成计算时，参与量有不定态（00）或者故障态（11），并标识合成结果；
- e) 与设备通信中断后，该设备数据品质置为无效，通信恢复后，对该设备数据进行总召；
- f) 事故总信号采用“或”逻辑，支持自动复归与人工复归两种方式，自动复归时间可配置；
- g) 装置开机/重启时，在完成变电所内数据初始化后响应数据请求，能正确判断并处理接入设备的通信中断或异常。

#### 7.1.4 数据存储功能

监控系统宜将所采集数据（包括站控层装置、间隔层装置及过程层装置的事件报告、报警报告、故障报告、整定值等）存储为计算机数据文件或存入数据库，并应具备数据文件的备份或转储及多维度查询、统计、分析功能。

#### 7.1.5 监控管理功能

监控管理功能主要由画面编辑软件、监控软件等应用软件完成，应满足以下要求：

- a) 具备实时、准确的监视能力；
- b) 具备控制、维护和管理等功能；
- c) 具备人机操作界面，能对各种应用画面和数据库进行在线修改、编辑和定义；
- d) 具有看门狗、自诊断自恢复功能；
- e) 具备用户管理功能，能对不同的角色分配不同的权限；

- f) 能根据要求修改、增扩系统监控对象和应用画面；
- g) 具备日志功能，日志类型至少包括运行日志、操作日志、维护日志等。

### 7.1.6 通信管理功能

通信管理功能主要由通信网关机、MMS交换机和GOOSE交换机等完成，应满足以下要求：

- a) 通信网关机要求如下：
  - 1) 具备对变电所内所有保护、测控及其他装置的数据采集、数据处理和控制，并向其他系统转发信息的功能；
  - 2) 具备电笛、电铃音响驱动及试验、复归功能，并具备驱动中间继电器断电重启另一台通信网关机的功能；
  - 3) 具备远程和本地维护功能，维护内容包括软件升级、配置文件上传和下载等；
  - 4) 在外部电源故障或失电时，通信网关机装置所有重要信息不丢失，能在外部电源恢复时，恢复其正常功能，重新正确显示并输出；
  - 5) 具有硬件自复位能力，死机时能自动复位；
  - 6) 具备向供电设备状态监测及诊断评估系统转发数据的功能；
  - 7) 支持单机或双机模式，当采用双机模式时，按照独立双机热备用配置，任一通信网关机故障不会影响系统与数据传输通道之间的通信，双机切换前的信息不主动重传；
- b) MMS 交换机符合 GB/T 30094—2013 的规定；
- c) GOOSE 交换机符合 DL/T 1912—2018 的规定，并满足以下要求：
  - 1) 支持基于 VLAN(802.1q)的网络隔离和安全；
  - 2) 支持基于 Quality of Service(802.1p)的服务质量，支持实时数据流，支持组播过滤；
  - 3) 支持端口配置、状态统计、镜像、安全管理、SNMP；
  - 4) 支持光纤口链路故障管理；
  - 5) 无风扇设计，提供完善的异常告警功能，包括失电告警/端口异常等；
  - 6) 支持星型、环型组网方式。

### 7.1.7 保护测控及安全自动功能

保护测控及安全自动功能主要由中压交流保护装置、直流保护装置等完成，应满足以下要求：

- a) 继电保护配置符合 GB/T 14285 的规定；
- b) 中压交流保护装置符合 GB/T 42149—2022 的规定；
- c) 直流保护装置符合 GB/T 42148—2022 的规定；
- d) 针对互感器的输出特性，能优化相关继电保护和稳定控制算法，提高继电保护装置及安全自动装置的性能；
- e) 能适应风电、太阳能等可再生能源接入后可能出现的特殊工况；
- f) 具备自检及自诊断功能；
- g) 支持 DL/T 860（所有部分）通信协议，并按照 DL/T 860（所有部分）统一建模，具备完善的自描述功能；
- h) 在任何网络工况流量冲击下，均不能死机或重启；
- i) 能将采集信息、控制对象相同的不同保护功能进行集成。

