

团 体 标 准

T/ZIUR XXXX—XXXX

起动装置智能生产线工艺规范

Process Specification for Intelligent Production Line of Starting Equipment

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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 总体通用工艺要求	2
5 智能生产线整体工艺规划	2
6 关键零部件加工工艺规范	3
7 起动装置智能装配工艺	4
8 在线智能检测与试验工艺	7
9 智能制造系统集成工艺	8
10 设备、工装与过程管理	10
11 安全、环保与职业健康	11
12 工艺验证、追溯与改进	11

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××××提出。

本文件由浙江省产学研合作促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

起动装置智能生产线工艺规范

1 范围

本文件规定了传动系统配套起动装置智能生产线的术语和定义、总体通用工艺要求、智能生产线整体工艺规划、关键零部件加工工艺规范、起动装置智能装配工艺、在线智能检测与试验工艺、智能制造系统集成工艺、设备、工装与过程管理、安全、环保与职业健康、工艺验证、追溯与改进。

本文件适用于乘用车、商用车等传动系统所用起动装置总成及核心零部件的新建、改造、升级智能生产线的工艺设计、生产制造与过程管控。

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 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 4863 机械制造工艺基本术语
- GB/T 6809.8 往复式内燃机 零部件和系统术语 第8部分：起动系统
- GB/T 17101 桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝
- GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 26077 金属材料 疲劳试验 轴向应变控制方法
- GB/T 39116 智能制造能力成熟度模型
- GB/T 43209 自动化系统与集成 智能生产线虚拟重构技术要求
- GB 50073 洁净厂房设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

起动装置 starting device

为起动系统核心组成构件，配合控制设备与执行机构协同运行，提供完整操作执行流程，辅助主机完成启动运转并达到独立运行状态的配套装置。

[来源：GB/T 6809.8，3.1，有修改]

3.2

智能生产线 smart production line

将仪表及自动化技术、信息技术、仿真技术、监测技术、优化技术应用在设备、产品、资源及配套中，用数据、仿真模型和算法对生产线进行计划、实行、管理、监控与优化的实施单元。

[来源：GB/T 43209，3.2]

3.3

传动组件 transmission assembly

传递运动与转矩的核心零件组合，含齿轮、轴、轴承、啮合套等。

3.4

工艺参数 process parameter

为了达到预期的技术指标，工艺过程中所需选用或控制的有关量。

[来源：GB/T 4863, 3.1.18]

3.5

可追溯性 traceability

追溯客体的历史、应用情况或所处位置的能力。

[来源：GB/T 19000, 3.6.13]

