

建材产品水足迹评价导则

标准编制说明 (征求意见稿)

标准起草组

2022 年 12 月

1. 工作简况

1.1. 任务来源

2021 年，根据工业和信息化部《工业和信息化部办公厅关于印发 2021 年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2021〕159 号）的要求，《建材产品水足迹评价导则》（计划号：2021-0553T-JC）作为行业标准立项，标准编制工作由北京国建联信认证中心有限公司、北京工业大学、中国标准化研究院等单位负责，由中国建筑材料联合会提出并归口管理。



图 1 标准立项通知

2021 年第二批绿色制造标准项目计划表

建材行业												
序号	计划号	项目名称	性质	标准类别	制修订	代替标准	采标情况	项目周期(月)	部内主管司局	技术委员会或技术归口单位	主要起草单位	备注
28.	2021-0549T-JC	水泥窑系统烟平衡、烟效率计算方法	推荐	节能	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	天津水泥工业设计研究院有限公司、清华大学、天津大学、北京工业大学	○
29.	2021-0550T-JC	取水定额 绝热材料	推荐	节水	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	中国绝热节能材料协会、北京国建联信认证中心有限公司、华美节能科技集团有限公司	
30.	2021-0551T-JC	节水型企业 防水材料行业	推荐	节水	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	中国建筑防水协会、北京国建联信认证中心有限公司、中国建材检验认证集团股份有限公司	
31.	2021-0552T-JC	节水型企业 预拌混凝土行业	推荐	节水	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	建材工业质量认证管理中心、中国混凝土与水泥制品协会、华润水泥投资有限公司	
32.	2021-0553T-JC	建材产品水足迹评价导则	推荐	节水	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	北京国建联信认证中心有限公司、北京工业大学、中国标准化研究院	
33.	2021-0554T-JC	废弃纤维复合材料回收技术规范	推荐	资源综合利用	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	中国物资再生协会、中纤复合材料再生资源咨询服务(北京)有限公司	
34.	2021-0555T-JC	采暖散热器行业绿色工厂评价要求	推荐	绿色工厂	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	北京建筑材料检验研究院有限公司(国家建筑材料工业建筑五金水暖产品质量监督检测中心)、北京建筑材料科学研究总院有限公司	
35.	2021-0556T-JC	氟石膏	推荐	产品	制定			24	节能与综合利用司	建材工业综合标准化技术委员会	建筑材料工业技术情报研究所、江苏一夫科技股份有限公司、四川省建材工业科学研究所	

图 2 标准立项计划表

1.2.1.2 工作背景

水资源是构成生态环境的基本要素,也是人类生存与发展不可替代的重要资源。当前,我国水资源短缺、水污染严重、水环境恶化现象已经十分严重。2018年,我国人均水资源量为 1971.8m³/capita/year,远低于世界平均水平,属于水资源严重匮乏的国家。根据《地表水环境质量标准(GB 3838-2002)》,2018年我国流域Ⅳ类以上水体仍占 25.8%。同时,中国 90%的浅层地下水已被污染,37%的地下水污染严重。这导致了我国每年约有三亿人面临饮用水短缺,而水资源的需求几乎涉及到国民经济的方方面面,如工业、农业、居民生活等,严重的缺水问题限制了我国城镇现代化建设进程、经济增长和居民生活水平的提高。同时工业污水和生活废水的大量排放导致了水质恶化,影响了水资源的可持续利用,进而加剧了水资源短缺的现状。水体污染物排放一般伴随着有机物污染、毒性污染以及富营养化等问题,这不仅引发了严重的生态环境退化,还对人体健康和粮食安全造成了严重威胁。我国每年约有 1.9 亿人发生相关疾病和约 6 万人死于水污染引起的胃癌、肝癌等疾病。因此,国家高度重视水资源问题,制定出台了一系列政策文件。

《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17号),

提出了水污染防治的总体要求、工作目标、主要指标以及重点工作，明确提出要“推进循环发展，加强工业水循环利用”。国家发展改革委等 9 部委制定发布了《关于加强资源环境生态红线管控的指导意见》（发改环资〔2016〕1162 号），明确要“对水资源消耗实施管控，确定用水总量控制目标”。2016 年，十二届全国人大四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确提出“落实最严格的水资源管理制度，建立健全资源高效利用机制，实施水资源消耗总量和强度双控行动”。而且要坚持“预防为主、风险防控”理念，对具有高健康风险的环境污染因素进行主动管理，从源头预防、消除或减少环境污染，坚持立足风险管理是环境与健康工作的核心任务这一理念，以推动环境管理向‘污染物总量控制——环境质量管理——环境风险管理’三者统筹协调管理转型。习近平总书记在十九大报告中指出“要着力解决突出环境问题，实行最严格的生态环境保护制度，加快生态文明体制改革，建设美丽中国”，也指出“在生态环境保护上一定要算大账、算整体账、算综合账”。由此可见，水资源的管理已进入国家战略体系，以环境质量目标为导向的全过程环境风险管控已提升至国家战略高度。

水足迹（Water Footprint）是一个可以评价水资源消耗和污染状况的综合性指标，能够定量反应人类活动对水环境造成的影响，有效指导人类节水行动，但早期水足迹网络（WFN）提出的水足迹分析方法并不能实现全过程环境风险的分析。而生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）即能够对环境影响进行量化，又能够实现从“摇篮到坟墓”的全过程环境风险解析。因此，国际标准化组织（ISO）发布了相关标准《ISO 14046 Environmental Management-Water Footprint. Principles, Requirements and Guidelines》，提出采用 LCA 的方法进行水足迹评价以实现全过程水足迹影响分析。标准同时发布了全过程水足迹影响评价的基本要求和框架，但并未提出具体的水足迹评估模型，当前符合该标准的相关方法性研究仍相对较少。欧盟也曾指出 LCA 是未来评价绿色产品唯一方法。同时，我国颁布了多项政策性文献，鼓励采用生命周期的理念进行全过程环境风险管控。《中国制造 2025》实行的五大工程中的“绿色制造工程”要求“强化产品全生命周期绿色管理，努力构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系”；《工业绿色发展规划（2016-2020）》要求“开展基于全生命周期的绿色评价技术研究，强化

产品全生命周期绿色管理”；《“十三五”国家科技创新规划》提出“构建基于产品全生命周期的绿色制造技术体系”。

基于此，水足迹作为一种全球通用的评价技术，为解决水资源问题提供了可行的办法。通过水足迹的量化和评价，既能实现对水资源消耗和水环境污染的总体把握，为水资源的合理利用提供决策依据，又能与同类的企业或产品进行比较分析，从而实现水资源的优化配置、减少不利的环境影响。

1.3.1.3 工作过程

（一）参加单位、人员及分工

本标准负责起草单位为北京国建联信认证中心有限公司、北京工业大学、中国标准化研究院等，再吸纳行业内一些大型企业参与。

本标准起草人：王瑞蕴、陈华龙、刘宇、龚先政，其中王瑞蕴为标准执笔人，其他人员参与标准的研讨和修改工作。

起草单位具体分工见下表：

表 1 参编单位分工

单 位	工作分工
北京国建联信认证中心有限公司	标准牵头、标准框架确定 主要修订点计划任务组织落实 组织标准审查与讨论会 组织企业调研
北京工业大学、中国标准号研究院	标准文本及编制说明完善
企业	标准验证

（二）标准编制工作过程

2018 年初，标准主要承担单位北京国建联信认证中心有限公司着手研究建材行业水资源效率量化评价技术与集成应用，针对建材行业水资源效率量化方法学和评价指标体系缺失、水资源消耗及生命周期水足迹数据基础薄弱、行业和企业水资源管理能力不足等问题，以“突破关键技术—搭建数据平台—创新应用实践”为技术路线，开展了一系列科技创新工作，其中包含水足迹量化和评价关键技术研究，提出融合 WFN（Water Footprint Network）（蓝水足迹、灰水足迹）/ISO（水稀缺足迹、水劣化足迹）方法体系的建材产品水足迹评价方法学及指标体系。2020 年 6 月底，该项目已结题，并获得 2021 年度建筑材料科学技术奖二

