



中华人民共和国国家标准

GB/T 38835—2020

工业机器人 生命周期对环境评价方法

Industrial robot—Life cycle impact on environment evaluation method

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工业机器人生命周期评价(LCA)的总体描述 3

5 评价阶段和流程 4

6 目的和范围 4

 6.1 评价目的 4

 6.2 评价范围 5

7 工业机器人生命周期清单分析 8

 7.1 数据收集 8

 7.2 计算过程 8

8 影响评价 9

 8.1 工业机器人产品环境影响类型选择 9

 8.2 LCI 结果分类 10

 8.3 类型参数计算结果(特征化、归一化和加权) 10

 8.4 进一步的 LCIA 数据质量分析 10

9 生命周期解释..... 10

10 报告 10

附录 A (资料性附录) 数据收集表 12

附录 B (资料性附录) 典型六轴工业机械臂生命周期对环境影响评估示例 15

参考文献 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国自动系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本标准起草单位:上海电器科学研究院、广东省东莞市质量监督检测中心、马鞍山申马机械制造有限公司、安徽省配天机器人技术有限公司、青岛钢铁侠科技有限公司、山东鲁能智能技术有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、安徽泰蓝飞邦区块链科技有限公司、上海机器人产业技术研究院有限公司、上海电器设备检测所有限公司、上海添唯认证技术有限公司。

本标准主要起草人:李园园、邓锡康、方钊、邢琳、王泽涵、曹际娜、张锐、王友、陈灏、郑军奇。



工业机器人 生命周期对环境影响评价方法

1 范围

本标准规定了工业机器人生命周期评价(LCA)的总体描述、评价流程及影响生命周期评价的要素等。

本标准适用于工业机器人生产厂、制造商、用户及第三方开展工业机器人生命周期或生命周期的特定阶段潜在对环境影响的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 24040—2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 32813—2016 绿色制造 机械产品生命周期评价 细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业机器人 industrial robot

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机,可对三个或三个以上轴进行编程。

注1:工业机器人可以是固定式或移动式,在工业自动化中使用,包括:

- 操作机,含制动器;
- 控制器,含示教盒和某些通信接口(硬件和软件)。

注2:这包括某些集成的附件轴。

注3:改写 GB/T 12643—2013,定义 2.9。

3.2

机器人生命周期 robot life cycle

机器人产品中前后衔接的一系列阶段,从自然界或从自然资源中获取原材料,直至最终处置。

注1:工业机器人生命周期的一系列阶段包括:原材料的获取、设计、生产、包装、运输、使用、回收利用以及最终处置。

注2:改写 GB/T 24040—2008,定义 3.1。

3.3

生命周期评价 life cycle assessment; LCA

对工业机器人的生命周期中输入、输出及其潜在影响的汇编和评价。

注:改写 GB/T 24040—2008,定义 3.2。

3.4

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis; LCI

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.3]

3.5

生命周期影响评价 life cycle impact assessment; LCIA

评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.4]

3.6

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围的要求对清单分析和(或)影响评价的结果进行评估形成结论和建议的阶段。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.5]

3.7

功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.20]

3.8

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.32]

3.9

取舍准则 cut-off criteria

对于单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所做出的规定。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.18]

3.10

数据质量 data quality

数据在满足所有声明的要求方面的能力特性。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.19]

3.11

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.34]

3.12

特征化因子 characterization factor

由特征化模型导出,用来将生命周期清单分析结果转换成类型参数共同单位的因子。

注: 共同单位使类型参数结果的计算得以实现。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.37]

3.13

影响类型 impact category

所关注的环境问题的分类,生命周期清单分析的结果可划分归其中。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.39]

3.14

基本流 elementary flow

取自环境,进入所研究系统之前没有经过人为转化的物质或能量,或者是离开所研究系统,进入环

境之后不再进行人为转化的物质或能量。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.12]

3.15

产品流 product flow

产品从其他系统进入到本产品系统或离开本产品系统进入其他产品系统。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.27]

3.16

产品系统 product system

拥有基本流和产品流,同时具有一种或多种特定功能,并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

[GB/T 24040—2008, 定义 3.28]

3.17

组织 organization

为实现目标,有职责、权限和互相关系构成自身功能的一个人或一组人。

注: 组织包括但不限于个体经营者、公司、集团公司、商行、企事业单位、政府机构、合股经营公司、工艺机构、社团,或上述单位中的一部分或结合体,无论其是否具有法人资格、公营或私营。

[GB/T 24001—2016, 定义 3.1.4]

3.18

环境 environment

组织(3.17)运行活动的外部存在,包括空气、水、土地、自然资源、植物、动物、人以及他们之间相互的关系。

注 1: 外部存在可能从组织内延伸到当地、区域和全球系统。

注 2: 外部存在可用生物多样性、生态系统、气候或其他特征来描述。

[GB/T 24001—2016, 定义 3.2.1]

