

雄安新区低碳出行碳普惠方法学编制说明

一、编制背景

基于国家“双碳”战略目标和雄安新区绿色低碳发展的使命要求。中国明确提出 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的目标，交通领域作为碳排放的重要来源，推动绿色出行成为减排重点。2024 年 1 月，《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》提出“探索建立‘碳普惠’等公众参与机制，激励公众低碳行为”。

作为“千年大计、国家大事”，雄安新区被赋予“绿色低碳高质量发展先行区”的使命。河北省“十四五”规划明确提出加快构建绿色低碳交通体系，将雄安新区列为省级碳普惠试点城市，支持雄安新区打造“无煤区”和“近零碳排放示范区”。《河北雄安新区规划纲要》也提出“构建绿色交通体系”、“推广低碳生活方式”，要求完善低碳激励政策，探索碳普惠等市场化减排机制，配套可量化的实施路径。雄安新区作为国家级绿色智慧新城已形成国内首个全域“无燃油化”公共交通网络，为碳普惠机制实施奠定设施基础。

2024 年 10 月，中国雄安集团交通有限公司联合多家单位申报的《基于北斗时空大数据的绿色出行碳核算及降碳关键技术与示范项目》作为雄安新区首批科技项目之一获批立项；2025 年 1 月该项目升级为“河北省创新能力提升计划项目”。作为该课题项目的重要研究内容之一，雄安新区低碳出行方法学的编制工作同步开始进行。

二、编制原则

本方法学按照以下原则制定，确保减排量核算的科学性和可操作性：

1. 科学性

编制参照了国家标准《GB/T 32151.27-2024 温室气体排放核算与报告要求 第 27 部分：陆上交通运输企业》、《ISO 14064-1:2018 温室气体 第 1 部分：组织层面温室气体排放和清除的量化和报告指南》；借鉴了《联合国气候变化框架公约》下清洁发展机制（CDM）项目的 UNFCCC-EB 电力系统排放因子计算工具（UNFCCC Executive Board, 2020）、《CDM-EB Tool18 城市客运交通模式转换基准线排放计算工具（01.0）》、《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南（2019 修订版）》等相关要求。并紧密结合雄安新区交通场景特征，制定差异化的减排量核算规则。优先选取运行能耗、客运周转量等本地化监测数据作为参数来源，确保方法学的科学制定。

2. 可操作性原则

基于“雄安行”一体化出行服务平台等数据源，获取方法学中雄安新区交通出行的实际参数，编制语言精炼、通俗、准确，参数计算方式提供多种选择，方便项目业主理解和操作，提高方法学在雄安新区的适用性，保障方法学的实际应用价值。

3. 审慎性原则

编制过程中采用相对保守的假设和评估方法，确保计算结果在合理范围内并与全国其他城市偏差不大，避免高估减排效果。

4. 前瞻性原则

编制过程中考虑未来技术和社会的发展需求，具备一定的前瞻性。并且结合雄安新区信息化和数字化基础较好的优势，创新提出一些应用场景，在全省乃至全国碳普惠方法学领域起到一定的试点示范作用。

三、编制依据

本方法学参照了《联合国气候变化框架公约》下“清洁发展机制（CDM）项目的 UNFCCC-EB 电力系统排放因子计算工具（UNFCCC Executive Board, 2020）有关方法学工具、方式和程序，借鉴了国家标准《GB/T 32151.27-2024 温室气体排放核算与报告要求 第 27 部分：陆上交通运输企业》，《ISO 14064-1:2018 温室气体 第 1 部分：组织层面温室气体排放和清除的量化和报告指南》、《CDM-EB Tool18 城市客运交通模式转换基准线排放计算工具（01.0）》、《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南（2019 修订版）》等相关要求。

四、编制过程

1. 编制调研

2024 年 11 月，组建方法学编制组，启动《雄安新区低碳出行碳普惠方法学》编制工作。具体工作内容如下：

1) 雄安新区区域内公共交通现状调研

根据《雄安新区绿色发展城市典范建设方案（2024-2030 年）》“加快形成低碳智能交通运输方式”章节要求，新区已构建“快线+干线+支线”三级公交网络，快线及干线网络密度达 3 公里/平方公里，覆盖起步区、容东、雄东等核心组团。截至 2024 年底，建成常规公交线路 38 条（总运营里程 778.1 公里）、投运电动公共汽车 244 辆（纯电动占比 100%），全年公交客运量 800.95 万人次（IC 卡支付 435.26 万人次，扫码支付 312.32 万人次）。同步建设充电站 126 座、换电站 18 座，实现核心区充电服务半径小于 500 米，公共领域车辆全面电动化目标提前完成。

2) 公共汽车交通现状调研

雄安新区全域落实《雄安新区绿色发展城市典范建设方案（2024-2030 年）》要求，构建“快线+干线+支线”三级公交网络，截至 2024 年底，投运常规公交线路 38 条，运营里程 778.1 公里，电动公共汽车保有量 244 辆（100%纯电动），全年客运量 800.95 万人次（移动支付占比 73.2%）。核心区公交站点 500 米覆盖率达 98%，实现“主城区 500 米上车、5 分钟换乘”。依托“雄安行”一体化出行服务平台，试点运行需求响应式公交、微循环线路等新型服务模式，年服务通勤及旅游客流超 120 万人次。车辆能耗方面，10 米级主力车型 DFA6110CBEV2 百公里电耗 101.26kWh，6 米级社区公交 BJ6650EVCA-9 百公里电耗 50.78kWh。

