

T

ICS 29.020
CCS P90

团体标准

T/CWDPA XXX—2026

机电设备模块化设计与集成安装技术规范

Technical specification for modular design and integrated installation of
mechanical and electrical equipment

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国西部开发促进会 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 1

4 基本规定 2

 4.1 设计原则 2

 4.2 总体要求 2

5 模块化设计 2

 5.1 模块划分 2

 5.2 模块设计 3

 5.3 模块编码与标识 3

 5.4 模块库管理 4

6 接口设计 4

 6.1 机械接口 4

 6.2 电气接口 4

 6.3 控制与通信接口 5

 6.4 流体接口 5

 6.5 接口验证 5

7 集成安装 6

 7.1 安装准备 6

 7.2 模块运输与吊装 6

 7.3 模块集成 6

 7.4 安装后检查 7

8 调试与验收 7

 8.1 调试准备 7

 8.2 单模块调试 7

 8.3 系统联调 8

 8.4 验收 8

9 安全与环保 9

 9.1 安全要求 9

 9.2 环境保护 9

10 安装质量确认 9

 10.1 安装完成确认 9

 10.2 安装状态标识 10

 10.3 安装记录归档 10

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。

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。

本文件由都兰金辉矿业有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

机电设备模块化设计与集成安装技术规范

1 范围

本文件规定了机电设备模块化设计与集成安装的术语和定义、基本规定、模块化设计、接口设计、集成安装、调试与验收、安全与环保以及安装质量确认的要求。

本文件适用于机电设备的模块化设计、模块制造、集成安装、调试、验收及运行维护。成套装置、专用生产线及自动化系统中机电设备的模块化设计与集成安装可参照执行。

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 1800.1 产品几何技术规范（GPS）线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础

GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 31982 机械产品模块化设计规范

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模块 module

具有独立完整功能、统一标准接口，可独立制造、测试、维护与替换的标准化单元，是构成模块化产品的基本组成部分。

3.2

模块化设计 modular design

以模块为基本设计单元，通过模块的选择、组合与接口适配，构成不同规格、不同功能产品的设计方法。

3.3

模块接口 module interface

模块之间实现机械连接、能量传递、信号交互与介质传输的结合部位，以及对应的尺寸、参数与连接匹配规则。

3.4

集成安装 integrated installation

按照设计文件与工艺要求，将各类标准化模块有序组合装配，形成具备完整功能的机电系统的施工过程。

3.5

模块化产品 modular product

由多个标准化模块通过接口集成组合而成，具备完整使用功能的机电设备或系统。

4 基本规定

4.1 设计原则

4.1.1 模块独立性

各模块应具备清晰独立的功能边界，内部逻辑与结构相对封闭，模块间耦合度低，单一模块故障不引发核心功能瘫痪，支持单独测试、维护与替换。

4.1.2 接口标准化

模块接口应符合GB/T 31982的要求，统一接口的形式、尺寸、参数与连接规则，保证同类型模块具备互换性，降低集成适配成本与周期。

4.1.3 通用性与系列化

模块设计应兼顾多场景应用需求，形成系列化规格梯度，优先采用通用化零部件与标准接口，提升模块复用率，缩短产品研发与交付周期。

4.1.4 安全可靠

模块化设计应遵循GB/T 15706的风险评估要求，识别各模块及集成后的安全风险，采取分级防护措施，保障设备全生命周期内的运行安全与可靠性。

4.1.5 可维护性

模块应具备良好的可达性与可替换性，易损部件便于拆装更换，维护操作无需拆解相邻功能模块，降低运维难度与设备停机时间。

4.2 总体要求

4.2.1 全生命周期要求

模块化设计应覆盖设计、制造、安装、运维、回收全生命周期，统筹考虑各阶段成本与性能，兼顾制造便捷性、安装高效性与退役可拆解回收性，符合GB/T 31982的全流程设计要求。

