

《WebLCA 工作指南》與 eFootprint 培訓

碳足跡 /LCA 體系與 框架 • 六大步驟與示例

成都亿科环境科技有限公司 版权所有
未经允许 禁止私自转载



CLCD + ELCD + ecoinvent + 用户数据库



一點五度科學減碳倡議

生命周期評價 LCA/碳足跡工作簡介

- 方法研究：1995年起在四川大學一直從事 LCA/碳足跡研究、教育普及、國際交流合作、以及在生態設計、節能減排技術評價、綠色供應鏈、碳中和等領域的應用研究，直接深度參與了國際 LCA/碳足跡方法體系的建立
 - 2009年歐盟《國際 LCA 數據系統 ILCD 指南》評審及公開諮詢會議聯合主席
 - 2010年擔任聯合國環境署 UNEP 生命周期倡議的理事會委員，2011年任 UNEP《全球 LCA 數據庫指導原則》技術指導委員會委員及數據收集工作組主席
- 研發應用：2006年成立億科環境，國際先進水平的 LCA/碳足跡解決方案研發與服務
 - 中國碳足跡/LCA 基礎數據庫 CLCD：2009年聯合國環境署 LCA Award 第一名，2010年首發，上千個核心過程並持續更新，全球四大基礎數據庫之一（瑞士 ecoinvent、德國 GaBi、日本 IDEA）
 - 軟件：2010中國首個 LCA 軟件 eBalance → 2013全球首個、目前唯一大規模應用的 LCA 在線系統 eFootprint → 2023發布 WebLCA® 開放平台 → 兼容歐盟 PEF 要求，支持中國產品進入國際市場
 - 用戶超萬人：組織十多次國際/國內學術會議+數百次講座及培訓+全網首個慕課，僅2022第五屆全生命周期碳中和大賽有 200+大學、2000+各專業學生參賽 → 共建共享數據庫開放平台
 - 客戶上千家：國內外數百所高校、行業協會、認證機構、諮詢服務機構、上千家領先企業
- 合作推廣：2022年提出全生命周期碳中和 → 聯合 160 多家機構，共同服務政府和企業



生命周期的概念、思想、標準體系

產品“生命周期”的概念 = “全過程”

- 每一種產品 從多種資源開採 → 多種中間原料 / 能源生產 → 產品生產 → 使用 → 廢棄的全過程

生命周期思想 (1990-1993正式提出)

- 每一種資源環境問題 都是由產品生命周期造成的，也必然是通過生命周期改進而解決

➤ 生命周期評價 Life Cycle Assessment (LCA)

- 建模量化分析各種產品的全過程資源環境影響 / 效率，從而支持改進

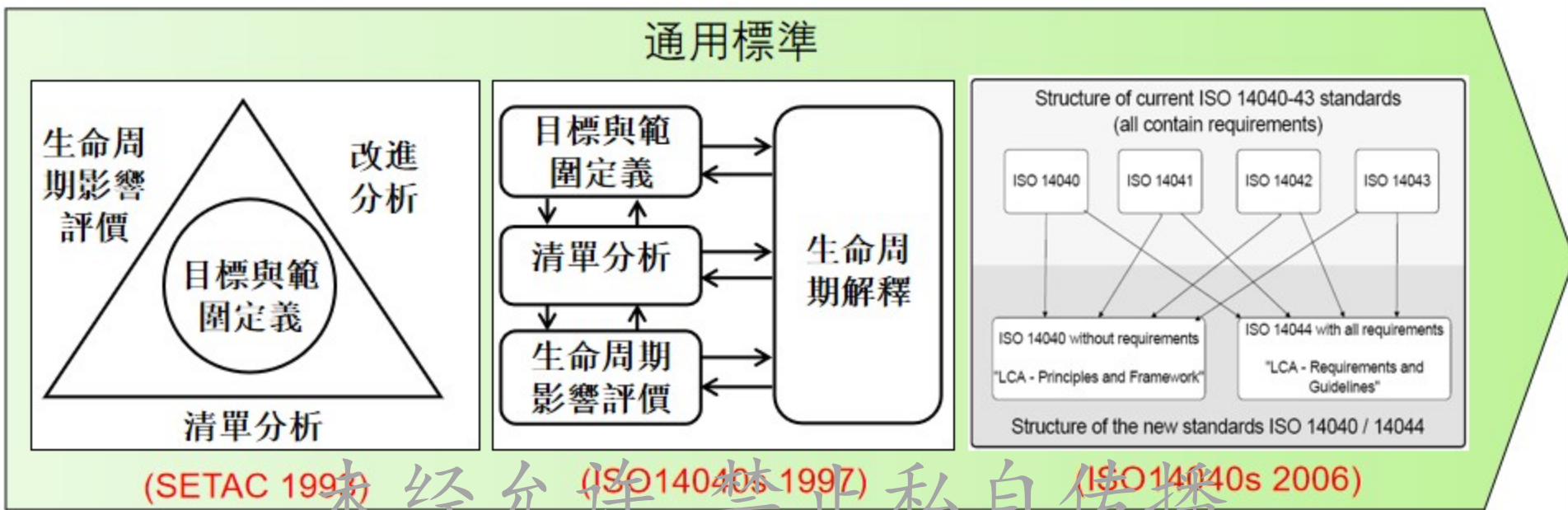
- 2008, 2013 ISO14067, 產品生命周期碳足跡 Product Carbon Footprint (CFP) → 單一指標

- 2006, ISO14025=GB/T24025= III 型環境聲明，又稱 Environmental Product Declaration (EPD) 及 Product Category Rules (PCR) → 產品細則 → EPD 認證 / 碳足跡標籤

- 2006, 2018, 組織層面溫室氣體量化與報告 ISO 14064-1 → 企業口徑



概述：LCA 方法框架和標準體系



衍生出各種標準-認證-標識體系：

- 中國 GB/T 24040
- **ISO14067 碳足跡**
- ISO14046 水足跡
- ISO14025 III 型環境聲明體系，包括產品種類規則 PCR + 報告 + 審核認證 + 證書/標籤
- **歐盟產品環境足跡 PEF 體系 + PEFCR**
- 工信部 160 多項綠色設計評價標準中包含類似 PCR 的附錄

- 目標與範圍定義 Goal and scope definition (G&S)
- 清單分析 Life Cycle Inventory Analysis (LCI)
- 生命週期影響評價 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
- 生命週期解釋 Life Cycle Interpretation
 - LCA 多指標 vs 單指標 - 碳足跡
 - LCA 通則 vs 產品細則 PCR/EPD, PEFCR/PEF
 - LCA 產品 vs 企業口徑 14064-1, OEF

企業年度排放量（含生命週期排放）

- 組織層面碳排放 ISO14064-1
- 歐盟組織環境足跡 OEF



LCA 通用標準： ISO14040 & ISO14044 (2006)

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14040

Environmental management — Life cycle
assessment — Principles and framework

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14044

Environmental management — Life cycle
assessment — Requirements and
guidelines



Contents

	Page
Foreword.....	iv
Introduction	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions.....	1
4 General description of life cycle assessment (LCA).....	6
4.1 Principles of LCA.....	6
4.2 Phases of an LCA	7
4.3 Key features of an LCA	8
4.4 General concepts of product systems	9
5 Methodological framework	11
5.1 General requirements.....	11
5.2 Goal and scope definition.....	11
5.3 Life cycle inventory analysis (LCI).....	13
5.4 Life cycle impact assessment (LCIA)	14
5.5 Life cycle interpretation	16
6 Reporting	16
7 Critical review.....	17
7.1 General.....	17
7.2 Need for critical review.....	17
7.3 Critical review processes.....	17

未经允许 禁止私自传播



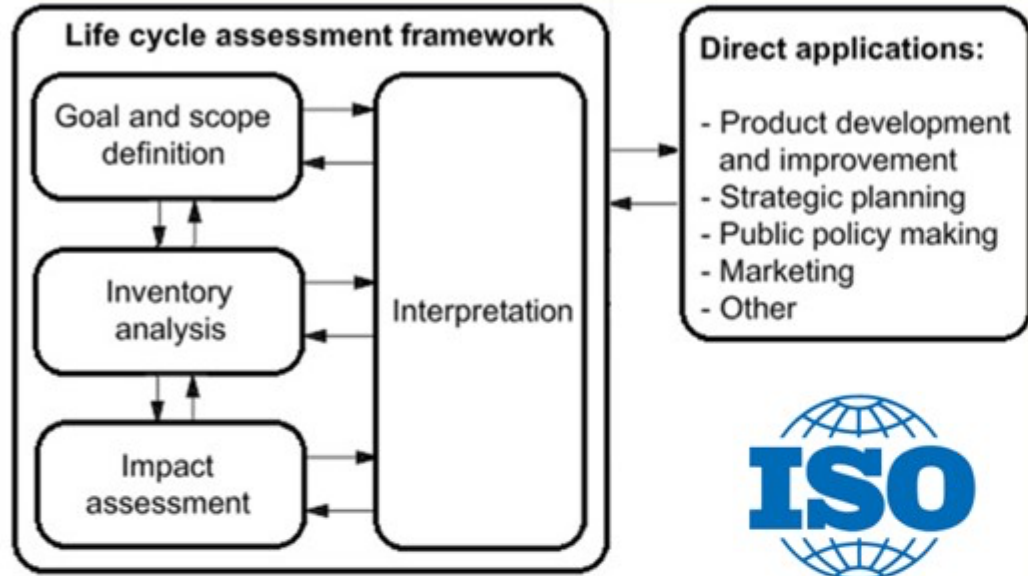
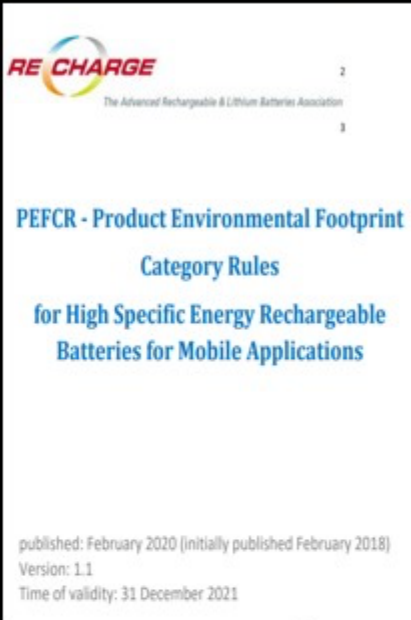
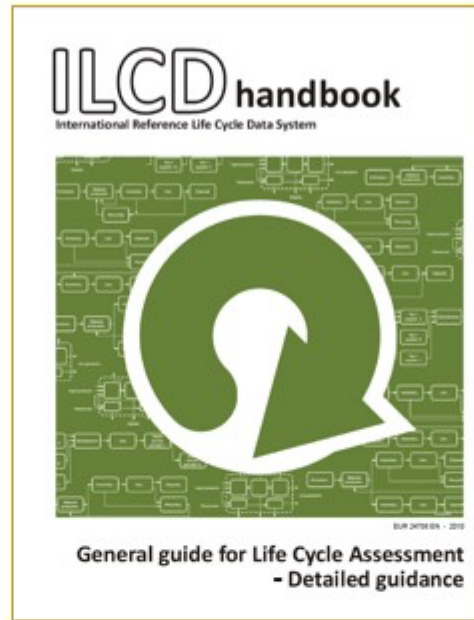


Figure 1 — Stages of an LCA



LCA(2006) 50頁 , PAS2050(2008)36頁 , 14067(2013)45頁 vs ILCD (2009)400頁 , PEF(2013) 200頁 , PEFCR (2018) 100頁

- ISO 以及 PAS 等只是定義了 LCA/碳足跡的術語、方法框架以及各部分的原則性描述，ISO 標準不是操作性指南！不提供具體工作步驟！ → 《WebLCA 工作指南》6大步，專業培訓
- 歐盟 ILCD 手冊提供了更詳細的方法描述 → 針對企業的產品 LCA/碳足跡報告 -審核 -標識，歐盟 PEF 通用指南制定了更明確的規範性要求 → PEFCR 產品細則，目的是保證一致性和可比性

歐盟產品環境足跡 PEF 指南 + 認證 + 標識 → 政策法規強制採用 → 倒逼全球供應鏈

歐盟 ILCD 方法手冊 ~400頁 + PEF 通則 ~200頁 + PEFCR 細則

~100頁

第一輪試點 (2013)

- ILCD 方法手冊 (2009)
- PEF 通則與數據庫
- 企業、行業協會、LCA 專家成立 PEFCR (產品種類規則) 標準工作組, 2018.5起陸續發布
- 企業編製產品 PEF 報告
- 第三方審核認證
- PEF 標識及市場宣傳
- 標準體系不斷擴展, 並支撐碳中和目標
- 第二輪試點 (2019): Apparel, Flexible packaging, Synthetic turf, Cut flowers and potted plants, Marine fish

試點產品

14. 瓶裝水
15. 啤酒
16. 奶製品
17. 酒
18. Pasta
19. 飼料
20. 寵物食品
21. 橄欖油、咖啡、肉類、漁業、文具

試點產品

1. 電池
2. 光伏
3. 紙製品
4. 塗料
5. IT 設備
6. 皮革
7. 保溫材料
8. 金屬板
9. 非皮革鞋
10. 洗滌劑
11. 水管
12. T 恤 T-shirts
13. 不間斷電源

PERFORMANCE LABEL



IMPROVEMENT LABEL

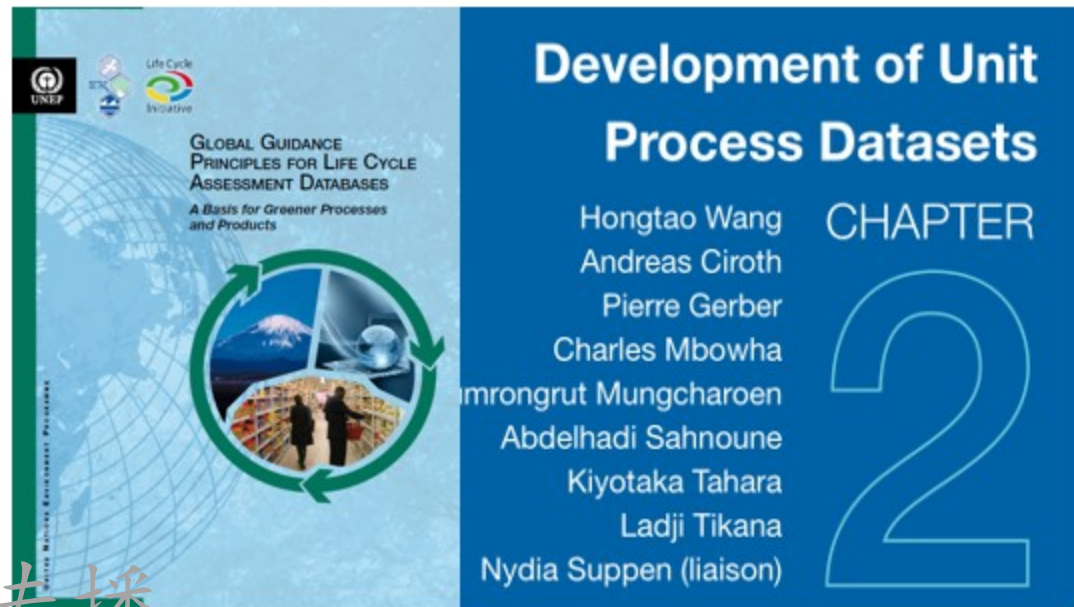
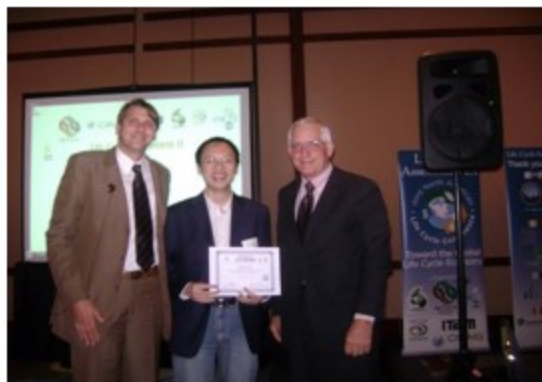


WEBSITES



- 2020 歐盟綠色新政: 企業環境 / 綠色 / 低碳宣傳必須依據標準
- 歐盟循環經濟行動計劃: 應採用歐盟產品 / 組織環境足跡方法
- 歐盟綠色消費承諾
- 歐盟電池強制性法規
- 歐盟產品數字護照
- 歐盟綠色聲明指令: 建立碳足跡和碳減排認證體系, 防止漂綠
- 歐盟市場監管案例
- 歐盟 - 美國 TTC 將協調產品碳足跡方法

長期中國碳足跡 /LCA 研究 & 深度參與聯合國與歐盟 LCA 體系建設



- 2009年聯合國環境署 UNEP/SETAC LCA Award 第一名
- 2010年公開發布中國第一個 LCA/碳足跡數據庫 CLCD
- 2011年 UNEP/SETAC 《全球 LCA 數據庫指導原則 GGP》, 擔任指導委員會委員、數據收集工作組主席

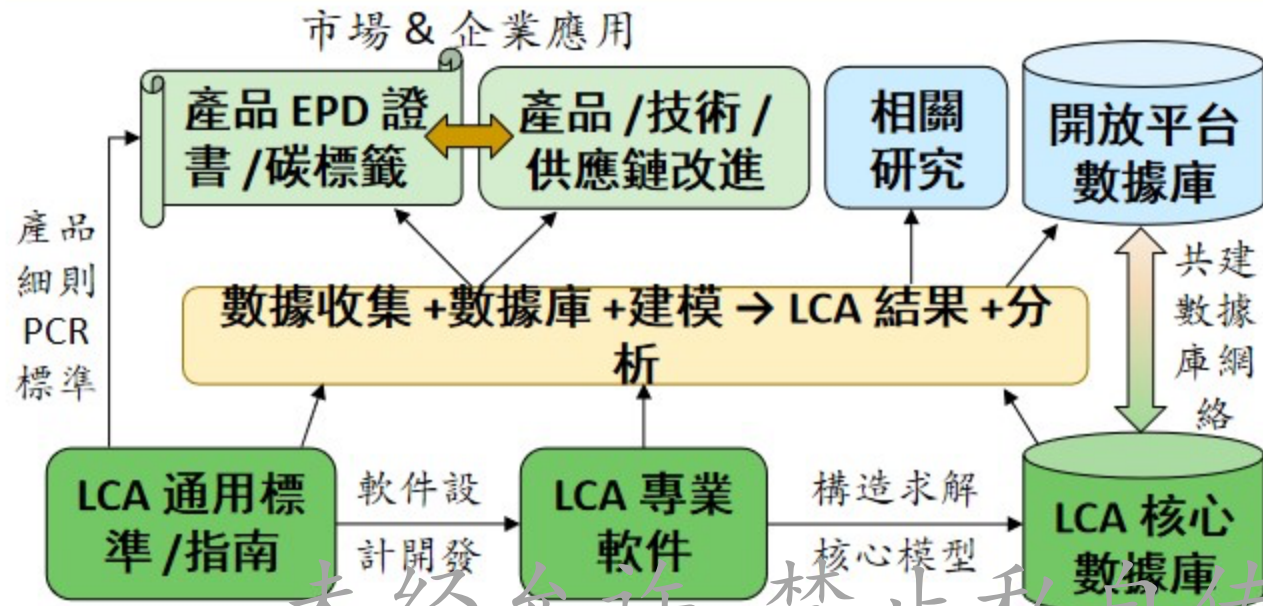
<https://www.lifecycleinitiative.org/resources/reports/>



- 2009年歐盟研究總署 JRC, 國際生命週期數據系統 (ILCD 方法手冊) 公開諮詢會議, 擔任聯合主席
- 2010年起參與 LCDN 數據庫網絡研究
- 2013年歐盟 PEF 指南通則 → 2018年產品細則 PEFCR → 邀請歐盟環境總署 PEF 官員訪問中國並專題介紹 PEF 進展



全球 LCA/碳足跡專業工具體系 & 市場應用體系



LCA/碳足跡市場應用體系：
標準 + 認證 + 標識 + 客戶採信 + 政府監管

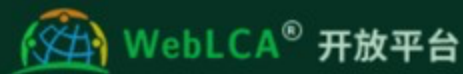
專業工具體系：軟件 + 數據庫

全球 LCA/碳足跡專業工具體系屈指可數 (2+4+N) —— 億科處於全球領先水平

- 2: 全球只有德國 GaBi、中國億科 eFootprint+CLCD 同時開發了自己的專業軟件和基礎數據庫
- 4: 全球只有四個獨立的基礎數據庫 ecoinvent、GaBi、日本 IDEA、中國 CLCD，涵蓋上千個基礎能源、材料、化工的核心過程。全球所有 LCA/碳足跡報告或者使用了上述數據庫，或者其模型肯定是不完整的且無法追溯展示！
- N: SimaPro、OpenLCA、Umberto、CMLCA 等專業軟件主要採用瑞士 ecoinvent 數據庫
- 億科 eFootprint+CLCD 是國際首個、目前唯一投入大規模應用的 LCA/碳足跡在線平台



WebLCA® 開放平台 (中國碳足跡開放平台小程序)



HOT
數據庫

eFootprint

CarbonZero

GPM

LCA大賽

專業培訓

聯繫我們



WebLCA開放平台 — 推動碳足跡進入透明可信、全面應用的時代

數據集名稱	所屬數據庫	基準年	數據集文檔
51366-生石灰 (t, 豎窯使用氣體燃料生產), 從搖籃到大門 (普通石灰石, 豎窯, 石灰石煅燒, 主要使用氣體燃料: 焦爐...	CLCD-China 0.9	2022	查看
聚丙烯 (t, 薄膜類聚丙烯), 從搖籃到大門, 丙烯 (催化裂化), 液相本体法均聚, 來自資料調查-代表典型水平, 中國2022	CLCD-China 0.9	2022	查看
51366-花崗岩碎石 (t), 從搖籃到大門 (花崗岩等硬岩礦, 干法), 研究型系列數據集, 來自資料調查-代表典型水平, 中國...	CLCD-China 0.9	2022	查看
51366-頁岩空心磚 (m ³), 從搖籃到大門 (頁岩40%-50%+黏土+低值廢料, 隧道窯 (二次碼燒), 年產≥5000萬塊, 燒結) ...	CLCD-China 0.9	2022	查看
鋁土礦 (t), (從搖籃到大門, 紅土型鋁土礦床, 露天), 來自資料調查-代表典型水平, 研究型系列數據集, 中國2021	CLCD-China 0.9	2021	查看

未經允許 禁止私自傳播

WebLCA® 開放平台 www.weblca.net

包括 eFootprint + CarbonZero + GPM + 小程序

+ CLCD + ELCD + ecoinvent + 合作單位 & 平台用戶 共建數據庫

每個產品碳足跡模型均可層層展開分析、層層追溯上游數據庫

處於全球領先水平, 共同推動碳足跡進入透明可信、全面應用的時代

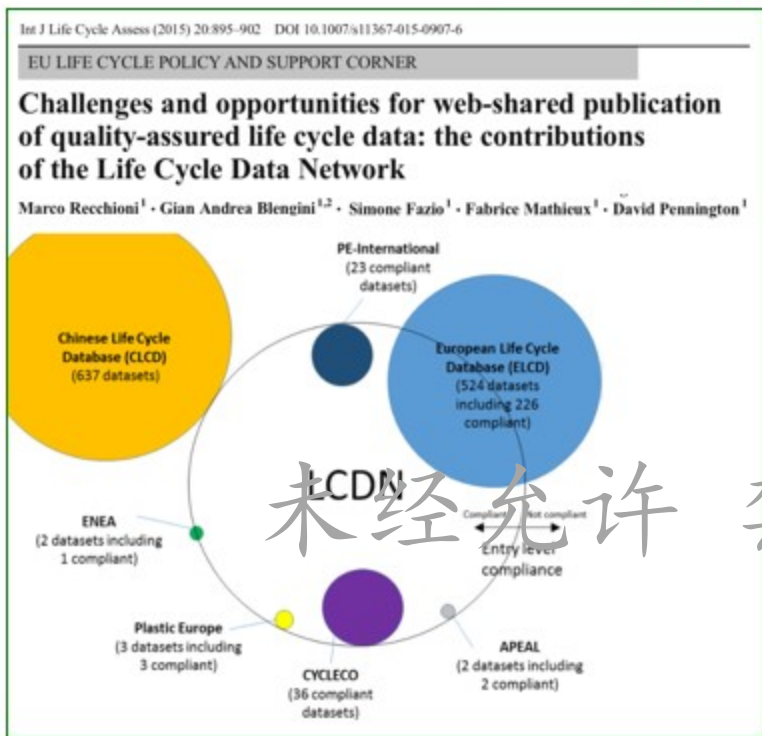


WebLCA® 開放平台

• 共同推動碳足跡/LCA進入透明可信、全面應用的時代 • www.weblca.net

中國 CLCD 數據庫：全球四大基礎數據庫之一，兼容歐盟

LCDN 數據庫技術規範，得到廣泛採用



CLCD 是歐盟發起的 LCDN 數據庫網絡最早的成員之一，兼容歐盟數據庫技術規範，在 eFootprint 中同時包含 CLCD、歐盟 ELCD、ecoinvent 數據

GREENHOUSE GAS PROTOCOL ABOUT STANDARDS GUIDANCE CALCULATION TOOLS

This list of available third party databases assists users in collecting data for product life cycle and corporate value chain (scope 3) GHG inventories.

ELCD

The ELCD core database comprises Life Cycle Inventory (LCI) data from front-running EU-level business associations and other sources for key materials, energy carriers, transport, and waste management.

Chinese Life Cycle Database (CLCD)

A national background LCI database consists of ca. 600 LCI datasets for key materials and chemicals, energy carriers, transport, and waste management, which is based on a consistent core life cycle model and represents the combination of various technologies in Chinese market.

