

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

冶金专用电气自动化设备兼容性与可靠性 规范

Specification for Compatibility and Reliability of Special Electrical Automation
Equipment for Metallurgy

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2026 - 5 - 12)

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	II
1 引言	1
2 范围	1
3 规范性引用文件	1
4 术语和定义	2
4.1 冶金专用电气自动化设备	3
4.2 兼容性	3
4.3 平均故障前时间	3
4.4 电压暂降	3
5 缩略语	3
6 环境兼容性要求	4
6.1 气候环境适应性	4
6.2 机械环境适应性	4
6.3 化学活性物质兼容性	4
7 电磁兼容性 (EMC) 要求	5
7.1 抗扰度要求	5
7.2 发射限值要求 (骚扰特性)	5
8 接口与通信协议兼容性	6
8.1 硬接线接口	6
8.2 网络通信协议	6
8.3 数据映射与互操作性	6
9 可靠性量化指标体系	7
9.1 基本可靠性指标	7
9.2 任务成功性与降额设计	7
9.3 特殊工况可靠性	7
10 试验方法与验证规则	8
10.1 型式试验	8
10.2 可靠性验证试验	8
10.3 电磁兼容复验	8
10.4 现场验收准则	8
11 标志、包装、运输和贮存	8
11.1 标志	9
11.2 包装	9
11.3 运输与贮存	9
12 附则	9

前 言

本文件依据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。

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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

冶金专用电气自动化设备兼容性与可靠性规范

1 引言

冶金工业生产工况恶劣，现场普遍存在高温、粉尘、腐蚀、强电磁干扰及电压波动等问题。目前行业电气自动化设备存在跨厂商兼容性差、抗扰能力弱、无专用专项标准等痛点，接口不统一、故障频发，直接影响生产连续性与安全性。为补齐行业标准短板，规范设备设计、采购与集成管控，契合冶金行业安全生产与高质量发展需求，提升设备兼容性、可靠性及国产化适配能力，特制定本规范。本文件为冶金电气自动化系统稳定运行、标准化管控提供关键技术依据。

2 范围

规定了冶金专用电气自动化设备的环境适应性、电磁兼容性、通信接口及可靠性技术要求，明确对应的试验方法与验收判定规则。适用于 0.69kV 及以下，冶金烧结、炼铁、炼钢、轧钢等工序的变频装置、PLC、监控系统等电气自动化设备，涵盖设计、采购、集成及全流程验收管控。

3 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 2423.16-2022 环境试验第 2 部分：试验方法试验 J 和导则：长霉

GB/T 2423.18-2021 环境试验第 2 部分：试验 Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）

GB/T 2423.35-2019 环境试验第 2 部分：试验和导则 候（温度、湿度）和动力学（振动、冲击）综合试验

GB/T 2900.1-2008 电工术语基本术语

- GB/T 2900.33-2021 电工术语电力电子技术
- GB/T 3797-2016 电气控制设备
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 4798.7-2019 环境条件分类环境参数组分类及其严酷程度第 7 部分：携带和非固定使用
- GB/T 4857.23-2021 包装运输包装件和单件货物跌落试验方法
- GB/T 7261-2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14048.4-2020 低压开关设备和控制设备第 4-1 部分：接触器和电动机起动器机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）
- GB/T 14549-2024 电能质量公用电网谐波
- GB/T 15945-2024 电能质量电力系统频率偏差
- GB/T 17626.2-2018 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2023 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 17626.4-2018 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 17626.5-2019 电磁兼容试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.7-2017 电磁兼容试验和测量技术供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则
- GB/T 17626.11-2023 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 17626.34-2021 电磁兼容试验和测量技术主电源每相电流大于 16A 的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- GB/T 18488.1-2024 电动汽车用驱动电机系统第 1 部分：技术条件
- GB/T 20138-2023 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK 代码）
- GB/T 30137-2024 电能质量电压暂升、电压暂降与短时中断
- GB/T 34136-2017 机械电气安全 GB 28526 和 GB/T 16855.1 在机械电气设备中的应用指南
- GB/T 40571-2021 智能工厂生产过程控制数据传输协议
- GB/T 43025-2023 工业自动化时间敏感网络网关设备行规
- GB/T 43029-2023 工业自动化设备可靠性试验方法
- JB/T 7077-2024 YZRE 系列起重及冶金用电磁制动绕线转子三相异步电动机技术规范

