



T/CECS XXX-20XX

中国工程建设标准化协会标准

预制管片生产碳排放评价标准

Carbon Emission Assessment Standards for Prefabricated Pipe Production

(征求意见稿)

前 言

根据中国工程建设标准化协会印发的《2023年第二批协会标准制订、修订计划》（建标协函[2023]50号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分七章，主要技术内容包括：总则、术语和定义、基本规定、数据收集、碳排放计算、碳排放评价、降碳管理与措施等。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，上海建工建材科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请反馈给上海建工建材科技股份有限公司(地址：上海市杨浦区军工路2800号，邮编200438,邮箱：453141675@qq.com)。

主编单位：上海建工建材科技股份有限公司

参编单位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目录

- 1 总则 6
- 2 术语和定义 7
- 3 基本规定 8
- 4 数据收集 10
 - 4.1 原则和要求 10
 - 4.2 数据收集 11
- 5 碳排放计算 13
 - 5.1 计算边界 13
 - 5.2 计算流程与原则 13
 - 5.3 计算方法 16
- 6 碳排放评价 20
 - 6.1 评价基本要求 20
 - 6.2 评价分级 20
- 7 降碳管理与措施 22
- 附录 A 碳排放因子等相关参数推荐等级表 23
- 附录 B 评价报告 25
- 用词说明 27
- 引用标准名录 28
- 条文说明 30

Contents

1 General Provisions.....	6
2 Terms and Definitions	7
3 Basic Regulations.....	8
4 Data Collection	10
4.1 Principles and Requirements	10
4.2 Data Collection	11
5 Carbon Emission Calculation	13
5.1 Calculating Boundaries	13
5.2 Calculation Process and Principles	13
5.3 Calculation Method	16
6 Carbon Emission Assessment	20
6.1 Basic Requirements for Evaluation	20
6.2 Evaluation Grading	20
7 Carbon Reduction Management and Measures.....	22
Appendix A.....	23
Appendix B.....	25
Vocabulary Explanation.....	27
Reference standard directory	28
Article Explanation	30

1 总则

1.0.1 为贯彻落实国家碳达峰、碳中和相关政策要求，推动预制混凝土衬砌管片绿色低碳生产，控制预制管片生产阶段碳排放，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于预制混凝土衬砌管片生产阶段碳排放的计算与评价。

【条文说明】

本标准所指预制管片适用于以钢筋、混凝土为主要原材料制成的适用于轨道交通、公路、铁路、水利、电力、市政等隧道工程以及城市地下综合管廊用的预制混凝土衬砌管片。

1.0.3 预制管片生产阶段碳排放的计算与评价除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 预制混凝土衬砌管片 reinforced concrete segment

隧道预制衬砌环的基本单元。以钢筋、混凝土为主要原材料制成的管片，适用于地铁隧道、市域铁路隧道等场景。简称预制管片。

2.0.2 预制管片生产碳排放 carbon emissions during the production stage of prefabricated pipe segments

预制管片从原材料开采运输及厂内生产各阶段产生的温室气体排放量总和，以二氧化碳当量表示。

2.0.3 碳排放计算 carbon emission calculation

对原始数据测量并进行分析和计算的一系列活动。

【条文说明】

原始数据包括原材料消耗量、原材料运输距离、能源计量器具读数记录、能耗在线监测系统数据记录、能源统计报表、发货单、能源费用账单、台班记录数据等。

2.0.4 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量折算而成的二氧化碳排放对应系数，用于量化预制管片不同阶段相关活动的碳排放。

2.0.5 计算边界 accounting boundary

与预制管片生产阶段相关的温室气体排放的计算范围。

2.0.6 碳排放评价 carbon emission evaluation

碳排放评价是指依据国家相关法规、标准及行业政策，对预制管片在生产阶段的温室气体排放量进行核算、评估及分析的活动。

2.0.7 直接碳排放 direct carbon emissions

计算边界内因使用化石燃料燃烧和化学、物理过程产生的碳排放。

2.0.8 能源间接碳排放 energy indirect carbon emissions

计算边界内活动消耗的电力、热力等能源间接产生的碳排放。

2.0.9 其他碳排放 other carbon emissions

除直接碳排放和能源间接碳排放外的所有相关的碳排放。

【条文说明】

预制管片生产过程中，除直接碳排放和能源间接碳排放外，所有与活动相关的温室气体排放，包括预拌混凝土厂内运输、二氧化碳气体保护焊、管片报废后拆除、运输等碳排放。

3基本规定

3.0.1 预制管片生产碳排放计算及评价应遵守相关性、完整性、一致性、准确性和透明性和避免重复计算的原则。

【条文说明】

相关性要求数据范围紧密关联管片生产活动边界（如原材料、能源、工艺排放），排除无关间接排放（如办公用电）；完整性强制覆盖全排放源（含蒸汽养护外购热能、骨料运输等易遗漏项），参考《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 第4.1.3条对建材生产系统边界的定义；一致性规定核算方法（如排放因子选用IPCC或区域电网因子）、时间周期、数据源需跨期统一，便于纵向对比改进效果；准确性通过高精度计量设备、合理样本量及剔除异常值实现，符合 ISO 14064-1:2018 第5.4.4条数据质量控制要求；透明性需完整披露计算参数（如混凝土配合比隐含碳）、假设条件及数据缺口；避免重复计算通过明确系统边界与责任主体，杜绝同一排放源在供应链不同环节的重复计入，保障核算结果的科学性与合规性。

