



中华人民共和国国家标准

GB/T 23023—2022

信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行绩效评价指标集

Integration of informatization and industrialization management systems—
Assessment indicator set for production equipment operational performance

2022 -10 -12发布

2022 -10 -12实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 指标分类	2
5.1 概述	2
5.2 生产运行类指标	2
5.3 维修维护类指标	2
5.4 能源物料类指标	2
5.5 安全环保类指标	2
6 指标描述、计算方法及优化改进措施	3
6.1 生产运行类指标	3
6.2 维修维护类指标	6
6.3 能源物料类指标	9
6.4 安全环保类指标	10
7 指标数据采集通用要求	12
参考文献	14

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。

本文件与 GB/T 23021—2022《信息化和工业化融合管理体系 生产设备管理能力成熟度评价》、GB/T ×××××—×××××《信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行管理规范》等标准，共同构成引导企业开展面向数字化转型的生产设备管理活动的标准体系。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会(SAC/TC 573)和全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)共同归口。

本文件起草单位：国家工业信息安全发展研究中心、清华大学、江西光正金属设备集团有限公司、中国航空综合技术研究所、北京机械工业自动化研究所有限公司、内蒙古能源发电投资集团有限公司电力工程技术研究院、树根互联股份有限公司、赢家时装(赣州)有限公司、成都飞机工业(集团)有限责任公司、用友网络科技股份有限公司、浙江中控技术股份有限公司、蒲惠智造科技有限公司、青岛奥利普自动化控制系统有限公司、中铝智能科技发展有限公司、矿冶科技集团有限公司、徐工集团工程机械股份有限公司、青岛海尔工业智能研究院有限公司、青岛双星装备制造有限公司、徐州徐工挖掘机械有限公司、西安法士特汽车传动有限公司、上海质量管理科学研究院、工业互联网创新中心(上海)有限公司、北京国金衡信认证有限公司、东方电气集团科学技术研究院有限公司、浙江清华长三角研究院、中国航天科工集团第三研究院第三〇四研究所、中国振华电子集团有限公司、江苏永钢集团有限公司、中冶赛迪重庆信息技术有限公司、北京北矿智能科技有限公司、深圳华龙讯达信息技术股份有限公司、北京赛昇科技有限公司、北京奇云鼎城科技有限公司、中船重工信息科技有限公司、陕煤集团榆林化学有限责任公司、南京维拓科技股份有限公司、黄河科技集团创新有限公司、新疆天池能源有限责任公司、南兴装备股份有限公司、天津融和互联高新技术股份有限公司、广州纬纶信息科技有限公司、广东合通建业科技股份有限公司、上海卓然工程技术股份有限公司、上海流程智造科技创新研究院有限公司、上海玖道信息科技股份有限公司。

本文件主要起草人：李君、周勇、杨波、窦克勤、张旭、苗建军、蒋明炜、王兵、刘江涛、夏刚、韩玉春、邓栋、陈昊、邱笑胜、徐以恒、周德营、王克飞、宋军恒、曹斌、金枫、李清、丁金想、任涛林、黎小华、文莎、刘云启、徐顺怡、付思敏、张勋兵、刘永召、彭连峰、李金赛、王少培、王紫千、袁海飞、吕潇、周志勇、寇植达、王金德、徐东、林晓川、吴文亮、谢峤峰、王会民、张彤、刘昕、史旭升、杨博、龙小昂、王志林、时培昕、吴清财、杨松贵、陈曦、张良斌、陈兵、陈宏广、杨晓东、秦振伟、金涛、王渺、罗明晖、任吉、张新宇、贺仁龙、金熙炜。