<https://ghgprotocol.org/life-cycle-databases>

CLCD 是企業溫室氣體核算常用標準 WRI GHG Protocol (scope 3) 唯一推薦的中國數據庫。SBTi 科學碳目標採用此標準。



大批國內外認證機構和諮詢服務機構採用 eFootprint + CLCD，用於各行業千計企業的產品碳足跡和 LCA 核

普及推廣：服務數百家大學和科研機構

- LCA 普及宣傳：組織了上百次講座、培訓、學術會議；200多家大學、3000多名師生參加了全國互聯網+LCA 大賽（2017-2020）；第五屆全生命周期碳中和創新大賽 200+大學、2000+人報名
- 高校客戶：清華大學、北京大學、中國農業大學、中央財經大學、北京科技大學、北京工業大學、北京交通大學、北京建築大學、北京印刷學院；北方工業大學、天津大學、天津科技大學、天津城建大學；吉林大學、東北大學、瀋陽大學、大連理工、大連工大、內蒙古大學、齊魯工業大學、太原理工、蘭州大學、西安科技大學、西安建築科技大學；浙江大學、東南大學、東華大學、浙江工業大學、寧波諾丁漢大學、西交利物浦大學、合肥工業大學、華中科技大學、武漢理工、南京農業大學、中南大學；中山大學、深圳大學、四川大學、重慶大學、昆明理工、西南科技大學、長春大學、西理工大學、重慶大學、哈爾濱工業大學、山東交通學院、陝西循環經濟工程技術院、廣東環境保護工程職業學院；香港科技大學、香港理工大學、東京大學、新加坡南洋理工、加州大學戴維斯分校等等
- 研究機構：中石化大連院、中科院生態研究中心、中國環科院、中國科學院過程所、環境保護部環境規劃院、中國機械研究總院、中國民航二所、中國輕工業清潔生產中心、中機生產力中心、北京林業信息中心、北京市水科學技術研究院、北京城市工程研究院、重慶環科院、上海建科院、上海市城市建設設計研究總院、華南環科所、廣東省標準化院、廣州能源檢測研究院、海南省交通規劃勘察設計研究院、福建省農業科學院農業生態研究所等等



廣泛應用：全行業覆蓋 & 供應鏈滲透 & 信息化集成 & 服務平台

- 能源與新能源：中石油 低碳評價系統 + 頁岩氣、中石化石油煉廠 碳足跡系統、洛陽石化聚丙烯、民航二所生物質航油、雲南電網、湖北電科院、河北電科院、川開電氣；欣旺達鋰電池、天齊鋰業、雅化鋰材、富臨磷酸鐵鋰；通威光伏、永祥硅業、超威電池等
- 材料、化工：紫金銅業生命周期綠色管理系統、攀鋼鈦、鋼城集團、巨石玻纖、杭華油墨、傳化染料、埃克森美孚化工、金髮改性塑料、會通塑料、華聚複合板等
- 建材建築：中建材、東方雨虹、建築電纜等建材和部品，波音工廠、LEXUS 4S 店等綠色建築 LEED 認證
- 汽車、機械：中車集團株洲所、吉利電動車 + 威睿電池 + 中創新航電芯、中信戴卡 - 鋁合金輪轂、青桔單車、中海福陸 - 海上鑽井平台、國機鑄鍛機械、西安煤礦機械、日發紡機等
- 電子電器：華為、聯想、新華三產品碳足跡集成系統、京東方產品碳足跡集成系統、長虹家電等
- 紡織服裝：宜家羽絨製品、金達亞麻、鄂爾多斯羊絨、榮昌絨業、鹿王毛紡、康賽妮毛紡、孚日毛巾、萬事利絲綢、鑫緣絲綢、百川再生滌綸、大發滌綸、摩力克布藝、新疆中泰、前進牛仔布、天貓心選等
- 消費品與包裝：聯合利華、太古可樂、農夫山泉、煌上煌醬鴨、安琪酵母、梅花賴氨酸、保齡寶功能糖、華康木糖醇、北川苔子茶等；中洗協濃縮洗衣液 LCA 項目、藍月亮洗衣液碳排放管理系統、綠傘洗衣液、寶潔汰漬；利樂包裝、秉信包裝、斑布竹漿、五糧液普拉斯包裝、玖龍紙業等
- 政府與行業服務平台：衢州市工業品碳足跡系統（首批 150 家重點企業），四川省外貿產品碳足跡追蹤平台，雲南省高耗能行業碳足跡平台，雲南硅冶金與硅材料產業綠色製造評價系統平台；全國工商聯紙業商會紙產品服務平台，中紡聯節能-節水-綠色製造服務平台、汽車 CCC 材料與有害物質管理平台等



LCA 方法框架 (ISO14040)

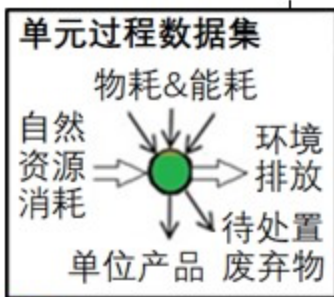
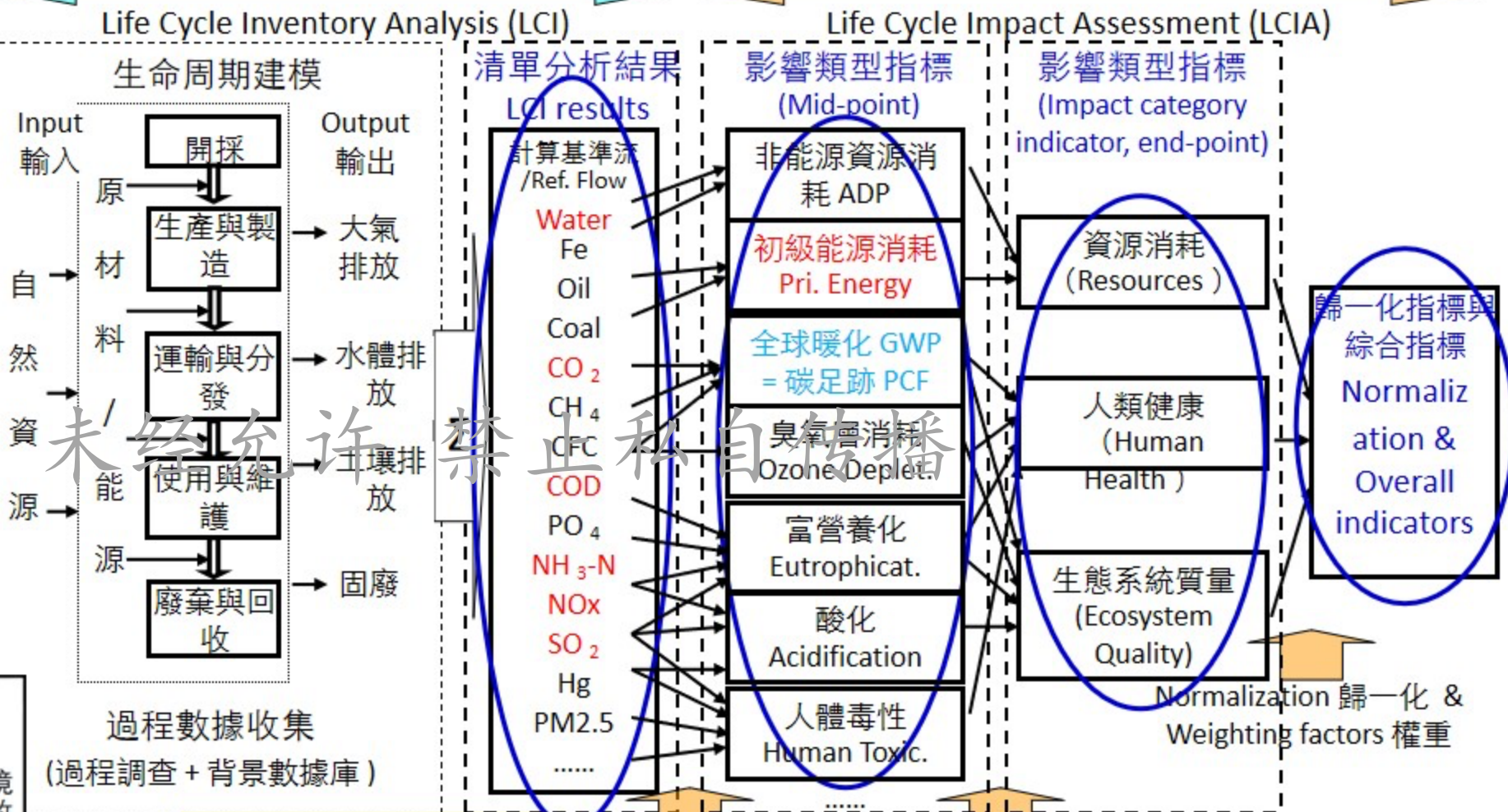
2 生命周期清單分析

3 生命周期影響評價

1、目標與範圍定義

Goal/Scope

- 產品與目標代表性
- 要回答什麼問題?
- 目標受眾與應用?
- 系統邊界
- 影響類型



LCI 結果 = 上百種自然資源 + 近千種環境排放

Characterization factor 特徵化因子

特徵化指標, 如碳足跡 /kg CO₂ eq. = CO₂ x 1 + CH₄ x 30 + CFC x 10900 + ... (IPCC 特徵化因子 100yr = 當量因子)

4、生命周期解釋 Interpret.

- 貢獻率分析 / 靈敏度分析
- 改進潛力 / 方案對比分析
- 穿透分析與趨勢分析
- 數據質量評估與改進

LCA 數據庫：AP 匯總數據集 (LCI 結果) 部分

清單數據庫管理器

分類

- 能源
 - 電力 (445)
 - 煤炭類燃料 (214)
 - 石油類燃料 (302)
 - 天然氣類燃料 (744)
 - 其他不可再生類燃料 (245)
 - 熱能與蒸汽 (37)
 - 機械能 (0)
 - 可再生能源 (1205)
- 非能源資源採選
 - 金屬資源 (0)
 - 非金屬資源 (0)
 - 生物資源 (0)
- 原材料
 - 金屬、半金屬與合金 (991)
 - 無機原材料 (0)
 - 有機原材料 (0)
 - 高分子聚合物 (222)
 - 可再生材料 (384)
 - 其他原材料 (0)
- 制品與消費品
 - 建材與建築 (724)
 - 電子電氣產品及零部件 (256)
 - 交通運輸工具及零部件 (0)
 - 其他機械產品及零部件 (26)
 - 農產品及生產資料 (659)
 - 食品與飲料 (14)
 - 紡織品 (26)
 - 紙制品及紙漿 (178)
 - 包裝 (26)
 - 化學品 (1043)
 - 其它制品與消費品 (171)
- 末端治理技術
 - 廢水處理 (132)
 - 廢氣處理 (0)
 - 廢棄物收集 (0)
 - 固廢處理 (237)
 - 填埋 (229)

項目描述 流程图 market for electricity, hi...

关闭 | 状态: 导入 | 建模 | 生成副本 | 导入 | 导出 | 数据组名称:

数据集与过程描述 产品或服务 产品投入 资源投入 环境排放 待处置废物

在此搜索物质.....

名称	数量	单位
甲苯 [城区接近地面的大气排放]	9.4E-07	kg
甲烷 (化石源) [城区接近地面的大气排放]	1.02E-05	kg
Chloroacetic acid [城区接近地面的大气排放]	8.74E-12	kg
hydrogen [城区接近地面的大气排放]	9.29E-08	kg
氯化氢 [城区接近地面的大气排放]	0.00025	kg
Water [排放到大气 (未指定类型)]	0.00512	m3
硫化氢 [城区接近地面的大气排放]	6.88E-10	kg
Chlorosulfonic acid [城区接近地面的大气排放]	1.13E-13	kg
二氧化硫 [城区接近地面的大气排放]	0.00647	kg
Dimethyl malonate [城区接近地面的大气排放]	1.16E-13	kg
n-propanol [城区接近地面的大气排放]	1.81E-09	kg
Benzene, dichloro [城区接近地面的大气排放]	4.74E-13	kg
二氧化氮 [城区接近地面的大气排放]	0.00336	kg

11 / 1456

83 / 262

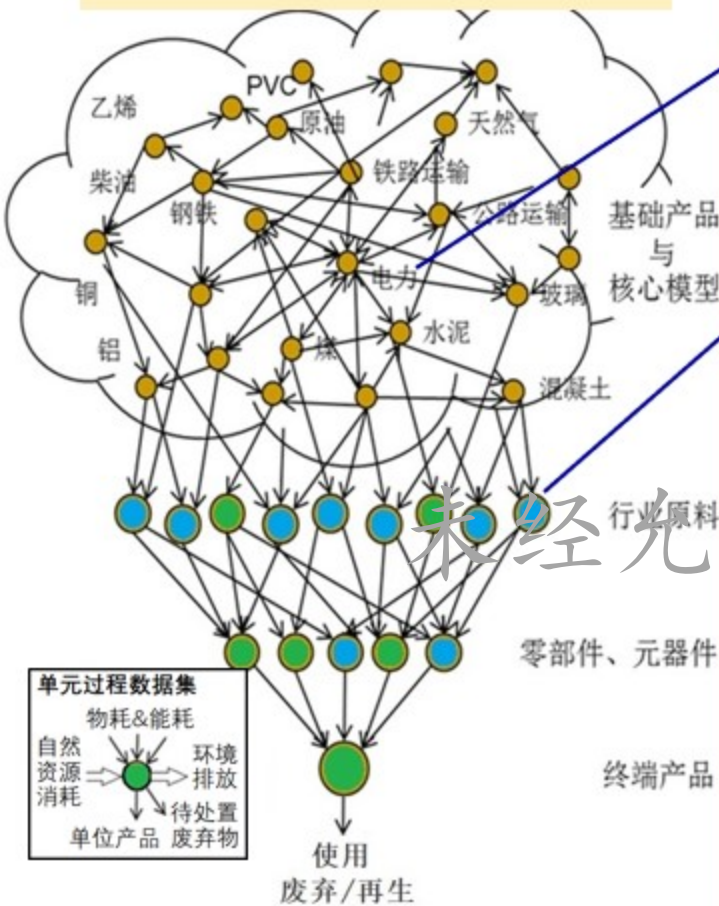
CLCD 版权声明 ELCI 版权声明 Ecoinvent 版权声明

未經允許 禁止私自傳播

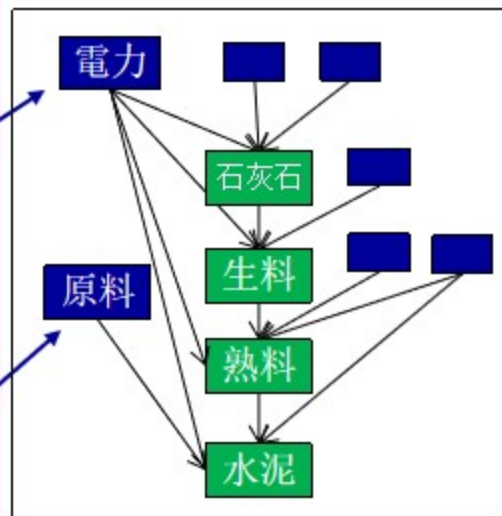


LCA 模型結構：實景單元過程 UP + 背景匯總過程 AP

中國 LCA 核心數據庫 CLCD



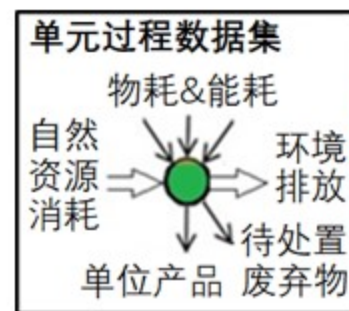
展開到單元過程的 LCA 模型結構示意圖



實際建立的 LCA 模型結構

實際模型包含兩種過程：

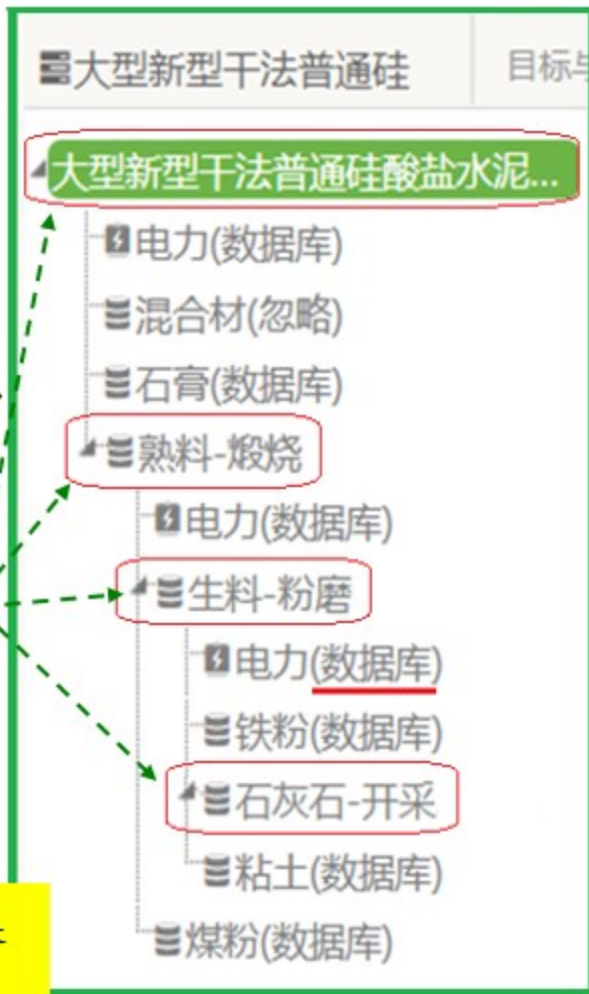
- 自己調查的實景單元過程 (Green box)
- 數據庫的背景匯總過程 (Blue box)



更簡單的模型示意圖



第二大步：收集單元過程 UP 數據集，UP 是調查、分析和改進的重點；
 第三大步：建模，UP 連接數據庫里的背景匯總過程 AP，使模型完整。



eF 軟件中的模型結構
 - 上游過程折在裏面
 - 計算結果相同

思考題：誤用排放因子的碳足跡 計算器

碳足跡計算器		
各項消耗	活動數據	必須是上游碳足跡
電耗	350	X 0.91
乙烯	1020	X 1.34
蒸汽	42	X 0.03
柴油	5	X 0.20
現場排放 CO2量	2.35	x 過程排放因子
Σ聚乙烯碳足跡 = 1700 CO ₂ eq		

TABLE 2.2
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE ENERGY INDUSTRIES
(kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

Fuel	CO ₂			CH ₄		
	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	
Crude Oil	73 300	71 100	75 500	r 3	1	
Orimulsion	r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	
Natural Gas Liquids	r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1
Jet Kerosene	r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	
Other Kerosene	71 900	70 800	73 700	r 3	1	
Shale Oil	73 300	67 800	79 200	r 3	1	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	
Residual Fuel Oil	77 400	75 500	78 800	r 3	1	
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	
Ethane	61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	
Naphtha	73 300	69 300	76 300	r 3	1	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	
Lubricants	73 300	71 900	75 200	r 3	1	
Petroleum Coke	r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	
Refinery Feedstocks	73 300	68 900	76 600	r 3	1	
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1

碳足跡不是排放因子！

產品碳足跡：生命周期全過程 溫室氣體排放總量

排放因子：一個過程的某項輸入與輸出之間的比例係數，如產排污因子

- IPCC 排放因子：各種燃料 燃燒過程的 CO₂、CH₄、N₂O 排放係數
- 碳交易體系採用的全國電網平均排放因子 = 0.5703 t CO₂/MWh
- 還有 CDM/CCER 體系採用的電力 OM、BM 排放因子

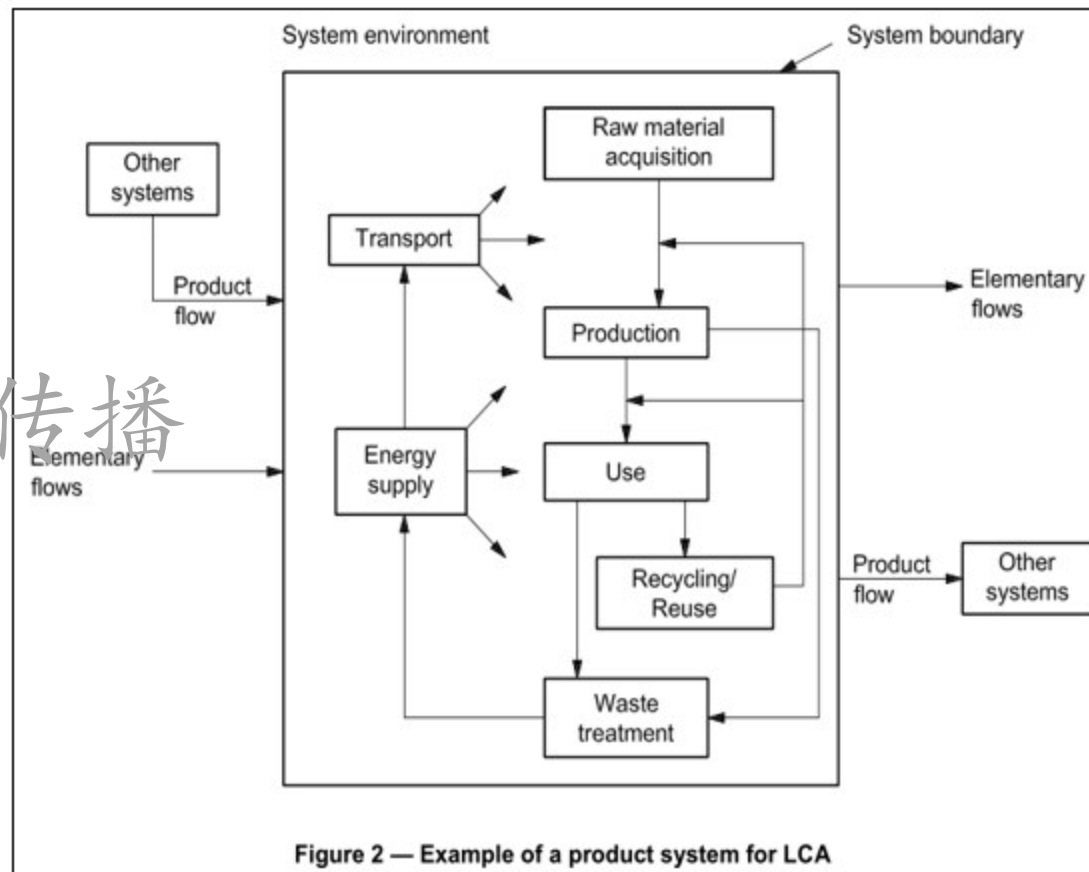
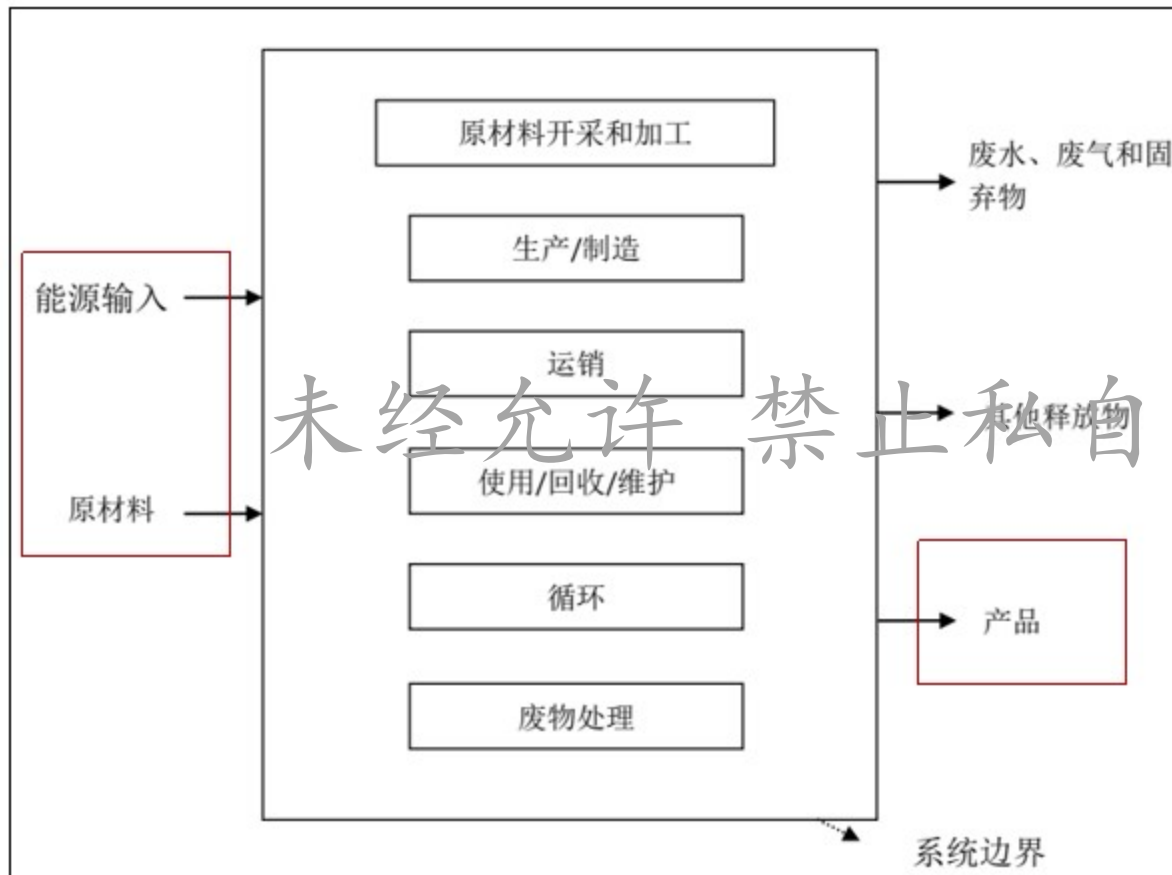
誤用意味着錯誤低估了碳足跡數值；

如果用於產品低碳、碳中和宣傳，意味着漂綠和虛假宣傳風險！

- 因子庫里、計算表中，哪些是單過程排放因子？哪些是全過程碳足跡？

LCA 模型結構：不是空洞的 LCA “階段” 圖

- ▶ 不是真正的 LCA 模型圖。沒有具體的產品 / 原料名稱，沒有實景過程、背景過程的區別，不是單元過程。也許應該稱為“階段”，與 LCA 實際工作步驟無關。



