

XXX xx. xxx. xx  
XXX X xx

# T/SDMTGM

山东机床通用机械工业协会团体标准

T/SDMTGM XXXX—XXXX

## 机器人数控机床齿轮智能制造 自动化生产线

Intelligent Automated Gear Production Line with Robotic CNC Machine Tools

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

山东机床通用机械工业协会 发布

## 目 次

前 言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
3.1 机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线 Intelligent Automated Gear Production Line with Robotic CNC Machine Tools .....	2
3.2 桁架机器人 gantry robot .....	2
3.3 自动上下料系统 automatic loading and unloading system .....	2
3.4 中转料仓 buffer storage unit.....	2
3.5 在线检测 online inspection .....	2
3.6 智能管控平台 intelligent management and control platform .....	2
3.7 自动化率 automation rate .....	2
3.8 桁架机器人 gantry robot .....	3
3.9 质量追溯 quality traceability .....	3
3.10 连续运行稳定性 continuous operation stability .....	3
4 分类与型号 .....	3
4.1 分类 .....	3
4.2 型号编制 .....	3
4.3 型号示例 .....	4
4.4 基本参数 .....	4
5 技术要求 .....	5
5.1 一般要求 .....	5
5.2 环境条件 .....	5
5.3 系统组成要求 .....	5
5.4 自动化控制要求 .....	6
5.5 智能化功能要求 .....	6
5.6 性能要求 .....	6
5.7 安全要求 .....	6
5.8 可靠性要求 .....	6
6 试验方法 .....	7
6.1 试验条件 .....	7
6.2 外观与系统组成检查 .....	7
6.3 自动化功能试验 .....	7
6.4 自动化率测定 .....	7
6.5 综合良品率测定 .....	7
6.6 生产效率测定 .....	7
6.7 连续运行稳定性试验 .....	7
6.8 机器人定位精度检测 .....	8

6.9 智能化功能试验 .....	8
6.10 安全性能试验 .....	8
6.11 可靠性检查 .....	8
7 检验规则 .....	8
7.1 检验分类 .....	8
7.2 出厂检验 .....	8
7.3 型式检验 .....	9
7.4 抽样规则 .....	10
7.5 判定规则 .....	10
8 标志、包装、运输和贮存 .....	10
8.1 标志 .....	10
8.2 包装 .....	11
8.3 运输 .....	11
8.4 贮存 .....	12
附录 A(规范性) 自动化率计算方法 .....	13
A.1 范围 .....	13
A.2 术语 .....	13
A.3 计算原则 .....	13
A.4 计算方法 .....	13
A.5 工序统计要求 .....	13
A.6 测试方法 .....	14
A.7 判定要求 .....	14
A.8 计算示例 .....	14
附录 B(规范性) 综合良品率计算方法 .....	15
B.1 范围 .....	15
B.2 术语 .....	15
B.3 计算原则 .....	15
B.4 计算方法 .....	15
B.5 数据采集要求 .....	15
B.6 测试方法 .....	15
B.7 判定要求 .....	16
B.8 计算示例 .....	16
B.9 结果表示 .....	16
附录 C(资料性) 典型生产线布局示意图 .....	17
C.1 概述 .....	17
C.2 典型布局组成 .....	17
C.3 典型布局示意图 .....	17
C.4 布局要求 .....	17
C.5 信息化架构示意 .....	18
C.6 工艺流程图 .....	18
附录 D(资料性) 关键设备配置表 .....	19
D.1 概述 .....	19
D.2 关键设备配置表 .....	19

D.3 生产线主要技术参数 .....	19
D.4 智能化功能配置 .....	20
D.5 配置原则 .....	20
D.6 推荐配置等级 .....	20

## 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。本文本的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东机床通用机械工业协会提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：聊城鑫泰机床有限公司, 泰科精工智能装备(山东)有限公司, 聊城市东仓府区领创物资有限公司, 广东炎橙数科智能装备有限公司, 莱卡斯(聊城)机械有限责任公司、鑫淼智能装备(聊城)有限公司