4.2.2 接口兼容性要求

同系列产品的同类接口应具备向下兼容性，新版模块可适配旧版系统接口，接口重大变更应保留过渡方案，保障产品迭代后的适配衔接能力。

4.2.3 质量与追溯要求

各模块应具备唯一身份标识，关联记录生产、检验、安装信息，关键模块的核心部件应建立全链条质量追溯体系，满足质量溯源与故障定位需求。

4.2.4 模块化产品构成与系列化要求

模块化产品应由功能模块、结构模块、控制模块等单元组合构成，按性能参数形成梯度化系列型谱，满足不同工况、不同容量等级的使用需求。

5 模块化设计

5.1 模块划分

5.1.1 功能模块划分

功能模块的划分应以产品功能分解为基础，将实现同一功能或密切相关功能的零部件组合为一个模块。功能模块应具备明确的功能定义、输入输出参数和性能指标。

5.1.2 结构模块划分

结构模块的划分应以产品的物理结构和装配关系为依据，将空间位置相近、装配关系紧密的部件划分为同一结构模块。结构模块应便于独立加工、装配和运输。

5.1.3 电气与控制模块划分

电气与控制模块应按电源类型、电压等级和控制功能进行划分。同一电气模块内的电路应具有相近的电压等级和功率等级，控制模块应按控制对象和控制层级进行划分。

5.1.4 流体与辅助模块划分

流体模块应按介质类型（液压、气动、水冷等）、压力等级和流量范围进行划分。辅助模块包括润滑、冷却、过滤、减振等配套设施，应独立成模块以便于维护和更换。

5.2 模块设计

5.2.1 机械模块设计

机械模块设计应符合GB 50231和GB/T 31982的规定，模块的结构应具有足够的强度、刚度和稳定性。模块的设计应充分考虑其制造工艺性、装配工艺性和运输便利性。

5.2.2 电气模块设计

5.2.2.1 电气模块设计应符合GB/T 5226.1的规定，模块内的电气设备标称电源电压不应超过1000 V交流或1500 V直流，额定频率不应超过200 Hz。

5.2.2.2 电气模块应设置过载保护、短路保护和接地保护。模块的绝缘电阻不应小于2 M Ω （500 V兆欧表测量），保护接地电路的连续性电阻不应大于0.1 Ω 。

5.2.3 控制模块设计

5.2.3.1 控制模块应采用标准化、开放式的通信协议，模块间通信应满足实时性和可靠性要求。控制模块应具备故障自诊断功能，能对模块内部及所控设备的运行状态进行实时监测和报警。

5.2.3.2 控制模块的硬件和软件应采用模块化架构，便于功能扩展和升级。控制程序应具备参数在线修改功能，并应有防止非授权修改的保护措施。

5.2.4 流体模块设计

5.2.4.1 流体模块设计应符合GB/T 3766和GB/T 7932的规定。流体模块的管路布置应便于安装、检修和排放，管接头应采用标准化接口，并应有防止误接的识别标识。