3.0.2 预制管片的生产及其使用的设备应符合国家、地方法律法规和相关标准的规定。

【条文说明】

预制管片的生产及其使用的设备必须严格遵循国家及地方颁布的法律法规、技术标准与规范，以确保产品质量、生产安全及环保合规。生产环节需符合《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082 等国家标准，对原材料质量、生产工艺、成品性能进行全方位控制；设备选用与管理需满足《特种设备安全法》《起重机械安全规程》GB 6067.1 等要求，确保设备本质安全及操作规范。同时，企业需关注地方性法规差异，如环保排放限值、能耗双控政策等，通过建立全流程合规管理体系，实现从原材料采购、生产制造到产品交付的全链条法律风险防控。

3.0.3 碳排放计算应对预制管片生产碳排放过程进行分析，生产工厂对所提交资料的一致性、完整性和准确性负责。

【条文说明】

碳排放计算应全面分析预制管片生产全过程的碳排放源，包括但不限于原材料开采与运输、混凝土制备、蒸汽养护、模具使用及设备运行等环节，生产工厂作为数据提供主体，需对提交的碳排放计算资料承担法律责任，确保数据在核算边界、活动水平、排放因子等关键参数上保持逻辑自洽。

3.0.4 预制管片碳排放计算应包含二氧化碳以及甲烷等非二氧化碳温室气体，碳排放量以二氧化碳当量（CO₂e）作为统一单位。

【条文说明】

预制管片碳排放计算应全面识别并量化生产全周期产生的二氧化碳及甲烷、氧化亚氮等非二氧化碳温室气体，采用政府间气候变化专门委员会（IPCC）最新发布的全球增温潜势（GWP）值，将各类温室气体排放统一折算为二氧化碳当量，确保核算结果科学反映全口径气候影响，并为碳交易市场履约及低碳产品认证提供可比数据基础。

3.0.5 预制管片碳排放计算应包括因生产需要而产生的所有能源、物料消耗以及无组织逸散导致的碳排放。

【条文说明】

预制管片碳排放计算应全面覆盖生产过程中因能源消耗（如电力、蒸汽、燃料燃烧）、物料消耗（如水泥、骨料、外加剂等原材料开采与加工）以及无组织逸散（如蒸汽养护过程挥发、混凝土搅拌扬尘、设备密封泄漏）产生的直接与间接碳排放，其中无组织逸散需通过《大气污染物无组织排放监测技术导则》HJ/T 55规定的监测方法获取数据，确保核算边界涵盖从原材料进场至成品出厂的全流程。

3.0.6 预制管片生产企业应按照《建筑材料行业能源计量器具配备和管理要求》GB/T 24851的规定配备能源计量器具。

【条文说明】

预制管片生产企业应依据《建筑材料行业能源计量器具配备和管理要求》GB/T 24851，在混凝土搅拌系统、蒸汽养护窑、起重设备等主要耗能工序及锅炉房、变电所等能源转换节点，分类配备经检定/校准合格的电表、燃气表、流量计等计量器具，其准确度等级、测量范围及安装位置须符合标准技术要求。

3.0.7 预制管片生产企业生产的管片应满足《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082对产品质量的要求。

【条文说明】

本条文旨在确保预制管片的质量和安全性，要求生产企业严格按照国家标准《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082进行生产。该标准规定了管片的原材料、生产工艺、尺寸偏差、强度、耐久性等方面的要求，确保管片在工程应用中的可靠性和耐久性。若管片不符合该标准，将可能无法通过质量验收，进而影响工程的安全性和使用寿命。因此，生产企业应建立严格的质量控制体系，确保每一片管片都符合国家标准的要求。

4 数据收集

4.1 原则和要求

4.1.1 进行碳排放数据采集时，原材料及能源的计量单位应符合国际单位制(SI)的要求；

【条文说明】

所有能源与物料消耗数据严格采用国际单位制（SI）（如电力-kWh、柴油-kg），杜绝单位混乱导致的计算偏差。

4.1.2 预制管片的原材料采集和运输数据、生产工厂区内的化石燃料消耗、生产过程外购电力消耗等应根据计算周期内的统计数据或产品的碳足迹报告值进行计算；

【条文说明】

原材料运输里程、厂区化石燃料消耗及外购电力数据，必须基于计算周期内的计量统计记录（如地磅单据、电表读数）或经权威机构认证的碳足迹报告值，禁止无依据估算，保证数据可溯源性。

4.1.3 数据收集除满足上述要求外，还需符合下列要求：

1.准确性：实际计量数据如原材料和能源消耗数据应该来自于预计管片实际生产统计记录和现场测试报告；

2.再现性:为了保证再现性,除了提供数据结果外,还应提交数据相关的原始数据、折算系数、计算过程证明材料；

3.一致性:数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

【条文说明】

要求实际计量数据必须源自生产现场原始统计记录及实测报告以确保准确性；除提供最终结果外，须同步提交原始数据记录、折算方法说明及完整计算过程等佐证材料以保障数据可追溯可复现；同时强调数据采集全周期应统一数据源渠道、统计维度定义及处理规则，通过标准化操作流程维护数据纵向可比性与横向一致性，为后续分析应用奠定可靠基础。

4.1.4 数据取舍原则应符合下列要求：

1.生产过程原材料重量大于构件重量1%，且上游数据不可得的中间材料可按其化学成分采用相应金属或无机化学材料按比例近似替代；

2.满足下列任一条件的过程或材料，在数据收集和碳排放量的核算中可忽略，舍去部分应有书面记录并说明舍去原因：

a) 普通材料重量小于预制管片重量1%时，以及其他预埋件重量小于0.1%预制管片重量时，可忽略该材料上游生产数据，总共忽略的物料重量不超过5%；

b) 非生产设备、厂房、生活设施的消耗和排放均忽略，若不能忽略，则计入生产碳排放总量。

【条文说明】

对重量占比>1%且上游数据缺失的中间材料（如脱模剂），允许按化学成分比例参照近似金属/无机物（如硅酸盐、氧化铁）的排放因子替代，确保核算完整性；普

通材料重量<1%管片总重或预埋件<0.1%时，可忽略其上游排放（总忽略重量≤5%），同时排除非生产设施（办公、生活区）能耗，但需书面记录忽略项及原因；这符合《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》GB/T 24067-2024的要求，明确依据的标准及量化目的，在量化范围部分给出相关的取舍准则，说明数据来源及分配原则与程序，给出结果说明、假设和局限性说明等。