本文件主要起草人：张龙, 张乃峰, 孔凡臣, 李言星, 张坤之, 唐恒真, 多凤轩, 唐兴栋, 张汉太, 赵兴浩, 尹艳禄

本文件首次发布。

# 机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线

## 1 范围

本文件规定了机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线的术语和定义、分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于由上料单元、数控车床、中转料仓、数控滚齿机、数控倒角机、机器人上下料系统、物料输送系统、在线检测系统及智能管控平台等组成的齿轮智能制造自动化生产线。该生产线通过机器人与数控机床协同作业，实现齿轮车削、滚齿、倒角等工序的自动上下料、自动流转、在线检测、质量追溯和智能化生产管理。

本文件适用于汽车、工程机械、农机装备、减速机及通用机械等行业齿轮零部件的自动化、数字化和智能化生产线的设计、制造、安装、调试、验收及运行管理，其他采用机器人与数控机床协同加工的齿轮类自动化生产线可参照执行。

## 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 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 气动系统通用技术条件

GB/T 9061 金属切削机床 通用技术条件

GB/T 12642 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则

GB/T 17421（所有部分） 机床检验通则

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB/T 26189 室内工作场所的照明

GB/T 30029 自动化系统与集成 制造系统数据采集总体要求

GB/T 35076 机械安全 生产设备安全通则

GB/T 37393 数字化车间 通用技术要求

GB/T 41255 智能制造 智能工厂 通用技术要求

GB/T 41256 智能制造 智能工厂 评价通则

GB/T 42382 智能制造 数字化车间 术语

GB/T 43582 智能制造 网络协同制造 参考架构

JB/T 9879 金属切削机床 术语

JB/T 13081 数控机床 可靠性评定方法

ISO 1328 (所有部分) 圆柱齿轮 精度分级体系 (Cylindrical gears — ISO system of accuracy classification)

ISO 10218-1 机器人和机器人设备 工业机器人安全要求 第1部分: 机器人

ISO 10218-2 机器人和机器人设备 工业机器人安全要求 第2部分: 机器人系统与集成

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线 Intelligent Automated Gear Production Line with Robotic CNC Machine Tools

由上料单元、数控车床、中转料仓、数控滚齿机、数控倒角机、机器人上下料系统、物料输送系统、在线检测系统及智能管控平台等组成,实现齿轮加工全过程自动化、数字化和智能化生产的成套装备系统。