3.19

环境因素 environmental aspect

一个组织(3.17)的活动、产品和服务中与环境(3.18)或能与环境发生相互作用的因素。

注 1: 一项环境因素可能产生一种或多种环境影响。重要环境因素是指具有或能够产生一种或多种重大环境影响的环境因素。

注 2: 重要环境因素是由组织(3.17)用一个或多个准则确认的。

[GB/T 24001—2016, 定义 3.2.2]

3.20

环境影响 environmental impact

全部或部分地由组织(3.17)的环境因素(3.19)给环境(3.18)造成的不利或有益的变化。

[GB/T 24001—2016, 定义 3.2.4]

3.21

Ⅲ型环境声明 type Ⅲ environmental declaration

提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明,必要时包括附加环境信息。

注 1: 预设参数基于 GB/T 24040—2008。

注 2: 附加信息可以是定性的也可以是定量的。

[GB/T 24025—2009, 定义 3.2]

4 工业机器人生命周期评价(LCA)的总体描述

LCA 的原则见 GB/T 24040—2008 中 4.1。

工业机器人 LCA 研究应包括目的和范围的确定、清单分析、影响评价及对结果的解释。
工业机器人 LCI 研究应包括目的和范围的确定、清单分析和对结果的解释。
LCA 的阶段见 GB/T 24040—2008 中 4.2。

5 评价阶段和流程

工业机器人生命周期评价分为目的和范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评价和生命周期解释 4 个阶段,各阶段的主要内容及流程图如图 1 所示。

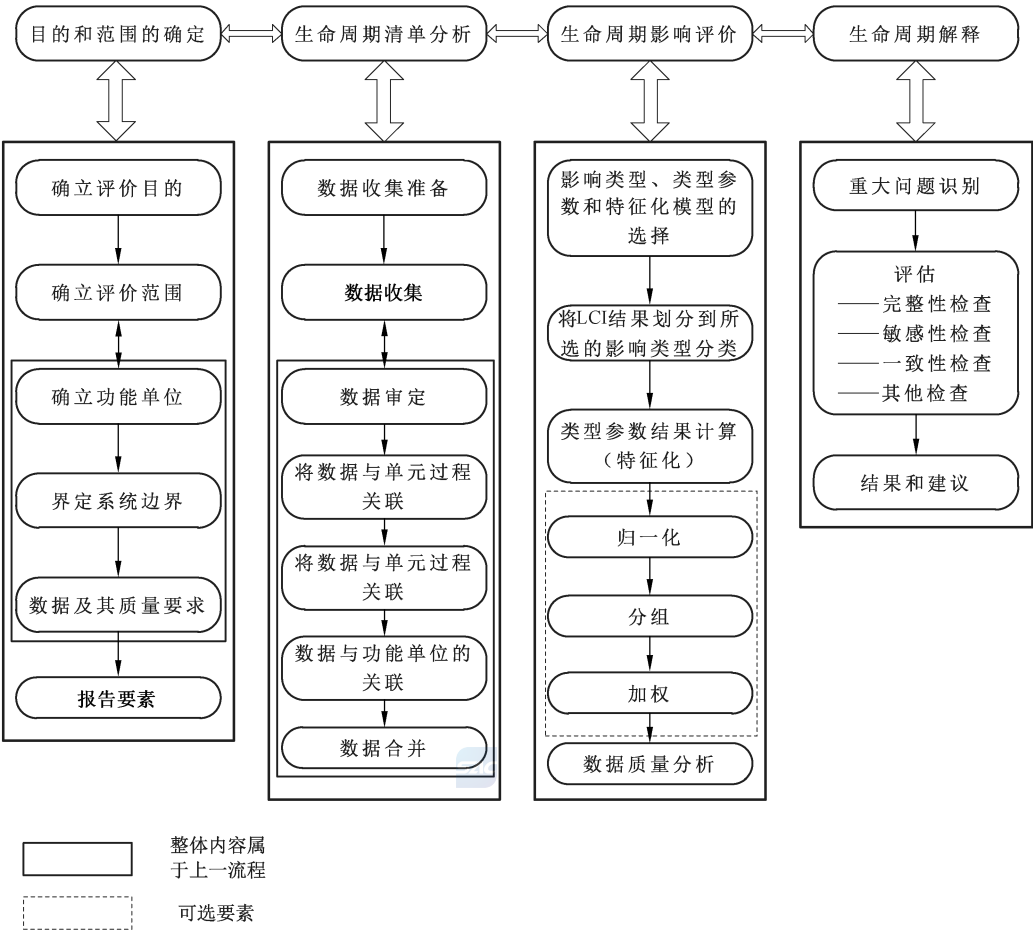


图 1 工业机器人产品 LCA 流程框图

6 目的和范围

6.1 评价目的

工业机器人产品生命周期评价的目的主要有(但不限于):