4.1.5 数据收集精度要求：

1. 能源类计量仪器设备的计量准确度等级应满足现行国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB/T 17167的有关规定。
2. 物料类计量仪器设备的计量误差不应超过计量总量的±0.1%。
3. 计量仪器设备应遵守计量法律法规的规定进行定期检定（校准），且保存最近两个连续周期的检定（校准）证书。
4. 每组测试样本数据采集次数不应少于1次，依靠仪器设备自动化监测时宜适当提高数据采集频率。

【条文说明】

能源计量设备（如电表、燃气表）精度需满足 GB/T 17167 的强制性等级要求（如电能表不低于0.5S级），以保障能源间接排放计算精度；物料计量（如水泥、骨料）误差限值±0.1%系参照 GB/T 14902《预拌混凝土》中原材料计量允差规定，防止因累计误差导致原材料碳排放计算结果失真；定期检定依据《计量法》第二十五条及 JJF 1139《计量器具检定周期确定原则》，保存连续两周期证书用于第三方碳核查（如ISO 14064验证）；数据采集频次设定兼顾操作可行性及数据代表性——自动化监测（如传感器实时传输）可提升至分钟级，避免偶发波动干扰均值统计。

4.1.6 若预制管片生产工厂生产多种类型的构件，预制管片生产碳排放原始数据以预制管片和其他构件总方量为基准进行折算。

【条文说明】

多产品系统碳排放分配优先采用物理关系法，即以各类产品方量占生产工厂总方量的比例分配计算生产碳排放，确保原始数据的可追溯性与行业间可比性。

4.2 数据收集

4.2.1 预制管片生产各阶段的活动数据主要包括原材料的消耗量和运输方式及距离、设备生产和管片及预制构件生产方量等，数据收集来源于生产统计报表或财务采购台账的原始数据。

【条文说明】

预制管片生产各阶段的活动数据涵盖原材料消耗量及运输方式与距离、生产设备运行能耗、工厂配套辅助设施电力消耗、管片及预制构件实际生产方量等核心参数，其初级数据来源统一限定为生产过程中的原始统计报表（如工序投料记录、设备运行日志）及财务采购台账（如原材料入库凭证、运输结算单据），确保数据可追溯至生产一线记录，作为碳排放核算的基础依据。

4.2.2 原材料消耗包括统计期内各项主要原料和辅料及埋件的消耗量。

【条文说明】

原材料消耗主要包括预制管片原材料的使用量，如水泥、矿渣粉、粉煤灰、复合矿物掺合料、砂（天然砂、机制砂）、石、外加剂、钢筋、预埋件、连接件等消耗量，数据收集来源于生产统计报表。

4.2.3 原材料运输信息包括计算周期内原材料的运输方式和平均距离。若同一种原材料涉及多种运输方式，则应单独统计运输方式和距离。

【条文说明】

原材料运输数据主要包括原材料运输方式所对应的运输方式和运输距离，运输方式数据收集来源于企业台账的初级数据，运输距离可根据供应商信息获取或地理位置计算。若同一个原材料如水泥既有船舶运输又有陆地运输，则应单独收集运输方式和距离。

4.2.4 预制管片在工厂内的能源消耗包括数据统计期内的各项能源消耗，主要能源消耗包括电力、热力、燃油、天然气或蒸汽等；不同能耗种类应按照实物量消耗量统计,如果在统计期内有不同预制构件在工厂内生产,应按照合理的分摊比例,将各项能耗分摊到预制管片上。

【条文说明】

预制管片在工厂生产周期内的能源消耗涵盖电力、热力、燃油、天然气及蒸汽等全部用能类型，需严格按实物消耗量（如kWh、GJ、m³、吨）分项统计；当统计期内工厂同时生产多种预制构件时，应依据合理分摊比例（如产量方量占比）将各项能耗精准分配至预制管片。

4.2.5 预制管片在工厂内的生产设备台班和台班消耗量为数据统计期内的消耗数据，应根据生产实际统计。

【条文说明】

工厂内预制管片生产设备的台班消耗量，须严格依据统计期内实际运行记录（如设备启停时间、产量对应工时）采集原始数据，确保台班统计真实反映管片生产专用设备的能源与工时资源占用情况。

5 碳排放计算

5.1 计算边界

5.1.1 预制管片生产阶段碳排放计算边界包括空间边界和时间边界。

5.1.2 预制管片生产阶段碳排放计算的空间边界应包括三个阶段，第一阶段是原材料生产引入的隐含碳排放；第二阶段是原材料从采集地运输至预制管片生产工厂的运输碳排放；第三阶段是预制管片生产加工产生的生产碳排放。

【条文说明】

第一阶段为原材料生产隐含碳排放，需涵盖水泥、骨料、外加剂等主要原材料的开采、加工及制造全过程，依据《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366采用生命周期评价法量化隐含碳；第二阶段为原材料运输碳排放，应包含从原材料产地至生产工厂的陆运、水运或联运过程，核算时需明确运输方式、距离及载重参数；第三阶段为生产加工碳排放，需覆盖混凝土搅拌、成型振捣、蒸汽养护、脱模起吊等直接生产工序，以及设备运转、厂内物流等辅助活动，其中蒸汽养护环节应单独列示能源介质类型及消耗量。