區分實際生產工藝 / 工序圖與 LCA 過程模型圖

- 工藝流程圖只是實景過程部分，可能很細化。
- 生命周期模型圖則代表着模型的過程 / 數據集連接結構，是實際數據收集和計算的模型。

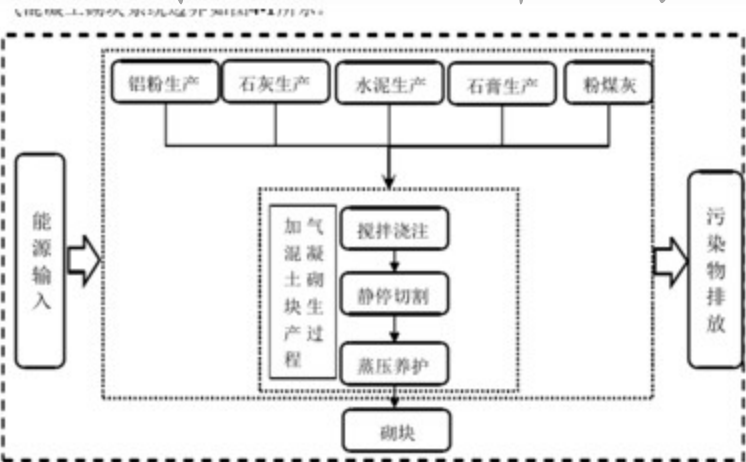
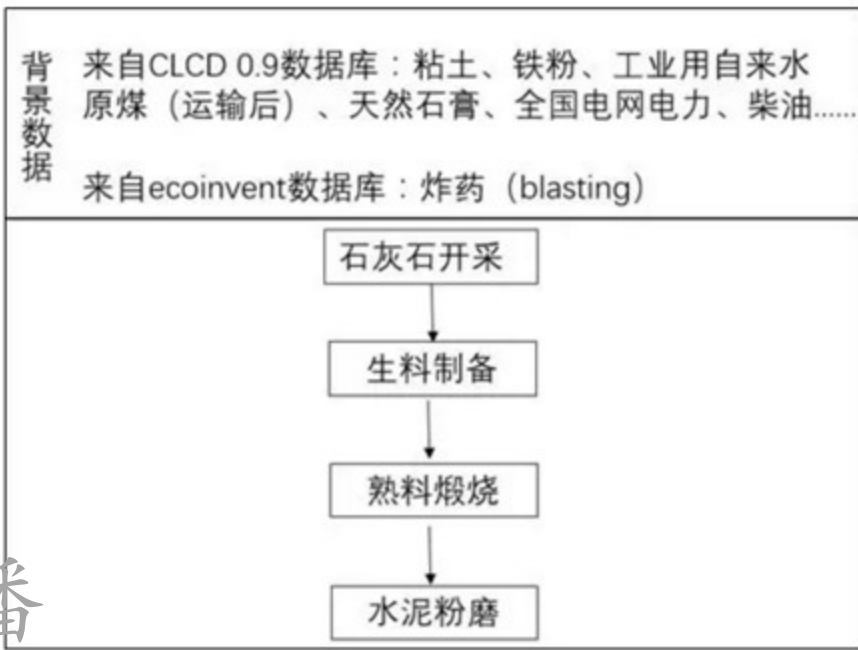
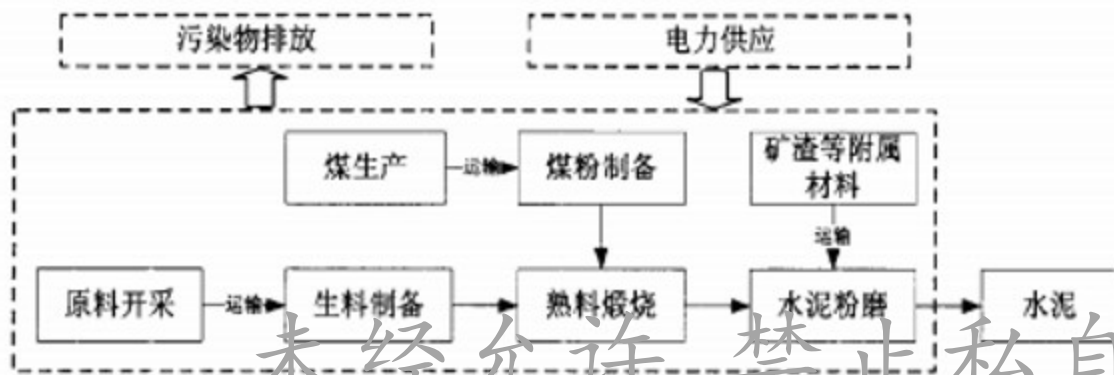


图 4-1 加气混凝土砌块系统边界

- 應說明系統邊界類型：搖籃到大門（出廠）、搖籃到墳墓（包含 End-of-life），二選一。
- 應理解和區分 foreground 實景過程與 background 背景過程
- foreground 實景過程名稱、個數應明確，應與模型嚴格一致。背景過程可擇要畫出。
- 建築、機械等複雜結構產品，可簡化設計。

LCA 模型的層次結構與關鍵術語

■ 生命周期模型，或稱為 產品系統 Product system

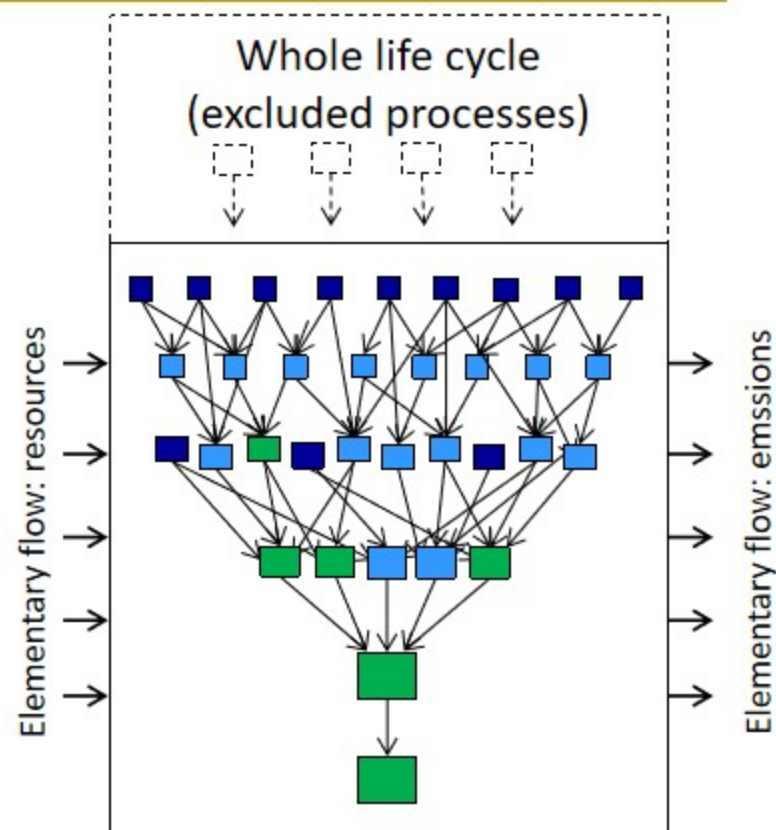
□ 過程 Process (與 過程數據集 一一對應)

按數據來源	實景過程 ■ foreground process & 初級數據 primary data 來自原始數據收集與處理	背景過程 ■ ■ background process & 次級數據 secondary data 來自於數據庫或其他作者
按中間流	單元過程 UP ■ ■ unit process, 直接收集總是得到含中間流的數據集 (一般十幾或幾十條數據)	匯總過程 AP ■ aggregated process, 來自之前的完整模型, 通常不含中間流的數據集 (即 LCI 結果)

□ 數據集 Dataset (UP dataset 或 AP dataset/LCI 結果 - 上千條數據)

■ 清單數據 Inventory flows (來自於原始數據 / 參數 + 算法)

按流向	輸入流 inputs 人造原料 / 能耗、自然資源	輸出流 outputs 產品、環境排放、待處置廢物
按兩端	中間流 intermediate flow , 產品 / 原料 / 能耗、待處置廢物	基礎流 / 環境流 elementary flow , 自然資源、環境排放

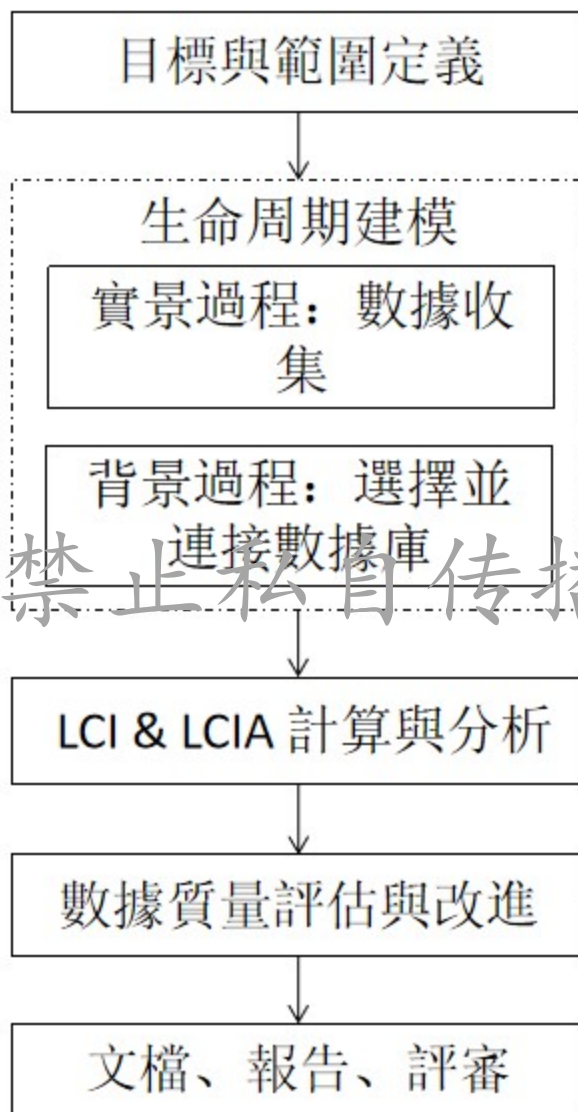
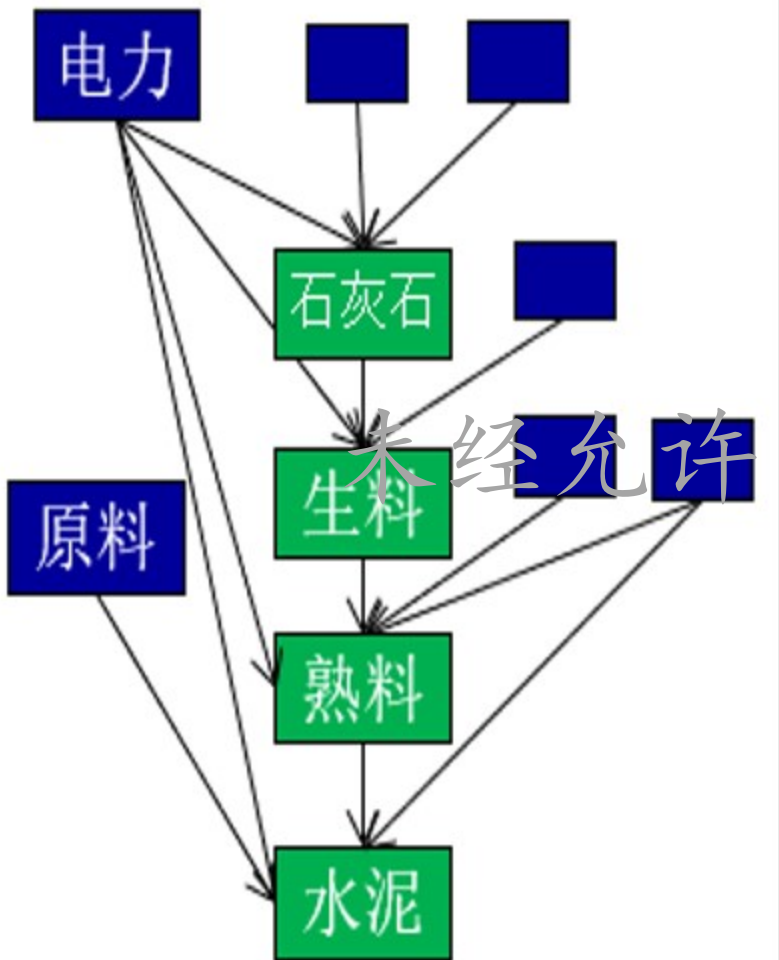


系統邊界 System Boundary

- 包含的過程 Included processes
- 不包含的過程 Excluded processes (因為 取捨規則 cut-off rules 或者數據不可得)

《WebLCA 工作指南》：六大步

中國 LCA 核心數據庫 CLCD



針對性迭代、提高可信度

未经许可 禁止私自传播

《WebLCA 工作指南》：1.1 目標定義

1 目標與範圍定義

2 單元過程數據收集

3 生命周期建模

4 計算與分析

5 數據質量評估與改進

6 文檔、報告和評審

- 目標產品：包括非實物的服務。細分產品種類、甚至規格型號；注意流程型 vs 離散型、原料 vs 消費品
- 目標代表性（工作類型）：代表具體企業及供應鏈的具體產品，代表典型技術水平或平均水平
- 生命周期過程的主要技術代表性、國家、年份：如普通硅酸鹽水泥 (PO32.5)，石灰石+新型干法+餘熱發電+20%混合材，中國 2020 vs 水泥碳足跡 =xxx kgCO₂e
- 計算基準流 Reference Flow：計算時選定產品及數量（建議選 1 即單位數量產品，即 LCA 結果的“分母”，由此可見 LCA 結果代表全過程資源環境效率）
- 功能單位 Functional Unit：單一產品生產的 FU 描述不太重要。（聲明單位 Declare Unit 類似計算基準流）
 - 但多方案對比時很重要，應該在明確的應用場景下，保證功能、壽命、質量應該可比或相當：如鋼 vs 鋁？一次性杯子 vs 陶瓷杯？外牆材料對比
 - 對比研究並公開發布，要求 3 人小組評審，防止誤導和漂綠

未經允許 禁止私自傳播

1.2 範圍定義

■ 維度 1: 系統邊界:

- 通常，原料類“搖籃到大門（從資源開採到產品出廠）”，消費品類“搖籃到墳墓”
- 沒必要的：“大門到大門”=單元過程；沒有“搖籃到搖籃”的概念！
- 有必要的：Included & excluded processes 是數據收集和建模后的模型描述

Cut-off 規則：影響着系統邊界的結果、模型完整性的定義

- C1類：生產設備、廠房設施平攤后通常影響小、可以不包含，人力投入超出 LCA 方法
- C2類低價值原料，或 C3類用量少、貢獻小的可以忽略（不加入另一端過程）

■ 維度 2: 選擇 LCIA 指標（如碳足跡、酸化）及 LCIA 方法（當量因子，如 IPCC2013、CML2002）

- 指標選擇：原則上取決於產品行業（主要污染物）和目標應用場景。但實際上，建議數據調查時盡量覆蓋完整的實景過程輸入輸出，就可以支持計算各種 LCIA 指標。尤其涵蓋國內節能減排政策目標對應的各項 LCIA 指標（eFootprint 默認 9 項，並採用 PEF 推薦的當量因子/方法）

■ 數據質量要求、可靠性檢查、模型假設

- 缺完整性檢查方法和判據，缺數據質量定義和評估方法

WebLCA 的目標與範圍定義

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

模型名称: 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】(t), 从摇篮到大门, 中国, 2016

研究目标:

1

* 产品名称

大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

产品类别

硅酸盐水泥 (非硫铝酸盐、铝酸盐水泥体系)

规格型号

未分类

形状与形态

颗粒/粉末

2

* 数据来源及代表性分类

来自并代表特定企业-不包含主要供应链

来自并代表特定企业-不包含主要供应链

来自并代表特定企业-包含主要供应链

来自资料调查-代表技术平均

来自资料调查-代表来源平均

来自资料调查-代表典型水平

功能单位与基准流

大型新型干法生产1t普通硅酸盐水泥

未经允许 禁止私自传播

不同目的 → 不同的首選數據來源 → 不同的目標應用 → 不同的工作模式:

- 企業調研型: 用於產品報告和審核認證、設計改進、供應鏈管理等
- 文獻調研型: 用於數據庫、技術評價、論文, 標準、政策等



WebLCA 的目標與範圍定義

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

研究范围：

* 系统边界

从摇篮到大门（从资源开采到产品出厂）

3

实景过程范围

生料制备、熟料煅烧、水泥粉磨，到水泥出厂为止

产品产地

中国

* 基准年

2016

取舍规则

1. 普通物料重量 < 1% 产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量 < 0.1% 产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%；
2. 低价值废物作为原料，如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等，可忽略其上游生产数据；
3. 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
4. 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

数据质量评估

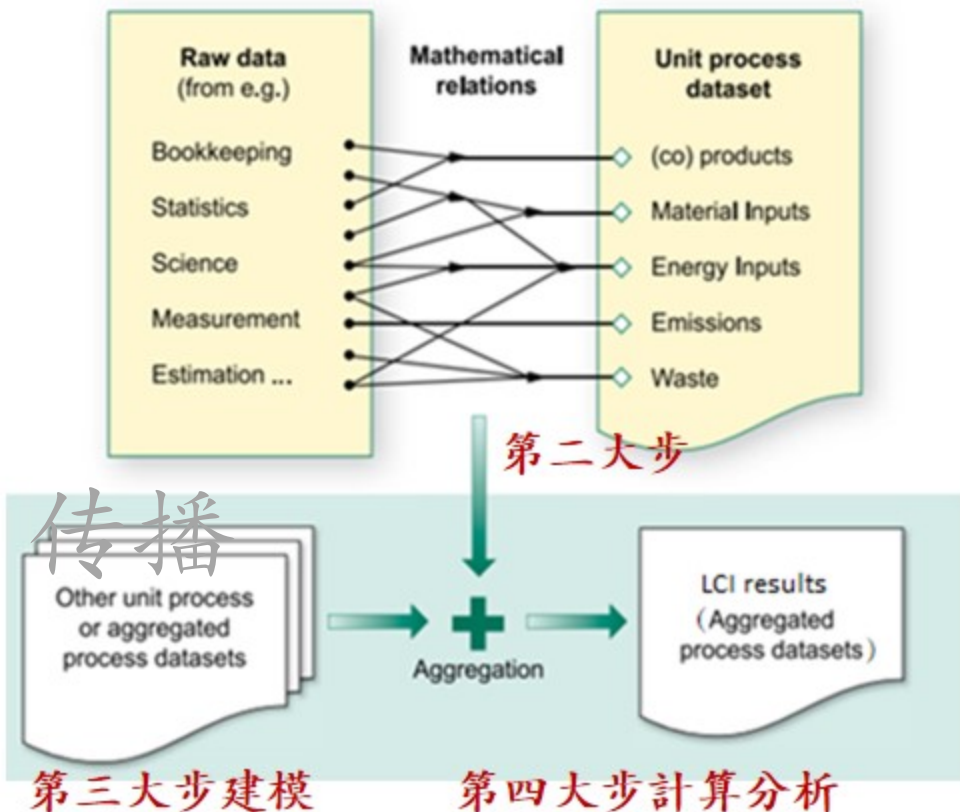
项目信息

- 1) 项目名称
- 2) 委托方
- 3) 委托目的
- 4) 潜在应用

LCA 基本邏輯：① 產品種類？② LCA 工作類型？③ 有 哪幾個实景過程及技術類型？④ 模型完整嗎？⑤ 關鍵數據 是否準確？⑥ 關鍵背景過程 是否匹配？是否拆分為 UP？⑦ 改進分析



WebLCA 單元過程數據收集的基本步驟

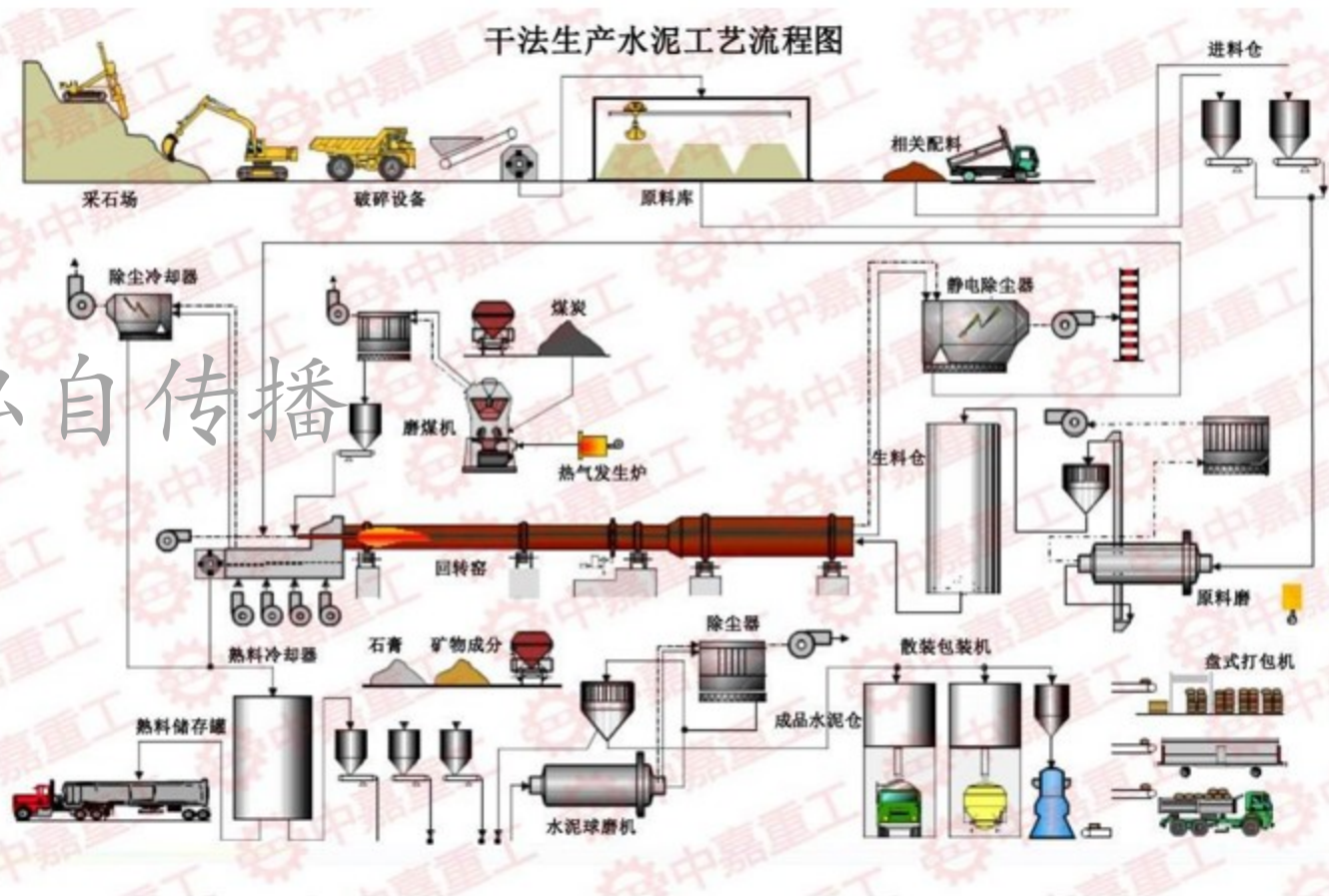
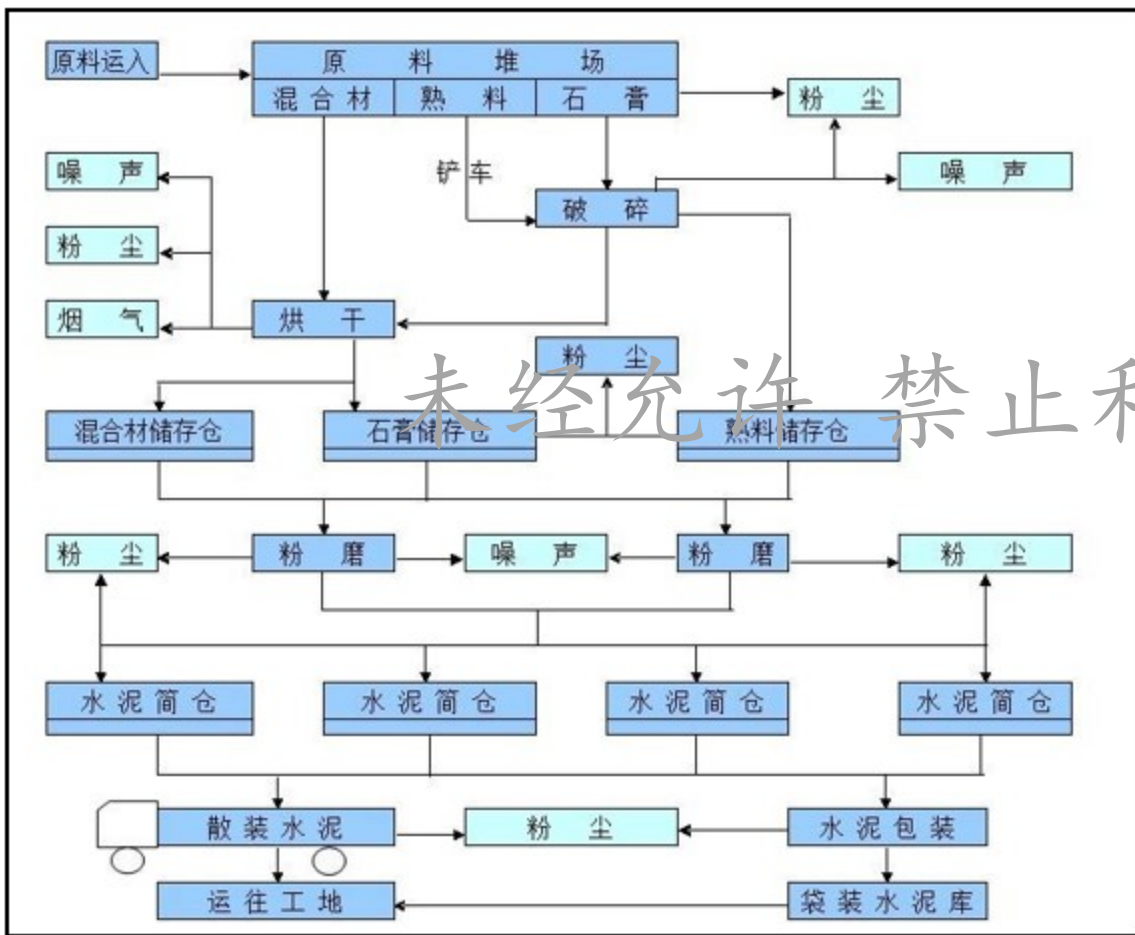