4 术语和定义

GB/T 2900.1-2008、GB/T 2900.33-2021、GB/T 3797-2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

4.1 冶金专用电气自动化设备

部署于冶金工业生产全流程现场，适配高温、粉尘、腐蚀、强电磁干扰等特殊工况，用于实现工艺参数实时检测、生产逻辑智能控制、传动精准驱动、生产过程可视化监控的低压电气设备；设备需针对性开展耐高温、抗振动、防导电粉尘、耐腐蚀专项优化设计，适配冶金连续化工业生产要求。

4.2 兼容性

多类型、多品牌电气设备或自动化系统，在同一工业生产环境、同一通信链路、同一供电网络内协同运行时，无额外电气干扰、功能冲突，可稳定互联互通、数据交互、协同作业，共同完成冶金生产规定工艺任务的综合适配能力，包含硬件接口兼容、通信协议兼容、电气性能兼容三大维度。

4.3 平均故障前时间

设备在标准规定的冶金工况环境剖面、额定运行参数下，相邻两次故障之间可持续正常工作的平均时间。

注：本文件中 MTBF 特指可修复类冶金电气自动化设备的可靠性量化度量指标，计量单位为小时（h），是设备国产化性能评估、质量分级的核心指标。

4.4 电压暂降

冶金电气设备在供电电压有效值短时间内跌落至额定电压 0.1%~90%的工况下，无需人工干预、不脱网、不停机，持续保持稳定运行的电网适配能力，是适配冶金电网波动工况的关键电气指标。

5 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EMC：电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility）

ESD：静电放电（Electrostatic Discharge）

EFT：电快速瞬变脉冲群（Electrical Fast Transient）

MTBF：平均故障间隔时间（Mean Time Between Failures）

MTTR：平均修复时间（Mean Time To Repair）

PLC：可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）

TSN：时间敏感网络（Time Sensitive Networking）

6 环境兼容性要求

规定冶金专用电气自动化设备气候环境、机械环境、化学腐蚀环境的兼容性技术要求，立足冶金行业恶劣工况，强化设备耐候性、抗损性，保障设备全生命周期稳定运行，适配我国不同地区、不同冶金生产工序的工况差异。

6.1 气候环境适应性

6.1.1 设备常规额定运行环境空气温度范围为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；针对炉前、热轧等高温核心生产区域，设备需具备短时耐高温能力，持续1小时以内的极限工作温度不得低于 $+70^{\circ}\text{C}$ ，杜绝高温环境下设备宕机、元器件老化失效问题。

6.1.2 设备运行相对湿度适用范围为5%~95%，环境温度 40°C 工况下无凝露、无绝缘击穿现象。针对冶金生产酸性腐蚀气体环境，依据GB/T 2423.18-2021开展严酷等级3级盐雾试验，试验完成后设备导电触点接触电阻变化率不得超过初始值 $\pm 15\%$ ，保障电气连接长期稳定。

6.1.3 烧结车间、原料堆放区粉尘污染严重，现场粉尘浓度最高可达 $15\text{mg}/\text{m}^3$ ，该区域安装设备外壳防护等级不得低于GB/T 4208-2017规定的IP54；轧钢除鳞、湿法冶炼等水雾密集、水汽冲刷区域，设备防护等级不得低于IP65，严格防范粉尘、水汽侵入造成的电路短路、元器件腐蚀故障。

6.2 机械环境适应性

6.2.1 连铸机、轧制机组本体、起重机械桥架等振动剧烈位置安装的电气设备，需具备抗振动能力，可承受频率 $10\text{Hz}\sim 150\text{Hz}$ 、加速度峰值 2g 的振动工况，振动持续周期不少于20周期，试验方法严格遵循GB/T 2423.35-2019，规避机械振动引发的线路松动、元器件脱落故障。

6.2.2 厂区开关柜、操作控制台需满足抗震设防烈度7度要求，抗震性能符合GB/T 4798.7-2019规范；设备外壳机械碰撞防护等级不低于GB/T 20138-2023规定的IK08，抵御生产现场机械碰撞、物料冲击，提升设备物理防护能力。

6.3 化学活性物质兼容性

6.3.1 设备印制电路板（PCB）、连接接插件必须做防霉防腐专项处理，依据GB/T 2423.16-2022开展长霉试验，霉菌生长等级优于2级，适配冶金潮湿、多微生物污染的生产环境。