引 言

生产设备是制造活动的基本载体,是制造企业的核心资产,其运行绩效水平的高低直接影响企业的经济效益。在新一代信息技术与制造业深度融合发展背景下,生产设备数字化、网络化、智能化水平持续提升,推动生产设备在线监控、远程运维、预测性维护等新模式蓬勃发展。随着制造业数字化转型步伐加快,企业面临着生产设备绩效产出不理想、运行绩效难以衡量、绩效改进方向不明确等痛点问题。因此,亟需研究制定一套生产设备运行绩效评价指标集,以生产设备运行绩效评价为抓手,明确价值效益、锁定提升路径,系统、科学、有效的规范和提升企业生产设备运行绩效评价能力。

本文件是信息化和工业化融合管理体系系列国家标准之一,遵循 GB/T 23021—2022 对生产设备运行绩效评价的通用要求,构建了生产设备运行绩效评价指标集,给出了生产设备运行绩效评价指标的分类、指标描述、计算方法和优化改进措施,规定了指标数据采集通用要求。

信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行绩效评价指标集

1 范围

本文件确立了生产设备运行绩效评价指标集,给出了生产设备运行绩效评价指标的分类、指标描述、计算方法和优化改进措施,规定了指标数据采集通用要求。

本文件适用于不同行业、不同类型、不同规模的拥有和使用生产设备的企业开展面向数字化转型的生产设备运行绩效评价,并为生产设备制造商、供应商和运行维护服务商提供参考。

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 2589—2020 综合能耗计算通则

GB/T 23021—2022 信息化和工业化融合管理体系 生产设备管理能力成熟度评价

GB/T 29116—2012 工业企业原材料消耗计算通则

3 术语和定义

GB/T 23021—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

统计期 statistical period

用于计算生产设备运行绩效评价指标的时间区间。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DCS:分布式控制系统(Distributed Control System)

EAM:企业资产管理系统(Enterprise Asset Management)

ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)

FMEA:潜在失效模式及后果分析(Failure Mode and Effects Analysis)

MDC:制造数据采集(Manufacturing Data Collection)

MES:制造执行系统(Manufacturing Execution System)

QMIS:质量管理信息系统(Quality Management Information System)

RFID:射频识别技术(Radio Frequency Identification)

SCADA:数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition)

SPC:统计过程控制(Statistical Process Control)

5 指标分类

5.1 概述

生产设备运行绩效评价指标主要分为四类,分别是生产运行类指标、维修维护类指标、能源物料类指标和安全环保类指标,见表1。

表1 生产设备运行绩效评价指标分类

序号	指标类型	指标名称
1	生产运行类	生产设备综合效率
2		生产设备产能利用率
3		生产设备投入产出比
4		生产设备过程能力指数
5	维修维护类	故障停机率
6		平均故障间隔时间
7		平均修复时间
8		维修费用率
9		备品备件库存周转率
10	能源物料类	单位产值综合能耗
11		原材料利用率
12	安全环保类	安全生产平均持续时间
13		单位产值废弃物排放
14		危害因素检测合格率

5.2 生产运行类指标

生产运行类指标主要反映生产设备运行过程中的绩效产出情况,代表性指标是生产设备综合效率、生产设备产能利用率、生产设备投入产出比、生产设备过程能力指数。

5.3 维修维护类指标

维修维护类指标主要反映生产设备运行过程中维修维护方面的绩效情况,代表性指标是故障停机率、平均故障间隔时间、平均修复时间、维修费用率、备品备件库存周转率。

5.4 能源物料类指标

能源物料类指标主要反映生产设备运行过程中能源和物料消耗方面的绩效情况,代表性指标是单位产值综合能耗和原材料利用率。

5.5 安全环保类指标

安全环保类指标主要反映生产设备运行过程中安全保障和环境保护方面的绩效情况,代表性指标是安全生产平均持续时间、单位产值废弃物排放、危害因素检测合格率。

6 指标描述、计算方法及优化改进措施

6.1 生产运行类指标

6.1.1 生产设备综合效率

6.1.1.1 指标描述

生产设备综合效率是指统计期内生产设备时间开动率、性能开动率和产品合格率三者的乘积,是生产设备实际产能与理论产能的比值。

6.1.1.2 计算方法

生产设备综合效率计算方法见式(1)。

$$OEE = TOR \times POR \times QR \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