4 总体通用工艺要求

4.1 基本规定

4.1.1 智能生产线建设与运行应符合现行标准化及智能制造相关规范，统筹人员、环境、工艺、物料基础管控条件。

4.1.2 岗位作业人员应经专业培训考核合格后方可上岗，关键技术岗位宜定期开展工艺与标准继续教育。

4.1.3 生产作业环境的温湿度、洁净度、防静电、防尘减振条件应满足精密加工与装配工艺要求，功能区域划分应规整清晰。

4.1.4 应建立受控完整的工艺文件体系，生产记录应真实完整、可追溯，原材料及零部件入线前应检验合格，分区存放、标识明晰。

4.2 传动系统产品特殊要求

4.2.1 起动装置传动类核心零部件的加工精度、形位公差、表面质量应满足啮合传动、载荷承载及耐久工况使用要求。

4.2.2 齿轮、轴类、啮合套件等关键构件装配后应运转平顺、无卡滞、无异响，配合间隙与形位精度应符合设计规范。

4.2.3 产品整机装配、密封防护、电气匹配及可靠性指标应适配使用环境，关键工序应全过程严控工艺质量。

4.3 智能化设计原则

4.3.1 智能生产线规划建设应遵循数字化、自动化、集成化、柔性化设计原则，适配多规格产品共线生产与快速换型。

4.3.2 产线应具备工艺数字化建模、设备数据采集、生产过程在线监控的基础能力，宜采用通用工业协议实现设备互联互通。

4.3.3 生产线应设置智能防错、在线检测、质量追溯与设备运维预警功能，整体架构模块化，便于后期工艺优化与产线扩容。

5 智能生产线整体工艺规划

5.1 工艺布局要求

5.1.1 工艺布局应遵循工序顺向流转原则，按加工、表面处理、装配、检测、仓储流程排布，避免工序迂回与物料折返。

5.1.2 布局设计应符合 GB/T 39116 中的相关要求，兼顾设备安装、物流接驳、作业空间及后期技改需求，高粉尘、高噪声工位应与精密装配检测区域合理分隔。

5.1.3 人流、物流、检修通道应物理隔离，自动化转运路径宜提前仿真规划，实现动线顺畅、安全可控。

5.2 生产节拍规划

5.2.1 生产基准节拍应依据产品规格、产能需求及各工序耗时综合测算，合理预留换型、补给、复检的冗余时长。

5.2.2 各工序应开展节拍平衡优化，瓶颈工序宜采用多工位并行模式，均衡整条产线生产负荷。

5.2.3 多品种共线生产时应配置对应适配节拍，型号切换可自动匹配工艺参数，兼顾生产效率与产品

质量稳定性。

5.2.4 生产运行过程中应实时监控节拍达成情况，出现拥堵、滞后时及时进行工序调度与产能微调。

5.2.5 节假日停机、设备维保复工后，宜进行小批量试产校核节拍稳定性，无误后方可恢复满负荷生产。

5.3 分区功能设置

5.3.1 生产线应按功能划分精密加工区、智能装配区、在线检测试验区、智能仓储物流区及辅助管控区，各区域职责清晰、工序衔接顺畅。

5.3.2 精密加工与装配检测关键区域应严控洁净度、温湿度及防静电条件，配套相应除尘、减振、隔离防护设施。

5.3.3 仓储物流区应实现物料分区存放、自动转运、先进先出，辅助管控区应配套设备维保、中央监控、工装存放等功能。

5.3.4 各功能分区之间应设置自动化物流接驳接口，保证工序间物料流转无缝衔接，满足智能化连续生产要求。

6 关键零部件加工工艺规范

6.1 轴类件机加工工艺

6.1.1 轴类毛坯入线前应进行外观、尺寸及材质检验，同时开展校直与去毛刺处理，不合格毛坯不得投入机加工。

6.1.2 轴类精密外圆、台阶及配合轴颈，应采用数控精车与磨削工艺加工，尺寸精度、表面粗糙度应满足传动装配使用要求。

6.1.3 零部件形位公差控制应符合 GB/T 1184 的相关规定。

6.1.4 加工过程应严格控制同轴度、圆跳动等形位公差，采用一次装夹成型工艺减少定位累积误差。

6.1.5 加工完成的轴类件应及时清洁、做防锈防磕碰防护，按批次标识流转至下道工序。

6.2 壳体类构件加工工艺

6.2.1 壳体类构件毛坯应剔除砂眼、气孔、裂纹等缺陷，宜进行时效去应力处理，避免后续加工及使用产生变形。

6.2.2 壳体基准面、安装孔、轴承座孔应采用数控加工中心一次性装夹完成，保证基准统一与孔位位置度精度。

6.2.3 加工后应彻底去除棱边毛刺、清理内腔铁屑杂物，精密配合部位做好防护，防止磕碰损伤基准面。

6.3 传动啮合部件热处理工艺

6.3.1 热处理前期准备

6.3.1.1 齿轮、啮合套、花键等传动啮合类零部件，热处理前应完成粗加工并清理表面油污、铁屑及氧化杂物。

6.3.1.2 应根据零部件材质、工况载荷及性能要求，选定适配的热处理工艺方式，编制专项热处理工艺作业指导书。

6.3.1.3 热处理设备应定期校验温度、时间及气氛控制精度，设备状态不合格时不得开展批量热处理作业。热处理工艺参数宜按表 1 执行管控。

表 1 传动啮合部件典型热处理工艺参数表

工序	温度要求	保温时间	冷却方式	适用部件
渗碳	880℃~920℃	按层深确定	缓冷	齿轮、啮合套
淬火	820℃~860℃	1.5h~2.5h	油冷/气冷	传动齿件
低温回火	160℃~200℃	2h~3h	空冷	全品类传动件

6.3.2 渗碳淬火工艺规范

- 6.3.2.1 承受交变载荷与啮合冲击的传动部件，应采用渗碳淬火工艺处理，严格控制渗碳层深度、碳浓度及淬火冷却速率。
- 6.3.2.2 工艺过程的炉温、保温时间、气氛浓度等关键参数应实时采集自动记录，不得随意人为调整设定值。
- 6.3.2.3 淬火冷却介质应定期检测浓度及冷却性能，性能衰减时应及时更换或调配，保证热处理质量稳定性。
- 6.3.2.4 同规格零部件应按规范批量装炉摆放，保持间隙均匀，确保受热、渗碳效果一致无差异。

6.3.3 回火工艺过程要求

- 6.3.3.1 淬火后的传动啮合部件应及时进行回火处理，消除淬火内应力，稳定组织与尺寸，防止后期使用变形开裂。
- 6.3.3.2 回火温度、保温时间及冷却方式应按材质和性能要求严格执行，杜绝低温回火或回火时间不足的违规作业。
- 6.3.3.3 回火后的零件应自然缓慢冷却，不得采用急冷方式，避免产生二次应力及组织缺陷。

