



“一带一路”绿色发展国际联盟
2023年政策研究专题报告

“一带一路”绿色交通案例报告

10th



研究团队*

李永红	生态环境部对外合作与交流中心副主任
刘文杰	中国公路学会副理事长兼秘书长、国际道路联盟副主席
蓝 艳	“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处副处长
李盼文	“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处高级项目主管
刘颖琦	北京交通大学经济管理学院教授、博士生导师、企业管理系主任
管妮娜	中国公路学会国际合作部主任
叶 龙	北京交通大学经济管理学院教授
郭 名	北京交通大学经济管理学院教授
王宁宁	一带一路国际交通联盟执行秘书
林子欢	中国公路学会国际合作部主管

*本报告由“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处及合作伙伴中国公路学会、北京交通大学共同编写。研究团队成员以个人身份参加研究工作。



目 录

执行摘要.....	I
第一章 引言.....	1
第二章 绿色交通基础设施.....	5
一、铁路项目	5
（一）土耳其安伊高铁二期项目	5
（二）中老铁路项目	8
（三）小结	13
二、公路项目	14
（一）巴基斯坦 PKM 高速公路项目	14
（二）柬埔寨金港高速公路项目	18
（三）小结	23
三、桥梁隧道项目	24
（一）文莱大摩拉岛大桥项目	24
（二）克罗地亚佩列沙茨大桥项目	28
（三）孟加拉国卡纳普里河底隧道项目	36
（四）小结	39
四、港口项目	40
（一）希腊比雷埃夫斯港项目	40
（二）蒙巴萨港项目	44
（三）小结	47
第三章 绿色出行.....	49
一、匈牙利电动汽车发展	49
（一）政策支持电动汽车产业	49
（二）打造电动汽车生产中心	51
二、土耳其伊斯坦布尔绿色交通发展	54



(一) 发展电动汽车	54
(二) 建设公共交通网络	56
(三) 建设绿色港口	60
三、新加坡一体化城市交通体系建设	62
(一) 交通多式联运	62
(二) 城市绿色智能交通管理	63
(三) 提倡公共交通	64
(四) 公共交通导向型开发	65
四、智利圣地亚哥可持续交通发展	67
(一) 发展电动汽车	67
(二) 鼓励骑行	69
(三) 步行友好街道改造	71
第四章 结论	73
(一) 绿色交通基础设施	73
(二) 绿色出行	74
参考文献	76



执行摘要

“一带一路”倡议自 2013 年提出以来，始终坚持开放、绿色、廉洁理念，努力实现高标准、可持续、惠民生目标，已成为当今世界深受欢迎的国际公共产品和国际合作平台。交通领域合作是“一带一路”建设的重要内容，是互联互通的基础。截至 2023 年 1 月，中国已经同 151 个国家和 32 个国际组织签署 200 余份共建“一带一路”合作文件^[1]，大多涉及交通基础设施建设和互联互通。以共建“一带一路”为合作平台，截至 2021 年底，中国还与 19 个国家签署了 22 项双边、多边政府间国际道路运输便利化协定^[2]。

在全球经济复苏乏力交织气候变化、生物多样性丧失、环境污染以及发展不平衡等多维挑战的背景下，各重点行业纷纷加速实施绿色低碳转型战略。其中，交通行业对生态环境和气候的影响不容忽视，其绿色低碳转型十分关键。一方面，“一带一路”建设过程中涉及的长距离线性交通工程较多，与沿线地区生态环境敏感区相交叠，交通基础设施建设对自然景观和生态系统产生的诸如生境退化和破碎化、环境污染、生境阻隔、外来物种入侵等各种影响在不断加大，这种影响已至少涉及全球陆地面积的 15%~20%^[3]。另一方面，交通运输是能源消耗和温室气体排放的主要行业之一，国际能源署（IEA）数据显示，交通运输行业是全球第二大碳排放部门，碳排放量占比达 25%，是引发全球气候变化的主要因素。

