

生命周期评估

极星 Polestar 4  
碳足迹

双电机长续航  
单电机长续航  
单电机标准续航

4

免责声明

本报告仅供参考,并且(1)仅基于对极星 Polestar 4 (车型年份 24 和车型年份 25)“双电机长续航”,“单电机长续航”和“单电机标准续航”的分析,不包括任何其他极星 Polestar 车辆信息;(2)不包括针对当前或未来产品或碳足迹影响的任何承诺。

## 目录

免责声明	3
执行摘要	7
编者和联系方式	9
术语和定义	11
1 方法	15
1.1 产品	15
1.2 研究目标	15
1.3 研究范围	17
1.4 主要功能和功能单位	18
1.5 分配	18
1.6 主要假设和排除项	19
1.7 工作方式概述	21
1.8 确定车辆材料组成的方法	21
2 生命周期清单分析	23
2.1 原料生产和精加工	23
2.2 铝的生产和精加工	23
2.3 钢铁的生产和炼制	24
2.4 电子产品生产和精加工	24
2.5 塑料生产和精加工	24
2.6 次要材料类别、生产、精加工	25
2.7 材料生产和精加工用电情况	25
2.8 电池模块	25
2.9 制造和物流	25
2.10 使用阶段	26
2.11 车辆使用寿命结束	26
3 结果	29
4 讨论	35
5 结论	37
附录 1: 所选数据集	39
附录 2: 材料库材料类别完整列表	45
附录 3: 零部件制造数据选择和假设摘要	49
附录 4: 使用寿命终止假设和方法	51
附录 5: 材料明细	55

## 执行摘要

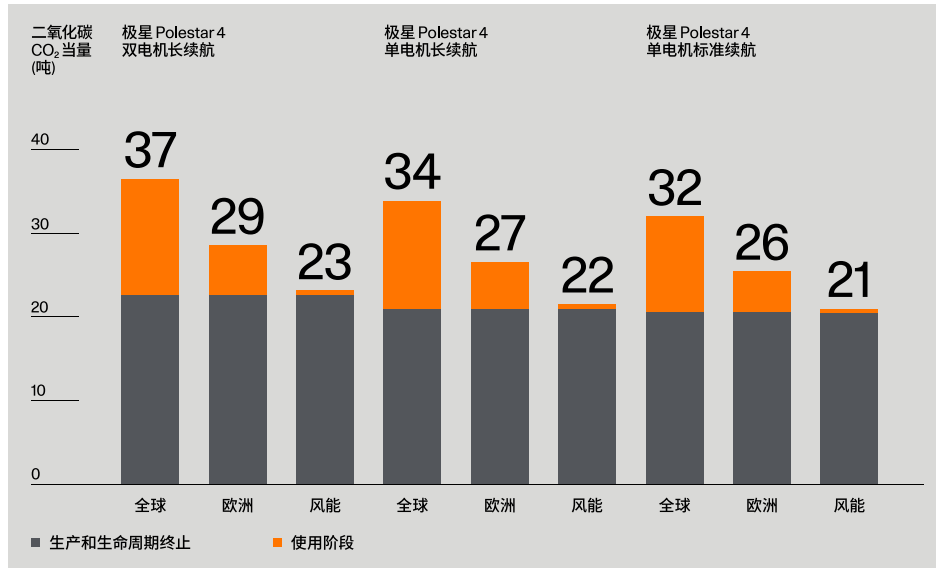


图1

极星 Polestar 4 不同车型版本的碳足迹和使用阶段不同的电力结构。采用每功能单位的二氧化碳 CO<sub>2</sub> 当量 (吨) 表示相关结果 (200,000 公里使用寿命范围)

本报告中提出的碳足迹基于根据 ISO LCA 标准执行的生命周期评估 (LCA)<sup>1</sup>。此外,采用了温室气体议定书发布的“产品生命周期核算与报告标准”<sup>2</sup>用于指导相关方法的选择。鉴于 LCA 研究中存在大量变量和可能的方法选项,这些标准通常没有建立较为严格的要求。相反,主要是为从业人员提供准则。因此,在将极星的结果与其他汽车制造商的碳足迹结果进行比较时,应采取审慎的态度。一般而言,为防止低估未知数据的影响,采用保守假设。

LCA 一直被用于评估极星汽车的碳足迹。为确立这一方法已投入大量工作,并且还在不断完善。由 IVL 瑞典环境科学研究院完成本报告中的评估活动。

碳足迹包括上游供应商活动、制造、物流、车辆使用阶段和报废阶段产生的排放物。选择的功能单元为“使用特定极星车辆行驶 20 万公里”。

如图 1 所示,“双电机长续航”版本的生命周期碳足迹为 23-37 吨二氧化碳当量,“单电机长续航”版本为 22-34 吨二氧化碳当量,“单电机标准续航”版本为 21-32 吨二氧化碳当量。出现这种差异是由于电力结构场景不同,排放量最高反映了车辆使用阶段的全局电力结构而最低排放量则反映了使用阶段的风能。

1 ISO 14044:2006 “环境管理 - 生命周期评估 - 要求和指南”和 ISO 14040:2006 “环境管理 - 生命周期评估 - 原则和框架”

2 [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-CycleAccounting-Reporting-Standard\\_041613.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-CycleAccounting-Reporting-Standard_041613.pdf)

**编者**

Frida Røyne  
极星 Polestar 生命周期评估专家

Johanna Berg  
极星 Polestar 可持续发展项目经理

**联系方式**

Frida Røyne  
极星 Polestar 生命周期评估专家  
frida.royne@polestar.com

Johanna Bergh  
极星 Polestar 可持续发展项目经理  
johanna.bergh@polestar.com

## 术语和定义

## BEV

纯电动汽车: BEV 指完全使用储存在可充电电池组中的化学能的电动汽车 (EV), BEV 无二次推进源。<sup>3</sup>

## 表征

LCA 中的一种计算程序, 可将对某特定影响类别的所有排放物表征为单一的“指标”, 例如导致全球变暖的温室气体。对于全球变暖, 碳足迹通常表示为 CO<sub>2</sub>e 的质量单位, 其中 e 为当量的缩写。

## 从摇篮到大门

涵盖部分产品生命周期的评估活动, 包括所研究产品生产过程中的材料获取, 但不包括使用阶段或生命周期结束阶段。然而, 对于需要在产品中  
进行装配的组件, 可进行“从摇篮到大门”的评估, 涵盖组件生产以及负责将组件  
组装成产品的生产商的物流链的各个部分。

## 从摇篮到坟墓

从摇篮到坟墓的评估活动考虑产品生命周期每个阶段的影响, 从地下开采的  
自然资源到加工, 再到随后的制造、运输、产品使用、回收和最终处置。<sup>4</sup>

## 取舍准则

材料或能量流的数量或环境重要性水平的规范, 与将要从研究中排除的  
单元过程或产品系统相关联。<sup>5</sup>

## 数据集 (LCI 或 LCIA 数据集)

包含特定产品或其他参考资料 (如: 地点和工艺) 的生命周期信息数据集,  
分别涵盖描述元数据和定量生命周期清单和/或生命周期影响评估数据。<sup>6</sup>

## 生命周期终止

生命周期终止指产品生命周期结束。传统意义上, 其包括废物收集和  
废物处理, 如再利用、再循环、焚烧、填埋等。

## 功能单位

用作参考单位的产品系统量化指标。

## GaBi

GaBi 是由 Sphera 公司提供的 LCA 建模软件, 本次研究就使用该软件进行建模。<sup>7</sup>

## GHG

温室气体: 温室气体是导致全球变暖的气体, 例如二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、甲烷 (CH<sub>4</sub>)、  
氧化亚氮 (N<sub>2</sub>O) 以及氟利昂/CFC。通常将温室气体量化为 CO<sub>2</sub>e 的质量单位,  
其中 e 为当量的缩写。有关详细描述, 请参见“表征”。

## ICE

内燃机: 指代装有内燃机的车辆时, 有时也用作一个类别。  
ICE 车辆完全使用储存在燃料中的化学能, 无二次推进源。

## 影响类型

表示生命周期清单分析结果所关注的环境问题的具体类别。

## 生命周期

产品系统的连续和相互联系阶段, 从原材料获取或自然资源的利用  
到最终处置。

## 生命周期评估 (LCA)

产品系统在其整个生命周期内输入、输出和潜在环境影响的汇编和评价。

## (LCA) 建模软件

用于执行 LCA 活动的 LCA 建模软件, 如 GaBi。可用于建模、管理内部数据库、  
计算 LCA 结果等, 包含来自数据库提供方的数据库。

3 维基百科, 电池电动汽车:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Battery\\_electric\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_electric_vehicle)