6.4 零部件表面处理工艺

6.4.1 表面处理前处理

- 6.4.1.1 所有待表面处理的零部件，应彻底去除表面油污、锈蚀、氧化皮及加工残留物，保证表面洁净度满足处理工艺要求。
- 6.4.1.2 前处理除油、酸洗、水洗等工序应按工艺顺序依次开展，各工序药液浓度、处理时间应严格受控。
- 6.4.1.3 精密配合工作面应做好遮蔽防护，避免前处理药液腐蚀、损伤装配配合尺寸及表面精度。

6.4.2 防腐表面处理工艺

- 6.4.2.1 非传动配合外露零部件，应采用镀锌、发黑等防腐处理工艺，提升耐锈蚀、耐环境腐蚀能力。
- 6.4.2.2 表面处理层厚度、均匀性应符合工艺标准，不得出现漏镀、起皮、气泡、局部脱落等外观缺陷。
- 6.4.2.3 处理完成后应进行钝化、封闭处理，增强防护层耐久性，适配复杂工况下长期使用要求。

6.4.3 绝缘与耐磨涂层处理

- 6.4.3.1 起动装置电气绝缘类零部件，应采用专用绝缘涂层工艺，涂层附着力、绝缘电阻应满足电气安全使用要求。
- 6.4.3.2 传动啮合摩擦工作面宜采用耐磨涂层处理，降低啮合磨损、提升传动平顺性与使用寿命。
- 6.4.3.3 涂层喷涂、固化的温度、时间、厚度参数应全程管控，固化不足或涂层超厚的零件应重新处理。

7 起动装置智能装配工艺

7.1 部组件预装工艺

7.1.1 预装前期准备

- 7.1.1.1 开展部组件预装作业前，应核对待装零部件型号、批次、规格，确保与装配工艺清单完全一致，严禁错料、混料投入预装工序。
- 7.1.1.2 所有进入预装工位的零部件，应完成清洁、去毛刺、除尘除油污处理，配合表面不得存有铁屑、杂质、锈蚀及磕碰损伤。
- 7.1.1.3 预装所用工装夹具、定位治具应提前校验精度，磨损、变形及定位失效的工装应及时更换，不得带病投入使用。