3) 雄安新区区域内公共交通发展趋势分析

根据《雄安新区绿色发展城市典范建设方案（2024-2030 年）》“加快形成低碳智能交通运输方式”要求，新区公共汽车交通将围绕三级公交网络构建、服务模式创新及能源设施升级重点推进。规划新增“快线+干线+支线”分层公交体系，在容东、启动区等新建区域加密公交专用道布设，推动公交枢纽与城市生活圈中心一体化开发，强化与京雄快线、雄忻高铁等轨道交通衔接。试点需求响应式公交、无人驾驶微循环线路等新型服务模式，结合学校、交通枢纽布局定制化公交线路，优化“公交+慢行驿站”接驳网络。严格执行公共领域车辆全面电动化目标，新增充电站、换电站及氢能加注设施，推广氢燃料电池公交车示范应用，配套建设智能充电网络监管平台。深化“人-车-路-环境”大数据平台应用，推进公交信号优先系统与绿波信控技术融合，提升公交运行效率与服务可靠性。

4) 雄安新区居民不同出行方式的碳排放状况与趋势

雄安新区居民市域内出行有主要方式三种：慢行、公共交通、小汽车，更详细的划分有步行、公共单车、电动公共汽车、小汽车、巡游出租车。其中步行、公共单车、电动公共汽车等出行方式均属于低碳出行，小汽车、巡游出租车等出行方式属于高碳出行。采用步行和骑行出行不会产生碳排放，其他低碳出行方式产生的碳排放量要小于高碳出行，因此要提高绿色交通和公共交通出行比例。构建“公交+自行车+步行”的出行模式，积极引导居民施行“135”出行方式，即在 1 公里内尽可能选择步行，在 3 公里内尽可能选择骑自行车，在 5 公里内尽可能乘坐公共交通工具。

交通领域作为碳排放的重要来源，推动绿色出行，构建完善综合运输服务网络、大力提升公共交通服务品质、优化慢行交通系统服务、推进实施差别化交通需求管理、提升绿色出行装备水平、动态调整交通结构和出行方式，将有效减少碳排放，成为减排工作的重点部分。绿色出行是城市低碳发展的基本途径和关键步骤。

2. 编制对比

1) 现有的其他省市低碳出行方法学

编制组查找了现已发布的其他各省市低碳出行方法学，现有低碳出行方法学如下：

表 1 其他省市低碳出行方法学

序号	发布省市	方法学名称
1	北京市	《北京市低碳出行碳减排方法学（试行版）》
2	重庆市	《CQCM-城市公共交通汽车出行温室气体减排方法学》
3	深圳市	《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学（试行）》
4	上海市	《上海市碳普惠减排场景方法学地面公交》
5	武汉市	《武汉市公共汽车出行碳普惠方法学（试行）》
6	石家庄市	《石家庄市低碳出行碳普惠试点方法学（版本号 V01）》

2) 分析其他省市低碳出行方法学减排量量化方法

编制组抽选了重点省市发布的低碳出行方法学进行了分析比较，其中主要差异在基准线情景、项目情景的确定和减排量量化方法。编制组从数据需求量、计算难以程度、量化结果准确性等几方面对各方法学进行了分析对比。编制组对各方法学中的量化方法进行综合分析，结合雄安新区