6.3.2 含二氧化硫、硫化氢等硫化腐蚀气体区域内，设备镀银、裸铜金属导电部件需加装硫化防护涂层及防护结构。在 40°C 、相对湿度75%、二氧化硫浓度 25ppb 的混合腐蚀气体试验环境中连续测试21天，金属表面无肉眼可见变色、腐蚀、氧化现象，保障腐蚀工况下电气导通性能。

7 电磁兼容性（EMC）要求

冶金生产现场大功率变频设备、起重设备密集，电磁耦合干扰严重，为保障电气设备互不干扰、电网清洁稳定，本章规定设备抗扰度与电磁发射限值要求，对标工业最高严酷等级，适配冶金强电磁工业场景，助力冶金电网电能质量优化。

7.1 抗扰度要求

7.1.1 静电放电抗扰度：设备接触放电 $\pm 8\text{kV}$ ，空气放电 $\pm 15\text{kV}$ ；试验依据 GB/T 17626.2-2018 执行，试验性能判据达到 A 类，测试过程中设备功能全程正常、无异常扰动。

7.1.2 射频电磁场辐射抗扰度：频率覆盖范围 80MHz~2700MHz，试验场强设定为工业严酷等级 20V/m；依据 GB/T 17626.3-2023 开展测试，性能判据达到 A 类，抵御现场高频电磁辐射干扰。

7.1.3 电快速瞬变脉冲群（EFT）：设备信号线、控制线耦合电压 2kV（5/50ns，5kHz 重复频率）；直流、交流电源端口耦合电压 4kV（5/50ns，5kHz 重复频率）；试验依据 GB/T 17626.4-2018 执行，性能判据达到 A 类，适配电网瞬态脉冲干扰工况。

7.1.4 浪涌（冲击）抗扰度：线-线差模浪涌：2kV（1.2/50 μs ）；线-地共模浪涌：4kV（1.2/50 μs ）；试验依据 GB/T 17626.5-2019 执行，性能判据达到 A 类或 B 类，允许短时功能异常，且具备自主恢复能力，抵御雷击、电网浪涌冲击。

7.1.5 电压暂降与短时中断：电压暂降工况：电压跌落至额定电压 0%、持续 20ms，电压跌落至额定电压 40%、持续 200ms，设备禁止脱网、重启、停机；短时中断工况：供电中断 5s 后恢复供电，设备无硬件损坏、存储数据不丢失、工艺逻辑不紊乱。试验依据 GB/T 17626.11-2023、GB/T 17626.34-2021 执行，适配冶金电网波动、瞬时断电工况。

7.2 发射限值要求（骚扰特性）

为控制设备电磁骚扰对厂区电网、精密检测仪器的干扰，严格限定设备电磁发射指标，贴合工业电磁环境管控国家标准。

7.2.1 传导发射：电源端口 0.15MHz~0.5MHz 频段内，准峰值限值随频率对数线性递减，限值区间为 79dB（ μV ）~73dB（ μV ）；0.5MHz~30MHz 频段内，准峰值恒定限值 73dB（ μV ），平均值恒定限值 60dB（ μV ）。

7.2.2 辐射发射：30MHz~230MHz 频段，准峰值限值 50dB（ $\mu\text{V}/\text{m}$ ）；230MHz~1000MHz 频段，准峰值限值 57dB（ $\mu\text{V}/\text{m}$ ），标准测试测量距离设定为 10m，控制设备对外电磁辐射，保障厂区电磁环

境合规可控。

8 接口与通信协议兼容性

为破除行业设备接口杂乱、协议不互通、国产化设备适配性差的痛点，统一硬件接口、通信协议、数据交互标准，实现多品牌、国产化与进口设备互联互通，构建标准化、通用化冶金工业控制网络，适配智能工厂、工业互联网建设要求。

8.1 硬接线接口

8.1.1 数字量输入/输出（DI/DO）：数字量输入接口兼容 24V DC 供电，支持 PNP、NPN 极性自由切换，允许工作电压波动范围 15V~30V；数字量输出采用干触点设计，触点承载容量不低于 250V AC/2A 或 30V DC/2A，满足冶金大功率执行器件驱动需求。

