

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.01.010

深圳市轨道交通碳普惠 应用实践研究

周世爽, 杨向民, 张雪梅, 吴超然

(深圳市深圳通有限公司, 广东深圳 518131)

摘要: 公众参与低碳出行是减少碳排放的有效途径, 实施碳普惠机制是轨道交通企业进行绿色低碳实践的重要研究领域。本文根据国家碳达峰、碳中和战略以及碳普惠政策体系建设情况, 结合深圳市碳普惠机制与城市轨道交通行业特点, 聚焦深圳市“全民碳路”项目, 依托互联网技术和数据聚合平台, 系统分析深圳市碳普惠业务模式、方法学、业务流程、数据流转情况, 介绍深圳市碳普惠应用平台的系统架构、技术方案以及创新应用实践, 提出拓展碳应用场景、创新碳金融产品、跨区域合作的发展思路。为城市轨道交通碳普惠的应用提供深圳经验, 对挖掘公众减排潜力、激励市民绿色出行、反哺轨道交通行业具有一定的实用价值。

关键词: 轨道交通; 碳普惠; 数据聚集平台; 碳普惠平台; 碳交易; 低碳出行

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)01-0063-06

Application Practice of Carbon GSP for Shenzhen Rail Transit

ZHOU Shishuang, YANG Xiangmin, ZHANG Xuemei, WU Chaoran

(Shenzhen Shenzhentong Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518131)

Abstract: Public participation in low-carbon travel is an effective way to reduce carbon emissions. How to further guide and incentivize public participation in low-carbon rail transit through carbon inclusive mechanisms is an important research field for rail transit enterprises to carry out green and low-carbon practices, this paper according to the national carbon peak, carbon neutral and carbon GSP policies, as well as the construction of carbon GSP policy system in Shenzhen; This paper focuses on the “Our Low-Carbon Road” project, combines the mechanism of carbon GSP in Shenzhen and the characteristics of the urban rail transit industry, relying on the Internet technology and data aggregation platform to systematic analysis was conducted on the business model, methodology, business process, and data flow, the system architecture and technology program of Shenzhen’s carbon GSP application platform, as well as the implementation and application significance of the platform, and puts forward the development ideas of expanding carbon application scenarios, innovating carbon financial products, and cross-regional cooperation. This provides Shenzhen’s experience for the application of carbon inclusive urban rail transit, which has practical value in tapping into the public’s emission reduction potential, stimulating green travel for citizens, and feeding back the rail transit industry.

Keywords: rail transit; carbon GSP; data integration platform; carbon GSP platform; carbon trading; low carbon travel

2020年9月我国明确提出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和”的双碳目标^[1], 2022年8月, 中国城市轨道交通协会结合行业特点和发展趋势, 印发《中国城市轨道交通

收稿日期: 2023-06-12 修回日期: 2023-11-01

第一作者: 周世爽, 女, 正高级工程师, 从事轨道交通运营管理研究, zhous@shenzhentong.com

基金项目: 中国城市轨道交通协会(CAMET-KY-2022074)

引用格式: 周世爽, 杨向民, 张雪梅, 等. 深圳市轨道交通碳普惠应用实践研究[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(1): 63-68.

ZHOU Shishuang, YANG Xiangmin, ZHANG Xuemei, et al. Application practice of carbon GSP for Shenzhen rail transit[J].

Urban rapid rail transit, 2024, 37(1): 63-68.

绿色城轨发展行动方案》^[2]，方案提出以碳普惠的政策激励，吸引乘客乘坐轨道交通出行，构建“分布计算、集中管理、共享普惠、技术支撑”的城轨碳普惠服务体系，以信息化、数字化赋能城轨碳普惠管理。围绕低碳出行生态，通过 MaaS(Mobility as a service, 出行即服务)平台实现碳减排量汇集和向乘客的激励返还，对城轨出行给予经济和荣誉激励，倡导乘坐城轨出行的生活方式。