### 7.1.8 过程层通信功能

过程层通信功能主要由接触网上网隔离智能终端、保护测控及安全自动装置等完成，应满足以下要求：

- a) 在任何网络工况流量冲击下，装置均不死机或重启；
- b) 支持 DL/T 860（所有部分）通信协议，并按照 DL/T 860（所有部分）统一建模，具备完善的自描述功能；
- c) 具备自检及自诊断功能。

### 7.1.9 网络报文记录分析功能

监控系统应配置独立的网络报文记录分析装置，实现对全所网络报文的实时监控、捕捉、存储、统计和分析功能。网络报文记录分析功能应符合NB/T 42015的规定，要求如下：

- a) 应能实时监控及分析所有报文，并给出格式错误、数据错误、SCD 配置不一致等告警信息；
- b) 应能实时监控及分析网络状态；
- c) 应能实时监控网络中节点的增加和删除、报文流量、帧速、通信状态等，给出预警信息或自启动报文记录。启动报文记录的条件应包括：流量异常、网络风暴、节点突增、通信超时和通信中断等；
- d) 应具备网络流量、报文的统计功能；
- e) 应提供就地人机交互接口，可对网络报文记录分析装置进行数据查询和调用；
- f) 应对操作（如用户登录等）以固定菜单形式实现并形成工况记录；
- g) 应具有数据文件的管理列表，可对历史数据进行查询、分析、打印、导出和管理等功能，应能根据时间、类型和服务等关键字对已记录的数据进行查询；
- h) 应能根据设定的条件向电力调度系统上传有关数据和分析报告，宜采用 DL/T 860（所有部分）规定的文件服务进行传送。

#### 7.1.10 时钟同步功能

时钟同步功能应满足以下要求：

- a) 时钟同步网络接入两个时钟源信号，满足全线设备统一对时的要求；
- b) 时钟同步网络能满足变电所间时钟同步装置之间的对时要求；
- c) 时钟同步网络能对时钟源的时钟信号质量进行优劣比选，选出时钟信号最优的时钟同步装置作为时钟网络的主时钟，主时钟通过光纤网络将时钟信号输出至各变电所时钟同步装置；
- d) 时钟同步装置能为全所设备进行授时，实现全所时间同步，并具有守时功能。

#### 7.1.11 分层闭锁控制功能

监控系统应具有在轨道交通供电系统范围内防止电气误操作的闭锁功能。应在设备本体、间隔层、站控层实现分层闭锁，各层闭锁逻辑相互独立。就地闭锁可由机构电气闭锁实现本间隔的闭锁；间隔层、站控层宜采用逻辑闭锁，闭锁逻辑可编辑和修改。逻辑闭锁功能可投退。

#### 7.1.12 层次化保护功能

监控系统应具备层次化保护功能。层次化保护分为就地保护和基于通信的网络化保护，就地保护应完成单个设备间隔的保护功能，网络化保护应基于变电所内、变电所间信息优化保护的选择性和速动性，实现故障隔离。层次化保护功能要求如下：

- a) 就地保护应符合 GB 50157 的规定；
- b) 直流接触网（轨）保护应满足 GB/T 42148—2022 规定的功能要求；
- c) 交流保护应满足 GB/T 42149—2022 规定的功能要求，可配置母差保护，母差保护的模拟量采集可采用电缆直采方式或 SMV 协议方式；
- d) 中压交流馈线保护与直流进线之间的网络化保护宜采用 GOOSE 方式完成。

#### 7.1.13 重构自愈功能

监控系统应能实现故障监测、故障定位、故障隔离、系统重构自愈等功能。系统重构自愈功能应包含交流供电部分发生故障时的变电所内、变电所间供电方式重构自愈以及直流供电部分发生故障时的双边联跳和越区供电。重构自愈功能可采用自动或人工干预方式，并可投退。重构自愈功能应根据用户提供的逻辑灵活配置。