中国始终将绿色交通作为推动绿色丝绸之路建设的重要领域。2017 年 4 月，原环境保护部、外交部、国家发展改革委、商务部联合发布《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》，将“推进绿色基础设施建设，强化生态环境质量保障”“推广绿色交通等行业的节能环保标准和实践”作为主要任务之一。2021 年 10 月，在第二届联合国全球可持续交通大会期间，中国向世界重申将继续推进高质量共建“一带一路”，加强同各国基础设施互联互通，加快建设绿色丝绸之路和数字丝绸之路。2022 年 3 月，国家发展改革委、外交部、生态环境部、商务部联合印发《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》，强调“加强绿色交通领域国际合作，助力共建‘一带一路’国家发展绿色交通”。

本报告围绕绿色交通工程和绿色出行两大维度开展“一带一路”绿色交通案例研究，选取铁路、公路、港口、桥梁、隧道、电动汽车等不同领域的 13 个典型案例，充分展示“一带一路”绿色交通发展的最佳实践，总结典型案例在保护当地生态环境、改善民生福祉、服务东道国发展战略等方面的举措与成效，为共建“一带一路”国家提供有益借鉴，推动绿色丝绸之路建设取得更好实效。



第一章 引言

绿色交通的研究始于 20 世纪 90 年代初。1992 年，联合国环境与发展大会达成了《关于环境与发展的里约热内卢宣言》（又称《地球宪章》），首次将可持续发展列为人类发展的共同目标。在这一框架下，绿色交通作为重要组成部分，已经被应用在城市交通领域。这种运输体系可以显著减轻交通拥堵、减少环境污染、充分利用资源^[4]。1994 年，加拿大学者 Chris Bradshaw 首次将城市交通与能源、环境相联系，提出了“绿色交通体系”这一概念。绿色交通体系是一种多元化交通运输系统，旨在实现减少环境污染、减少拥挤、降低能源资源使用量及土地占用、促进社会可持续发展，并依据对此目标的贡献率对交通方式进行了“绿色化”优先级排序，由高到低依次为步行、自行车、公共交通、共乘车，最末者为单人驾驶私人机动车^[5]。

中国于 20 世纪 90 年代开始关注交通转型的发展研究，1995 年，原建设部、财政部、中国人民银行、世界银行和亚洲开发银行联合发布《北京宣言：中国城市交通发展战略》，初步奠定了中国优先、大力发展公共交通，推动绿色出行的基调。2003 年，原建设部和公安部开展创建“绿色交通示范城市”活动，在《绿色交通示范城市考核标准说明》中正式明确了绿色交通的内涵：绿色交通是指适应人居环境发展趋势的城市交通系统，以建设方便安全、高效率、低公害、景观优美、有利于生态和环境保护、以公共交通为主导的多元化城市交通系统为目标，以推动城市交通与城市建设协调发展、提高交通效率、保护城市历史文脉及传统风貌、净化城市环境为目的，运用科学的方法、技术、措施营造与城市社会经济发展相适应的城市交通环境。随后，中国政府相继出台了一系列绿色交通政策，见表 1。