4 “湘南指南”,  
<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Global%20Guidance%20Principles.pdf>

5 “湘南指南”,  
<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Global%20Guidance%20Principles.pdf>

6 GaBi, Sphera, <http://www.gabisoftware.com/sweden/index/>

7 GaBi, Sphera, <http://www.gabisoftware.com/sweden/index/>

**生命周期清单分析 (LCI)**

生命周期评估阶段, 涉及产品整个生命周期的输入和输出的汇编和量化。

**生命周期影响评估 (LCI)**

生命周期评估阶段, 旨在了解和评价产品系统在整个生命周期中潜在环境影响的大小和程度。

**生命周期解释**

生命周期评估阶段, 评价清单分析或影响评价的结果或两者与设定目标和范围的关系, 以得出相关结论和建议。

**补偿**

通过产生相等或相反的效果来抵消某种影响。

气候补偿广义上指减少温室气体的排放量—或提升碳储存 (例如, 通过土地恢复或植树)—用于补偿其他地方产生的碳排放。

**过程**

将投入转化为产出的一组相互关联或相互作用的活动。根据过程的输出, 如材料、能源、运输或其他服务, 可将流程分为多种类别。

**原材料**

用于生产产品的主要或次要材料

**系统边界**

用于指定属于产品系统组成部分的单元过程的一组标准。

**过程**

1. 某物的一小块或一小部分, 尤其指较大部分用完后剩下的部分
2. 用于再加工的废弃金属。

**废弃物**

所有人决定处置或者应当处置的物质或物品。

## 方法

## 1.1 产品

极星 Polestar 开发了一款插电式混合动力汽车 (极星 Polestar 1) 和一款纯电动汽车 (BEV) (极星 Polestar 2)。本研究评估了极星 Polestar 生产的第二款纯电动汽车极星 Polestar 4。本研究评估了极星 Polestar 4 的三个版本:“双电机长续航”、“单电机长续航”和“单电机标准续航”。与浙江吉利控股集团 (以下简称吉利) 合作开发所有版本,在中国杭州湾完成生产,于 2023 年第 44 周开始投入生产。这些版本采用不同规格。本研究涵盖了预计在生产的第一年将达到最大销量的版本规格。

研究车辆如表 1 所示。

极星 Polestar 4 车辆版本	总重量 (kg)	锂离子电池模块重量 (kg)	电池盖重量 (kWh)
双电机长续航	2351	581	100
单电机长续航	2229	581	100
单电机标准续航	2171	523	86

表 1 →

研究车辆

极星 Polestar 和沃尔沃汽车于 2020 年对沃尔沃 XC40 Recharge 和极星 Polestar 2 进行碳足迹研究时,共同发起了本研究方法的开发活动。进一步完善了该方法,下文将详细说明方法的重大变更。

## 1.2 研究目标

极星 Polestar 希望到 2040 年成为一家气候中性公司,并致力于透明化极星 Polestar 汽车对气候的影响。本次研究旨在通过披露三个极星 Polestar 4 车型版本的碳足迹来提升透明度。本报告的目标受众包括极星 Polestar 客户、极星 Polestar 员工、投资人、汽车原始设备制造商以及其他对极星 Polestar 车辆环保性能感兴趣的利益相关者。

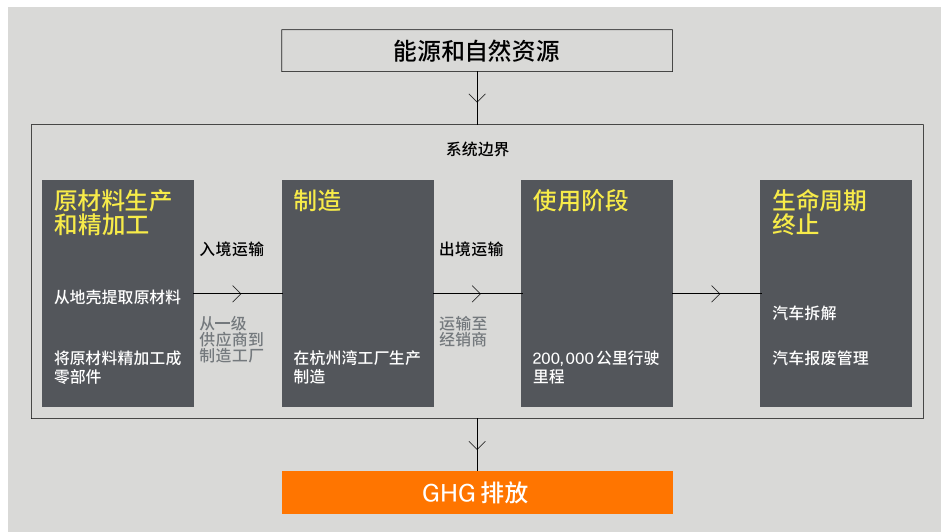
开展本研究旨在加强公众对极星 Polestar 4 车型版本碳足迹的了解,说明对碳排放影响最大的底层材料和工艺。提供相关信息,以便做出明智决策,例如,确定降低温室气体排放工作的重点。在 2023 年车辆投产时在极星 Polestar 网站上公布本报告。报告包含研究的完整内容,没有额外的单独文件。

## 1.3 研究范围

本研究属于生命周期评估 (LCA),但只考虑温室气体排放量,即所谓的碳足迹研究。本研究利用 CML2001-2016 年 1 月确立的方法,采用不含生物碳的 100 年全球变暖潜势 (GWP) 特征因子,探讨了全球变暖潜势 (GWP)。通过排除生物碳,使得核算过程自动排除预先去除 (和随后释放) 的生物碳。量化了研究中包括的所有重要温室气体和排除的内容 (参见“主要假设和排除”)。但不包括碳补偿。本研究遵循归因方法,即研究目的并不是确定系统变化。

本研究涵盖了车辆“从摇篮到坟墓”的生命周期,即从原材料的提取和精炼





← 图 2

研究的系统边界。

到车辆生命周期结束 (参见图 2)。

对于产品含量或能源使用的质量,没有采用取舍准则。换言之,其目的是由所涵盖的完整清单共同得出完整的碳足迹。仍包括供应商未声明为特定材料的质量,通过将其建模为聚酰胺 (LCA 中使用的聚合物数据中碳足迹最高的聚合物) 进行近似处理。有关处理方法的更多信息,参见 2.1 节“材料生产和精加工”。

研究的时间边界为 2023 年制造的车辆,车辆运行 15 年 (2023 年 11 月到 2038 年 11 月) 以及之后的报废处理。

研究的地理边界为在中国的汽车制造活动,以及欧洲和全世界的汽车使用情况,即使用阶段欧洲和全世界电力结构的平均数值 (以及使用风力发电的场景)。对于上游过程,即车辆制造前,如果已知或可能在某个特定国家或地区进行生产/精加工,则使用该特定国家或地区的原材料生产和精加工的通用数据集。与之前极星 Polestar 2 的碳足迹研究相比,数据质量得到提升,极星 Polestar 2 将上游过程的全球数据集作为第一选择。极星 Polestar 2 碳足迹报告“附录 1: 选择整车碳足迹数据集的一般方法”8 中进一步说明了选择通用数据的方法。

与极星 Polestar 2 碳足迹研究的另一个不同之处在于,本研究考虑了回收聚合物、钢铁和铝的使用情况,以及在冶炼步骤中使用水电的原铝。

与特定的供应商数据相反,通用数据用于大多数上游过程,而极星 Polestar 无法对这些过程进行财务控制。这意味着车辆中组件的生产建模基于组件的材料组成,使用材料的通用数据集,并为每种材料添加通用制造过程。因此,可能没有包括一些制造价值链中特定汽车零部件的制造步骤,例如一级供应商的组装过程。然而,这些过程对总碳足迹的影响可能非常小。