#### 3.2 桁架机器人 gantry robot

安装于生产线设备上方或侧方,通过多轴联动完成工件抓取、搬运、上下料及工序间转运作业的自动化机械装置。

#### 3.3 自动上下料系统 automatic loading and unloading system

利用机器人、夹具、输送机构及控制系统,实现工件自动装夹、卸载和工序间流转的系统。

#### 3.4 中转料仓 buffer storage unit

设置于生产线工序之间,用于工件暂存、缓存和节拍平衡,实现各加工单元连续稳定运行的装置。

#### 3.5 在线检测 online inspection

在生产过程中利用测量装置对工件尺寸、形位精度或工艺参数进行实时检测和数据采集的过程。

#### 3.6 智能管控平台 intelligent management and control platform

对生产线设备状态、生产数据、工艺参数、质量信息及运行过程进行监测、分析、管理和控制的软件系统。

#### 3.7 自动化率 automation rate

生产线自动完成的工序数量或作业时间占全部生产过程工序数量或总作业时间的百分比。

### 3.8 桁架机器人 gantry robot

生产线在较短时间内完成不同规格、型号齿轮产品切换生产，并保持稳定运行和产品质量的能力。

### 3.9 质量追溯 quality traceability

通过生产数据采集与记录，实现产品加工过程、设备状态、工艺参数及检测结果查询与追踪的能力。

### 3.10 连续运行稳定性 continuous operation stability

生产线在规定工况下连续运行期间保持正常生产和性能指标满足要求的能力。

## 4 分类与型号

### 4.1 分类

机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线按自动化程度、加工工艺及生产能力进行分类。

#### 4.1.1 按自动化程度分类

- a) 半自动化生产线；
- b) 全自动化生产线。

#### 4.1.2 按加工工艺分类

- a) 车削—滚齿生产线；
- b) 车削—滚齿—倒角生产线；
- c) 车削—滚齿—倒角—检测生产线；
- d) 其他定制化齿轮加工生产线。

#### 4.1.3 按生产能力分类

- a) 小批量柔性生产线（年产能5万件以下）；
- b) 中批量生产线（年产能5万件~20万件）；
- c) 大批量生产线（年产能20万件以上）。

### 4.2 型号编制

生产线型号由产品代号、工艺代号、自动化等级代号及生产能力代号组成。

型号表示方法：

GML□-□-□

其中：

GML—齿轮制造生产线 (Gear Manufacturing Line)