OEE——统计期内生产设备综合效率,%;

TOR——统计期内生产设备时间开动率,%;

POR——统计期内生产设备性能开动率,%;

QR——统计期内产品合格率,%。

其中,TOR计算方法见式(2)。

$$TOR = \frac{OT}{LT} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

OT——统计期内生产设备开动时间,单位为小时(h);

注1:生产设备开动时间=生产设备负荷时间-生产设备非计划停机时间(包括故障停机、事务停机等活动所用时间)。

LT——统计期内生产设备负荷时间,单位为小时(h)。

注2:生产设备负荷时间=生产设备日历工作时间-生产设备计划停机时间(包括生产设备保养、生产设备空闲等活动所用时间)。

其中,POR计算方法见式(3)。

$$POR = \frac{NOT}{OT} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

NOT——统计期内生产设备有效运行时间,单位为小时(h)。

注3:生产设备有效运行时间=生产设备开动时间-生产设备速度损失时间(包括生产设备速度降低、上下料等活动所用时间),即理论加工周期时间×加工数量。

其中,QR计算方法见式(4)。

$$QR = \frac{QP}{PQ} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

QP——统计期内生产设备制造合格产品数量,单位为个;

PQ——统计期内生产设备制造产品总数量,单位为个。

6.1.1.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备数据采集、健康管理、动态调度和产品质量管控等工作,针对

性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 使用 DCS、MDC、SCADA 等自动化监控系统采集生产设备运行状态、生产进度、产能产量、产品质量等数据,对生产设备运行数据进行全流程可视化分析;
- b) 开展生产设备的健康状态评估、故障预警与预测性维护,开发生产设备健康管理模型库,保障生产设备持续、稳定、高效运行,提升时间开动率;
- c) 开展生产设备运行负荷的监测、管控和平衡调度,开发生产设备智能调度模型算法,实现生产设备产能规划的动态调整、精准执行和智能优化,提升性能开动率;
- d) 通过 FMEA、QMIS、SPC 等质量管理工具开展全面质量管理活动,对生产过程中产品质量影响因素进行事前预警、事中控制和事后分析,降低产品返修返工情况,提升产品合格率。

6.1.2 生产设备产能利用率

6.1.2.1 指标描述

生产设备产能利用率是指统计期内生产设备综合效率与生产设备负荷率的乘积,是全面反映生产设备运行绩效的重要指标。

6.1.2.2 计算方法

生产设备产能利用率计算方法见式(5)。

$$TEEP = OEE \times LR \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

TEEP ——统计期内生产设备产能利用率,%;

LR ——统计期内生产设备负荷率,%。

其中,LR 计算方法见式(6)。

$$LR = \frac{LT}{CWT} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

CWT ——统计期内生产设备日历工作时间,单位为小时(h)。

6.1.2.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备状态监控、生产设备负荷优化、生产设备持续运行能力保障工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 采用 DCS、MDC、SCADA 等自动化监控系统收集生产设备相关数据,实现生产设备的运行状态实时监控和指标的量化管理;
- b) 对生产设备的产能产量、日历排班、工艺过程、任务安排、操作人员等信息综合分析,开发智能调度模型算法,实现生产设备工时的最优分配,持续优化生产设备负荷;
- c) 基于生产设备运行历史数据挖掘分析非生产设备本身因素(如等待计划排产,等待上/下工序,停水、停电、停气等)造成的停机损失,通过生产设备任务动态调度、上下工序紧密衔接、生产保障能力提升等措施确保生产设备持续、稳定、高效运行。