- a) 用于产品的环境性能改善;
- b) 用于企业环境绩效评价或产品的环境影响申明。

6.2 评价范围

6.2.1 功能单位

功能单位的确定应与评价的目的和范围保持一致。功能单位的主要作用之一是为输入、输出数据的统一提供基准,以确保 LCA 结果的可比性。因此,应对功能单位做出明确的定义并使其可测算。

当产品系统为单个承载某种使用功能的产品或两种及以上相同种类产品进行比较分析时,功能单位的选择可考虑产品个体,如单台工业机器人、一组工业机器人组成的系统等。

功能单位的信息描述一般应包括但不限于以下信息:

- a) 产品名称;
- b) 产品型号;
- c) 产品规格;
- d) 产品分类;
- e) 产品性能及主要参数;
- e) 产品功能及用途;
- f) 产品的零部件构成;
- g) 产品满足相关质量标准的证明文件。

6.2.2 系统边界

本标准界定的完整的系统边界如图 2 所示。

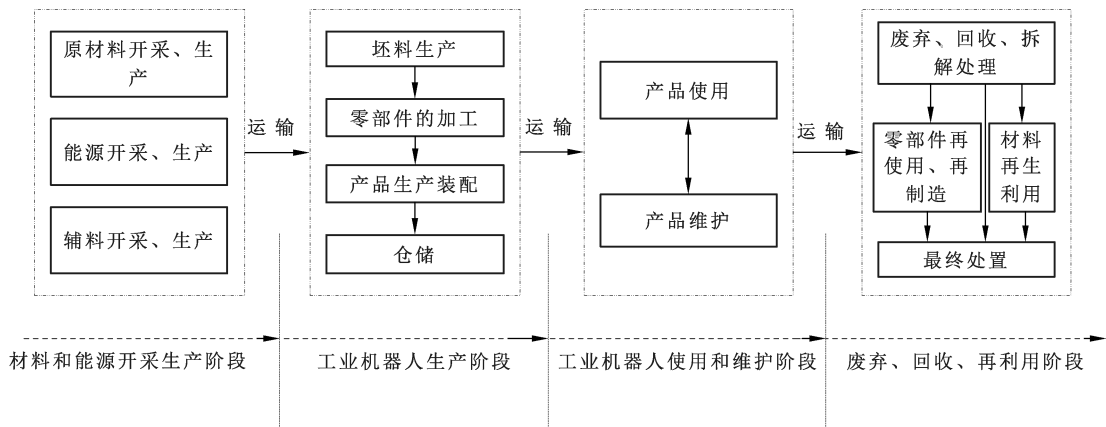


图 2 工业机器人生命周期系统边界图

当设定工业机器人的系统边界时,以下几个生命周期阶段、单元过程和流程宜被考虑,例如:

- a) 原材料(如钢、铝、铜等金属材料,塑料等非金属材料)的开采、生产;
- b) 辅助材料(如润滑油、冷却液等加工辅料)的开采、生产;
- c) 能源(如电、油、燃气、耗能工质等)的使用;
- d) 坯料(如型材、铸件、焊件等)的生产;
- e) 零部件(如同服电机、减速器、线缆、控制器等)的加工制造(如切削加工、热处理、焊接等);
- f) 工业机器人产品的装配;
- g) 废料(如切割废料、使用耗材、废弃产品或零部件等)的处置;
- h) 运输(主要原材料、能源、辅料、零部件、产品、废料等的运输);
- i) 产品废弃后零部件及废弃物的再循环利用等。

如果没有充足时间、数据和/或资源对机器人产品系统中的全部零部件和/或单元过程进行评价,可对总体结论影响不大的生命周期阶段过程或输入和/或输出不进行量化,但应予以明确陈述和论证。

6.2.3 数据及其质量要求

6.2.3.1 总体要求

根据评价的目的和范围,应对评价的有关数据及其质量要求进行规定或说明。包括数据种类、数据来源、数据取舍原则、数据质量要求等。

通过不同渠道获取的数据,应对其数据质量加以审核,必要时应对某些数据进行校核。

经敏感性分析确认,对物质流和能量流有较大贡献的系统单元过程,应采用从特定现场取得的数据或具有代表性的平均数值。对环境影响较大,产生排放物的单元过程,也应采用从特定现场取得的数据。

6.2.3.2 数据种类

数据种类主要包括:产品数据、能量数据和材料数据。其中:

- 产品数据:包括产品技术参数等;
- 能量数据:包括电力数据、燃料数据等;
- 材料数据:包括原材料、辅料等输入数据,零部件、产品等输出性能数据。

6.2.3.3 数据来源

评价数据一般来源于现场数据和数据库数据两个方面。

对物流、能流及对排放贡献大的部分单元过程,应优先采用从现场取得的数据即现场数据,或采用有代表性的数据即数据库数据,但应明确说明数据的来源。现场数据是从特定现场取得的数据,包括工业机器人产品生产制造阶段的原材料消耗、能耗、污染物排放以及运输信息等清单数据,对数据的获得方式和来源均应予以说明。

数据库数据是标准技术数据、历史累计数据以及统计计算数据,包括原材料开采和提炼、能源生产的清单数据以及原材料运输所需的公路运输清单数据、使用阶段能耗及废弃产品回收信息。所有数据应予以详细说明,包括所用的数据库和出版物(或参考书目)年代、运输的数据应予以说明(包括运输形式、运输距离和运输量)。

6.2.3.4 数据取舍准则

数据取舍原则见 GB/T 32813—2016 附录 C 的 C.1,且应遵循:

- a) 清单分析和环境影响贡献均小于 1% 的物质和能量流可忽略;
- b) 能源的所有输入均列出;
- c) 原料的所有输入均列出;
- d) 辅助材料质量小于原材料总消耗量 0.01% 的项目输入可忽略;
- e) 向大气、水体的各种排放均列出;
- f) 危险废物和一般工业固体废弃物排放应列出,小于一般工业固体废弃物排放总量 1% 的固体废弃物可忽略;
- g) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员办公及生活设施、厂区人员与居住地间的交通工具的消耗和排放,均忽略;
- h) 取舍原则不适用于有毒有害物质,任何包含有毒有害物质的原材料和零部件均应列出。

6.2.3.5 数据质量要求

6.2.3.5.1 概述

为满足工业机器人生命周期评价的目的和范围,应对数据质量要求做出规定,包括:

- 地域范围:为实现评价目的,收集单元过程数据的地理范围(如局地、区域、国家、洲、全球);
- 技术覆盖面:具体的技术或技术组合(如实际工艺组合、最佳可行技术、最差作业单元的加权平均);
- 精度:对每一个数据值的变动的度量(例如方差);
- 可再现性:对其他执业人员采用同一方法学和数据获取相同研究结果的可能性的定性评估;
- 可追溯性:对数据来源、产生、获取、应用等历史过程记录的明晰程度的定性评估;
- 不确定性:对数据给定值发生变化的可能性的评估。

数据质量满足以上要求的同时,现场数据其他要求见 6.2.3.5.2,数据库数据其他要求见 6.2.3.5.3。

6.2.3.5.2 现场数据质量要求

现场数据的质量要求包括:

- a) 代表性:现场数据应按照企业申请单元收集过去一年的全年生产统计数据,申请单元可以是一条生产线、多条生产线、整个企业或集团。
- b) 完整性:现场数据应覆盖本标准中所有需要企业填报的生产现场数据。
- c) 准确性:
 - 1) 现场数据中的资源、能源、原材料消耗数据应来自申请单元的实际生产统计记录;
 - 2) 环境排放数据应优先选择相关的环境监测记录,也可以由排污因子或物料平衡公式计算获得;
 - 3) 所有现场数据均应转换为单位产品,且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。
- d) 一致性:企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。
- e) 影响现场测试数据不确定性的因素见 GB/T 32813—2016 的 C.2.1。

6.2.3.5.3 数据库数据质量要求

数据库数据的质量要求包括:

- a) 代表性:
 - 1) 数据库数据应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开 LCA 数据,数据的参考年限应优先选择近年数据;
 - 2) 在没有符合要求的中国国内数据的情况下,可以选择国外同类技术数据作为数据库数据;
 - 3) 如果企业的原材料供应商可以提供符合相关 LCA 标准要求的、经第三方独立验证的上游产品 LCA 报告,也可以作为数据库数据。
- b) 完整性:表 A.2 确定的所有背景过程均需提供完整的数据库数据,数据库数据的系统边界应从资源开采到这些原材料出厂为止。
- c) 一致性:
 - 1) 所有被选择的数据库数据应完整覆盖本标准确定的环境影响类型(见表 2),并且应将数据库数据转换为一致的物质名录后再进行计算;
 - 2) 相同的第三方机构对同类产品 LCA 的数据库数据选择应保持一致,如果数据库数据更新,则 LCA 报告也应更新。

