

# 高速公路建管养全生命周期碳排放计量与智能减碳 管控技术及示范应用

宋昊, 王徐彬

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 311300

DOI:10.61369/ETQM.2025070012

**摘要** : 本论文旨在研究高速公路建管养全生命周期的碳排放计量与智能减碳管控技术。通过对高速公路建设、管理和养护过程中的碳排放源进行分析, 提出了一种基于大数据和人工智能的碳排放计量方法, 并探讨了智能减碳管控技术的应用。本研究有助于提高高速公路行业的碳减排效率, 推动可持续发展。

**关键词** : 高速公路; 全生命周期; 碳排放计量; 智能减碳; 管控技术

## Technology and Demonstration Application of life-Cycle Carbon Emission Measurement and Intelligent Carbon Reduction Tube Control for Highway Construction and Maintenance

Song Hao, Wang Xubin

Zhejiang Jiaogong Hongtu traffic construction Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 311300

**Abstract** : The purpose of this paper is to study the carbon emission measurement and intelligent carbon reduction tube control technology in the whole life cycle of highway construction and maintenance. Based on the analysis of the carbon emission sources in the process of highway construction, management and maintenance, a carbon emission measurement method based on big data and artificial intelligence is proposed, and the application of intelligent carbon reduction pipe control technology is discussed. This study is helpful to improve the efficiency of carbon emission reduction in the highway industry and promote sustainable development.

**Keywords** : expressway; the whole life cycle; carbon emission measurement; intelligent carbon reduction; management and control technology

随着全球气候变化问题的日益严峻, 减少碳排放已成为各国共同的责任。高速公路作为交通基础设施的重要组成部分, 其建设、管理和养护过程中产生的碳排放量不容忽视。为实现交通领域的可持续发展, 需要对高速公路建管养全生命周期的碳排放进行准确计量, 并采取有效的智能减碳管控技术。

### 一、高速公路建管养全生命周期碳排放源分析

高速公路的建设、管理和养护全生命周期中, 碳排放源是一个需要深入分析的重要问题。在高速公路的建设阶段, 施工过程中的机械设备使用、材料生产和运输等活动都会产生大量的碳排放。例如, 挖掘机、起重机等重型机械的燃油消耗以及水泥、钢材等建筑材料的生产过程都涉及到碳排放。在管理和养护阶段, 高速公路的运营也会对碳排放产生影响。车辆的燃油消耗是主要的碳排放源之一, 同时, 公路的照明、通风和供暖等设施的能源消耗也会导致碳排放。此外, 定期的道路养护和维修工作, 如路面修复、标线刷新等, 也需要使用机械设备和材料, 进一步增加

了碳排放。

为了减少高速公路建管养全生命周期的碳排放, 我们可以采取一系列措施。在建设阶段, 采用节能环保的建筑材料和施工工艺, 优化施工方案, 减少不必要的能源消耗。在管理和养护阶段, 推广智能交通系统, 提高车辆通行效率, 减少拥堵和怠速时间, 降低燃油消耗。同时, 加强对公路设施的节能管理, 采用高效节能的照明和供暖设备, 也能有效减少碳排放。此外, 还可以鼓励和推广使用新能源车辆, 如电动汽车和氢燃料电池汽车, 减少传统燃油车辆的使用。进一步发展和应用可再生能源, 如太阳能、风能等, 为高速公路的运营提供清洁能源。通过这些措施的综合应用, 我们可以降低高速公路建管养全生命周期的碳排放,

实现可持续发展的目标<sup>[1]</sup>。

## 二、高速公路全生命周期阶段划分

在规划设计阶段，虽然直接的碳排放相对较少，但此阶段的决策会对后续阶段的碳排放产生深远影响。例如，路线的选择会影响土地的占用情况，若穿越大量农田或森林，可能破坏原有的碳汇，间接增加碳排放。有学者研究表明，不合理的路线规划可能导致额外的土地扰动和植被破坏，使得区域碳储存能力下降，在长期来看会显著增加碳排放。

建设施工阶段是碳排放的高峰期之一。该阶段涉及到大量的建筑材料生产和运输，以及施工机械的能源消耗。以水泥生产为例，每生产一吨水泥大约会排放0.8 - 1吨二氧化碳。钢材的生产过程同样能耗高、碳排放量大。此外，施工过程中使用的挖掘机、装载机、压路机等机械设备，都需要消耗大量的柴油，这些化石燃料的燃烧直接产生碳排放。根据相关统计数据，一个中等规模的高速公路建设项目，施工阶段的碳排放可能占全生命周期碳排放的30% - 40%。

运营管理阶段是高速公路全生命周期中持续时间最长的阶段。此阶段的碳排放主要来自于车辆的尾气排放、照明系统和服务区设施的能源消耗。车辆尾气排放是运营阶段碳排放的主要来源，不同类型的车辆其碳排放强度差异较大。