6.1.3 生产设备投入产出比

6.1.3.1 指标描述

生产设备投入产出比是指统计期内生产设备资产投资与工业产值的比值,是反映生产设备资产投入与其创造价值之间关系的重要指标,用于评价投资效果是否达到预期。

6.1.3.2 计算方法

生产设备投入产出比计算方法见式(7)。

$$IOR = \frac{EIC}{IOV} \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- IOR——统计期内生产设备投入产出比,通常采用 1 : N 的方式展示计算结果；
- EIC——统计期内生产设备投资费用,单位为万元；
- IOV——统计期内生产设备工业产值,单位为万元。

6.1.3.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备投入产出数据统计分析、投入策略优化、产出效益提升等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于：

- a) 针对 ERP、EAM、MES 等信息系统的生产设备投入产出数据进行采集、计算与分析,自动核算统计期内生产设备投资费用以及生产设备的工业产值；
- b) 针对生产设备投入的物料、能源、人员、备品备件等数据进行挖掘分析,建立生产设备投入策略模型库,基于模型动态调整生产设备的物料供应、能耗控制、计划排产等措施,实现生产设备投入策略的动态优化调整；
- c) 针对生产设备的产能产量、产品质量、维保记录等数据进行量化分析,构建生产设备产能管控驾驶舱,基于模型给出优化提升生产设备工业产值的策略建议。

6.1.4 生产设备过程能力指数

6.1.4.1 指标描述

统计期内生产设备保持其基本功能特性随时间恒定的能力,也指生产设备生产的产品特性随时间不变化的能力。

6.1.4.2 计算方法

计算方法分以下三种形式。

- a) 双侧规格情况
计算方法见式(8)。

$$C_p = \frac{M}{6\sigma} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- C_p ——统计期内生产设备过程能力指数；
- USL——统计期内产品规格上限,单位为产品规格单位；
- LSL——统计期内产品规格下限,单位为产品规格单位；
- M ——技术规格的公差幅度；
- σ ——总体标准差。

其中,总体标准差采用对样本标准差 s 的估计,计算方法见式(9)。

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(9)$$

式中：

- x_i ——第 i 个观测值；

\bar{x} ——样本平均值；

n ——样本容量。

b) 单侧规格情况

若生产设备对产品规格上限有要求,对产品规格下限无要求,则 C_p 计算方法见式(10)。

$$C_p = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

μ ——统计期内产品规格参数的公差中心。

若生产设备对产品规格下限有要求,对产品规格上限无要求,则 C_p 计算方法见式(11)。

$$C_p = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \dots\dots\dots(11)$$

c) 存在偏移情况

计算方法见式(12)。

$$C_p = \text{Min}\left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right] \dots\dots\dots(12)$$

6.1.4.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展产品规格参数的统计分析、生产过程控制优化、产品质量全面管控等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 利用数据采集装置、测量仪器以及自动化监测系统,对生产设备生产产品的规格参数进行持续监测、计算、统计与分析;
- b) 挖掘分析产品规格参数随生产设备运行时间动态变化的规律,建立生产设备的运行工况、性能参数、工艺规程等对于产品规格参数影响的机理模型,通过生产设备生产过程的控制优化,实现产品规格参数的自适应调整和动态优化;
- c) 对生产过程中影响产品质量的人、机、料、法、环等因素进行全面管控,及时发现并消除导致产品规格参数劣化的问题因素,保障产品规格参数在生产过程中持续稳定。

6.2 维修维护类指标

6.2.1 故障停机率

6.2.1.1 指标描述

故障停机率是指统计期内生产设备故障停机时间与生产设备总的可用于生产时间的比值,是反映生产设备健康状态、维修质量和维修效率的重要指标。

6.2.1.2 计算方法

故障停机率计算方法见式(13)。

$$BR = \frac{BT}{LT} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

BR ——统计期内生产设备故障停机率, %;

BT ——统计期内生产设备故障造成的停机时间,单位为小时(h)。

6.2.1.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备运行状态监控、预测性维护、故障应急处置等工作,针对性地