等奖。

2021 年 6 月，工信部正式下达《工业和信息化部办公厅关于印发 2021 年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2021〕159 号）的要求，《建材产品水足迹评价导则》（计划号：2021-0553T-JC）作为行业标准立项，北京国建联信认证中心有限公司联合北京工业大学、中国标准化研究院等起草单位共同成立标准编制组，并随即开展标准编制研讨；

2021 年 8 月，国建联信认证中心牵头在线上召开远程首次工作会，会上成立了标准起草组，同时对标准研究现状进行介绍，包括立项背景、工作现状、草案框架等方面。此外，还针对标准完成节点对相关工作进行计划和分工。

2021 年 12 月，根据现有发布的标准，如：GB/T 24044《环境管理 生命周期评价 要求与指南》、GB/T 33859《环境管理 水足迹 原则、要求与指南》、GB/T 37756《产品水足迹评价和报告指南》等已有的生命周期等相关标准起草完成《建材产品水足迹评价导则》草案，并结合 JC/T XXX《建材产品生命周期评价技术通则》标准一起进行二次讨论标准内容。



图 3 标准线上工作会

2022 年 5 月，调研近 10 个建材行业企业生产数据和二手数据，对标准进行验证，如水泥企业、预拌混凝土企业、预拌砂浆企业、水泥制品企业、玻璃企业、

陶瓷企业等。

2022 年 8 月，将《建材产品水足迹评价导则》草案发送至行业内部分专家进行函审，并征集专家意见，对标准草案进行修改。

2022 年 10 月 12 日，中国建筑材料联合会通过线上会议组织召开了由国建联信认证中心和北京工业大学等负责制定的《建材产品生命周期评价技术通则》行业标准审查会。该标准为建材行业生命周期评价的指导性通则，本标准起草应与《建材产品生命周期评价技术通则》协调一致。因此，本次标准审查会后，编制起草组统一根据审查会专家意见对标准进行修改。

2022 年 12 月底，标准起草组形成征求意见稿，筹备征求意见工作。

2. 标准编制原则和主要内容

2.1. 标准制定的基本原则

遵循标准编制先进性、科学性、一致性和可行性的原则。以 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》为指导，在符合国家现行法律、法规以及建材行业政策要求的前提下，以 GB/T 24044《环境管理 生命周期评价 要求与指南》、GB/T 33859《环境管理 水足迹 原则、要求与指南》、GB/T 37756《产品水足迹评价和报告指南》等相关方针政策、标准规范为制定本文件的依据，此外，标准的编制还参考了目前现有已发布或正在研制过程的标准，如 FZ/T 07023—2021《纺织产品水足迹核算、评价与报告通则》以及 JC/T XXX《建材产品生命周期评价技术通则》。同时考虑了国内建材行业年耗水量较大的行业，如水泥、玻璃、陶瓷、石材、预拌混凝土、水泥制品、玻璃纤维等，调研其取水、排水情况，结合产品生产流程、行业特征，对功能单位的制定、系统边界的划分、水足迹清单分析、水足迹影响评价以及涉及到的特征化类型和特征化因子进行了细分。

在特征化因子选取过程中，标准起草组调研了现有生命周期方法体系（Recipe、CML、ILCD）等，参考建材行业废水排放特征，总结了标准使用者会参考的一些特征化因子作为资料性附录附在标准正文后面，增加标准实用性。

2.2. 标准框架

本文件内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、目的和范围的确定、水足迹清单分析、水足迹影响评价、可比性、以及水足迹评价报告的内容，主要阐述产品水足迹评价体系框架及方法与数据统计方法。标准的附录 A 为资料性附录。

2.3. 标准的主要技术内容

2.3.1. 范围

本文件规定了建材产品进行生命周期评价的目的和范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评价、可比性以及 III 型环境声明的要求。

本文件的定位包括两点，一方面，本文件对编制建材产品 III 型环境声明中的指标参数提出要求。根据本文件编制的 III 型环境声明，包含对应产品的生命周期环境信息：可以为下游供应商或消费者选择环境友好产品提供可靠和可比的环境信息，也可为对应产品的生产者持续改进产品的环境表现提供数据支持。提出 III 型环境声明的组织宜确保数据得到第三方独立验证，以增加声明的准确性和可信度。另一方面，本文件规定了具体建材产品 PCR 制定的通用原则，以划定相同的评估范畴来提升同类型产品生命周期评估结果的可比性，能够确保产品环境声明对比的公平性和透明性。具体建材产品 PCR 的制定可通过产品特征，识别最相关的环境影响类型和环境信息，也可侧重赋予不同权重（归一化和加权），作为以分值标签或等级标签形式体现产品环境足迹的依据。

2.3.2. 规范性引用文件

本文件的编制主要以 GB/T 24044《环境管理 生命周期评价 要求与指南》、GB/T 33859《环境管理 水足迹 原则、要求与指南》、GB/T 37756《产品水足迹评价和报告指南》等相关标准为依据，是本文件起草的上位标准。

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 24044	环境管理	生命周期评价	要求与指南
GB/T 33859	环境管理	水足迹	原则、要求与指南
GB/T 37756	产品水足迹评价和报告指南		

2.3.3. 术语和定义

本文件除了延用 GB/T 24044、GB/T 33859、GB/T 37756 界定的术语和定义外，选取本文件常用且重要的 10 个术语和定义单独列于此，使标准的使用者更为便捷的获取其含义。

序号	术语	定义	来源
1.	产品水足迹 product water footprint	量化产品与水相关的潜在环境影响的指标,可根据影响类型的不同分为产品水稀缺足迹、产品水劣化足迹等。 注:若仅考虑水量或水质某一方面变化造成的潜在环境影响时,“产品水足迹”术语只能和限定词一起使用。限定词是一个或多个用来描述水足迹评价研究中影响类型的附加词汇,如“产品水稀缺足迹”、“产品水劣化足迹”等。	GB/T 37756-2019, 3.1
2.	直接水足迹清单 direct water footprint inventory	已划定组织边界内活动产生的输入和输出。 注:例如,水泥产品生产过程中直接消耗的新鲜水和排放的生产废水污染物(如有)产生的输入和输出。	GB/T 33859-2017, 3.5.14, 有修改
3.	间接水足迹清单 indirect water footprint inventory	由其他组织拥有或控制的过程而引起的某组织活动产生的输入和输出。 注:例如,陶瓷砖生产过程中的包装材料的水足迹为陶瓷产品间接水足迹。	GB/T 33859-2017, 3.5.15, 有修改
4.	产品水稀缺足迹 product water scarcity footprint	量化产品与水稀缺程度相关的潜在环境影响的指标。	GB/T 37756-2019, 3.2
5.	产品水劣化足迹 product water degradation footprint	量化产品与水质负面变化相关的潜在环境影响的指标。 注:可根据特征污染物的不同分为产品水富营养化足迹、产品水酸化足迹、产品水生态毒性足迹等。	GB/T 37756-2019, 3.3
6.	产品水富营养化足迹 product water eutrophication footprint	量化产品与水体富营养化相关的潜在环境影响的指标。	GB/T 37756-2019, 3.4
7.	产品水酸化足迹 product water acidification footprint	量化产品与水体酸化相关的潜在环境影响的指标。	GB/T 37756-2019,

			3.5
8.	产品水生态毒性足迹 product water ecotoxicity footprint	量化产品与水生态毒性相关的潜在环境影响的指标。	GB/T 37756-2019, 3.6
9.	原始数据 primary data	产品系统中单元过程或活动的量化值,通过原始出处的直接测量或基于直接测量的计算来获得。 注:由于原始数据可能和不同的、但可比的产品系统有关,因此其不一定需要从所研究的产品系统中获取。	GB/T 24040-2008, 3.29
10.	二手数据 secondary data	除直接测量值或直接测量值计算值以外的其他数据。 注:这些源包括经权威机构认可的数据库和出版文献。	GB/T 33859-2017, 3.6.2

