

团 体 标 准

T/GRIA 001—2023

新能源汽车产线智能制造水平评估指南

Evaluation criteria for the intelligent manufacturing level of
new energy vehicle production lines

2023-07-31 发布

2023-08-01 实施

广州工业机器人制造和应用产业联盟 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 新能源汽车产线	1
3.2 智能制造水平	1
3.3 单位制造成本	1
4 总则	1
5 对产线智能制造水平的定性分析	2
5.1 概述	2
5.2 自动化	2
5.3 标准化	2
5.4 精益化	2
5.5 柔性化	3
5.6 数字化	3
5.7 智能化	3
6 对产线智能制造水平的定量分析	4
6.1 概述	4
6.2 资产利用率	4
6.3 产线开动率/设备综合效能(OEE)	4
6.4 设备效率	5
6.5 工艺效率	5
6.6 产能利用率	6
6.7 通用资产占比	6
6.8 生产准备周期	6
6.9 量产爬坡周期	7
6.10 设备运维成本占比	7
6.11 回收再制造价值	8

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。

本文件由广州明珞装备股份有限公司提出。

本文件由广州工业机器人制造和应用产业联盟标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：广州明珞装备股份有限公司、广东省离散智造科技创新有限公司、吉利汽车集团有限公司、山西吉利汽车部件有限公司、华南理工大学、西安交通大学、长安大学、湖南大学、广州工业机器人制造和应用产业联盟。

本文件主要起草人：左志军、姚维兵、陈振城、龙璞、向永军、付建林、胡晓峰、刘玉东、张春峰、姜旭东、李昱岐、张宪民、黄沿江、朱本亮、肖忠东、周光辉、常丰田、赵欢、余兢克、杨科华、黄兴。

新能源汽车产线智能制造水平评估指南

1 范围

本文件规定了新能源汽车产线的智能制造水平的定性评估指导和体现产线智能制造水平差异化的定量评估指标。

本文件适用于汽车制造业、汽车装备制造业和第三方开展产线智能制造水平的差距识别、方案规划、改进提升。

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 39116—2020 智能制造能力成熟度模型

GB/T 39117—2020 智能制造能力成熟度评估方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 新能源汽车产线

用于生产制造新能源汽车的自动化生产线，包括但不限于如焊接线、输送线、冲压线、涂装线等。

3.2 产线智能制造水平

产线智能制造水平体现在智能制造理念指导下进行产线建设的“降本、提质、增效”目标完成情况，同时反映了产线在“设备智能化、生产智能化、运营智能化”等方面达到的水平，本文件选取单位制造成本作为智能制造水平的关键考核量化指标。

3.3 单位制造成本

在产线上为生产某种产品而发生的各项费用，在单个产品上的分摊，包括损耗的能源（水电气等）、固定资产折旧、人工工时、设备维护、停工损失等。

4 总则

本文件将对新能源汽车产线（以下简称“产线”），从自动化、标准化、精益化、柔性化、数字化和智能化（以下简称“六化”）六个维度，给出产线智能制造水平的定性指导方向；并从体现产线单位制造成本的资产利用率、产线开动率、设备效率、工艺效率、产能利用率、通用资产占比、生产准备周期、量产爬坡周期、使用运维成本和回收再造价值这十大关键因子给出定量分析评估，帮助企业对产线进行智能制造水平的综合分析、评估，为产线建设、升级改造或者运营优化提供指导意见。