6.2.3.6 数据质量评价体系

本标准采取数据质量评价体系对数据质量进行评价,见表 1。

表 1 数据质量评价体系表

数据来源			数据类型					数据时间			
生产现场	文献	其他	测量	计算	平均	估算	未知	0	≤5 年	5 年~10 年	>10 年
5	3	1	5	4	3	2	1	5	4	3	1

该评价体系的数据评价指标有 3 个:来源、类型和时间,并用 5 级分制来定义数据质量。

该方法以计算每个数据的得分来判断数据质量(最高 15 分),以计算单元过程所有数据的加权得分来判断工序数据的评价质量。

对于加权得分小于 5 的质量较差的数据需进行敏感性分析或不确定性分析,通过敏感性检查说明产品生命周期忽略的过程、忽略的现场数据、以及主要的假设等相关因素可能对最终结果造成的影响,说明数据库数据选择、现场数据收集与处理是否符合本标准的要求。

数据质量得分用以说明工业机器人生命周期对环境影响评价结果的可信度。

7 工业机器人生命周期清单分析

7.1 数据收集

7.1.1 数据收集范围

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程,数据应注明出处。数据收集包括现场数据和数据库数据的收集。

工业机器人企业需要填报的企业现场数据和数据库数据,数据收集表格式参见附录 A。

7.1.2 数据收集步骤

数据收集主要步骤包括:

- a) 根据单元过程,进行数据收集;
- b) 数据与单元过程的关联,即收集单元过程的定量输入和输出数据;
- c) 数据与功能单位的关联,即将收集的实物流的输入输出处理为功能单位的输入输出。

用于Ⅲ型环境声明(EPD)比较时,现场数据和数据库数据均应采用相同的数据格式。

7.2 计算过程

7.2.1 概述

数据收集完后,根据计算程序对该工业机器人系统中每一单元过程与功能单位求得清单结果。计算应以统一的功能单位作为该系统所有单元过程中物质流、能量流的共同基础,求得系统中所有输入和输出数据。

7.2.2 数据审定

在数据的收集过程中,应检查数据的有效性。为避免现场报送的数据人为错误的发生,收集的单元过程数据需经过确认程序。

在数据的确认过程中发现明显不合理的数据,应分析原因,予以替换,替换的数据应满足数据质量要求。

对每种数据类型的数据如发现缺失,对缺失的数据要进行断档处理,代之以合理的“非零”数据、合理的“零”数据或采用同类技术单元过程报送的数据计算出来的数值。

数据审定的原则:

- a) 物质平衡:主要指生产过程中的投入与产出是否平衡;
- b) 碳平衡:指判断输入的能源、辅料、主要原材料等的含碳量与输出的 CO₂、产品等含量是否平衡;
- c) 工序能耗:计算工序使用的能源与历史数据的平衡情况,最终以平衡率的形式来衡量数据是否合理。

7.2.3 数据与单元过程的关联

生产工序有多种产品,对一个单元过程确定适宜的基准流,如一台产品,并计算单元过程的定量输入和输出数据。

7.2.4 数据与功能单位的关联

计算方法是将各个工序或单元过程的投入产出数据除以产品的产量,即得到功能单位的原材料消耗、能源消耗和环境排放。

7.2.5 数据合并

仅当数据类型是设计等价物质并具有类似的环境影响时,才允许进行数据合并。同一工序的不同生产设备,若其生产技术水平相当,输入输出种类基本相同,则可采取数据合并。

8 影响评价

8.1 工业机器人产品环境影响类型选择

本标准宜包括以下 3 类环境影响类型,且宜采用表 2 中相应的特征化模型计算影响潜值。若生命周期有其他环境影响类型,可根据实际需求进行增加:

- a) 资源消耗;
- b) 生态环境影响;
- c) 人体健康危害。

表 2 环境影响类型及特征化模型

序号	影响类型		影响参数	特征化模型
1	资源消耗	非金属矿产资源消耗	矿物消耗量/kg	参考 ISO TC 207 SC3-N66 模型 ^[5]
		金属矿产资源消耗	金属消耗量/kg	
		水资源消耗	水消耗量/kg	
		土地占用	土地变更的面积和时间/(m ² ·h)	
2	生态环境影响	全球气候变暖	红外线辐射强度/(W/m ²)	参考联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC): 50 年或 100 年 GWP 基准线模型 ^[6,7]
		酸化影响	单位空间内 H ⁺ 含量/(kg/m ³)	参考 AP 模型(特征化因子为每千克物质产生的 H ⁺ 的数量, mol·kg ⁻¹) ^[8]
		富营养化影响	N 或 P 增加量/kg	参考 PO ₄ ³⁻ 当量模型 ^[9]