Hongtao Wang. Global Guidance Principles for Development of Database. UNEP 2011

- 被歐盟 PEF 指南 (2013) 採用

從工藝流程 / 工序圖 / 設備圖開始，但這不是 LCA 模型圖

- 工藝流程圖只是實景過程部分，通常很細化、有助理解，但這不是完整 LCA 模型圖，也不是 LCA 模型的單元過程 Unit Process

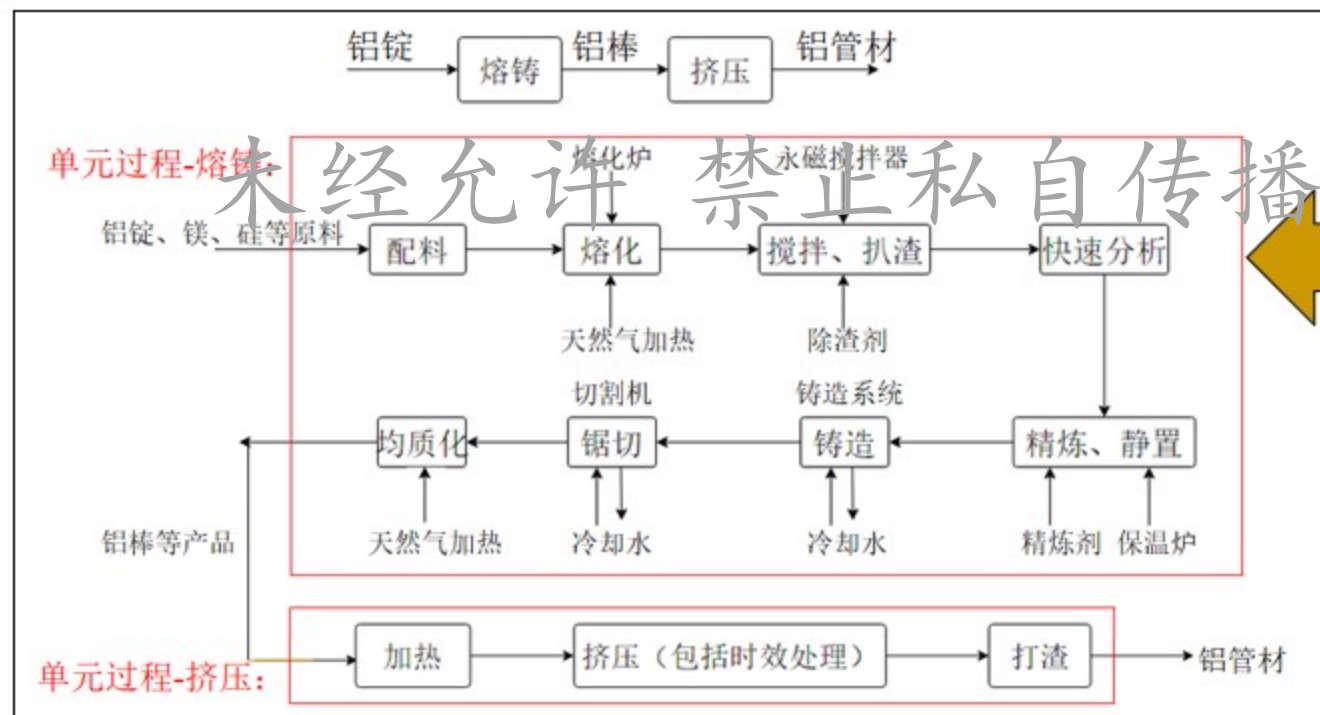


未經允許 禁止私自傳播

WebLCA 單元過程數據收集：2.1 單元過程定義

數據收集的第一步：不是去找數據，而是定義單元過程 Unit Process

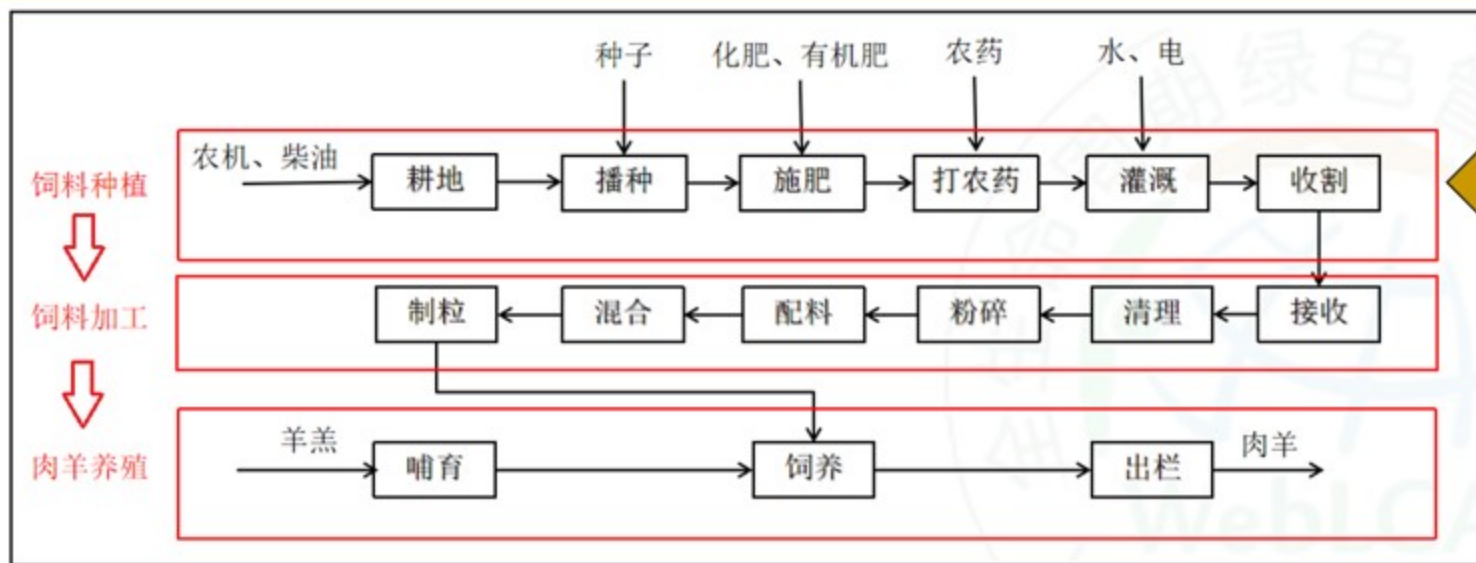
- 單元過程數據集的統計口徑：相同單元過程邊界（包含的工序）+ 相同單元過程基準流
- 劃分 UP 邊界的上下限：希望細分 vs 數據可得性。按照數據可得性劃分一組工序為一個單元過程 UP，然後逐個收集單元過程數據集。



UP-熔鑄(鋁棒)-燃燒式熔鋁爐-天然氣-(各種規格型號)

	單位/噸	6xx 系
產品: 鋁棒		1 t
原輔料		
鋁錠	kg	1041
鎂錠	kg	6
硅錠	kg	4
精煉、打渣劑	kg	2
片鹼	kg	0.4
鋁鈦硼絲	kg	1.8
切削油	kg	0.4
能源		
氮氣	m3	4
電	kWh	20
天然氣	m3	100
自來水	kg	100
排放		
顆粒物	kg	0.06
甲烷	kg	3.70E-03
二氧化碳	kg	209
氧化亞氮	kg	4.00E-04
二氧化硫	kg	0.04
氮氧化物	kg	0.19
氟化物	kg	0
切削廢油	kg	0.3

WebLCA 單元過程數據收集：2.1 單元過程定義



UP-玉米種植-化肥-中國（糧用飼用）

	單位/噸	糧用飼用
產品：玉米粒		1 t
原輔料		
複合肥	kg	78
氮肥	kg	30
磷肥	kg	9.11
鉀肥	kg	12.11
農藥	kg	0.39
玉米種子	kg	3.84
能源		
電力	kWh	85.33
柴油	L	2.9
自然資源		
灌溉水	m3	217.66
排放		
氨氣	kg	2.74
氨氮	kg	0.005
氧化亞氮	kg	0.33
硝酸鹽	kg	1.5
二氧化碳	kg	9.54
總磷	kg	0.03

- 單元過程數據集 Unit process dataset 包含
 - 5類輸入：原輔料、能耗、運輸、設施設備、自然資源消耗
 - 4類輸出：產品或服務（通常選為過程基準流）、副產品、環境排放、待處置廢物
- 注：中間流連接另外一個過程，串聯起生命周期全過程
- 對單元過程數據集的要求：
 - 輸入輸出完整（是 LCA 完整性的第一部分）
 - 關鍵數據準確（對於其數據代表性而言準確）



培訓示例：單元過程數據表（實際工作需要自己調查數據）

生料制备单元	1t	单位	数值	算法	资料
原料投入	石灰石	kg	843.3		可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
	砂岩	kg	181		
	粘土	kg	130.6		
	铁粉	kg	26.1		
能源消耗	电	kwh	21		
大气排放	颗粒物	kg	0.04	工业粉尘排放系数 PM ₁₀ EF _{RawM} :0.059kg/t ，换算到生料制备过程 为0.059/1.52= 0.0388 kg/t生料。	《工业源产排污系数手册 (2010修订)中册》水泥制 造业产排污系数表新型干法 (≥4,000tcl/d)
熟料煨烧单元	1t	单位	数值		
原料消耗	生料	kg	1520		可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
能源消耗	工业用水	t	0.3		
	煤粉	kg	154		
	电力	kwh	28.85		
	CO2	kg	913.05	生产1吨熟料排放的CO2包括： ①生料中碳酸盐矿物分解和有机物燃烧产生 555.35kgCO2； ②按照IPCC温室气体核算方法计算，生产过程煤粉燃烧产生 357.70kgCO2	《2006年IPCC国家温室气体清单指南》
	颗粒物	kg	0.189	如：新型干法（窑头） ≥4000（吨熟料/日）排 污系数：17.49	工业源产排污系数手册 (2010修订)中册》水泥制 造业中水泥制造业产排污系 数表（续6）

水泥示例

未经允许

禁止私

过程排放因子

请将下方bom数据整理到eFootprint系统中下载的bom文件excel表格中【BOM_sample.xlsx】

层级	部件名称	数量	单位	材质名称	材质重量 (单位物料)	单位	采购运输
1	外壳	1	个	-	-	-	-
2	壳身	1	个	不锈钢	0.5	kg	1200km, 铁路
2	壶盖	1	个	PP	0.05	kg	800km, 汽运-10t
1	底座	1	个	聚乙烯	0.2	kg	1200km, 汽运-10t
1	加热元件	1	个	镍	0.15	kg	180km, 汽运-2t
1	加热指示灯	1	个	-	0.05	kg	180km, 汽运-2t
1	加热指示灯	1	个	-	0.05	kg	300km, 汽运-6t
1	电源线	1.2	m	-	0.24	kg	600km, 汽运-10t
2	护套	1	个	PVC	0.2	kg	-
2	导体	1	块	铜	0.04	kg	-

请将下方数据填写至电热水壶模型中【电热水壶-生产】节点输入和输出表中

数据类型	清单名称	数量	单位	采购运输
原辅料	自来水	20	g	-
包装	瓦楞纸	150	g	100km, 汽运-2t
能耗	电耗	2.5	kWh	
	天然气	1.2	m3	
	CO2	2.6	kg	

電熱水壺示例

请将下方数据填写至电热水壶模型中【电热水壶-使用】节点输入表中

数据类型	清单名称	数量	单位	备注
运输	电热水壶销售运输	0.98	t*km	毛重1.4kg, 平均运距700km
能耗	电耗	27.38	kWh	计算依据：额定功率500W, 设计使用寿命3年, 每天用3次（每次约1min）

2.3 常用數據來源與數據處理

- 數據來源：取決於① 產品類型、② LCA 工作類型、③ 單元過程及其輸入輸出種類
 - ① 流程型產品（通常按重量計，無尺寸大小）；離散型產品（計件）BOM 表/損耗+能耗+排放
 - ② 企業調研型 vs 綜合文獻調研型
 - ③ 單元過程 UP 數據集的統計口徑：必須是相同的單元過程邊界，必須是本過程基準流（通常即單位數量產出）所對應的各項消耗與排放

③ 單元過程	企業調查 與常用算法	行業 / 文獻調查 與常用算法
能耗	生產記錄：統計平均	行業總量統計平均，或引用文獻（單耗數據）
主要原物料	生產記錄：統計平均	行業總量統計平均，或引用文獻（單耗數據）
輔料	生產記錄：統計平均或配料計算	配料計算，或引用文獻（單耗數據）
主要污染物	監測並換算為單位產品排放	行業排污因子、行業統計平均、平衡計算
其他污染物	監測，平衡計算，或引用文獻	平衡計算，或引用文獻

- 數據處理：原始數據 + 算法 → 單條清單數據。
 - 如：單產排放 = 濃度 * 流量 * 時長 / 單位時間產量 * 時長

2.3 常用數據來源與數據處理

1、原輔料、能耗、資源消耗、運輸等輸入清單 數據

- 企業生產統計台賬：例如生產管理信息化系統、甚至 MES 系統。
- 直接獲取法：直接獲得填入單位產品的投入，如清潔生產 審核報告、環評等。
- 公式法：採用理論公式、經驗公式或半經驗公式計算獲得單位產品的數據。當以上兩種數據難以獲取的情況下，可採用公式法，但要注意公式法計算結果與實際情況的差異。常用的有：（1）理論公式：依據物理化學的原理計算求得清單數據，如物料 / 能量平衡、化學 / 元素 / 能量配比和化學反應方程式等。（2）經驗公式：依據經驗擬合出來的經驗近似關聯式；（3）半經驗公式：建立在理論基礎上擬合出來的經驗關聯式。常見的有設計經驗式。
- 典型值法：收集數據不完備時，可用典型企業、類似企業或典型產品、類似產品的數據代表研究對象；常用的方法有：代用法（直接移用典型值）和推斷法（典型值經調整之後使用）。
- 國外數據法：國內數據源缺失時，可採用國外具有相同或相似代表性的數據替代。
- 主要原輔料應添加運輸距離。

2.3 常用數據來源與數據處理

2、環境排放、待處置廢棄物等輸出清單數據

- 監測數據或 排污因子法：是最常見的排放數據獲得方式。主要排污因子：溫室氣體等通過 IPCC 的數據獲得；廢水、COD、氨氮、揮發酚、石油類、廢氣、SO₂、NO_x、煙塵、粉塵、廢渣等排污因子可通過《全國污染源普查產排污係數手冊》獲得。
- 公式法：對於難以通過上述兩種方法獲得的數據，可採用理論公式、經驗公式或半經驗公式獲得數據。
（1）理論公式：依據元素含量和化學反應方程式推斷出排放係數。
（2）（半）經驗公式法：常用的有原料（副產品）基準法：通過原料或副產品在單元過程的排污係數推出單位產品的污染物排放。例如，想獲得生產單位轉爐鋼的 CO₂ 的排放，CO₂ 通過轉爐鋼燃料焦爐煤氣和乙炔的燃燒以及副產品轉爐煤氣放散燃燒的 IPCC 排放係數求和獲得。
- 典型值法：收集數據不完備時，可用典型企業、類似企業或典型產品、類似產品的數據代表研究對象；常用的方法有：代用法（直接移用典型值）和推斷法（典型值經調整之後使用）。例如轉爐鋼生產過程中 NO_x 數據缺失，由於 NO_x 主要來自焦爐煤氣燃燒，可通過炭化室 >6 m 的頂裝焦爐，採用焦爐煤氣作燃料時的 NO_x 排放係數替代之。
- 國外數據法：國內數據源缺失時，可採用國外具有相同或相似代表性的數據替代。

WebLCA 單元過程數據收集的基本步驟

2.1 單元過程的劃分與目標代表性

- 將被調查過程劃分為連續的單元過程（明確過程邊界）；細分程度取決於數據可得性
- 參照整體目標與範圍定義，明確過程名稱、產品名稱、技術代表性、國家/地區、年份等

2.2 寫出完整的輸入輸出清單

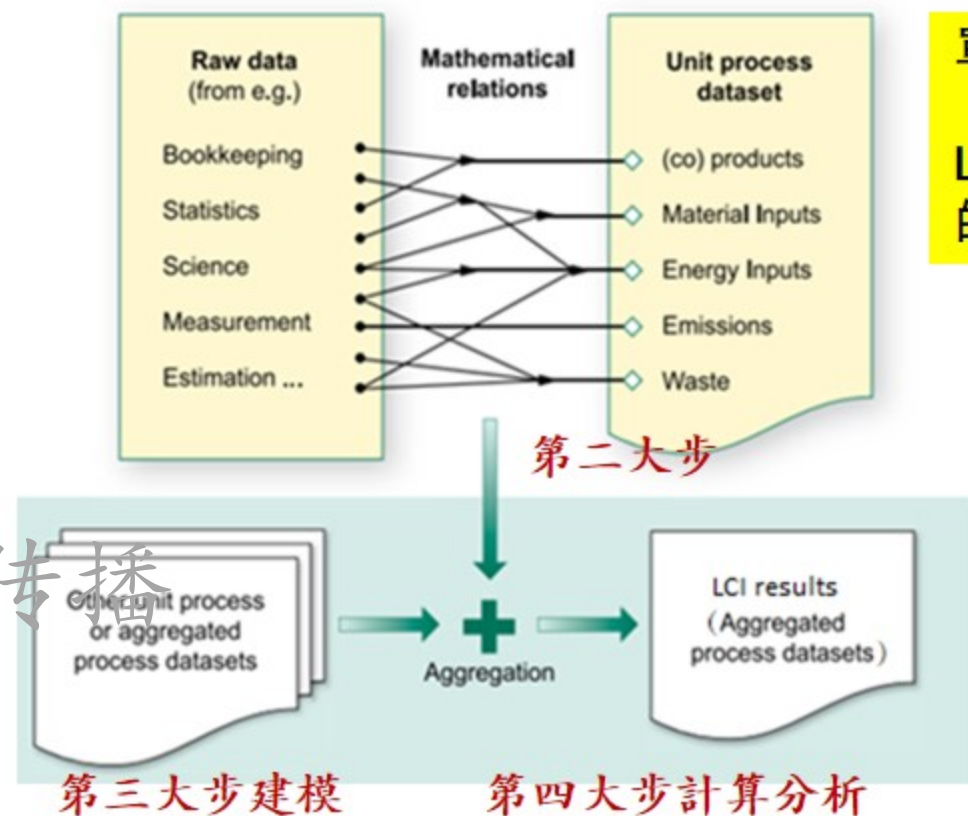
- 完整性：盡量多找資料，保證 UP 數據集輸入輸出的完整性，或引用 eFootprint 的 UP 模板
- 第 1 類 Cut-off 規則：機器、廠房等固定資產和人員相關的消耗可忽略

2.3 逐條得到清單數據表

- 過程基準流：UP 數據集的統計基準/口徑
- 原始數據 + 算法 → 單條清單數據

2.4 數據集記錄與描述

- 寫入模型的 UP 過程數據表中，並完整記錄原始數據來源和算法、實際代表性等



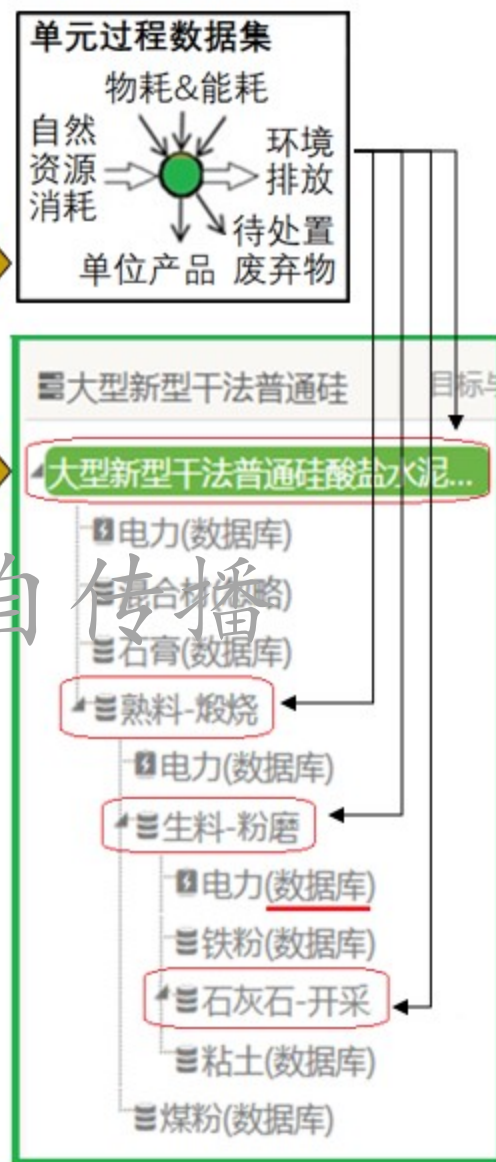
單元過程 UP 是 LCA 模型的核心部分!

Hongtao Wang. Global Guidance Principles for Development of Database. UNEP 2011

- 被歐盟 PEF 指南（2013）採用

《WebLCA 工作指南》：六大步

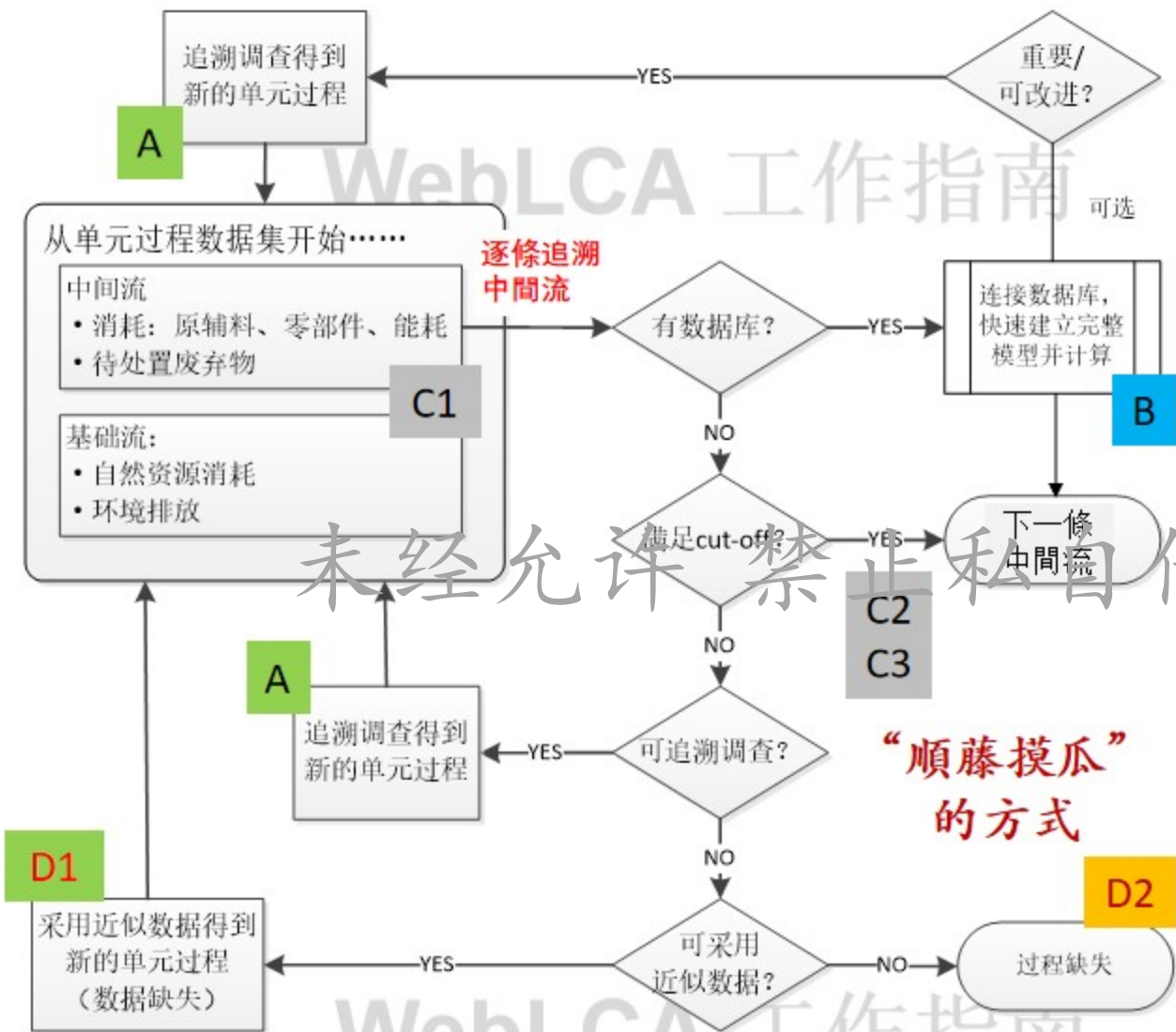
- 1 目標與範圍定義
- 2 單元過程數據收集
- 3 生命周期建模
- 4 計算與分析
- 5 數據質量評估與改進
- 6 文檔、報告、評審



逐條追溯中間流，
從一個 UP → 多個
UP → 完整的生命周
期模型的步驟

未经允许 禁止私自传播

一個 UP → 多個 UP → 完整的生命周期模型的步驟



WebLCA 的 cut-off 規則

- C1 (無需收集數據)：機器、廠房等固定資產和人員相關的消耗可忽略；
- C2：廢棄物或價值很低的物料作為原料，可忽略上游生產過程；
- C3：原料 < 1% 過程產出重量、含稀貴或高純成分時 < 0.1%wt，可忽略上游生產過程，但總共忽略不超過 5%wt；

模型完整性的 3 個方面

1. 單元過程數據集完整
2. 中間流追溯完整 (ABC2C3 之
3. 數據集 B 的模型完整

系統邊界?
模型完整性!