2.3.4. 目的和范围的确定

以往,生命周期评价方法的实施框架习惯以 1990 年 SETAC 研讨会上确定的三角形模型为基础。该研讨会的一个主要决定是将生命周期评价定义为一种分阶段的评价方法,主要包括生命周期清单分析、生命周期影响评价和环境改善评价。后来,又添加了一个部分:目的与范围的确定。这样,生命周期评价的四个主要实施阶段就包括目的与范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评价和环境改善评价。如图 6 所示,范围界定、数据收集和评价结果的描述都必须与实现预定的目的相一致。

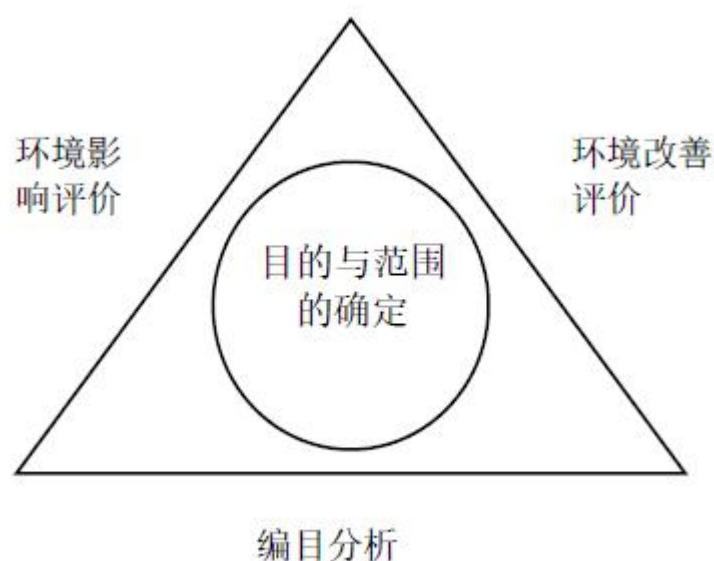


图 4 SETAC 三角形模型

随着生命周期评价方法的进一步发展，整体技术框架又有了新的表述形式。图 7 所示为 1997 年 ISO 14040 标准定义的技术框架，包含目的与范围的确定(goal and scope definition)、清单分析(inventory analysis)、影响评价(impact assessment)和结果解释(life cycle interpretation)等 4 个组成部分。其中，目的与范围的确定和生命周期清单分析这两个部分发展相对比较完善。由此可见，国际环境毒理学与化学学会(SETAC)在 1991 年提出生命周期评价的技术框架与 ISO 14040《环境管理——生命周期评价——原则与框架》中无规定的技术框架存在差异。

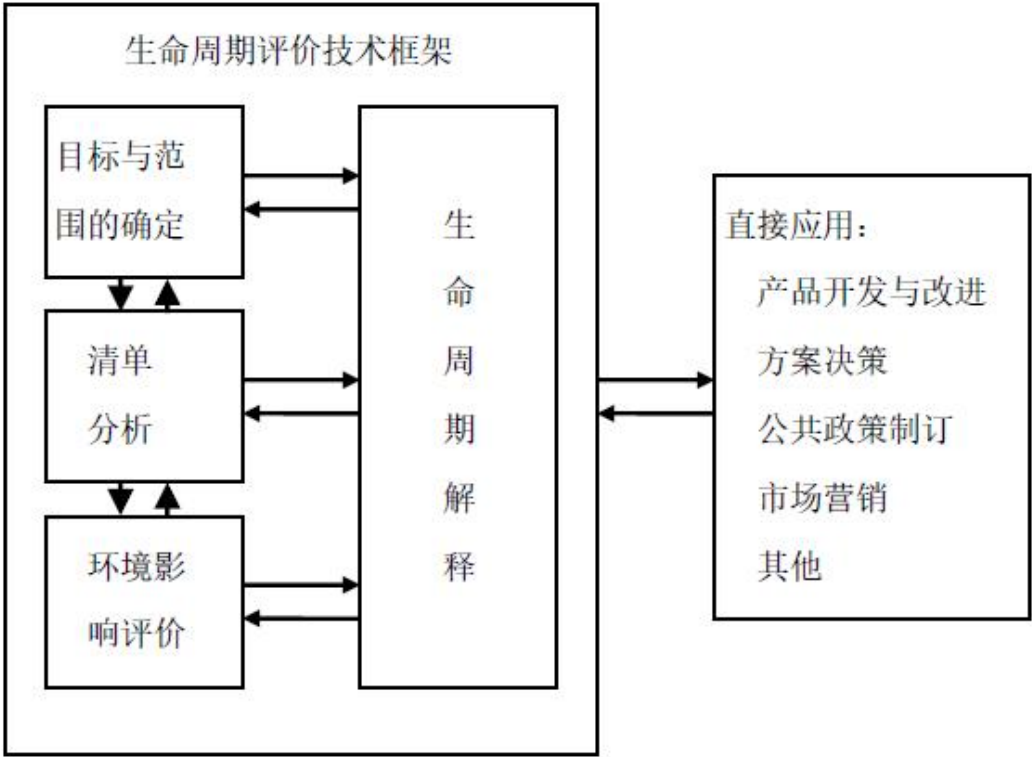


图 5 生命周期评价技术框架

目的与范围的确定是生命周期评价中的第一步，也是至为重要的一步，其重要性在于它决定为何要进行某项生命周期评价（包括对其结果的应用意图），并表述所要研究的系统和数据类型。研究的目的、范围和应用意图涉及研究的地域广度、时间跨度和所需数据的质量等因素，它们将影响研究的方向和深度。

LCA 研究目的中须明确陈述其应用意图，开展该项研究的理由以及它的使用对象，即研究结果的接收者或预期交流对象。

LCA 的范围根据为评价所确定的目标，LCA 可能非常综合，也可能非常粗略。LCA 的范围应该根据需要达到的既定目标来确定。应妥善规定研究范围，

以保证研究的广度、深度和详尽程度与之相符，并足以适应所确定的研究目的。LCA 本身是一个反复的过程，在研究过程中，可能由于收集到新的信息而要对研究范围加以修正。

在确定生命周期评价研究范围时需要分析的因素主要有：研究范围的修改及论证、功能、功能单位、系统边界、数据类型、输入输出初步选择准则、数据质量要求等。

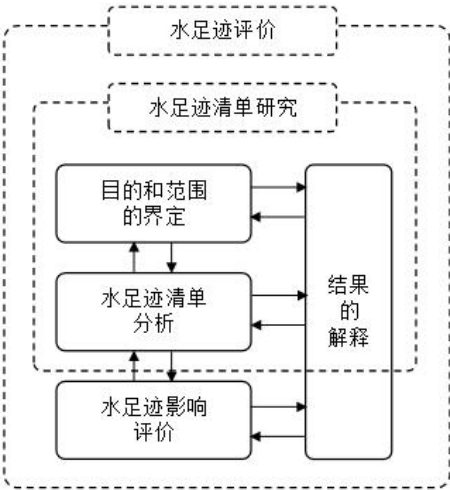


图 6 水足迹评价的阶段

依据 GB/T 33859《环境管理 水足迹 原则、要求与指南》以及 GB/T 37756《产品水足迹评价和报告指南》实施的水足迹评价包括生命周期评价的四个阶段（见图 6），因此，本文件应按照 GB/T 24044-2008 中 4.2 的要求确定建材产品水足迹评价的目的和范围。同时，产品水足迹评价用于进行比较研究时，应基于系统的可比性确定研究范围，并应在解释结果之前评价被比较产品系统在清单分析和影响评价阶段是否采用相同的功能单位和等同的方法学（如系统边界、数据质量、分配程序等）。任何参数的差异都应识别并报告。