5.2.4.2 流体模块应设置压力保护、温度保护和泄漏检测装置。液压系统的最高工作压力不应超过设计压力的90%，气动系统的工作压力应在设计范围内。

5.3 模块编码与标识

5.3.1 编码规则

模块的编码应具有唯一性、系统性和可扩展性。编码结构宜采用层级式编码，包含产品类别、模块类型、功能代号、规格参数和版本号等信息。

5.3.2 标识方法

每个模块应在显著位置设置永久性标识，标识内容应包括模块名称、编码、主要技术参数、制造日期和制造厂商。标识应清晰、耐久，在设备正常使用寿命期内不应脱落或模糊。

5.3.3 追溯要求

模块的生产批次、检验记录、安装记录和维护记录应与模块编码关联，形成完整的质量追溯链。追溯信息应采用信息化手段管理，便于查询和统计分析。

5.4 模块库管理

5.4.1 模块库建立

企业应建立模块库,对已设计验证的模块进行分类登记和统一管理。模块库应包括模块的三维模型、工程图纸、技术参数、接口定义、检验标准和典型应用案例。

5.4.2 模块入库与出库

新模块入库前应完成设计评审、样机试制和型式检验,确认满足设计要求后方可入库。模块出库应有审批记录,使用部门应记录模块的应用项目和运行情况。

5.4.3 模块评审与更新

模块库应定期进行评审,对使用频率低、技术落后的模块进行淘汰或升级。模块的更新应保持接口的兼容性,更新后的模块应重新进行验证和入库。

6 接口设计

6.1 机械接口

6.1.1 连接方式

机械接口的连接方式应根据模块的重量、受力状态和安装空间确定,可采用螺栓连接、键连接、销连接、焊接或快换接头等方式。连接方式应便于安装和拆卸。

6.1.2 定位与紧固

机械接口应设置可靠的定位基准面和定位元件,确保模块安装的重复定位精度。紧固件的规格、数量和预紧力应符合设计要求,紧固件应有防松措施。

6.1.3 公差与配合

机械接口的尺寸公差和配合应符合GB/T 1800.1的规定。机械接口常用公差配合的选用应符合表1的规定。

表 1 机械接口常用公差配合选用推荐

配合类型	推荐配合代号	应用场合
间隙配合	H7/g6	导向定位销与定位孔
间隙配合	H7/f7	滑动配合面
过渡配合	H7/js6	定位精度较高的连接
过盈配合	H7/p6	传递扭矩的轴毂连接
螺纹连接	6H/6g	普通螺纹紧固连接
注: 配合代号按GB/T 1800.1的规定执行。		

6.2 电气接口

6.2.1 电源接口

电源接口应采用标准化连接器,接口的额定电压、额定电流和频率应与供电系统匹配。电源接口应有明确的极性标识和相序标识,不同电压等级的接口应有防误插设计。

6.2.2 信号接口

信号接口应采用屏蔽电缆或双绞线传输,模拟信号与数字信号的接口应分开布置。信号接口的传输距离、传输速率和抗干扰能力应满足系统设计要求。

6.2.3 接地与屏蔽

电气接口应设置独立的保护接地端子,接地导体的截面积应符合GB/T 5226.1的规定。信号线的屏蔽层应在单端接地,屏蔽层的接地电阻不应大于0.1 Ω。

6.3 控制与通信接口

6.3.1 通信协议

- 6.3.1.1 控制与通信接口宜采用下列标准协议之一：
- a) Modbus RTU/TCP，适用于简单数据交换；
 - b) PROFIBUS DP/PA，适用于过程自动化和现场设备；
 - c) EtherCAT，适用于高速实时控制；
 - d) PROFINET IO，适用于工业以太网通信。
- 6.3.1.2 协议版本和参数应在设计文件中明确，并保持与上级系统和第三方设备的兼容性。

6.3.2 数据接口

数据接口应定义明确的数据格式、数据帧结构和通信速率。数据接口应支持实时数据交换和参数读写功能，通信的丢包率和延迟时间应满足控制系统的实时性要求。

6.3.3 网络结构

控制网络的拓扑结构宜采用总线型或星型结构，网络节点数量不应超过通信协议规定的最大节点数。网络应设置冗余措施，关键节点的通信故障不应导致整个系统瘫痪。

6.4 流体接口

6.4.1 管路接口

流体管路的接口应采用标准化管接头，接口的公称通径应与管路系统的公称尺寸相匹配，连接螺纹应采用密封管螺纹。不同介质（液压油、压缩空气、冷却水等）的接口应有明显的颜色标识或标签区分，管接头应具有防止松脱的结构。

6.4.2 密封与防护

流体接口应采用O形圈、组合垫圈或金属密封等可靠的密封形式。密封件的材料应能适应介质的工作温度范围（液压-20℃～+80℃、气动-20℃～+60℃、冷却水5℃～+40℃），并耐受系统工作压力。接口处应设置防尘、防污保护措施。

6.4.3 压力与流量要求

流体接口的设计压力不应小于系统最高工作压力的1.25倍。接口的通径应满足系统最大流量的要求，流体的流速应在合理范围内，液压系统管路流速不宜大于6 m/s，气动管路流速不宜大于20 m/s。流体接口的基本参数要求应符合表2的规定。