5.1.3 预制管片生产阶段碳排放计算的时间边界应以预制管片生产工厂正式投入生产的完整周期年为计算周期，一般情况下应以财务年为计算周期。对于新建企业的计算周期应至少为建厂后半年。

【条文说明】

确定时间边界为工厂正式投产后完整自然年（优先采用财务年），可通过清晰的时间界定规避数据统计偏差，确保计算完整性。该周期设计匹配工厂生产经营与财务报告周期，便于直接调用能源消耗、原料投入等现成数据，覆盖从原材料进场至管片出库的全流程碳排放；同时依托年度统计框架支撑行业横向对标及企业自身减排绩效追踪，为碳管理策略优化提供可比基准，兼具科学性与可操作性。

5.2 计算流程与原则

5.2.1 计算流程

- 1 识别排放源；
- 2 收集活动数据；
- 3 确定碳排放量计算方法；
- 4 选择和获取排放因子数据；
- 5 分别计算原材料采集、原材料运输、管片工厂内生产和工厂配套产生的碳排放量。

【条文说明】

本条首先系统辨识原材料开采、运输及厂内生产全流程排放源；其次采集经计量的活动数据（如能耗、物料量）；基于排放特征选择适用的计算方法（如排放因子法、物料平衡法等），并选择权威机构发布的排放因子数据，进而分项计算原材料采集、运输及厂内生产（含仓储、搅拌、成型、养护、厂内运输）碳排放量；当不具备计量条件时，考虑采用机械台班法进行碳排放量核算。

5.2.2 完整性原则应符合下列要求：

- 1 计算范围应涵盖但不限于已具备碳排放计量能力的排放源和活动；
- 2 数据采集频率宜根据实际计量能力进行设定，可选择按月、季度或年度频率记录，以确保数据的代表性；
- 3 对于长期核算，历史数据不应出现断层或丢失，重要的历史数据应定期备份。

【条文说明】

完整性原则是碳排放核算的基石，要求核算体系全面覆盖生产全流程的碳排放活动：首先，计算范围需包含所有具备监测条件的排放源，避免因技术限制或管理疏漏导致关键环节遗漏；其次，数据采集频率应与企业实际计量能力相匹配，通过灵活设定月、季、年等记录周期，在保障数据代表性的同时兼顾操作可行性；同时，针对长期核算需求，须建立历史数据连续性管理机制，通过定期备份与校验确保数据链完整无缺，防止因数据断层影响碳排放趋势分析与减排责任追溯，从而为精准量化与持续改进提供可靠依据。

5.2.3 一致性原则应符合下列要求：

- 1 碳排放核算所依据的数据来源应当一致，包括预制管片自原材料开采到生产过程结束各个阶段的能耗和排放数据；
- 2 预制管片生产碳排放核算应以计量结果作为数据基础，当计算数据无对应计量结果时，应由管片生产工厂提供材料用量记录、油气消耗记录或其他资源消耗记录等相关数据凭证；
- 3 应采用统一的碳排放核算方法，包括碳排放因子等参数的选择和应用；
- 4 应明确碳排放计算的范围，包括原材料采集、原材料运输、管片工厂内生产等环节。

【条文说明】

碳排放核算的一致性原则是保障核算工作科学规范的核心准则，其通过多维度的标准化要求构建起严谨的核算体系。针对预制管片生产全周期，需确保从原料开采到成品出厂各环节的能耗与排放数据采集保持同源，通过统一数据接口避免重复计量或遗漏；计量数据的可追溯性是结果准确性的基石，当直接监测数据缺失时，应以生产工厂的实际物料消耗台账、能源使用记录等原始凭证为依据进行合理推算，构建完整证据链；计算方法统一性要求对碳排放因子等关键参数的选取与应用建立标准化流程，确保不同场景下核算结果具备横向可比性；计算边界的清晰界定需覆盖原料开采、物流运输、构件成型及厂区配套运行等全流程，通过明确边界条件消除评估偏差。

5.2.4 准确性原则应符合下列要求：

1.所有数据宜采用源于校准仪表计量或经审计的凭证，当无计量数据时，可采用基于计算方法获取的数据；

2.碳排放因子及低位发热量等相关参数的取值应按照附录A优先选取推荐等级较高的数据；

3.计算流程应涵盖不同项目和地域的碳排放情况，核算方法应一致且核算结果应具有可比性；

4.计算人员需具备碳排放管理员资质或经专业培训，关键计算步骤实施交叉校验；

5.计算数据的获取途径应与政府相关部门及企业进行数据共享和合作，实现信息互通互联，提高碳排放数据准确性；

【条文说明】

优先采用校准仪表或审计凭证的实测数据，无计量条件时允许基于ISO 14064认可的计算方法（如物料平衡法）获取替代数据，确保源头可验证；碳排放因子、发热量等核心参数严格按附录A优先级选取，首选测量/能量平衡排放因子，杜绝主观臆断；

核算方法全国统一，覆盖不同地域/项目类型，计算结果具备横向可比性，人员需持碳排放管理员证书并执行关键步骤双人校验；建立政企数据共享平台（对接生态环境部碳排放在线监测系统），通过生产报表、能源消费统计表与政府监管数据的交叉核验，消除信息孤岛，达成信息的互通互联，对于多渠道的数据资源进行有效整合意义重大。

5.2.5 透明性原则应符合下列要求：

1.数据来源与方法论需全程公开可追溯，核算过程应详细记录所有活动数据、排放因子及计算方法的获取途径与逻辑关系，例如明确燃料消耗量采用企业能源台账实测值还是行业平均值，排放因子来源确认，确保第三方可复现计算流程；