7.1.1.4 智能预装设备应完成开机自检、程序调用及参数确认，设备通讯、伺服控制、视觉定位功能应处于正常就绪状态。

7.1.1.5 机械预装作业流程及作业管控要求，应符合 GB/T 26077 相关规定。

7.1.2 分项部组件预装作业

7.1.2.1 应按工艺规定顺序完成定子组件、电枢组件、电磁开关组件、端盖辅助组件的分项预装，装配顺序不得随意颠倒。

7.1.2.2 预装过程中弹性件、密封件、绝缘件等易损小件，应采用专用供料器自动上料，实现精准定位、自动分拣防错。

7.1.2.3 预装工位宜采用人机协同作业模式，重复性、高精度动作由智能设备完成，复杂辅助工序可由人工配合完成。

7.1.2.4 预装完成的各分部组件，应做临时标识分类存放，做到一件一标识、一批一归档，避免后续装配混淆。

7.1.3 预装智能防错管控

7.1.3.1 预装工序应设置智能扫码防错、视觉外观防错、装配点位防错多重管控机制。

7.1.3.2 出现漏装、错装、反装等异常情况时，系统应自动报警并锁定工位，待人工处置确认后方可恢复生产。

7.1.3.3 所有预装工序作业数据应实时上传智能制造系统，形成部组件装配过程溯源档案。

7.1.4 预装半成品检验流转

7.1.4.1 预装后的部组件应对外观、装配间隙、安装牢固度进行逐项检查，存在松动、偏移、卡滞的组件应退回返工。

7.1.4.2 检验合格的预装组件，应采用专用防尘工位器具盛放，转运过程应缓冲防护，避免振动磕碰造成装配位移。

7.1.4.3 半成品流转应按照工艺路线自动输送至下一装配工位，减少人工中转干预。

7.2 核心传动机构装配

7.2.1 装配基准定位要求

7.2.1.1 核心传动机构装配应以壳体基准面、定位销孔为统一装配基准，全程遵循基准重合原则，减少累积装配误差。

7.2.1.2 定位工装应具备高精度限位功能，装夹时应保证零件贴合到位，无悬空、偏斜、受力不均等现象。

7.2.1.3 基准定位点位宜定期进行精度复检，确保长期批量装配的一致性与稳定性。

7.2.2 齿轮与啮合组件装配

7.2.2.1 传动齿轮、啮合套、花键轴等核心啮合部件装配时，应平缓对位入位，严禁敲击、蛮力压装损伤齿面与配合面。

7.2.2.2 啮合副装配后应手动或智能联动盘动检查，应运转顺畅、无卡滞、无异响、无径向窜动异常。

7.2.2.3 各啮合配合间隙应严格符合工艺设计要求，间隙超差件不得流入后续整机装配环节。

7.2.2.4 润滑介质应按规型号、加注量均匀涂抹于啮合工作面，不得少涂、漏涂或过量堆积。

7.2.3 传动间隙与行程调校

7.2.3.1 传动机构啮合行程、滑移距离、回位行程等关键参数，应采用智能检测设备在线测量与精准调校。

7.2.3.2 调校完成后应做点位锁定与防松处理，确保工况运行过程中参数不发生偏移变化。

7.2.3.3 同批次产品调校数据应归集统计，若出现批量偏差趋势，应及时复盘优化装配工艺参数。

7.2.4 传动机构装配环境管控

7.2.4.1 核心传动机构装配工位应保持洁净防尘，空气中粉尘颗粒物含量应控制在工艺允许范围内。

7.2.4.2 工位应设置防静电措施，操作人员应规范穿戴防静电服饰，防止静电影响精密配合组件性能。

7.3 整机集成装配要求

7.3.1 整机装配流程规范

7.3.1.1 整机集成装配应严格按照预设工艺流程分步实施，依次完成传动机构、电气组件、密封构件、外接配件的集成组装。

7.3.1.2 装配过程中各连接点位、密封点位、固定点位应分步作业、分步自检，杜绝集中收尾造成漏装漏检。

7.3.1.3 不同规格起动装置整机装配，应调用对应专用工艺程序与工装，实现快速换型、精准适配。

7.3.2 集成匹配与对位安装

7.3.2.1 各分部组件集成对接时，应保证接口对位精准、线束排布规整、管路走向合理，无拉扯、挤压、弯折损伤。

7.3.2.2 壳体合箱、端盖对接等装配环节，应均匀受力分步紧固，避免单边压紧造成壳体变形、密封失效。

7.3.2.3 电气接插件应插装到位、卡扣锁紧，接触点位应牢靠稳固，防止运行过程中松脱断路。

7.3.3 密封与防护装配要求

7.3.3.1 整机密封件、减震垫、防尘圈等防护配件，应完整装配到位，不得遗漏、错位、变形安装。

7.3.3.2 密封结合面应保持洁净无杂质，密封胶涂抹路径、宽度、厚度应均匀规范，不得断胶、堆胶。

7.3.3.3 整机装配完成后外观应规整，棱角、接口无明显错位、翘曲、磕碰缺陷。

7.3.4 整机装配后静态初检

7.3.4.1 整机装配完成后应开展静态初检，检查项目包含：

- a) 外部紧固件齐全无缺失；
- b) 传动部位手动运转灵活无卡滞；
- c) 密封面无缝隙、无错位；
- d) 线束排布规整无干涉。

7.3.4.2 静态初检不合格产品应标识隔离，拆解排查原因并重新装配，合格后方可进入智能检测工序。

7.4 智能压装与拧紧工艺

7.4.1 智能压装工艺管控

7.4.1.1 轴承、衬套、轴套、密封环等过盈配合零件，应采用伺服智能压装设备完成压装作业，禁止人工蛮力敲击装配。

7.4.1.2 压装过程应实时采集压力—位移曲线，系统自动实时判定压装合格、超差、异常状态。

7.4.1.3 压装起始位置、终止位置、保压时间、额定压力等工艺参数应固化锁定，未经工艺审批不得随意修改。

7.4.1.4 压装出现曲线异常、压力骤变、位移超限时，设备应自动停机报警，待排查整改后方可重启作业。

7.4.2 智能扭矩拧紧规范

7.4.2.1 整机所有螺纹紧固件，应符合 GB/T 3098.1 中的要求，采用智能扭矩拧紧设备作业，实行扭矩与角度双闭环控制。

7.4.2.2 不同规格螺栓、螺钉应设定对应工艺扭矩值及拧紧顺序，遵循对角分步、分次紧固原则。

7.4.2.3 拧紧结果可分为合格、超上限、低于下限、角度异常四类，不合格拧紧点位应自动记录并预警提示。

7.4.2.4 关键安全等级紧固件拧紧数据，应单独归档留存，满足全生命周期质量追溯要求。

7.4.3 工艺参数固化与程序管理

- 7.4.3.1 不同型号起动装置的压装、拧紧工艺程序应单独编号存储，换型生产时一键调用、自动适配。
- 7.4.3.2 工艺参数修改、程序更新应履行审批流程，留存版本变更记录，现场不得私自篡改参数。
- 7.4.3.3 智能压装与拧紧设备应定期做扭矩、压力精度校准，校准合格后方可投入批量生产。

7.4.4 数据追溯与异常处置

- 7.4.4.1 每一件产品的所有压装曲线、拧紧扭矩、角度数据，应绑定唯一追溯码同步存入系统数据库。
- 7.4.4.2 批量出现压装或拧紧不合格趋势时，应立即停机核查工装、零件尺寸、设备精度及工艺参数。
- 7.4.4.3 返修件重新压装、拧紧作业，应采用专用返修程序并单独标记追溯，不得混入正常批量流转。