深圳市作为双区建设的典范，为了深入践行国家“碳达峰、碳中和”战略，提出了建设“双碳”先锋城市，打造绿色发展“深圳样板”的目标，先后印发《深圳碳普惠体系建设工作方案》^[3]、《深圳市碳普惠管理办法》^[4]等系列文件，构建深圳“双联通·四驱动”的碳普惠体系，其中，“双联通”指低碳行为数据平台与碳交易市场平台互联互通，“四驱动”指政策鼓励、商业激励、公益支持和交易赋值四驱联动。

深圳轨道交通行业抢抓双碳战略的重大发展机

遇，以城市一卡通平台为载体，建设低碳公共出行碳普惠应用平台，积极探索碳普惠业务模式，引导和激励市民形成绿色低碳生产生活方式，为实现“碳达峰、碳中和”目标贡献深圳经验。

本文依托互联网技术和数据聚合平台，系统分析了深圳市碳普惠业务模式、方法学、业务流程、数据流转情况，介绍了深圳市碳普惠应用平台的系统架构、技术方案以及创新应用实践，提出了拓展碳应用场景、创新碳金融产品、跨区域合作的发展思路。

1 深圳碳普惠业务模式

深圳“碳普惠”项目构建“绿色出行-碳积分”、“碳交易-回馈用户”双循环业务模式，以碳普惠应用平台“全民碳路”作为业务纽带，连接用户、企业、排交所、政府，打通减排量的核算、签发、交易、兑换、核销各环节，形成低碳公共出行场景下的碳普惠生态链，构建可落地、可持续、可复制的绿色发展“新模式”。

深圳市碳普惠业务模式见图 1。

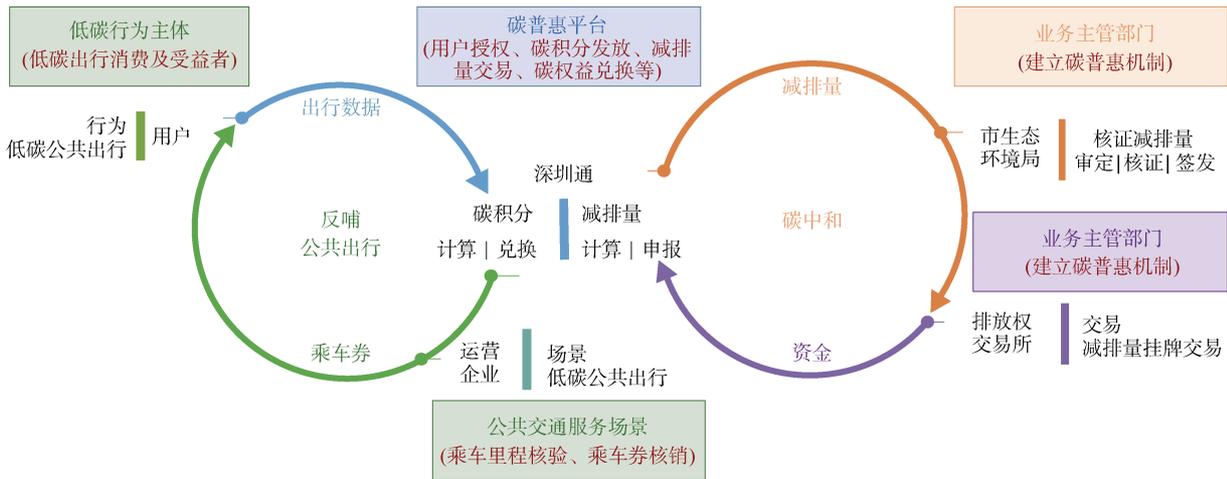


图 1 深圳市碳普惠业务模式

Figure 1 Shenzhen carbon GSP Business model

1.1 低碳公共出行方法学

为了量化市民采用轨道交通等低碳公共出行方式所产生的减排量，需要建立相应的碳普惠方法学。2021 年 12 月深圳市发布《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学》^[5]。该方法学是深圳碳普惠体系首个方法学，明确了在深圳市碳普惠机制下，个人乘坐公共汽车、地铁等低碳公共出行方式，相比于乘坐有更多温室气体排放的交通工具所产生的减排量的核算流程和方法。该方法学核心要素包括以下 5 方面。