优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 采用DCS、MDC、SCADA等自动化监控系统针对生产设备运行状态进行持续监测,监控生产设备的异常运行参数并及时报警;
- b) 基于生产设备的结构特点、工作原理、历史故障数据等建立生产设备健康管理与剩余寿命预测模型,基于模型开展预测性维护,降低生产设备故障发生的概率与频次,延长生产设备正常运行时间;
- c) 总结提炼生产设备历史故障数据、故障处理经验与对应维修方法,积累并沉淀形成生产设备故障处置知识库与工具集,针对出现的故障及时响应并妥善处置,减少生产设备故障造成的停机时间。

6.2.2 平均故障间隔时间

6.2.2.1 指标描述

平均故障间隔时间是指统计期内生产设备相邻两次故障间隔时间的平均值,是衡量生产设备可靠性的指标,用于评价生产设备在规定时间内保持功能的能力。

6.2.2.2 计算方法

平均故障间隔时间计算方法见式(14)。

$$MTBF = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N T_i \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

- MTBF —— 统计期内生产设备平均故障间隔时间,单位为小时(h);
- N —— 统计期内生产设备累计故障次数,单位为次;
- T_i —— 统计期内生产设备每次故障修复后到下次故障发生时刻的工作时间,单位为小时(h)。

6.2.2.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备运行状态监测、健康状态管理、故障动态预测等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 采用DCS、MDC、SCADA等自动化监控系统对生产设备运行状态进行实时监控,通过监控系统实现对生产设备故障的及时报警;
- b) 基于生产设备运行实时数据进行生产设备性能参数动态展示和健康状态实时评估,实现设备健康状态的持续跟踪和全面监测,提升生产设备运行可靠性;
- c) 采用大数据、人工智能等技术对生产设备运行历史数据进行挖掘分析,建立生产设备故障预测模型和诊断模型等,基于模型实现生产设备故障的精准预测和智能诊断,延长生产设备正常运行时间。

6.2.3 平均修复时间

6.2.3.1 指标描述

平均修复时间是指统计期内生产设备每次故障发生后至修理完成正常运作所需时间的平均值,用于评价生产设备的维修能力及维修速度。

6.2.3.2 计算方法

平均修复时间计算方法见式(15)。

$$MTTR = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N RT_i \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中：

MTTR —— 统计期内生产设备平均修复时间，单位为小时(h)；

N —— 统计期内生产设备累计故障修复总次数，单位为次；

RT_i —— 统计期内生产设备每次故障修复所耗用的时间，单位为小时(h)。

6.2.3.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备状态监测、故障智能诊断、维修方案优化、故障应急处置等工作，针对性地优化改进该项指标，具体措施包括但不限于：

- a) 采用DCS、MDC、SCADA等自动化监控系统对生产设备运行状态、性能参数、工况环境等进行在线监控，确保在故障发生后迅速获取设备故障信息；
- b) 基于生产设备历史故障信息建立故障诊断知识库和工具集，借助大数据、人工智能等技术对生产设备的故障类型、故障部位及故障原因进行智能诊断，实现故障的精准定位；
- c) 建立健全生产设备故障维修知识图谱，对不同类型故障与对应的维修方式进行分级分类管理，形成不同类型故障的最优解决方案；
- d) 基于生产设备运行管理系统积累并沉淀生产设备维修知识和经验，开展生产设备故障的远程智能诊断、维修策略选择和高效动态处置，降低生产设备故障维修时间。

6.2.4 维修费用率

6.2.4.1 指标描述

维修费用率是指统计期内生产设备在使用过程中投入的维修费用与获得工业产值的比值，是反映生产设备运行管理质量水平的重要指标。

6.2.4.2 计算方法

维修费用率计算方法见式(16)。

$$MCR = \frac{MC}{IOV} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中：

MCR —— 统计期内生产设备维修费用率，%；

MC —— 统计期内生产设备维修费用，单位为万元。

6.2.4.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备维修成本核算分析、维修人员成本控制、维修备品备件管理和维修维护策略优化等工作，针对性地优化改进该项指标，具体措施包括但不限于：