5 对产线智能制造水平的定性分析

5.1 概述

本文件提出,产线的建设应当从六化维度进行,这六个维度相互关联,逐步递进,为产线建设提供智能制造水平的定性指导意见。

5.2 自动化

生产制造过程由自动化机器设备及控制系统实现,其主要特点是所有的机器设备都按统一的节拍运转,生产过程是高度连续的。

5.2.1 自动化率

自动化率=自动化工作/(手动工作+自动化工作)×100%,自动化率并不是越高越好,要考虑自动化率提升对综合投资成本的影响。

5.2.2 自动化生产节拍

自动化生产线中的生产节拍主要由工艺操作时间和辅助作业时间所组成。生产节拍和单位时间的产能存在正比关系。

5.2.3 一次性通过率

或称一次检查合格率,指一次检查合格总数占检查总数的比率。一次性通过率越高,生产质量越稳定,系统的稳定性越高。

5.3 标准化

产线以统一标准对生产作业进行严格定义,包括工艺工序标准化、设备标准化、控制标准化;并依据这些标准进行产线规划,以及生产和监控。

5.3.1 工艺标准化

在产线建设规划中,对产线的工艺方案、工艺过程参数、质量要求等进行标准化。

5.3.2 设备标准化

在产线建设规划中,对设备进行标准规范,明确规定设备的选型标准。

5.3.3 控制标准化

对产线的生产监控及操作逻辑进行标准化,包括控制软件、操作界面、控制网络、电气元器件等方面的标准化。

5.4 精益化

以精益方式进行产线规划设计,在设备投入最少的情况下实现产线节拍平衡,并实现设备 OEE 最大化,以及稳定的品质管控。

5.4.1 极限优化

产线在设计时以理论极限(最少设备最少的人)作为设计准则,充分考虑实际达成条件后的最终方

案,(实际设备数量/理论设备数量接近 1)。

5.4.2 设备综合效率(OEE)

设备实际的生产能力相对于理论产能的比率。代表了设备得到有效利用的程度,一般由三个部分组成:时间开动率(technical availability)、性能开动率(performance)、合格率(pass rate)。

5.4.3 布局最优

设计产线时,对空间布局的充分利用,在相同产能规划下占地面积最少。

5.5 柔性化

以统一的信息控制系统和自动物料储运系统连接起来的产线,能在不停机的情况下实现多品种多工件的定制化生产,并具有一定的管理功能(如订单管理、物料和质量等)。

5.5.1 快速换型效率

产线实现产品切换时,需要对设备进行调整或更换所需要的时间与生产节拍的比值。比值越小,效率越高。

5.5.2 快速换型成本占比

产线实现产品切换所用的成本(包括时间、能源、设备折旧等)与该批次产品的总值的比率,比值越小,柔性设计越合理。

5.5.3 能实现快速切换的产品数量

设计产线时,该产线能够生产的产品种类及预留空间量。

5.6 数字化

对产线实现设备、生产、质量、物流、人员等全方位的信息采集,并进行虚拟环境建模和数据处理,在虚拟环境中快速模拟验证,数据可视化。

5.6.1 应用数字化生产工具

设计工具[干涉确认仿真、虚拟验证(仿真)]、数字化建模、安装、调试工具(扫描、定位、辅助等)。

5.6.2 产线全生命周期过程管理数字化

保障方案、设计、制造、安装、运维(售后)基础数据通用性(打通数字化 BOM 多级管理)。

5.6.3 知识库数字化

相关工艺、设备、控制等的建模及形成共享性知识库。

5.7 智能化

利用大数据和人工智能,实现对产线数据的深度发掘和分析应用,支持预测性设备维护,质量问题预判,支持异常情况辅助决策,多系统数据协同,系统自优化。

5.7.1 场景预判分析

通过对现场及周边系统的数据采集,形成数据池,并以数据为依据进行分析,对运营、质量、故障等

发展趋势进行预判,提供决策参考。

5.7.2 多系统数据协同

建立数据共享平台,实现多产线协同作业,平衡产能效率;打通产线与上位系统、企业信息化系统之间的通信壁垒,实现运营一体化、透明化。

5.7.3 系统自优化

系统可以在长期的数据积累和分析过程中,实现自我学习、自我优化。

6 对产线智能制造水平的定量分析

6.1 概述

六化定性分析是对产线智能制造建设的方向性指导,体现的是对智能制造理念的理解和经验总结。运用六化定性分析,可以规范产线的智能化建设。为了对建成产线进行客观的评价,本文件建议从体现产线的单位制造成本的十个指标进行定量评估,对产线的智能制造水平进行差异化分析。

6.2 资产利用率

6.2.1 资产利用率的计算

资产利用率主要是指工艺设备,比如焊接、激光等,实际的工艺加工时间和生产节拍的比值。资产利用率过低表明资产没有得到充分有效地利用,导致资源浪费和资产经营效益降低。资产利用率的计算见式(1)。

$$\text{资产利用率} = \frac{\text{工艺时间}}{\text{生产节拍}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

