



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX
代替 GB/T

制造装备智能化通用技术要求

Intellectualization General Technical Requirements for Manufacturing Equipment

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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
3.1 制造装备	4
3.2 智能化	4
3.3 智能特征	4
3.4 智能功能	4
3.5 智能化水平	5
3.6 智能化制造装备	5
4 技术要求	5
4.1 通用要求	5
4.2 感知	5
4.3 监控与诊断	6
4.4 适应与优化	8
4.5 交互与协同	9
4.6 互联与集成	10
4.7 仿真与建模	11
4.8 数据与信息服务	12
4.9 可信性	13
4.10 基于装备的新型商业模式	13
4.11 其他要求	14
5 评测方法	14
5.1 评测流程	14
5.2 智能化水平得分计算方法	15
附 录 A （资料性） 制造装备智能化水平评估得分表	17
参 考 文 献	错误！未定义书签。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会（SAC/TC124）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

装备是制造业发展的工具与物质基础。当前，制造装备数字化、网络化、智能化发展趋势显著，制造装备智能化已经成为增强我国制造业核心竞争力、支撑数字经济发展的物质基础。由于制造装备的类型多、涉及范围广，不同类型装备各自具备不同的特性，导致各行业对装备智能化的功能与特性拥有各自不同的理解和要求，不同制造装备实现数据集成、智能化功能提升出现困难。因此，从推动市场规范化与快速发展的角度，亟需相关智能化技术要求的标准来推进与支撑智能化制造装备的规模化应用与产业化发展。

本标准是制造装备智能化标准系列的基础性标准，围绕感知、监控与诊断、适应与优化、交互与协同、互联与集成、仿真与建模、数据与信息服务、可信性、基于装备的新型商业模式等智能特征，研究制定制造装备的智能化通用技术要求。

针对具体智能化制造装备及其应用场景的特殊需求，根据标准化对象的特点，梳理相关性、符合性高的智能特征，遵循本标准的范围和评估方法，对智能特征的技术要求进行补充、细化和修改。或将本标准与具体智能化制造装备的功能与性能、安全、通信等通用标准要求相互结合，共同构成该类智能化制造装备的技术要求。

制造装备智能化通用技术要求

1 范围

本文件规定了制造装备智能化的基本要求、评估方法。
本文件适用于制造装备智能化的设计、优化、改造等。

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 17614.1-2015 工业过程控制系统用变送器 第1部分：性能评定方法

GB/T 18272.1-2000 工业过程测量和控制 系统评估中系统特性的评定 第1部分：总则和方法学

GB/T 2900.56-2008 电工术语 控制技术

GB/T 17212 工业过程测量和控制 术语和定义

GB/T 5271 28-2001 信息技术 词汇 28.01.02

GB/T 41397-2022 生产过程质量控制 故障诊断

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 制造装备 manufacturing equipment

应用于设计、生产/制造、管理、服务等过程中，完成具体的制造工艺（工序）作业的装备为制造装备。

注：制造装备包括部件、设备、终端、系统等。

3.2 智能化 intellectualization

智能化是对象（器件、设备、终端）具有对客观事物进行合理分析、判断及有目的地行动和有效地处理周围环境事宜等能力的状态或过程。

注：智能化可包括：感知、获取与传输信息的能力；在复杂应用环境中，依据相关信息进行自学习，提升应对关联性、时效性强的复杂任务的能力；通过自我调节、诊断以适应环境、保证正常运行的能力；理解、分析数据和决策、执行以解决问题、提供服务的能力；归纳推理能力和演绎推理的能力。

3.3 智能特征 intelligent characteristics

能够完成预定功能、任务，且能表现出与智能（如推理和学习）相类似的各种特征。

注：智能特征分为感知、监控与诊断、适应与优化、交互与协同、互联与集成、仿真与建模、数据与信息服务、可信性、新型商业模式等方面。

3.4 智能功能 intelligent function

装备（或系统）实现智能特征的功能，包括装备本体的系统功能，及借助智能辅助系统与人工智能技术而实现的功能。

3.5 智能化水平 intellectualization level

智能装备（或系统）具备有效实现智能作业的能力。

注：依据具备智能特征、智能功能的不同程度，可以分为不同的智能化水平。具体描述见附录A。

3.6 智能化制造装备 intelligentialized manufacturing equipment

应用于设计、生产、管理、服务等过程中，能够实现装备的预期功能，并具备一项或多项智能功能。不同智能化制造装备具有不同的智能等级。

注：智能化的制造装备是通过数字技术与制造装备技术深度融合，具备数字化、网络化、智能化等特征。形成具备状态感知、泛在互联、决策优化、自主执行、虚实融合、高效节能等特征的制造装备。