2.计算边界与假设条件须清晰披露，对范围界定、排放源取舍标准进行说明，如明确是否包含供应链上下游间接排放、未计入的低贡献排放源及其阈值设定依据，避免选择性披露导致结果偏差。

【条文说明】

数据来源与方法论需全程留痕可查，例如燃料消耗量应明确采用企业实测台账数据或行业默认值，排放因子需注明来源，确保第三方独立验证时能完整复现计算路径；核算边界与假设条件须完整披露，对范围界定逻辑、排放源取舍标准（如设定阈值排除贡献率低于1%的排放源）进行技术说明，避免因信息筛选导致结果出现偏差。

5.2.6 避免重复计算原则应符合下列要求：

1.原材料生产引入的隐含碳排放核算应严格限定于直接用于预制管片生产的原材料，不得将同一批次原材料用于其他产品的隐含碳重复计入本产品核算体系；

2.运输碳排放核算应以原材料从采集地至管片工厂的“门到门”运输路径为唯一边界，禁止将工厂至施工现场的运输排放或同一运输工具多批次货物分摊的碳排放重复计入；

3.生产加工阶段碳排放应独立核算蒸汽养护、混凝土搅拌等专属工序的能源消耗，已计入公用工程（如锅炉房、变电站）碳排放的分项不得在多个生产环节重复分配。

【条文说明】

原材料生产隐含碳排放核算须严格以预制管片生产专用原材料为对象，通过唯一性溯源机制按实际消耗量拆分批物料碳排放，杜绝因物料混用导致的跨产品重复计入；运输碳排放核算边界应限定为原材料从采集地至工厂的“门到门”物理移动路径，依据实测运输单据按货物比例分配多批次联运排放，禁止计入工厂至施工现场或运输工具空驶阶段的碳排放；生产加工阶段碳排放须基于独立计量设备数据核算专属设备能耗，若涉及公用工程需按实际产能比例分配碳排放量，并在核算报告中附能源审计报告及分配系数计算表，避免因能源介质共用导致的跨工序重复核算。

5.3 计算方法

5.3.1 预制管片生产的碳排放应按式(1)计算：

$$C_z = C_{cl} + C_{ys} + C_{jg} \tag{1}$$

式中： C_z —预制管片生产阶段总的碳排放（kg CO₂e）；

C_{cl} —预制管片生产所需原材料生产引入的碳排放（kg CO₂e）；

C_{ys} —预制管片生产所需原材料运输碳排放（kg CO₂e）；

C_{jg} —预制管片生产加工产生碳排放（kg CO₂e）；

【条文说明】

本公式界定预制管片生产碳排放范围为全生命周期核心环节——涵盖原材料生产、运输至厂区的上游排放，厂内生产加工及设备运行的直接能耗，以及工厂配套活动的间接排放（如厂区能源输配、辅助设施运行），上述各个环节都会产生温室气体排放。现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019、《环境管理 生命周期评价 原则与框架》GB/T24040 为建材的碳排放计算提供了标准方法。通过计算公式系统量化"从资源开采到成品出厂"的碳足迹，确保核算边界完整覆盖直接与间接排放源，符合 GB/T 24067-2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》的"摇篮到大门"准则。

5.3.2 若原材料企业在原材料采集环节已构建温室气体核算体系并编制专项报告，则碳排放数据应优先采纳企业官方发布的温室气体排放报告值；若尚未建立相关核算机制且生产工厂只生产预制管片，则原材料生产引入的碳排放的应按以下公式计算：

$$C_{cl} = \sum_{i=1}^n M_i \times F_i \tag{2}$$

式中： C_{cl} —预制管片生产所需原材料生产碳排放（kg CO₂e）；

M_i —第*i*种原材料的用量（kg）；

F_i —第*i*种原材料的碳排放因子（kgCO₂e/t）,宜选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 中附录 D或者按本标准附录A取值。

5.3.3 若生产工厂不仅生产预制管片还生产其他预制构件，则原材料生产引入的碳排放的可按管片实际使用配比计算，应按以下公式计算：

$$C_{cl} = \sum_{i=1}^n P_i \times G \times F_i \quad (3)$$

式中： C_{cl} —预制管片生产所需原材料生产碳排放（kg CO₂e）；

P_i —实际配比中第*i*种原材料的用量（kg/m³）；

G —计算周期内合格管片的生产量（m³），生产工厂应按《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082、《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》JC/T 2030、《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164 等标准规程统计生产的合格产品产量；

F_i —第*i*种原材料的碳排放因子（kgCO₂e/t）,宜选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 中附录 D或者按本标准附录A取值。

5.3.4 若管片生产工厂采用自有运输车队，则运输车队行驶路线的碳排放量应统一计算；当采用运输外包服务时，管片生产工厂需向承运方索取原材料从产地至工厂的平均运输距离数据，并按下式计算：

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i \times D_i \times T_i \quad (4)$$