- a) 汇总统计生产设备购置、维修、维护、管理等过程的成本信息，能够实现生产设备维修成本的精细化核算，综合分析维修成本；
- b) 综合考虑生产设备维修用工成本，在适宜的情况下选用外包、众包、外聘技术团队和服务机构等模式，根据生产设备故障特征按需使用专业、灵活的维修服务，控制维修人员费用支出；
- c) 统计分析生产设备维修备品备件的购置记录、库存信息与使用记录等数据，依据备品备件的购置成本、库存储备、使用寿命、更换周期等数据建立分级、分类管理策略，优化备品备件采购、库存和使用方案，控制备品备件的成本支出；
- d) 对生产设备的维护保养记录和历史故障数据进行关联性分析，建立生产设备维修策略知识图

谱,根据生产设备的失效模式、维护周期、频发故障等数据制定经济合理的维修维护策略,降低生产设备维修成本。

6.2.5 备品备件库存周转率

6.2.5.1 指标描述

备品备件库存周转率是指统计期内生产设备备品备件消耗费用与备品备件平均库存资金的比值,是反映生产设备的备品备件管理能力的重要指标。

6.2.5.2 计算方法

备品备件库存周转率计算方法见式(17)。

$$SPIT = \frac{CSP}{AIASP} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

SPIT ——统计期内生产设备备品备件库存周转率, %;

CSP ——统计期内生产设备备品备件消耗费用,单位为万元;

AIASP ——统计期内生产设备备品备件平均库存金额,单位为万元。

其中, AIASP 计算方法见式(18)。

$$AIASP = \frac{IIASP + FIASP}{2} \dots\dots\dots(18)$$

式中:

IIASP ——统计期内生产设备期初备品备件库存金额,单位为万元;

FIASP ——统计期内生产设备期末备品备件库存金额,单位为万元。

6.2.5.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备备品备件库存情况监测、备品备件供应策略优化、备品备件库存策略优化、备品备件使用方案优化等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 采用 RFID、二维码、条形码等自动化数据采集手段,实时获取生产设备备品备件数据,针对生产设备备品备件的库存情况进行持续监测;
- b) 基于生产设备备品备件历史消耗数据建立需求预测模型,将备品备件预测消耗数据及时反馈给采购、物流、质量、工艺、库存等部门,优化备品备件供应策略,降低备品备件采购成本;
- c) 基于生产设备备品备件的库存数据、物流数据与消耗数据等建立库存策略优化模型,基于模型合理安排生产设备备品备件的周期库存、在途库存、安全库存与预期库存数量,优化备品备件库存策略,降低备品备件库存成本;
- d) 充分考虑生产设备备品备件的通用性、计划的准确性以及使用方案的合理性,综合考虑生产设备维修费用、备件成本、性能表现等因素,建立备品备件使用方案知识库,优化备品备件使用方案,降低备品备件使用成本。

6.3 能源物料类指标

6.3.1 单位产值综合能耗

6.3.1.1 指标描述

单位产值综合能耗是指统计期内生产设备综合能源消耗量与其工业产值的比值,是反映生产设备能源经济效益的重要指标。

6.3.1.2 计算方法

单位产值综合能耗按照 GB/T 2589—2020 的公式(2)进行计算。

6.3.1.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备能耗跟踪监测、生产设备节能改造、工艺流程优化、节能策略优化等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 在高耗能生产设备的能源入口端加装水、电、气、液等不同类别的能源监测传感器,将数据实时上传至能耗管理系统,实现生产设备能耗数据的可视化展示和精细化管控;
- b) 基于生产设备能耗历史数据挖掘分析能源消耗规律,开发生产设备能耗优化模型及关键组件,对现有生产设备管理系统及硬件功能进行升级,实现生产设备节能改造;
- c) 开展生产设备各项工艺环节的能耗数据分析,开发工艺流程能耗优化模型,优化升级原有的冗余高耗能的工艺流程,促进工艺流程升级与优化;
- d) 分析生产设备运行能源消耗数据,在能源分时、分梯度、分阶段优化利用的基础上,开发能源调度平衡模型,建立生产设备能耗优化策略库,针对性降低生产设备运行能耗水平。