#### 1.4 主要功能和功能单位

功能单位精确定义了正在研究的内容。其定义和量化了所研究产品的主要功能，为投入与产出之间的关联提供了参考是比较/分析替代商品或服务的依据。

本研究的功能单位为：

- 使用特定极星车辆行驶 20 万公里。
- 以每功能单位的 CO<sub>2</sub> 当量 (kg) 表示相关结果。

#### 1.5 分配

当涉及到进行回收的材料时，生产这些材料产生的碳排放将计入车辆。这意味着，例如，碳足迹计算中包含的钢和铝的产量不仅包括车辆中材料的数量，还包括在加工过程中被移除并在整个制造链中进行回收的金属的产量。

具体而言，本研究采用了 EPD 系统推荐的简单取舍法（又称回收物法）。<sup>9</sup> 这种方法遵循“污染者负担原则”，即如果有多个产品系统共享相同的材料，则对于产生废弃物的产品，应承担相应环境影响的处置费用。这意味着将系统边界指定为“最低市场价值”点。但是，如果材料没有进入新的产品系统，则最终处置应包括在车辆的生命周期内。

#### 1.6 主要假设和排除项

一般而言，为防止低估未知数据的影响，按照预防原则作出保守假设。例如，如果没有合适的数据集用于表示某种材料（从原材料到成品汽车部件）的制造过程时，将原材料生产活动的排放量乘以 2，以补偿进一步加工产生的排放量。参见第 2.6 节“次要材料类别、生产、精加工”。

使用阶段考虑 15 年的车辆使用寿命为；在此期间，本研究根据国际能源署 (IEA) 声明的政策场景 (STEPS)，考虑了电力结构可能发生的变化。该场景是面向未来的略微保守的基准，因为该场景没有假设各国政府将实现减排承诺、国家自主采取措施或其他长期气候目标，而是只考虑了已决定政策的预测影响。

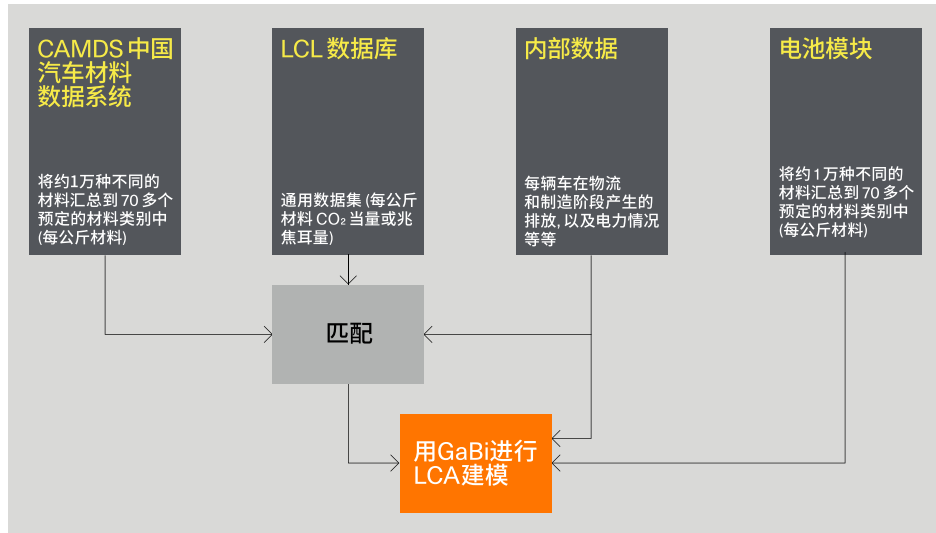
车辆的能源使用对应于符合“全球统一轻型车辆测试程序” (WLTP) 驾驶循环的行驶状态；包括充电过程中的损耗和驾驶过程中动力传动系统的损耗，以及驾驶过程中仅运行必要辅助系统（不包括信息娱乐、空调等）时的损耗。

假设车辆的寿命里程为 20 万公里，车辆的整个寿命里程中电池均处于可用状态。

该研究不包括：

- 非制造活动，如商务旅行、研发活动或其他间接排放活动
- 制造基础设施，例如，杭州湾汽车制造厂所使用的建筑物、库存或其他设备的生产和维护。然而，使用通用数据集时，例如能源产生、运输方式和进料生产的情况，将自动包含制造基础设施。
- 道路和充电基础设施在使用阶段的建设和维护。

<sup>9</sup> <https://www.datocms-assets.com/37502/1617181375-general-programme-instructions-v-4.pdf>



← 图 3

得出车辆碳足迹的概述说明。

### 1.7 工作方式概述

图 3 概述了极星 Polestar 得出极星 Polestar 4 车型版本碳足迹的具体流程。

获取最终碳足迹所需的数据主要包含四种方式。LCA 的输入来自：

- CAMDS<sup>10</sup> (中国汽车材料数据系统) 数据表, 包含汽车部件的材料成分信息。CAMDS 是 IMDS<sup>11</sup> (国际材料数据系统) 的中文版。
- LCI 数据库来自 ecoinvent<sup>12</sup> (3.9.1 版) 和 Sphera<sup>13</sup>
- 极星 Polestar 控制的运营数据, 如制造工厂和物流。
- 锂离子电池模块的碳足迹, 由供应商在极星 Polestar 的指导和支持下完成该项工作。

### 1.8 确定车辆材料组成的方法

物料清单 (BoM) 是 LCA 的重要组成部分, 其包含车辆零部件及其各自的重量和材料组成。从产品数据管理系统中得到“零件编号和车辆 BoM”。然而, 此 BoM 不能用作 GaBi 中的 LCA 模型的直接输入, 必须在多个步骤中进行处理和汇总, 以生成合适的“材料 BoM”。

除锂离子电池模块外, 材料信息均来自 CAMDS 的数据表。在 CAMDS 中, 一辆完整的汽车由大约 1 万种不同的材料组成。为了便于管理 GaBi 中的材料, 在材料库中将其汇总到 70 多个预定的材料类别中。最初由沃尔沃汽车 (IMDSML) 开发了材料库映射逻辑, 经极星 Polestar 调整后用于 CAMDS 的专项研究。有关材料类别的完整列表, 参见附录 2。

10 DS, [www.camds.org.cn](http://www.camds.org.cn)

11 IMDS, [www.mdsystem.com](http://www.mdsystem.com)

12 Ecoinvent, [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)

13 GaBi LCA 数据库  
<http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases/>

## 2.1 原料生产和精加工

材料生产和精炼基于包含材料成分和材料重量的物料清单 (BoM)。所使用的物料清单专门为 LCA 建模而开发,并根据 70 多种材料类别说明了车辆的组成部分。根据上述材料类别划分车辆的总重量。

每种材料都与一个或多个数据集 (包含 LCI 数据) 相耦合, 这些数据集表示每种特定材料类别中材料的生产和精加工情况。参见附录 1- 所选数据集。

使用 Sphera 和 ecoinvent 3.9.1 的数据集针对材料的生产和精加工过程进行建模。根据极星 Polestar 选择通用数据集的方法选择相应的数据集 (参见极星 Polestar 2 碳足迹报告附录 114), 如果已知或可能在某个特定国家或地区进行生产/精加工, 则采用该特定国家或地区的原材料生产和精加工通用数据集的偏差。

与整车重量相对应的材料含量包含在 LCA 中, 但材料库将少量材料归为“未定义材料”。所有三个极星 Polestar 4 车型版本中未定义材料占车辆总重量 (包括电池模块) 的比例低于 1%。由于未定义类别似乎包含了大多数未定义的聚合物, 可使用聚酰胺 (尼龙 6) 的数据集进行近似处理。该假设基于下述事实, 即在 LCA 中使用的聚合物数据中, 聚酰胺是碳足迹最高的聚合物。

假设所有填充聚合物含有 78% 的聚合物树脂, 14% 的玻璃纤维和 8% 的滑石粉, 代表 IMDS 报告的填充聚合物平均值。

大多数情况下, 涵盖原材料生产以及准备在车辆中组装的部件的数据集不可用。因此, 代表零部件精加工和生产的多个数据集用于大多数材料类别。附录 1 列出了用于表示零件进一步精加工和制造的数据集。

对于大多数表示材料生产和精加工过程的数据库数据集, 无法修改电力, 即已使用内置电力结构。

## 2.2 铝的生产和精加工

假设铸铝和锻铝的比例为 65% 铸铝和 35% 锻铝。该假设基于“欧洲乘用车的铝含量”报告,<sup>14</sup> 假设所有锻铝都要经受铝板制造过程。铝板锻铝假设属于保守假设, 因为板材生产比大多数其他锻造工艺产生的废水量更高。铸铝要经过压铸铝工序。