实际情况和数据调研结果，本着简单准确的原则，确定了减排量量化方法。（对比表以常规公交为例）

表 22 不同省市方法学差异

省市	北京市	重庆市	深圳市	上海市	武汉市	石家庄市	差异
方法学名称	《北京市低碳出行碳减排方法学（试行版）》	《CQCM-城市公共交通汽车出行温室气体减排方法学》	《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学（试行）》	《上海市碳普惠减排场景方法学地面公交》	《武汉市公共汽车出行碳普惠方法学（试行）》	《石家庄市低碳出行碳普惠试点方法学（版本号 V01）》	/
基准线情景	项目参与方采用高碳出行方式（指单人采用私人小汽车、单位小汽车、出租车、网约车等小汽车出行方式出行的交通出行行为）出行的情景。	为项目参与方采用综合出行方式（私人小汽车、出租汽车、公共汽车、地铁/轻轨等交通工具的平均碳排放水平）出行的情景。	为项目参与方采用综合出行方式（私人小汽车、出租汽车、公共汽车、地铁等交通工具的平均碳排放水平），涵盖汽油车、纯电动车、混动车等多种类型出行的情景。	项目参与方采用所有机动化出行方式的平均碳排放情景，即采用社会小客车、出租车、轨道交通、地面公交、轮渡等机动化方式出行的情景。	为项目参与方采用机动化出行方式（轨道交通、公共汽车、私家车、出租车、电动自行车等）的平均碳排放水平的方式出行的情景。	为项目参与方采用高碳出行方式（家用轿车包含汽油式、电动式、柴油式；巡游出租车包含电动式和燃气式）出行的情景。	北京和石家庄采用“高碳出行方式”，其余城市均采用“机动化出行方式的平均碳排放水平”作为基准线情景
项目情景	项目情景为项目参与方选择低碳方式（公交、轨道、步行、自行车、合乘、小汽车停驶等）出行的情景。 6个	项目情景为项目参与方选择低碳出行方式（城市公共汽车）出行的情景。 2个（公共汽车、公共电单车）分开	项目情景为项目参与方采用纯电动公共汽车或地铁出行的情景。 2个	项目情景为项目参与方采用地面公交出行方式出行的情景。 4个（地面公交、轨道交通、互联网租赁自行车、纯电动乘用车）分开	项目情景为项目参与方选择低碳方式出行（采用公共交通出行方式出行）出行的情景。 5个（公共交通、轨道交通、公共单车、合乘、新能源汽车）分开	项目情景为项目情景为居民采用低碳出行也就是公交或地铁出行的情景。 2个	北京市支持最广泛的项目情景其中步行、小汽车停驶其他城市没有；北京和武汉纳入了合乘；重庆、上海和武汉纳入了公共（电）单车；上海和武汉纳入新能源车
减排量量化方法	1 基准线排放计算 基准线人公里速度排放因子计算 公式 1：基准线加权平均速度排放因子=Σ（不同能源类型和排量的小汽车数量×年均行驶里程×对应速度排放因子）/Σ（不同能源类型和排量的小汽车数量×年均行驶里程） 公式 2：基准线加权平均速度排放因子=Σ（不同能源类型的小汽车数量	1 基准线排放计算 步骤 1：确定交通工具每公里排放因子 公式 1： 每公里排放因子=Σ[（燃料每公里消耗量×燃料净热值×CO ₂ 排放因子）+（电力每公里消耗量×电网排放因子）]×（使用该燃料的交通工具里程占比） 步骤 2：确定人公里	1 基准线排放计算 基准线情景排放因子计算 公式 1： 基准线人公里排放因子=Σ（能源碳排放因子×基准线能源年能耗总量）/基准线年客运周转量 其中： 基准线能源年能耗总量： 公式 1.1：基准线能源年能耗总量=Σ（交通	1. 基准线排放计算 基准线排放因子计算，公式 1： 基准线排放因子=基准线情景出行的平均人公里排放因子 基准线情景平均人公里排放因子计算，公式 2： 基准线情景平均人公里排放因子=（城市客运行业各类能源消耗总量×对应能源排放因子+社会小客车各类能源消	1. 基准线排放计算 步骤 1：单位里程排放因子计算（公式 1）单位里程排放因子=Σ（燃料消耗量×燃料碳排放因子×燃料里程占比）+（电力消耗量×电网排放因子×电力里程占比） 注：燃料类型包括天然气、汽油、柴油、电力等。 客运周转量计算（公	1. 步骤 1：确定交通工具每公里排放因子 公式 1： 每公里排放因子=Σ[（燃料每公里消耗量×燃料净热值×CO ₂ 排放因子）+（电力每公里消耗量×电网排放因子）]×（使用该燃料的交通工具里程占比） 步骤 2：确定人公里	1) 计算逻辑：深圳直接以每次出行的排放因子差值乘以出行距离累加总量，其他城市分别独立核算基准期与项目期的总排放量后再相减； 2) 基准线排放因子计算：深圳与上海采用“总排放量/总客运周转量”的统一算法，其他城市根据 tool18 工具计算； 3) 路径修正：北京和上海允许根据实际路网调

×速度排放因子)/Σ (小汽车总数量) 单次出行基准线排放因子确定, 公式 3 (速度可获取时): 单次基准线排放因子=基础年特定运行速度下的排放因子 公式 4 (速度不可获取时): 单次基准线排放因子=基础年特定时间段平均运行速度对应的排放因子 基准线出行里程计算 公式 5 (路径明确时): 基准线出行里程=小汽车最短路径里程 公式 6 (路径不明确时): 基准线出行里程=低碳出行里程×小汽车路网与实际出行路网转换系数。 基准线排放总量计算, 公式 7: 基准线排放量=Σ (单次基准线排放因子×基准线出行里程) 2. 减排场景排放计算 低碳出行人公里排放因子 公式 8: 排放因子=[Σ (能源消耗量×净热值×燃料排放因子)+电力消耗量×(1+输电损失×电力排放因子)]/(年度客运周转量) 自行车、步行: 0 电动自行车: 缺省值, 合乘 (公式 9): 排放因子=基准线人公里	排放因子 电力交通工具 (公式 2): 人公里排放因子= (电力交通工具总排放量×10⁶)/(总乘客人次×平均里程) 燃料交通工具 (公式 3): 人公里排放因子=每公里排放因子/平均载客人数 步骤 3: 基准线排放总量计算 公式 4: 基准线排放量=Σ [(技术改进因子×人公里排放因子×交通方式比例)]×项目客运周转量×10⁻⁶ 2. 减排场景排放计算 公式 5: 减排场景排放量=Σ [(燃料消耗量×燃料净热值×燃料排放因子)+(电力消耗量×电网排放因子)]×10⁻⁶ 3. 减排量核算 公式 6: 减排量=基准线排放量-减排场景排放量。	工具单位里程能耗量×年均行驶里程×交通工具数量) 基准线年客运周转量: 公式 1.2: 基准线年客运周转量=Σ (交通工具年客运量×年平均乘距) 参数说明: 交通工具类型: 包括汽油私家车、纯电动私家车、混动私家车、纯电动出租车、纯电动公交、地铁。 2. 减排场景排放计算 纯电动公交车排放因子 公式 2: 纯电动公交车人公里排放因子=(电力排放因子×公交车年耗电量)/公交年客运周转量 地铁排放因子 公式 3: 地铁人公里排放因子=(电力排放因子×地铁年客运周转量)/地铁年客运周转量 3. 减排量核算 纯电动公交车减排量 公式 4: 公交车减排量=Σ (基准线排放因子-公交排放因子)×用户单次乘距×用户出行次数 地铁减排量 公式 5: 地铁减排量=Σ (基准线排放因子-地铁排放	耗总量×对应能源排放因子)/(城市客运行业年度客运周转量+社会小客车年度客运周转量) 基准线出行里程计算, 公式 3 (路径明确时): 基准线出行里程=道路最短路径里程 公式 4 (路径不明确时): 基准线出行里程=地面公交出行里程/地面公交平均路径转换系数 公式 5 (简化情形): 基准线出行里程=地面公交出行里程(当转换系数取值为 1 时) 基准线排放总量计算, 公式 6: 基准线排放量=Σ (基准线排放因子×基准线出行里程) 2. 减排场景排放计算 地面公交人公里排放因子计算 公式 7: 地面公交人公里排放因子=地面公交出行的平均人公里排放因子。 公式 8: 地面公交平均人公里排放因子=Σ (地面公交行业各类能源消耗量×对应能源排放因子)/地面公交年度客运周转量 地面公交出行排放总量计算 公式 9: 减排场景排放	式 2) 客运周转量=年客运量×平均乘距 单位客运周转量排放因子计算 公共汽车 (公式 3): 公共汽车单位客运周转量排放因子=公共汽车单位里程排放因子/平均载客人数 其他机动化方式 (公式 4): 单位客运周转量排放因子=单位里程排放因子/平均载客人数 加权排放因子 (公式 5): 机动化出行加权排放因子=Σ (各方式客运周转量×对应排放因子)/总客运周转量 基准线排放总量计算 (公式 6) 基准线排放量=公共汽车单次出行里程×机动化出行加权排放因子 2. 减排场景排放计算 公式 7: 减排场景排放量=公共汽车单次出行里程×公共汽车单位客运周转量排放因子 3. 减排量核算 公式 8: 减排量=基准线排放	排放因子 公式 2: 人公里排放因子=每公里排放因子/平均载客人数 加权计算 (公式 3): 基准线人公里排放因子=Σ (各交通工具人公里排放因子×对应客运周转量)/总客运周转量 基准线排放总量计算 (公式 4): 基准线排放量=Σ (单次出行里程×基准线人公里排放因子) 2. 减排场景排放计算 公交排放因子 (公式 5): 公交人公里排放因子=(燃料消耗量×燃料净热值×排放因子+电力消耗量×电网排放因子)/(年客运周转量) 地铁排放因子 (公式 6): 地铁人公里排放因子=(电力消耗量×电网排放因子)/(年客运周转量) 减排场景排放总量计算 (公式 7): 减排场景排放量=Σ (单次出行里程×	整出行里程 (转换系数≠1 时需实测), 其他城市默认基准线里程与低碳出行里程 1:1 替代, 简化计算。
---	---	---	--	---	---	--