式中： C_{ys} —预制管片生产所需原材料运输碳排放（kg CO₂e）；

M_i —单位管片产品中第*i*种原材料的用量（kg）；

D_i —第*i*种原材料的平均运输距离（km）；

T_i —第*i*种原材料的运输方式下，单位重量运输距离碳排放因子（kgCO₂e/(t·km)）

5.3.5 预制管片在生产工厂运行过程所产生的碳排放应包括生产加工及工厂运行过程中的直接碳排放和能源间接碳排放，当具备能源消耗量计量能力时，碳排放量应按下式计算：

$$C_{jg} = C_{rl} + C_{dr} \quad (5)$$

式中： C_{jg} —预制管片生产加工产生碳排放（kg CO₂e）；

C_{rl} —预制管片生产燃料燃烧产生碳排放（kg CO₂e）；

C_{dr} —预制管片生产外购电力或热力产生碳排放（kg CO₂e）；

1 直接碳排放由化石燃料品种的消耗量、燃料的平均低位发热量和燃料品种对应的碳排放因子计算得到，应按下式计算：

$$C_{rl} = \sum_{i=1}^n AD_i \times Q_i \times EF_i \quad (6)$$

式中： C_{rl} —预制管片生产燃料燃烧产生碳排放（kg CO₂e）；

AD_i —计算周期内第*i*种化石燃料消耗量（kg或m³）；

Q_i —第*i*种化石燃料的平均低位发热量（kJ/kg或kJ/m³），值可按现行国家标准《综合能耗计算通则》GB/T 2589中附录A取值；

EF_i —第*i*种化石燃料的碳排放因子（tCO₂e/TJ），值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366中附录A取值；

i —不同化石燃料类型。

2 因使用外购的电力和热力等所导致的能源间接碳排放应按式(7)计算：

$$C_{dr} = \sum_{k=1}^n AD_k \times EF_k \quad (7)$$

式中： C_{dr} —使用外购电力或热力产生的碳排放（kg CO₂e）；

AD_k —计算周期内消耗的第 k 种电力和热力的计量数据（kWh或GJ）；

EF_k —第 k 种电力和热力的碳排放因子（kgCO₂e/kWh或tCO₂e/TJ），关于电力的值应根据所在区域采用由国家机构公布的当年区域电网平均碳排放因子；关于热力的值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019中附录A取值；

k —电力和热力的种类。

5.3.6 预制管片生产运行过程所产生的碳排放应优先选用计量数据作为计算基础，当计算所涉及的排放源因能源监测条件限制无法直接获取能源消耗数据时，可采用机械台班法进行计算，应按式(8)计算：

1 预制管片生产所用设备运行碳排放，应按式(8)计算：

$$C_{jg} = C_{sb} = C_{sbd} + C_{sby} + C_{sbq} \quad (8)$$

式中： C_{jg} —预制管片生产加工产生碳排放（kg CO₂e）；

C_{sb} —预制管片生产设备产生碳排放（kg CO₂e）；

C_{sbd} —预制管片生产耗电设备碳排放（kg CO₂e）；

C_{sby} —预制管片生产耗油设备碳排放（kg CO₂e）；

C_{sbq} —预制管片生产其他油设备碳排放（kg CO₂e）。

2 预制管片生产过程中耗电设备碳排放，其中耗电设备包括钢筋加工设备、混凝土加工设备、吊装运输设备等，应按式(9)计算：

$$C_{sbd} = \sum_{i=1}^n T_i \times M_i \times F_d \quad (9)$$

式中： C_{sbd} —预制管片生产耗电设备碳排放（kg CO₂e）；

T_i —第 i 种耗电设备的台班消耗量（台班）；

M_i —第 i 种耗电设备的单位台班的电力消耗量（kWh/台班）；

F_d —电力的碳排放因子（kgCO₂e/kWh），值应根据所在区域采用由国家机构公布的当年区域电网平均碳排放因子。

3 预制管片生产过程中耗油设备碳排放，耗油设备包括叉车、工程自卸车等，应按式(10)计算：

$$C_{sby} = \sum_{j=1}^n T_j \times M_j \times Q_j \times EF_j \quad (10)$$

式中： C_{sby} —预制管片生产耗油设备碳排放（kg CO₂e）；

T_j —第 j 种耗油设备的台班消耗量（台班）；

M_j —第 j 种耗油设备的单位台班的燃油消耗量（kg/台班）；

Q_i —第 j 种化石燃料的平均低位发热量（kJ/kg），值可按现行国家标准《综合能耗计算通则》GB/T 2589中附录A取值；

EF_j —第j种化石燃料的碳排放因子 (tCO₂e/TJ)，值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366中附录A取值；

4 预制管片生产过程中其他设备碳排放，包括蒸养窑等，应按下式计算：

$$C_{sbq} = \sum_{k=1}^n T_k \times M_k \times Q_k \times EF_k \quad (11)$$

式中： C_{sbq} —预制管片生产其他设备碳排放 (kg CO₂e)；

T_k —第k种设备的台班消耗量 (台班)；

M_k —第k种设备单位台班的煤炭、燃气等其他能源消耗量 (kg/台班或m³/台班)

；

Q_k —第k种设备的煤炭、燃气等其他能源发热量 (kJ/kg或kJ/m³)，值可按现行国家标准《综合能耗计算通则》GB/T 2589中附录A取值；

EF_k —第k种设备的煤炭、燃气等其他能源的碳排放因子 (tCO₂e/TJ)，值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366中附录A取值；

5.3.7 计算结果应以单位预制管片碳排放量的形式体现，单位管片碳排放量等于计算边界内生产阶段总碳排放量除以合格管片的产量，应按下式计算：

$$C = C_z / G \quad (12)$$

式中： C —单位预制管片碳排放 (kg CO₂e/m³)；

C_z —预制管片生产阶段总的碳排放 (kg CO₂e)；

G —计算周期内合格管片的生产量 (m³)，生产工厂应按《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082、《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》JC/T 2030、《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164 等标准规程统计生产的合格产品产量。

6 碳排放评价

6.1 评价基本要求

6.1.1 预制管片生产企业应分别按照GB/T19001、GB/T24001及GB/T23331的规定建立并运行质量、环境及能源管理体系或制度。

【条文说明】

本条文要求企业构建三位一体的管理框架，通过GB/T19001质量管理体系确保从原材料检验到成品出厂的全流程质量控制，通过GB/T24001环境管理体系管控废水废渣排放、噪声控制及生态恢复等环境绩效，通过GB/T23331能源管理体系优化蒸汽养护、设备运转等高耗能工序的能源使用效率。