6.2.2 与定性指标的关联关系

6.2.2.1 精益化

对资产利用率有利的因素主要是产线设计时的精益规划程度。产线设计的精益性,如节拍平衡设置是否合理,工艺时间和辅助时间设置是否合理等。

6.2.2.2 数字化、智能化

通过设备精细数据采集,可以准确把握设备工艺时间,利用数据的透明化分析更合理地调整节拍平衡设置。

6.3 产线开动率/设备综合效能(OEE)

6.3.1 产线开动率/设备综合效能的计算

设备实际的生产能力相对于理论产能的比率,代表了设备得到有效利用的程度,一般由三个部分组成:时间开动率(Technical availability)、性能开动率(Performance)、合格率(Pass rate)。OEE通常用来评估设备的使用效率,OEE数值越高,对设备资产的利用率也越高,同时也降低了单位制造成本。产线开动率/设备综合效能的计算见式(2)。

$$\text{产线开动率/设备综合效能(OEE)} = \text{时间开动率} \times \text{性能开动率} \times \text{合格率} \dots\dots\dots (2)$$

6.3.2 与定性指标的关联关系

6.3.2.1 标准化

设计的标准化和设备的标准化选型有利于保障系统的稳定运行。

6.3.2.2 自动化

自动化产线的最大优势就是稳定产出和减少人工即排除人的不稳定性,提高合格率等。

6.3.2.3 精益化

精益化管理是否到位,比如 TPM 的执行情况等,对产线设备的故障率有直接影响,故障率影响系统的稳定性和有效工作时长。

6.3.2.4 数字化

产线的数字化程度越高,对产线的监控也越详细和精准,能够提前预警,有效降低因为产线因素造成的停线几率。预测性维护和质量预判能有效减少停线次数。

6.4 设备效率

6.4.1 设备效率的计算

设备效率是对设备运作能力的利用率。比如,一台 8 kW 的设备,实际利用了 4 kW,那么使用效率就是 50%。设备效率低,体现的是对设备投资的利用不充分,变相提高了单位制造成本。设备效率的计算见式(3)。

$$\text{设备效率} = \frac{\text{设备能力实际利用值}}{\text{设备能力的设计值}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

6.4.2 与定性指标的关联关系

6.4.2.1 精益化

在设计产线的时候,需要对设备的选型进行精益规划,做到充分利用设备的生产能力和设计指标。

6.4.2.2 数字化

在生产过程中,可以通过数字化的监控手段,采集设备状态,分析设备效率曲线,进一步得出提高设备效率的方案。

6.5 工艺效率

6.5.1 工艺效率的计算

工艺效率是实际工艺加工时间与理论极限时间的比值,提高实际的工艺加工时间是对设备的真正有效利用,也是对资产的有效回报。工艺效率的计算见式(4)。

$$\text{工艺效率} = \frac{\text{实际工艺加工时间}}{\text{理论极限加工时间}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

6.5.2 与定性指标的关联关系

6.5.2.1 精益化

在设计产线的时候,需要对设备的选型进行精益规划,做到充分利用设备的生产能力。

6.5.2.2 数字化

在生产过程中,可以通过数字化的监控手段,采集设备状态,分析设备效率曲线,进一步得出提高设备效率的方案。

6.6 产能利用率

6.6.1 产能利用率的计算

产线实际产出与设计产能的比值。设计产能是指在理想状态下,设备所能达到的极限产能。产能利用率越高,单位制造成本越低。产能利用率的计算见式(5)。

$$\text{产能利用率} = \frac{\text{实际产出}}{\text{设计产能}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

6.6.2 与定性指标的关联关系

6.6.2.1 精益化

采用精益化设计的产线,其产能利用率能够更接近设计的理论极限。

6.6.2.2 柔性化

生产单一产品的产线,产能利用率理论上应该高于需要进行产品切换的柔性产线。

6.7 通用资产占比

6.7.1 通用资产占比的计算

在产线中用于支持多产品生产的通用设备在整体设备投资中的占比。通用设备的折旧周期相对于专用设备要长,折旧成本也更低。通用设备占比高的产线,改造成本相对低。通用资产占比的计算见式(6)。

$$\text{通用资产占比} = \frac{\text{通用设备投资额}}{\text{产线整体投资额}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