表 2 流体接口基本参数要求

参数类型	液压接口	气动接口	冷却水接口
公称压力	≥系统压力×1.25	≥系统压力×1.25	≥系统压力×1.25
工作温度范围	-20℃～+80℃	-20℃～+60℃	5℃～+40℃
密封形式	O形圈/组合垫圈	O形圈	橡胶垫/密封胶
接口标识颜色	黄色	蓝色	绿色

6.5 接口验证

6.5.1 机械接口验证

机械接口验证应包括尺寸检查、配合检查和连接强度试验。接口的尺寸偏差应符合设计图纸和GB/T 1800.1的规定。连接件的紧固扭矩应进行抽检，偏差不应超过规定值的±10%。

6.5.2 电气接口验证

电气接口验证应包括绝缘电阻测试、耐压测试和保护接地连续性测试。绝缘电阻测试应使用500 V兆欧表，绝缘电阻值不应小于2 MΩ。耐压测试应无击穿或闪络现象。

6.5.3 通信接口验证

通信接口验证应包括通信协议一致性测试、数据传输误码率测试和通信实时性测试。误码率不应大于 10^{-6} ，通信延迟时间应满足系统设计文件的要求。

6.5.4 流体接口验证

流体接口验证应包括密封性试验和耐压试验。液压接口应在1.25倍工作压力下保压10 min，不应有渗漏。气动接口应在1.15倍工作压力下涂刷检漏液检查，不应有气泡产生。

7 集成安装

7.1 安装准备

7.1.1 技术资料准备

7.1.1.1 安装前应准备完整的安装技术文件，包括以下文件：

- a) 设备安装图；
- b) 模块布置图；
- c) 接口连接图；
- d) 安装说明书；
- e) 调试大纲。

7.1.1.2 安装人员应熟悉技术文件并进行技术交底。

7.1.2 安装条件检查

安装前应对安装基础、安装环境、供电条件、供气供液条件等进行检查确认。基础的水平度、标高和预留孔洞位置应符合设计要求和GB 50231的规定。

7.1.3 人员与机具配置

安装作业应由具备相应资质的专业人员进行，特种作业人员应持证上岗。安装所需的起重设备、测量仪器、专用工具和检测仪表应准备齐全并经检定合格。

7.2 模块运输与吊装

7.2.1 包装与防护

模块在运输前应进行包装，包装应能防止模块在运输和储存过程中受到损坏、受潮和腐蚀。模块的电气接口和流体接口应采取防尘、防潮保护措施。

7.2.2 装卸与运输

模块的装卸应使用合适的起重设备，装卸过程中应保持平稳，不得有剧烈冲击和碰撞。模块在运输车辆上应固定牢靠。

7.2.3 吊装与就位

模块吊装应使用专用吊具，吊索与模块的连接应可靠。模块吊装就位时应缓慢下落，对准安装基准线后进行初步固定，就位精度应符合表3的规定。

表 3 模块安装就位允许偏差

项目	允许偏差	检验方法
中心线位置	±5 mm	经纬仪或拉线尺量
标高	±5 mm	水准仪测量
水平度	0.05 mm/m	框式水平仪
垂直度	0.05 mm/m	经纬仪或吊线

7.3 模块集成

7.3.1 机械模块集成

机械模块的集成应按先基座后主体、先大件后小件的顺序进行。模块间的机械连接应按设计要求紧固，紧固力矩应使用扭矩扳手控制，并应有紧固标记。

7.3.2 电气模块集成

电气模块的集成应按GB 50254的规定进行。电缆敷设应排列整齐、固定可靠，不同电压等级的电缆应分开敷设。接线应正确、牢固，线号标识应清晰准确。

7.3.3 控制与通信集成

控制与通信模块的集成应包括控制柜安装、通信电缆敷设和网络配置。通信电缆应与动力电缆保持足够的间距，不应小于300 mm。网络配置完成后应进行通信测试，确认各节点通信正常。

