

Manufacturing Process Environmental Impact Assessment Method and Its Application

Qinggang Qi Bo Bao

Kunming Coal Design and Research Institute, Kunming, Yunnan, 650051, China

Abstract

For enterprises, the product manufacturing process is an important process of product generation of environmental pollution and direct consumption of resources in the whole life cycle. Due to the diversity of manufacturing processes, there is still a lack of effective methods for the evaluation of product manufacturing environment. The product manufacturing process can be used as input, processing and output process and accurately described using IPO diagram and list analysis table. Based on IPO process model and Leon Porter interaction matrix, the evaluation methods of material and energy consumption, environmental waste discharge and safety in product manufacturing process are further proposed. This study takes gear parts as an example to analyze the environmental impact assessment of manufacturing process.

Keywords

manufacturing process; environmental impact; evaluation method; application

制造过程环境影响评价方法及其应用

齐清刚 包博

昆明煤炭设计研究院, 中国·云南昆明 650051

摘要

对于企业来说产品制造过程是产品在整个生命周期中产生环境污染和直接消耗资源的重要过程, 由于制造工艺具备多样性, 当前针对产品制造环境评价还缺乏有效方法。产品制造工艺可作为输入、处理、输出过程, 并利用IPO图和清单分析表进行准确描述。基于IPO过程模型以及利昂波特相互作用矩阵进一步提出产品制造过程中物料和能量消耗, 环境废物排放以及安全性的评价方法。本研究以齿轮零件为例进行制造过程环境影响评价分析。

关键词

制造过程; 环境影响; 评价方法; 应用

1 引言

对于企业在产品制造生产的过程中, 产品制造过程环境影响包含工业废物流、废弃物、副产品、原材料消耗、能量消耗等。为减少制造过程产生的环境影响, 研究学者提出可进行产品制造过程环境影响分析评价。LCA表示产品生命周期评价, 其包含制造过程评价, 由于在LCA评价过程中周期较长, 过程复杂, 而且成本高, 因此其应用受到一定的局限性。企业产品制造过程是一个复杂工序, 包括材料成型, 零部件加工, 材料改性处理, 装配调试等过程, 因此在评价产品制造过程资源消耗和环境影响时需要深入分析产品这个过程的各个工艺。事实上可将每个工艺作为输入, 处理, 输出的过程, 即IPO过程, 所有输入、输出可使用IPO

过程模型和清单分析表格进行描述。

2 IPO 过程模型以及清单分析表格

图1所示为某车间工艺的IPO过程模型图。

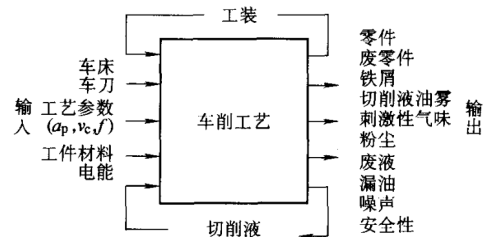


图1 车间工艺的IPO过程模型图

【作者简介】齐清刚(1981-), 中国河南滑县人, 本科, 工程师, 从事煤矿采选业建设项目环境影响评价和规划环境影响评价研究。

其具体涉及输入过程为原材料、能量、加工设备、工艺参数、工装输出及副产品、水污染、空气污染、废料污染的排放等产品的制造过程, 可被作为是工艺IPO过程的集合, 也就是更大输入、处理、输出过程, 如图2所示。

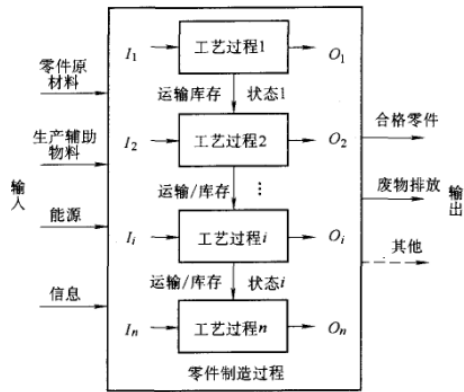


图2 工艺流程图

结合 IPO 过程模型进一步构建工艺清单分析表格，如表1所示。

表1 工艺清单分析表格

基本信息			
工序内容	租车		
	机床	C616	
工艺条件	工艺参数	切削速度 $v_c / (n \cdot \text{min}^{-1})$	160
		进给量 $f / (\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	2
		切深 a_p / mm	3