6.3.2 原材料利用率

6.3.2.1 指标描述

原材料利用率是指统计期内生产设备产出合格产品包含的某种原材料量占产品生产所投入的该种原材料量的百分比,是反映生产设备原材料利用水平的重要指标。

6.3.2.2 计算方法

原材料利用率按照 GB/T 29116—2012 的公式(3)进行计算。

6.3.2.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展原材料消耗数据监测分析、原材料综合利用管控和废料循环利用等工作,针对性的优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 基于生产设备自身数据采集点、外置数据采集装置等方式采集生产过程中的原材料消耗数据,实现原材料消耗数据的计算、统计与分析;
- b) 基于原材料消耗数据挖掘生产环节之间的工艺设计和产品设计问题,针对性开展产品设计优化、工艺流程优化等工作调整原材料使用策略,减少原材料的浪费和消耗,实现对原材料利用的精细化管控;
- c) 针对生产设备生产过程中的废品废料进行筛选、处理和循环再利用,针对残次品进行返工返修,有效提升原材料利用率。

6.4 安全环保类指标

6.4.1 安全生产平均持续时间

6.4.1.1 指标描述

安全生产平均持续时间是指统计期内生产设备相邻两次安全事件间隔时间的平均值,是反映生产设备安全性的重要指标。

6.4.1.2 计算方法

安全生产平均持续时间计算方法见式(19)。

$$\text{ADSP} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N T_i \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中：

ADSP——统计期内生产设备安全生产平均持续时间,单位为小时(h)；

N——统计期内生产设备安全事件累计发生次数,单位为次；

T_i ——统计期内生产设备每次安全事件处理完毕后到下次安全事件发生时刻的工作时间,单位为小时(h)。

6.4.1.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备的安全生产过程实时监测、安全事件预测预警、安全事故应急处置、安全风险系统性评估等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于：

- a) 按需安装和选用传感器、测量仪器及边缘计算装置等监测手段,持续监测生产设备的运行环境、工艺规程、健康状态、性能参数等信息,满足生产设备安全生产的实时监测需求；
- b) 基于生产设备的在线监测和历史安全事故等数据,建立生产设备安全生产风险特征库、失效数据库、安全生产风险预测预警模型,实现生产设备安全事故的精准预测和动态预警；
- c) 构建生产设备安全事故案例库、应急演练情景库、应急处置预案库等,对生产设备的生产过程、作业人员、外界环境等的安全状况进行仿真模拟、应急演练和隐患排查,实现生产设备安全事故的快速响应、科学处置和应急恢复；
- d) 开发生产设备安全风险评估模型库和工具集,开展生产设备安全风险系统性评估工作,实现对生产设备安全生产处置措施、损失原因和责任主体的全面评估、精准识别和快速追溯。

6.4.2 单位产值废弃物排放

6.4.2.1 指标描述

单位产值废弃物排放是指统计期内生产设备所排放的废弃物量与其工业产值的比值,是反映生产设备环保水平的重要指标。

6.4.2.2 计算方法

单位产值废弃物排放计算见式(20)。

$$\text{WDROV} = \frac{\text{TWE}}{\text{IOV}} \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中：

WDROV——统计期内生产设备单位产值废弃物排放；

TWE——统计期内生产设备废弃物排放量,以废弃物体积或质量计。

6.4.2.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产过程废弃物排放实时监测、废弃物排放预测预警、废弃物处理再利用综合管理等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于：

- a) 通过数据采集装置、测量仪器、监测系统等,按照环境保护检查要求对生产设备运行过程中产生的固体、液体和气体等废弃物排放数据进行动态采集、在线监测与统计分析；
- b) 基于生产设备废弃物排放历史数据建立废弃物排放预测预警模型,针对生产环节的废弃物排