制造汽车铝部件的过程中产生的废料包括在碳足迹中, 由于在工厂生产废料时采用了取舍准则, 因此即使回收铝废料并用于其他产品, 生产废料的总碳足迹也将计入汽车中。铸铝和锻铝制造工艺的材料利用率见附录 3。

假设所有铝在中国完成生产制造。已确定一部分铝来自可再生电力冶炼厂。通过代表中国水电铝冶炼的排放系数来对这一比例进行建模。通过极星 Polestar 公司的调查得出排放系数。Sphera 数据集“RNA: 二次铝锭 (95% 回收含量)”用于回收铝锭的含量计算。建模过程中仅将后工业时代和后消费时代的废料视为可回收物质, 家庭废料除外。

14 <https://www.polestar.com/dato-assets/11286/1600176185-20200915polestarlcafina.pdf>

15 [https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2022/10/aluminum-content-in-european-cars\\_european-aluminium\\_public-summary\\_101019-1.pdf](https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2022/10/aluminum-content-in-european-cars_european-aluminium_public-summary_101019-1.pdf)

### 2.3 钢铁的生产和炼制

用于材料类别“非合金钢”的原材料数据集包含轧钢和镀锌钢的产量。然后,在所有的钢材中加入加工过程。选择的具体加工过程取决于是否在工厂冲压钢材。因此,将材料库中归为非合金钢的钢材根据轧制和镀锌后的制造工艺分为两个子类:

1. 吉利控制的制造过程中加工和冲压的钢材。  
材料利用程度属于保密信息。
2. 其余的钢材分布在汽车的各个部件中。  
根据所选择的数据库数据集(即文献价值)确定材料利用程度。

制造汽车钢部件的过程独立于相关工艺,其产生的废料包括在碳足迹中,采用与铝相同的取舍准则。关于吉利控制制造加工过程的钢材和供应商加工的钢材的制造过程的材料利用率见附录 3。

ecoinvent 数据集“RoW: 废钢市场”用于回收铸锭的含量计算。建模过程中仅将后工业时代和后消费时代的废料视为可回收物质,家庭废料除外。

### 2.4 电子产品生产和精加工

属于“电子产品”的材料类别包括印刷电路板(PCB)和安装在电路板上的组件。不包括机箱、电缆或电子元件中的其他部件。所有用于电子设备的非 PCB 材料均归为其他类别,例如铜或不同类型的聚合物。

“电子产品”类别采用 ecoinvent 的通用数据集。  
此数据集代表无铅 PCB 的生产活动。

### 2.5 塑料生产和精加工

对于聚合物材料,注射成型过程用于表示从聚合物原材料加工为塑料部件的流程。塑料制造过程的材料利用率见附录 3。

用于机械回收塑料的 Sphera 数据集“RER: 次级塑料颗粒(低金属污染)”用于回收锭块的含量计算。建模过程中仅将后工业时代和后消费时代的废料视为可回收物质,家庭废料除外。

### 2.6 次要材料类别、生产、精加工

LCA 数据库中缺失部分原材料的加工数据。这些情况下,将材料重量乘以 2 作为加工数据的预估值。这基于如下假设,加工过程与原材料生产活动本身具有相同的碳足迹。这只适用于较小的材料(按重量计算)。

### 2.7 材料生产和精加工用电情况

大多数用于材料生产和精加工的数据集均有与数据集编译区域相对应的内置电网结构。GaBi 数据库中,多个部分汇总的过程可选择添加电力结构,根据 IEA STEPS 场景和 Sphera 中国发电源数据将使用的电力结构建模为 2023 年的中国电力结构。

### 2.8 电池模块

纯电动汽车电池组由载体、电池管理系统、冷却系统、母线、电池模块、隔热层、手动维修开关和盖罩组成。极星 Polestar 从两家不同的电池供应商购买电池模块,这两家供应商与 IVL、吉利和本报告编者合作,针对其电池模块开展了“从摇篮到大门”的碳足迹 LCA。因此,根据 CAMDS 数据将电芯模块从 BoM 中移除,并在整车 LCA 中单独建模。根据 CAMDS 数据,电池包的其他部件均包含在物料清单中。

### 2.9 制造和物流

#### 2.9.1 物流

吉利的数据已用于计算从一级供应商到制造工厂(入境运输)的运输过程中的温室气体排放量。该数据不包括空中运输,吉利认为,只在极少数情况下采用空中运输。入境运输的排放量影响增加了 20%,以考虑潜在的空中运输。

对于从制造工厂到客户交接点的运输(出境运输),IVL 根据将车辆从中国运输到欧洲的排放量影响进行了预估,包括三个阶段:

1. 从工厂到出口口岸(中国): 卡车, 30 吨, EUV, 1000 公里
2. 从出口口岸到下游销售港(中国 - 欧盟):  
1000 至 10000 公里以上的船和散货运输船
3. 从销售港到零售商(欧盟): 卡车, 30 吨, EUV, 1000 公里

#### 2.9.2 制造

吉利的数据用于计算制造过程中的温室气体排放量。这些数据包括电力、天然气、柴油和蒸汽。制造工厂使用两种不同的电力来源。一个是国家电网购买的 I-REC 水电绿色电力证书。另一个电力来源是制造工厂屋顶上的光伏板。在的空中运输。

## 2.10 使用阶段

为计算汽车使用阶段的排放量,需要将行驶距离与能源使用以及电力生产的排放量一起计算出来。极星 Polestar 车辆的车辆寿命行驶距离设定为 20 万公里,车辆能耗对应符合 WLTP 行驶循环的行驶状态。本研究中使用的 WLTP 值为基于中国轻型车行驶工况 (CLTC) 数值的初步数据。16 表 2 列出了 WLTP 初步数据。

极星 Polestar 4 车辆版本	初始 WLTP (kWh/100 km)
双电机长续航	17,8
单电机长续航	16,5
单电机标准续航	14,7

根据三种情况对电力生产进行建模:区域(全球和欧盟 28 国)电网结构和特定能源(风能)。当前和未来的全球和欧盟发电结构基于国际能源署 (IEA) “2022 年世界能源展望扩展数据集”。<sup>17</sup> 本研究中,来自不同能源的电力与来自 Sphera 数据库的合适 LCI 数据集相结合(参见附录 1),以确定不同发电结构的总体影响,包括直接(发电厂)和上游影响。由于缺乏世界平均水平的 Sphera 数据,全球和欧盟 28 国的案例均只使用了欧洲的发电源。

国际能源署使用全球能源与气候 (GEC) 模型来探索未来基于不同假设的潜在能源场景。本研究中,已使用声明的政策场景 (STEPS) 来确定使用阶段为车辆充电的发电结构。STEPS 反映了当前的政策环境,其基于各个部门和各国已落实的政策以及世界各国政府已公布的政策的评估结果。

## 2.11 车辆使用寿命结束

假设在所有车辆使用寿命结束时,收集车辆并进行报废处理。

与第 1.5 节描述的方法相同。采用“分配”。根据“污染者负担原则”,将重点放在市场价值最低点,这意味着包括拆解和预处理(如粉碎和特定成分预处理)等步骤,但不包括材料分离、精加工或在另一个产品系统中重复使用时的任何积分点。

寿命终止的模型代表全球平均情况。该处理措施包含移除需专门回收的危险部件和相关部件的拆卸步骤。在此之后,处理拆卸的部件,切碎剩余车辆。根据材料类型,对所产生的组分进行材料回收、焚烧或填埋。

← 表 2

WLTP 预估。

拆卸阶段,从车辆上移除危险零件和/或有价值的部件,包括:

- 电池、车轮、轮胎
- 液体:冷却液、防冻液、制动液、空调气、减震器液和挡风玻璃清洗液
- 已拆除或拆下的安全气囊和安全带预紧器。

从全球的角度来看,通常通过焚烧处理冷却剂。假设焚烧轮胎,收集铅电池用于铅回收。出于安全原因而非潜在的回收价值拆卸安全气囊和安全带预紧器,假设进行焚烧处理。

假设从汽车中取出锂离子电池并进行回收。回收假设基于电池金属需求的预期增长,因为电动汽车的产量预计将在未来几年将会大幅上升 18。回收假设同样基于可预期的未来监管措施。例如,新的欧盟电池法规对废物收集、回收效率和材料回收设定了更为严格的目标。