	排放因子/乘车人数，公式 10：减排场景排放量=Σ（低碳出行排放因子×低碳出行里程） 3. 减排量核算 公式 11： 减排量=基准线排放量-减排场景排放量。		因子）×用户单次乘距×用户出行次数。	量=Σ（地面公交人公里排放因子×地面公交出行里程） 3. 减排量核算 公式 10： 减排量=基准线排放量-减排场景排放量。	量-减排场景排放量。	对应低碳出行方式排放因子） 3. 减排量核算 公式 8： 减排量=基准线排放量-减排场景排放量。	
--	---	--	---------------------------	--	-------------------	---	--

3. 方法学编制

经过分析，编制组初步确认了雄安新区低碳出行方法学减排量量化方法，然后根据所收集数据的试算结果对量化方法做了调整，形成最终结果。明确减排量量化方法后，经编制组内部讨论，结合各方的意见建议，完成了方法学送审稿文件，相关内容如下：

1) 项目场景

经编制组讨论确定此次编制文件包括 3 个项目情景：公共自行车、电动公共汽车和小汽车停驶，其中小汽车停驶主要考虑到规划建设中的全区停车监管平台未来将为该情景提供较好的数据基础。

2) 基准线场景

编制组分析了不同省市方法学基准线情景，就公共自行车、电动公共汽车公共出行情景制定了以下 2 种基准线方案：

方案 1：采用小汽车、出租车等高碳出行方式出行的情景为基准线情景。

方案 2：采用小汽车、出租车、电动公共汽车等所有机动化出行方式出行的情景为基准线情景。

编制组多方对比了不同省市方法学的基准线情景，除北京市和石家庄市的基准线情景只包含了私家车、出租车的高碳出行方式，深圳市、武汉市、重庆市和上海市均为综合出行方式，采用多种交通工具的平均碳排放水平的出行方式，在综合考虑了雄安新区的实际交通情况以及本省相关场景碳普惠碳减排核算的标准，本着审慎保守的原则，编制组决定本方法学中公共自行车、电动公共汽车项目基准线情景采用方案 2。

小汽车停驶因为有明确的出行替代情景，基准线情景采用小汽车出行排放情景。

3) 计算方法

总体逻辑分别计算基准线情景排放量和项目情景排放量，排放量的计算方法为排放因子乘以相应的行为活动水平，然后计算基准线情景排放量和项目情景排放量的差额得到项目减排量。

计算基准线碳排放量：

步骤1：确定基准线每种出行方式的人公里排放因子

每种出行方式人公里排放因子 $EF_{pkm,k,x}$ 按公式（1）计算：

$$EF_{pkm,k,x} = \sum_n (FC_{k,n,x} \times NCV_{k,n} \times EF_{CO_2,n} + EC_{k,x} \times EF_{CO_2}) / Q_{k,x} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$EF_{pkm,k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的人公里碳排放因子（ $kgCO_2/km$ ）；