4 技术要求

4.1 通用要求

智能化制造装备除满足装备现行标准的有关规定，包括功能性能特性、可靠性、维修性、保障性、安全性、测试性等有关标准规定外，还应满足如下一项或多项智能特征要求：

智能化制造装备的智能特征主要包括：

- 感知
- 监控与诊断
- 适应与优化
- 交互与协同
- 互联与集成
- 仿真与建模
- 数据与信息服务
- 可信性
- 基于装备的新型商业模式

依据智能功能所体现的智能特征的不同程度，可以进行装备的智能化水平评估。

4.2 感知

4.2.1 概述

基于自动识别、泛在互联与数据通信技术，能够实现对自身状态、内部与外部环境的感知。包括数据采集、信息处理两部分。

注：数据采集与测量可包括物理型、化学型、生物型数据。

4.2.2 感知技术要求

4.2.2.1 数据获取要求

应具有支持数据获取的传感元件。

注：宜包括支持数据获取的热敏、光敏、气敏、力敏、磁敏、声敏、视觉等智能传感元件。

4.2.2.2 数据采集要求

数据采集宜支持电压、电流、电阻、电动势及脉冲频率信号等模拟量以及数字量和开关量的采集。数据采集要求包括：

- a) 时效性要求：包括感知的实时性与有效性，在可接受或被允许的时间范围内通过采集、传输等步骤，向用户提供有价值的信息，即感知当时有效的数据而非过时数据。
- b) 完整性要求：设备、终端采集的数据应覆盖需感知的信息、空间或过程，感知范围分为无覆盖、关键检测环节、覆盖产品全生命周期等不同程度。
- c) 准确性要求：设备、终端感知的属性、数据、信息在可接受或被允许的范围内能准确反映感知对象的真实状态。
- d) 可信性要求：设备、终端感知的属性、数据、信息来源可信，数据特征提取可信。
- e) 自适应要求：数据采集可实现自动调整采集样本量、采样频率、采用间隔等。
- f) 稳定性要求：设备、终端的数据采集性能特性在规定时间内保持不变的能力
- g) 与测量有关的准确度、分辨力、灵敏度、复现性、动态特性等要求。

4.2.3 信息处理要求

智能化制造装备在传感层级的信息处理要求包括：

- a) 及时性要求：设备、终端对感知信息进行处理的速度，能够保证数据的时效性需求。
- b) 一致性要求：设备、终端在对感知得到的信息进行处理、传输的过程中，信息的实体、属性保持等值、存在、逻辑一致性约束关系。
- c) 可靠性要求：在规定时间内、规定条件下完成规定功能的能力。
- d) 信息预处理要求：
 - 1) 对采集的数据进行降噪、滤波（平均、滑动平均、数字滤波），多传感器融合；
 - 2) 数据清洗包括识别和处理缺失值、异常值；
 - 3) 对机械振动和噪声波形信息进行频谱分析；
 - 4) 通过数据集成、数据变换、数据规约使数据标准化，以便多设备数据共享和远程传输；
 - 5) 感知设备为智能变送器时，信息预处理一般在变送器中完成。

4.3 监控与诊断

4.3.1 概述

基于感知的数据处理结果，进行监测与监控的相关功能。包括内部自身运行状态信息、运行环境信息、产品质量信息的监测和运行控制。经运行监控系统处理的信息，作为在线故障自诊断以及远程监控和诊断的基础。