表 2（续）

序号	影响类型		影响参数	特征化模型
3	人体健康危害	烟/粉尘危害	烟/粉尘浓度/(g/m ³)	参考伤残寿命折算模型,DALY ^[10]
		噪声危害	等效声级/dB(A)	
		致癌物质	致癌物质吸收量/(g/kg)	
注 1: 所列特征化模型为参考模型,应用中可根据评价目的和范围界定选择其他特征化模型。				
注 2: 本表根据工业机器人可能具有的影响类型,参考 GB/T 26119—2010 表 1 给出特征化模型。				

8.2 LCI 结果分类

分类是将清单分析结果划分到所选的环境影响类型,以便清晰地显现出该结果相关的环境问题。

在分类中当清单分析结果只与一种环境影响类型相关时,就直接将其归类。但当环境干扰因子与多种环境影响类型相关时,就需要考虑并联和串联问题:

- a) 在并联机制中的区分(例如将 SO₂ 按比例分配到人体健康和酸化两种环境影响类型);
- b) 在串联机制中分配(例如可将 NO_x 对地面臭氧的形成和酸化两种环境影响类型都产生影响)。

8.3 类型参数计算结果(特征化、归一化和加权)

类型参数计算结果(特征化)见 GB/T 32813—2016 中 7.3.2.4。

类型参数计算结果(归一化)见 GB/T 32813—2016 中 7.3.3.2。

类型参数计算结果(加权)见 GB/T 32813—2016 中 7.3.3.4。

8.4 进一步的 LCIA 数据质量分析

可以通过 LCIA 数据的重要度分析、不确定度分析、敏感度分析来:

- 判别是否存在重要差异;
- 确定可忽略的 LCI 结果;
- 指导 LCIA 的反复性过程。

工业级机器人生命周期对环境影响评估示例参见附录 B。

9 生命周期解释

生命周期解释包含三个阶段:

- a) 识别:根据 LCA 前几个阶段或 LCI 研究结果,识别工业机器人系统或指定阶段的重大问题。
- b) 评估(包括完整性、敏感性和一致性检查):
 - 1) 完整性检查确保所需信息和数据全面完整性;
 - 2) 敏感性检查确保数据及其计算结果的可靠性;
 - 3) 一致性检查确保所做假设、选择的方法和数据结果与研究目的和范围一致,并且在生命周期评价过程中保持一致。
- c) 结论:形成评价结论、解释评价的局限性并提出建议。

10 报告

报告是对 LCA 的各个阶段分别做出说明,LCA 研究报告应完整、准确、客观。报告应对评价的假

设、数据、方法、结果、和局限性及对初始范围的修改理由做出详细说明,报告一般应包括以下内容:

- a) 公司/组织的描述:
 - 1) 联系人、地址、电话、传真、电子邮件;
 - 2) 生产过程或环境工作的特别信息(如 EMS)。
- b) 评价的目的及沟通对应。
- c) 单元过程划分及描述。
- d) 影响类型、特征化模型选择、类型参数结果。
- e) 评价的局限性说明及数据质量分析。
- f) 评价结论及建议。
- g) 产品或服务的描述:
 - 1) 产品名称(如品牌、型号等);
 - 2) 产品照片或图解;
 - 3) 尺寸大小、质量;
 - 4) 产品性能(产品说明书);
 - 5) 产品类型。
- h) 报告的有效性(有效期)。
- i) 产品的可追溯性(注册号)。
- j) 生命周期评价信息:
 - 1) 功能单位;
 - 2) 系统边界;
 - 3) 数据的描述;
 - 4) 输入和输出的选择准则;
 - 5) 数据质量;
 - 6) 数据收集;
 - 7) 归一化、分组、加权及其他说明;
 - 8) 材料、能流和释放的分配;
 - 9) 环境影响;
 - 10) 附加环境信息。
- k) 评价人员的相关信息。

当根据本标准制作Ⅲ型环境声明(EPD)报告用于比较时,评定方法中第 5 章、第 6 章、第 7 章应相同。

附 录 A
(资料性附录)
数据收集表

A.1 企业现场数据收集表

企业现场数据收集表见表 A.1～表 A.4。

表 A.1 企业现场数据收集表(配件投入)

制表人			制表日期		
报送地点					
数据收集时间	起始时间		终止时间		
单位名称			单位地址		
产品名称		产品型号		产品规格	
配件投入					
项目	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km
电机	台/台				
减速器	台/台				
机器臂	个/台				
.....					
注：不同生产厂家可根据具体情况进行调整。					

表 A.2 企业现场数据收集表(能源投入)

制表人		制表日期			
报送地点					
数据收集时间	起始时间		终止时间		
单位名称			单位地址		
产品名称		产品型号		产品规格	
能源投入					
项目	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km
水	t/台				
电力	kW·h/台				
燃油	kg/台				
燃气	m ³ /台				
.....					
注：不同生产厂家可根据具体情况进行调整。					