适用对象：授权用户；

场景范围：公共汽车、地铁；

起始时间：2021 年 1 月 1 日；

核心参数：低碳公共出行里程；

计算原理：根据乘客每次出行的距离计算出该次出行的减排量。

其中，乘坐地铁出行场景的减排量计算式为

$$RE_{t6} = \sum_{i=1}^{n_{t6}} (E_b - E_{t6,i}) m_{t6,i} \quad (1)$$

式中， $t6$ 表示乘客采用地铁出行的出行方式； RE_{t6} 表示项目情景注册用户在项目日期乘坐地铁出行的年减排

量, kgCO_2 ; E_b 表示基准年基准情景城市交通出行的人公里排放因子, kgCO_2/pkm ; $E_{t6,i}$ 表示项目情景乘客 i 乘坐地铁出行的平均人公里排放因子, kgCO_2/pkm ; $m_{t6,i}$ 表示注册用户 i 乘坐地铁出行的乘距, $\text{pkm}/\text{次}$; n_{t6} 表示注册用户 i 在日期乘坐地铁出行的次数。

该方法学同时给出了公交出行减排量计算方法, 其计算原理与地铁出行基本相同, 区别是乘坐公交出行采用年平均乘距参与计算。

1.2 业务界面

深圳市碳普惠项目以深圳通公司的数字化互联网平台为载体, 充分发挥乘客出行高效便捷和“地面+地下”交通制式全覆盖等优势, 为广大乘客提供多元化业务界面, 具体包括以下 3 方面。

1) 小程序界面: 通过“深圳通+”微信小程序的“全民碳路”功能窗口或深圳通乘车码弹窗进入平台, 操作简单快捷。

2) APP 界面: 通过深圳通 APP 的“全民碳路”功能窗口进入平台, 业务服务更加丰富。

3) 卡片绑定界面: 对于实体卡用户, 通过深圳通 APP 进入“全民碳路”功能, 将常用的乘车支付方式在“碳积分累计方式”界面进行信息绑定, 支付卡可选择手机互通卡、深圳通学生卡、深圳通普通卡等。

1.3 角色定位

碳普惠实施过程中, 明确各方的角色定位、职责, 是碳普惠机制有效运作的重要保障。这些角色主要包括以下 5 类。

1) 用户(乘客): 作为低碳行为主体, 发生低碳出行行为, 产生出行数据。

2) 深圳市生态环境局: 作为业务主管部门, 负责建立碳普惠机制、碳普惠项目备案、碳减排量签发等。

3) 深圳市碳排放权交易所: 作为交易平台, 负责碳普惠减排量线上交易及资金划拨。

4) 轨道运营企业: 作为轨道出行服务方, 负责提供轨道出行服务及乘车券核销场景。

5) 深圳通公司: 作为深圳市碳普惠业务落地的载体, 负责搭建低碳公共出行碳普惠平台, 以及减排量计算、减排量申报、碳积分发放、减排量交易挂牌、碳权益兑换等。

1.4 业务流程

基于深圳碳普惠业务模式及各方职责, 同步建立了完整的业务流程, 具体包括以下 10 个环节。

1) 用户授权: 用户通过深圳通碳普惠平台完成授

权, 委托平台使用出行数据计算碳减排量和碳积分, 进行碳减排量的核证和交易。

2) 用户公共出行: 用户使用“深圳通”乘坐地铁, 出行数据上传至碳普惠平台。

3) 减排量计算: 深圳通碳普惠平台根据《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学》计算用户碳普惠减排量。