4.3.2 监测与诊断要求

4.3.2.1 时效性

发生故障后，监测与监控系统应具备在最短时间内检测到故障的能力。

4.3.2.2 灵敏度

监测与监控系统对微小故障信号的监测能力。

4.3.2.3 误报率

指实际没有发生故障却被错误检测出发生故障。监测与监控系统应具备有效降低误报率的能力。

4.3.2.4 漏报率

指发生故障却没有被检测出来。监测与监控系统应具备有效降低漏报率的能力。

4.3.2.5 辨识能力

制造装备系统辨识故障和时变特性的能力。辨识能力越强则监测与监控系统对故障的辨识越准确，对故障的评价和维护就越容易。

4.3.2.6 故障诊断抗干扰能力

制造装备系统在存在振动、噪声、温度、湿度、电磁等干扰情况下，正确完成多工况下监测与控制任务，同时保持低误报率和漏报率的能力。

4.3.2.7 故障分离能力

制造装备系统对不同故障的区别能力。故障分离能力越强，则对不同故障的区别能力越强，对故障的定位越准确。

4.3.2.8 故障预警及报警能力

制造装备系统能以多种方式（视觉、听觉、触觉等）对预测故障和故障进行及时准确的预警或报警。

4.3.2.9 监测与监控提示的准确性

制造装备系统能够对预测维护、计划维护、故障维护准确提示维护时间、维护部位、维护措施的能力。

4.3.2.10 现场自动在线维护或维护提示

采用维护保养系统等措施方法，实现装备对自诊断的预测故障及故障进行现场自动在线维护或维护提示功能，维护提示一般应包括预测维护自动提示、计划维护自动提示和故障维护自动提示等。

4.3.2.11 远程协作监控

具有网络通信功能，可通过网络进行远程协作维护或维护提示。

4.3.2.12 故障分离能力

制造装备系统对不同故障的区别能力。故障分离能力越强，则对不同故障的区别能力越强，对故障的定位越准确。

4.3.2.13 在线故障自诊断

在线故障诊断子系统接受设备运行的状态和告警数据进行故障检测、故障模式识别、故障定位、故障评价和故障决策，具体方法参见《GB/T 41397-2022 生产过程质量控制 故障诊断》附录C。

4.3.3 运行监控要求

4.3.3.1 运行参数监视

运行参数宜包括运行电气参数、运行过程参数、产品或在制品质量参数、能耗参数及其它与运行有关的参数。设备运行参数，宜有图形化展示方式。

4.3.3.2 阈值和运行状态

阈值是设备运行状态判别的基础。阈值应为绝对值或相对于基准值的偏差形式。一个参数可能有上阈值、下阈值或双向阈值。在一个方向上可以有0个到多个阈值，应根据超限后对设备运行的影响设置告警级别。

4.3.3.3 运行控制

对于有运动部件的装备，根据运动部件的特点，宜采用闭环数字控制以及条款4.4中论述的适应与优化。

4.4 适应与优化

4.4.1 概述

能够感知制造装备本身参数或工作环境的变化，分析计算得出最优参数，自动调整控制器参数和运行模式，使制造装备自身处于最优化状态，得到可靠、精确和满意的控制效果。适应与优化分为工作环境自适应、操作自适应和功能自适应。

4.4.2 适应与优化要求

4.4.2.1 自动补偿

设备、终端在可接受或被允许的范围内对外部环境因素（温度、湿度、灰尘、静电等）以及内部功能变化自动进行补偿，保证性能的稳定性与可靠性。包括温度补偿、功率补偿、压力补偿、误差补偿等。应具有：

- a) 根据对外部环境自动测量的结果，发出指令自动进行的补偿。
- b) 根据对自身运行状态监测的结果自动进行的补偿。

4.4.2.2 容错功能

根据外部环境、内部运行的变化而引发的硬件故障与软件错误，基于容错技术进行调整与预防以保持正常运行与使用的能力。设备、终端在不中断正常运行、使用的情况下，应具有：

- a) 预防硬件故障与软件错误的功能，如冗余、故障屏蔽、故障限制等；
- b) 从硬件故障与软件错误中恢复的功能，如系统重构、修复重启等。

4.4.2.3 鲁棒性

设备、终端在复杂的应用环境中保持预设功能的能力，依靠优化与控制，使装备在多维条件下稳定运行。

4.4.2.4 快速性

设备终端在可接受或被允许的时间范围内通过信息收集、环境监测、任务分析等，快速调整自身状态，在当前状态下保持自身功能稳定。

4.4.2.5 环境预测

利用现实数据与知识进行分析和优化，实现装备系统与环境相适应和预知能力。在适应外部环境的基础之上，依据现实数据与智能算法进行分析，实现预测环境变化趋势，增加装备的适应能力。