6.7.2 与定性指标的关联关系

6.7.2.1 标准化

采用标准化的设计,可以增加通用资产的占比,减少因为产品个性化设计对产线柔性化的要求以及设备多样化的投资负担。

6.7.2.2 精益化

采用精益化的设计理念,将必要设备的数量接近设计极限,也可以提高对资产的利用率。

6.7.2.3 柔性化

柔性化要求产线能兼容多品种的生产,可能导致专用设备也多,通用设备占比少,后期切换成本高,需要综合考虑。

6.8 生产准备周期

6.8.1 概述

从产线项目立项到产线实现投产的整个周期为生产准备周期。生产准备周期越长,平摊到单位制造

成本的费用越高。

6.8.2 与定性指标的关联关系

6.8.2.1 标准化

采用标准化的设计方式,能够将标准设备进行模块化,建立标准库,可以有效缩减产线的设计时间。

6.8.2.2 精益化

采用精益化的设计理念,合理进行布局规划,有助于设备的安装和调试,降低安装成本。

6.8.2.3 数字化

利用数字化工具,如虚拟调试软件,可以加快软件的成熟度,减少现场调试时的出错概率,也可以缩短设备的交付时间,能够有效缩减生产准备周期,做到充分利用设备的生产能力。

6.9 量产爬坡周期

6.9.1 概述

产线安装调试完成,从产品进入小批量生产至达到满负荷量产所需的时间。量产爬坡周期越短,前期投入越少,摊到单位制造成本的费用越少。

6.9.2 与定性指标的关联关系

6.9.2.1 数字化

利用数字化的虚拟仿真分析,提前发现问题与验证,降低量产爬坡调试风险,缩短周期。

6.9.2.2 智能化

基于产线设备状态数据和生产数据精准采集与智能分析,可有效帮助发现量产爬坡问题,为优化提供决策依据。

6.10 设备运维成本占比

6.10.1 设备运维成本占比的计算

每年在维持设备正常运营所需要的费用与运营总投入之间的比值。设备运维费用也越高,最终平摊到单位制造成本越高。设备运营成本占比的计算见式(7)。

$$\text{运营成本占比} = \frac{\text{设备运维费用}}{\text{运维总投入}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

6.10.2 与定性指标的关联关系

6.10.2.1 标准化

采用标准化设计的产线,能有效降低设备运营成本,采用标准件,能降低备品备件库存,同时降低维护人员的培训成本。

6.10.2.2 精益化

TPM 的执行水平会影响设备的稳定性,合理利用精益工具,减少八大浪费,能有效降低单位制造

成本。

6.10.2.3 数字化

产线数字化加强了对底层设备的数采,能够详尽及时的反馈设备的运行状态,实现管理透明化、可视化,进一步降低运营费用。

6.10.2.4 智能化

智能分析系统可以提前预测设备的故障,提前安排保养或维修,带来备品备件库存的降低和减少计划外的故障停线。

6.11 回收再制造价值

6.11.1 概述

当前设备的剩余价值,若对产线进行改造,可回收再利用资产总值。延长设备使用寿命、减少设备故障次数,都对回收再造价值有正向影响,能够间接降低单位制造成本。

6.11.2 与定性指标的关联关系

6.11.2.1 标准化

标准化设计的产线,设备可回收利用的可能性更高。标准设备在其他产线上的可移植性更高,也更容易进行设备改造。

6.11.2.2 柔性化

对产线进行柔性化规划时,应尽量多采用通用设备、通用元器件进行产线建设。相对而言,通用设备在产线改造或回收的时候,再利用的价值更高,机会更多。

6.11.2.3 数字化、智能化

利用数字化监控及预测性维护手段,可以有效减少设备故障率,保障设备的长期、稳定运行。

广州工业机器人制造和应用产业联盟
团体标准
新能源汽车产线智能制造水平评估指南
T/GRIA 001—2023

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

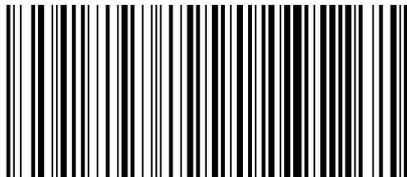
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字
2024年12月第一版 2024年12月第一次印刷

*

书号:155066·5-10089 定价 31.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/GRIA 001—2023