将粉碎车辆的其他部分。在该过程中,切碎车辆中的材料,然后根据不同的物理和磁性分类。典型分类包括:

- 黑色金属(钢、铸铁等)
- 有色金属(铝、铜等)
- 切碎机轻组分(塑料、陶瓷等)

金属组分可进行进一步精加工,最后实现材料回收。可焚烧轻组分的可燃部分提供能源,或者在垃圾填埋场填埋整个部分。考虑到本研究的目的,假设焚烧可燃材料物流,填埋不可燃材料物流。

鉴于研究的全球焦点,不包括包括焚烧步骤的能源回收,尽管在一些极星 Polestar 市场,确实存在垃圾焚烧的能源回收活动。该保守假设基于下述事实,许多市场没有进行能量回收,并且关于可燃物流能量回收普遍性的数据属于未知数据。粉碎后和精加工过程中材料损失的评估超出了取舍方法设定的系统边界。关于使用寿命终止的更多信息见附录 4 - 使用寿命终止假设和方法。

<sup>16</sup> 初步数字基于 CLTC 测试值。最终认证前可能会进行更改。

<sup>17</sup> 世界能源展望 2022 扩展数据集 - 数据产品 - IEA

<sup>18</sup> [https://www.stenarecycling.com/siteassets/documents-and-downloads/documents/en/positionsapper\\_batteri\\_digital\\_en.pdf](https://www.stenarecycling.com/siteassets/documents-and-downloads/documents/en/positionsapper_batteri_digital_en.pdf)

<sup>19</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20221205IPR60614/batteries-deal-on-new-eu-rules-for-design-production-and-waste-treatment>

图 4-6 和表 3-5 提供了三种极星 Polestar 4 变体的总体碳足迹, 以及在生命周期各阶段的碳足迹分布情况。根据不同类型和电力结构方案, 生命周期碳足迹在 21 至 37 吨 CO<sub>2</sub>e 之间变化。由于所选择的电力结构造成结果中最大的变异性。就全球电力结构而言, 使用阶段几乎占生命周期碳足迹的 40%, 而就风力发电而言, 使用阶段仅占 2%。

与双电机车型版本相比, 单电机车型版本具有更低的碳足迹。这是由于

1. 少一个电机, 因此所需材料更少, 从而降低了材料提取和制造产生的影响。单电机标准续航车型版本降低了电池容量, 同时也就减少了重量 (参见图 1)。材料体积较小, 使得
2. 车辆总重量较小, 提高了能源效率, 降低了使用阶段的碳足迹。

附录 5 图 7-9 给出了三个极星 Polestar 4 车型版本的材料明细。电池模块占材料生产和精加工碳足迹的最高比例, 为 36-39%。铝占 22-24%, 钢和铁占 20%。与最初的极星 Polestar 2 碳足迹报告相比, 铝和电池模块所占的比例相同 (29%), 极星 Polestar 4 的重点已经转移到电池模块。20 这一转变的其中一个原因是增加了低碳铝 (来自水电驱动的冶炼厂) 的使用, 此外, 确定了回收铝的比例并将其纳入极星 Polestar 4 的评估中。

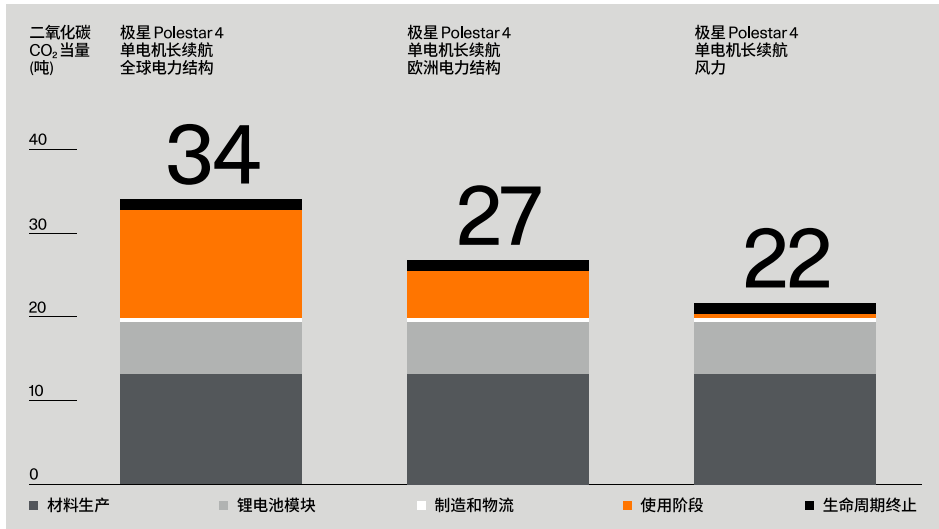
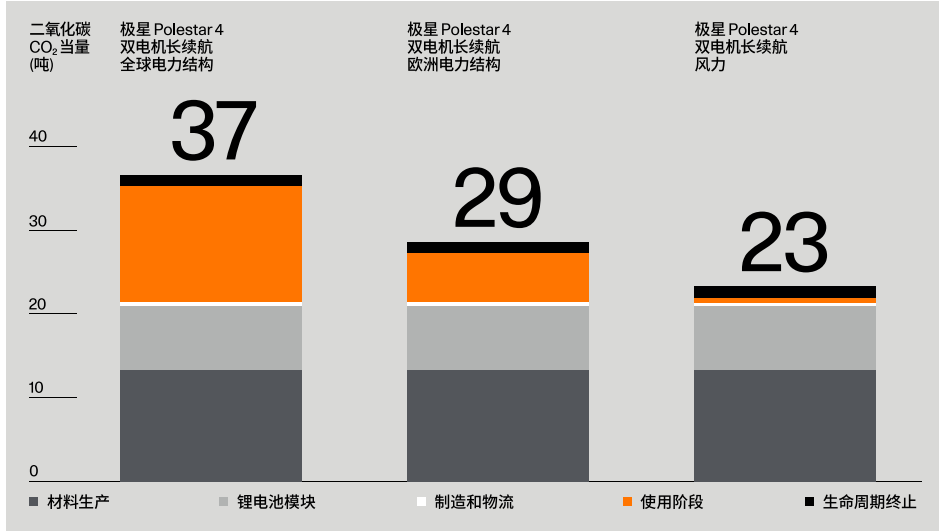


图 4

极星 Polestar 4 双电机长续航的碳足迹，使用阶段采用不同的电力混合。采用每功能单位的二氧化碳 CO<sub>2</sub> 当量 (吨) 表示相关结果 (200,000 公里使用寿命范围)

	极星 Polestar 4 LRDM 全球电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 欧洲电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 风电
材料生产	13,3	13,3	13,3
锂离子电池模块	7,6	7,6	7,6
制造和物流	0,5	0,5	0,5
使用阶段	13,9	5,9	0,5
生命周期终止	1,3	1,3	1,3
合计	37	29	23

表 3

极星 Polestar 4 双电机长续航的碳足迹，使用阶段采用不同的电力混合。采用每功能单位的 CO<sub>2</sub>-当量 (吨) 表示相关结果。

图 5

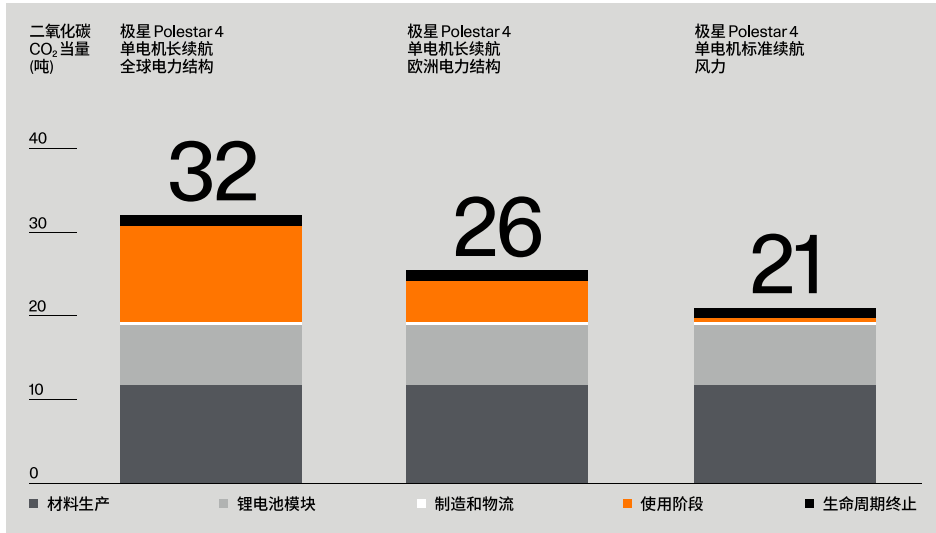
极星 Polestar 4 单电机长续航的碳足迹和使用阶段不同的电力结构。采用每功能单位的二氧化碳 CO<sub>2</sub> 当量 (吨) 表示相关结果 (200,000 公里使用寿命范围)