4.4.2.6 故障预测

根据测量到的信号（如噪声、振动、发热、裂纹或电量的改变等），预测设备有无状态异常或故障趋势。

4.4.2.7 维护自主性

制造装备主体与系统进行自主维护的能力。

注：制造装备能够实现预防性维护、预测性维护规划，要求能够提示维护任务数量、维护工作类型、维护间隔期、维护部位、维护措施、维护人员技术水平信息等能力。

4.4.2.8 故障维护及提示时效性

制造装备系统在诊断出预测故障或故障后，维护系统在最短时间完成自动维护或维护提示的能力。

4.4.2.9 自学习与自治控制

以大数据和人工智能技术为基础，在装备运行期间通过在线学习，找到设备的最优控制、操作策略。根据环境和输入信号的变化，装备能够实时调整策略实现优化运行。装备之间可以根据全局目标实现设备之间的协同和容错。

4.4.2.10 可靠性预测要求

基于制造装备故障物理模型或感知监测的数据信息，通过建模和推理，预测评价设备运行健康状态和任务可靠性，以及预测设备发生故障模式和发生时间。

4.4.2.11 综合权衡要求

通用质量特性要求应从效能出发，考虑使用完好性参数、任务成功性参数和相关的功能性能参数。通用质量特性要求论证时应与任务成功、任务安全、功能性能定量要求进行综合权衡。

4.4.2.12 设计优化功能

以数学、统筹学等优化理论为基础，在产品设计和开发过程中通过改进设计、重用模块化与已验证知识和工程流程及相关工艺、设备，提升设计效率与满足客户需求。

4.5 交互与协同

4.5.1 概述

能够实现装备与装备、装备与系统、装备与用户之间的高效对话，快速、准确地满足用户信息交互需求，以及设备、终端接受与理解操作者、用户，实现高效人机交互、人机协同的能力。

交互包括命令语言用户界面、图形用户界面（GUI）、多媒体用户界面、多通道用户界面、虚拟现实等类型。交互与协同的主要的输入通道有：键盘、鼠标、语音和自然语言、手势、书写、眼动。

协同包括人机协同、基于静态或动态任务分配的机器协同等。

4.5.2 交互与协同要求

4.5.2.1 交互技术要求

应符合GB/T 18031-2000、GB/T 19246、GB/T 29799、ISO/IEC 30109、ISO/IEC 13066中关于人机交互的技术规定。

在满足上述标准内容基础上，还应满足如下要求。

- a) 有效性：装备实现一定的功能以及交互界面有效支持既定功能。
- b) 交互效率或易用性：装备交互功能对用户易于学习和使用，包括交互过程的安全性、用户绩效、出错频率，以及易学性等因素。
- c) 用户满意度：用户对交互过程的满意程度。
- d) 信息友好性：装备通过硬件或软件功宜保证用户、操作人员（健全或残疾、年轻人或老年人）能平等、方便、无障碍地进行人机交互，如获取信息、利用信息、完成操作等。
- e) 移动性：装备应能够满足移动设备与网络环境的人机交互需求。

4.5.2.2 协同技术要求

- a) 装备应具备一定的安全防护等级，不会对协作区域内的人或机器造成损害；
- b) 装备应具备一定的同步机制，能够准确的按照固定的节拍和时间与其他产品、装备进行协同；
- c) 装备通信及响应具备一定的实时性，通信及信息交互时间在可接受或被允许的范围内；
- d) 装备应能够满足移动设备对无线网络环境的协作需求。

4.6 互联与集成

4.6.1 概述

通过标准数据结构和开放数据接口等，实现装备与（子）系统、制造设备、零部件之间的数据传送和功能集成。包括协议互联互通、数据互联互通、语义互联互通、功能互联互通：

- a) 协议互联互通：传输层通信协议的互联互通。它要求同一类型的不同智能装备能够通过相同的通信协议实现应用数据的交互。
- b) 数据互联互通：表示层数据格式的互联互通，它要求构建统一的数据格式规范，不同智能装备能够通过相同数据格式实现应用数据的交互。
- c) 语义互联互通：应用层数据格式的互联互通，它要求能够遵守、实现统一的互联互通信息模型与语法语义规则，不同智能装备能够直接实现全部信息的交互。
- d) 系统互联互通：装备或子系统功能的互联互通，它要求构建统一的功能需求模型和接口规范，智能装备与其他系统能够实现集成与交互。