8 在线智能检测与试验工艺

8.1 过程尺寸在线检测

8.1.1 检测基本要求

- 8.1.1.1 关键零部件加工、装配过程的尺寸与形位偏差，应设置在线智能检测工位，实现工序间即时检测、即时判定。
- 8.1.1.2 在线检测设备应定期进行精度校准、标准件比对，校准记录完整留存，超差未校准设备不得投入使用。
- 8.1.1.3 检测环境宜保持恒温、防尘、减振，规避温度波动、振动干扰造成的测量数据偏移。
- 8.1.1.4 所有检测数据应实时上传系统，与产品追溯码绑定，形成单件全过程尺寸质量档案。
- 8.1.1.5 几何量检测及测量设备管控应符合 GB/T 17101 中的相关要求。

8.1.2 重点检测项目

- 8.1.2.1 过程尺寸在线检测应涵盖以下核心项目：
 - a) 轴类件外径、台阶长度、配合轴颈尺寸公差；
 - b) 壳体轴承孔、安装孔孔径及孔距位置度；
 - c) 传动啮合部件齿面尺寸、配合间隙、端面跳动；
 - d) 装配后总成同轴度、平行度及装配偏移量。
- 8.1.2.2 关键尺寸项目应实行逐件全检，一般尺寸项目可采用在线抽检、定时巡检相结合方式。
- 8.1.2.3 检测判定阈值应按设计标准固化设置，不得随意放宽合格判定范围。

8.1.3 异常处置与闭环

- 8.1.3.1 尺寸检测超差时，系统应自动报警、工位锁定，工件自动分流至不合格品隔离区。
- 8.1.3.2 技术人员应及时排查超差原因，包含刀具磨损、工装偏移、设备精度漂移、零件毛坯偏差等。
- 8.1.3.3 整改完成后应进行小批量验证，验证合格方可恢复正常连续生产。

8.2 装配质量智能防错

8.2.1 防错体系设置

- 8.2.1.1 智能装配全流程应建立多层级防错机制，覆盖物料上料、零件装配、紧固件安装、线束插接全环节。
- 8.2.1.2 防错系统应融合扫码识别、视觉检测、力矩监控、位置感应等多重技术，形成交叉校验逻辑。
- 8.2.1.3 防错规则应按产品型号单独配置，换型生产时自动调用对应防错程序。

8.2.2 典型防错管控内容

- 8.2.2.1 装配智能防错应重点管控下列错装风险：
 - a) 零部件型号混淆、规格错用；
 - b) 零件漏装、反装、错位安装；
 - c) 螺栓垫片漏装、紧固件未拧紧；
 - d) 线束错插、虚插、卡扣未锁止；
 - e) 密封件、绝缘件遗漏装配。

8.2.2.2 任一防错点位触发异常，产线应暂停流转，禁止不合格件流入下道工序。

8.2.3 防错数据管理

8.2.3.1 每次防错报警记录应自动存档，包含时间、工位、异常类型、产品编号、处置结果。

8.2.3.2 宜定期统计防错失效频次，优化工装定位、视觉算法及作业流程，从源头降低错装概率。

8.3 整机性能试验工艺

8.3.1 试验通用条件

8.3.1.1 整机性能试验应在专用智能试验台位完成，试验电源、工况负载、环境条件应符合规范要求。

8.3.1.2 试验前应确认整机装配完好、接线可靠、传动机构运转无卡滞，方可启动自动试验程序。

8.3.1.3 试验参数、判定标准应固化锁定，未经工艺审批不得私自修改。

8.3.2 必试性能项目

8.3.2.1 整机性能试验应包含以下试验项目：

- a) 空载转速、空载电流特性测试；
- b) 负载工况下转矩、电流、电压参数测试；
- c) 电磁开关吸合电压、释放电压测试；
- d) 传动机构啮合平顺性、脱啮可靠性测试；
- e) 整机绝缘电阻、耐压电气安全测试。

8.3.2.2 所有试验项目应全自动完成，自动采集数据、自动判定合格与否。

8.3.3 试验合格与分流

8.3.3.1 性能全部合格的整机应自动流转至下一工序，单项超差产品自动隔离待复检。

8.3.3.2 复检仍不合格的产品应标识隔离，拆解分析装配及零部件隐患，形成整改记录。

8.4 耐久及老化试验要求

8.4.1 老化试验工况设定

8.4.1.1 起动装置整机应按标准工况开展通电老化与循环耐久试验，模拟实际使用启停工作状态。

8.4.1.2 老化试验的循环次数、通断间隔、负载大小、环境温度应按产品技术规范设定。

8.4.1.3 老化试验过程应实时监控温升、电流波动、传动异响等状态参数。

8.4.2 耐久试验管控要点

8.4.2.1 耐久试验过程应满足下列管控要求：

- a) 按设定循环连续启停，中途不得随意中断试验；
- b) 实时记录每周期电气参数及运行状态；
- c) 出现异常温升、电流突变、传动卡滞立即停机；
- d) 试验完成后复测核心性能参数比对前后变化。