#### 7.1.14 源端维护功能

监控系统应具有源端维护功能，包括：

- a) 对全所信息统一建模，生成标准配置文件，支持 DL/T 860（所有部分）模型到电力调度系统数据模型的转换；
- b) 智能变电所、电力调度系统数据模型自动同步功能。智能变电所数据模型修改后，电力调度系统能自动发现、自动同步系统数据库；

- c) 模型合法性的离线和在线校验功能，包括模型一致性校验、完整性校验。

### 7.1.15 其他功能

监控系统应在站控层向供电设备状态监测及诊断评估系统传送变电所的信息，应满足T/CAMET XXXXX. 3—XXXX中7.2.6的要求。

## 7.2 装置配置

### 7.2.1 监控主机

监控主机应采用可靠性高、处理能力强及响应速度快的工业控制计算机，要求如下：

- a) 处理器核心数不应低于双核，主频不应低于 3.3 GHz，内存不应低于 4 G，存储不应低于 500 G，以太网接口数量不应少于 2 个；
- b) 宜采用自主可控的操作系统；
- c) 应具有画面编辑软件、监控实时运行软件、实时告警窗等应用软件；
- d) 应提供数据库管理工具和软件开发工具进行历史数据库的维护、更新和扩充操作。数据接口统一遵循数据库的接口标准和接口方式；
- e) 应采用实时数据库，提供安全、高效的实时数据存取，支持多应用并发访问和实时同步更新，满足实时数据一致性和数据应用管理的要求，保证全系统的实时指标，提高系统的可用性和稳定性；
- f) 应具有模型校核工具和系统配置工具软件。

### 7.2.2 通信网关机

通信网关机应采用可靠性高、处理能力强及响应速度快的工业级产品，并应满足以下要求：

- a) 采用具有掉电数据保护的存储器；
- b) 配置嵌入式多任务操作系统软件；
- c) 以太网接口数量不少于 6 个；
- d) 异步高速串口不少于 8 个；
- e) 开入不少于 4 路、开出不少于 4 路；
- d) 具备 IRIG-B 接口。

### 7.2.3 网络交换机

网络交换机应满足以下要求：

- a) MMS 交换机采用工业级以太网交换机，通信介质和端口数量按工程需求灵活配置，并预留备用端口；
- b) GOOSE 交换机具备 100 Mbit/s、1000 Mbit/s 端口，通信介质支持光纤或双绞线；
- c) GOOSE 交换机具备维护端口。

### 7.2.4 保护测控装置及安全自动装置

保护测控装置及安全自动装置应满足以下要求：

- a) 具备至少 2 个站控层以太网通信接口；
- b) 具备至少 2 个过程层以太网通信接口；
- c) 具备 IRIG-B 接口。

### 7.2.5 接触网上网隔离智能终端

接触网上网隔离智能终端应满足以下要求：

- a) 具备至少 2 个站控层以太网通信接口；
- b) 具备至少 2 个过程层以太网通信接口；
- c) 具备 IRIG-B 接口。

### 7.2.6 网络报文记录分析装置

网络报文记录分析装置要求如下：

- a) 应具备 RJ45 接口、ST 或 LC 光纤接口；
- b) 光纤选取百兆速率宜采用 1310 nm 多模光纤，千兆速率宜采用 850 nm 多模光纤；
- c) 采集接口数不应少于 8 个；
- d) 通信接口不应少于 2 个，接口类型为 RJ45，满足 100/1000 Mbps 自适应；
- e) 装置应具备对时功能，宜采用 IRIG-B 或 SNTP 对时方式；
- f) 装置应具备硬节点输出，可输出装置故障、装置告警状态；
- g) 报文记录文件格式宜采用 PCAP 格式。