第一位代号表示工艺配置：

C：车削；

CG：车削+滚齿；

CGD：车削+滚齿+倒角；

第二位代号表示自动化等级：

A：全自动；

B：半自动；

第三位代号表示年产能等级：

5：5万件级；

10：10万件级；

20：20万件级；

50：50万件级。

#### 4.3 型号示例

GML-CGD-A-50

表示由数控车床、数控滚齿机、数控倒角机、机器人上下料系统及智能管控系统组成的全自动齿轮智能制造生产线，年产能 50 万件。

#### 4.4 基本参数

生产线基本参数应包括但不限于：

a) 适用工件类型；

b) 工件最大外径；

c) 工件最大模数；

d) 工件最大重量；

e) 生产节拍；

f) 自动化率；

g) 综合良品率；

h) 连续运行时间；

- i) 年生产能力;
- j) 设备总功率;
- k) 压缩空气压力;
- l) 占地面积。

## 5 技术要求

### 5.1 一般要求

5.1.1 生产线应按照经规定程序批准的图样和技术文件制造，并符合本文件要求。

5.1.2 生产线应由上料单元、数控车床、中转料仓、数控滚齿机、数控倒角机、机器人上下料系统、智能控制系统及辅助装置组成，实现齿轮加工全流程自动化生产。

5.1.3 生产线应具备自动上料、自动加工、自动转运、自动下料及生产数据自动采集功能。

5.1.4 生产线应运行稳定、安全可靠，满足连续生产要求。

### 5.2 环境条件

5.2.1 环境温度：5℃~40℃。

5.2.2 相对湿度：不大于80%。

5.2.3 电源电压：380 V±10%，频率50 Hz±1 Hz。

5.2.4 安装场地应无严重振动、冲击及腐蚀性介质影响。

### 5.3 系统组成要求

#### 5.3.1 上料单元

应具备毛坯件自动存储、自动分料及自动供料功能，并满足连续生产需求。

#### 5.3.2 数控车床单元

应完成工件端面及外圆等车削加工，满足产品图样规定的加工精度要求。

#### 5.3.3 数控滚齿机单元

应完成齿轮齿形加工，保证齿轮精度满足设计要求。

#### 5.3.4 数控倒角机单元

应完成齿轮端部倒角加工，保证倒角尺寸一致性。

#### 5.3.5 中转料仓

应具备工件缓存及工序节拍平衡功能，保证生产线连续稳定运行。

### 5.3.6 机器人上下料系统

应实现工件自动抓取、自动定位、自动上下料及工序间自动转运功能。

## 5.4 自动化控制要求

5.4.1 生产线应采用集中控制或分布式控制方式，实现各设备协调联动运行。

5.4.2 应具备自动运行、手动运行、单步调试及故障恢复功能。

5.4.3 应支持工艺参数自动调用和产品换型管理。

5.4.4 应具备设备状态监控、故障报警及安全连锁功能。

## 5.5 智能化功能要求

5.5.1 应具备生产数据自动采集、存储和分析功能。

5.5.2 应具备加工过程关键参数在线监测功能。

5.5.3 应具备产品质量追溯功能。

5.5.4 应支持与ERP、MES等管理系统的接口对接。

5.5.5 应实现生产过程可视化管理。

## 5.6 性能要求

5.6.1 自动化率应不低于95%。

5.6.2 综合良品率应不低于98%。

5.6.3 生产效率应较传统人工生产模式提高5倍以上。

5.6.4 生产线应具备年产5万件~50万件齿轮的生产能力。

5.6.5 生产线连续稳定运行时间应不少于24 h。

5.6.6 机器人重复定位精度应不大于±0.1 mm。

## 5.7 安全要求

5.7.1 生产线应设置紧急停止装置。

5.7.2 运动部件危险区域应设置防护装置和安全警示标识。

5.7.3 安全连锁装置动作应准确可靠。

5.7.4 电气系统应具有过载、短路、漏电及接地保护功能。

## 5.8 可靠性要求

- 5.8.1 生产线运行过程中不得出现影响正常生产的异常停机现象。
- 5.8.2 各功能单元应运行协调，无卡滞、碰撞及失步现象。
- 5.8.3 连续运行后，各项性能指标应满足本文件规定要求。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

- 6.1.1 试验应在生产线正常安装、调试完成且运行状态稳定条件下进行。
- 6.1.2 环境温度应为5℃~40℃，相对湿度不大于80%。
- 6.1.3 电源电压应为额定电压的(1±10%)范围内，频率为50 Hz±1 Hz。

### 6.2 外观与系统组成检查

- 6.2.1 采用目测资料核查方式进行检查。
- 6.2.2 检查生产线组成、设备配置、标识、安全防护装置及随机技术文件，应符合5.1和5.3的规定。

### 6.3 自动化功能试验

- 6.3.1 生产线连续运行不少于一个完整生产周期，检查自动上料、自动加工、自动转运、自动下料及自动循环功能。
- 6.3.2 各功能动作应准确、协调，无卡滞、碰撞和异常停机现象。

### 6.4 自动化率测定

- 6.4.1 按照附录A规定的方法 进行测定。
- 6.4.2 自动化率按式(A.1)计算，自动化率=(自动完成工序数÷总工序数)×100%
- 6.4.3 试验结果应符合5.6.1的规定。

### 6.5 综合良品率测定

- 6.5.1 在正常生产条件下连续加工不少于100件产品，统计合格品数量。
- 6.5.2 综合良品率按式(B.1)计算，综合良品率=(合格品数量÷产品总数量)×100%
- 6.5.3 试验结果应符合5.6.2的规定。

### 6.6 生产效率测定

- 6.6.1 记录生产线在规定时间内完成的产品数量，并与传统人工生产方式进行对比计算。
- 6.6.2 试验结果应符合5.6.3的规定。

### 6.7 连续运行稳定性试验

6.7.1 生产线应连续自动运行24h。

6.7.2 试验期间记录设备故障、停机次数及运行状态。

6.7.3 试验结束后，各设备应运行正常，各项性能指标应符合本文件要求。

## 6.8 机器人定位精度检测

6.8.1 采用激光测量仪、标准量具或制造商规定的检测方法进行检测。

6.8.2 机器人重复定位精度应符合5.6.6的规定。

## 6.9 智能化功能试验

6.9.1 通过实际运行验证生产数据采集、数据存储、生产监控、质量追溯、故障报警及数据上传等功能。

6.9.2 检查系统与ERP、MES等信息系统的数据交换功能是否正常。

6.9.3 试验结果应符合5.5的规定。

## 6.10 安全性能试验

6.10.1 检查紧急停止装置、安全联锁装置、防护装置及电气保护功能。

6.10.2 通过模拟异常工况验证安全保护措施的有效性。

6.10.3 试验结果应符合5.7的规定。

## 6.11 可靠性检查

6.11.1 生产线完成连续运行稳定性试验后，检查各设备运行状态。

6.11.2 各功能单元应无异常磨损、松动、变形、漏油、漏气及影响正常运行的故障现象。

6.11.3 试验结果应符合5.8的规定。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

#### 7.2.1 检验条件

每条生产线经制造、装配、调试完成后，均应进行出厂检验，检验合格并附产品合格证明文件后方可出厂。

#### 7.2.2 检验项目

出厂检验项目包括：

- a) 外观质量检查;
- b) 系统组成及配置检查;
- c) 自动上下料功能检查;
- d) 设备联动运行检查;
- e) 控制系统功能检查;
- f) 安全防护装置检查;
- g) 空运转试验;
- h) 随机文件检查。