产品描述

2.3.4.1. 目的

GB/T 24040 中要求，研究目的中须明确陈述其应用意图，开展该项研究的理由以及它的使用对象。如为通过评价产品全生命周期的环境影响大小，提出优化设计或生态化改进方案，从而可为提升和改善产品的绿色设计提供依据。如通过对比对比相同功能条件下同种或不同产品生命周期环境信息，选择在生命周期中性能、资源消耗与环境影响的绿色产品。如为下游供应商或消费者选择环境友

好产品提供可靠和可比的环境信息等。

研究范围依据目的确定，需要分析的因素主要有：研究范围的修改及论证、功能、功能单位、系统边界、数据类型、输入输出初步选择准则、数据质量要求等。建材产品水足迹评价的目的包括评价与水相关潜在环境影响的大小、识别降低与水相关潜在环境影响的机会、提高产品用水效率和完善水管理、为决策者提供与水相关潜在环境影响的信息等。

2.3.4.2. 功能单位

由于 LCA 方法是一种基于定量计算的评价方法，所以产品系统各方面情况的描述就需要以一定的功能为基准，这便是功能单位的选取。功能单位是对产品系统输出功能的量度，关系到环境清单数据的具体数值。在目的与范围确定阶段，如何选取适当的功能单位是一个至关重要的问题，其基本作用是为有关的输入和输出提供参照基准，以保证 LCA 结果的可比性。在评估不同系统时，LCA 结果的可比性是必不可少的，否则无法在同一基础上进行比较。

因此，本文件规定了功能单位的选择应与研究目的和范围保持一致，为输入和输出数据的归一化提供基准。应根据具体建材产品和行业系统性能等特点，定义可量化、可测算、具有统计意义的功能单位。如：可依据研究目的和范围将水泥产品功能单位定义为 1t 水泥熟料或生产 1t 水泥熟料。

2.3.4.3. 系统边界

生命周期阶段的划分来源于生命周期的定义，生命周期指产品从自然中来再回到自然中去的全部过程，即从“摇篮到坟墓”（from cradle to grave）的整个生命周期各阶段的总和，具体包括从自然中获取最初的资源、能源，经过开采、原材料加工、产品生产、包装运输、产品销售、产品使用、再使用以及产品废弃处置等过程。因此，完整意义上的生命周期阶段应该包括产品的全生命周期，对于建材产品而已，包括原料与能源获取阶段、产品生产阶段、产品的施工和使用阶段以及报废阶段。

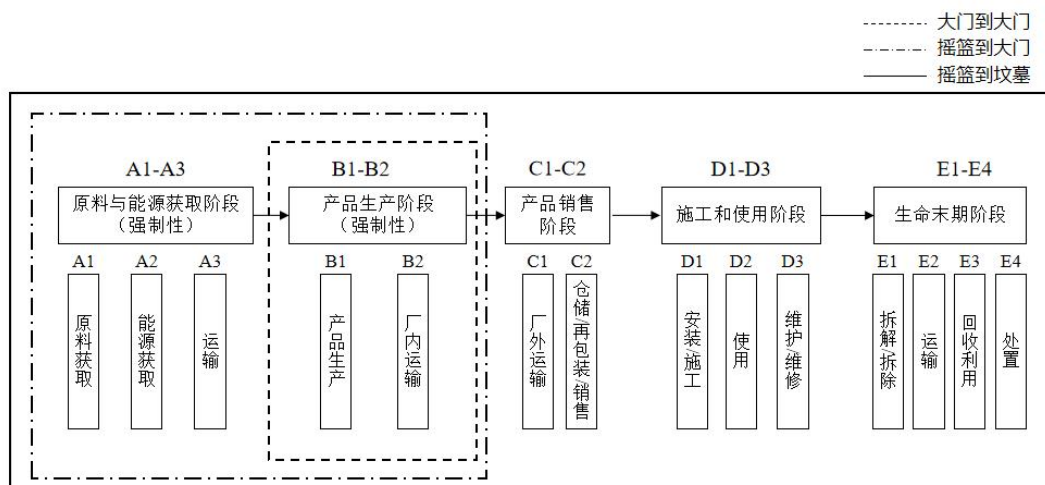


图 7 建材产品全生命周期评价的系统边界

其中，可按照不同产品特征和目的界定不同的系统边界。主要包括有四种类型：“门到门”——只包括生产阶段过程，用于确定单个生产步骤或过程对环境的影响；“从摇篮到坟墓”——包括材料和能源生产链，从原材料提取到生产、运输、使用阶段，直至产品生命结束处理的所有过程；“门到坟墓”——包括从使用和生命结束阶段的过程，用于确定产品离开工厂后对环境的影响；“从摇篮到门”——包括从原料提取到生产阶段的所有过程，用于确定一种产品的生产对环境的影响。



图 8 混凝土产品生命周期示例

确定系统边界，即确定要纳入到模型化系统的单元过程。在理想情况下，建

立产品系统的模型时,应使其边界上的输入和输出均为基本流。但在许多情况下,没有充足的时间、数据或资源来进行这样全面的研究,因而必须决定在研究中对哪些单元过程建立模型,并决定对这些单元过程研究的详略程度。不必为量化那些对总体结论影响不大的输入和输出而耗费资源。此外,还必须决定应予评价的环境排放类型以及评价的详略程度等。随着研究的进展,还要在前期工作成果的基础上对上述初步确定的系统边界加以修改。对选择输入和输出的准则应予清晰表述,使之易于理解。因此本文件规定了产品生命周期评价的系统边界一般应包括产品生命周期的所有阶段,即原材料阶段、生产阶段、分销和储存阶段、使用阶段、回收处理和处置阶段。可根据建材产品特征、评价目的、数据获取情况删除或简化对评价结果不会造成显著影响的生命周期阶段、单元过程、输入或输出,但应说明其原因及可能造成的后果。

本文件对原料与能源获取阶段(A1~A3)、产品生产阶段(B1~B2)、产品销售阶段(C1~C2)、施工和使用阶段(D1~D3)、生命末期阶段(E1~E4)中涉及到的会对环境产生影响的阶段分别罗列。其中建材产品的生命周期阶段至少应涵盖原料与能源获取阶段(A1-A3)、产品生产阶段(B1-B2)。

2.3.5. 水足迹清单分析

2.3.5.1. 数据收集

水足迹清单分析是水足迹评价中对所研究产品系统整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段,即收集产品系统中定量或定性的输入输出数据,计算并量化的过程。后面介绍的水足迹影响评价阶段就是建立在水足迹清单分析的数据结果基础上的。另外,LCA 实践者也可以直接从水足迹清单分析中得到评估结论,并做出解释。

水足迹清单分析的目的是对产品系统的有关输入和输出进行量化。输入和输出可包括与该系统有关的对水资源的使用,以及向水体的排放。可根据预先确定的 LCA 目的和范围需要,依据上述数据做出解释。同时这些数据还是进行生水足迹影响评价输入的组成部分。

进行清单分析也是一个反复的过程。当取得了一批数据,并对系统有进一步的认识后,可能会出现新的数据要求,或发现原有的局限性,因而要求对数据收集程序作出修改,以适应研究目的,有时也会要求对研究目的或范围加以修改。

水足迹清单分析是 LCA 四个组成部分中研究最成熟、理解最深入和应用最充分的一个。因此，本文件根据 GB/T 24044-2008 中 4.3 的要求，对进行生命周期清单分析应包括的步骤做出概述，见图 9：