$FC_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 的总消耗量（ kg/km ）；

$NCV_{k,n}$ ——出行方式 k 使用燃料 n 的净热值（ MJ/kg ）；

$EF_{CO_2,n}$ ——燃料 n 的 CO_2 排放因子（ $kgCO_2/MJ$ ）；

$EC_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 总耗电量（ kWh/km ）；

EF_{CO_2} ——电力的 CO_2 排放因子（ $kgCO_2/kWh$ ）；

$Q_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的客运周转量（ pkm ）；

n ——出行方式 k 使用的燃料种类，包括汽油，电力，天然气双燃料，不含电力

k ——机动化出行方式 k （小汽车、巡游出租车和电动公共汽车等）；

x ——基准年。

考虑到无法获得 $FC_{k,n,x}$ 和 $EC_{k,x}$ 的具体数据，可按公式（2）和公式（3）计算：

$$FC_{k,n,x} = SFC_{k,n,x} \times N_{k,n,x} \quad (2)$$

式中：

$FC_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 的总消耗量(kg)；

$SFC_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 的每公里消耗量(kg/km)；

$N_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 行驶的总里程(km)。

$$EC_{k,x} = SEC_{k,x} \times N_{k,ec,x} \quad (3)$$

式中：

$EC_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 总耗电量(kWh)；

$SEC_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 每公里耗电量(kWh/km)；

$N_{k,ec,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用电力行驶的总里程(km)。

如果小汽车 $N_{k,n,x}$ 和 $N_{k,ec,x}$ 具体数据获取困难， $N_{k,n,x}$ 我们按以下公式计算：

$$N_{k,n,x} = I_{k,n,x} \times L_{k,n,x}$$

式中：

$N_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 行驶的总里程(km)；

$I_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 的车辆总数量，单位为辆(辆)；

$L_{k,n,x}$ ——第 x 年出行方式 k 使用燃料 n 的车辆的年均行驶里程，单位为公里(km/辆)。

$N_{k,ec,x}$ 计算方式可参照公式（4），燃料类型为电力。

计算客运总周转量时，目前国内同类项目有两种计算方法，我们都编制进去，为以后项目测算和数据相互验证提供依据。

如无法获得 $Q_{k,x}$ 的具体数据，则按公式（5）计算：

$$Q_{k,x} = N_{k,x} \times OC_{k,x} \quad (4)$$

式中：

$Q_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的客运周转量(pk m)；

$N_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 行驶的总里程(km)；

$OC_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的平均载客人数(p)。

或按公式（6）计算：

$$Q_{k,x} = P_{k,x} \times D_{k,x} \quad (5)$$

式中：

$Q_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的客运周转量(pk m)；

$P_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的年客运量(p)；

$D_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的平均乘距(km)。

步骤2：确定基准线的人公里碳排放因子

基准线情景人公里碳排放因子 $EF_{pkm,x}$ 按公式（7）计算：

$$EF_{pkm,x} = \sum_k (Q_{k,x} \times EF_{pkm,k,x}) / \sum_k Q_{k,x} \quad (6)$$

式中：

$EF_{pkm,x}$ ——第 x 年的基准线人公里碳排放因子(kgCO₂/pk m)；

$Q_{k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的客运周转量(pk m)；

$EF_{pkm,k,x}$ ——第 x 年出行方式 k 的人公里碳排放因子(kgCO₂/km)；

小汽车停驶的基准线排放因子即小汽车出行排放因子。

步骤3：确定基准线情景活动水平

1) 当低碳出行方式为公共自行车、小汽车停驶

基准线情景和项目活动水平相等。基准年基准线情景对应的活动水平按公式（8）计算：

$$BD_{i,t,y} = PD_{i,t,y} \quad (7)$$

式中：

$BD_{i,t,y}$ ——第 y 年第 i 次 t 方式低碳出行基准线情景相对应的活动水平（pkm）；

$PD_{i,t,y}$ ——第 y 年第 i 次 t 方式低碳出行的活动水平（pkm）；

t ——低碳出行方式 t ，包括公共自行车、电动公共汽车等；

y ——项目年。

小汽车停驶场景时， $PD_{i,t,y}$ 为第 y 年第 i 次替代停车的 t 方式低碳出行的活动水平。

2) 当低碳出行方式为电动公共汽车

考虑到城市交通规划、地理等因素，在相同起讫点下，不同出行方式的路径和距离存在差异，因此基准线情景下被替代的出行里程不考虑直接采用低碳出行方里程，而是需要将低碳出行方式出行的里程进行转化。为获得基准线情景下被替代的出行里程，常见计算方法有距离最优、时间最优和熟悉路径等方法。然而，基于保守性原则，本文件拟选择采用“最短路径”的计算方法，即利用Dijkstra算法计算获得两点之间的小型微型客车行驶最短路径作为单次基准情景下被替代的出行里程。同时，在实际使用过程中，考虑到利用算法计算最短路径过于繁琐或无法实现，可以对最短路径计算方法进行简化。因此，本文件引入了路网转化系数，即在基准年城市路网条件下，相同起讫点下最短出行距离与低碳出行方式出行距离比值的平均值。基准线情景的活动水平应基于保守性原则计算起讫点之间的最短路径，通过实际出行距离乘以路网转化系数获得。基准年基准线情景对应的活动水平按公式（9）计算：

$$BD_{i,t,y} = m_{t,y} \times PD_{i,t,y} \quad (8)$$

式中：

$BD_{i,t,y}$ ——第 y 年第 i 次 t 方式低碳出行基准线情景相对应的活动水平（pkm）；

$PD_{i,t,y}$ ——第 y 年第 i 次 t 方式低碳出行的活动水平（pkm）；

$m_{t,y}$ ——第 y 年路网转换系数，即城市路网条件下相同起讫点基准线情景最短出行距离与 t 方式低碳出行距离比值的平均值。如果路网转化系数获取难度较大，则可取 $m_{t,y} = 1$ ；