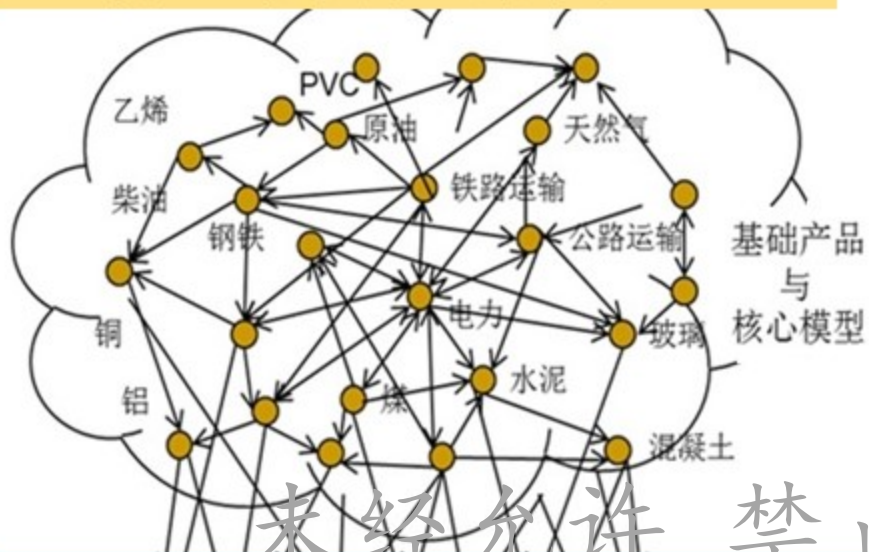
* 缺失的情況 D1、D2 應明確陳述

WebLCA 數據質量/可信度的定義

模型完整 + 關鍵數據準確 + 背景數據集匹配

沒有核心數據庫，就沒有完整的 LCA/碳足跡及其他數據庫

中國生命周期核心數據庫 CLCD



- 全球只有 4 個獨立核心數據庫：ecoinvent、GaBi、日本 IDEA、中國 CLCD；
- 全球所有 LCA/碳足跡報告，或者使用了上述數據庫，或者其模型就是不完整的！
- 這是建立 LCA/碳足跡體系的基础

獨立、完整的核心數據庫的 4C 原則

- 必須涵蓋上百個行業、幾百種核心能源、材料、化學品的資源開採、生產和運輸過程（Core processes and products），從而保證自身的完整性（Completeness）
- 建立統一的核心網絡模型（Core life cycle model）從而保證一致性（Consistence）
- 由此才能保證下游產品 LCA 的完整性，支持下游數據庫的開發（下游數據庫自身不能達到生命周期完整，必須依賴於核心基礎數據庫的支持）

WebLCA 數據庫網絡建設

- 企業產品模型 = 企業生產數據庫 + 原料供應商生產數據庫 + 基礎數據庫
- 基礎數據庫 = 核心數據庫（CLCD）+ 擴展數據庫（研究型/行業性/區域性數據庫）

生命周期模型：UP 過程與輸入輸出數據集

- UP 數據集：5類輸入（原輔料、能耗、運輸、設施設備、自然資源消耗），4類輸出（產品-過程基準流、副產品、環境排放、待處置廢物）
 - 中間流原則應連接到另一個過程，環境流不連接其他過程。

輸入流	說明
原輔料 / 零部件 / 包裝等	先快速連接上游生產過程 AP，或直接調查 UP，或 C2、C3
能耗（二次能源載體）	通常連接 AP 數據庫；蒸汽等現場能源生產也可以直接調查 UP
運輸服務	運輸量 $t \cdot km$ ，通常連接 AP 數據庫，企業也可調查運輸實景過程 UP
設施、設備	需要分攤到壽命期總產出，通常較小而忽略 C1（除非基礎設施網絡）
自然資源消耗（環境流）	沒有上游生產過程，影響資源消耗指標 <i>PED</i> 、 <i>ADP</i> （過程直接貢獻）
輸出流	說明
主產品 / 服務	通常選為過程基準流，數量可任選（選 1）
副產品（多功能）	UP 輸入輸出數據需要分攤（分配），計算時扣除副產品應分攤的部分
直接環境排放（環境流）	沒有下游過程，影響相應環境指標（過程直接貢獻）
待處置廢物	通常連接 AP 數據庫，企業也可調查實景處理過程 UP

eFootprint : 生命周期模型 + 单元过程数据表

< 【示例】普通硅酸盐水泥-大型新型干法 | 目标与范围定义 | **生命周期模型** | LCA结果 | 模型文档 | 模板 | 资料库

搜索

- 【示例】普通硅酸盐水泥
- 电力[数据库]
- 熟料
- 煤粉[数据库]
- 电力[数据库]
- 生料
- 电力[数据库]
- 铁粉[数据库]
- 石灰石[数据库]
- 粘土[数据库]
- 协同处置生活垃圾 [忽略]
- 废油[数据库]
- 混合材 [忽略]
- 石膏[数据库]

过程描述

产品信息(1)

产品名称	数量	形状与状态	规格型号	操作
熟料 主产品	1t	单件/台/套	未分类	

输入表(5)

输入名称	数量	输入类型	上游过程	操作
煤粉	144kg	能源	CLCD-China-ECER 0.8	
电力	37kWh	能源	CLCD-China-ECER 0.8	
生料	1.2t	原材料/物料	实景过程数据	
协同处置生活垃圾	120kg	原材料/物料	忽略	
freshwater[水体可再...]	0.3m3	自然资源	----	

输出表(6)

输出名称	数量	输出类型	下游过程	操作
废油	0.02kg	待处置废物	3058872680@qq.com 1.0	
氮氧化物[排放到大气 (未指定类型)]	0.3kg	环境排放	----	
二氧化硫[排放到大气 (未指定类型)]	0.14kg	环境排放	----	
二氧化碳 (化石源)[排放到大气 (未指定类型)]	600kg	环境排放	----	

生命周期模型

单元过程的输入输出清单数据表

未经许可 禁止私自传播

中間流，連接到另一個過程：

- 另一個實景過程（生料粉磨）
- 背景數據集

eFootprint : 為中間流 (輸入) 指定上游數據來源

上游數據來源類型

- 數據庫：直接搜索引用數據庫數據
- 新增過程：手動填寫
- 導入數據：通過 BOM 表導入輸入清單
- 引用模板：引用模板建立模型
- 數據請求：對外發送數據請求獲取模型數據
- 可忽略：符合取捨規則的消耗，可不追溯上游生產過程數據
- 數據不可得：未獲取上游生產數據

指定上游数据来源

指定上游数据来源

新增过程	导入数据	数据库✓
引用模板	数据请求	可忽略
数据不可得		



数据库

禁止私自传播

LCI数据 模型数据

LCI数据	过程名称	单位	国家名称	所有者
模型数据	全国平均电网电力混合	kWh	中国	CLCD-China R 0.8
<input checked="" type="checkbox"/>	全国平均电网电力传输	kWh	中国	CLCD-China R 0.8

数据集名称: 全国平均电网电力-全国平均电网电力传输(中国)
数据集版本: 0.8
数据使用建议: 可以用于以电力作为背景数据的各种产品的碳足迹及生命周期指...
数据集发布者: HouPing

eFootprint : 為中間流 (輸入) 指定上游數據來源

上游數據來源類型

- 數據庫：直接搜索引用數據庫數據
- 新增過程：手動填寫
- 導入數據：通過 BOM 表導入輸入清單
- 引用模板：引用模板建立模型
- 數據請求：對外發送數據請求獲取模型數據
- 可忽略：符合取捨規則的消耗，可不追溯上游生產過程數據
- 數據不可得：未獲取上游生產數據

取捨規則 cut-off criteria

忽略类型:

重量比 < 1% 的物料

含稀贵或高纯成分的物料,重量比 < 0.1%

来自于上游的低价值物料,如矿渣、炉渣等

机器设备厂房等生产资料和基础设施

eF 將創建一個空的單元過程 (上游 / 下游過程)，可以填寫新的過程數據集。

指定上游数据来源



模型及數據缺失

對外發出數據請求，其他用戶可以回復，提供上游 LCI 結果或模型

保存

eFootprint : 生命周期模型 + 单元过程数据表

生命周期模型

单元过程的输入输出清单数据表

过程描述

产品信息(3)

产品名称	数量	形状与状态	规格型号	操作
肉羊 (主产品)	2320kg	单件/台/套	未分类	✎
羊奶	6090kg	浆料/悬混液		✎ ✕
羊绒	350kg	单件/台/套	含绒率65%-80%	✎ ✕

输入表(6)

输入名称	数量	输入类型	上游过程	操作
电力	796kWh	原材料/物料	CLCD-China 0.9	✎ ✕
精饲料	15.68t	原材料/物料	背景过程数据	✎ ✕
羊粪	33Item(s)	原材料/物料	忽略	✎ ✕
苜蓿	29.7t	原材料/物料	icacontest-t-0niv@ike-global.com 1.0	✎ ✕
地下水 - 农业用 [资...]	383.25m3	自然资源	----	✎ ✕
grassland, for livestoc...	5.58E+05m2*a	自然资源	----	✎ ✕

输出表(2)

输出名称	数量	输出类型	操作
甲烷 (生物源) [排放到大气 (未指定类型)]	1510kg	环境排放	✎ ✕
氧化亚氮[排放到大气 (未指定类型)]	27.2kg	环境排放	✎ ✕

数据收集时用到 IPCC 排放因子

- 中間流，連接到另一個過程
- 背景數據集 = 碳足跡因子?
- 另一個實景過程 (精飼料生產)
- 平台用戶數據庫

未经允许 禁止私自传播

模型檢查

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

基准流: 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】-大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】(1t)

完整性检查-上游数据完整性

检查提示: 可通过链接在消耗页补充上游数据, 补充后需重新计算。

符合取舍规则

重量比=物料重量*数量/产品重量

总忽略物料重量比=数据缺失的重量比+符合取舍规则的重量比

- 功能: 按 cut-off 規則檢查模型完整性。

全部

补充重量信息

过程名称/数据集名称	消耗名称	上游数据类型	数量(单位)	重量比	检查结果
大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】	混合材	可忽略	165kg	16.50 %	来自上游低价值废料, 可忽略
大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】	石膏	数据不可得	50kg	5.00 %	数据缺失

< 1 > 总共 2 条信息

完整性检查-清单完整性

检查提示: 模型中单元过程清单与所引用模板的单元过程清单对照, 检查无重要清单缺失。

分配方法

检查提示: 本模型中无多产品系统分配。



思考題：生命周期碳足跡 & 單元過程碳排放因子

**水泥碳足跡：
833kgCO₂ eq/t 水泥**

大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

- 电力[数据库]
- 混合材 [忽略]
- 石膏 [数据不可得]
- 熟料**
 - 煤粉[数据库]
 - 电力[数据库]
 - 自来水[数据库]
 - 生料
 - 电力[数据库]
 - 铁粉[数据库]
 - 石灰石[数据库]
 - 粘土[数据库]
- 粉尘[数据库]

目标与范围定义 生命周期模型 LCA结果 模型文档与评审

过程描述

过程名称：熟料煅烧 主要数据来源：代表

工艺技术类型：新型干法回转窑

产品信息(1)

产品名称	数量	形状与状态	规格
熟料 [主产品]	1t	单件/台/套	

输入表(4)

输入名称	数量	输入类型	上游
煤粉	144kg	能源	
电力	31kwh	能源	
自来水	0.3t	原材料/物料	
生料	1.52t	原材料/物料	

输出表(6)

输出名称	数量	输出类型	下游
二氧化碳 (化石燃料源)[排放到大气 (未指定类型)]	830.29kg	环境排放	
可入肺颗粒物 (PM2.5)[排放到大气 (未指定类型)]	0.19kg	环境排放	
氨[排放到大气 (未指定类型)]	0g	环境排放	
化学需氧量[排放到水体 (未指定类型)]	0.06g	环境排放	
二氧化硫[排放到大气 (未指定类型)]	0.14kg	环境排放	

单元	单位	数值	算法	资料
生料制备单元	1t			
原料投入	石灰石	kg	843.3	可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
	砂岩	kg	181	
	粘土	kg	130.6	
	铁粉	kg	26.1	
能源消耗	电	kwh	21	
大气排放	颗粒物	kg	0.04	工业粉尘排放系数 PM ₁₀ _EF_RawM:0.059kg/t ，换算到生料制备过程为0.059/1.52= 0.0388 kg/t生料。 《工业源产排污系数手册(2010修订)中册》水泥制造业产排污系数表新型干法(>4,000tcl/d)
熟料煅烧单元	1t			
原料消耗	生料	kg	1520	可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
	工业用水	t	0.3	
	煤粉	kg	154	
	电力	kwh	28.85	
能源消耗				
C02	kg	913.05	生产1吨普通硅酸盐水泥熟料产生的CO2包括： ①生料中碳酸盐矿物分解和有机物燃烧产生555.35kgCO2； ②按照IPCC温室气体核算方法计算，生产过程煤粉燃烧产生357.70kgCO2	过程排放因子 《2006年IPCC国家温室气体清单指南》
颗粒物	kg	0.189	如：新型干法(窑头) >4000(吨熟料/日)排 污系数：17.49	工业源产排污系数手册(2010修订)中册》水泥制造业中水泥制造业产排污系数表(续6)

未经允许 禁止私自传播

《WebLCA 工作指南》 LCA 六大步

1

目標與範圍定義

- 1.1 目標定義：目標產品、功能單位 & 基準流
- 1.2 範圍定義：系統邊界、LCIA 指標選擇
- 1.3 整體的目標代表性定義

2

單元過程數據收集

- 2.1 單元過程 UP 描述：單元過程的目標代表性
- 2.2 數據集完整性
- 2.3 單條數據收集和整理
- 2.4 UP 數據集記錄

3

生命周期建模

- 3.1 追溯中間流，建立完整模型
- 3.2 特殊建模：多功能系統分攤、再生循環等
- 3.3 模型檢查：完整性檢查、敏感性檢查

4

計算與分析

- 4.1 LCI 和 LCIA 結果匯總計算
- 4.2 貢獻率 / 靈敏度分析
- 4.3 減排潛力和趨勢分析

5

數據質量評估

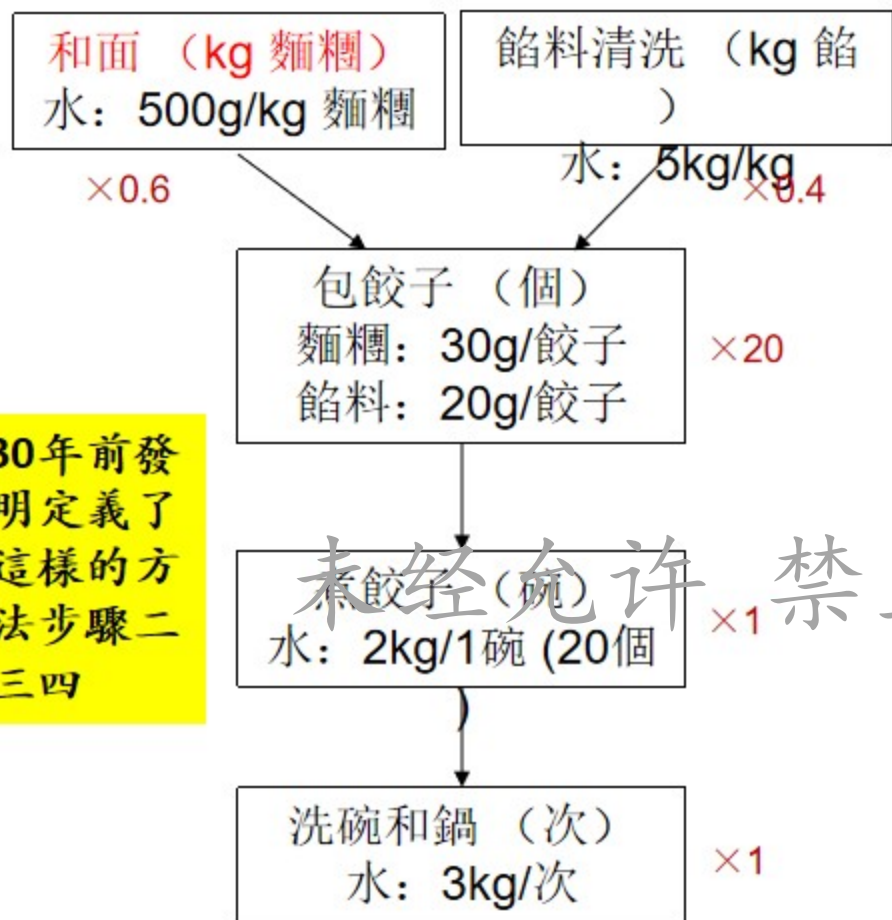
- 5.1 數據的不確定度評估
- 5.2 結果的不確定度分析
- 5.3 針對性改進

6

文檔、報告和評審

- 6.1 數據庫文檔：展示 LCA 模型和結果的關鍵信息
- 6.2 LCA 報告：結果、結論、改進建議
- 6.3 評審：公開對比報告必須評審

第四步：LCA 的建模、計算、分析方法



30年前發明定義了這樣的方法步驟二三四

一碗餃子，需要消耗多少水？

$$3+2+0+0.3+2=7.3\text{kg}$$

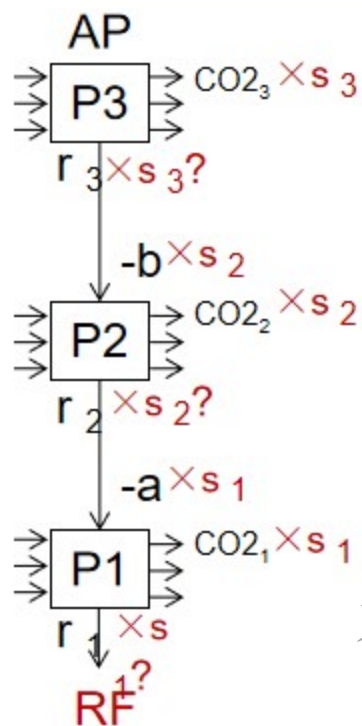
■ LCI 計算的實質：

- 生命周期各階段的資源消耗與環境排放按比例被累加在一起，而中間產品被替換為生產這些中間產品的生命周期過程的資源消耗與環境排放；
- 由此，原本不同中間產品不可比，經匯總累加計算轉換為可比的資源環境指標；
- 由此，可評價節材與原料替代/供應商替代、節能與能源替代的影響，這是全社會最主要的改進途徑。

■ LCA 思路概括

- 人類生產消費活動 → 劃分為產品 → 劃分為過程
- 每個過程都有一張輸入輸出表（左圖不完整）
- 生命周期建模 = 追溯一串相關過程（左圖不完整）
- 自然的算法：按比例累加在一起，得到各種資源消耗與環境排放全過程總量
- 分析、對比，支持生產消費活動的改進

LCI 的計算原理與意義



1. 指定待計算產品及數量，即計算基準流 RF(Reference flow)，可以是中間產品
2. 調整各過程的產量比例係數 s (scaling factor)，使得上游產出 \equiv 下游消耗
 - 過程係數 $s_1 = RF/r_1$, $s_2 = (RF*a)/(r_1*r_2)$, $s_3 = (RF*a*b)/(r_1*r_2*r_3)$,
 - 同一數據集所有輸入輸出同比例變化（即物質守恆，且生產技術的效率不變）

3. LCI results = 調整比例后各過程 dataset 之和，結果是

- 基準流 RF 被保留下來，即系統產出
- 中間流被抵消（因為上游產出 \equiv 下游消耗）
- 資源投入和環境排放 (elementary flow) 被累加：

$$\text{如 } CO2_{LC} = s_1 * CO2_1 + s_2 * CO2_2 + s_3 * CO2_3 + \dots$$

特徵化指標，如碳足跡 /kg CO2 eq. =
 $CO2_{LC} \times 1 + CH4_{LC} \times 30 + CFC_{LC} \times 10900$
+ ... (IPCC 特徵化因子 100yr = 當量因子)

是否可以規定：過程係數取值小於或大於上述規則確定的值？

30年前，發明定義了這樣的方法步驟（二三四），目的是：

- LCI 計算的實質：中間產品被替換為生產這些中間產品的生命周期過程的資源消耗與環境排放；
- 由此，生命周期各階段的資源消耗與環境排放被累加在一起，其在各生命周期階段的轉移被顯現出來；
- 由此，原本不同中間產品不可比，經匯總累加計算轉換為可比的資源環境指標；
- 由此，可評價節材與原料替代 / 供應商替代、節能與能源替代的影響，這是全社會最主要的改進途徑。

模型清單數據與 LCI 結果之間的關係

計算基準流 RF → UP 的過程係數 s → 然後

UP 輸入表中各項對 LCI 結果的貢獻：

+ s * 資源消耗量 → 僅貢獻到資源物質總量，如水耗

+ s * 中間流數量 * 未連接上游過程 / cut-off = 0

+ s * 中間流數量 * AP 數據集 (=前 LCI 結果“因子”)

+ s * 中間流數量 * UP 數據集的全部上游過程的 LCI 結果

UP 輸出表中各項對 LCI 結果的貢獻：

+ s * 環境排放量 → 僅貢獻到環境物質總量，如 CO₂

+ s * 待處置數量 * 處置過程 AP 或 UP 數據集

問題：過程清單數據的有/無、增大/減小、連接/不連，對 LCI 結果（上百項資源消耗和數百項環境排放）的影響？

产品信息(1)

⊕ 添加产品

产品名称	数量	形状与状态	规格型号	操作
熟料 主产品	1t	单件/台/套	未分类	✎

输入表(5)

⊕ 添加输入

输入名称	数量	输入类型	上游过程	操作
煤粉	144kg	能源	CLCD-China-ECER 0.8	✎ ⚙️ 🗑️
电力	37kWh	能源	CLCD-China-ECER 0.8	✎ ⚙️ 🗑️
生料	1.52t	原材料/物料	实景过程数据	✎ ⚙️ 🗑️
协同处置生活垃圾	120kg	原材料/物料	忽略	✎ ⚙️ 🗑️
freshwater (液体可再...)	0.3m3	自然资源	----	✎ 🗑️

输出表(6)

⊕ 添加输出

输出名称	数量	输出类型	下游过程	操作
废油	0.02kg	待处置废物	3058872680@qq.com 1.0	✎ ⚙️ 🗑️
氮氧化物[排放到大气(未指定类型)]	0.3kg	环境排放	----	✎ 🗑️
二氧化硫[排放到大气(未指定类型)]	0.14kg	环境排放	----	✎ 🗑️
二氧化碳(化石源)[排放到大气(未指定类型)]	600kg	环境排放	----	✎ 🗑️

未经允许 禁止私自传播



《WebLCA 工作指南》：六大步



清单物质LCI结果	影响类型LCIA指标 (单位, 当量物质)
Fe, Mn, Coal...	资源消耗-矿物、能源 kg Sb eq.
H ₂ O	资源消耗-水 m ³
Land transformation...	土地转化 kg (deficit)
CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O...	气候变化 (碳足迹) kg CO ₂ eq.
SO ₂ , NO _x , NH ₃ ...	酸化 mol H ⁺ eq.
CO, PM ₁₀ , PM _{2.5} ...	可吸入无机物 kg PM _{2.5} eq.
C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ ...	光化学臭氧合成 kg NMVOC eq.
CCl ₄ , C ₂ H ₃ Cl ₃ , CH ₃ Br...	臭氧层消耗 kg CFC-11 eq.
NH ₄ -N...	富营养化-水体 kg P eq. /kg N eq.
P, N...	富营养化-陆地 mol N eq.
HF, Hg ²⁺ , Be...	生态毒性-淡水 CTUe
As, Cr, Pb...	人体毒性-癌症 CTUh
Li ⁺ , HF, TL...	人体毒性-非癌症 CTUh

上百種自然資源
近千種環境排放

十多種資源環境類型指標

LCA结果计算 (总量)
单位数量产品或功能

1. LCI结果
(资源与排放物质层面)
×
特征化因子(当量因子)
↓
2. 特征化指标
(影响类型指标层面)
÷
归一化基准值
(如全国总量)
↓
3. 归一化指标 (%)
×
权重因子
↓
4. 加权综合指标
(如节能减排综合指标)

特征化指标，如碳足迹 /kg CO₂ eq. = CO₂ x 1 + CH₄ x 30 + CFC x 10900 + ... (IPCC 特征化因子 100yr = 当量因子)

計算與分析：選擇 LCIA 指標

配置中心 | 数据库管理 | **LCIA指标管理** | 物质名录管理

所有来源 | 搜索

选用	中文名称	英文名称	缩写
<input checked="" type="checkbox"/>	气候变化	Climate Change	GWP
<input checked="" type="checkbox"/>	初级能源消耗	Primary energy demand	PED
<input checked="" type="checkbox"/>	非生物资源消耗潜值	abiotic depletion potential	ADP
<input checked="" type="checkbox"/>	水资源消耗	Resource Depletion - water	WU
<input checked="" type="checkbox"/>	酸化	Acidification	AP
<input checked="" type="checkbox"/>	富营养化潜值	eutrophication	EP
<input checked="" type="checkbox"/>	可吸入无机物	Particulate matter	RI
<input checked="" type="checkbox"/>	臭氧层消耗	Ozone depletion	ODP
<input checked="" type="checkbox"/>	光化学臭氧合成	Photochemical ozone formation	POFP

指标基本信息

中文名称:	气候变化
指标ID:	03a8b161-4195-4724-b03c-b7a30ea9cc41
英文名称:	Climate Change
缩写:	GWP
单位:	kg CO2 eq
方法名称:	IPCC2013
类型:	特征化指标
指标说明:	基于温室气体的排放造成的辐射强度的增加以CO2为基准物质得到的特征化因子用于表示温室气体对全球变暖的贡献。
资料来源:	

因子表

物质名称	类型(未级分类)	因子单位	因子值
dodecafluoropentane	排放到大气 (非城区或高烟囱)	kg CO2eq/kg	9160
dodecafluoropentane	排放到大气 (城区近地面)	kg CO2eq/kg	9160

eFootprint 的默認指標選擇：為支持中國各項節能減排約束性政策目標，建議 LCA 報告至少包括上述 9 種評價指標。各指標的評價方法（特徵化因子）首選歐盟產品環境足跡指南（PEF 2019）推薦的方法。