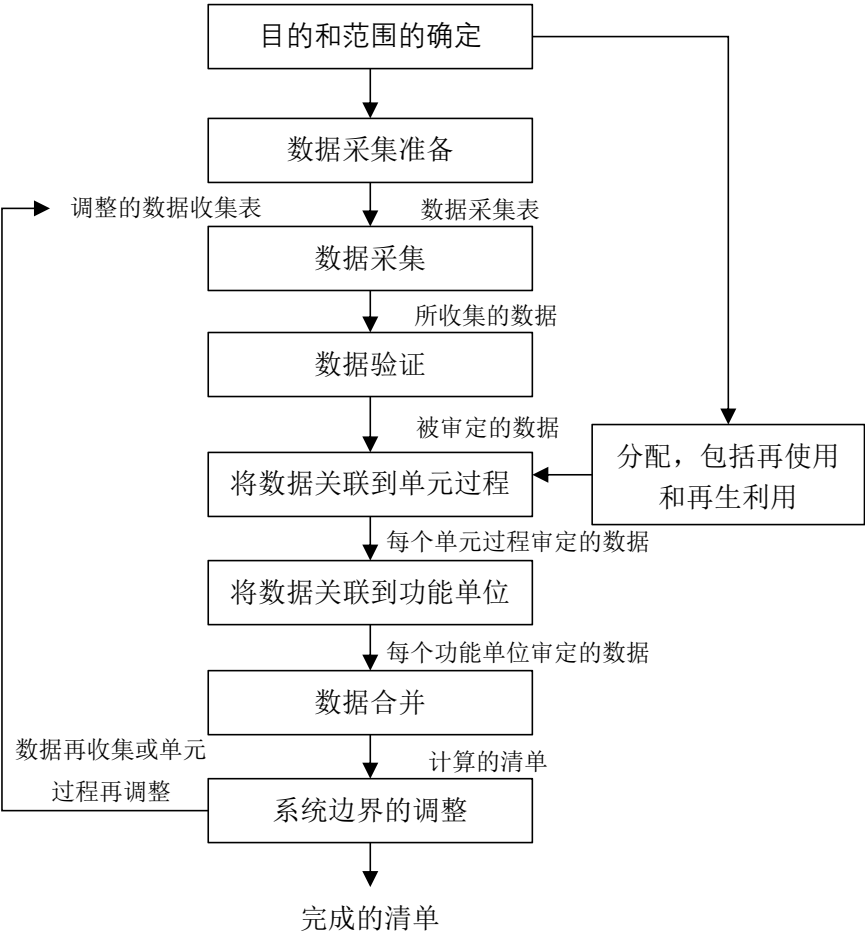


图 9 水足迹清单分析步骤

(1) 数据的描述

在 LCA 研究中，数据收集程序会因不同系统模型中的各单元过程而变，同时也可能因参与研究人员的组成和资格，以及满足产权和保密要求的需要而有所不同。

数据收集需要对每个单元过程进行透彻了解。为了避免重复计算或断档，需要对每个单元过程进行明确表述，包括对输入和输出进行定量和定性表述，确定过程的起始点和终止点，以及对单元过程功能的定量和定性表述。

因此，本文件规定根据产品水足迹评价的目的，应收集包含系统边界中每一个单元过程的定性和定量数据。数据包括原始数据和二手数据，宜给出数据采集

格式；对数据的获得方式和来源均应予以说明。在采集过程中，应对缺失的数据进行合理填补，并说明数据填补方法。

数据可从系统边界内与单元过程相关的生产场所中收集，或者可以通过其他渠道获取或计算得出。

(2) 数据收集项目

该部分针对系统边界内 A-E 相关阶段及过程的能源、资源消耗和环境排放数据分别提出要求，同时给出优先使用初级数据或次级数据的原则。

表 2 建材产品水足迹收集清单

数据清单类型	生命周期阶段	数据类型	收集对象	清单
直接水足迹清单	产品生产阶段 (B1-B2)	输入	新鲜水	产品生产、辅助生产加工系统用新鲜水消耗量、自产蒸汽消耗量
		输出	产品及共生产品	产品种类、产品产量/产值
			废水污染物	废水排放量、种类（如COD、BOD ₅ 、总磷、总氮、六价铬等）
	产品销售阶段 (C1-C2)、施工和使用阶段 (D1-D3)	输入	新鲜水	新鲜水消耗量、自产蒸汽消耗量
		输出	废水污染物	废水排放量、种类（如COD、BOD ₅ 、总磷、总氮、六价铬等）
	生命末期阶段 (E1-E4)	输入	新鲜水	新鲜水消耗量、自产蒸汽消耗量
		输出	产品及共生产品	产品种类、产品产量/产值
			废水污染物	废水排放量、种类（如COD、BOD ₅ 、总磷、总氮、六价铬等）
间接水足迹清单	原料与能源获取阶段 (A1-A3)	输入	原料	种类、消耗量
		输出	能源	种类、消耗量
	产品销售阶段 (C1-C2)、施工和使用阶段 (D1-D3)	输入	原料	种类、消耗量
		输出	能源	种类、消耗量
	生命末期阶段 (E1-E4)	输入	原料	种类、消耗量
		输出	能源	种类、消耗量

(3) 数据取舍准则

反复性是 LCA 的固有特性，必须根据由敏感性分析所判定的数据重要性来决定数据的取舍。初始产品系统边界必须依据确定范围时规定的边界准则进行适当的修改。

因此，本文件规定，输入输出的取舍准则应在产品生命周期评价报告中明确说明。除此之外，产品水足迹评价报告中所涉及的物质（能量）数据的取舍应遵循如下准则：

- a) 应包含所有能源输入，包括使用的含能废弃物；
- b) 应包含主要原料及利废原料输入，忽略的单项物质质量不超过总质量的 1%，所有忽略的物质质量不超过总质量的 5%；
- c) 所有忽略的物质流数据与单元过程对环境影响的贡献总和不得超过 5%；
- d) 应计入有毒有害物质的输入和输出；
- e) 所有忽略的物质流数据均应予以说明。

(4) 数据质量要求

数据质量要求是 LCA 评估可信度的保障。这里的数据是指在 LCA 评估中用到的所有定性和定量的数值或信息，这些数据可能来自测量到的环境清单数据，也可以是中间的处理结果。数据质量要求规定研究中所需数据的总体特征，这些要求须保证 LCA 研究的目的与范围得到满足，数据质量要求应考虑数据的时间跨度、地域广度、技术覆盖面、准确性、覆盖率、代表性、一致性及可再现性等。

因此，本文件规定，编制相应产品生命周期评价技术规范，应对数据质量要求作出规定。同时，企业原始数据的数据质量应满足下列要求：

- a) 完整性：原始数据收集企业一个财务年内的生产统计数据。根据输入输出的选择准则的要求，检查是否有缺失的过程、消耗和排放。
- b) 准确性：原始数据中的能源、原材料消耗数据应来自企业的实际生产统计记录；环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有原始数据应转换为功能单位，且应详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。
- c) 一致性：企业原始数据收集时同类数据应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

其次，二手数据的数据质量应满足下列要求：

- a) 代表性：优先选择企业的原材料供应商提供的符合相关 PCR 标准要求的、经第三方独立验证的上游产品水足迹评价报告作为二手数据。其次选择近年代表国内及行业平均生产水平的公开生命周期评价数据作为二手数据，最后选择国外同类技术数据作为二手数据；

b) 完整性：应具有完整的二手数据，并应包含系统边界内的所有环境负荷项目；

c) 一致性：同一机构对同类产品二手数据的选择应保持一致，如果二手数据更新，则水足迹评价报告也应更新。

2.3.5.2. 数据计算

(1) 审定

在数据收集过程中必须检查数据的有效性。有效性的确认可包括建立物质和能量平衡和（或）进行排放因子的比较分析。

因此本文件规定，在生命周期评价的过程中，通过水平衡、物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比等方式，确认数据的准确性与合理性。对于异常数据，应分析原因，予以替换，替换的数据应满足数据质量要求。