### 7.2.3 判定要求

出厂检验项目全部合格时，判定该生产线出厂检验合格。

## 7.3 型式检验

### 7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 产品结构、材料、工艺或控制系统有重大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产后，停产一年以上恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构或行业主管部门提出要求时。

### 7.3.2 型式检验项目

型式检验应包括本标准第5章规定的全部技术要求项目，主要包括：

- a) 系统组成与功能；
- b) 自动化率；
- c) 综合良品率；
- d) 生产效率；
- e) 机器人重复定位精度；
- f) 连续运行稳定性；
- g) 智能化功能；

- h) 安全性能;
- i) 可靠性指标。

#### 7.4 抽样规则

型式检验样品应从经出厂检验合格的产品中随机抽取 1 条生产线进行检验。

#### 7.5 判定规则

##### 7.5.1 出厂检验判定

出厂检验项目全部符合本标准要求时,判定产品合格;有一项不符合要求时,判定产品不合格。

##### 7.5.2 型式检验判定

型式检验项目全部符合本标准规定时,判定型式检验合格。

若出现下列情况之一,则判定型式检验不合格:

- a) 自动化率低于95%;
- b) 综合良品率低于98%;
- c) 连续运行稳定性不满足规定要求;
- d) 安全性能不符合要求;
- e) 存在影响生产线正常运行的重大功能缺陷。

##### 7.5.3 复检规则

对检验不合格项目允许整改后进行复检。复检合格时,可判定产品合格;复检仍不合格时,判定产品不合格。

### 8 标志、包装、运输和贮存

#### 8.1 标志

##### 8.1.1 产品标牌

生产线应在明显位置固定产品标牌,标牌内容至少应包括:

- a) 产品名称;
- b) 产品型号;
- c) 制造单位名称;
- d) 制造日期;
- e) 产品编号;

f) 主要技术参数;

g) 执行标准编号。

### 8.1.2 安全标识

生产线危险区域、运动部件、电气控制柜及其他存在安全风险的位置应设置明显、持久的安全警示标识。

### 8.1.3 操作标识

操作按钮、控制开关、紧急停止装置及功能区域应设置清晰、准确的功能标识。

## 8.2 包装

### 8.2.1 一般要求

生产线包装应符合运输、装卸和贮存要求，保证产品在正常运输和贮存过程中不发生损坏、变形、锈蚀和性能降低。

### 8.2.2 包装防护

生产线各部件应采取防潮、防锈、防震和防碰撞措施。

精密加工部位、导轨、丝杠及电气元件应采取专门防护措施。

### 8.2.3 随机文件

产品出厂时应随附下列文件:

a) 产品合格证;

b) 使用说明书;

c) 装箱单;

d) 电气原理图;

e) 设备布局图;

f) 主要外购件清单;

g) 维修保养说明书;