	极星 Polestar 4 LRDM 全球电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 欧洲电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 风电
材料生产	11,8	11,8	11,8
锂离子电池模块	7,6	7,6	7,6
制造和物流	0,5	0,5	0,5
使用阶段	12,9	5,9	0,5
生命周期终止	1,2	1,2	1,2
合计	34	27	22

表 4

极星 Polestar 4 单电机长续航的碳足迹和使用阶段不同的电力结构。采用每功能单位的 CO<sub>2</sub>-当量 (吨) 表示相关结果。





← 图6

极星 Polestar 4 单电机标准续航的碳足迹和使用阶段不同的电力结构。采用每功能单位的二氧化碳 CO<sub>2</sub> 当量 (吨) 表示相关结果 (200,000 公里使用寿命范围)

表5 →

极星 Polestar 4 单电机标准续航的碳足迹和使用阶段不同的电力结构。采用每功能单位的 CO<sub>2</sub>- 当量 (吨) 表示相关结果。

	极星 Polestar 4 LRDM 全球电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 欧洲电力结构	极星 Polestar 4 LRDM 风电
材料生产	11,8	11,8	11,8
锂离子电池模块	7,1	7,1	7,1
制造和物流	0,4	0,4	0,4
使用阶段	11,5	4,9	0,4
生命周期终止	1,2	1,2	1,2
合计	32	26	21

LCA 一直被用于评估极星汽车的碳足迹。为确立这一方法已投入大量工作,并且还在不断完善。本研究中,已解决了之前极星 Polestar 2 碳足迹报告中讨论的一些问题。<sup>21 22</sup> 其中一个问题是,电动汽车的 LCA 应反映可再生能源和低碳发电来源的发展趋势,更切实地反映其潜力。因此,国际能源署的预测数据结合 Sphera 关于发电源排放强度的数据用于极星 Polestar 4 号使用阶段的电力场景。2023 年至 2038 年,全球电力开发的碳足迹将减少 40%。同一时期,欧洲的电力结构将减少 57%。IEA 使用的预测数据来自略显保守的 STEPS 场景,该场景没有假设各国政府将实现减排承诺,而是只考虑了已决定政策的预测影响。

之前极星 Polestar 2 碳足迹报告中强调的另一个问题是,用于金属生产的数据集为平均数据,需进一步开展调研以评估数据与极星 Polestar 实际供应网络的差异程度。本研究中,通过两种方式解决该问题。首先,对于铝和钢,选择了区域数据集而不是全球数据集。其次,吉利的调查确定了铝、钢和聚合物的回收量。该研究还考虑到部分铝来自水力发电冶炼厂的事实。通过这些努力,将提高数据的真实性,增加极星 Polestar 使用 LCA 跟踪改进行动的机会。

随着碳足迹方法的不断发展,还有许多领域有待探索和完善。包括寻找更能代表特定应用场景的电子数据,在使用阶段增加维护数据,加强与电池供应商的合作,以及探索其他环境影响类别。

极星 Polestar 披露详细碳足迹报告旨在提高透明度。标准化个人车辆碳足迹的计算方法可有力提升整体行业透明度,因为这样就能够比较不同研究与制造商之间的结果。

21 <https://www.polestar.com/dato-assets/11286/1600176185-20200915polestarlcafinala.pdf>

22 <https://www.polestar.com/dato-assets/11286/1630409045-polestarlcarapportprintkorri1210831.pdf>

## 结论

本研究计算了极星 Polestar 4 三种车型版本“双电机长续航”、“单电机长续航”和“单电机标准续航”的碳足迹, 涵盖所有生命周期阶段, 即材料生产和精加工、制造、使用阶段和寿命终止。

根据本报告所述方法得出, “双电机长续航”版本的生命周期碳足迹为 23-37 吨二氧化碳当量, “单电机长续航”版本为 22-34 吨二氧化碳当量, “单电机标准续航”版本为 21-32 吨二氧化碳当量。出现这种差异是由于电力结构场景不同, 排放量最高反映了车辆使用阶段的全球电力结构而最低排放量则反映了使用阶段的风能。

极星 Polestar 将继续改进 LCA 方法, 以确立更可靠的方法。为密切跟踪不同采购决策和材料选择如何影响结果, 极星 Polestar 还计划增加 LCA 中使用的特定供应商数据。

材料	位置	数据集名称	类型	Target
ABS	GLO	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物市场	agg	ecoinvent 3.9.1
铝	CN	铝锭混合物 IAI 2015	agg	IAI/ Sphera
回收铝	RNA	二次铝锭 (95% 回收成分)	p-agg	AA/ Sphera
芳纶	DE	芳纶纤维 (对位芳纶)	agg	Sphera
ASA	GLO	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物市场	agg	ecoinvent 3.9.1
制动液	GLO	二甘醇市场	agg	ecoinvent 3.9.1
碳纤维	DE	碳纤维 (CF; 来自 PAN; 标准强度)	agg	Sphera
铸铁	DE	铸铁件 (汽车) - 开放式能源输入	p-agg	Sphera
催化涂层	ZA	铂族金属精矿市场	agg	ecoinvent 3.9.1
陶瓷	GLO	瓷砖市场	agg	ecoinvent 3.9.1
铜	EU-28	铜线混合物 (欧洲 2015)	agg	DKI/ECI
铜合金	GLO	铜混合物 (99.999% 来自电解)	agg	Sphera
铜合金	GLO	锌市场	agg	ecoinvent 3.9.1
棉花	GLO	纺织品和编织棉市场	agg	ecoinvent 3.9.1
阻尼器	RER	聚甲基丙烯酸甲酯板材 (PMMA)	agg	Plastics Europe
阻尼器	RoW	石灰市场	agg	ecoinvent 3.9.1
E/P	GLO	聚乙烯生产, 低密度, 粒状	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	RoW	碳酸钙沉淀物市场	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	RoW	石灰市场	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	RoW	碳黑市场	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	GLO	聚对苯二甲酸乙二醇酯市场, 粒状, 非晶质	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	GLO	氧化锌市场	agg	ecoinvent 3.9.1
弹性体	GLO	合成橡胶市场	agg	ecoinvent 3.9.1
电子产品	GLO	印刷线路板市场, 表面安装, 未指定, 含铅	agg	ecoinvent 3.9.1

← 表 6

为材料选择的数据集

在 LCA 中, 使用了大量来自数据库的通用数据集。本附录中列出了所使用的数据集。不同的数据集中多次列出了相同的材料。原因是基于与材料成分相对应的不同数据集的组合对材料的碳足迹进行建模。

材料	位置	数据集名称	类型	Target
EPDM	DE	乙丙二烯弹性体 (EPDM)	agg	Sphera
环氧树脂	GLO	环氧树脂市场, 液体	agg	ecoinvent 3.9.1
EVAC	GLO	乙烯醋酸乙烯共聚物市场	agg	ecoinvent 3.9.1
铁氧体磁铁	GLO	铁氧体市场	agg	ecoinvent 3.9.1
浮法玻璃	EU-28	浮法平板玻璃	agg	Sphera
摩擦	DE	铸铁件 (汽车) - 开放式能源输入	agg	Sphera
摩擦	GLO	氧化锆市场	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	石墨市场, 电池级	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	硫化钡生产	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	重晶石市场	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	氢氧化铝市场	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	氧化镁市场	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	GLO	膨胀蛭石市场	agg	ecoinvent 3.9.1
摩擦	EU-28	煅烧石油焦	agg	Sphera
石墨纤维	GLO	玻璃纤维市场	agg	ecoinvent 3.9.1
乙二醇	EU-28	乙二醇	agg	Plastics Europe
铅, 电池	DE	铅 (99.995%)	agg	Sphera
润滑剂	EU-28	炼油厂润滑油	agg	Sphera
镁光银	CN	镁	agg	Sphera
矿物	GLO	硅砂市场	agg	ecoinvent 3.9.1
矿物	CN	氧化铝生产	agg	ecoinvent 3.9.1
矿物	GLO	氢氧化钾市场	agg	ecoinvent 3.9.1
钕铁硼	GLO	永磁体市场, 电动乘用车电机	agg	ecoinvent 3.9.1
NR	DE	天然橡胶 (NR) (不包括 LUC 排放)	agg	Sphera
PA	RoW	尼龙 6 市场	agg	ecoinvent 3.9.1