(2) 计算过程

在数据收集与确认完成后，以统一的功能单位作为产品系统所有单元过程中物质（能量）流的共同基础，利用收集的数据计算并进行建材产品的生命周期清单分析。计算程序如下：

a) 数据与单元过程数据的关联：对每个单元过程确定适当的基准流，并定量计算单元过程的输入和输出数据；

b) 数据与功能单位数据的关联：将各个单元过程的输入输出数据转换为每功能单位的原材料消耗、能源消耗和水体污染物；

c) 数据合并：将所有以功能单位为基准的单元过程数据进行合并，形成产品生命周期清单。

(3) 分配

生命周期清单分析有赖于将产品系统中的单元过程以简单的物流或能量流相联系。实际上，只产出单一产品、或者其原材料输入与输出仅体现为一种线性关系的工业过程极为少见。大部分工业过程都是产出多种产品，并将中间产品和弃置的产品通过再循环用作原材料。当环境负荷要用其中一种或部分产品来表征时，就产生了输入输出数据如何在多个产品或多个系统之间分配的问题。将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中，GB/T 24040《环境管理 生命周期评价 原则与框架》将其定义为分配（allocation）。

因此，本文件规定了应依据 GB/T24044-2008 中 4.3.4 的要求将物流、能量流和环境排放分配到各个产品。在评价过程中涉及的共生产品清单分配方法应在产品生命周期评价报告中予以明确说明。建材产品分配程序宜优先采用质量分配法，若质量分配法不可行，则可采用经济价值分配法。对于闭环里循环使用的共生产品，不需要分配。如：水泥生产过程中余热发电系统产生的电力。

2.3.6. 水足迹影响评价

水足迹影响评价是理解和评价企业或产品系统对水资源与水环境造成潜在影响的阶段。其目的是评估水足迹清单结果，并将结果转化为潜在环境影响，以更能了解组织或产品系统影响程度。该阶段将所选择的环境问题（称之为影响类型）模型化，并使用类型参数来精简与解释水足迹清单结果。类型参数用于表示每项影响类型的总污染排放或资源消耗量。这些类型参数代表潜在的环境影响。对于水足迹影响评价而言，则是依据水足迹清单分析结果利用生命周期影响评价模型转化为水稀缺足迹和水劣化足迹潜在环境影响指标。

水足迹影响评价需要依托于生命周期影响评价软件和方法体系。生命周期评价软件在保持生命周期评价方法精确性的同时能显著减少建模评估所需的时间。对此，相关研究人员开展了许多工作，也提出了各种解决办法，例如适用于产品整体设计阶段的近似生命周期方法等，但最有效的一个办法应该是 LCA 基础数据库的建立及相应评估软件的开发，生命周期影响评价软件增加了生命周期评价分析方法在产品开发中的可行性和适用性。如今，国际上已经开发出多种评价工具软件，其中最著名的包括 ECO-it、EcoManager、EcoPro、GaBi、IDEMAT、SimaPro、TEAM 和 Umberto 等。

针对水足迹影响评价而言，GB/T 37756《产品水足迹评价和报告指南》中明确给了水稀缺足迹和水劣化足迹两大类影响类型。本标准参照 GB/T 37756，将建材行业水足迹选取水足迹环境影响类型

2.3.6.1. 影响类型、类型参数和特征化模型的选择

水足迹影响评价过程中，需要辨识与选择环境影响类型、相关类型参数与特征化模型、类型终点及与其相关的水足迹清单分析结果。

因此本文件规定，应根据研究目的和范围选择类型参数和影响评价方法，并明确阐述和书面说明所用的影响评价方法。

2.3.6.2. 基本步骤

根据 ISO 14042 的规定，水足迹影响评价阶段的一般程序由几个将水足迹清单分析结果转换为指标结果的必备要素组成。此外，还有指标结果的归一化、分组或加权，以及数据质量分析技术等可选要素。

因此本文件规定建材产品开展生命周期评价应符合 GB/T 24044-2008 中 4.4 的相关要求，可按照以下基本步骤：

- a) 将产品生命周期清单结果划分到特定的影响类型中；
- b) 进行类型参数和特征化因子的选择或计算；
- c) 形成一种或几种影响类型的产品水足迹评价指标结果；
- d) 适用时可按照 GB/T 24044-2008 中 4.4.3.2~4.4.3.4 的要求进行归一化、分组和加权。

2.3.6.3. 建材产品水足迹类型的选择

根据对水资源环境产生的不同影响，水足迹可分为水稀缺足迹和水劣化足迹。开展建材产品水足迹核算与评价时，可使用以下方法选择水足迹类型：

若仅考虑水量变化产生的潜在环境影响，应计算产品水稀缺足迹；

若仅考虑水质变化产生的潜在环境影响，应计算产品水劣化足迹，包括产品水富营养化足迹、产品水酸化足迹、产品水生态毒性足迹等；

若考虑产品引起的全部水资源环境影响，应计算建材产品水稀缺足迹和水劣化足迹。

水稀缺足迹是表述组织行为在相关过程对某个国家或区域新鲜水消耗的环境指标。

水劣化足迹评价是水足迹评价的重要组成部分。与一般的水质评价（确定水质类型或测定某一污染物的污染程度）不同，水劣化足迹考虑不同的影响类型，能够更加全面地评估污染物排放对水质劣化的影响。主要包括水酸化足迹、淡水富营养化足迹、海洋富营养化足迹以及淡水生态毒性足迹。其中水酸化足迹是污染物排放对水体酸化的影响，考虑污染物释放 H^+ 的能力（即酸化潜力）以及污染物排放量。淡水富营养化足迹是指污染物在淡水水体中造成的富营养化效应。考虑污染物在淡水生态系统中生成物质的能力（即为富营养化潜力）以及污染物排放的质量。海洋富营养化足迹是指污染物在海洋水体中造成的富营养化效应。考虑污染物在海洋生态系统中生成物质的能力（即为富营养化潜力）以及污染物排放的质量。淡水生态毒性足迹是衡量污染物排放对淡水生态系

统中生物造成毒性影响潜力的指标。

2.3.7. 建材产品水足迹评价指标结果的计算

本部分依据 GB/T 37756 《产品水足迹评价和报告指南》给出的水稀缺足迹和水劣化足迹的公式制定。

2.3.8. 可比性

水足迹影响评价报告是经由第三方验证的、科学的、可比的、国际认可的产品整个生命周期的环境影响的综合信息披露。但水足迹影响评价报告的可比必须要基于一定前提下，因此本文件对水足迹影响评价报告可比性做出了要求。

2.3.9. 水足迹评价报告的内容

依据本文件编制相应产品水足迹评价技术规范应规定水足迹评价报告的内容；

依据本文件编制的水足迹评价报告应包括但不限于以下内容：

水足迹评价报告应包括但不限于以下内容，参见附录 D：

- a) 水足迹评价目的：
 - 开展产品水足迹评价的原因；
 - 评价对象：评价企业信息、评价产品信息；
 - 评价结果的使用对象；
 - 是否用于向公众公开。
- b) 水足迹评价范围：
 - 功能单位；
 - 系统边界；
 - 所有假设及理由。
- c) 水足迹清单分析：
 - 数据输入输出的取舍准则；
 - 数据的描述及数据质量评价；
 - 数据收集与确认；
 - 数据计算；

- 分配方法。
- d) 水足迹影响评价：
 - 环境影响特征化类型计算和结果；
 - 可比性描述。
- e) 结果解释：
 - 结论；
 - 局限性；
 - 建议。
- f) 其他必要信息：
 - 有效期、报告编制及验证机构信息、生命周期评价软件及版本信息等。
- g) 验证。

2.3.10. 附录 A 污染物的常用特征化因子参考值

附录 A 为资料性附录，依据现有生命周期方法体系（Recipe、CML、ILCD）等，调研方法中的特征污染物和特征化因子参考值。标准使用者可以依据评价目的选取适用的方法体系中的参数来形成水足迹影响评价。