表1 中国主要绿色交通政策

政策名称	发布时间	发布机构	主要内容
《关于开展创建“绿色交通示范城市”活动的通知》	2003年8月	原建设部、公安部	明确了绿色交通的内涵：通过推广应用交通工程设计新技术、交通运营管理新方法，建设方便、快捷、安全、高效率、低公害、有利于生态和环境保护的多元化城市交通系统
《加快推进绿色循环低碳交通运输发展指导意见》	2013年5月	交通运输部	提出到2020年基本建成绿色循环低碳交通运输体系的目标。主要任务包括：强化交通基础设施建设的绿色循环低碳要求、加快节能环保交通运输装备应用等
《绿色交通标准体系（2016年）》	2016年12月	交通运输部	明确了节能降碳，生态保护，污染防治，资源循环利用，监测、评定与监管等绿色交通相关标准
《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》	2017年4月	原环境保护部、外交部、国家发展改革委、商务部	推进绿色基础设施建设，强化生态环境质量保障。制定基础设施建设的环保标准和规范，加大对“一带一路”沿线重大基础设施项目的生态环保服务与支持，推广绿色交通、绿色建筑、清洁能源等行业的节能环保标准和实践
《“一带一路”生态环境保护合作规划》	2017年5月	原环境保护部	推动基础设施绿色低碳化建设和运营管理。落实基础设施建设标准规范的生态环保要求，推广绿色交通、绿色建筑、绿色能源等行业的环保标准和实践，提升基础设施运营、管理和维护过程中的绿色化、低碳化水平
《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》	2017年11月	交通运输部	全面推进实施绿色交通发展重大工程，包括运输结构优化、运输组织创新、绿色出行促进、交通运输资源集约利用、高效清洁运输装备升级、交通运输污染防治、交通基础设施生态保护七大工程
《打赢蓝天保卫战三年行动计划》	2018年6月	国务院	积极调整运输结构，发展绿色交通体系：优化调整货物运输结构，加快车船结构升级，加快油品质量升级，强化移动源污染防治
《绿色出行行动计划（2019—2022年）》	2019年5月	交通运输部等十二部门	到2022年，初步建成布局合理、生态友好、清洁低碳、集约高效的绿色出行服务体系
《交通强国建设纲要》	2019年9月	中共中央、国务院	绿色发展节约集约、低碳环保：促进资源节约集约利用；强化节能减排和污染防治，开展绿色出行行动，倡导绿色低碳出行理念；强化交通生态环境保护修复，建设绿色交通廊道
《国家综合立体	2021年2月	中共中央	推进绿色发展和人文建设：推进绿色低碳发展，促进交通



《交通网规划纲要》	月	央、国务院	基础设施与生态空间协调，实施交通生态修复提升工程，优化调整运输结构，促进交通能源动力系统清洁化、低碳化、高效化发展；加强交通运输人文建设，满足不同群体出行多样化、个性化要求
《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	2021年2月	国务院	提升交通基础设施绿色发展水平。将生态环保理念贯穿交通基础设施规划、建设、运营和维护全过程，集约利用土地等资源，合理避让具有重要生态功能的国土空间，积极打造绿色公路、绿色铁路、绿色航道、绿色港口、绿色空港
《2030年前碳达峰行动方案》	2021年10月	国务院	加快绿色交通基础设施建设。将绿色低碳理念贯穿于交通基础设施规划、建设、运营和维护全过程，降低全生命周期能耗和碳排放。开展交通基础设施绿色化提升改造。有序推进充电桩、配套电网、加注（气）站、加氢站等基础设施建设，提升城市公共交通基础设施水平
《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》	2022年3月	国家发展改革委、外交部、生态环境部、商务部	围绕推进绿色发展重点领域合作、推进境外项目绿色发展、完善绿色发展支撑保障体系3个板块，提出15项具体任务，内容覆盖绿色基础设施互联互通、绿色能源、绿色交通、绿色产业、绿色贸易、绿色金融、绿色科技、绿色标准、应对气候变化等重点领域

随着气候变化与资源环境形势的日益严峻，能源与环境已成为当前全球最为关注的问题之一。中国是交通强国，交通基建实力领先，新能源汽车产业发展迅速。未来的交通出行体系涵盖基础设施、汽车、能源、通信、大数据、云计算、人工智能等各领域，其发展需要整个生态系统中各单元的全方位协同。新技术和新模式为绿色交通发展带来新动力，有助于提高交通运营组织效率，降低能耗、污染物排放的治理技术水平和总量控制水平。总体而言，绿色交通是要将生态环保理念贯穿交通基础设施规划、建设、运营和管理的全过程，建成结构绿色、技术绿色、管理绿色的绿色交通运输体系^[6]。