材料	位置	数据集名称	类型	Target
PBT	DE	聚对苯二甲酸丁二酯颗粒 (PBT) 混合物	agg	Sphera
PC	GLO	聚碳酸酯市场	agg	ecoinvent 3.9.1
PE	RoW	聚乙烯生产, 低密度, 粒状	agg	ecoinvent 3.9.1
PET	GLO	聚对苯二甲酸乙二醇酯市场, 粒状, 非晶质	agg	ecoinvent 3.9.1
PMMA	RER	聚甲基丙烯酸甲酯板材 (PMMA)	agg	Plastics Europe
回收聚合物	RER	二级塑料颗粒 (低金属污染)	agg	Sphera
聚酯	GLO	纤维、聚酯市场	agg	ecoinvent 3.9.1
聚氨酯	RoW	聚氨酯、硬质泡沫市场	agg	ecoinvent 3.9.1
POM	EU-28	聚甲醛 (POM)	agg	Plastics Europe
PP	RoW	聚丙烯生产市场, 粒状	agg	ecoinvent 3.9.1
PS	GLO	聚苯乙烯市场, 通用型	agg	ecoinvent 3.9.1
PVB	DE	聚乙烯醇丁醛颗粒 (PVB) 副产物乙酸乙酯	agg	Sphera
PVC	GLO	聚氯乙烯市场, 悬浮聚合	agg	ecoinvent 3.9.1
R-1234yf	DE	R-1234yf 产量 (近似值)	agg	Sphera
SBR	DE	丁苯橡胶 (S-SBR) 混合物	agg	Sphera
硅橡胶	DE	硅橡胶 (RTV-2, 冷凝)	agg	Sphera
钢铁, 烧结	亚洲	钢热浸镀锌	agg	world steel
奥氏体不锈钢	EU-28	不锈钢冷轧卷板 (304)	p-agg	Eurofer
铁素体不锈钢	EU-28	不锈钢冷轧卷板 (430)	p-agg	Eurofer
钢铁、非合金	亚洲	钢热浸镀锌	agg	world steel
回收钢铁	RoW	废钢市场	agg	ecoinvent 3.9.1
硫酸	EU-28	硫酸 (96%)	agg	Sphera
滑石粉	RER	滑石粉(填料)	agg	Sphera
热塑性弹性体	DE	聚丙烯/乙丙二烯 弹性体颗粒 (PP/EPDM, TPE-O) 混合物	agg	Sphera

材料	位置	数据集名称	类型	Target
热塑性塑料	RoW	尼龙 6 市场	agg	ecoinvent 3.9.1
轮胎	DE	丁苯橡胶 (S-SBR) 混合物	agg	Sphera
轮胎	EU-28	水 (去离子水)	agg	Sphera
轮胎	GLO	合成橡胶的硫化 (不含添加剂)	u-so	Sphera
未定义	RoW	尼龙 6 市场	agg	ecoinvent 3.9.1
洗涤剂	DE	乙醇 (96%) (硝酸加氢)	agg	Sphera
木材 (纸张、纤维素)	EU-28	层压单板木材 (EN15804 A1-A3)	agg	Sphera
锌	GLO	特种高品位锌	p-agg	IZA

过程	位置	名称	类型	Target
铝材生产	DE	铝压铸件	u-so	ts
铝材生产	EU-28	铝板 - 开放式输入铝轧制用钢锭	p-agg	ts
铝材生产	DE	铝板深拉制	u-so	ts
聚合物 (所有类别) 制造	DE	塑料注塑件 (未注明)	u-so	ts
不锈钢 (所有类别) 制造	DE	钢板深拉制 (多级)	u-so	ts

电力	位置	名称	类型	Target
风力发电	EU	风力发电	agg	Sphera
风力发电	CN	风力发电	agg	Sphera
褐煤发电	EU	褐煤发电	agg	Sphera
煤电	CN	硬煤发电	agg	Sphera
天然气发电	EU	天然气发电	agg	Sphera
天然气发电	CN	天然气发电	agg	Sphera
水力发电	EU	水力发电	agg	Sphera
水力发电	CN	水力发电	agg	Sphera
核能发电	EU	核能发电	agg	Sphera
核能发电	CN	核能发电	agg	Sphera
光伏发电	EU	光伏发电	agg	Sphera
光伏发电	CN	光伏发电	agg	Sphera
生物质发电	EU	生物质发电 (固体)	agg	Sphera
生物质发电	CN	生物质发电 (固体)	agg	Sphera
重质燃油发电	EU	重质燃油发电	agg	Sphera
重质燃油发电	CN	重质燃油发电	agg	Sphera

↑ 表 8

所选电力数据集

← 表 7

为制造过程选择的数据集

表 9 →  
材料库材料类别

材料名称	材料组
烧结钢	钢铁
非合金钢	钢铁
奥氏体不锈钢	钢铁
铁素体不锈钢	钢铁
铸铁	钢铁
铝	铝
铜	铜
铜合金	铜
镁光银	其他金属
锌	其他金属
铅, 电池	其他金属
钕铁硼	其他金属
铁氧体磁铁	其他金属
ABS (填充)	聚合物
ASA (填充)*	聚合物
E/P (填充)	聚合物
EVAC (填充)	聚合物
PA (填充)	聚合物
PBT (填充)	聚合物
PC (填充)	聚合物
PC + ABS (填充)	聚合物
PE (填充)	聚合物
PET (填充)	聚合物
PMMA (填充)	聚合物
POM (填充)	聚合物
PP (填充)	聚合物
PVB (填充)*	聚合物
PVC (填充)	聚合物
ABS (未填充)	聚合物
ASA (未填充)*	聚合物

材料名称	材料组
E/P (未填充)	聚合物
EVAC (未填充)	聚合物
PA (未填充)	聚合物
PBT (未填充)	聚合物
PC (未填充)	聚合物
PC + ABS (未填充)	聚合物
PE (未填充)	聚合物
PET (未填充)	聚合物
PMMA (未填充)	聚合物
POM (未填充)	聚合物
PP (未填充)	聚合物
PVB (未填充)	聚合物
PVC (未填充)	聚合物
热塑性塑料	聚合物
热塑性弹性体	聚合物
弹性体	聚合物
EPDM	聚合物
NR	聚合物
SBR	聚合物
硅橡胶	聚合物
环氧树脂*	聚合物
聚氨酯	聚合物
阻尼器	聚合物
聚酯	聚合物
芳纶	聚合物
轮胎	聚合物
棉花	天然材料
皮革*	天然材料
木材 (纸张、纤维素)	天然材料
碳纤维	其他信息

材料名称	材料组
摩擦	其他信息
滑石粉	其他信息
矿物	其他信息
催化涂层	陶瓷/玻璃
浮法玻璃	陶瓷/玻璃
石墨纤维	陶瓷/玻璃
陶瓷	陶瓷/玻璃
阳极*	
阴极*	
锂电池隔膜*	
电子产品	电子产品
润滑剂	流体
制动液	流体
乙二醇	流体
R-1234yf	流体
R-134a*	流体
硫酸	流体
洗涤液	流体
AdBlue*	流体
未定义	流体
柴油*	流体
汽油*	流体