4) 碳积分发放: 深圳通碳普惠平台将用户的碳普惠减排量按照政府规定规则换算为碳积分。

5) 减排量核证: 深圳通碳普惠平台委托第三方核查机构进行碳普惠减排量核证检测, 并向深圳市生态环境局申报减排量。

6) 减排量签发: 深圳市生态环境局组织专家评审备案, 签发碳普惠减排量。

7) 减排量交易: 深圳通碳普惠平台通过深圳排放权交易所的交易平台, 将核证减排量挂牌上市, 进行线上交易。

8) 碳权益兑换: 用户通过深圳通碳普惠平台使用碳积分兑换并使用碳权益。

9) 权益发放: 用户已兑换的碳权益产品通过深圳通碳普惠平台进行发放, 平台同步核减碳积分。

10) 碳权益使用: 用户通过“深圳通”碳普惠平台使用乘车券等碳权益。

1.5 数据流程

深圳碳普惠项目依托轨道交通数字化业务平台, 通过低碳出行数据采集、量化、核证、交易、核销等步骤, 实现全业务链条。整个数据流程主要包括以下 6 个步骤。

1) 低碳出行数据采集。碳普惠平台对接公共交通业务系统, 通过标准化数据接口, 按照碳普惠方法学计算需求, 遵循最小必要原则, 采集公共出行数据, 实现低碳出行数据的标准化。

2) 低碳出行行为量化。碳普惠平台按照轨道交通清分模型, 通过各路径概率分布计算出行 OD 乘距, 并引入方法学轨道出行场景公式, 将出行数据转化为相应的减排量, 实现方法学的应用和低碳出行乘距量化。

3) 减排量数据核证。碳普惠平台接受碳普惠业务主管部门委托第三方核查机构的核证, 对碳普惠平台的减排量数据的有效性、合规性、准确性进行核查, 并将减排量数据上报主管部门备案。

4) 核证减排量交易。核证减排量在碳交易平台完成交易后, 交易平台将交易数据上报主管部门进行碳中和登记和减排量核减。

5) 减排量核减。碳普惠平台收到主管部门碳中和

结果数据，同步进行相应减排量核减。

6) 碳积分核销。用户在碳普惠平台上使用碳积分兑换权益，平台同步进行碳积分核销。

2 深圳碳普惠应用平台

深圳通以《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学》为基础，搭建深圳碳普惠应用平台(简称“全民碳路平台”)，建立“碳减排量+碳积分”个人碳账户(1克碳减排量=1积分)，实现了以“出行里程”为计算标准的减排量核算，全民碳路平台具有用户授权、减排量核算、积分发放、碳权益兑换等 6 大功能模块。

2.1 系统架构

“全民碳路”平台整体架构从下至上分为数据层、平台层、服务层、用户层 4 级架构(见图 2)。

数据层包括轨道交通出行数据、公共出行数据、轨道交通 OD 数据、出行乘距数据、个人减排量数据、个人碳积分数据等。数据采用分布式存储，具有高性能、高扩展性的特点，满足城市级公共出行场景对于海量存储的需求。

平台层包括数据接入、数据存储、数据清洗、数据分析、数据计算、数据监测等模块，实现数据的运算、分析、实时监控等业务功能。

服务层包含用户授权、减排量计算、减排量核证、减排量交易、积分发放、权益兑换等功能模块。

用户层依托移动互联网应用，建立与个人用户的交互。用户入口平台分为自主入口平台和手机端合作入口平台，自主入口平台包括深圳通 APP 和深圳通+微信小程序，手机端入口主要包括华为、OPPO 等主流手机钱包应用。