h) 其他技术文件。

## 8.3 运输

8.3.1 产品运输过程中应采取可靠固定措施，防止设备移位、倾覆和碰撞。

8.3.2 吊装和搬运应按照产品规定的吊装位置及操作要求进行。

8.3.3 运输过程中应避免雨淋、受潮及剧烈振动。

8.3.4 精密部件和电气控制系统应采用专用包装进行运输保护。

#### 8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的库房内。

8.4.2 贮存环境温度宜为5℃~40℃，相对湿度不大于80%。

8.4.3 产品长期贮存时，应定期检查防锈、防潮及包装状态，必要时进行维护保养。

8.4.4 产品贮存期间不得受重物挤压、碰撞及人为损坏。

8.4.5 超过一年未安装使用的产品，投入运行前应进行全面检查和必要的性能确认。

## 附录 A(规范性) 自动化率计算方法

### A.1 范围

本附录规定了机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线自动化率的计算方法。

本方法适用于由机器人、数控车床、数控滚齿机、数控倒角机、中转料仓及智能控制系统等组成的齿轮智能制造自动化生产线。

### A.2 术语

#### A.2.1 自动化工序

指在生产过程中无需人工直接参与，由机器人、自动输送装置、数控设备及控制系统自动完成的生产工序。

#### A.2.2 总工序

指完成产品生产全过程所涉及的全部工序，包括自动完成工序和需要人工参与工序。

### A.3 计算原则

A.3.1 自动化率应以生产线完成一个完整生产周期所涉及的工序数量为基础进行计算。

A.3.2 对于同一生产周期内重复出现的工序，应按实际工序数量统计。

### A.4 计算方法

自动化率按式 (A.1) 计算：

$$A = (N_a / N_t) \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

A—自动化率，单位为百分数（%）；

$N_a$ —自动完成工序数；

$N_t$ —总工序数。

### A.5 工序统计要求

自动完成工序可包括但不限于：

- a) 自动上料；
- b) 自动定位；
- c) 数控车削加工；
- d) 自动转运；

- e) 自动缓存;
- f) 数控滚齿加工;
- g) 数控倒角加工;
- h) 在线检测;
- i) 自动分拣;
- j) 自动下料;
- k) 数据自动采集与上传。