8.1.2 模拟量输入/输出（AI/AO）：通用标准模拟信号为 4-20mA（有源/无源模式可选）、0-10V DC，信号采集、输出精度达到 0.2 级，最大允许误差 $\leq\pm 0.2\%$ ；模拟量输入通道具备 24V DC 环路供电能力，适配冶金现场各类检测传感器供电需求。

8.1.3 接地系统：设备采用工业单点接地设计，接地电阻 $\leq 1\Omega$ ，抑制共模干扰；信号屏蔽层接地方式依据信号频率判定，高频通信信号采用两端接地，低频模拟信号采用单端接地，优化信号传输质量，降低接地干扰。

8.2 网络通信协议

8.2.1 厂区主干控制网络采用符合 GB/T 40571-2021、IEEE 802.3 标准的工业以太网，最低通信速率 100Mbps，采用全双工通信模式，保障大数据、实时数据稳定传输，适配冶金智能工厂组网架构。

8.2.2 设备协议栈至少兼容以下一种主流工业协议：PROFINET IO（一致性等级 CC-B 及以上）、EtherNet/IP（CIP 同步功能）、Modbus TCP（全双工通信，支持 3/6/16 标准功能码），兼容国内外主流自动化设备，降低组网改造成本。

8.2.3 张力控制、轧钢传动等高精度、高实时性工艺环节，设备需搭载 IEEE 802.1AS 时间同步协议，时间同步精度 $\leq\pm 1\mu\text{s}$ ，试验检测依据 GB/T 43025-2023，满足高精度协同控制生产要求。

8.3 数据映射与互操作性

8.3.1 设备出厂必须配套提供合规设备描述文件（GSDML、EDS 格式），文件版本与设备固件版本严格匹配，保障设备接入工业网络后快速识别、一键组网。

8.3.2 设备过程数据（PZD）固定为 4 字、6 字、8 字通用格式，控制字、状态字位定义严格遵循

变频器 PROFIdrive Profile V4.2 行业行规，统一行业数据交互格式。

8.3.3 设备非周期性参数通道支持在线读写、远程诊断，可实时采集设备故障代码、运行参数、老化数据，满足智能化运维、远程管控需求。

9 可靠性量化指标体系

立足冶金设备长周期连续运行要求，建立科学化、层级化可靠性量化指标体系，明确设备寿命、修复效率、降额设计、冗余配置标准，强化极端工况容错能力，推动行业设备质量分级管控，提升国产化设备可靠性水平，降低行业运维成本。

9.1 基本可靠性指标

9.1.1 平均故障间隔时间（MTBF）：针对不可修复一次性元器件、定制化专用设备，需明确最低 MTBF 验收限值；通用冶金电气设备可靠性指标需满足以下要求：PLC 模块、远程 I/O 等常规控制设备：MTBF \geq 500000h；变频传动功率单元：MTBF \geq 80000h；接近开关、电磁继电器等检测执行元件：MTBF \geq 100000h。

9.1.2 平均修复时间（MTTR）：设备采用模块化、插拔式通用结构设计，简化维修流程，插入式板卡、功率单元故障修复时间 \leq 30min（仅计算现场拆装调试时间，不含备件运输、采购周期），缩短停机时长，提升生产运维效率。

9.2 任务成功性与降额设计

9.2.1 降额因子：40°C标准标称环境温度下，半导体功率器件电压应力降额系数 \geq 0.8，电流应力降额系数 \geq 0.7；电解电容器长期工作电压不得超过额定电压 90%，通过降额设计延缓元器件老化，延长设备使用寿命。

9.2.2 冗余配置：炼钢转炉倾动、高炉鼓风机、轧钢主传动等关键工艺负载，控制系统必须配置 1:1 热备冗余架构，主备系统切换时间 \leq 2ms，切换过程无工艺中断、无生产波动，保障核心生产装置安全稳定运行。

9.2.3 寿命终结预测：设备搭载状态监测模块，实时监测直流母线电解电容容值、冷却风扇运行参数；当电容容值衰减至初始值 80%、风扇工作电流偏离额定值 \pm 20%时，设备通过干接点输出预警信号，实现故障预判、提前维保，规避突发性设备故障。

9.3 特殊工况可靠性

9.3.1 依据 JB/T 7077-2024 规范，冶金起重专用电动机在 S3-40%断续周期工作制下，可靠度特征

值置信下限 ≥ 0.95 ，确保规定使用周期内 95%以上电机无故障稳定运行。

9.3.2 设备具备宽电网适配能力，供电电压在额定值 85%~110%、供电频率在额定值 $\pm 2\%$ 波动范围内，变频器及自动化控制系统无跳闸、无停机；电压总谐波畸变率（THDu）达到 15%时，设备硬件无损坏、程序无紊乱，适配冶金劣质电网工况。