步骤4：基准线情景出行碳排放量计算

第 y 年基准线情景 t 方式低碳出行碳排放量 $BE_{t,y}$ 计算按公式（10）计算：

$$BE_{t,y} = 10^{-3} \times \sum_i (EF_{pkm,x} \times BD_{i,t,y}) \quad (9)$$

式中：

$BE_{t,y}$ ——第 y 年 t 方式低碳出行基准线碳排放量（tCO₂）；

$EF_{pkm,x}$ ——第 x 年基准线人公里碳排放因子（kgCO₂/pkm）；

$BD_{i,t,y}$ ——第 y 年第 i 次 t 方式低碳出行基准线情景相对应的活动水平（pkm）。

小汽车停驶场景基准线情景计算方法一致。

计算项目情景排放量步骤如下：

步骤1：确定项目情景的人公里碳排放因子

电动公共汽车项目情景的人公里碳排放因子计算与基准线情景计算方法一致，公共自行车的人公里碳排放因子为0。

在设计小汽车停驶项目情景的人公里碳排放因子计算方法时，编制组发现仅有北京的方法学提到“小汽车停驶项目情景”较为类似，当识别到有明确的小汽车停驶行为，采用基础年小汽车停驶后替代的低碳出行方式 t 的加权平均碳排放因子作为小汽车停驶后的碳排放因子。

项目情景低碳出行方式 t 为小汽车停驶的人公里碳排放因子按公式（11）计算：

$$EF_{pkm,p} = \sum_t (EF_{pkm,t} \times W_t) \quad (10)$$

式中：

$EF_{pkm,p}$ ——小汽车停驶方式低碳出行的人公里碳排放因子（kgCO₂/pkm）；

$EF_{pkm,t}$ ——小汽车停驶后替代的低碳出行方式 t 的人公里排放因子（kgCO₂/pkm）；

W_t ——小汽车停驶后替代的低碳出行方式 t 的权重；

其中步行、骑行的人公里碳排放因子均为0。

步骤2：确定项目情景活动水平

项目情景对应的活动水平按如下说明计算：

1) 公共自行车的活动水平 $PD_{i,t,y}$

骑行方式优先基于相关平台记录和识别，其活动水平 $PD_{i,t,y}$ 通过平台记录的订单信息计算获得。当无法获取订单信息时，利用相关轨迹算法计算获得。

2) 电动公共汽车出行的活动水平 $PD_{i,t,y}$

电动公共汽车出行方式优先基于票务系统数据确定出行距离，可通过运营公司OD模型（交通起止点模型）计算出行的活动水平 $PD_{i,t,y}$ 。

3) 小汽车停驶的活动水平 $PD_{i,p,y}$

当识别到有明确的小汽车停驶行为，则以小汽车平均乘距作为停驶里程。这时小汽车停驶的活动水平 $PD_{i,p,y}$ 按公式（12）计算：

$$PD_{i,p,y} = D_{t,y} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$PD_{i,p,y}$ ——第 y 年第 i 次替代停车的 t 方式低碳出行的活动水平（pkm）；

$D_{t,y}$ ——第 y 年采用小汽车出行方式的平均乘距（km）。

步骤3：项目情景碳排放量计算

第 y 年项目情景出行碳排放量 $PE_{p,y}$ 按公式（13）计算：

$$PE_{p,y} = 10^{-3} \times \sum_i (EF_{pkm,p} \times PD_{i,p,y}) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$PE_{p,y}$ ——第 y 年小汽车停驶方式低碳出行项目碳排放量（tCO₂）；

$EF_{pkm,p}$ ——小汽车停驶方式低碳出行的人公里碳排放因子（kgCO₂/pkm）；

$PD_{i,p,y}$ ——第 y 年第 i 次小汽车停驶方式低碳出行的活动水平（pkm）。

小汽车停驶项目情景的计算方法一致。

计算项目减排量为基准线情景排放量和项目情景排放量的差额

4. 数据采集和计算

(1) 确认获取数据涉及到的部门、需要的年份后，展开数据调研

根据制定的低碳出行减排量量化方法，编制组计划了调研方案，确定了需要调研的数据，设计了数据调研表，并根据获取到的数据动态调整，各相关部门积极配合数据调研工作，确立了如下 2021-2024 年的数据需求。

表 33 调研数据及相关部门

出行方式	需调研数据	相关部门
小汽车	2021-2024 年分燃料类型小汽车保有量	雄安新区公安局
	2021-2024 年分燃料类型小汽车年行驶里程	
	2021-2024 年小汽车平均载客量（含司机）	
	2021-2024 年分燃料类型小汽车每公里能耗	
出租车	2021-2024 年分燃料类型出租车保有量	雄安新区建设和交通管理局
	2021-2024 年分燃料类型出租车年行驶里程	
	2021-2024 年出租车平均载客量（不含司机）	
	2021-2024 年分燃料类型出租车每公里能耗	
	2021-2024 年客运周转量	
公交车	2021-2024 年分燃料类型公交车保有量	中国雄安集团交通有限公司
	2021-2024 年分燃料类型年行驶里程	

	2021-2024 年分燃料类型公交车每公里能耗	
	2021-2024 年公交车平均载客量	
	2021-2024 年分燃料类型能耗总量	
	2021-2024 年客运周转量	

(2) 对获取的数据进行分析计算，确认雄安新区低碳出行排放因子

经过相关部门的支持，编制组获取了大量数据，但仍有部分数据因统计困难或者年份缺少而无法获取（2021 年小汽车数据缺失、2024 年前公交车能源消耗数据缺失），只能通过查找缺省值和经验值的方式处理。