放提前预测做好污染防范及末端处理,针对废弃物排放异常情况进行提前预警与及时报警,实现环保精细化和可视化管理;

- c) 通过原料回收、综合处理、转化利用等方式,从废弃物中提取或使其转化为可利用的能源或其他原材料,从而减少废弃物排放,提高生产设备的废弃物综合利用能力。

6.4.3 危害因素检测合格率

6.4.3.1 指标描述

危害因素检测合格率是指统计期内检测合格的生产设备危害因素数量与生产设备危害因素总数量的比值,是反映生产设备生产过程的健康、安全与环境管理水平的重要指标。

6.4.3.2 计算方法

危害因素检测合格率计算方法见式(21)。

$$QROHF = \frac{NQOH}{NOH} \dots\dots\dots(21)$$

式中:

QROHF ——统计期内生产设备危害因素检测合格率, %;

NQOH ——统计期内检测合格的生产设备危害因素数量,单位为个。

NOH ——统计期内生产设备危害因素数量,单位为个。

注:生产设备危害因素可参考 GBZ 2.1—2019 和 GBZ 2.2—2007 所涵盖的生产设备有关因素。

6.4.3.3 优化改进措施

企业宜采用数字化手段开展生产设备危害因素在线监测、危害事故预测预警、危害事故应急处置、危害因素风险评估等工作,针对性地优化改进该项指标,具体措施包括但不限于:

- a) 通过数据采集装置、测量仪器、监测系统 etc 数字化手段,持续监测生产设备运行环境、运行状态、性能参数以及操作人员状况等信息,并对生产过程易出现危害的环节进行重点监测;
- b) 基于生产设备的废弃物排放、危害事故、维保记录等历史数据,建立生产设备危害因素特征库、风险识别库与危害因素预测预警模型,提前预测并及时排除生产设备潜在危害因素隐患,针对危害事故给出预警和报警信息;
- c) 建立生产设备危害因素应急处理方案数据库,动态捕捉生产设备运行过程中已产生的危害因素,对已产生的危害事故进行快速反应与迅速处理;
- d) 开发生产设备危害因素的风险评估模型库和工具集,开展生产设备危害因素的风险评估工作,对生产设备相关物理性、化学性和生物性等危害因素进行全面评估和细致排查,对危害事故的损失、原因和责任主体等进行快速追溯和认定。

7 指标数据采集通用要求

企业宜采用数字化手段采集生产设备运行绩效评价指标的相关数据,数据采集的通用要求包括但不限于:

- a) 可行性:企业应明确生产设备运行绩效评价指标数据采集的对象、范围和方法,确保生产设备运行绩效评价指标数据可采集;
- b) 规范性:企业应规范生产设备运行绩效评价指标数据采集、传输、存储等工作流程,确保生产设备运行绩效评价指标数据采集规范有效;
- c) 准确性:企业应确保采集获取的生产设备运行绩效评价指标数据真实、客观、准确;

- d) 关联性：企业宜考虑生产设备运行绩效评价指标数据采集过程中生产设备之间的联动效应，对于受到联动影响的生产设备，排除由于其他生产设备停滞、维修、保养等情况带来的影响；
- e) 协同性：企业应发挥设备、财务、生产、能源、物流、仓储、质量、工艺等相关部门的协同效应，共同开展生产设备运行绩效评价指标数据采集工作。

参 考 文 献

- [1] GB/T 23001—2017 信息化和工业化融合管理体系 要求
 - [2] GB/T 23020—2013 工业企业信息化和工业化融合评价规范
 - [3] GB/T ×××××—×××× 信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行管理规范
 - [4] GB/T 36625.3—2021 智慧城市数据融合 第3部分:数据采集规范
 - [5] GBZ 2.1—2019 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素
 - [6] GBZ 2.2—2007 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素
 - [7] ISO 22400-2:2014 Automation systems and integration—Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management—Part 2: Definitions and descriptions
-