### 7.2.7 时钟同步装置

时钟同步装置要求如下：

- a) 变电所具备安装卫星天线的条件时，应采用 BDS 信号作为时钟信号源；变电所不具备安装卫星天线的条件时，可采用主时钟或者二级母钟作为时钟信号源；
- b) 时钟同步装置应能同时输出光 IRIG-B 码、电 IRIG-B 码、SNTP 等信号，至少应具备 2 组 485 电 IRIG-B 接口和 1 组以太网接口；
- c) 对时方式为光 IRIG-B 码时，应由时钟同步装置点对点直接对下级设备授时；对时方式为电 IRIG-B 码时，应由时钟同步装置通过时钟网络对下级设备授时；对时方式为 SNTP 时，应由时钟同步装置通过站控层网络对下级设备授时。

## 7.3 性能要求

### 7.3.1 系统性能指标

监控系统的性能应满足以下要求：

- a) 电压、电流精度优于 0.2%，功率精度优于 0.5%，频率不超过  $\pm 0.005$  Hz，允许误差极限和参比条件符合 GB/T 13729—2019 的要求；
- b) 遥控操作正确率 100%；
- c) 智能终端 GOOSE 事件时标分辨率不大于 1 ms；
- d) 模拟量越死区传送整定最小值小于 0.1%（额定值），并逐点可调；
- e) 间隔层设备 SOE 分辨率不大于 1 ms；
- f) 模拟量信息响应时间（从 I/O 输入端至通信网关机出口）不大于 2 s；
- g) 状态量变化响应时间（从 I/O 输入端至通信网关机出口）不大于 1 s；
- h) 画面整幅调用响应时间：实时画面不大于 1 s；其他画面不大于 2 s；
- i) 实时数据库容量：模拟量不小于 5000 点，状态量不小于 10000 点，遥控不小于 3000 点，计算量不小于 2000 点；
- j) 历史数据库存储容量：历史数据存储时间不小于 2 年，历史曲线采样间隔 1 min~30 min（可调），历史趋势曲线不小于 300 条；
- k) 站控层各工作站和服务器的 CPU 平均负荷率：正常时（任意 30 min 内）不大于 30%，电力系统故障时（10 s 内）不大于 50%；
- l) 网络平均负荷率：正常时（任意 30 min 内）不大于 20%，电力系统故障时（10 s 内）不大于 40%；
- m) 站控层通信网关机、间隔层和过程层设备对时误差： $\pm 1$  ms；
- n) 变电所间对时误差： $\pm 1$  ms；
- o) 无同步信号时，设备自身时钟 24 小时误差： $\pm 5$  s。

### 7.3.2 装置性能指标

#### 7.3.2.1 通信网关机

通信网关机应满足以下要求：

- a) 单个网口支持网络接入的装置数量不小于 255 台；
- b) 支持主站接入的数量不小于 8 个；
- c) 遥测信息响应时间（数据从通信网关机输入到输出）不大于 500 ms；
- d) 遥信变化响应时间（数据从通信网关机输入到输出）不大于 300 ms；

- e) 控制命令的响应时间（从通信网关机接收到上级控制命令到通信网关机输出控制命令）不大于 500 ms；
- f) 告警直传处理时间（数据从通信网关机输入到输出）不大于 1 s；
- g) 每个通道的 SOE 缓存条数不小于 1280；
- h) 控制操作正确率：100%；
- i) CPU 平均负荷率：正常时（任意 5 min 内）不大于 30%，故障时（5 min 内）不大于 50%；
- j) 双机系统可用率大于 99.99%；
- k) 当采用主备冗余方式时，双机切换时间不大于 10 s，切换过程中数据不丢失、不重报。

### 7.3.2.2 网络交换机

MMS交换机应满足GB/T 30094—2013中第6章规定的要求，GOOSE交换机应满足DL/T 1912—2018中5.5规定的要求。

### 7.3.2.3 保护测控装置及安全自动装置

保护测控装置及安全自动装置应满足以下要求：

- a) 交流保护测控装置应满足 GB/T 42149—2022 规定的要求；
- b) 直流保护测控装置应满足 GB/T 42148—2022 规定的要求；
- c) 重启过程不误发 GOOSE 信息；
- d) 接收 GOOSE 数据时，当发生传输异常或者报文中断后能及时告警；
- e) 在无效网络流量的冲击下，不死机、不重启、对报文的正确响应率为 100%，响应延时小于 1 ms。