8.4.2.2 耐久后性能衰减超出允许范围的产品，应做报废或返工处理，不得流入成品。

8.4.2.3 产品环境与耐久试验方法应符合 GB/T 2423.1 中基础试验的准则要求。

8.4.3 试验记录与追溯

8.4.3.1 耐久及老化试验全过程数据应绑定产品追溯码长期存储，满足售后质量溯源需求。

8.4.3.2 宜按批次抽取样品进行加长周期耐久验证，常态化校核整机长期可靠性水平。

9 智能制造系统集成工艺

9.1 生产数据采集管控

9.1.1 采集总体规范

9.1.1.1 智能生产线所有加工、装配、检测、试验设备应统一接入数据采集系统，实现全工位、全工序数据自动采集。

9.1.1.2 数据采集频率、采集点位、存储格式应按智能制造相关标准统一规范，保证数据兼容可通用。

9.1.1.3 采集系统应具备断点续传功能，网络中断恢复后自动补传历史数据，避免数据丢失。

9.1.2 核心采集数据类别

9.1.2.1 生产数据采集应覆盖以下类别：

- a) 设备运行参数、开机时长、故障代码、运维记录；
- b) 工艺参数：加工转速、进给量、压装压力、拧紧扭矩；
- c) 质量数据：尺寸检测结果、性能试验参数、防错报警记录；
- d) 生产流转数据：工位进出时间、批次信息、人员操作记录。

9.1.2.2 关键工艺与质量数据应不可篡改，留存周期应满足产品全生命周期及行业质保要求。

9.1.3 数据分析与预警

9.1.3.1 采集数据应支持实时统计、趋势分析，对工艺参数漂移、质量不良上升趋势自动预警。

9.1.3.2 工艺人员宜定期调取数据分析产线瓶颈、工序损耗，为工艺优化、产能提升提供数据支撑。

9.2 MES 系统工艺协同

9.2.1 MES 基础应用要求

9.2.1.1 制造执行系统应贯通生产计划下发、工艺路线调度、工序作业管控、质量过程管控全流程。

9.2.1.2 MES 系统应与底层设备、上层管理系统实现数据互联互通，消除信息孤岛。

9.2.1.3 工艺文件、作业指导书应在 MES 系统受控发布，现场工位可在线调阅有效版本。

9.2.2 工艺协同管理内容

MES系统工艺协同应实现下列功能：

- a) 按产品型号自动下发对应工艺路线与工序参数；
- b) 生产工单扫码开工、完工自动归集工时与产量；
- c) 工序不合格品上报、审批、返工流程线上流转；
- d) 工艺变更一键下达至各工位，同步更新作业标准；
- e) 生产进度、质量合格率、设备稼动率实时看板展示。

9.2.3 权限与版本管控

9.2.3.1 MES 系统应设置分级权限管理，工艺修改、参数配置仅限授权人员操作。

9.2.3.2 所有工艺版本变更应留存版本记录、变更原因及生效时间，便于追溯核查。

9.3 视觉与机器人应用工艺

9.3.1 工业视觉应用要求

9.3.1.1 生产线装配、检测、分拣工位应合理配置工业视觉系统，完成定位对位、外观检测、零件识别、防错校验。

9.3.1.2 视觉光源、镜头角度、识别算法应固化调试参数，换型产品适配后保存专用模板。

9.3.1.3 视觉系统应定期做样本校验，避免环境光照变化造成识别误判。

9.3.2 工业机器人作业规范

9.3.2.1 机器人承担上下料、装配、搬运、分拣等作业任务时，应规划合理运动轨迹，规避干涉碰撞风险。

9.3.2.2 机器人重复定位精度应满足精密装配与上下料工艺要求，定期开展精度标定。

9.3.2.3 机器人作业区域应设置安全围栏、光电保护与联锁停机装置，保障人员作业安全。

9.3.3 视觉与机器人联动

- 9.3.3.1 视觉定位完成后应实时向机器人发送坐标数据，实现自适应抓取、精准对位装配。
- 9.3.3.2 联动作业程序应单独编号管理，产品换型时一键切换，无需重复现场调试。

9.4 设备互联互通要求

9.4.1 通讯协议规范

- 9.4.1.1 产线各类自动化设备、检测仪器、信息化系统应采用标准工业通讯协议接入工业网络。
- 9.4.1.2 设备接口、数据点位表应统一规划定义，保证跨品牌、跨类型设备数据正常交互。
- 9.4.1.3 网络架构宜进行分区隔离，生产控制网与办公网络物理或逻辑隔离，保障工艺安全。