该表格可对产品制造工艺过程输入、输出数据进行采集，其评价环境因子包括两层，分别为：目标层环境因子，其属于产品制造工艺中环境影响共性因子，通常能够结合资源消耗类型以及污染物类型将产品制造过程目标环境因子分为水污染，空气污染，原材料消耗，能量消耗，辅助原材料，消耗废料，其他污染物包括噪声、辐射、振动、职业健康、安全危害；第二层为指标层环境因子，是与产品的制造工艺过程具有一定联系，不同工艺资源消耗以及环境排放因子是存在差异的。例如，对于砂型铸造工艺和车削工艺来说其产生的环境排放因子不同，因此清单分析表格第二层指标层环境因子差异较大，很难利用一张清单分析表格描述整个产品制造工艺过程输入和输出的特点。结合国家机械制造工艺标准构建27种产品制造工艺IPO过程以及清单分析表格，具体包括包装锻造，铸造，切削，电镀，热处理，焊接等。在上述清单分析表格中，目标层影响因子和个性化指标层影响因子是一致的^[1]。

3 环境影响评价方法

3.1 清单数据量化

对于清单分析表格中的相关数据要想进行完全评价和量化难度较高，主要由于不同产品制造工艺中环境排放因子存在差异，很难实现数据直接叠加，需要综合评价多种工艺

制造过程。其次，缺乏相对权威工艺过程环境排放评价标准且无参考指标，当前有关部门正在进行环境影响评价过程中主要依靠排污口或厂界检测，未涉及产品制造工艺流程。由于受工艺条件因素的影响，不同工艺相同排放标准不同，比如沙型铸造和车削铸铁均会产生粉尘，如采用相同标准则会忽视车削粉尘的影响。因此从实用性和使用效率上来看，研究学者提出可采用半定量评价法，能够针对零部件在制造过程中初步分析，调查环境影响，进而为改进工艺流程提供建议，可解决当前环境影响评价与零部件制造工程实践的问题。环境影响程度可采用10分制的方法实现量化处理，并分为不同等级，如表2所示。

表2 资源消耗与环境排放

资源消耗与环境排放			
因子层 I	因子层 II	影响状况描述	评分
原材料消耗	45 钢量 m_m / kg	0.273	7
	车刀	4 把/月	8
辅助原材料消耗	切削液	没有使用	2
	工装	通用夹具	5
能耗	电能 E / kWh	5.5	6
	油雾	含硫化物粉尘	8
空气污染排放	刺激性气味	有一定刺激性	6
	粉尘	较少	4
	切削废液	没有使用	3
水污染排放	切削液的毒性	没有使用	3
	漏油	一般严重	6
废料	铁屑量 m_f / kg	0.234	5
其他污染	噪声 L / dB	91.5	8
职业健康与安全危害	操作安全性	有较多铁屑产生，无防护措施	8

结合该表等级划分制定具体工艺环境因子评分规则，能够形成完整的工艺环境影响因子评价规则及利用上述评价方法。每一个零部件的制造工艺评价结果为10分制，可直接进行结果加权叠加，以综合评价原部件制造过程的环境影响。

3.2 产品制造过程环境影响评价

1972年由利昂波特提出了相互作用矩阵，可将其用于项目工程环境影响评价中，首次将该方法用于制造过程环境影响评价中，结合该矩阵原理，矩阵横轴可表示产品制造过程中对环境具有一定影响的工艺过程；纵轴可表示受工艺流程影响的环境因子，利用M表示工艺过程总数，环境因子表示所有工艺中清单环境影响二级指标或一级指标，N表示环境因子总数，在该矩阵中各元素可使用斜线将其分隔为两个部分，上半格和下半格分别表示影响值大小和影响重要性权值。在产品制造工艺中为产生某项环境因子危害，那么 M_{ij} 可不参与计算，并可

用 0 或空值进行表示, 最后将每行元素和每列元素累加获得矩阵的加权分值, 可将其表示该产品制造过程环境影响总加权分值。利昂波特采用 10 分制来评价环境影响, 如果影响程度越大, 那么得分越高, 按照工艺过程类别分别设定环境因子重要性, 其权重是与某工业环境影响评价重要性相关, 如果权值越大, 则表明其在某工艺环境影响评价的重要性越大, 各工艺所有环境因子的权重总和为 1。结合制造过程环境影响利昂波特相互作用矩阵示意图, 可使用两种方法来分析评价产品制造过程的环境影响情况。第一, 综合分析以及评价。利用力量波特相互作用矩阵能够将产品各工艺的环境影响值以及环境因子权重进行乘积叠加, 即能够综合评价零部件制造过程环境影响程度, 各工艺过程环境因子权重和为 1, 因此评价区间介于 0~10 之间, 对于含有 M 个工艺流程的产品制造过程来说, 其评价区间为