計算與分析：選擇計算基準流

< 水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

计算方案列表 (提示: 计算后, 如果修改了模型数据, 会造成LCA结果的变化, 需要重新计算)

+ 添加计算方案

计算

选择	基准流	计算方案名称	数量 (单位)	操作
<input checked="" type="checkbox"/>	水泥【示例】【生产】-水泥【示例】(1 t)	水泥【示例】【生产】-水泥【示例】(1 t)	1 t	

计算结果列表

基准流	计算方案名称	数量 (单位)	计算时间	操作
水泥【示例】【生产】-水泥【示例】(1 t)	新建计算方案			

未经允许 禁止私自传播

功能：計算與展示 LCA 結果

- 添加計算方案：選擇計算基準流、選擇指標
- 選擇計算方案，點擊計算
- 計算結果列表：可查看、導出 (excel 表格)、刪除計算結果

* 选择基准流: 按过程-产品名称 (数量单位) 显示

熟料煅烧-熟料(1 t)

* 计算方案名称: 自定义

熟料煅烧-熟料(1 t)

选择指标(可多选) 选择常用九个指

当前已选择GWP,PED,ADP,WU,AP,EP,RI,ODP,POFP,共9条特征化指标

* 选择基准流: 按过程-产品名称 (数量单位) 显示

水泥粉磨【生产】-大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】(1 t)

水泥粉磨【生产】-大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】(1 t)

熟料煅烧-熟料(1 t)

生料制备-生料(1 t)



計算與分析：累積貢獻分析

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

过程名称	过程系数	GWP (kg CO2 eq)	PED (MJ)	ADP (kg anti...)	WU (kg)	AP (kg SO2 eq)
<input type="checkbox"/> 水泥粉磨【生产】	1	100%	100%	100%	100%	100%
直接贡献	----	0%	0%	0%	0%	0%
电力	61.13	1.67%	4.26%	3.89%	7.97%	6.98%
石膏	0.05	0.22%	0.54%	1.91%	0.88%	2.35%
石膏 - 重型柴油货车运输(...	50	0.41%	0.75%	5.11%	0.79%	6.58%
<input type="checkbox"/> 熟料	0.75	59.7%	14.4%	89.09%	90.36%	84.1%
直接贡献	----	87.2%	0%	0%	0%	35.82%
电力	61.13	3.94%	10.07%	9.2%	18.85%	16.5%
自来水	0.22	0.01%	0.02%	0.02%	46.06%	0.03%
<input type="checkbox"/> 生料	1.14	3.84%	9.7%	21.86%	18%	25.82%
直接贡献	----	0%	0%	0%	0%	0%
电力	61.13	3.03%	7.73%	7.07%	14.48%	12.68%

未经允许 禁止私自传播



(833kg CO₂eq/t 水泥) 結果分析：靈敏度 / 貢獻率分析

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

目标与范围定义

生命周期模型

LCA结果

模型文档与评审

點擊可排序

过程名称	清单名称	上游数据类型	平均灵敏度	GWP(kg CO ₂ eq)
水泥粉磨【生产】	熟料	实景数据	84.92%	97.70%
熟料煅烧	生料	实景数据	24.51%	3.84%
熟料煅烧	煤粉 关键AP	背景数据	20.22%	2.72%
生料制备	石灰石 关键AP	背景数据	13.44%	0.70%
熟料煅烧	电力 关键AP	背景数据	10.48%	3.94%
熟料煅烧	二氧化碳(化石燃料源) 排放	排放	9.68%	87.20%
生料制备	电力 关键AP	背景数据	8.05%	3.03%
水泥粉磨【生产】	石膏 - 重型柴油货车运输 (46t)-中国 关键AP	背景数据	7.72%	0.41%
熟料煅烧	氮氧化物	排放	6.12%	0%
熟料煅烧	自来水 关键AP	背景数据	5.13%	0.01%

靈敏度 / 貢獻率分析：

- 靈敏度 = 結果指標的變化率 % 除以過程清單數據變化率 %
即實景過程中每一項輸入和輸出，對每一項指標結果的貢獻率
- 含義與作用：清單數據的靈敏度大，則是數據質量和減排改進的重點
- 為什麼超過 100%?

LCA 基本思路：① 產品種類？② LCA 工作類型？③ 有 哪幾個實景過程？④ 模型完整嗎？⑤ 關鍵數據 是否準確？⑥ 關鍵背景過程 是否匹配？是否拆分為 UP？甚至調查供應鏈？⑦ 改進分析



LCA 結果靈敏度 / 貢獻率分析 (~13.1kgCO2e/kg 羊肉)

肉羊 | 目标与范围定义 生命周期模型 **LCA结果** 模型文档 點擊可排序 模板 资料库

累积贡献 **灵敏度(贡献率)** 模型检查 数据质量评估 模型追溯 报告与发布 返回结果列表

基准流: 肉羊【生产】- 肉羊 (1 kg)

平均灵敏度由各指标灵敏度的绝对值进行算术平均得到, 作为识别重要清单的参考。

过程名称	清单名称	上游数据类型	平均灵敏度	GWP(kg CO2 eq)	PED(MJ)	WU(kg)
肠道发酵【处置】	甲烷(生物源)	排放	10.37%	64.37%	0%	0%
肉羊【生产】	肠道发酵	实景数据	10.37%	64.37%	0%	0%
粪便管理【处置】	氧化亚氮	排放	2.56%	13.78%	0%	0%
肉羊【生产】	粪便管理	实景数据	2.56%	13.78%	0%	0%
肉羊【生产】	苜蓿	背景数据	33.69%	0.01%	35.15%	3.75%
肉羊【生产】	精饲料	实景数据	38.08%	8.66%	48.82%	85.99%
精饲料【生产】	玉米	实景数据	21.94%	5.56%	21.75%	41.24%
精饲料【生产】	麸皮 <small>关键AP</small>	背景数据	9.62%	1.95%	20.80%	10.48%
玉米种植	复合肥 <small>关键AP</small>	背景数据	5.60%	1.63%	7.41%	0.74%
肉羊【生产】	苜蓿 - 重型汽油货车运输(10t)-中国 <small>关键AP</small>	背景数据	8.58%	1.40%	6.53%	0.02%
玉米种植	氧化亚氮	排放	0.21%	1.15%	0%	0%
玉米种植	电力	背景数据	1.48%	1.12%	5.25%	0.05%
玉米种植	氮肥	背景数据	2.16%	1.10%	6.20%	1.02%

靈敏度 / 貢獻率分析

- 靈敏度 = 結果指標的變化率 % 除以過程清單數據變化率 %
 即實景過程中每一項輸入和輸出, 對每一項指標結果的貢獻率
- 含義與作用: 清單數據的靈敏度大, 則是數據質量和減排改進的重點

未經允許 禁止私自傳播



靈敏度分析與簡單的改進建議

表 5.8 大型新型干法煅烧和粉磨过程各清单数据对 ECER 的敏感度

清单数据	所在过程	敏感度	可能的改进方案
熟料	水泥粉磨	85.25%	减少熟料损耗，提高成品率
CO ₂	熟料煅烧	39.54%	可通过减少石灰石用量和煤耗量减少 CO ₂ 排放
原煤	熟料煅烧	20.19%	可采用固定蓖床冷却机技术，大推力、低一次风量多风道燃烧器减少煤耗量
电耗	水泥粉磨	14.28%	可采用辊压机+球磨机联合水泥粉磨系统，矿渣细粉生产技术，高效选粉机技术，立磨终粉磨水泥技术，矿渣与熟料分别粉磨技术来降低电耗
NO _x	熟料煅烧	14.12%	可采用低 NO _x 燃烧技术，降低煅烧过程 NO _x 的排放量
电耗	熟料煅烧	6.15%	可采用生料立磨及煤立磨粉磨技术，固定蓖床冷却机技术，脉冲行喷清灰袋除尘技术降低煅烧过程电耗
石灰石	熟料煅烧	1.94%	可采用电石渣替代技术，减少石灰石用量
水耗	熟料煅烧	0.93%	
SO ₂	熟料煅烧	0.88%	
石膏	水泥粉磨	0.41%	可利用石膏类工业副产品代替天然石膏
铁矿石	熟料煅烧	0.07%	
粘土	熟料煅烧	0.02%	

(早期報告的截圖)

- “敏感度”即“靈敏度/貢獻率”
- ECER 是一個綜合加權指標

靈敏度分析與簡單的改進建議

所屬過程	清單物質名稱	靈敏度	原因	改進建議
採氣作業	甲烷	31.40%	採氣過程中甲烷逸散	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高採氣管線和採氣設備的質量，加強甲烷逸散的監測，及時進行封堵 2. 盡量避免燃放試氣作業。 3. 鑽井和壓裂的能耗，盡量使用清潔能源，四川水電資源豐富，用水電進行鑽井和壓裂作業，替代柴油，有助於降低溫室氣體排放量。 4. 減少場地和道路基礎設施建設。
試氣	二氧化碳（天然氣燃燒）	14.30%	試氣時燃放天然氣	
鑽井	網電（鑽井作業）	9.93%	鑽井能耗	
鑽前工程	水泥（道路、井場）	9.88%	鑽前工程所用水泥生產過程	
壓裂	二氧化碳（柴油燃燒）	5.85%	壓裂車燃燒柴油排放	
集氣站建設	水泥（集氣站）	5.30%	集氣站建設所用水泥生產排放	
固井	套管	4.11%	套管生產過程排放	
採氣作業	網電（採氣能耗）	3.14%	採氣過程能耗	
鑽前工程	二氧化碳（柴油燃燒）	2.98%	鑽前工程施工機械燃燒柴油排放	
壓裂	石英砂	2.57%	石英砂生產過程排放	
鑽井	氯化鈣	2.50%	氯化鈣生產過程排放	
壓裂	柴油（壓裂作業）	1.30%	壓裂能耗柴油生產過程排放	
鑽井	白油（油基鑽井液）	1.25%	配置油基鑽井液所用白油的生產過程排放	
關井	封井水泥	1.16%	水泥生產過程排放	

識別關鍵背景過程 AP 數據集

基於平均靈敏度，可以識別主要背景數據集

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】 | 目标与范围定义 | 生命周期模型 | **LCA结果** | 模型文档与评审

平均灵敏度由各指标灵敏度的绝对值进行算术平均得到，作为识别重要清单的参考。

过程名称	清单名称	上游数据类型	平均灵敏度	GWP(kg CO2 eq)	PED(MJ)	ADP(kg antim...)	W
大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】	熟料	实景数据	85.08%	97.80%	94.68%	89.52%	
熟料煅烧	生料	实景数据	25.31%	3.85%	9.73%	21.97%	
熟料煅烧	煤粉 关键AP	背景数据	20.47%	2.72%	74.89%	58.32%	
生料制备	石灰石 关键AP	背景数据	13.90%	0.70%	1.71%	6.87%	
熟料煅烧	二氧化碳 (化石燃料源)	排放	9.70%	87.30%	0%	0%	
大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】	石膏 - 重型柴油货车运输 (46t)-中国 关键AP	背景数据	7.66%	0.39%	0.72%	4.91%	
熟料煅烧	氢氧化物	排放	6.69%	0%	0%	0%	
熟料煅烧	电 关键AP	背景数据	5.19%	0.01%	0.02%	0.02%	

未经允许 禁止私自传播

主要背景数据集

背景数据集名称	过程名称	清单名称 (平均灵敏度)
原煤运输后	熟料煅烧	煤粉20.47%
石灰石开采	生料制备	石灰石13.90%
石膏 - 重型柴油货车运输(46t)-中国	大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】【生产】	石膏 - 重型柴油货车运输(46t)-中国7.66%

在“模型文档”和报告中，应指明贡献最大的背景数据集，并说明其技术代表性。

LCA 基本思路：① 產品種類？② LCA 工作類型？③ 有 哪幾個實景過程？④ 模型完整嗎？⑤ 關鍵數據 是否準確？⑥ 關鍵背景過程 是否匹配？是否拆分為 UP？⑦ 甚至調查供應鏈？⑧ 改進

分析

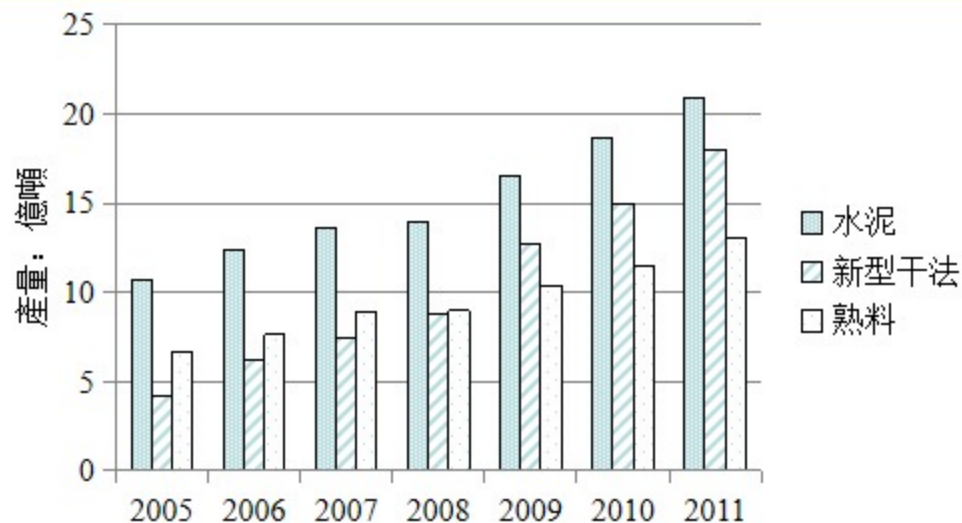
水泥的生命周期評價

■ 水泥行業的重要性

- 最大宗的材料：2011年中國產量超過 20億噸，約佔全球 60%
- 顯著的能耗與排放

■ 選題

- 在 10 多年的政策推動下，傳統立窯被大量淘汰，新型干法份額 > 80%
- 新型半干法 (JT 窯) 是立窯改進技術，並未得到推廣
- 大型新 ~~型干法~~ 新型半干法 (JT 窯) ?



VS



水泥生產的生命周期模型

- 五種生產工藝（熟料日產量）
 - 大型新型干法 (>4000噸)
 - 中型新型干法 (2000~4000噸)
 - 小型新型干法 (<2000噸)
 - 傳統立窯 (~200噸)
 - 新型半干法 JT 窯 (500 ~1200噸)
- 功能單位：1噸水泥（熟料強度 52.5MPa）



流程图 水泥熟料煅烧 计算条件 计算结果

关闭 建模 导入 导出数据组名称: 数据收集 JT窑 添加数据组 删除数据组 编辑分配

产品产出 产品投入 资源投入 环境排放 待处置废物 数据收集(大型新型干法) 数据收集(中型新型干法) 数据收集(小型新型干法) 数据收集(立窑) 数据收集(JT窑)

在此搜索... 添加 过滤: 物质信息 数据收集 表格选项

名称	标签名称	数量(大型新型干法)	数量(中型新型干法)	数量(小型新型干法)	数量(立窑)	数量(JT窑)	单位
二氧化碳 [排放到大气(未指...]	中国国内发生	8.010E+002	8.230E+002	8.660E+002	9.260E+002	8.290E+002	kg
二氧化碳 [排放到大气(未指...]	中国国内发生	9.480E-002	1.040E-001	1.140E-001	3.520E-001	3.520E-001	kg
二氧化氮 [排放到大气(未指...]	中国国内发生	1.510E+000	1.680E+000	1.680E+000	2.230E-001	2.230E-001	kg
particles (PM2.5) [排放到大...]	中国国内发生	1.810E-001	1.810E-001	2.630E-001	4.920E-001	4.920E-001	kg
化学需氧量 [排放到水体(未...]	中国国内发生	8.200E-002	8.210E-002	8.200E-002	8.571E-002	8.570E-002	g
废水 [排放到水体(未指定类...]	中国国内发生	1.429E-003	1.429E-003	1.429E-003	1.429E-003	1.429E-003	t
废气 [排放到大气(未指定类...]	中国国内发生	3.964E+003	3.964E+003	3.964E+003	3.964E+003	3.964E+003	m3
Fluoride [排放到大气(未指...]	中国国内发生	2.440E+000	3.440E+000	3.440E+000	6.400E+000	6.390E+000	g
甲烷 [排放到大气(未指定类...]	中国国内发生	3.180E-003	3.410E-003	3.840E-003	4.210E-003	3.240E+000	kg
氧化亚氮 [排放到大气(未指...]	中国国内发生	4.780E-003	5.120E-003	5.770E-003	6.330E-003	4.860E-003	kg

■ 系統邊界與模型

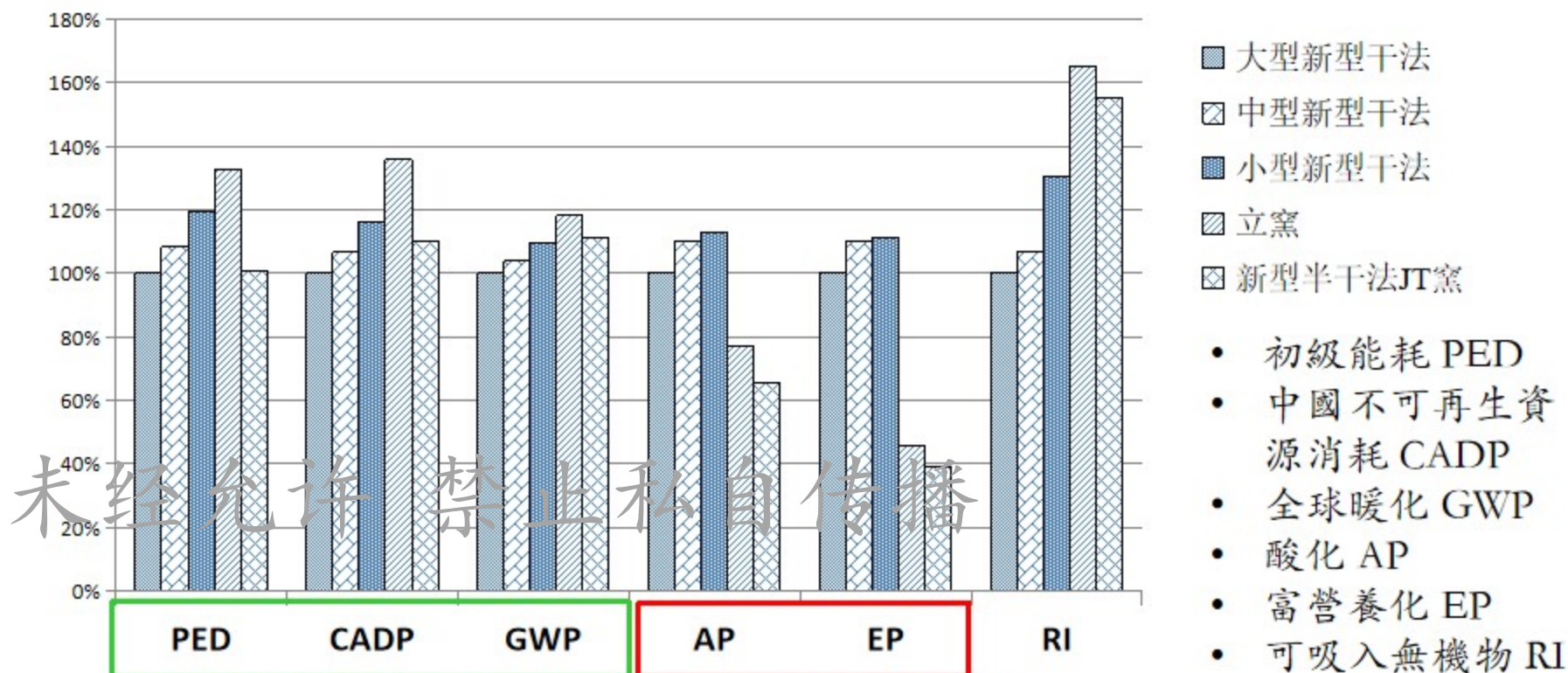
■ 基本假設

- 熟料強度：新型干法 62.5MPa，立窯 52.5MPa
- 餘熱發電：新型干法 35kWH/噸熟料

■ eBalance 的數據界面



水泥生產工藝的比較 (特徵化指標)



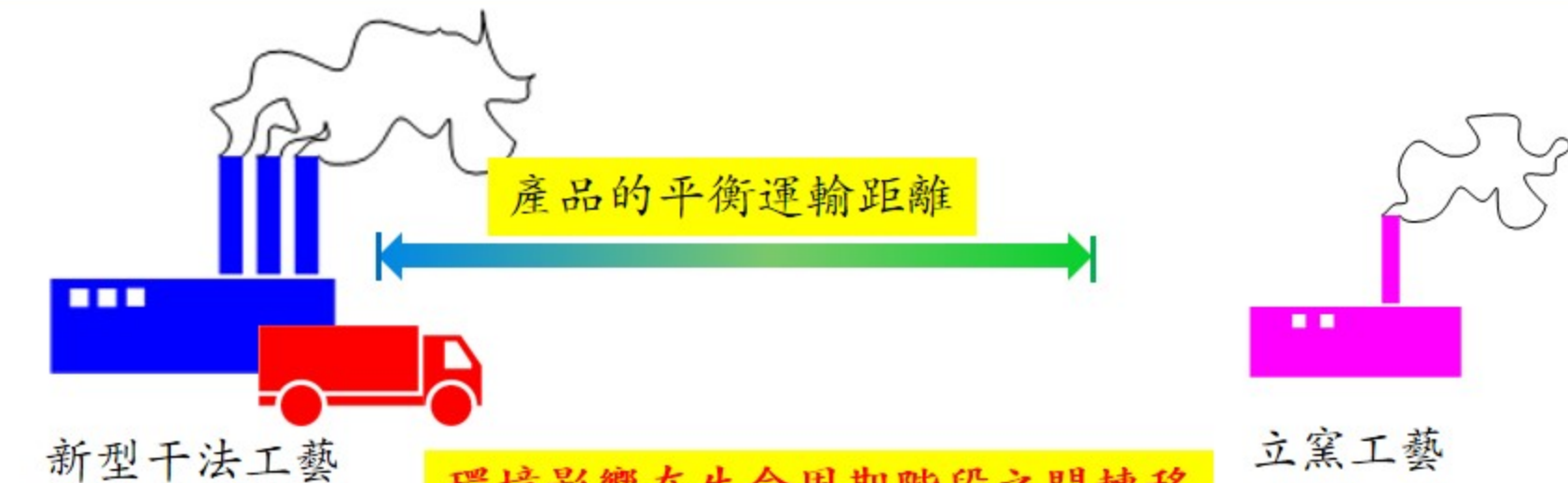
未經允許 禁止私自傳播

大型新型干法優勢指標

劣勢指標：由於高溫煅燒造成的大量NO_x排放

- 結論：大型新型干法工藝並非在所有環境影響方面都具有優勢，工藝替代可能導致環境問題在不同環境影響類型之間轉移；
- 問題：綜合評價結論？

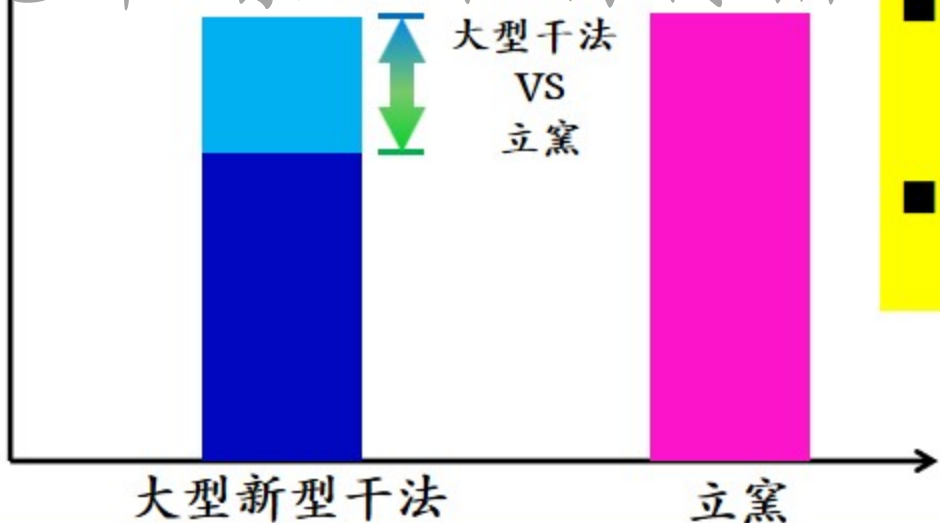
產品的平衡運輸距離



環境影響
如能耗、
溫室效應

環境影響在生命周期階段之間轉移

禁止私自传播



- 大型新型干法的產能增加、選址有限，都有可能導致運輸量增加。
- 運輸量增加多少是合理的呢？

水泥的平衡運輸距離計算

- “大型新型干法-現場粉磨”水泥 能耗與溫室效應平衡運輸距離

大型新型干法 VS	一次能源消耗 差值	能耗平衡運輸 距離	溫室效應差值	溫室效應平衡運 輸距離
	(kgce/t-ce)	(km)	(kgCO ₂ 當量/t-ce)	(km)
中型新型干法	7.1	134	22.3	192
小型新型干法	20.9	394	66.0	569
立窯	40.9	772	138.3	1 193
JT 窯	5.3	100	27.8	240

未經允許 禁止私自傳播

- 新型干法的高生產效率，可能從成本上可以支持較大的運輸距離；
- 但從能耗、溫室效應角度看，平衡運輸距離是有限的（如上表）；
- 而且還存在 NO_x 排放方面的劣勢；

姜睿，王洪濤，張浩，陳雪雪. 2010. 中國水泥生產工藝的生命周期對比分析及建議 [J]. 環境科學學報, 30(11): 2361-2368

http://www.actasc.cn/hjkxxb/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20100209001&journal_id=hjkxxb