### 7.3.2.4 接触网上网隔离智能终端

接触网上网隔离智能终端过程层通信应满足以下要求：

- a) 重启过程不误发 GOOSE 信息；
- b) 接收 GOOSE 数据时，当发生传输异常或者报文中断后能及时告警；
- c) 在无效网络流量的冲击下，设备不死机、不重启、对报文的正确响应率为 100%，响应延时小于 1 ms；
- d) 收到 GOOSE 跳闸信号后能正确出口，直连口的动作延时不大于 7 ms；
- e) 收到硬开入变位时能正确发送 GOOSE 变位报文，发送时间不大于 10 ms。

### 7.3.2.5 网络报文记录分析装置

网络报文记录分析装置应满足以下要求：

- a) 单个端口报文接入能力不小于 100 Mbit/s；
- b) 正常工作时的最大报文接入能力不小于 400 Mbit/s；
- c) GOOSE、MMS 报文连续记录时间不小于 3 d；
- d) 报文异常事件记录数量不小于 1000 条；
- e) 报文记录的分辨率不大于 1 μs。

### 7.3.2.6 时钟同步装置

时钟同步装置接收BDS信号、IRIG-B码输出、网络时间协议输出的时间准确度、串行口时间报文的时间准确度及守时等应满足GB/T 33591的要求。

## 8 试验方法

### 8.1 试验条件

8.1.1 被测试装置、监控计算机和测试仪表应良好接地。

8.1.2 试验用设备及仪表应符合 GB/T 7261—2016 中 4.4 和 GB/T 13729—2019 中 4.2.1、4.2.2 的规定。

### 8.2 模块试验

### 8.2.1 配置检查

对监控系统各设备的配置进行一般性检查。

### 8.2.2 通信网关机试验

按照GB/T 13729—2019规定的方法对通信网关机进行试验。

### 8.2.3 网络交换机试验

8.2.3.1 按照 GB/T 30094—2013 规定的方法对 MMS 交换机进行试验。

8.2.3.2 按照 DL/T 1940 规定的方法对 GOOSE 交换机进行试验。

### 8.2.4 保护测控装置及安全自动装置试验

8.2.4.1 按照 GB/T 42149—2022 第 9 章中规定的方法对交流保护装置进行试验。

8.2.4.2 按照 GB/T 42148—2022 第 7 章中规定的方法对直流保护装置进行试验。

### 8.2.5 接触网上网隔离智能终端试验

按照GB/T 34132—2017中5.3~5.16规定的方法对接触网上网隔离智能终端进行试验。

### 8.2.6 网络报文记录分析装置试验

按照NB/T 42015规定的方法进行试验。

### 8.2.7 时钟同步装置试验

按照GB/T 26866规定的方法进行试验。

## 8.3 系统整组试验

### 8.3.1 试验基准平台

参照图A.1组建一个变电所试验基准平台，进行8.3.2.1~8.3.2.8和8.3.2.10中的试验；参照图A.2组建三个变电所试验基准平台，进行8.3.2.9的试验。

### 8.3.2 功能及性能试验

#### 8.3.2.1 基本功能试验

除8.3.2.2~8.3.2.10要求的功能试验外，其余功能试验按照T/CAMET XXXXX—XXXX中第7章规定的方法，对监控系统的基本功能进行试验，检查性能是否满足7.3.1 的要求。

#### 8.3.2.2 数据采集与数据传输功能试验

按照GB/T 13729—2019规定的方法对监控系统主机和通信网关机进行试验。

#### 8.3.2.3 数据处理功能试验

按照GB/T 13729—2019规定的方法对监控系统主机和通信网关机进行试验，在试验基准平台监控系统主机和通信网关机中对遥信和遥测数据进行运算的设置，通过试验基准平台模拟设置信息的变化，验证监控系统主机和通信网关机数据处理的准确性和实时性。