表 A.3 企业现场数据收集表(物料投入)

制表人				制表日期			
报送地点							
数据收集时间		起始时间				终止时间	
单位名称				单位地址			
产品名称				产品型号		产品规格	
物料输入							
项目	配件	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离 km	
钢铁	电机	kg/台					
	减速器	kg/台					
						
铝材	电机的机壳	kg/台					
	上臂的机壳	kg/台					
						
铜材	电机	kg/台					
						
						
塑料	外壳	kg/个					
	电缆保护层	kg/m					
						
						
注：不同生产厂家可根据具体情况进行调整。							

表 A.4 企业现场数据收集表(环境排放)

制表人				制表日期						
报送地点										
数据收集时间		起始时间				终止时间				
单位名称					单位地址					
产品名称				产品型号				产品规格		
环境排放										
项目		单位		数量		数据类型		排放方式		
SZIC 三废 输出	空气排放 (废气)		kg/台							
	CO ₂		kg/台							
									
	液体排放 (废液)		kg/台							
	废水		kg/台							
									
	固体排放 (废弃物)		kg/台							
	粉尘		g/台							
									
注：不同生产厂家可根据具体情况进行调整。										

A.2 数据库数据收集表

数据库数据收集表见表 A.5。

表 A.5 数据库数据表

阶段	生产类型	数据来源	数据类型	数据时间
生产过程	底座的生产	1.优先选用国家的平均数据； 2.其次选用行业的平均数据； 3.也可选用研究文献的数据		
	连杆的生产			
	电机的生产			
	减速器的生产			
	传感器的生产			
	电缆的生产			
			
运输过程	公路运输、铁路运输等			
能耗过程	系统能耗、假设条件能耗情况等			
回收过程	可回收零部件及其材料等			
注 1：生产过程数据包括:能源消耗、物料消耗、环境排放等。				
注 2：运输过程数据包括:配件运输、产品的运输等数据。				
注 3：能耗过程为产品装配、使用过程中的数据。				
注 4：回收过程为产品报废回收中的能源消耗、物料回收等数据。				

附 录 B
(资料性附录)
典型六轴工业机械臂生命周期对环境影晌评估示例

B.1 功能单位

本示例的功能单位为典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)。

B.2 系统边界

本示例分析系统边界包括:材料和能源开采阶段,工业机器人生产阶段,工业机器人使用维护阶段以及废弃、回收、再利用阶段。

B.3 数据收集表

典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)关键元器件及其材料数据收集如表 B.1~表 B.4 所示。

表 B.1 典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)数据收集(配件投入)

制表人	—		制表日期	—	
报送地点	—				
数据收集时间	起始时间	—	终止时间	—	
单位名称	—		单位地址	—	
产品名称	六轴工业机械臂	产品型号	—	产品规格	—
配件投入					
项目	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km
铸件	kg	12.1	测量	陆运	400
减速器	kg	4.2	测量	海运	2 000
电机	kg	5.6	测量	陆运	400
线缆	kg	1.2	测量	陆运	1 500
塑料外壳	kg	0.7	测量	陆运	400
机加工件	kg	1.5	测量	陆运	400



表 B.2 典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)数据收集(能源投入)

制表人	—		制表日期	—	
报送地点	—				
数据收集时间	起始时间	—	终止时间	—	
单位名称	—		单位地址	—	
产品名称	—	产品型号	—	产品规格	—
能源投入(使用过程)					
项目	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km
电能消耗	kW·h	5 508	测量	—	—
注：机器人的能量消耗假定为 300 W,设机器人将在 6 年内以 85%的上班时间 2 个班次使用; $6\times 45\times 5\times 16\times 0.85=18\ 360$ h。					

表 B.3 典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)数据收集(物料投入)


制表人		—		制表日期		—					
报送地点		—									
数据收集时间		起始时间		—		终止时间		—			
单位名称		—			单位地址		—				
产品名称		六轴工业机械臂		产品型号		—		产品规格		—	
物料输入											
											
项目	配件	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km					
铝	基座	kg	2.6	测量	—	—					
	1 轴	kg	1.9	测量	—	—					
	1 轴接口板	kg	1.4	测量	—	—					
	下臂	kg	1.7	测量	—	—					
	电机的机壳	kg	0.4	测量	—	—					
	上臂的机壳	kg	1.6	测量	—	—					
	手腕	kg	1	测量	—	—					
	六轴的法兰	kg	0.5	测量	—	—					
	基座的外壳	kg	0.9	测量	—	—					
铜	电机	kg	2.8	测量	—	—					
铸铁	弧度轴	kg	1	测量	—	—					
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)	外壳	kg	0.5	测量	—	—					
	线缆的保护层	kg	0.2	测量	—	—					