## 三、高速公路建管养全生命周期碳排放计量

高速公路建管养全生命周期碳排放计量是一个复杂而重要的课题。在高速公路的建设、管理和养护过程中，会产生大量的碳排放，这些排放对环境造成了不可忽视的影响。建设阶段是高速公路全生命周期碳排放的重要阶段。在建设过程中，需要大量的能源和材料，如水泥、钢材、沥青等，这些材料的生产和运输都会产生大量的碳排放。此外，施工机械的使用、工人的交通和生活等也会产生一定的碳排放。管理阶段也会对碳排放产生影响。例如，高速公路的运营需要消耗大量的能源，如电力、燃油等，同时，管理措施的不合理也可能导致能源的浪费和碳排放的增加。养护阶段同样会产生碳排放。道路养护需要使用机械设备和材料，这些活动也会消耗能源并产生碳排放。此外，养护过程中的废弃物处理也会对环境产生影响。

为了准确计量高速公路建管养全生命周期的碳排放，需要采用科学的方法和技术。例如，采用生命周期评估（LCA）方法可以全面考虑高速公路建设、管理和养护过程中的碳排放，并对不同阶段和环节的碳排放进行量化和分析。同时，还可以利用信息化技术，如物联网、大数据等，对高速公路的能源消耗和碳排放进行实时监测和管理。减少高速公路建管养全生命周期的碳排放是实现可持续发展的重要举措。这需要政府、企业和社会各方的共同努力。政府可以制定相关政策和标准，推动高速公路建设和管理的绿色化；企业可以采用先进的技术和方法，降低碳排放；社会公众也可以通过绿色出行等方式，减少个人的碳排放<sup>[2]</sup>。

## 四、高速公路碳排放计量智能减碳管控技术

智能减碳管控技术的核心在于对高速公路碳排放的精确计量。通过安装先进的监测设备，如碳排放传感器、车辆流量监测器等，我们可以实时收集高速公路上车辆的碳排放数据。这些数据不仅包括车辆的尾气排放量，还涵盖了能源消耗、行驶里程等相关信息。有了准确的碳排放数据，接下来就是如何实现智能减碳了。智能减碳管控系统会根据数据分析结果，制定出科学合理的减排策略。比如，通过优化交通流量，减少车辆拥堵，降低油耗和尾气排放；推广新能源车辆的使用，减少传统燃油车的比例；改善道路设计，提高车辆行驶效率，等等。

智能交通系统（ITS）在公路减碳方面发挥着至关重要的作用。通过先进的传感器、通信技术和数据分析算法，对公路交通流量进行实时监测和精准调控。例如，在一些大城市的主干道上，安装了大量的交通流量传感器，这些传感器能够实时收集车辆的行驶速度、密度等信息，并将数据传输到交通控制中心。交通控制中心利用智能算法对这些数据进行分析，根据实时交通状况调整信号灯的时长和相位，实现交通流的优化。当某个方向的车流量较大时，适当延长该方向的绿灯时间，减少车辆的停车等待时间，从而降低车辆的怠速油耗和碳排放。此外，智能交通系统还可以提供实时的交通信息服务，引导驾驶员选择最优的行驶路线。通过车载导航系统或手机应用程序，驾驶员实现轻松驾驶。通过在高速公路沿线安装大量的传感器，如地磁传感器、激光雷达传感器等，能够实时准确地监测交通流量、车速、车辆密度等信息。这些传感器就像高速公路的“眼睛”，时刻关注着道路上的动态。例如，在某些繁忙的高速公路路段，传感器可以每隔几分钟就更新一次交通数据。基于这些数据，智能交通系统会进行分析和预测，通过可变情报板、手机应用程序等渠道，及时向驾驶员提供实时路况信息和最优行驶路线建议。当某一路段发生拥堵时，系统会引导车辆绕行其他路段，避免车辆长时间怠速等待，从而减少尾气排放。据相关研究机构统计，这种交通流量监测与引导系统的应用，可使高速公路上车辆的平均行驶速度提高15% - 20%，碳排放降低10% - 15%。传统的高速公路收费站和匝道处的交通信号控制往往是固定的时间模式，不能根据实际交通流量进行灵活调整。而智能减碳示范应用中的自适应交通信号控制技术，能够根据实时交通状况自动调整信号灯的时长和相位。公路自适应交通信号控制是一种能够根据实时交通流量、车速、排队长度等交通信息，自动调整交通信号配时方案的智能交通控制系统。与传统的定时交通信号控制相比，自适应交通信号控制具有更强的灵活性和适应性，能够更好地应对交通流量的动态变化。其原理基于先进的传感器技术、数据通信技术和智能算法。传感器如地磁传感器、视频检测器等被安装在公路各个关键位置，实时收集交通数据。这些数据通过有线或无线网络传输到交通控制中心。在控制中心，智能算法对数据进行分析 and 处理，根据预设的规则和目标，生成最优的信号配时方案，并将指令发送回各个交通信号控制器，实现交通信号的实时调整<sup>[3]</sup>。