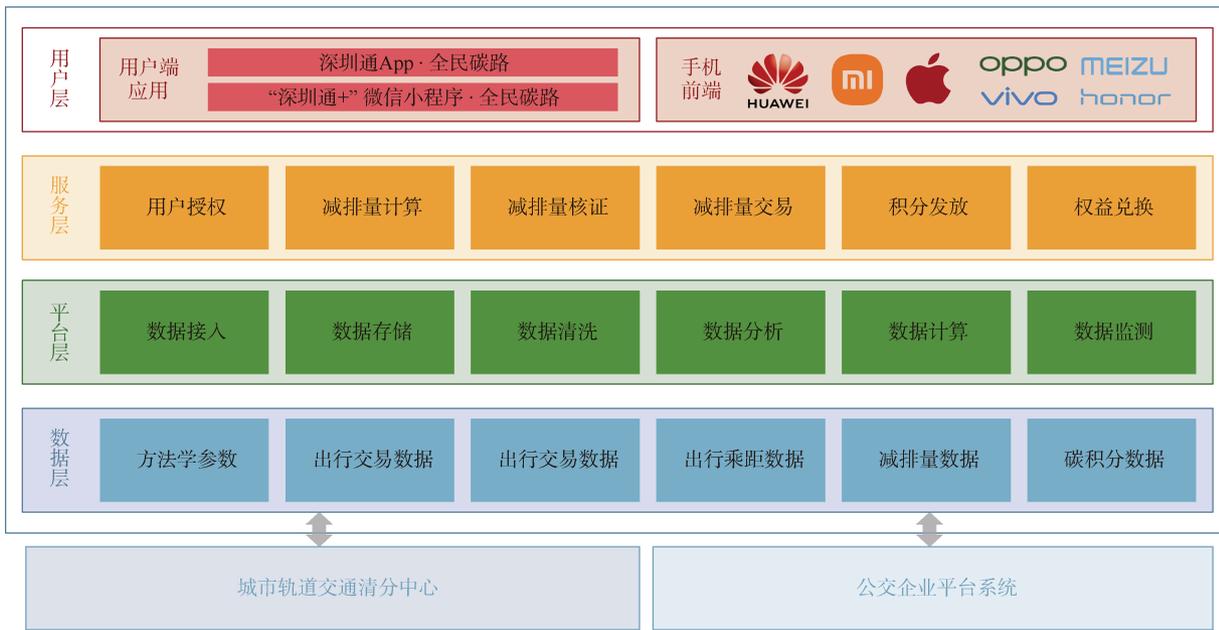


图 2 全民碳路平台系统架构

Figure 2 Architecture diagram of “Our Low-carbon Road” System

2.2 技术方案

全民碳路平台建设采用数据预处理技术，实现了碳减排量查询“0 等待”及碳积分实时发放，支持碳普惠管理部门按照用户和时间维度分批次进行减排量检测核证；同时利用深圳通千万级高频互联网平台作为碳普惠业务入口，增加用户触达率，提高碳普惠业务授权量，为用户提供高效便捷的碳增值服务。其中碳账户、数据归集、减排量和碳积分计算是该平台的核心功能，主要处理内容如下。

1) 碳账户创建：用户授权后，平台自动为每个已授权的用户创建个人碳账户，用于查询、记录、管理个人碳减排量及碳积分。

2) 数据采集：通过交易文件获取轨道交通出行数据。用户使用深圳通卡、深圳通乘车码乘坐地铁，轨道交通清分中心对数据进行清分后，按卡号、出站时间、乘坐线路、乘距等维度提供上一日交易清算明细文件，碳普惠平台对文件进行解析入库。

3) 数据计算：采用数据预处理技术，按照《深圳

市低碳公共出行碳普惠方法学》，平台计算每笔出行交易的碳减排量及碳积分。

4) 碳减排量和碳积分归集：平台自动将用户已绑定卡号对应的历史碳减排量、碳积分累积到其个人碳账户中。

全民碳路平台处理流程见图 3。

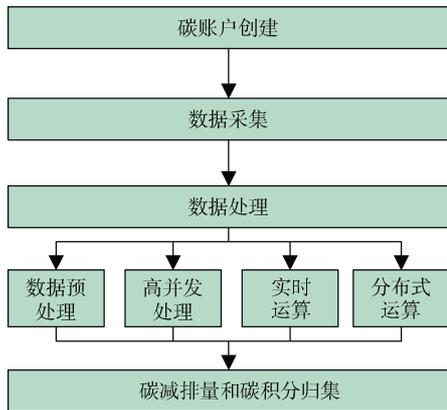


图 3 “全民碳路”平台处理流程

Figure 3 Process flow of “Our Low-carbon Road” system

3 深圳碳普惠项目应用实践

3.1 应用情况

2022 年 11 月 18 日，深圳碳普惠应用平台“全民碳路”正式上线，为用户提供线上授权、减排量计算、核准申请、减排量交易、积分发放、权益兑换等全流程业务服务。上线 1 年授权用户突破 1 670 万，累计碳减排量逾 40 万 t，政府首批核证签发减排量 4.94 万 t。2022 年 12 月 12 日，在第十届国际低碳城论坛，深圳进行深圳碳普惠首笔交易的签约发布，该发布是深圳市碳普惠机制建立的里程碑标志。