CLCD 電網電力碳足跡及 減排趨勢預測分析

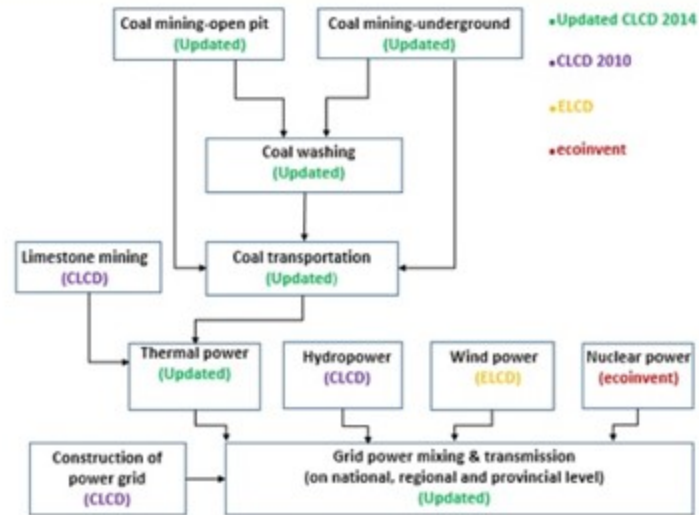


Figure 1. Life-cycle flowchart of grid power in China (national level)

Considering the inter-provincial transmission for each province of the grid power mix:

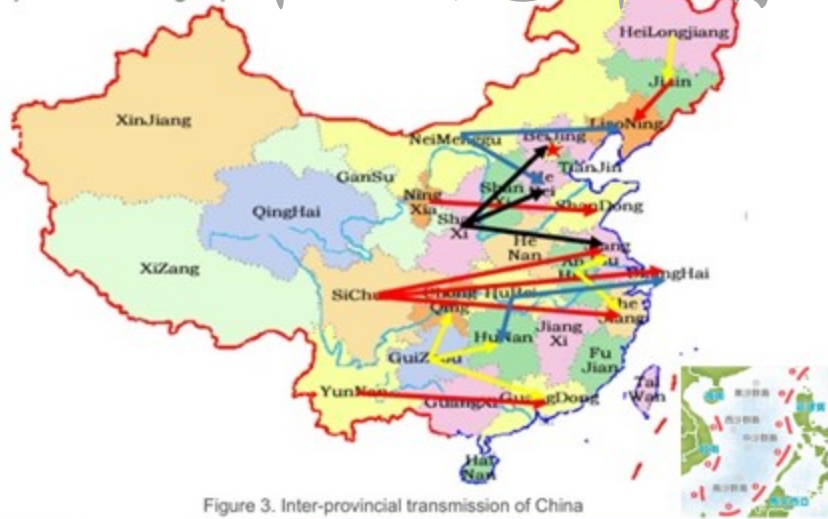


Figure 3. Inter-provincial transmission of China

	情景一	火电比例下降到35%		情景二	火电比例下降到25%		
年份	火电自身占比下降%	火电占比	电力碳足迹 (kgCO2/kwh)	火电自身占比下降%	火电占比	电力碳足迹因子变化百分比	电力碳足迹 (kgCO2/kwh)
2022		70.00%	100.0000%		70.00%	100.0000%	0.684
2024	-1.5%	67.92%	97.0225%	-2.0%	67.23%	96.0400%	0.657
2026	-1.5%	65.89%	94.1337%	-2.0%	64.57%	92.2368%	0.631
2028	-1.5%	63.93%	91.3308%	-2.0%	62.01%	88.5842%	0.606
2030	-1.5%	62.03%	88.6115%	-2.0%	59.55%	85.0763%	0.582
2032	-2.0%	59.57%	85.1024%	-3.0%	56.03%	80.0483%	0.548
2034	-2.0%	57.21%	81.7324%	-3.0%	52.72%	75.3174%	0.515
2036	-2.0%	54.95%	78.4958%	-3.0%	49.61%	70.8662%	0.485
2038	-2.0%	52.77%	75.3873%	-3.0%	46.67%	66.6780%	0.456
2040	-2.0%	50.68%	72.4020%	-3.0%	43.92%	62.7373%	0.429
2042	-2.0%	48.67%	69.5349%	-3.0%	41.32%	59.0295%	0.404
2044	-2.0%	46.75%	66.7813%	-3.0%	38.88%	55.5409%	0.380
2046	-2.0%	44.90%	64.1368%	-3.0%	36.58%	52.2584%	0.357
2048	-2.0%	43.12%	61.5969%	-3.0%	34.42%	49.1700%	0.336
2050	-2.0%	41.41%	59.1577%	-3.0%	32.38%	46.2640%	0.316
2052	-1.5%	40.18%	57.3963%	-2.5%	30.79%	43.9797%	0.301
2054	-1.5%	38.98%	55.6873%	-2.5%	29.27%	41.8082%	0.286
2056	-1.5%	37.82%	54.0292%	-2.5%	27.82%	39.7439%	0.272
2058	-1.5%	36.69%	52.4205%	-2.5%	26.45%	37.7816%	0.258
2060	-1.5%	35.60%	50.8597%	-2.5%	25.14%	35.9161%	0.246

碳足跡模型與 減排潛力測算

普通硅酸鹽水泥碳足跡變化，單位kgCO ₂ /t水泥						
電力變化 2030年火電比例降到60% 2050年火電比例降到32% 2060年火電比例降到25%		2022-2050年依靠能效提升、燃料/原料替代等技術改進		水泥碳足跡匯總變化 2050-2060年依靠水泥CCUS		
年份	碳足跡	碳足跡變化	碳足跡	碳足跡變化	碳足跡	碳足跡總變化
2022	833	100.00%	833	100.00%	833	100.00%
2030	815	97.90%	745	89.51%	728	87.41%
2050	770	92.44%	398	47.75%	335	40.19%
2060	758	90.99%	225	27.00%	150	17.99%

轉爐碳鋼 碳足跡變化，單位kgCO ₂ /t鋼鐵						
電力變化 2030年火電比例降到60% 2050年火電比例降到32% 2060年火電比例降到25%		2022-2030產能削減、能效提升、燃料/原料替代等技術改進		鋼鐵碳足跡匯總變化 2030-2060全氫能冶金		
年份	碳足跡	碳足跡變化	碳足跡	碳足跡變化	碳足跡	碳足跡總變化
2022	1990	100.00%	1990	100.00%	1990	100.00%
2030	1967	98.87%	1393	70.00%	1370	68.87%
2050	1909	95.93%	398	20.00%	317	15.93%
2060	1893	95.14%	159.2	8.00%	62.5	3.14%

產品碳足跡 /LCA 的用途和目的：包含貢獻分析、對比分析、變化趨勢分析等，幫助企業量化分析自己的產品、技術、產業鏈、甚至未來，持續改進。



《WebLCA 工作指南》 LCA 六大步



未經允許 禁止私自傳播

《WebLCA 工作指南》 目標代表性的定義和應用

- 什麼是 LCA 的目標代表性?

開始的時候:

我要做一個水泥的 LCA

還不了解水泥的差別, 還不知道自己要做的是什麼

結束的時候:

我做了一個水泥的 LCA

做完了也不了解自己做的是什麼

查找數據庫:

我想找一個水泥的 LCA

還不知道自己在找什麼, 但願數據庫文檔是專業的

VS

1 目标与范围定义^①

1.1 目标定义

1.1.1 产品信息

本研究以强度为 **42.5MPa** 的普通硅酸盐水泥作为研究对象, 以煤为主要能源、石灰石为主要原料及 **20%** 的以煤矸石、高炉矿渣等混合材经水泥粉磨制成的水硬性胶凝材料。

1.1.2 功能单位与基准流

本报告以生产 **1 吨普通硅酸盐水泥 (42.5MPa)** 为功能单位^②。

1.1.3 数据代表性

本研究旨在分析中国 **2015 年普通硅酸盐水泥** 的行业平均水平^③, 生产技术类型为大型新型干法旋转窑 (**4000t/d 以上, 含余热发电**)。

LCA 的目標代表性?

- 做一個什麼種類規格、在哪個國家地區和年份、經過什麼生產過程、用什麼原料、技術、甚至規模、生產出來的產品的 LCA?

目標代表性貫穿着整個 LCA 工作

1. 目標與範圍定義
2. 單元過程數據收集
3. 生命周期建模
4. 計算與分析
5. 數據質量評估與迭代改進
6. 數據庫文檔 / LCA 報告並傳遞

作用: 2-3數據收集和建模的目標要求 & 5-數據質量評估的依據 (靶子)

數據質量評估：整體的目標代表性

➤ 《WebLCA 工作指南》的數據質量定義：目標代表性 vs 實際代表性，差異越大，不確定度越大，數據質量越差

➤ 整體的目標代表性定義
(部分定義，且初步的定義)

未经允许 禁止私自传播

大型新型干法普通硅		目标与范围定义	生命周期模型	LCA结果	评审
研究目标					
*产品名称:	大型新型干法普通硅酸盐水泥【演示】	产品类别:	普通硅酸盐水泥 (非铝酸盐、硫铝酸盐等水泥体系)		
规格型号:	42.5MPa	形状与形态:	颗粒/粉末		
*目标应用与目标代表性类型:	行业LCA-代表特定技术/全行业/市场平均水平(用于流程行业数据库和技术研究)	功能单位与基准流:	大型新型干法生产1t普通硅酸盐水泥 (42.5MPa)		
研究范围					
*系统边界:	从摇篮到大门 (从资源开采到产品出厂)	实景过程范围(实景过程技术代表性一览):	生料准备、煅烧、熟料粉磨, 到出厂为止		
产品产地:	中国	*基准年:	2015		
工艺设备类型:	新型干法旋窑 (煅烧阶段)	生产规模类型:	大型 (4000t/d), 非中小型		
主要原料类型:	混合材20% (水泥磨粉阶段)	主要能耗类型:	常规煤、电, 无其他替代燃料		



數據質量評估：UP 過程的目標代表性

- 單元過程的目標代表性定義，應與整體的目標代表性一致
- 可能在數據收集過程中，才了解存在不同的工藝技術、不同的輸入輸出，然後才選擇了技術代表性/數據代表性

大型新型干法普通硅 目标与范围定义 生命周期模型 LC 过程目标代表性描述

大型新型干法普通硅酸盐水泥...

过程描述

过程名称: 熟料煅烧

过程边界: 单元过程UP

生料进窑到熟料出窑

产品信息(1)

主产品	产品名称
	熟料-煅烧

消耗与投入(4)

消耗名称
淡水 - 不明来源, 不明用途 [资源]
电力
生料-粉磨
煤粉

排放与废弃(14)

排放名称
汞 [排放到大气 (未指定)

过程基本信息

过程名称: 熟料煅烧

数据代表性

主要数据来源: 代表行业平均数据

企业名称: xxxx

产地: 中国

基准年: 2015

工艺设备: 新型干法旋窑

生产规模: 5000 t/d

主要原料: 石灰石生料 (非电石渣等)

主要能源: 常规煤、电 (无替代燃料)

技术补充描述: 含窑外预分解, 五级预热器+余热发电、布袋除尘、无固废协同处置

排放物调查范围

仅温室气体

主要排放物

所有已知排放物

數據質量評估：UP 數據的實際代表性

➤ 清單數據的實際代表性

- 實際收集得到的數據，通常並不能完全滿足目標代表性的各項要求。
- 實際代表性與目標代表性的差異越大，數據質量越差。

大型新型干法普通硅酸盐水泥... 目标与范围定义 生命周期模型 编辑消耗

过程描述
过程名称: 熟料煅烧

产品信息(1)
主产品 | 产品名称
熟料-煅

消耗与投入(4)
消耗名称 | 消耗量 | 单位 | 物料编码 | 消耗来源地 | 备注
电力 - 不明来源, 不明用途 [资源] | 28.85 | kWh | 选填 | 中国 | 用于设备运转, 包含煤粉制备电力消耗
生料-粉磨
煤粉

排放与废弃(14)
排放名称 | 排放到 | 排放到
汞 [排放到大气 (未排...)
氮氧化物 [排放到大气...]
non-methane volat...

消耗基本信息
消耗类型: 能源
*消耗名称: 电力
*消耗量: 28.85
单位消耗重量(kg): 选填
物料编码: 选填
消耗来源地: 中国
备注: 用于设备运转, 包含煤粉制备电力消耗

消耗清单数据实际代表性
清单数据来源与算法: 行业普查/统计年鉴/产排污系数手册
清单数据所在地: 中国
清单数据年份: 2015
清单技术代表性: 工艺设备、主要原料及生产规模相同
样本代表性: 行业统计(产能 > 75%)

行业普查/统计年鉴/产排污系数手册
温室气体核算标准/行业标准/清洁生产标准默认值
企业生产统计或实测数据/清洁生产审核数据
企业环评/可研报告数据
基于实际数据的物料平衡推算/经验估计

行业统计(产能 > 75%)
行业统计(产能 > 50%)
产能 > 25%或企业调查10家以上
产能 > 10%或企业调查5-10家
企业调查2-4家
企业调查1家
未知



清單數據不確定度評估：新的數據處理方法

数据不确定度评估 WebLCA 工作指南

过程名称: 水泥粉磨; 清单名称: 电力; 数量(单位): 32(kWh)

实景数据不确定度评估 开 实景数据基础不确定度(变化范围): 5 %

评估项	单元过程目标代表性	VS	实景数据实际代表性	不确定度
(选项) 主要数据来源	代表行业平均数据	VS	温室气体核算标...	10.00%
(选项) 样本	代表行业平均数据	VS	行业统计(产能>...	0%
(选项) 时间	2015	VS	2013	5.00%
(选项) 地理	中国	VS	中国	0%
(选项) 技术	功能单位与...	VS	工艺设备、主要...	0%

实景数据合成不确定度: 12.25%

1. 單一數據源，可以從影響數據可信度的5個方面評估

2. 根據目標代表性與實際代表性的對比差異，系統自動給出各項不確定度評分（譜系矩陣方法 Pedigree matrix）

3. 此外，清單數據本身的變化範圍（如多個數據來源的統計）可以作為基礎不確定度處理。

由此可以區別對待平均值相同、變化範圍不同的情況：

- 30.4~33.6 → 32 ± 5%
- 16~48 → 32 ± 50%

4. 最終各項不確定度合成為總的清單數據不確定度。

從此，LCA 中可以

- (1) 合理使用不理想的數據來源
- (2) 處理數據變化範圍

然後分析其對結果不確定度的貢獻大小，針對重要的不確定度來源進行改進（見下頁）。

→ 結果的不確定度 → 貢獻分析 → 改進 → 傳遞到下一 LCA

1. 不確定度傳遞到結果上

- 用 error bar 表示的可信範圍



2. 結果不確定度的貢獻分析（基於泰勒級數的解析分析，而不是蒙特卡洛模擬）。

- 不確定度來源一目了然！
- 而且不確定度貢獻排序通常非常穩定！

各清单对LCA指标不確定度的贡献率					
过程名称	清单名称	上游数据类型	GWP贡献率	PED贡献率	ADP贡献率
水泥粉磨	熟料	实景UP	38.76%	30.12%	9.47%
熟料	二氧化碳 [排放到大气, (未指定类型, 长期)]	排放	20.64%	0%	0%
熟料	电力	背景AP	0.12%	0.59%	22.84%
水泥粉磨	电力	背景AP	0.09%	0.46%	17.50%
熟料	煤炭	背景AP	0.00%	19.29%	0.07%
熟料	氧化亚氮 [排放到大气, (未指定类型, 长期)]	排放	0.00%	0%	0%
水泥粉磨	石膏	背景AP	0.00%	0.00%	0.00%
水泥粉磨	石膏运输	背景AP	0.00%	0.00%	0.00%

3. 數據質量的迭代改進：針對性替換數據源、甚至細分技術代表性

4. 在 LCA 報告 / 數據庫文檔 中系統解釋數據質量問題

5. 結果的不確定度傳遞到下一個 LCA 模型中

數據質量分析與模型改進示例

➤ 改進重點數據來源（示例）

数据不确定度评估

过程名称: 熟料煅烧; 清单名称: 二氧化碳 (化石源) [排放到大气 (未指定类型)]; 数量 (单位): 830.29(kg)

实景数据不确定度评估

实景数据基础不确定度(变化范围): 0 %

评估项	单元过程目标代表性	实景数据实际代表性	不确定度
* 主要数据来源	代表行业平均数据	温室气体核...	10%
* 样本	代表行业平均数据	行业统计(...)	5%
* 时间	2018	2012	10%
* 地理	中国	中国	0%
* 技术	过程名称: 熟料煅烧 ...	工艺设备、...	5%

实景数据合成不确定度: 15.81%

实景数据不确定度评估

实景数据基础不确定度(变化范围): 0 %

评估项	单元过程目标代表性	实景数据实际代表性	不确定度
* 主要数据来源	代表行业平均数据	温室气体核...	10%
* 样本	代表行业平均数据	行业统计(...)	5%
* 时间	2018	2016	0%
* 地理	中国	中国	0%
* 技术	过程名称: 熟料煅烧 ...	工艺设备、...	0%

实景数据合成不确定度: 11.18%

圖 1.改進前 CO₂排放數據不確定度評估

圖 2.改進后 CO₂排放數據不確定度評估

改進 CO₂排放的數據來源后，數據合成不確定度減小。

數據質量分析與模型改進示例

➤ 結果不確定度分析 (以 GWP 指標為例)

指标名称	缩写(单位)	结果不确定度	结果不确定度
气候变化	GWP(kg CO2 eq)	13.52%	10.00%
初级能源消耗	PED(MJ)	8.68%	8.68%
非生物资源消耗潜值	ADP(kg Sb eq)	6.71%	6.71%
水资源消耗	WU(kg)	3.82%	3.82%

圖 3.改進 CO₂ 排放數據來源前後 GWP 指標結果不確定度分析

未經允許 禁止私自傳播

圖 4.改進 CO₂ 排放數據來源前後結果不確定度的貢獻分析

过程名称	清单名称	上游数据类型	GWP(kg CO2 eq)	GWP(kg CO2 eq)
熟料煅烧	二氧化碳 (化石源) [排放到大气 (未指定类型)]	实景数据	69.35%	58.55%
普通硅酸盐水泥	熟料	实景数据	4.66%	8.70%
普通硅酸盐水泥	电力: 全国平均电网电力传输	背景数据库	0.07%	0.13%
二氧化硫【处置】	电力: 全国平均电网电力混合	背景数据库	0.02%	0.04%
普通硅酸盐水泥	电力	实景数据	0.02%	0.03%

《WebLCA 工作指南》 LCA 六大步



未經允許 禁止私自傳播

目标与范围定义

建模与数据收集

实景过程数据收集

副产品信息

再生回收

模型描述

关键参数与假设

主要背景数据集名称

完整性说明

数据质量

参考文献

2. 文档目录

1. 模型文档页面

目标与范围定义

产品名称	大型新型干法普通硅酸盐水泥	功能单位	大型新型干法生产1t水泥
数量(单位)	1 (t)	别名	波特兰水泥
工艺技术类型	两磨一烧	生产工艺设备/工序流程图	水泥生产工艺图.jpg
目标应用与目标代表性类型	代表行业平均数据	时间代表性	2016
地理代表性	中国	系统边界	从摇篮到大门 (从资源开采到产品出厂)

eFootprint 模型文档介绍

实景过程数据收集

实景过程	技术代表性	输入清单	输出清单	排放物调查范围	数据主要来源
大型新型干法普通硅酸盐水泥[生产]	1、原辅料类型:混合材比例20%	原材料/物料: 混合材、石膏、熟料、电力	环境排放:总颗粒物[排放到大气 (未指定类型)]	主要排放物	1、工业源产排污系数手册 [2010] 2、GB 175-2007通用硅酸盐水泥 [2013] 3、水泥行业清洁生产指标体系 [2014]
熟料【生产】	1、能源类型:常规能源煤炭 2、工艺设备分类:新型干法旋转窑 (常规类型) 3、生产规模类型:大型 >4000t/d	原材料/物料: 煤炭、自来水、电力、生料	环境排放:二氧化碳 (化石燃料源)[排放到大气 (未指定类型)]、二氧化硫[排放到大气 (未指定类型)]、氮氧化物[排放到大气 (未指定类型)]	主要排放物	1、新型干法水泥厂大气污染物排放特征研究.高坤尤 [2013] 2、水泥行业清洁生产指标体系 [2014] 3、工业源产排污系数手册 [2010] 4、环境统计年鉴 [2015]
生料【生产】	1、原辅料类型:常规主要原料石灰石	原材料/物料: 石灰石	环境排放:总颗粒物[排放到大气 (未指定类型)]	主要排放物	1、工业源产排污系数手册 [2010] 2、新型干法水泥厂大气污染物排放特征研究.高坤尤 [2013]

未经允许 禁止私自传播

3. 文档的各节内容



副产品信息

再生回收

关键参数与假设

1. 基於平均靈敏度，識別關鍵清單數據；
2. 關鍵清單數據上可以描述參數；
3. 在文檔中列出整個模型的關鍵參數。

水泥示例模型中，沒有副產品和再生回收

参数名称	参数描述	过程名称	清单名称(平均灵敏度)
P	水泥强度	大型新型干法普通硅酸盐水泥【生产】	熟料 (84.98%)
Mix	混合材比例		
EF_coal_CO2	煤炭CO2排放系数	熟料【生产】	二氧化碳 (化石燃料源) (9.73%)
Coal	煤炭消耗量		
Cm	熟料中氧化镁成分占比		
Raw	生料消耗量		
M	生料中非燃料碳质量分数		
Cc	熟料中氧化钙成分占比		

未经允许 禁止私自传播

主要背景数据集

基於平均靈敏度，可以識別主要背景數據集

背景数据集名称	过程名称	清单名称 (平均灵敏度)
煤炭开采	熟料【生产】	煤炭开采 (17.00%)
石灰石开采	生料【生产】	石灰石开采 (13.13%)
全国平均电网电力传输	熟料【生产】	全国平均电网电力传输 (11.63%)
	大型新型干法普通硅酸盐水泥【生产】	全国平均电网电力传输 (11.54%)
石膏矿开采	大型新型干法普通硅酸盐水泥【生产】	石膏矿开采 (3.47%)
工业用自来水	熟料【生产】	工业用自来水 (1.38%)

完整性说明

取舍规则

1.普通物料重量 < 1%产品重量时, 以及含稀贵或高纯成分的物料重量 < 0.1%产品重量时, 可忽略该物料的上游生产数据; 总共忽略的物料重量不超过5%; 2.低价值废物作为原料, 如粉煤灰、矿渣、秸秆、生活垃圾等, 可忽略其上游生产数据; 3.大多数情况下, 生产设备、厂房、生活设施等可以忽略; 4.在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

取舍详情: 符合取舍规则, 总共忽略的物料重量比为: 0%

上游数据完成性

#	过程名称	消耗名称	重量比	检查结果
1	大型新型干法普通硅酸盐水泥[生产]	混合材	20.00 %	来自上游低价值废料, 可忽略

清单完整性

#	过程名称	模板清单名称	清单缺失原因
---	------	--------	--------

数据质量评估

#	中文名称	英文名称	缩写(单位)	数据质量评估结果
0	气候变化	Climate Change	GWP(kg CO2 eq)	15.80%
1	一次能源消耗	primary energy demand	PED(MJ)	13.94%
2	非生物资源消耗潜值	abiotic depletion potential	ADP(kg antimony eq.)	12.09%

参考文献

- [1] 第一次全国污染源普查资料编纂委员会. 第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 2011.
- [2] 高坤龙. 新型干法水泥广大气污染物排放特征研究.[D]. 合肥工业大学. 2015.
- [3] CLCD数据集文档. 煤炭开采. 安晓倩. 2016.
- [4] CLCD数据集文档. 全国平均电网电力传输. 安晓倩. 2016.

使用该数据集的研究, 请引用以下文献

- [1] 梁一苇. 从建材到建筑的生命周期评价与管理[D]. 四川大学. 2019.