3. 主要试验（或验证）情况分析

按照标准征求意见稿的要求，本文选取 10 家水泥生产企业进行计算，获取新型干法水泥生产过程的现场数据和背景数据，使用 ReCiPe 2016 mid(H)和 ILCD midpoint+评价方法体系进行过程贡献、环境影响贡献以及物质贡献分析，将结果进行汇总，如原材料获取包括熟料和水泥生产过程中消耗的砂岩、石灰石等原材料利用背景数据库进行分析和归类，能源获取包括所用煤炭、电力、柴油等能源的开采及生产过程进行分析和归类，原料运输阶段为水泥企业获取原材料过程的运输方式和运输距离进行计算，组织边界为熟料和水泥产品直接生产过程消耗和排放的水进行计算，最终将 10 家水泥企业结果求取平均值，结果见表 3 和图 4。

表 3 10 家水泥企业环境影响指标计算结果与过程贡献平均值

单元过程	水稀缺	水劣化足迹
------	-----	-------

	足迹	水酸化足迹	淡水富营养化 足迹	海洋富营养化 足迹	淡水生态毒性 足迹
原材料获取	9.43%	4.20%	1.52%	5.28%	3.84%
能源获取	38.23%	66.36%	93.58%	42.54%	85.47%
原料运输	11.90%	11.82%	4.94%	11.17%	9.66%
组织边界	40.75%	17.91%	0.06%	41.45%	1.68%

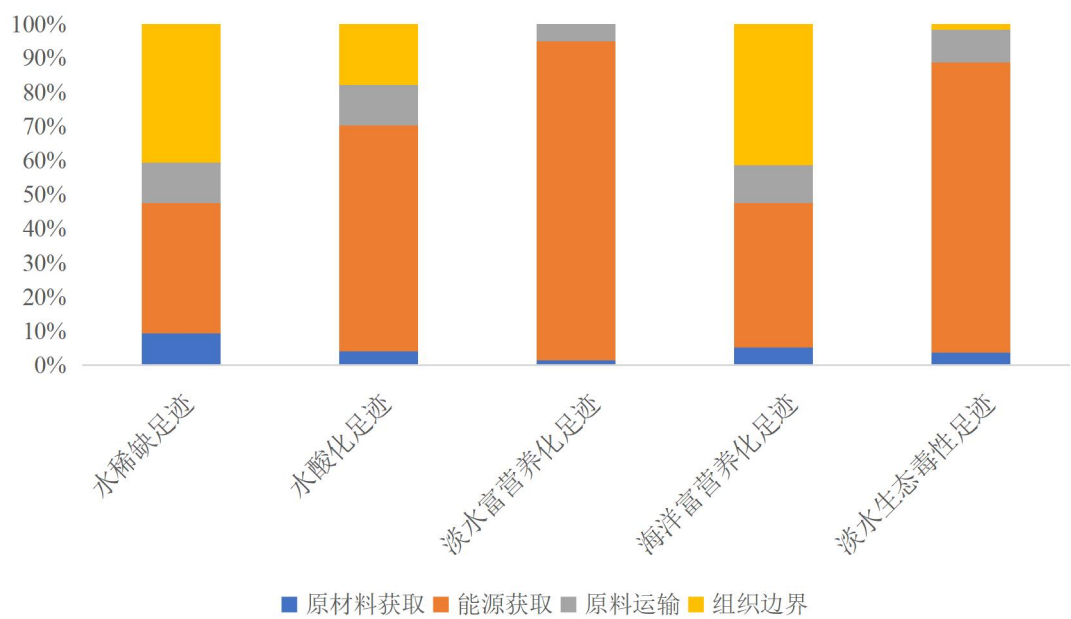


图 10 10 家水泥企业环境影响指标计算结果

(1) 水稀缺足迹

水稀缺足迹是表述组织行为在相关过程对某个国家或区域新鲜水消耗的环境指标。图 5 所示为各单元过程对水稀缺足迹的贡献比例。结果显示，产品生产过程即整个组织中水泥生产过程消耗的工艺用水及设备用水等方面的直接消耗造成的贡献最大，其次为电力生产过程中锅炉等设备消耗用水和煤生产过程中消耗水。第三为原材料运输过程对水资源的消耗，原材料获取过程对水资源消耗最少。

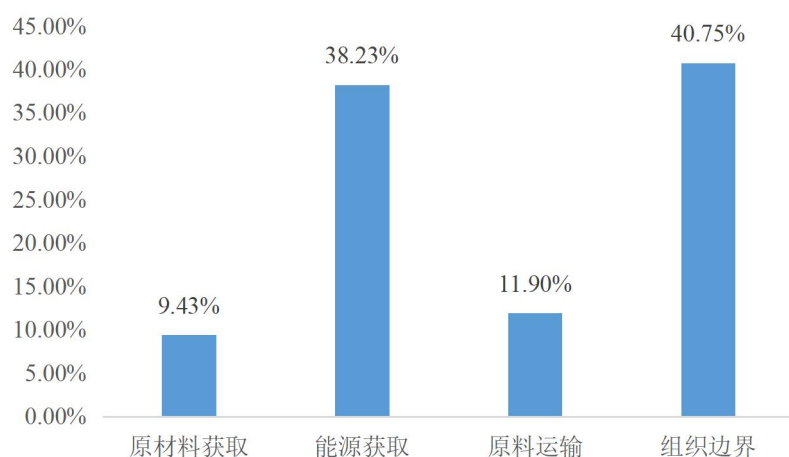


图 11 各单元过程对水稀缺足迹的贡献比例

(2) 水劣化足迹

水劣化足迹评价是水足迹评价的重要组成部分。与一般的水质评价（确定水质类型或测定某一污染物的污染程度）不同，水劣化足迹考虑不同的影响类型，能够更加全面地评估污染物排放对水质劣化的影响。主要包括水酸化足迹、淡水富营养化足迹、海洋富营养化足迹以及淡水生态毒性足迹。

其中水酸化足迹是污染物排放对水体酸化的影响，考虑污染物释放 H^+ 的能力（即酸化潜力）以及污染物排放量。图 6 所示为各过程对产品水酸化足迹的贡献比例。结果显示，组织水足迹中，能源获取（电力、煤、柴油）过程中大气、水体污染物排放对水体酸化造成的影响最大，其次为组织边界内熟料和水泥产品生产过程。第三为原料运输过程对水酸化足迹的影响，原材料获取过程对水酸化足迹影响最低。

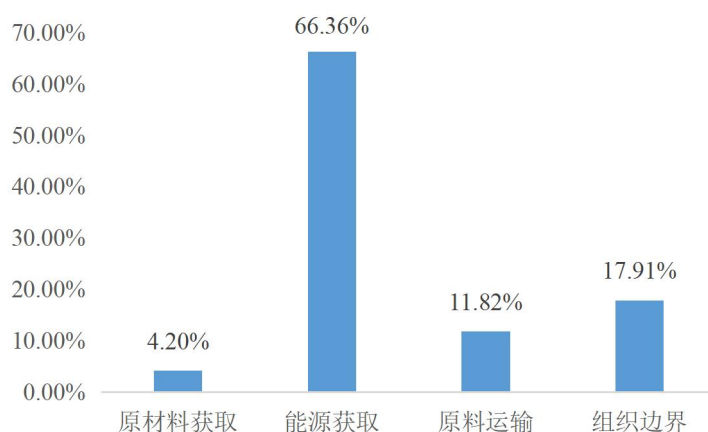


图 12 各单元过程对水酸化足迹的贡献比例

淡水富营养化足迹是指污染物在淡水水体中造成的富营养化效应。考虑污染物在淡

水生态系统中生成物质的能力（即为富营养化潜力）以及污染物排放的质量。图 7 所示为各过程对淡水富营养化足迹的贡献比例。结果显示：能源开采和生产过程产生的污染物对水体富营养化潜力最大，即造成淡水富营养化贡献高，此外，其他单元过程对淡水富营养化的贡献均不显著。