人工参与工序应纳入总工序统计范围。

#### A.6 测试方法

A.6.1 在生产线正常运行状态下，选取一个完整生产周期作为统计对象。

A.6.2 记录生产过程中全部工序及自动完成工序数量，按照式（A.1）计算自动化率。

A.6.3 连续测量不少于 3 个生产周期，取算术平均值作为最终结果。

#### A.7 判定要求

A.7.1 自动化率应不低于 95%。

A.7.2 当计算结果达到或超过 95%时，判定自动化率符合本标准要求；低于 95%时，判定不符合本标准要求。

#### A.8 计算示例

某齿轮智能制造自动化生产线完成一个生产周期共包含 20 个工序，其中自动完成工序 19 个，则：

$$A=(19/20) \times 100\%=95\%$$

自动化率为 95%，符合本标准要求。

## 附录 B(规范性) 综合良品率计算方法

### B.1 范围

本附录规定了机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线综合良品率的计算方法。

本方法适用于采用机器人与数控车床、数控滚齿机、数控倒角机及在线检测系统等组成的齿轮智能制造自动化生产线。

### B.2 术语

#### B.2.1 良品

经生产线加工完成，并经检验符合产品图样、工艺文件及相关技术要求的产品。

#### B.2.2 不良品

在生产过程中因尺寸超差、齿形误差、表面缺陷、倒角不合格或其他质量问题，经检验判定为不合格的产品。

#### B.2.3 综合良品率

生产线在规定生产周期内，合格产品数量占产品总产出数量的百分比。

### B.3 计算原则

B.3.1 综合良品率应以生产线连续稳定运行期间的实际生产数据为依据进行统计计算。

B.3.2 统计范围应包括生产过程中产生的全部产品，不得剔除废品、返修品或试加工产品。

### B.4 计算方法

$$Q=(N_g/N_t) \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

式中：

Q—综合良品率，单位为百分数（%）；

$N_g$ —合格产品数量，单位为件；

$N_t$ —产品总数量，单位为件。

### B.5 数据采集要求

B.5.1 产品数量统计应来源于生产线自动计数系统、MES系统、质量检测系统或经确认有效的生产记录。

B.5.2 合格产品数量应依据最终检验结果确定。

B.5.3 返修后重新检验合格的产品可计入合格产品数量，但应保留原始记录。

### B.6 测试方法

B.6.1 生产线应在正常生产状态下连续运行。

B.6.2 统计样本数量不少于100件产品。对于批量生产条件下的型式检验，宜统计连续一个生产批次的数据。

B.6.3 记录产品总数量和合格产品数量，并按式（B.1）计算综合良品率。

B.6.4 连续测量不少于3次，取算术平均值作为最终结果。

## B.7 判定要求

B.7.1 综合良品率应不低于98%。

B.7.2 当计算结果达到或超过98%时，判定综合良品率符合本标准要求；低于98%时，判定不符合本标准要求。

## B.8 计算示例

某齿轮智能制造自动化生产线在一个统计周期内共生产产品 1000 件，其中经检验合格产品 980 件，则：

$$Q=(980/1000)\times 100\%=98\%$$

综合良品率为 98%，符合本标准要求。

## B.9 结果表示

综合良品率计算结果保留至小数点后一位。

示例：

98.0%；

98.5%；

99.2%。

## 附录 C(资料性) 典型生产线布局示意图

### C.1 概述

本附录给出了机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线的典型布局形式，供生产线设计、建设和应用时参考。

生产线采用机器人与数控机床协同作业方式，实现齿轮产品从毛坯上料、车削加工、滚齿加工、倒角加工到成品下线的自动化生产过程。

### C.2 典型布局组成

典型生产线主要由以下单元组成：

- a) 上料单元；
- b) 数控车床单元；
- c) 中转料仓；
- d) 数控滚齿机单元；
- e) 数控倒角机单元；
- f) 在线检测单元（可选）；
- g) 机器人上下料系统；
- h) 智能控制系统；
- i) 成品下料单元。

### C.3 典型布局示意图

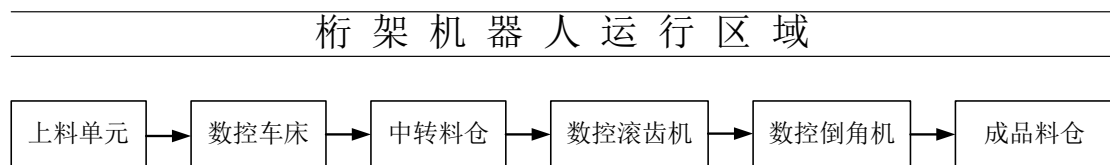


图 C1 典型布局示意图

### C.4 布局要求

- C.4.1 生产线布局应满足物流顺畅、工序衔接合理和安全生产要求。
- C.4.2 机器人工作区域应覆盖各加工单元和物料缓存单元。
- C.4.3 各设备之间应预留维护、检修和物流通道。
- C.4.4 控制柜、气源系统及辅助设施应布置在便于操作和维护的位置。
- C.4.5 在线检测单元可根据产品质量要求进行配置。