表 4 雄安新区出行数据调研结果

出行方式	参数	燃料类型	单位	2022	2023	2024	数据来源
小汽车	车辆保有量	燃油	辆	294157	308663	360722	雄安新区公安局
		电力	辆	8753	26171	34115	雄安新区公安局
出租车	车辆保有量	燃油	辆	160	162	/	雄安新区建设和交通管理局
		电力	辆	171	241	/	雄安新区建设和交通管理局
		天然气	辆	140	89	/	雄安新区建设和交通管理局
公交车	车辆保有量	电力	辆	252	277	244	中国雄安集团交通有限公司
	每公里耗能	电力	kWh/km	/	/	0.7236	中国雄安集团交通有限公司
	能耗总量	电力	万 kWh	/	/	901.2456	中国雄安集团交通有限公司
	年行驶里程	电力	万公里	831.4	1146.96	1251.73	中国雄安集团交通有限公司

表 55 其他数据处理方式及结果

出行方式	参数	燃料类型	单位	2022	2023	2024	处理方式
小汽车	行驶总里程	小型汽车	km	3176895600	3333560400	3895797600	由于小汽车出行里程数据获取难度较大，本方法学参考雄安新区建设和交通管理局《交通运输统计年鉴》中的数据，计算得出出租车的平均乘距数据（19.81km/次）。基于该数据，经计算将单次出行距离取整为 20km，按日均 2 次出行计算日行驶里程为 40km。基于保守型估计，设定每车年均市内运营天数为 270 天，由此估算得出单车年行驶里程保守值为 10,800km。根据公安交通管理部门提供的小汽车保有量统计数据，采用上述参数计算区域小汽车总行驶里程。
		小型新能源	km	94532400	282646800	368442000	
	每公里燃料 n 消耗量	汽油	kg/km	0.0731	0.0731	0.0731	根据《乘用车燃料消耗限值》（GB19578-2021）燃料消耗量限值与车辆整车整备质量相关，参照 2023 年度中国乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况公告（ https://www.miit.gov.cn/jgsj/zbys/gzdt/art/2024/art_b9bcd48c595c4c6db83d8e045cc7566b.html ），行业平均整车整备质量为 1644 千克，根据《乘用车燃料消耗限值》（GB19578-2021）公式计算得燃料限值 10.02L/100km；根据《温室气体排放核算与报告要求第 27 部分：陆上交通运输企业 GB/T32151.27—2024》汽油密度取 0.73kg/L，柴油密度取 0.84kg/L
		柴油	kg/km	0.0842	0.0842	0.0842	
		电力	kwh/km	0.120	0.120	0.120	
	平均载客人数	不分燃料类型	人次	2	2	2	“CDM-EB Tool18 城市客运交通模式转换基准线排放计算工具（01.0）”推荐缺省值
出租车	行驶总里程	天然气	km	10082380	7668507	/	基于雄安新区的《交通运输统计年鉴-2022》和《交通运输统计年鉴-2023》提供的相关数据，结合巡游出租车保有量统计信息，计算得出单车年均行驶里程。随后，根据不同燃料类型（如燃油、电动等）的巡游出租车数量，分燃料类型计算总行驶里程。
		汽油	Km	11522720	13958406	/	
		电力	km	12314907	20765283	/	
	每公里燃料 n 消耗量	汽油	kg/km	0.0731	0.0731	0.0731	根据《乘用车燃料消耗限值》（GB19578-2021）燃料消耗量限值与车辆整车整备质量相关，参照 2023 年度中国乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分情况公告（ https://www.miit.gov.cn/jgsj/zbys/gzdt/art/2024/art_b9bcd48c595c4c6db83d8e045cc7566b.html ），行业平均整车整备质量为 1644 千克，根据《乘用车燃料消耗限值》（GB19578-2021）公式计算得燃料限值 10.02L/100km；根据

							《温室气体排放核算与报告要求第 27 部分:陆上交通运输企业 GB/T32151.27—2024》汽油密度取 0.73kg/L, 柴油密度取 0.84kg/L
		天然气	kg/km	0.0715	0.0715	0.0715	根据 GB/T29125-2012《压缩天然气汽车燃料消耗量试验方法》和 GB17820-2018《天然气》, 典型 CNG 乘用车城市工况燃料消耗量为 8~12m ³ /100km (行业统计平均值), 规定天然气在标准状态 (20° C, 101.325kPa) 下, 甲烷体积分数≥90% 时, 密度范围为 0.68~0.75kg/m ³ , 出租车每公里天然气消耗量取中间值 10m ³ , 天然气密度取 0.715kg/m ³
		电力	kwh/km	0.120	0.120	0.120	“CDM-EB Tool18 城市客运交通模式转换基准线排放计算工具 (01.0)” 推荐缺省值
	平均载客人数	不分燃料类型	人次	1.2	1.2	1.2	“CDM-EB Tool18 城市客运交通模式转换基准线排放计算工具 (01.0)” 推荐缺省值
公交车	平均载客人数	不分燃料类型	人次	16	16	16	方法论工具——城市客运的模式转换措施的基准线排放, 取最大载客量的 40%。雄安新区因公交变更等因素, 致使具体的公交载客量数据难以获取。基于保守型原则, 取能获取到的有效数据中的最小值作为平均载客人数。
	能耗总量	电力	万 kWh	660.7440	825.8112		根据 2024 年单位里程能源消耗量乘以总里程得到

方法学中事前确定的缺省值数据如下：

表 66 各类能源参数缺省值选取

能源种类	CO ₂ 排放因子 (gCO ₂ /MJ、 gCO ₂ /kWh)	燃料净热值 (MJ/kg)	数据来源
汽油	74.1	43	IPCC2006
柴油	74.1	43	IPCC2006
液化天然气	56.1	44.2	IPCC2006
压缩天然气	56.1	48	IPCC2006
电力	725.2	/	生态环境部最新公告《关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》