3.2 实践路径

1) 搭建碳普惠数字平台。深圳碳普惠项目以轨道交通数字化业务平台为基础，将轨道交通出行数据根据低碳公共出行方法学量化为碳减排量和碳积分，通过数字化平台打通碳积分发放、减排量交易、权益兑换和用户激励的业务全链条。

2) 个人碳减排量的市场化交易。深圳碳普惠平台与碳市场实现对接，个人碳减排量通过市场化交易完成变现，在原 B to B(business-to-business, 企业对企业)碳交易的基础上，实现面向个人用户的碳激励，从而激发公众参与碳减排的主动性和积极性。

3) 以乘车券为载体回馈用户。轨道交通出行获得碳积分，通过碳积分兑换方式，以乘车券为载体回馈

用户，反哺轨道交通行业，一方面给广大用户带来实惠，另一方面有利于激励引导用户绿色出行，提高轨道交通乘客出行占比，助力行业可持续发展。

3.3 发展建议

为了进一步引导激励公众参与轨道交通低碳出行，推动轨道交通行业高质量、可持续、绿色发展，需要不断推行碳普惠模式，拓展多元化低碳场景，融合绿色金融，推进跨区域合作。

1) 推行碳普惠模式，在全国城轨交通行业推广。深圳市“碳普惠”构建了双循环业务模式，在“形成持久、普遍的绿色生活方式”领域先行示范，打造绿色发展样板。为了推动轨道交通行业可持续发展，进一步扩大碳普惠激励效应，建议在全国城市轨道交通领域，推广碳普惠模式，充分调动公众节能降碳的积极性，促进形成绿色低碳循环发展的生产生活方式。

2) 统一碳账户体系，拓展多元化低碳场景。扩展更多的低碳场景是实现更多公众减排的主要手段^[6]，为了进一步丰富碳场景，深入挖掘公众消费和生活领域节能减排潜力，推动市民形成绿色低碳生产生活方式，实现碳达峰、碳中和目标，需要从两方面入手：一是研究开发水、电、燃气、新能源充电、垃圾分类、共享单车、步行、电动出租车等多元化领域碳普惠方法学，将更多绿色低碳场景纳入碳普惠体系；二是统一数据标准和接口，建立统一的碳账户体系，打造多场景一体化碳普惠平台，成为城市绿色生活服务载体。

3) 赋能绿色金融，创新碳信用产品。碳金融是落实双碳目标的重要抓手^[7]，根据国务院《2030 年前碳达峰行动方案》^[8]及深圳市政府《深圳碳普惠体系建设工作方案》^[3]等政策规划，未来可依托一体化碳账户，赋能绿色金融，建立基于碳普惠数据的等级评价体系 and 碳信用体系，与商业银行、金融机构、互联网银行等金融机构合作，推进碳金融业务，发行碳信用卡、绿色出行保险、小额绿色信贷等产品。

4) 推进跨区域合作，共建绿色低碳生态圈。深圳市政府《深圳碳普惠体系建设工作方案》^[3]指出：推动碳普惠体系跨区域合作，在全国范围内开展合作，吸引其他省市及港澳地区共建、联通碳普惠体系，鼓励按照深圳碳普惠体系标准接入深圳碳市场开展交易。深圳碳普惠打通了低碳行为数据与碳交易市场，实现了整个体系的闭环，走在国内前列，具备推广先