6.1.2 预制管片钢筋用量应满足设计要求，生产工厂宜降低钢筋损耗。

【条文说明】

本条文要求预制管片生产企业严格依据施工图纸及《混凝土结构工程施工规范》GB 50666中钢筋配料单进行生产，确保钢筋规格、数量、间距及锚固长度等参数符合设计荷载与抗震等级要求，保障结构安全性能。工厂应通过优化下料算法、推广余料数字化管理、采用定尺化加工及余料匹配系统等措施，将钢筋损耗率控制在2%以内，并建立损耗台账追溯超耗原因。若钢筋用量偏离设计值或损耗率超标，可能引发结构强度不足、耐久性下降及成本虚高等问题，需通过工艺改进或设计复核进行闭环整改。

6.1.3 本标准生产碳排放总量不包括钢筋引入带来的碳排放。

【条文说明】

因钢筋用量由设计单位根据工程力学性能、构造要求及抗震等级通过结构计算确定，预制工厂仅承担按图施工责任，不参与设计参数决策。生产企业可通过优化下料工艺将钢筋损耗率控制在2%以内，但损耗量不改变设计用量基数，碳排放责任仍归属设计阶段。

6.1.4 实施评价的组织应制定评价方案，采用查看报告文件、统计报表、原始记录、实地调查、问询等方式收集评价证据，并确保证据的完整性和准确性。

【条文说明】

评价计划的制定所采取的具体方法包括但不限于访谈，分析测试与统计核算，查阅工厂生产运行原始记录、报告文件、统计报表、声明文件、分析/测试报告、第三方认证证书等证实性文件等。实施评价的组织应确保被评价工厂对相关指标要求的符合性证据充分、完整、准确。

6.2 评价分级

6.2.1 预制管片生产碳排放评价分级分为基准值和先进值。

【条文说明】

本标准建立双层级评价体系，其中基准值代表行业平均碳排放水平，以近三年全国预制管片生产企业碳排放强度加权平均值为基准，反映行业常规技术与管理条件下的碳排放特征；先进值则体现低碳生产技术集成应用水平，通过筛选采用蒸汽养护余热回收、数字化下料优化、低碳混凝土配比等技术的标杆企业数据，经第三方核查后形成引领性指标。企业可通过对比分级阈值识别减排潜力，优先实施低碳工艺改造以趋近先进值。该分级机制为政策制定、工程招标及碳交易提供量化依据。

6.2.2 评价基准值应为80%生产企业能达到的碳排放量,评价先进值应为20%生产企业能达到的碳排放量。

【条文说明】

该分级体系以行业实际生产数据为支撑，基准值通过统计全国范围内预制管片生产企业碳排放强度分布，筛选覆盖80%产能的碳排放数据加权平均得出，反映行业常规技术与管理条件下的平均水平；先进值则基于低碳技术集成应用企业的实证数据，选取碳排放强度最低的20%企业数据；既避免“一刀切”式标准导致的技术经济不可行，又通过梯度阈值引导企业实施蒸汽养护余热回收、数字化下料优化、低碳混凝土配比等关键技术改造。

6.2.3 预制管片单位产品生产碳排放基准值和先进值如下表规定。

表1 预制管片单位产品二氧化碳排放量评价分级

强度等级	南方碳排放（kg CO ₂ e/m ³ ）		北方碳排放（kg CO ₂ e/m ³ ）	
	基准值	先进值	基准值	先进值
C50	280	260	430	380
C55	300	280	450	400
C60	320	300	470	420

【条文说明】

根据地理位置，以秦岭淮河线区别南方和北方。在管片碳排放的评价工作中，鉴于我国南北方存在显著差异，需分开进行计算和评价。从地理气候层面来看，南北气候差异致使管片在养护等环节的工艺与能耗大不相同。在南方，高温环境可能使水泥水化反应加速;而北方冬季低温时，为满足管片养护温度要求，常需额外的加热设备，且南北能耗所依赖的能源结构也存在差异，这对碳排放计算的影响不容忽视。

7 降碳管理与措施

7.0.1 企业在生产过程中宜加强设备的日常维护工作，提高产品合格率，做好生产工序的节能降耗工作。

7.0.2 企业应合理组织生产，保证生产系统正常、连续和稳定运行，提高系统运转效率，实现高效、优质、低耗和清洁生产。

7.0.3 企业应按《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167 的要求配备能源计量器具并建立能源计量管理制度，建立能耗统计体系及能耗测试数据、能耗计算和考核结果的文件档案，并对文件进行受控管理。