### C.5 信息化架构示意

典型信息化管理架构如下：

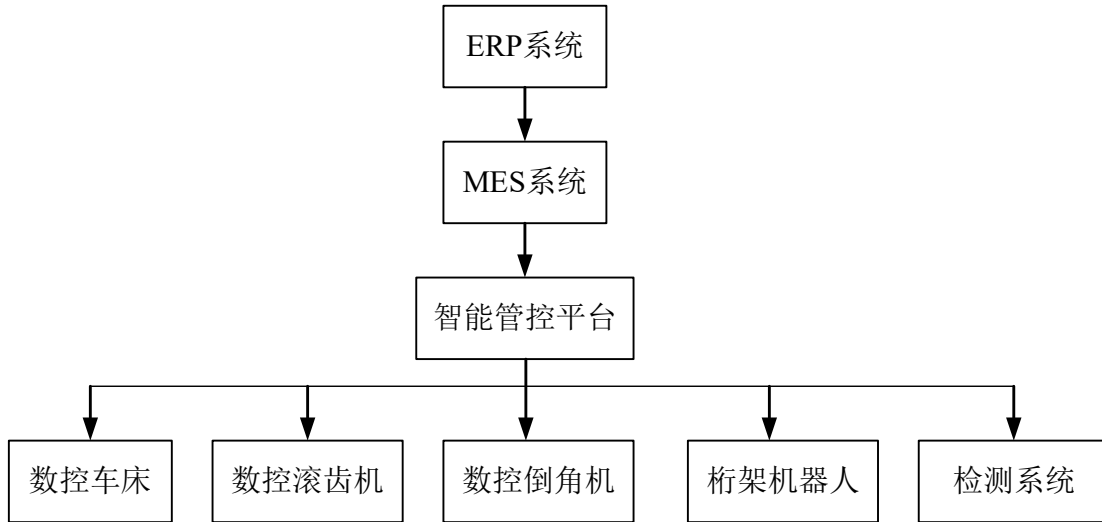


图 C2 信息化架构示意图

生产线通过工业网络实现设备互联互通、数据采集、质量追溯和生产管理。

### C.6 工艺流程图

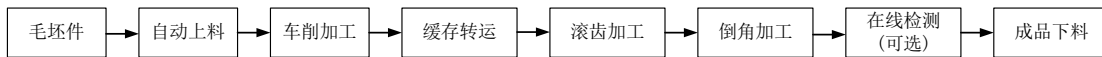


图 C3 工艺流程图

## 附录 D(资料性) 关键设备配置表

## D.1 概述

本附录给出了机器人数控机床齿轮智能制造自动化生产线的典型关键设备配置，供生产线设计、选型、建设和验收时参考。

实际配置可根据产品规格、工艺要求、生产节拍及用户需求进行调整。

## D.2 关键设备配置表

序号	设备名称	主要功能	主要技术参数
1	上料单元	毛坯存储、自动供料	储料容量 $\geq 200$ 件; 自动分料
2	工业机器人	自动上下料、工序转运	负载能力 $\geq 10$ kg 重复定位精度 $\leq \pm 0.1$ mm
3	数控车床	齿轮毛坯车削加工	主轴转速 $\geq 3000$ r/min; 加工精度满足产品要求
4	中转料仓	工件缓存与节拍平衡	缓存容量 $\geq 20$ 件
5	数控滚齿机	齿轮滚齿加工	最大加工模数 $\geq 6$ mm; 加工精度达到 GB/T 10095 相关要求
6	数控倒角机	齿轮倒角加工	倒角尺寸自动控制; 换型时间 $\leq 10$ min
7	在线检测系统	尺寸及外观检测	自动检测、自动判定、数据存储
8	智能控制系统	生产线协调控制	PLC 或工业计算机控制
9	MES 数据采集系统	数据采集与追溯	支持生产数据实时上传
10	气动系统	提供执行机构动力	工作压力 0.5 MPa ~ 0.8 MPa
11	电气控制柜	电气控制与保护	配置断路、过载及安全保护功能
12	安全防护系统	安全隔离与联锁保护	安全门、光栅、急停装置

## D.3 生产线主要技术参数

项目	技术指标
自动化率	$\geq 95\%$
综合良品率	$\geq 98\%$
连续运行时间	$\geq 24$ h
机器人重复定位精度	$\leq \pm 0.1$ mm
产品换型时间	$\leq 30$ min
数据采集率	$\geq 99\%$

故障报警响应时间	$\leq 5$ s
年生产能力	5 万件 ~ 50 万件
设备综合利用率	$\geq 85\%$

#### D.4 智能化功能配置

生产线宜配置以下智能化功能：

- a) 自动上下料与自动转运；
- b) 工艺参数自动调用；
- c) 设备联网与远程监控；
- d) 生产数据实时采集；
- e) 设备状态监测；
- f) 故障诊断与预警；
- g) 质量追溯管理；
- h) 生产可视化管理；
- i) MES/ERP 系统接口；
- j) 多品种柔性生产管理。

#### D.5 配置原则

- D.5.1 关键设备选型应满足齿轮产品加工精度、生产节拍和自动化生产要求。
- D.5.2 各设备之间应具备标准化通信接口，实现互联互通和协同控制。
- D.5.3 生产线应具备扩展能力，支持后续增加检测、清洗、打标、包装等功能单元。
- D.5.4 智能控制系统应具备数据采集、生产管理和质量追溯功能，满足数字化车间建设要求。

#### D.6 推荐配置等级

配置等级	适用场景	主要配置
基础型	中小批量生产	上料单元、机器人、数控车床、滚齿机、倒角机
标准型	批量生产	基础型配置+中转料仓+在线检测系统
智能型	数字化车间	标准型配置+MES 系统+智能管控平台
柔性型	多品种混线生产	智能型配置+快速换型系统+自动识别系统