智能交通管理系统是高速公路智能减碳的重要一环。该系统

通过先进的传感器、通信技术和数据分析算法，对高速公路上的交通流量、车速、车辆密度等信息进行实时监测和分析。以某条繁忙的高速公路为例，当系统监测到某一路段出现交通拥堵时，会立即通过可变情报板、导航软件等渠道，向驾驶员发布实时路况信息，并提供最优的绕行建议。这样一来，驾驶员可以提前规划路线，避免陷入拥堵路段，减少车辆怠速和频繁启停的情况。研究表明，车辆在怠速和频繁启停时的燃油消耗和碳排放要比正常行驶时高出很多。据相关学者的研究，智能交通管理系统的应用可以使高速公路上的车辆平均行驶速度提高 15% - 20%，燃油消耗降低 10% - 15%，从而有效减少碳排放。此外，智能交通管理系统还可以实现交通信号的智能控制。在高速公路与城市道路的交汇口，通过对车流量的实时监测，动态调整信号灯的时长。当高速公路出口车流量较大时，适当延长绿灯时间，让更多车辆快速通过，减少车辆在路口的等待时间，降低碳排放。

高速公路碳排放计量智能减碳管控技术是一种创新的解决方案，旨在减少高速公路交通领域的碳排放并实现更有效的碳管理。随着全球气候变化问题的日益严峻，减少碳排放已成为当务之急，而高速公路作为交通运输的重要组成部分，也面临着巨大的减碳压力。该技术主要通过先进的监测和计量手段，对高速公路的碳排放进行准确测量和核算。通过安装传感器、数据采集设备和分析算法，可以实时监测车辆的行驶速度、油耗、尾气排放等关键参数，从而精确计算每辆车的碳排放量。这为制定针对性的减排措施提供了科学依据。同时，智能减碳管控技术还利用信息化和智能化手段，实现对碳排放的有效管控。例如，通过建立碳排放数据库和管理平台，可以对不同路段、不同车型的碳排放数据进行分析和比较，找出减排的重点和潜力。此外，借助智能交通系统的优化，如智能信号灯控制、动态车道分配等，可以减少车辆拥堵和怠速时间，进一步降低碳排放。另一个关键方面是推动新能源车辆的广泛应用。该技术可以支持充电设施的布局和管理，鼓励更多的电动汽车和混合动力车辆在高速公路上行驶。通过与能源供应系统的协同，确保新能源车辆的充电需求得到满

足，从而减少对传统燃油的依赖，降低碳排放。此外，还可以通过政策引导和激励措施，推动运输企业和车主采取更环保的行为。例如，实施碳排放交易制度，对超标排放的车辆进行惩罚，对低排放车辆给予奖励或优惠，从而引导市场主体积极参与减排行动。

## 五、结束语

高速公路建管养全生命周期碳排放计量与智能减碳管控技术是一种针对高速公路建设、管理和养护过程中碳排放的计量和管控技术。该技术旨在降低高速公路系统的碳排放量，实现可持续发展。

在高速公路的建设阶段，碳排放主要来自于施工机械的使用、材料生产和运输等过程。通过使用先进的计量工具和方法，可以精确测量和核算建设过程中的碳排放量。同时，采用绿色建筑材料和施工工艺，如推广使用可再生能源、提高能源利用效率等，可以减少建设阶段的碳排放。

在管理和养护阶段，智能减碳管控技术可以发挥重要作用。通过建立智能化的监测系统，实时监测路况和车辆流量，优化交通管理，减少不必要的拥堵和尾气排放。此外，利用大数据和人工智能技术，对养护工作进行科学规划和调度，降低养护成本，减少碳排放。

为了实现智能减碳管控，还可以引入先进的信息化技术，如物联网、云计算和区块链等。这些技术可以实现碳排放数据的实时采集、传输和分析，为决策者提供准确的信息支持。同时，通过建立碳排放交易市场，鼓励企业采取节能减排措施，推动低碳技术的应用和发展。

综上所述，高速公路建管养全生命周期碳排放计量与智能减碳管控技术对于减少碳排放、保护环境和推动可持续发展具有重要意义。它不仅可以提高高速公路系统的运营效率，还可以为应对气候变化做出积极贡献。

## 参考文献

- [1] 舒誉桦. “双碳”目标下高速公路绿色建造的研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(24): 170-172.
- [2] 施庆利, 高艳艳, 王新, 等. 公路建设期全生命周期碳排放量化研究[J]. 市政技术, 2024, 42(10): 24-30.
- [3] 杨媛媛, 聂钦, 岳劲松, 等. 高速公路预防养护技术减碳效果探究[J]. 上海公路, 2024, (02): 1-6+253.