进性。深圳作为粤港澳大湾区核心引擎城市，推进大湾区碳普惠体系的互联互通，是湾区一体化的重要组成部分。碳普惠的区域发展可从3个方面努力：一是加强政府在碳普惠领域顶层设计，包括碳普惠整体目标、体系建设、管理办法等方面的协同合作等；二是共建区域统一的碳普惠平台，实现政府、企业、个人间数据互联互通；三是营造绿色低碳生活生态圈，支持彼此核证减排量跨区域消纳，支持创新共同激励机制，实现个人碳账户、碳资产的互认。

4 结束语

深圳全民碳路项目是深圳践行国家碳达峰、碳中和战略的重要实践，该项目将推动建立低碳激励机制，以政策鼓励和商业激励相结合，让更多的人和企业参与进来，共同助力经济社会绿色变革，真正实现低碳行为“可记录、可衡量、有收益、被认同”^[9]。激励引导市民绿色出行，反哺城市轨道交通行业，助力行业持续发展，以碳普惠为载体，鼓励群众积极践行绿色低碳生活，促进人人低碳，人人受益。

参考文献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗: 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-16) [2023-02-13]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm.
- [2] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案[EB/OL]. (2022-08-18) [2023-02-13]. <https://www.163.com/dy/article/HF8EHHQ90511T04N.html>.

- [3] 深圳市生态环境局. 深圳市人民政府办公厅关于印发《深圳碳普惠体系建设工作方案》的通知[EB/OL]. (2021-11-16) [2023-02-13]. http://meeb.sz.gov.cn/szssthjjwzgzkml/szssthjjwzgzkml/qt/tzgg/content/post_9371180.html.
- [4] 深圳市生态环境局. 深圳市生态环境局关于印发《深圳市碳普惠管理办法》的通知[EB/OL]. (2021-08-03) [2023-02-13]. http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/zcfg/zcfg/hblgfwj/content/post_9997236.html.
- [5] 深圳市生态环境局. 深圳市生态环境局关于印发《深圳市低碳公共出行碳普惠方法学(试行)》的通知[EB/OL]. (2021-12-10) [2023-02-13]. http://meeb.sz.gov.cn/gkmlpt/content/9/9442/post_9442897.html#3767.
- [6] 郑衍治, 胡晓玲. 双碳背景下企业碳普惠发展综述和建议[EB/OL]. (2022-06-14)[2023-02-13]. <http://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/5382.htm>.
- [7] 青岛市地方金融监督管理局. 聚焦“双碳”目标 加快碳普惠建设 金融科技赋能绿色金融创新发展[EB/OL]. (2022-10-09)[2023-02-13]. http://jrb.qingdao.gov.cn/jrdt/202210/t20221009_6438547.shtml.
- [8] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院. 国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知[EB/OL]. (2022-10-09)[2023-02-13]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5649731.htm?eqid=dbd04683000007910000002647dd50d.
- [9] 新华网. 全民减排新方式: 碳普惠制度[EB/OL]. (2022-11-10)[2023-02-13]. http://www.xinhuanet.com/science/2022-11/10/c_1310675254.htm.

(编辑: 王艳菊)

重庆轨道交通环线荣获詹天佑奖

2024年1月26日, 第二十届第二批中国土木工程詹天佑奖入选工程名单公布, 重庆市轨道交通环线工程榜上有名。

中国土木工程詹天佑奖是中华人民共和国住房和城乡建设部认定的全国建设系统工程奖励项目之一、中华人民共和国科技部首批核准的科技奖励项目, 也是中国土木工程领域工程建设项目科技创新的最高荣誉奖。据了解, 共有45项各领域的标志性工程入选第二十届第二批中国土木工程詹天佑奖。

重庆轨道交通环线全长50.8 km, 设站点33座, 串联了沙坪坝区、江北区、渝北区、南岸区、九龙坡区5个行政区, 以及轨道交通1号线、2号线、3号线、4号线、5号线、6号线、9号线、10号线等轨道交通线路。

摘编自 <https://www.chinametro.net/index.php?m=newscon&id=539&aid=59088>