7.0.4 企业宜采用新材料配制免蒸养混凝土减少管片产品蒸养时间，降低因养护产生的碳排放。

7.0.5 企业宜通过利用太阳能等可再生能源，替代化石类能源，减少单位产品碳排放。

7.0.6 企业在管片生产流水线工艺改造后，应注重对蒸汽输送管道及蒸养窑的节能技术改造，可采取保温隔热等措施降低热损失，提高用能效率。

7.0.7 企业年运行时间大于3000h，负载率大于60%的电动机、空气压缩机、水泵等通用设备能效等级应达到相关标准中节能评价值的要求。

7.0.8 企业宜设置能耗监测系统，通过安装分类和分项能耗计量装置，采用远程传输等手段实时采集能耗数据，实施能耗在线监测与动态分析，为用能限额控制提供数据支持。

7.0.9 企业应通过技术创新降低单位产品碳排放。单位产品碳排放构成中，应注重占比较高的碳排放控制。

7.0.10 企业宜采用节能降碳技术设备进行生产，同时过数据采集分析等提升能源资源综合利用效率，促进全链条生产工序清洁化和低碳化，构建高效清洁生产体系。

7.0.11 企业宜优先选择具备国家标准化组织质量管理体系认证及确保原材料符合标准的本地供应商，缩短运输距离减少运输碳排放。

附录 A 碳排放因子等相关参数推荐等级表

A.0.1 材料碳排放因子的收集方法应按数据优先级进行收集，可参考表A.1进行。

表A.1 碳排放因子获取优先级

数据类型	解释	优先级
测量/能量平衡排放因子	通过直接测量或采用能量平衡方法得到的排放因子	由高到低
设备经验排放因子	针对具体设备的排放因子，但没有经过直接测量	
制造厂提供的排放因子	基于制造厂层面获得的排放因子	
区域排放因子	基于区域特征获得的排放因子	
国家排放因子	基于国家特征获得的排放因子	
国际排放因子	国际通用的排放因子	

A.0.2 电力/热力碳排放因子和化石燃料碳排放因子等相关参数的推荐等级如表A.2所示。

表A.2排放因子等相关参数推荐等级表

序号	项目	数据来源	数据源推荐等级
1	电力碳排放因子	有明确证据的发电厂直送电力时，该发电厂的电力碳排放因子	A
		碳交易地区发布的省（市）级电力排放因子（3年内，应用于本地时）	B
		国家部委发布的区域性电网平均碳排放因子（3年内，应用于本地时）	C
		国家部委发布的最新全国电网平均排放因子	D
2	热力碳排放因子	来自热电厂的外购热力碳排放因子实测值	A
		复杂来源的外购热力碳排放因子实测值	A
		碳交易地区发布的省（市）级热力排放因子缺省值（3年内，应用于本地时）	B
		《工业其他行业企业—温室气体排放核算方法与报告指南》热力排放因子缺省值	C
3	化石燃料碳排放因子	通过实测燃料含碳量和碳氧化率的计算碳排放因子	A
		GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》附录中各类化石燃料碳排放因子缺省值	B
4	其他能源碳排放因子	通过实测燃料含碳量和碳氧化率的计算碳排放因子	A
		GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》附录中其他能源碳排放因子缺省值	B
		各类科研院所发布的相关报告或学术文献等其他参考资料	D
5	构配件加工制造过程各类能源用量	该过程中统计的实际用量	A
		基于全年加工制造量及总用能量的估算值	C
6	主要建材及构件运输距离	实际测算的各类主要建材的运输距离	A
		GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》缺省值	B
7	各类主要建材消耗量	采购和用材清单及交易明细记录	A
8	建材运输碳排放因子	GB/T 51366《建筑碳排放计算标准》缺省值	A
		各类科研院所发布的相关报告或	D

		学术文献等其他参考资料	
9	各施工工序各能源用量	施工工序能耗估算法计算值	B
10	净购入电力	设电网计费的计量电能表	A
11	分项计量电力	经检定并在检定周期内的电能表	A
12	净购入热（冷）力	经检定并在检定周期内的热能表	A
		所属热力公司或区域能源站的供热计量数据	B
13	天然气、蒸汽用量	经检定并在检定周期内的燃气表（或针对蒸汽的气体流量计）	A
		液化气采购清单及交易明细记录、出入库或使用记录（采用液化气罐时）	B
14	固体燃料用量	燃料采购清单及交易明细记录、出入库或使用记录	B
15	液体燃油用量	燃油采购清单及交易明细记录、出入库或使用记录	B
16	化石燃料的平均低位发热量	实验室测定法或在线监测设备实时获取	A
		生产厂家提供测试报告中的数据	B
		各类科研院所发布的相关报告或学术文献等其他参考资料	D
17	逸散排放物质 （例：灭火剂、制冷剂）	制冷剂、灭火剂等采购量、灭火器使用记录、待回收挂起记录	B
		基于过往物质补充量的逸散百分比估算值	C
		基于其他证据的逸散百分比估算值	D
		各类科研院所发布的相关报告或学术文献等其他参考资料	D

注：推荐等级按A、B、C、D字母顺序依次递减。

附录 B 评价报告

B.0.1 在完成预制管片生产碳排放后,应编制碳排放计算与评价报告,包括但不限于以下内容:

- 1.基本信息: 应包括企业基本信息、预制管片信息、编制单位、编制时间及联系人;
- 2.编制依据, 应包括引用的规范标准、碳排放因子及其他计算参数的数据来源;
- 3.目标定义: 应包括计量核算对象、计量核算周期、计量核算单位、系统边界及核算方法;
- 4.活动数据获取: 应包括活动数据计量方法, 采用的计量器具及精度(或误差、准度等), 采样次数与频率等基本参数, 物料、能源、及管片和其他预制构件产量等数据的计量记录;
- 5.碳排放计算报告, 应包括分阶段、分排放源的碳排放核算结果;
- 6.根据本标准评价值对预制管片生产碳排放评价;
- 7.进一步改进的措施建议。
- 8.真实性声明:应在碳排放计算报告中明确报告主体与编制单位对报告内容的结果负责。

用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待，对严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2.条文中必须按指定的标准、规范或其它有关规定执行的，其用语是“应按…
…规定确定”或“应符合……规定”；非必须按照所指定的标准、规范或规定
执行的，其用语是“参照…”

引用标准名录

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

《建筑材料行业能源计量器具配备和管理要求》GB/T 24851

《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366

《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB/T 17167

《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082

《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》JC/T 2030

《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164

《综合能耗计算通则》GB/T 2589

中国工程建设标准化协会标准

预制管片生产碳排放评价标准

T/CECS XXX-20XX

附：条文说明