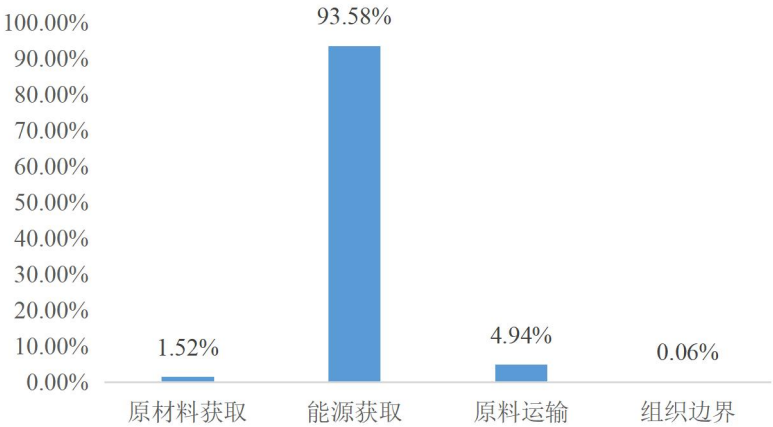


图 13 各单元过程对淡水富营养化足迹的贡献比例

海洋富营养化足迹是指污染物在海洋水体中造成的富营养化效应。考虑污染物在海洋生态系统中生成物质的能力（即为富营养化潜力）以及污染物排放的质量。图 8 所示为各过程对海洋富营养化足迹的贡献比例。结果显示：能源获取和生产过程对海洋富营养化潜力最大，其次为组织边界内熟料和水泥生产过程污染物排放对该项环境类型影响；第三为原料运输过程，原材料获取过程排名最后。

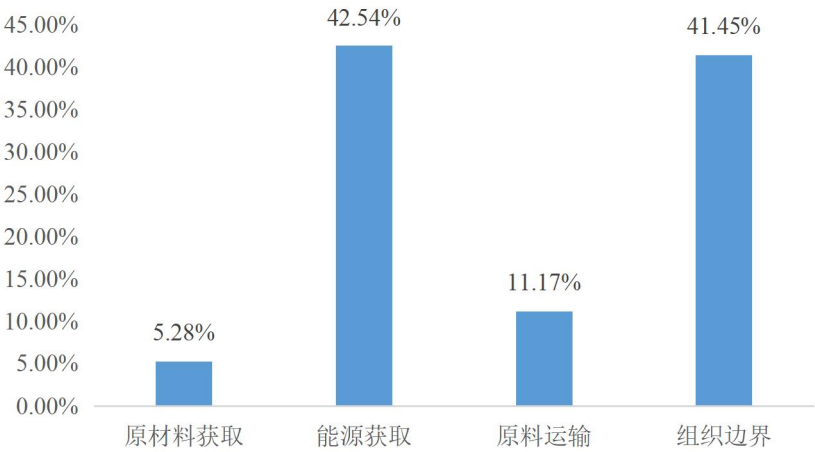


图 14 各单元过程对海洋富营养化足迹的贡献比例

淡水生态毒性足迹是衡量污染物排放对淡水生态系统中生物造成毒性影响潜力的指标。图 9 所示为各过程对产品淡水生态毒性足迹的贡献比例。结果显示，整个组织范

围内，能源开采和生产过程产生的污染物对淡水生态毒性影响最大；第二为原料运输过程。而其他单元过程对淡水富营养化的贡献均不显著。

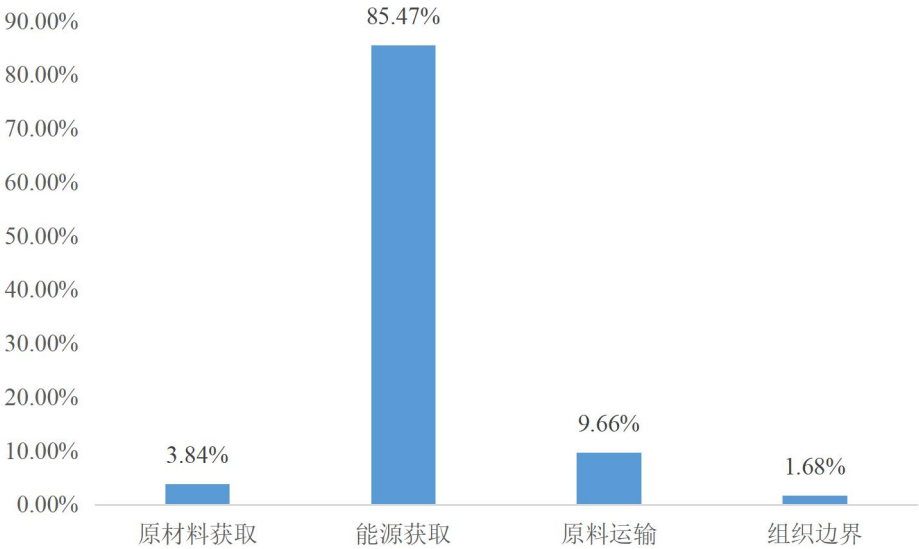


图 15 各单元过程对淡水生态毒性足迹的贡献比例

4. 标准中涉及专利情况

本文件技术内容不涉及专利。

5. 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

作为一种全球通用的评价技术，水足迹为改善企业/产品全生命周期的水资源消耗与水污染问题提供了科学依据。通过水足迹的量化和评价，既能实现对水资源消耗和水环境污染的总体把握，为水资源的合理利用提供决策依据，又能与同类的企业或产品进行比较分析，从而实现水资源的优化配置、减少不利的环境影响。

6. 采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

6.1. 国际相关标准发展情况

近年来，水足迹网络（Water Footprint Network, WFN）在虚拟水的基础上提出了水足迹的核算方法，将水足迹分为绿水足迹、蓝水足迹和灰水足迹。2014年，国际标准化组织提出了基于生命周期理论的水足迹评价通用方法学框架（ISO 14046《环境管理水足迹原则、要求与指南》），为水足迹评价研究提供了原则、要求和指南。由于工业产品种类繁多、工艺复杂，导致工业产品水足迹核算案例较少，目前研究主要涉及化石能源、火力发电、水力发电、生物质发电等能源行业。

WFN 提出的评价方法强调用水量来表征水资源消耗和污染，而对水资源消耗及污染造成的环境影响评价不足；ISO 提出的水足迹评价虽然强调了环境影响评价，但也只是提供了方法框架。通用评价方法、模型及基础数据库的缺失，阻碍了工业领域水足迹量化和评价工作的开展。因此，开发我国工业领域产品水足迹评价方法和标准研究势在必行。

6.2. 国内相关标准的研究

依据 GB/T 33859-2017《环境管理 水足迹 原则、要求和指南》、GB/T 37756-2019《产品水足迹评价和报告指南》和 GB/T 34341-2017《组织水足迹评价和报告指南》编制。其中 GB/T 33859-2017《环境管理 水足迹 原则、要求和指南》为水足迹编制的根本要求，GB/T 37756-2019《产品水足迹评价和报告指南》为产品层面水足迹评价和报告编制的要求，GB/T 34341-2017《组织水足迹评价和报告指南》为组织层面水足迹评价和报告编制的要求，均为本标准的编制提供技术支撑。此外，建材行业已立项的标准除了本标准外，还包括 JC/T XXXXJC/T XXXX《产品水足迹评价技术规范 通用硅酸盐水泥》（2021-0049T-JC），为本标准的编制协调一致。

6.3. 国际标准先进性对比说明

本标准与国际标准保持一致。

7. 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现有标准协调一致。

8. 重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

9. 标准性质的建议说明

建议本标准作为行业推荐性标准发布。

10. 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

建议按照标准报批计划确定实施日期。

11. 废止现行相关标准的建议

无。

12. 其它应予说明的事项

无。