\*不用于本报告中的碳足迹。



表 10 →

零部件制造数据选择和和假设摘要

材料	部件制造假设	备注	附加部件制造过程的材料利用率
碳纤维	无额外的制造过程	假设制造为碳纤维后加工过程的排放物和废弃物可忽略不计。	
铸铁	无额外的制造过程	所选择的数据集已包括用于汽车应用中使用的成品的生产过程	
流体	无额外的制造过程	假设原料(流体本身)生产后流体不需要进一步精加工。	
轮胎	无额外的制造过程	假设硫化后的过程只排放少量的温室气体	
铜(线)	无额外的制造过程	假设制造为铜线后加工过程的排放物和废弃物可忽略不计。	
钕铁硼磁铁	无额外的制造过程	所选择的数据集已包括用于汽车应用中电机使用的成品磁铁的生产过程	
电子产品(PCB)	无额外的制造过程	所选择的数据集已包括成品印刷电路板的生产过程。	
滑石粉	无额外的制造过程	假设制造为碳纤维后加工过程的排放物和废弃物可忽略不计。	
铸铝	压铸过程		96%
锻铝	轧制和铝板深拉制	假设代表不同类型的锻造过程。	62%
钢材(零件,在供应商处加工)	钢板深拉制	假设钢板采用保守方法。	63%
钢材(吉利控制制造冲压过程)	废钢产生于吉利控制的制造过程	制造工厂冲压过程产生的废钢即工作流程“车辆结构”中的废钢	机密
不锈钢	钢板深拉制	假设钢板采用保守方法	63%
聚合物	注塑成型过程	假设代表不同类型的加工过程	98%
其他材料	原料重量 x2	原料生产过程产生的排放量增加两倍,以补偿进一步精加工和处理产生的排放量。	50%

## 附录 4: 使用寿命终止假设和方法

## 运输

包括回收材料的运输过程。  
保守假设用卡车运输 1500 公里。

## 拆卸

全球范围内,拆卸阶段仍然主要属于手工过程。因此忽略这一阶段的能量消耗。由于拆卸部件的重量较小,因此忽略这些部件的潜在额外运输过程。

## 预处理

包括以下拆卸部件的预处理:

- 铅酸蓄电池
- 锂电池

对于铅酸电池,预处理阶段使用 ecoinvent 3.9.1 数据集“RER: 废铅酸电池的处理,重熔”。保守假设,将锂离子电池送至回收设施时,需要用卡车运送 1500 公里。对于剩余的拆卸部件,没有进行盘点,因为拆解工作主要是安全预防措施。该阶段之后,其处理方式与车辆的其他部分类似。焚化的液体同样不经过任何预处理。

## 粉碎

粉碎过程中,将车辆分解为更小的部分。该过程需要用电。为预估所需的能量,使用 ecoinvent 的数据集“处理所使用的粉碎机”中乘用车粉碎操作的每公斤能量消耗数据。根据 IEA STEPS 场景和 Sphera 数据,按照 2038 年全球电力结构对该过程使用的电力进行建模。由于关注气候变化,忽略排入水和空气中的金属。除特定预处理的部件外,整辆车均通过粉碎工艺进行处理。由于粉碎与拆除过程在同一地点,因此不包括额外的运输过程。

## 材料回收

回收粉碎后的金属物流以及预处理部件中的材料。基于生命周期终止建模的取舍准则,该阶段不属于生命周期,未包括在清单中,除运输进行材料回收的过程除外,如上所述。

## 最后处置 - 焚烧和填埋

对于分解后的液体以及切碎机轻组分的可燃部分,根据模型,直接进行焚烧,不进行能量回收。  
不包括能量回收的方案与研究的全球范围相关。

为针对切碎机中材料燃烧的排放量进行建模,根据该阶段的主要物流,采用混合塑料焚烧的数据集。该重量的主要部分来自车辆中的塑料。所选择的数据集为欧盟 28 国焚烧混合塑料的 Think step 数据集。

不可燃材料,如陶瓷和玻璃,构成车辆的一小部分,但组成了切碎机不可燃轻组分的主要部分。可填埋或将其作为填充物进行回收在这两种情况下均采用 Think step 玻璃/惰性物质填埋的数据集进行建模。

假设粉碎过程中分离出来的材料为可回收材料,用卡车运输的保守假设距离为 1500 公里。

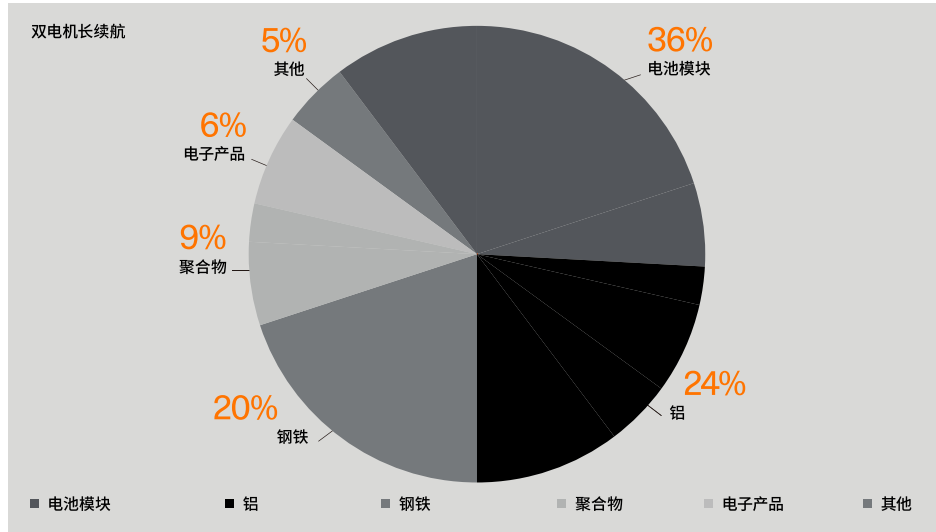
### 数据收集

本节概述了与各生命周期阶段相关的数据收集活动。

根据取舍准则, 下列过程包括在数据收集工作中。

表 11 →  
与各生命周期阶段相关的数据收集活动。

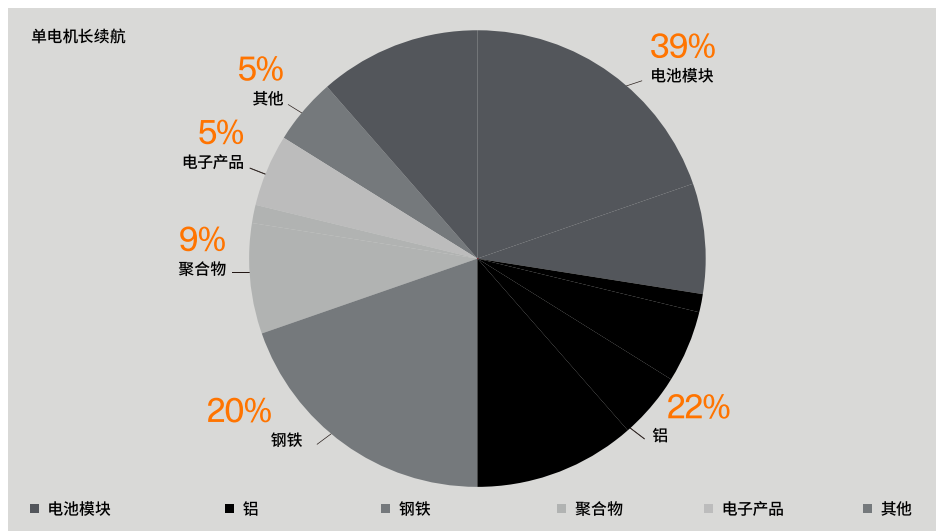
拆卸阶段	预处理阶段	最终处置
电池组	单独处理。从铅酸中回收铅和指定锂离子电池拆解过程	按材料类别*
液体 (冷却液、制动液等)		焚烧
安全气囊和安全带预紧器	移除爆炸物。粉碎	按材料类别*
车辆其余部分	粉碎	按材料类别*
* 金属材料回收, 可燃材料焚烧 (主要是塑料), 残渣填埋。		



← 图 7

不同材料组 (包括电池模块) 对极星 Polestar 4 双电机长续航版本材料生产和精加工过程中碳足迹的影响。

图 7-9 展示了不同材料组 (包括电池模块) 对三个极星 Polestar 4 车型版本材料生产和精加工过程中碳足迹的影响。材料组“其他”包含碳足迹影响小于等于 1% 的所有材料组 (参见表 9)。



← 图 8

不同材料组 (包括电池模块) 对极星 Polestar 4 单电机长续航版本材料生产和精加工过程中碳足迹的影响。

图9 →

不同材料组 (包括电池模块)  
对极星 Polestar 4 单电机标准续航版本  
材料生产和精加工过程中碳足迹的影响。