7.3.4 流体模块集成

流体模块的集成应按GB/T 3766和GB/T 7932的规定进行。管路连接应密封可靠，管路走向应合理，不应有急弯和扭曲。管路应进行固定，固定间距不应大于2 m。

7.4 安装后检查

7.4.1 连接质量检查

安装完成后应对所有机械连接、电气连接、通信连接和流体连接进行全面检查。紧固件的紧固状态应逐件检查，电气接线的正确性应逐点核对，流体管路应无渗漏。

7.4.2 安装精度检查

安装精度检查应包括模块的位置偏差、水平度、垂直度和同轴度等。检查结果应形成记录，偏差超出允许范围的应进行调整，调整后应重新检查确认。

7.4.3 安装完整性检查

安装完整性检查应确认所有模块均已按设计要求安装到位，无遗漏、无错装。模块的标识、防护装置和安全设施应齐全有效。

8 调试与验收

8.1 调试准备

8.1.1 调试条件确认

调试前应确认已满足下列条件：

- a) 所有模块已按设计要求安装完成，安装质量检查合格；
- b) 供电、供气、供液等外部条件已具备；
- c) 调试所需的仪器仪表和工具已准备就绪；
- d) 调试区域的安全防护措施已到位。

8.1.2 调试方案与大纲

调试前应编制调试方案和调试大纲，调试方案应包括调试项目、调试方法、合格标准、安全措施和应急处理预案。调试大纲应经技术负责人审批后方可实施。

8.2 单模块调试

8.2.1 机械模块调试

机械模块调试应包括各运动部件的动作试验、行程检查和运转状态检查。运动部件应动作灵活、无卡滞和异常声响，行程开关的位置和动作应准确可靠。

8.2.2 电气模块调试

电气模块调试应按GB 50150的规定进行。调试项目应包括绝缘电阻测量、接地电阻测量、电压检查、相序检查和保护装置动作试验。电气参数应在设计允许范围内。

8.2.3 控制与通信模块调试

控制与通信模块调试应包括控制程序下载、输入输出信号测试、通信连接测试和故障诊断功能验证。控制器的输入输出信号应逐点核对，通信应稳定可靠。

8.2.4 流体模块调试

流体模块调试应包括系统压力设定、流量调节、密封性检查和安全阀动作试验。液压系统应在工作压力下连续运行30 min，压力波动不应超过设定值的±5%。

8.3 系统联调

8.3.1 空载联调

空载联调应在单模块调试合格后进行。系统在空载条件下连续运行不应少于2 h，各模块的协调动作应准确、顺序正确，系统的各项运行参数应稳定在设计范围内。

8.3.2 负载联调

8.3.2.1 负载联调应在空载联调合格后进行。系统应逐步加载至额定负载，在额定负载下连续运行不应少于4 h。负载运行期间应监测各模块的温度、振动、噪声和压力等参数。

8.3.2.2 负载运行期间，各模块的表面温升不应超过设计文件的规定值，振动速度有效值不应大于4.5 mm/s。

8.3.3 故障模拟与保护验证

故障模拟与保护验证应包括过载保护、短路保护、超压保护、欠压保护和紧急停止功能等。各项保护功能应在模拟故障条件下正确动作，保护装置的动作值应符合设计要求。

8.4 验收

8.4.1 验收条件

验收应在系统联调合格、各项性能指标满足设计要求、所有调试记录完整的基础上进行。验收应由建设单位、施工单位、监理单位和设计单位共同参加。

8.4.2 验收项目与方法

验收项目应包括但不限于：

- a) 设备及模块的完整性检查；
- b) 安装质量的复查；
- c) 单模块调试和系统联调的测试数据审核；
- d) 安全保护功能的验证；
- e) 技术资料和文件的审查。

8.4.3 验收判定规则

8.4.3.1 验收判定应符合下列规定：

- a) 所有主控项目应100%合格；
- b) 一般项目的合格率不应低于90%；
- c) 存在影响设备安全运行的缺陷时，验收不应通过；
- d) 验收不合格的项目应进行整改，整改后重新验收。