4.6.2 互联与集成要求

4.6.2.1 兼容性

实现装备互联，数据与信息互通。不同互联互通的兼容性技术要求包括：

- a) 硬件兼容：
 - 1) 装备应支持共同的机械和电气接口；
 - 2) 智能装备应具有为上层应用提供接口的控制单元；

- 3) 同类的装备在相同应用环境下应具备互换性，如：在不更改控制软件逻辑的情况下，可实现不同控制器的替换。
- b) 通信协议兼容：
 - 1) 通信协议与行规应参考标准 IEC 61158 与 IEC 61784；
- c) 软件兼容：
 - 2) 应用层软件应具有开放性。
 - 3) 能够访问不同数据结构或数据类型实现的操作对象。

4.6.2.2 互操作性

装备、系统相互之间可提供和接受服务，具备有效协同运行的能力。智能化装备应提供互操作性的接口。互操作性可包括以下几种：

- a) 不同装备、系统的功能应能够相互验证, 实现功能的互操作性；
- b) 不同装备、系统之间的数据、信息应能够相互交换与验证，实现实体的互操作性；
- c) 不同装备、系统在集成环境下的数据、功能应能够相互验证，实现集成的互操作性。

4.6.2.3 通信一致性

不同设备、终端、系统在相互通信过程中符合可用协议规范的一致性要求，包括静态通信一致性与动态通信一致性的要求。

本部分符合GB/T17178中关于通信一致性的要求。

4.7 仿真与建模

4.7.1 概述

围绕装备的全生命周期，在计算机虚拟环境中，建立与物理装备映射的虚拟模型、装备工作环境的虚拟模型、执行功能的虚拟模型、关键系统部件的虚拟模型、工艺模型、可靠性与耐久性仿真模型等，实现物理实体与虚拟模型之间的映射与交互、装备的虚拟调试、状态监控、智能分析与辅助决策等。

4.7.2 仿真与建模要求

4.7.2.1 基础数据模型

对装备静态属性、配置属性、过程（动态）属性等数据进行统一定义，建立支持装备设计、制造、集成、运维的信息模型，实现装备系统内部不同单元（或组成）、装备系统之间的规范化数据交互。

4.7.2.2 装备建模仿真

建立反映装备机械、结构、电气、动力等方面的物理实体模型，支持制造装备物理实体结构、运行过程的仿真。包括二维、三维模型。

示例：装备物理实体模型通常由设备制造商提供，用户进行工厂布局规划仿真和生产过程监视控制时，可直接使用装备制造商提供的模型进行仿真。

4.7.2.3 装备机理（规律）模型仿真

围绕制造装备的全生命周期，结合实际生产制造过程，建立制造装备符合物理规律、运行机理、工艺特性以及场景需求的机理模型与数学模型，通过离线仿真或在线仿真，实现支持装备系统分析优化、智能控制、智能运维等应用。

4.8 数据与信息服务

4.8.1 概述

面向产品全生命周期，采集智能装备在生产、使用各环节关键流程节点、环节的数据与信息，实现基础零件配件、部件到成品、服务每个环节的信息可溯源、深度挖掘等增值管理。包括信息溯源服务、用户行为分析、预测维护等。