10 试验方法与验证规则

建立分级、分层、全流程试验验证体系，涵盖型式试验、可靠性验证、电磁兼容复验、现场竣工验收，严格把控设备研发、生产、投运全流程质量，统一行业检测验收标准，保障标准落地执行，推动行业质量规范化管控。

10.1 型式试验

冶金专用电气自动化设备出现下列情况之一时，必须开展全项目型式试验，试验合格后方可投产、入市、应用：新产品定型研发、老产品异地转产；设备结构、原材料、生产工艺重大调整，可能改变设备环境适应性、电磁兼容性、可靠性性能；常规量产产品每 5 年开展一次周期性型式试验，或依据国家、行业标准更新周期同步检测；国家质量监督部门、行业监管机构提出强制性检测要求。

10.2 可靠性验证试验

依据 GB/T 43029-2023 采用截尾序贯试验方案，设定生产方风险 $\alpha=0.2$ ，使用方风险 $\beta=0.2$ ，鉴别比 $D_m=2.0$ ；设备累积试验总台时不少于 5000h，试验过程中同步施加高温、振动综合应力，模拟冶金真实恶劣工况。试验判定规则如下：合格判定：相关故障失效数量 $r \leq 3$ ；不合格判定：相关故障失效数量 $r \geq 4$ 。

10.3 电磁兼容复验

电磁兼容试验前后，必须复测设备计量采集精度；模拟量采集通道误差变化量不得超过基本误差限 1.5 倍，杜绝电磁干扰造成检测数据失真，保障工艺控制精准度。

10.4 现场验收准则

设备现场安装调试完成后，满负载连续试运行 72h；试运行周期内，不得因设备兼容性问题出现通信异常、设备误动作、非计划停机，工业网络通信丢包率 $< 0.1\%$ ，达标后方可竣工验收。

11 标志、包装、运输和贮存

规范设备标识、包装、储运全流程管控要求，保障设备出厂、运输、仓储过程完好无损，完善产品溯源体系，适配工业设备标准化管控要求，强化行业产品规范化管理。

11.1 标志

每台设备醒目位置安装耐腐蚀不锈钢或铝合金材质铭牌，铭牌标识清晰、耐磨损、防脱落，必须标注以下信息：生产制造企业名称、注册商标；产品型号、设备名称；额定电压、额定电流、工作频率等核心电气参数；外壳 IP 防护等级、IK 机械防护等级；产品 MTBF 可靠性承诺指标；出厂编号、生产日期；本标准编号 T/GXIEP XXX—2026。

11.2 包装

设备包装执行 GB/T 13384-2008 通用规范，内包装采用防静电屏蔽袋，隔绝静电损伤；外包装具备抗冲击、防潮、防震性能，依据 GB/T 4857.23-2021 开展跌落试验，标准跌落高度 500mm，保障运输过程包装完好。

11.3 运输与贮存

设备运输过程中严禁剧烈撞击、重压、雨雪淋浸，做好防潮、防震、防腐防护；设备长期贮存需放置于无凝露、无腐蚀性气体、干燥通风的专用库房。若设备贮存周期超过 12 个月，投入使用前必须开展通电老化测试、电容器赋能处理，检测合格后方可安装投运。

12 附则

本标准由广西电子商务企业联合会负责解释。本标准自发布之日起试行，试行期为一年。试行期满后，根据实施反馈情况进行修订和完善。各相关单位可依据本标准制定具体的实施细则。若本标准与国家新颁布的法律法规或强制性标准有不一致之处，应以国家法律法规和强制性标准为准。本标准所引用的规范性引用文件如有更新，其最新版本适用于本标准。广西电子商务企业联合会将根据技术发展和应用需求，适时组织对本标准的复审与修订工作，以保障其持续的先进性和适用性。本标准的有效实施，有赖于各级医疗机构、主管部门、技术服务商和各相关方的共同努力，通过规范智慧医院数据互联互通共享技术，推动医疗健康数据资源有效整合与安全共享，提升医疗服务质量和效率，促进智慧医院建设规范化发展，为推进健康中国建设提供技术支撑。