0~10m。第二, 纵横向比较分析。对于纵向分析来说可利用该数值找到零部件制造中影响相对严重的环境因子, 或指定某个工艺过程比较对不同环境因子产生的影响, 以寻找改良途径。如下图所示为齿轮在制造时纵向环境影响因子比较^[25]。

对于横向比较来说可使用该数值以比较零部件在制造中不同工艺环境影响程度差别, 进而能够找出存在问题的工艺流程, 或者可以以某一指定环境因子为参考横向比较不同工艺的消耗情况, 如图 3 所示为齿轮在生产制造时工艺流程横向比较图。

3.3 构建影响评价技术框架

综合上述分析进一步构建零部件制造过程环境影响评价技术框架, 如图 4 所示。

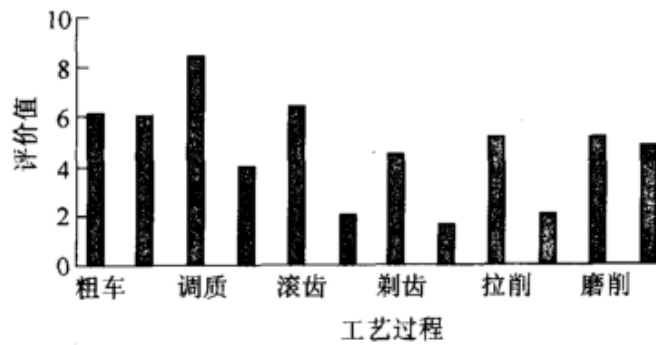


图 3 齿轮在生产制造时工艺流程横向比较图

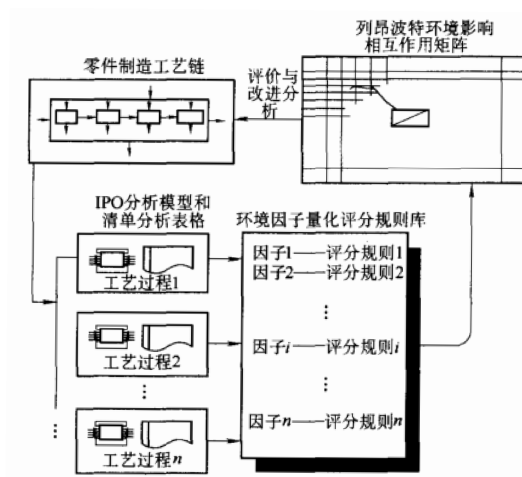


图 4 零部件制造过程环境影响评价技术框架

4 具体应用

在本研究中以齿轮生产制造为例, 其工艺流程包括粗车削、钻削、调质、精车削、滚齿、钳加工、剃齿、校车孔、拉削、钳加工、磨削等。通过对齿轮制造各工艺流程进行输

入、处理、输出以及清单数据分析, 进一步构建齿轮生产制造的环境影响评价数据表。比如对于出车生产流程来说, 在纵向比较中能源消耗和其他污染以及安全性问题相对明显, 在横向比较中调质工艺以及滚齿工艺及产生的环境影响程

度较大,需要在这两个制造工艺流程中进行改善,其中调质工艺采用传统工艺,未对其进行封闭处理,因此导致能源利用率较低,工艺流程存在较大能源消耗,并且在冷却时油烟较大,能够散布于整个车间中,使车间存在严重的环境污染,并从一定程度上危害员工身体健康。对于滚齿工艺其污染来源于加工形成的油烟以及切削过程中的油泄露,此外,采用通用滚齿机产生噪音较大。由于其他工艺获得良好控制,因此在整个齿轮制造时产生的环境影响综合评分为 55.1,其位于轻度不利和中度不利间。

5 结语

总之,本研究提出基于 IPO 过程模型以及利昂波特相互作用矩阵产品制造过程环境影响评价方法,其具体涉及产品制造供应链, IPO 模型以及清单分析表格,该方法为半定

量评价法,能够对产品制造工艺过程中环境影响评价结果,实现综合评价以及横纵向比较,进而为产品制造过程环境改善提供重要参考。

参考文献

- [1] 潘媛,张华,朱硕,等.基于IMPACT2002+的机械加工过程资源环境影响评价方法研究[J].现代制造工程,2019(3):8.
- [2] 班华,王伟哈,曹晓明.一种稀土钢生命周期环境影响评价方法:CN109740833A[P].2019.
- [3] 司训练,张锐,宋泽文.累积环境影响评价方法研究综述[J].2021(2014-4):11-16.
- [4] 左芳萍,肖珊,王慧.规划环境影响评价方法及实例分析[J].智能城市应用,2020,3(2).
- [5] 时君丽,王雅君,樊双蛟,等.基于生命周期评价的机械装备再制造环境评价模型[J].大连工业大学学报,2019,38(2):72-77.