4.8.2 数据与信息服务要求

4.8.2.1 时效性

在规定时间内提供数据、信息，并及时更新。

4.8.2.2 精确性

提供精确、完备的数据、信息。

4.8.2.3 数据量

通过一定时间的积累达到能够分析与处理的数据量。

4.8.2.4 可获取性

能够便捷、迅速地获取所需的数据、信息。

4.8.2.5 安全性

能够保证信息安全与网络安全。

4.8.2.6 复杂度

算法模型解决问题的计算效率。

4.8.3 数据管理要求

应对数据进行规范化和有效的管理，实现功能性能设计与通用质量特性设计信息源的统一和信息的共享一致。数据管理的要求主要包括：

- a) 实施统一数据源和规范化管理；
- b) 保证各层级产品之间、功能性能与通用质量特性、通用质量特性内部之间的数据一致性；

4.8.4 数据与信息服务能力要求

- a) 宜支持视觉处理和服务能力：包括图像分类、目标检测、目标追踪、图像语义分割等能力。
- b) 宜支持语音处理和服务能力：包括语音识别能力、语义理解能力、语音合成能力、语音唤醒能力
- c) 宜支持自然语言处理和服务能力：自然语言的分析、理解和生成等能力。
- d) 宜支持装备行为分析和建模能力，包括基于历史信息优化建模、预测行为等。
- e) 宜支持虚拟现实能力：包括运动追踪、平面检测、光照估计等 AR 能力。
- f) 宜支持装备知识图谱能力：根据不同业务和场景需求，通过知识图谱工具，构建相应的制造装备知识库，应支持知识的抽取、存储、查询、融合、推理、可视化、交换和评估，宜支持图分析、图机器学习、图谱推理等算法服务能力。

4.8.5 数据与信息服务算力要求

宜支持自主可控的CPU、GPU、NPU等多种计算能力，宜支持异构、同构的算力资源管理和调度能力，并支持提供统一的算力调用接口，为特征工程、模型训练、模型部署、模型推理、应用开发等装备智能化应用的全生命周期提供算力服务。

宜支持装备智能化应用按照需求在中心、边缘、终端的部署能力。

宜支持图像、自然语言、语音等大模型的训练能力。应具备人工智能算力检测工具和评估机制，支持时间、功耗、实际吞吐率、资源利用率、能效、效率等方面来评测人工智能训练能力，支持从时间、功耗、实际吞吐率、能效、效率、弹性、承压力等方面来评测人工智能推理能力。

4.9 可信性

4.9.1 概述

应针对不同业务和场景，识别智能化制造装备的设计、实现和使用等全生命周期的风险，进行风险和缺陷评级，提供不同综合治理、技术保障、管理实施等控制活动。

4.9.2 可信性要求

4.9.2.1 全生命周期

智能化制造装备系统使用机器学习技术实现时，模型应符合装备全生命周期的可信赖要求，包括装备需求调研、设计、开发、验证、部署、运行和监控、升级维护和退役。应在模型置入装备使用前，测试模型可信赖要素的状态，并针对发现的脆弱项做相应增强。

4.9.2.2 工具

智能化制造装备系统应具备模型可信赖要素测试工具和评估机制，支持模型伦理性、可解释性、鲁棒性的测试。

4.9.2.3 伦理

智能化制造装备系统的模型执行逻辑或相关系统行为应符合伦理要求（包含公平无歧视、透明、社会责任、隐私、人类控制和监督等），应根据不同地域的伦理要求和价值观，设定可接受条件。智能化制造装备系统及其生产、应用过程，应配备追责机制。

4.9.2.4 可解释

应按智能化制造装备及其模型使用的环境和业务逻辑，确定可解释性级别（如完全可解释、可明确表达、事后可解释、黑盒等级别）和条件。应依照模型、子系统、系统等层级实施可解释评估。

4.9.2.5 鲁棒性

应支持以生产环境数据作为基础，实施对智能化制造装备的对抗鲁棒性、边界鲁棒性测试。

4.10 基于装备的新型商业模式

4.10.1 概述

装备的制造方、使用方由单纯销售、使用产成品向提供综合服务转变，将装备产品与服务相结合以向终端用户不断新的服务，形成新的价值增长点。例如，将机床与设备维护合同打包，通过采集设备运行数据实现设备预测维护等功能。