关于小汽车停驶中，替代 t 方式低碳出行的权重计算方式如下：

表 79 小汽车停驶替代 t 方式低碳出行的权重

方式	权重
步行+骑行	55%
公共交通	45%

小汽车停驶的项目情景的替代出行方式 t 的权重 W_t ，经编制组多方综合讨论，参考了“交通运输部关于河北雄安新区开展智能出行城市等交通强国建设试点工作的意见”中交通出行方面，雄安新区在 2035 年实现绿色交通出行比例达到 90%、公共交通占机动化出行比例达到 80%，其中，绿色交通出行包含步行、骑行和电动公共汽车。据此得：步行+骑行 为 55%，公共汽车 为 45%。

经计算的 2022-2024 年人公里排放因子：

表 8 72022-2024 年各出行方式人公里碳排放因子（kgCO₂/PKM）

情景	2022 年	2023 年	2024 年
机动化出行平均	0.113	0.109	0.109
小汽车	0.114	0.111	0.110
电动公共汽车	/	/	0.033
公共自行车	0	0	0
小汽车停驶	/	/	0.017

公交的能耗数据只能获取到不早于 2024 年的数据，因此无法计算 2024 年之前的公共汽车出行的排放因子。2022-2024 年基准线情景碳排放因子呈现逐年下降，是因为小型汽车在所有出行方式总的占比较大，其中小型新能源在小型汽车中总的保有率逐年提升，而燃料类型为电力比燃油的碳排放水平相对较低，因此随着小型新能源车保有率的提升，基准线情景的排放因子呈现逐年下降趋势。

编制组将计算结果与其他省市人公里排放因子缺省值进行比较，数据见下表：

表 98 其他省市出行方式排放因子对比（kgCO₂/pkm）

出行方式	雄安新区 (2022-2024 年)	武汉市 (2022 年)	北京市 (2018 年)	上海市 (2021 年)	石家庄市 (2024 年)	深圳市 (2019 年)
机动化出行	0.113	0.0933	/	0.130	/	0.0812

高碳出行	/	/	0.250	/	0.123	/
公共汽车出行	0.033	0.0508	0.054	0.064	0.036	0.0543
小汽车出行	0.1144	0.1122	/	/	/	/

雄安新区公共汽车人公里排放因子与石家庄接近，低于其他城市水平，一方面因为新区公交车所有车型均为纯电车型，另一方面也与新区城市规模和基准年（疫情期间、电动化改造进行中）选取差异有关。

(3) 关于电动公共汽车方式低碳出行的路网转换系数的计算。

课题组抽取 2024 年公交公司常规城市公交线路数量的 1/3 作为样例，对任意两个站点间上、下行之间的站间距进行统计，同时相应匹配调用高德地图（公交公司提供的站点坐标为高德地图信息）API 接口得到城市道路路网下小汽车行驶的最短路径。计算出小汽车最短路径里程，然后求得小汽车最短路径里程与相应站间距离的比值，所得的平均比值作为电动公共汽车方式低碳出行的路网转换系数。计算所得路网转换系数为 0.910。

五、 其他说明

低碳出行碳普惠项目方法学已在北京、深圳、上海、武汉等地开始试点，本方法学参数设计注重实用性与可扩展性，降低核算复杂度，为区域低碳出行碳普惠项目提供统一核算基准。中国雄安集团交通公司基于该方法学，开发碳普惠管理平台，通过对接大数据平台，采集用户注册信息及出行方式、里程等关键数据，实现减排行为实时记录与可视化反馈，可确保碳普惠机制高效落地。以雄安新区为例，基于公交场景提供的数据测算，年可核证碳普惠减排量约 5000 吨左右。

六、 牵头编制单位、联系人及联系方式

- (1) 中国雄安集团交通有限公司
- (2) 国合华夏城市规划研究院有限公司
- (3) 智达信科技股份有限公司
- (4) 雄安绿研智库有限公司
- (5) 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司
- (6) 石家庄铁道大学

七、 主要编写人员

序 号	人员姓名	单位名称	专 业	职 称
1	王邵骞	中国雄安集团交通有限公司	地理信息系统	高级工程师
2	刘凯	中国雄安集团交通有限公司	地理信息系统	工程师
3	文应熙	中国雄安集团交通有限公司	工商管理	政工师
4	邢耀宗	中国雄安集团交通有限公司	交通运输工程	工程师
5	马平	中国雄安集团交通有限公司	会计学	副高级会计师
6	姚冬冬	国合华夏城市规划研究院有限公司	控制工程	高级工程师

7	涂翔云	国合华夏城市规划研究院有限公司	信号与信息处理	高级工程师
8	杨主山	国合华夏城市规划研究院有限公司	市场营销	经济师
9	上官福德	国合华夏城市规划研究院有限公司	通信工程	工程师
10	苏文华	国合华夏城市规划研究院有限公司	材料工程	工程师
11	吴宇翔	国合华夏城市规划研究院有限公司	大数据	助理工程师
12	骆佳楠	国合华夏城市规划研究院有限公司	环境工程	助理工程师
13	李倩云	智达信科技股份有限公司	软件工程	工程师
14	董雅竹	智达信科技股份有限公司	地球物理学	工程师
15	祁天浩	智达信科技股份有限公司	交通工程	工程师
16	徐小伟	雄安绿研智库有限公司	暖通空调	工程师
17	龙颖茜	雄安绿研智库有限公司	城市与区域规划	工程师
18	赵晨	雄安绿研智库有限公司	住房研究	工程师
19	叶亮	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司	交通规划设计	高级工程师
20	周业利	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司	交通运输工程	高级工程师
21	梁俊杰	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司	交通运输工程	助理工程师
22	康学建	石家庄铁道大学	交通运输工程	高级工程师
23	司春棣	石家庄铁道大学	交通运输工程	高级工程师
24	王兴举	石家庄铁道大学	交通运输工程	高级工程师