#### 8.3.2.4 数据存储功能试验

按照GB/T 13729—2019规定的方法对监控系统主机进行试验，在试验基准平台中模拟遥信变位、遥测数据变化、保护事件、保护告警等信息。

#### 8.3.2.5 监控管理功能试验

按照8.3.2.2 ~8.3.2.4 的规定进行试验时，检查监控系统的参数配置、维护管理、日志信息及试验结果是否满足7.1.5 的要求。

#### 8.3.2.6 通信管理功能试验

按照GB/T 13729—2019规定的方法对通信网关机进行试验。

按照GB/T 30094—2013规定的方法对MMS交换机进行试验。

按照DL/T 1940规定的方法对GOOSE交换机进行试验。

#### 8.3.2.7 分层闭锁控制功能试验

在试验基准平台的间隔层设备中设置闭锁逻辑并对逻辑闭锁的输出接点进行测试。

退出间隔层逻辑闭锁后，在试验基准平台监控主机的监控软件中设置逻辑闭锁并进行试验。

#### 8.3.2.8 层次化保护功能试验

在试验基准平台中模拟以下试验：

- a) 就地保护试验，在试验基准平台的中压交流保护装置中投入差动保护和基于通信的网络化保护，并模拟变电所间电缆故障，差动保护能快速动作切除和隔离故障，基于通信的网络化保护不动作；
- b) 网络化保护试验，在试验基准平台的中压交流保护装置中退出差动保护，投入基于通信的网络化保护，并模拟变电所间电缆故障，差动保护不动作，基于通信的网络化保护能可靠动作并快速切除和隔离故障；
- c) 在试验基准平台的直流保护装置中投入进线保护功能，并模拟直流进线故障，直流进线保护能快速动作，并通过GOOSE联跳上级的交流保护。

#### 8.3.2.9 重构自愈功能试验

以工程实际需要为依据，参考图A.2所示搭建试验平台。按以下步骤进行试验：

- a) 模拟系统故障；
- b) 监控系统能通过网络传递的数据信息准确定位故障区段；
- c) 监控系统能迅速断开相应的开关，以便隔离故障；
- d) 监控系统合上对应位置的开关，实现系统自愈重构。

#### 8.3.2.10 源端维护功能试验

在试验基准平台中进行以下试验：

- a) 模拟主站调度系统通过通信网关机获取智能变电所数据模型文件和版本信息；
- b) 智能变电所数据模型版本通过规约上传模拟主站调度系统，数据模型修改后通信网关机主动上传版本信息；
- c) 验证在线和离线方式下模型的合法性，包括模型一致性校验、完整性校验。

### 9 检验规则

#### 9.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

#### 9.2 出厂检验

出厂前应由制造厂的检验部门进行检验，确认合格后方可出厂。检验合格出厂的产品应具有产品合格证书，出厂检验在标准大气条件下进行。

#### 9.3 型式检验

在下列情况下应进行型式检验：

- a) 新产品定型前；
- b) 正式投产后，如产品设计、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2年以上又重新恢复生产时；
- d) 产品连续生产每5年时；
- e) 产品转场生产时；
- f) 出厂检验结果与上批装置检验有较大差别时。



## 9.4 合格判定

合格评定原则如下:

- a) 检验产品应为出厂检验合格的产品;
- b) 检验产品未发现主要缺陷的,则判定为合格。主要缺陷是指需经更换重要元器件或对软件进行重大修改后才能消除,或一般情况下不可能修复的缺陷(易损件除外),其余的缺陷作为一般缺陷。