4.10.2 新型商业模式技术要求

4.10.2.1 可个性化定制

支持用户介入装备设计、制造过程，将需求体现在指定的装备产品上，用户获得自己定制的个人属性的商品或获得与其个人需求匹配的装备产品或服务。

4.10.2.2 可远程维护

支持远程维护，在本地对远程系统提供安装、配置、维护、监控以及管理等功能或服务。

4.10.2.3 可远程升级

支持远程升级（更新），在本地对远程系统提供软件工艺硬件配套辅助系统进行版本与功能的更新、升级等功能或服务。

4.10.2.4 可远程在线监控

实现智能装备预测故障及故障的远程协作在线诊断功能。

4.10.2.5 可网络化共享

将制造装备的能力资源进行合理匹配、共享，打破行业壁垒、打通行业信息不对称，实现制造资源跨企业跨区域匹配与优化配置。

4.10.2.6 分布式协同制造

将不同制造环节的串行工作变为并行工程，实现供应链内及跨供应链间的企业产品设计、制造、管理和商务等的合作模式，通过改变业务经营模式与方式达到制造资源的充分合理利用。

4.11 其他要求

基于使用原理、用途的多样性、差别性，智能化制造装备应当具备的特殊要求。

5 评测方法

5.1 评测流程

根据第4部分给出的制造装备智能化技术要求，开展制造装备的智能化水平评估流程，包括评测设计、评测准备、正式评测、总结等4个阶段、12个步骤，如图1所示：

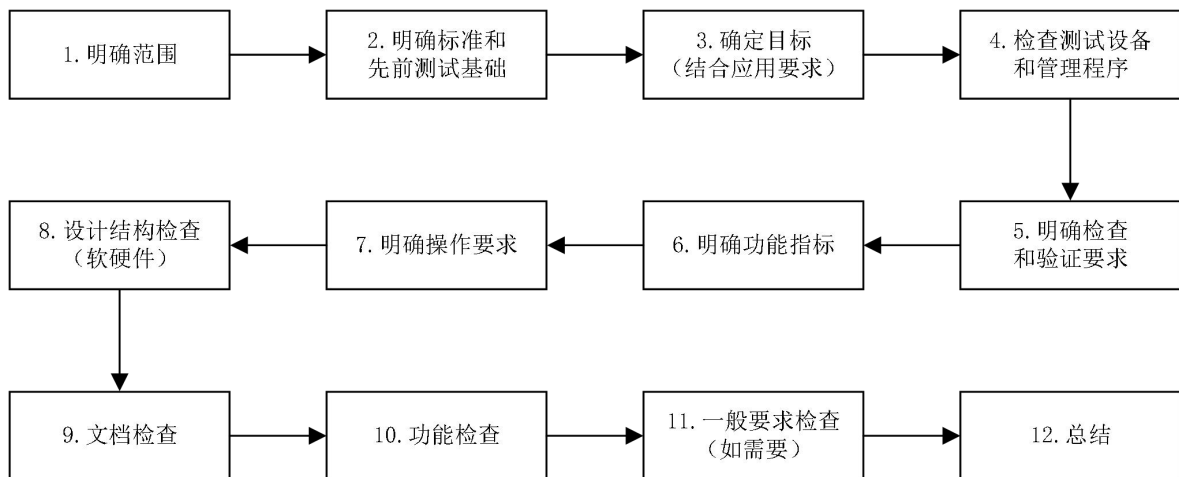


图1 智能化水平通用测评流程

各项评测步骤详细要求如下表1:

表1 智能化水平评测流程说明

阶段与步骤			工作	输出	备注
1	评测设计	确定范围	确定产品组成（软硬件）和边界（接口）	产品描述（框图；说明；使用说明书；用户手册）	评估文档应至少包括： 序号、版本号、 代码、标题、 修订日期、评 估得分报告
2		明确标准	确定应用的标准和规范	标准规范清单（项目标准；国标/国际/行标/企标）	
3		确定目标	确定验证的目的和等级要求	相关记录（如通信/会议纪要）	
4		检查条件	明确测试地点、环境、设备、工装、人员	评估计划	
5	评测准备	明确要求	明确测试周期、任务安排	评估计划	
6		明确指标	明确功能要求	测试功能说明	
7		明确操作	明确验证过程中的作业规范	测试操作说明	
8		设计审查	对功能作设计评审	测试功能说明	
9	正式评测	文档检查	检查上述步骤的文档准备情况	文档检查表	
10		功能检查	实际检测功能的实现情况	测试报告	
11		共性检查	如果需要的话考察一般性要求（安全、可靠性、能效果等）	测试报告或有效期内的资质文件	
12	评测总结	总结	评测组、被测企业、同行专家共同完成智能水平评分	相关记录（如通信/会议纪要）及评估报告	