9.4.2 设备联网管控

- 9.4.2.1 所有关键工艺设备应全部联网接入，实现远程状态监控、参数查看、故障查询。
- 9.4.2.2 未联网老旧设备可通过边缘网关方式完成数据采集与协议转换，纳入统一管控体系。
- 9.4.2.3 设备联网后应关闭无关外部访问端口，做好网络安全防护，防止非法入侵篡改工艺参数。

9.4.3 系统集成运维

- 9.4.3.1 设备互联互通系统应建立日常巡检机制，定期检查通讯链路、数据交互稳定性。
- 9.4.3.2 出现通讯中断、数据卡顿异常时，运维人员应及时排查链路、网关及设备端口故障。
- 9.4.3.3 产线新增设备接入时，应按统一标准规划点位、配置协议，兼容原有集成架构。
- 9.4.3.4 工业网络集成与安全防护应符合 GB/T 22239 中的基本要求。

10 设备、工装与过程管理

10.1 生产设备管控要求

- 10.1.1 起动装置智能生产线所用加工、装配、检测、试验类生产设备，应符合工况适配、精度达标、运行稳定的选型原则，满足传动类零部件批量智能制造生产需求。
- 10.1.2 所有生产设备应建立一机一档台账，涵盖设备基础信息、安装调试记录、点检保养记录、故障维修记录及精度校准记录，实现全生命周期台账化管理。
- 10.1.3 设备日常运维应落实定点、定人、定周期、定项目、定标准的点检制度，重点检查传动运动部件、精密伺服机构、智能控制系统运行状态。
- 10.1.4 设备精度应按周期开展校验标定，包含尺寸加工精度、压装压力精度、拧紧扭矩精度、检测仪器测量精度等，校验不合格设备应停机整改，严禁带病生产。
- 10.1.5 设备故障处置应遵循及时报修、专业检修、验证复位的流程，重大故障停机后应复盘根因，制定预防措施，避免同类问题重复发生。
- 10.1.6 关键设备应储备必备备品备件，备件规格型号应与设备原配一致，分类存放、标识清晰，保障故障快速抢修恢复产能。

10.2 工装夹具适配管理

- 10.2.1 针对不同规格起动装置及传动零部件，应配置专用化、模块化工装夹具，适配智能产线快速换型、精准定位的生产需求。
- 10.2.2 工装夹具投入使用前应进行定位精度、装夹可靠性校验，满足以下基本要求：
 - 定位基准统一，装夹重复精度满足加工装配公差要求；
 - 夹紧力度适中，不得造成零件变形、表面压伤；
 - 结构适配自动化上下料，兼容机器人及输送线作业逻辑。
- 10.2.3 工装夹具应实行编号管理、定点存放，建立使用、校验、维保、报废全流程管控记录。
- 10.2.4 长期使用的工装治具应定期检查磨损、变形、定位面损伤情况，轻微磨损宜做修复处理，精度超差应及时报废更换。
- 10.2.5 产品型号切换换型时，应同步配套对应工装夹具，严禁混用不同规格工装，避免产生装配偏差与批量质量隐患。