### 9.5 检验项目

檢驗項目应符合表1的要求。

表1 检验项目

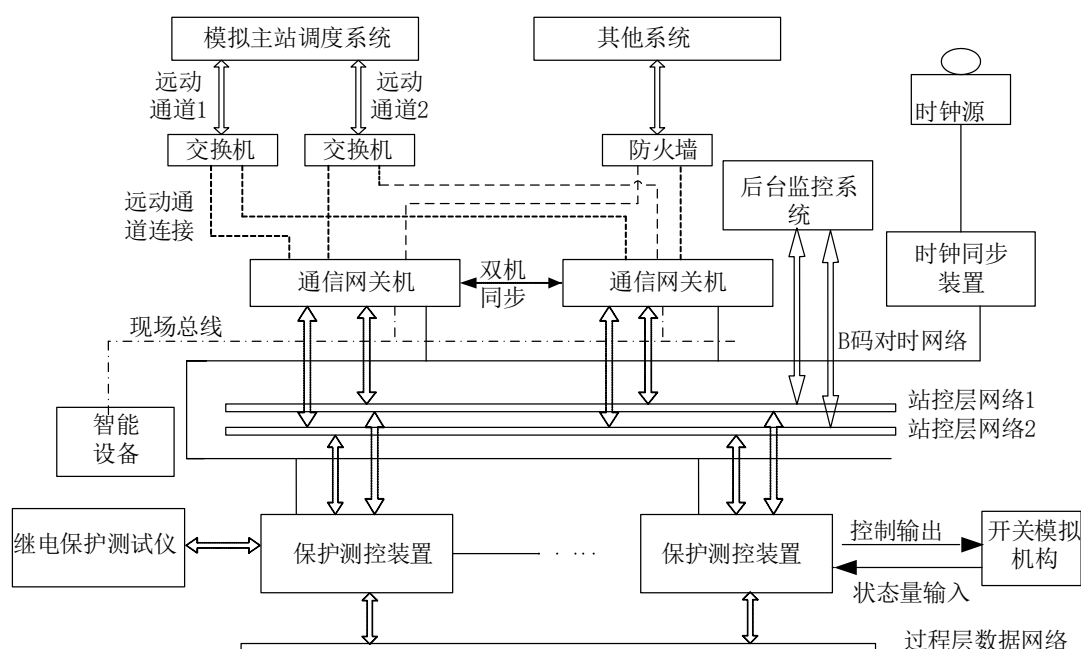
序号	检验项目		型式 检验	出厂 检验	技术要求 对应条款	检验方法 对应条款
1	配置检查		√	—	7.2	8.2.1
2	模块试验 <sup>a</sup>	通信网关机试验	√	—	7.1.2 7.1.3 7.1.6 a) 7.1.15 7.3.2.1	8.2.2
3		网络交换机试验	√	—	7.1.6 b) 7.1.6 c) 7.3.2.2	8.2.3
4		保护测控装置及安全自动装置试验	√	—	7.1.7 7.3.2.3	8.2.4
5		接触网上网隔离智能终端试验	√	—	7.1.8 7.3.2.4	8.2.5
6		网络报文记录分析装置试验	√	—	7.1.9 7.3.2.5	8.2.6
7		时钟同步装置试验	√	—	7.1.10 7.3.2.6	8.2.7
8	系统整组试验	基本功能试验	√	√	7.1.1	8.3.2.1
9		数据采集与数据传输功能试验	√	√	7.1.2	8.3.2.2
10		数据处理功能试验	√	√	7.1.3	8.3.2.3
11		数据存储功能试验	√	√	7.1.4	8.3.2.4
12		监控管理功能试验	√	√	7.1.5	8.3.2.5
13		通信管理功能试验	√	√	7.1.6 7.3.1	8.3.2.6
14		分层闭锁控制功能试验	√	√	7.1.11	8.3.2.7
15		层次化保护功能试验	√	—	7.1.12	8.3.2.8
16		重构自愈功能试验	√	—	7.1.13	8.3.2.9
17		源端维护试验	√	—	7.1.14	8.3.2.10
注：“√”表示应做的检验项目，“—”表示不做的检验项目。						
<sup>a</sup> 模块试验应在系统整组试验前完成，若表中所列模块试验已有有效型式试验报告，监控系统型式试验时不重复进行测试。						