5.2 智能化水平得分计算方法

结合具体智能化制造装备及其应用场景的特性需求，按照各项智能特征的重要程度，设置相应智能特征的权重，智能化水平总分为各项智能特征的得分加总。单项智能特征也可分为不同二级、三级评估要点，并根据其重要程度，分别设置相应细分层级的权重，该项智能特征的其得分加总。具体如表2所示：

表 2 智能化水平评分表

智能特征	重要程度 (α_i , %)	得分 (X_i)	单项得分 (Z_i)
感知			
监控与诊断			
适应与优化			
交互与协同			
互联与集成			
仿真与建模			
数据与信息服务			
可信性			
新型商业模式			
合计	100	/	Z
说明： 1) 具体制造装备的单项智能特征重要程度取值范围为[0, 100%]，不同智能特征的重要程度之和为 100%； 2) 单项智能特征的评价 (X_i) 项满分大于等于 0。 3) 单项智能特征得分之和为智能化水平总分，智能化水平总分分值为[1, 100]。			

各智能特征单项得分计算公式为：

$$Z_i = \alpha_i \sum_m X_{im} \dots\dots\dots (1)$$

智能化水平总得分计算公式为：

$$Z = \sum_i Z_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

α_i —— 第*i*项智能特征要素的重要程度权重

X_{im} —— 第*i*项智能特征的第*m*项评估（测试）要求得分， $m \geq 1$

附录 A

附录 B（资料性）

附录 C 制造装备智能化水平评估得分表

根据标准第4与第5部分的智能化技术要求与评测方法，给出如下表的制造装备智能化水平得分与智能化等级的对应关系，辅助判断当前制造装备所处的智能化水平。

表 A.1 制造装备智能化等级与智能化水平分数对应表

智能化等级	智能化水平总分(Z)	智能化等级描述
1级	$Z \leq 20$ 分	无法采集数据，无监控与诊断维护相关数据接口，无适应与优化能力，无人交互，无法互联互通、功能集成。
2级	$20 < Z \leq 40$ 分	人工采集数据与信息处理，采用人工方式完成监控与诊断维护、调整与优化等，拥有简单信息显示功能，具备通协议联通能力，能够提供装备自身及其运行过程等基础数据，拥有装备自身的简易数字化模型。
3级	$40 < Z \leq 60$ 分	半自动化采集数据与信息处理，结合预定若干类固定模式或反应完成监控与诊断维护、调整与优化等，拥有信息显示并能够简单人机操作，具备数据互联与集成，能够基于装备自身及其运行过程基础数据提供信息分析服务，拥有装备自身及其基础数据的数字化模型，装备模型与系统符合基础可信性要求，探索建立基于装备的新型商业模式。
4级	$60 < Z \leq 80$ 分	自动化、网络化采集数据与信息处理，通过专家辅助系统、自动检测等代替人工操作完成开放式场景、模式的监控与诊断维护，利用具备分析、推理等功能智能系统对不确定性进行自动调节、保证装备运转，提供多交互渠道信息显示并实现智能辅助操作，具备业务及操作的互联互通互操作，能够提供产品及相关系统共同运行的相关数据、信息并提供增值服务，拥有装备自身及其运行过程的三维模型、初步建立相关系统与环境的运行分析机理模型等，模型与系统具备可信性设计与优化提升能力，构建形成基于装备的新型商业模式。
5级	$80 < Z \leq 100$ 分	智能化采集数据与信息处理，实现不确定性条件下的预测性监控与诊断维护，利用自主学习实现预测性适应与优化并实现装备正常运转与效率提升，利用自动识别、自然语言理解等实现智能化人-机或机-机智能协同，实现跨产品结构的装备互操作、互交换，能够提供装备全生命周期器中自身、相关系统与环境的的数据、信息并提供增值服务，建立装备全生命周期的基础数据、系统模型与运行机理模型，相关模型与系统具备可信性优化提升能力，构建引领性新型商业模式。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17178-2010 信息技术 开放系统互连 一致性测试方法和框架
- [2] IEC 61158 Ed.4 1~20 工业通讯网络 数据总线规范
- [3] IEC 61784 CPF 1~16 工业通讯网络协议集