LCA 作者的信息、已發表的文獻, 便於其他用戶引用

透明可信 = 信息公開 + 模型完整 + 產品細分 + 數據準確



全球首次：每一個 eFootprint 平台用戶、建立的每一個產品生命周期模型、都可以在每一個手機上，層層展開模型、層層跳轉追溯數據庫（在 PC 端展示更多信息），推動碳足跡進入透明可信、全面應用的時代！



过程名称	GWP (kg CO2 eq)
紙製牛奶包裝盒-演示用	100%
▶ 紙製牛奶包裝盒-演示用【使用】	5.82%
▶ 紙製牛奶包裝盒-演示用【废弃】	1.56%
▶ 紙製牛奶包裝盒-演示用【生产】	92.62%
直接贡献	5.41%
电力	5.34%
原料运输	0.58%
▶ 双层纸	32.41%
▶ 铝箔	27.38%
▶ 聚乙烯膜	17.55%
压缩空气	0%
液化石油气	0.7%
过氧化氢	0.22%

过程名称	贡献率
▶ 纸浆	15.09%
直接贡献	0%
电力	3.84%
水	0.02%
原辅料运输	0.03%
木片	5.66%
蒸汽	1.13%
▶ 废水	0.25%
烧碱	0.97%
醋酸	0.04%

过程信息
 基准年：2020年
 化学法制浆;碱法制浆;木材;火电占比80%~100%;
 余热回收利用,中浓制浆技术;
 污水处理-生化处理,污水处理- MVR处理;中型;

过程名称	贡献率
▶ 铝锭	24.97%
直接贡献	3.56%
电力	15.71%
助熔剂	0.29%
氧化铝	4.82%
新水	0%
阳极炭块	0.54%
冰晶石	0.04%
废机油	0%
天然气	0.05%

过程信息
 基准年：2020年
 原铝产品;350-500千安电解槽;
 其他 国内外氧化铝市场平均;
 电力(火电占60%~70%);
 袋式除尘,氧化铝干法吸附除氟,袋式除尘,氧化铝干法吸附除氟;

过程名称	贡献率
▶ 聚乙烯膜	17.55%
直接贡献	0.01%
电力	6.36%
水	0.02%
蒸汽	0.41%
乙烯	10.74%
压缩空气	0%
液化石油气	0.7%
过氧化氢	0.22%

过程信息
 基准年：2020年
 低压聚合;气相法;乙烯;燃煤产蒸汽;余热回收利用;
 袋式除尘,石灰石/石膏法脱硫;线性;

背景数据集	所属数据库
全国电网电力_(到用户)_kWh_供电量和售电量_未分类_从摇篮到大门(从资源开采到产品出口_来自资料调查-代表典型水平_中国2021:27.90 %	CLCD-China 0.9
蒸汽(t_0.75MPa_280°C)_从摇篮到大门(从资源开采到产品出口_来自并代表特定企业-不包含主要供应链_中国2020:12.62 %	CLCD-China 0.9
乙烯_(石脑油管式裂解)_t_未分类_从摇篮到大门(从资源开采到产品出口_(石脑油管式裂解产乙烯-石灰石/石膏法脱硫_石脑油管式裂解炉_石脑油蒸汽裂解_燃煤产蒸汽_余热回收利用_SBT型裂解炉)_来自并代表特定企业-不包含主要供应链_中国2020:10.74 %	CLCD-China 0.9
重型柴油运输_(18t)_t*km_重型_从摇篮到大门(从资源开采到产品出口_来自资料调查-代表典型水平_中国2022:6.43 %	CLCD-China 0.9
木片(t_未分类)_从摇篮到大门(从资源开采到产品出口_来自资料_中国2021:5.66 %	CLCD-China 0.9

在手機上 層層展開碳足跡模型 ...→ ...→ ...→ ...→ ...→ ...→ ...→ ...→ ...→ 層層跳轉追溯基礎數據庫

透明可信 = 信息公開 + 模型完整 + 產品細分 + 數據準確

透明可信的 WebLCA[®] 開放平台 www.weblca.net 數據庫模型和文檔

水泥碳足跡 = 833kgCO₂eq/t v s 普通硅酸鹽水泥 (PO42.5), 石灰石 + 新型干法 + 餘熱發電 + 20% 混合材, 中國 2021

一、碳足跡模型中實際調查的生產過程信息:

- 工藝技術類型
- 輸入輸出數據
- 主要數據來源

實際過程: 3	技術代表性	輸入清單	輸出清單	數據主要來源
普通硅酸鹽水泥 (示例) [生产]	1、工藝分類: 開路粉磨 大型新型干法旋轉磨 2、原輔料分類: 混合材 (15%~25%) 石灰石 3、能源類型分類: 電力 (火電70%-80%) 煤粉 4、減排與循環措施: 布袋除塵 5、節能與降耗措施:	電力、石膏、熟料、混合材	主要排放物: 化學需氧量、總顆粒物	[1] 《工業源產排污染系數手冊》
熟料煅燒	1、工藝分類: 新型干法回轉磨 2、原輔料分類: 石灰石生料粉 3、能源類型分類: 煤炭 4、減排與循環措施: 袋式除塵, SCR脫硝 5、節能與降耗措施: 餘熱發電	電力、生料、煤粉、工業用水	已列排放物: 甲烷、汞、化學需氧量、一氧化硫、氟化物、氨、non-methane volatile organic compounds、二氧化碳 (化石源)、重金屬總和、氫氧化物、氧化亞氮、氯化氫、可吸入顆粒物 (PM10)、一氧化硫 (化石源)	[2] 水泥行業清潔生產指標體系; [3] 工業源產排污染系數手冊 [4] 《水泥工業大氣污染排放》 [5] 《水泥窯協同處置固體廢物》
生料粉磨	1、工藝分類: 干法 2、原輔料分類: 石灰石 (70%-80%)、砂岩 (18%-2%) 3、能源類型分類: 電力 (火電70%-80%) 4、減排與循環措施: 布袋除塵 5、節能與降耗措施: 立磨系統	電力、粘土、砂岩、石灰石、鐵粉	主要排放物: 總顆粒物	[3] 工業源產排污染系數手冊

未經允許禁止私自傳播

主要背景數據集

背景數據集名稱	過程名稱	清單名稱 (平均靈敏度)
洗中煤(t 未分類), 行業LCA-代表特定技術/全行業/市場平均水平 (用於流程行業數據庫和技術研究), 中國, 2022, 從搖籃到大門 (從資源開采到產品出門):38.28%	熟料煅燒	煤粉: 38.28%
	普通硅酸鹽水泥 (示例) 【生产】	電力: 5.32%
	生料粉磨	電力: 3.04%
全國電網電力(kWh 演示用), 行業LCA-代表特定技術/全行業/市場平均水平 (用於流程行業數據庫和技術研究), 中國, 2021, 從搖籃到大門 (從資源開采到產品出門):11.11%	熟料煅燒	電力: 2.75%
	普通硅酸鹽水泥 (示例) 【生产】	石膏- 重型柴油貨車運輸 (18t) -中國: 4.78%
貨車運輸-重型柴油貨車運輸 (18t) -中國(中國):4.78%	普通硅酸鹽水泥 (示例) 【生产】	石膏- 重型柴油貨車運輸 (18t) -中國: 4.78%
石灰石(t 未分類), 行業LCA-代表特定技術/全行業/市場平均水平 (用於流程行業數據庫和技術研究), 中國, 2022, 從搖籃到大門 (從資源開采到產品出門):3.60%	生料粉磨	石灰石: 3.60%

二、碳足跡模型中用到的主要上游背景數據庫, 可以層層跳轉打開模型:

如水泥→電力→煤炭→運輸→柴油→煉油→採油

.....

應該杜絕“黑箱式”的碳足跡, 例如

- 水泥 碳足跡 xxx kgCO₂eq /t
- 塑料 碳足跡 yy kg CO₂eq /kg



透明可信 = 公开 → 完整 → 明确 → 准确 : 欧盟 PEF 的数据质量评分

数据质量评分 DQR :
$$DQR = \frac{\overline{Te_R} + \overline{G_R} + \overline{Ti_R} + \overline{P}}{4}$$

背景数据集 Secondary dataset 的评分规则: 年份代表性 Ti_R 、技术代表性 Te_R 、地理代表性 G_R ，最好是 1 级，最差的 5 级。而且只有背景数据库/数据集，不是所谓的“排放因子”！

	Most relevant process	Other process
Situation 1: process run by the company applying the PEFCR	Option 1 Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company specific dataset partially disaggregated at least at level 1 (DQR ≤ 1.6). Calculate the DQR values (for each criteria + total)	
	Option 2	Use default secondary dataset in PEFCR, in aggregated form (DQR ≤ 3.0). Use the default DQR values
Situation 2: process not run by the company applying the PEFCR but with access to (company)-specific information	Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company specific	
	Overall DQR	Overall data quality level
	DQR ≤ 1.5	‘Excellent quality’
	1.5 < DQR ≤ 2.0	‘Very good quality’
	2.0 < DQR ≤ 3.0	‘Good quality’
	3 < DQR ≤ 4.0	‘Fair quality’
DQR > 4	‘Poor quality’	
Situation 3: process not run by the company applying the PEFCR and without access to (company)-specific information		
	<p>透明可信 = 公开 + 完整 + 明确 + 准确</p> <p>碳足迹/LCA的专业性和规范性已大幅提高</p> <p>绝非说不清楚、算不清楚、以为可以随意造假</p>	

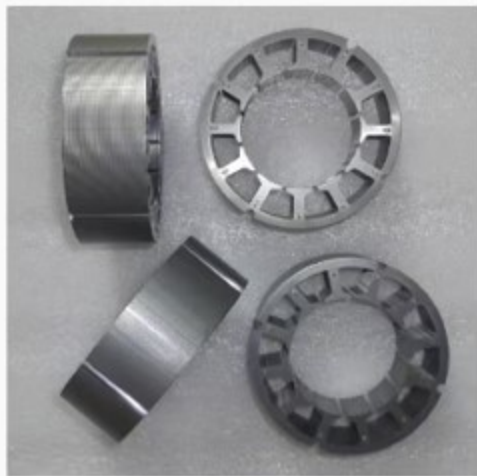
Table B.7. How to assess the value of the DQR criteria when secondary datasets are used.

[More than one table may be included in the PEFCR and entered in the section on life cycle stages]

	Ti_R	Te_R	G_R
1	The EF report publication date happens within the time validity of the dataset	The technology used in the EF study is exactly the same as the one in scope of the dataset	The process modelled in the EF study takes place in the country the dataset is valid for
2	The EF report publication date happens not later than 2 years beyond the time validity of the dataset	The technologies used in the EF study are included in the mix of technologies in scope of the dataset	The process modelled in the EF study takes place in the geographical region (e.g. Europe) the dataset is valid for
3	The EF report publication date happens not later than 4 years beyond the time validity of the dataset	The technologies used in the EF study are only partly included in the scope of the dataset	The process modelled in the EF study takes place in one of the geographical regions the dataset is valid for
4	The EF report publication date happens not later than 6 years beyond the time validity of the dataset	The technologies used in the EF study are similar to those included in the scope of the dataset	The process modelled in the EF study takes place in a country that is not included in the geographical region(s) the dataset is valid for, but sufficient similarities are estimated based on expert judgement.
5	The EF report publication date happens later than 6 years after the time validity of the dataset	The technologies used in the EF study are different from those included in the scope of the dataset	The process modelled in the EF study takes place in a different country than the one the dataset is valid for



打造透明可信的碳足跡，推動碳足跡全面應用



1F15984.0 定子

基础信息

规格 产品规格
单位 单位



原辅料排放 kg CO2e

全部

硅钢片	24.2
水性漆	1.2
润滑油	0.98
牛皮纸	0.12



混亂現狀：“黑箱式”的粗製濫造、甚至弄虛作假的碳足跡結果、證書、標籤滿天飛，既影響各方信心，又誤導行業和企業！

打破混亂現狀的關鍵：應該追問和披露什麼？

- 完整性：模型和數據庫是否包含了生命周期全過程？各過程是否包含了主要的消耗與排放？
- 準確性：數據來自於什麼資料？代表着什麼產品、過程技術、國家、年份？數據質量評估？

中國碳足跡開放平台 eFootprint+CLCD + 平台數據庫

- 透明可信 = 信息公開 → 模型完整 → 技術明確 → 數據準確
- 全面應用 = 分析改進 → 產品報告 & 證書標籤 & 市場宣傳 → 國內外客戶採信 & 政府監管 & 國際互認



一、提防 虛假的碳足跡 PS 圖片



1F15984.0 定子

基础信息

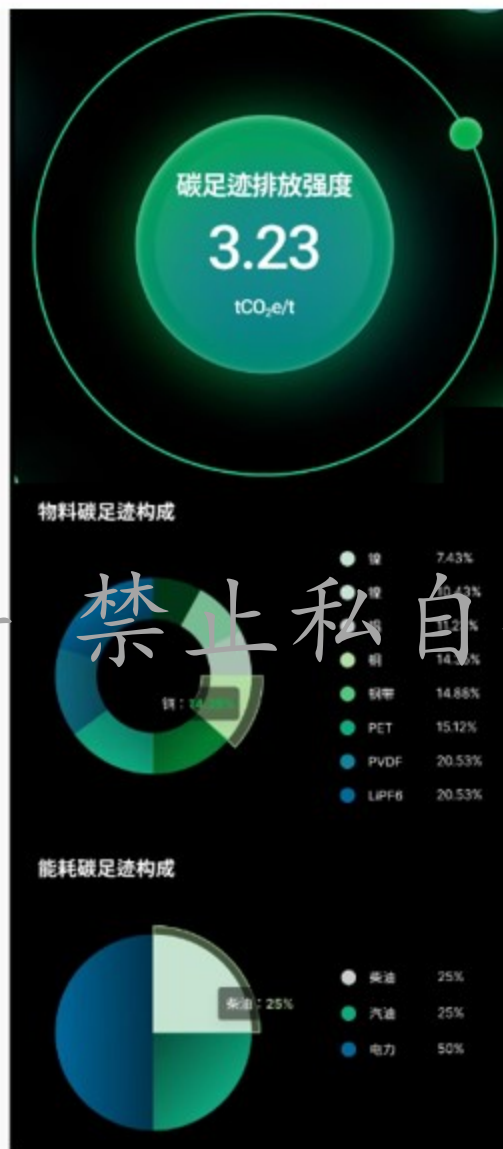
规格 产品规格
单位 单位



原辅料排放 kg CO2e

全部

硅钢片	24.2
水性漆	1.2
润滑油	0.98
牛皮纸	0.12



如果服務方只提供了碳足跡模型、結果餅圖、甚至二維碼的靜態圖片（還有畫得更好看的圖片呢），但沒有動態操作演示、沒有用戶自己生成的模型和結果

小心：碳足跡模型可能完全不存在 = 被欺詐風險！

防騙建議：反問 (Q1)

- 只有圖片嗎？
- 可以打開軟件和碳足跡模型看看嗎？
- 我可以自己操作、算一下嗎？

二、提防誤用排放因子的碳足跡計算器

碳足跡計算器		
各項消耗	活動數據	必須是上游碳足跡
電耗	350	X 0.91
乙烯	1020	X 1.34
蒸汽	42	X 0.03
柴油	5	X 0.20
現場排放 CO ₂ 量	2.35	X 過程排放因子
Σ 聚乙烯碳足跡 = 1700 CO ₂ eq		

TABLE 2.2
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE ENERGY INDUSTRIES
(kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

Fuel	CO ₂			CH ₄		
	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	
Crude Oil	73 300	71 100	75 500	r 3	1	
Coal	r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	
Natural Gas Liquids	r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1
Jet Kerosene	r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	
Other Kerosene	71 900	70 800	73 700	r 3	1	
Shale Oil	71 300	67 800	79 200	r 3	1	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 800	74 800	r 3	1	
Residual Fuel Oil	77 400	75 500	78 800	r 3	1	
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	
Ethane	61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	
Naphtha	73 300	69 300	76 300	r 3	1	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	
Lubricants	73 300	71 900	75 200	r 3	1	
		82 900	115 000	r 3	1	
		68 900	76 600	r 3	1	
		48 200	69 000	r 1	0.3	
		72 200	74 400	r 3	1	
		72 200	74 400	r 3	1	
		72 200	74 400	r 3	1	

碳足跡不是排放因子!

產品碳足跡：生命周期全過程 溫室氣體 排放總量

排放因子：一個過程的某項輸入與輸出之間的比例係數，如產排污因子.....

- IPCC 排放因子：各種燃料 燃燒過程的 CO₂、CH₄、N₂O 排放係數
- 碳交易體系採用的全國電網平均排放因子 = 0.5703 t CO₂/MWh
- 還有 CDM/CCER 體系採用的電力 OM、BM 排放因子

誤用意味着錯誤低估了碳足跡數值；

如果用於產品低碳、碳中和宣傳，意味着漂綠和虛假宣傳風險！

防騙建議：反問 (Q2)

- 因子庫里、計算表中，哪些是單過程排放因子？哪些是全過程碳足跡？

生命周期碳足迹 & 单元过程碳排放因子

水泥碳足迹:
833kgCO₂ eq/t 水泥

< 大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】

大型新型干法普通硅酸盐水泥【示例】 生产

- 电力[数据库]
- 混合材[忽略]
- 石膏[数据不可得]
- 熟料
- 煤粉[数据库]
- 电力[数据库]
- 自来水[数据库]
- 生料
 - 电力[数据库]
 - 铁粉[数据库]
 - 石灰石[数据库]
 - 粘土[数据库]
- 粉尘[数据库]

批量关联

发起代填

目标与范围定义 生命周期模型 LCA结果 模型文档与评审

过程描述

过程名称: 熟料煅烧

主要数据来源: 代表

工艺技术类型: 新型干法回转窑

产品信息(1)

产品名称	数量	形状与状态	规格
熟料 主产品	1t	单件/台/套	

输入表(4)

输入名称	数量	输入类型	上游
煤粉	144kg	能源	
电力	31kwh	能源	
自来水	0.3t	原材料/物料	
生料	1.52t	原材料/物料	

输出表(6)

输出名称	数量	输出类型	下游
二氧化碳(化石燃料源)[排放到大气(未指定类型)]	830.29kg	环境排放	
可入肺颗粒物(PM2.5)[排放到大气(未指定类型)]	0.19kg	环境排放	
氨[排放到大气(未指定类型)]	0g	环境排放	
化学需氧量[排放到水体(未指定类型)]	0.06g	环境排放	
二氧化硫[排放到大气(未指定类型)]	0.14kg	环境排放	

生料制备单元	1t	单位	数值	算法	资料
原料投入	石灰石	kg	843.3		可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
	砂岩	kg	181		
	粘土	kg	130.6		
	铁粉	kg	26.1		
能源消耗	电	kwh	21		
大气排放	颗粒物	kg	0.04	工业粉尘排放系数 PM ₁₀ _EF_RawM:0.059kg/t ，换算到生料制备过程 为0.059/1.52= 0.0388 kg/t生料。	《工业源产排污系数手册 (2010修订)中册》水泥制造 业产排污系数表新型干法 (≥4,000tcl/d)
熟料煅烧单元	1t	单位	数值	算法	资料
原料消耗	生料	kg	1520		可从公司台账、采购数据、电费水费单数/企业环评
	工业用水	t	0.3		
能源消耗	煤粉	kg	154		
	电力	kwh	28.85		
C02	kg	913.05	生产1吨普通硅酸盐水泥熟料产生的CO2包括: ①生料中碳酸盐矿物分解和有机物燃烧产生 555.35kgCO2; ②按照IPCC温室气体核算方法计算,生产过程 煤粉燃烧产生 357.70kgCO2	过程排放因子 《2006年IPCC国家温室气体清单指南》	
颗粒物	kg	0.189	如:新型干法(窑头) ≥4000(吨熟料/日)排 污系数:17.49	工业源产排污系数手册 (2010修订)中册》水泥制造 业中水泥制造业产排污系 数表(续6)	

未经允许 禁止私自传播



三、提防 侵犯知識產權的碳足跡



中华人民共和国 著作权法

第四十五条 有下列侵权行为的，应当根据情况，承担停止侵害、消除影响、公开赔礼道歉、赔偿损失等民事责任：

(一) 未经著作权人许可，发表其作品的；

(二) 未经合作者许可，将与他人合作创作的作品当作自己单独创作的作品发表的；

(三) 没有参加创作，为谋取个人名利，在他人作品上署名的；

第四十六条 有下列侵权行为的，应当根据情况，承担停止侵害、消除影响、公开赔礼道歉、赔偿损失等民事责任，并可以由著作权行政管理部门给予没收非法所得、罚款等行政处罚：

(一) 剽窃、抄袭他人作品的；

(二) 未经著作权人许可，以营利为目的，复制发行其作品的；

- 公開的文獻資料和數據，不意味着可以未經授權用於商業用途！
- 吹牛“建立了全球最大的碳排放因子庫”不用上稅，但同樣違法！
- 服務方（乙方）無知識產權或授權，可能牽連甲方也產生侵權風險！

防騙建議：反問（Q3）

- 這些因子數據庫是誰的知識產權？
- 有授權商用嗎？
- 會不會侵犯別人的知識產權？
- 合同里要寫上！

未經允許 禁止私自傳播



四、拒絕含義模糊的碳足跡

實景過程: 3	技術代表性	輸入清單	輸出清單	數據主要來源
普通硅酸鹽水泥 (示例) [生产]	1、工艺分类: 开路粉磨 大型新型干法旋轉窑 2、原輔料分类: 混合材 (15%~25%) 石灰石 3、能源类型分类: 電力 (火電70%-80%) 煤炭 4、減排与循环措施: 布袋除尘 5、节能与降耗措施:	電力、石膏、熟料、混合材	主要排放物: 化學需氧量、總顆粒物 已知排放物: 甲烷、汞、化學需氧量、一氧化硫、氟化物、氨、non-methane volatile organic compounds、二氧化碳 (化石源)、重金屬总和、氮氧化物、氧化亞氮、氯化氫、可吸入顆粒物 (PM10)、一氧化碳 (化石源)	[1] 《工業源產排污系數手冊》 [2] 水泥行業清潔生產指標體系 [3] 工業源產排污系數手冊 [4] 《水泥工業大氣污染排放》 [5] 《水泥窑协同处置固体废物》
熟料煅燒	1、工艺分类: 新型干法回轉窑 2、原輔料分类: 石灰石生料粉 3、能源类型分类: 煤炭 4、減排与循环措施: 袋式除尘, SCR脱硝 5、节能与降耗措施: 余熱發電	電力、生料、煤粉、工業用水	已知排放物: 甲烷、汞、化學需氧量、一氧化硫、氟化物、氨、non-methane volatile organic compounds、二氧化碳 (化石源)、重金屬总和、氮氧化物、氧化亞氮、氯化氫、可吸入顆粒物 (PM10)、一氧化碳 (化石源)	
	1、工艺分类: 干法			

未說明產品種類、生產技術、國家和年份等信息的碳足跡無意義，用這樣的數據計算出來的碳足跡結果也無意義：

- 如果只有“水泥碳足跡 $xx\text{ kgCO}_2\text{eq/t}$ ”、“塑料碳足跡 $yy\text{ kgCO}_2\text{eq/t}$ ”，說明對方自己並不知道自己算的是什麼東西！
- 應該是：水泥碳足跡 $zz\text{ kgCO}_2\text{eq/t}$ （普通硅酸鹽水泥，PO32.5，石灰石原料，新型干法+餘熱發電，20%混合材，中國 2020）

碳足跡結果

普通硅酸鹽水泥 (示例)

企业名称: 演示账号-研究用
规格型号: PO32.5

过程名称	GWP (kg CO2 eq)
普通硅酸鹽水泥 (示例) [生产]	100%
直接贡献	0%
熟料	94.4%
電力	5.25%
石膏	0.2%
石膏-重型柴油貨車運輸 (1)	0.15%

过程信息

基 准 年: 2021
主要原料: 石灰石
工艺类型: 大型新型干法旋轉窑
能源类型: 煤粉, 電力 (火電-70%)
其他类型: 混合材-20%
輔助工艺: 余熱發電, 布袋除尘, SNC脱硝

亿科LCA培训: 水泥的碳足跡模型

过程名称	GWP (kg CO2 eq)
普通硅酸鹽水泥 (示例) [生产]	100%
直接贡献	0%
熟料	94.4%
直接贡献	85.29%
電力	2.72%
生料	3.82%
直接贡献	0%
電力	3.01%
粘土	0.05%
砂岩	0.07%
石灰石	0.65%
鐵粉	0.04%
煤粉	2.58%
電力	5.25%
石膏	0.2%
石膏-重型柴油貨車運輸 (1)	0.15%

防騙建議：反問 (Q4)

- 這些 碳足跡數據庫、碳足跡結果，代表什麼產品種類、什麼生產技術、哪個國家呢？

五、拒絕無法追溯分析的碳足跡黑箱

碳足跡的根本要求 —— 有用：為企業提供產品 / 技術的追溯分析、對比分析、趨勢分析 ……

过程名称	清单名称	上游数据类型	平均灵敏度	GWP(kg CO2 eq)	PED(MJ)	ADP(kg antim...)
水泥粉磨【生产】	熟料	实景数据	84.92%	97.70%	94.45%	89.09%
熟料煅烧	生料	实景数据	24.51%	3.84%	9.70%	21.86%
熟料煅烧	煤粉 关键AP	背景数据	20.22%	2.72%	74.67%	58.01%
生料制备	石灰石 关键AP	背景数据	13.44%	0.70%	1.70%	6.83%
熟料煅烧	电力 关键AP	背景数据	10.48%	3.94%	10.07%	9.20%
熟料煅烧	二氧化碳 (化石燃料源)					
生料制备	电力 关键AP					
水泥粉磨【生产】	石膏 - 重型柴油货车运输 (46t)-中国 关键AP					
熟料煅烧	氮氧化物					
熟料煅烧	自来水 关键AP					

未经允许

禁止私自传播

- 水泥碳足跡 xxx kgCO₂eq/t，塑料碳足跡 yyy kgCO₂eq/t，…… ?!
- 相反：碳足跡不是為了得到一個數字，還可以根據模型 追溯分析、對比分析，甚至是趨勢預測分析，才能用於產品與技術研發、生產和供應鏈管理，只有一個數字結果是無意義的。

防騙建議：反問 (Q5)

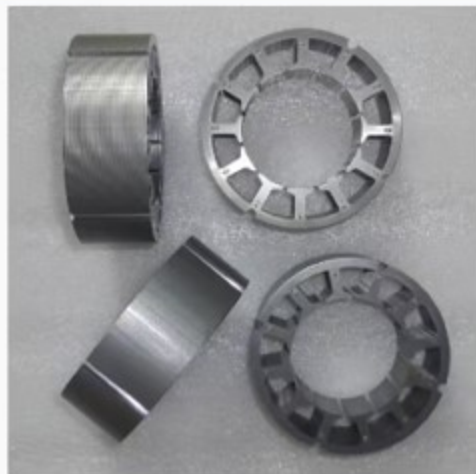
- 可以追溯分析、對比分析、趨勢分析嗎？



六、拒絕碳足跡智商計算器

碳足跡計算器：上述問題的集大成者！典型的碳足跡計算器，其計算方法就是一張表格，相應的模型結構、結果分析也只是一層，沒有過程追溯、不區分 GHG、更沒有 LCA 多指標、數據質量評估、不支持 LCA 專業數據庫……，有人指望“老頭樂”變成特斯拉嗎？！

碳足跡計算器		
各項消耗	活動數據	必須是上游碳足跡
電耗	350	0.91
乙烯	1020	1.34
蒸汽	42	0.03
柴油	5	0.20
現場排放 CO2量	2.35	
Σ聚乙烯碳足跡 = 1700 CO ₂ e		



1F15984.0 定子

規格	產品規格
單位	單位

原輔料排放 kg CO2e		全部
矽鋼片	24.2	
水性漆	1.2	
潤滑油	0.98	
牛皮紙	0.12	



防騙建議：反問 (Q6)

- 如果這就是“高科技”的碳足跡軟件，它跟 Excel 計算表有什麼區別？跟 LCA 軟件有什麼區別？
- 這與十多年前的芯片造假有何區別？



中國大學慕課 《生命周期評價與應用》

中国大学MOOC

4.9 ★★★★★



- 全網唯一碳足跡 /LCA 專業課程
- 全網近萬人選課，評分 4.9
- 2022年入選四川省教育廳一流課程



四川大學
公開慕課

課程目錄

- 第一章 LCA 方法概述
- 第二章 LCA 體系建設
- 第三章 WebLCA 體系概述
- 第四章 目標與範圍定義 (第 1步)
- 第五章 單元過程數據收集 (第 2步)
- 第六章 生命周期建模 (第 3步)
- 第七章 LCA 計算與分析 (第 4步)
- 第八章 數據質量評估與改進 (第 5步)
- 第九章 結果報告與評審發布 (第 6步)
- 第十章 行業服務平台與企業應用

歡迎報考四川大學
碳中和未來技術學
院研究生!