8.4.3.2 验收主控项目与判定标准应符合表4的规定。

表4 验收主控项目与判定标准

项次	主控项目	合格标准	检验方法
1	模块安装位置偏差	中心线 $\leq \pm 5\text{ mm}$ ，标高 $\leq \pm 5\text{ mm}$	经纬仪、水准仪测量
2	模块连接紧固状态	紧固力矩达到设计值，防松标记齐全	扭矩扳手抽检、目视
3	绝缘电阻	$\geq 2\text{ M}\Omega$ （500V兆欧表）	绝缘电阻测试仪
4	保护接地连续性电阻	$\leq 0.1\ \Omega$	接地电阻测试仪
5	流体接口密封性	保压10 min无渗漏	压力试验、目视
6	安全保护功能	保护装置动作准确、可靠	模拟故障测试

9 安全与环保

9.1 安全要求

9.1.1 设计安全要求

9.1.1.1 模块化设计应遵循 GB/T 15706 的规定进行风险评估。设计应采取本质安全措施，消除或充分减小危险。无法消除的危险应在设计文件中明确标识并提出警示。

9.1.1.2 模块的电气安全设计应符合 GB/T 5226.1 的规定。液压系统的安全设计应符合 GB/T 3766 的规定，气动系统的安全设计应符合 GB/T 7932 的规定。

9.1.2 安装安全要求

9.1.2.1 模块安装作业应制定安全施工方案，高空作业、起重吊装、临时用电等危险作业应办理审批手续。安装现场应设置安全警示标志和警戒区域。

9.1.2.2 安装作业人员应正确佩戴劳动防护用品。使用电动工具和起重设备前应检查其安全状况，确认完好后方可使用。

9.1.3 调试与运行安全要求

调试前应确认所有安全防护装置已安装到位并功能正常。调试过程中应有专人监护，发生异常应立即停机检查。设备的紧急停止装置应在调试前进行功能验证，确保动作可靠。

9.2 环境保护

9.2.1 噪声与振动控制

机电设备运行时的噪声排放应符合 GB 12348 的规定。设备噪声大于 85 dB(A) 时，应采取隔声、消声或吸声等降噪措施。设备的振动应通过减振器、隔振垫等措施进行控制。

9.2.2 废弃物与排放控制

9.2.2.1 模块化设备的制造、安装和调试过程中产生的废弃物应分类收集和处置。液压系统调试和运行中的废油、含油废弃物应按危险废物管理，不得随意排放。

9.2.2.2 气动系统的排气应采取消声和油雾过滤措施，排放的压缩空气含油量不应大于 5 mg/m³。

9.2.3 能效与资源节约

9.2.3.1 模块化设计应采用高效节能的元器件和系统方案，减少能源消耗。设备的功率因数不应低于 0.85，低于时应设置无功补偿装置。

9.2.3.2 模块的设计应便于拆解和回收，材料的选用应优先考虑可回收利用的材料，并应减少有害物质的使用。

10 安装质量确认

10.1 安装完成确认

10.1.1 全部模块安装完成后，应逐项确认所有模块均按设计文件和安装方案的要求安装到位，无遗漏、无错装，确认结果应形成书面记录。

10.1.2 安装完成确认应包括模块位置确认、连接确认和标识确认。位置确认应核对模块的安装坐标和

标高，连接确认应核对各类接口的连接状态，标识确认应核对模块编码和标识的完整性。

10.2 安装状态标识

10.2.1 安装完成后，应在各模块的显著位置设置安装状态标识，标识应包含模块编码、安装日期和安装责任人信息。

10.2.2 安装状态标识应清晰、耐久，不易脱落和模糊，其设置位置不应影响模块的正常运行、操作和维护。

10.3 安装记录归档

10.3.1 安装过程中形成的各项记录，包括模块就位记录、连接检查记录、精度测量记录和安装确认记录等，应整理归档，形成完整的安装档案。

10.3.2 安装档案应随项目交付使用单位，作为后续调试、运行和维护的重要依据。