表 B.3（续）

项目	配件	单位	数量	数据类型	运输方式	运输距离/km
碳钢	电机	kg	2.8	测量	—	—
	螺栓	kg	0.3	测量	—	—
	金属板	kg	1	测量	—	—
	减速器	kg	4.2	测量	—	—
	机加工件 （包括轴承）	kg	1.5	测量	—	—
三元乙 丙橡胶 (EPDM)	密封件	kg	0.2	测量	—	—

表 B.4 典型六轴工业机械臂(3 kg 负载、臂展小于 1 m)数据收集(产品运输)

制表人	—		制表日期	—	
报送地点	—				
数据收集时间	起始时间	—	终止时间	—	
单位名称	—		单位地址	—	
产品名称	六轴工业机械臂	产品型号	—	产品规格	—
产品运输					
运输方式	运输距离/km			数据来源	
陆运	1 500			计算	
注：假定客户位于中国广州,距上海 1500 km。机器人的运输假定是由卡车进行的。					

B.4 数据分析

典型六轴工业机械臂生产制造阶段、运行阶段和废弃、回收再利用阶段数据的影响分析如表 B.5～表 B.8 所示。全球气候变暖评价采用相关因子方法(CO₂ 为基准,当量因子为 1)来计算,各种相关气体的影响潜值为排放量与相关因子相乘得到的数据。各项影响潜值相加即得到这一类参数的计算结果。

表 B.5 典型六轴工业机械臂生产制造阶段影响分析

原材料	名称	质量/kg	影响潜值 (kg CO ₂)
	铝	11.1	151.44
	0.6 mm 铜线	2.8	13.06
	铸铁	1	4.25
	钢铁工程	8.3	5.85
	ABS	0.7	2.61
	EPDM	0.2	0.64

表 B.5 (续)

运输	名称	量(t·km)	影响潜值 (kg CO ₂)
	陆运	9.76	0.56
	海运	8.4	0.24

表 B.6 典型六轴工业机械臂运行阶段影响分析

电能	名称	单位/(kW·h)	影响潜值 (kg CO ₂)
	电能消耗	5 508	4 846.96
运输	名称	单位(t·m)	影响潜值 (kg CO ₂)
	陆运	37.5	2.16

表 B.7 典型六轴工业机械臂废弃、回收再利用再制造阶段影响分析

原材料	名称	质量/kg	影响潜值 (kg CO ₂)
	铝	11.1	-111.71
	0.6 mm 铜线	2.8	-4.28
	铸铁	1	-1.73
	钢铁工程	8.3	-10.33
	焚烧丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)	0.7	0.69
	焚烧 三元乙丙橡胶(EPDM)	0.2	0.37
注：假定循环率为 100%。			

表 B.8 典型六轴工业机械臂生命周期影响分析

生命阶段	影响(CO ₂ 当量)	占比
制造阶段	178.66	3.6%
运行阶段	4 849.12	98.9%
再循环阶段	-126.99	-2.6%
合计	4 900.79	100%

参 考 文 献

- [1] GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇 (ISO 8373:2012, IDT)
 - [2] GB/T 24001—2016 环境管理体系 要求及使用指南 (ISO 14001:2015)
 - [3] GB/T 24025—2009 环境标志和声明 III 型环境声明 原则和程序 (ISO 14025:2006, IDT)
 - [4] GB/T 26119—2010 绿色制造 机械产品生命周期评价 总则
 - [5] Pita Schenck. Using LCA for Procurement Decisions; A Case Study Performed for the U.S. Environmental Protection Agency. *Environmental Progress*. 2000, 19(2): 110-116
 - [6] Houghton JT, Meira Filho LG, Lim B, Treanton K, Mamaty I, Bonduki Y, Griggs DJ and Callender BA (Eds). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Emission Factor Database (EFDB). IPCC/DECD/IEA. UK Meteorological Office, Bracknell. Download from the web site: [http:// www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_main](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_main). 2015.6.16
 - [7] Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ and Xiao su D (Eds.). IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001: The Scientific Basis Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001
 - [8] Huijbregts M. Life cycle impact assessment of acidifying and eutrophying air pollutants: Calculation of equivalency factors with RAINS-LCA. Interfaculty Department of Environmental Science, Faculty of Environmental Science, University of Amsterdam, The Netherlands, 1999
 - [9] Heijungs R, Guinee JB and Huppes G, et al. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. Center of Environmental Science- Leiden University (CML), the Netherlands, 1992
 - [10] Murray, C.J.L., Lopez, A.D., The global burden of disease: A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. WHO/ Harvard school of public health/ World Bank, Harvard University Press, Boston, 1996
-