10.3 关键工艺参数管控

10.3.1 机加工、热处理、表面处理、智能压装、扭矩拧紧、性能试验等关键工序工艺参数，应按产品技术要求固化设定，形成标准化工艺参数库。

10.3.2 关键工艺参数应纳入智能系统实时采集、实时监控，出现参数漂移、超出允许波动范围时，系统应自动预警并提示工艺人员介入调整。

10.3.3 工艺参数修改、版本调整应履行申请、审核、批准的审批流程，授权人员方可操作，现场作业人员不得私自更改设备工艺设定值。

10.3.4 同批次产品生产过程中应定期比对工艺参数运行状态，统计参数稳定性，作为工艺优化、设备维保的重要依据。

11 安全、环保与职业健康

11.1 生产作业安全规范

11.1.1 智能生产线自动化工位、机器人作业区域应设置物理安全围栏、安全光栅、急停连锁装置，作业人员不得擅自跨越安全防护区域。

11.1.2 所有作业人员应岗前安全培训合格，熟悉设备操作规程、危险点位分布、应急处置流程，特种作业人员应持证上岗。

11.1.3 电气设备及线路应定期巡检绝缘状态、接线牢固性，做好防水、防尘、防漏电防护，严禁私拉乱接临时线路。

11.1.4 生产现场应按规范配置消防器材、应急照明、疏散通道，保持通道畅通，定期开展消防隐患排查与应急演练。

11.1.5 设备检修、工装更换、故障处理作业前，应执行停机、断电、挂牌上锁程序，确认无安全风险后方可开展作业。

11.2 节能环保工艺要求

11.2.1 生产线工艺设计与设备选型应优先选用节能型、低损耗装备，合理优化设备启停逻辑、空载待机时间，降低能源消耗。

11.2.2 生产过程产生的废水、废气、废切削液、粉尘、边角料等废弃物，应分类收集、规范处置，满足环保管控相关标准要求。

11.2.3 零部件加工、包装物料应推行节约化、可循环使用模式，减少一次性耗材浪费，提升资源利用效率。

11.2.4 表面处理、热处理等涉环保工序，应严格执行工艺环保管控要求，定期监测排放指标，杜绝超标排放。

11.3 现场作业管控准则

11.3.1 生产现场应实行定置管理，物料、设备、工装、工位器具定点摆放，通道、作业区、仓储区划分清晰，做到整洁有序。

11.3.2 作业人员应按规定穿戴劳保用品、防静电服饰，遵守工位作业纪律，严禁违规操作、酒后上岗、擅自离岗串岗。

11.3.3 精密装配、检测工位应做好防尘、防静电、温湿度管控，严控现场粉尘、杂物、异味等影响产品质量的环境因素。

11.3.4 在制品、半成品、合格品、不合格品应分区存放、标识清晰，严格隔离管控，防止混料、错料、不合格品流入下道工序。

11.3.5 现场应常态化落实 5S 管理要求，定期开展清扫、整理、整顿工作，维持智能产线标准化作业环境。

12 工艺验证、追溯与改进

12.1 工艺验证与试生产

12.1.1 起动装置智能生产线新建、改建、工艺重大变更后，应编制专项工艺验证方案，明确验证范围、

验证项目、判定标准及抽样规则。

12.1.2 工艺验证应覆盖零部件加工、装配、压装拧紧、在线检测、耐久老化全工序，全面核查工艺适配性、设备稳定性、质量一致性。

12.1.3 试生产应选取规定批量产品连续投产，全过程记录工艺参数、设备状态、检测数据、不良品情况，形成完整试生产记录。

12.1.4 试生产过程中出现工艺不稳定、尺寸超差、装配不良、性能不达标等问题时，应暂停试产，优化工艺参数与作业流程后重新验证。

12.1.5 工艺验证各项指标全部满足标准要求后，应形成工艺验证验收报告，经审批通过后方可转入正式批量生产。

12.2 全流程质量追溯管理

12.2.1 生产线应建立单件唯一编码追溯体系，采用二维码、条码等标识方式，实现每台起动装置从零部件入厂到成品出库的全流程关联绑定。

12.2.2 追溯信息应完整归集以下核心内容：

- a) 原材料及零部件批次、供货来源；
- b) 各工序工艺参数、设备编号、作业人员；
- c) 检测试验数据、不合格处置记录；
- d) 生产时间、工单信息、成品入库出库记录。

12.2.3 系统应支持正向批次追溯与反向单件溯源，可快速定位质量问题发生工位、工序及原因范围。

12.2.4 追溯数据应长期安全存储，具备防篡改、可查询、可导出功能，留存时限应满足行业质保及标准规范要求。

12.2.5 产品售后质量反馈时，应依托追溯体系快速调取全过程生产数据，支撑故障分析与责任界定。

12.3 工艺异常处置

12.3.1 生产过程出现工艺参数异常、尺寸超差、装配不良、性能试验不合格等工艺异常时，设备及系统应自动报警、锁定工位、自动隔离不良品。

12.3.2 工艺、质量管理人员应第一时间介入现场，核查异常现象、波及批次、影响范围，及时采取临时管控措施防止不良品流转。

12.3.3 应从人员、设备、工装、物料、工艺、环境等维度排查异常根因，形成异常分析记录，明确问题产生的根本诱因。

12.3.4 针对工艺异常应制定纠正措施，完成工艺调整、设备校准、工装修复、人员再培训等整改工作，并进行小批量验证确认效果。

12.3.5 所有工艺异常应实行闭环管理，完整记录异常发生、处置、整改、验证全过程，纳入工艺档案留存备查。

12.4 工艺持续优化改进

12.4.1 应依托生产数据、质量数据、设备运行数据，常态化开展工艺运行分析，识别产线瓶颈、工艺短板、质量波动点位。

12.4.2 应结合同类传动零部件先进制造工艺，对标行业标准与产品使用工况，持续优化加工参数、装配流程、检测判定标准。

12.4.3 针对生产效率偏低、不良率偏高、劳动强度偏大的工序，宜采用工艺调整、设备升级、智能程序优化等方式实施精益改善。

12.4.4 工艺优化方案应经过论证、小批量试产、效果验证，确认稳定可靠后固化纳入标准工艺文件及参数库。

12.4.5 工艺优化成果应做好版本管控与全员宣贯，同步更新作业指导书、设备程序及MES工艺路线，确保现场统一执行最新工艺标准。