## 附录 A (资料性) 试验组网示意图

试验组网示意图用于展示各试验设备与系统之间的连接关系及通信方式,确保不同测试设备能够实现互联互通,并为模块试验和系统试验提供测试环境。

### A.1 试验基准平台组网示意

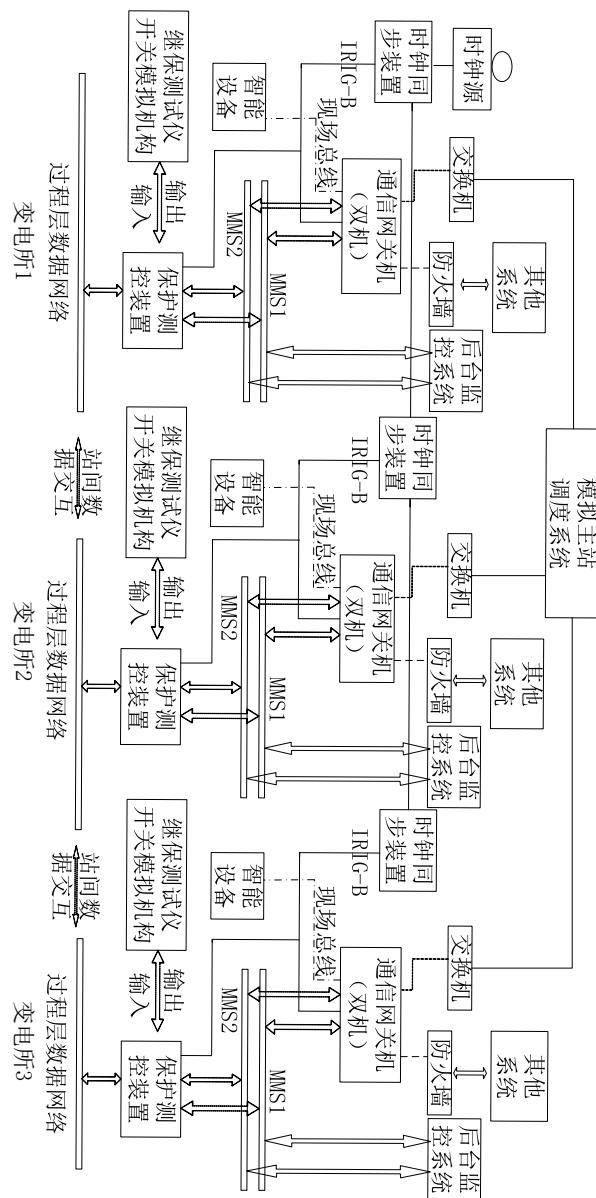
试验基准平台至少包含1台监控主机、2台通信网关机、10台间隔层设备、2台过程层设备、1台时钟同步装置和1台网络报文记录分析装置。将所有设备通过GOOSE交换机和MMS交换机分别接入相应网络,实现数据共享和实时通信。为了满足系统重构自愈功能的测试,间隔层设备可包含2台交流差动保护装置、4台交流进出线保护装置、2台交流母联保护装置、1台交流馈线保护装置、1台直流保护测控装置等。时钟网络采用总线IRIG-B码方式对时。试验基准平台组网示意图见图A.1。



图A.1 试验基准平台组网示意

### A.2 重构自愈试验连接示意

A.3 重构自愈试验组建3个变电所的试验设备进行试验,试验连接示意图见图A.2。重构自愈试验连接示意图包含,各主要设备和控制模块的布置,试验系统通过实时监控和数据采集,能够检测到设备故障并迅速执行自愈策略,如供电系统故障后,重新配置交流供电系统的运行方式或直流供电系统的运行方式等,以恢复供电系统的正常运行。



图A. 2 重构自愈试验连接示意

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 35682—2017 电网运行控制数据规范
  - [2] GB/T 42019—2022 基于时间敏感技术的宽带工业总线AUTBUS 系统架构与通信规范
-