“一带一路”横跨亚欧非大陆，沿线国家由于地质构造、地貌格局、大气环流、水分循环、动植物体系及人类活动形成一个复杂多样、相互关联的生态环境整体和生存与发展的命运共同体。沿线国家生态环境具有敏感性和污染跨境传输等特征，其东西两端分别是快速增长的东亚经济圈和发达的欧洲经济圈，中间是资源富集、生态相对脆弱、敏感、破碎的大陆腹地。沿线国家面临共同应对全球气候变化、缓解水资源危机、防治沙漠化、治



理跨境污染、消除贫困、预防自然灾害及疫情传播等重大资源环境风险和可持续发展难题。全球气候变化和人类活动更加剧了“一带一路”沿线地区生态环境的敏感度。因此，“一带一路”建设决不能走传统的“先污染，后治理”的老路，而必须坚持生态文明理念，保护沿线地区生态环境，建设人与自然和谐共生的绿色“一带一路”。

2015年发布的《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》就明确提出要突出生态文明理念，加强生态环境、生物多样性和应对气候变化合作，共建绿色丝绸之路。习近平主席多次强调，要着力深化环保合作，践行绿色发展理念，加大生态环境保护力度，携手打造“绿色丝绸之路”；2017年5月，在首届“一带一路”国际合作高峰论坛上提出“我们要践行绿色发展的新理念，倡导绿色、低碳、循环、可持续的生产生活方式，加强生态环保合作，建设生态文明，共同实现2030年可持续发展目标”；2019年4月，在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛上再次强调“我们要坚持开放、绿色、廉洁理念，不搞封闭排他的小圈子，把绿色作为底色，推动绿色基础设施建设、绿色投资、绿色金融，保护好我们赖以生存的共同家园”；2021年4月，在“领导人气候峰会”上阐述“中方将生态文明领域合作作为共建‘一带一路’重点内容，发起了系列绿色行动倡议，采取绿色基建、绿色能源、绿色交通、绿色金融等一系列举措，持续造福参与共建‘一带一路’的各国人民”；2021年10月，在第二届联合国全球可持续交通大会上重申“将继续推进高质量共建‘一带一路’，加强同各国基础设施互联互通，加快建设绿色丝绸之路和数字丝绸之路”。

以铁路、公路、港口和机场等为代表的交通基础设施互联互通是“一带一路”合作的核心和先行领域，同时，交通基础设施占地大、工程复杂等特性使得其不可避免地会对生态环境产生一定影响。因此，推动交通基础设施绿色发展对建设绿色丝绸之路、实现全球生物多样性保护和应对气候变化目标等具有重要意义。本报告从绿色交通基础设施项目案例和绿色出行案例两方面展示“一带一路”绿色交通发展的最佳实践，为共建“一带一路”国家提供有益借鉴。



第二章 绿色交通基础设施

一、铁路项目

（一）土耳其安伊高铁二期项目

1. 项目背景与概况

安伊高速铁路（简称安伊高铁）连接了土耳其首都安卡拉和最大城市伊斯坦布尔，全长 533 千米，分为 3 期建设，是中国企业在海外组织承揽实施的第一个电气化高速铁路项目（见图 1）。2014 年 7 月 25 日，安伊高铁全线通车，时任土耳其总理出席了通车仪式并试乘了首趟高铁。2014 年 7 月 27 日，安伊高铁正式投入运营，安卡拉至伊斯坦布尔的行程从 10 小时缩短到 3.5 小时，线路货运能力提升 234%，客运能力提升 400%。安伊高铁是土耳其历史上第一条高速铁路，其全线贯通使得土耳其成为世界第 8 个、欧洲第 6 个拥有高铁的国家。安伊高铁也是中国企业在海外建成的第一条高铁，是中国高铁施工技术第一次“走出去”，必将对中土两国双边经贸合作产生长期而深远的影响^[7]。中方成立了由中国铁建、中机公司等组成的联合体，以及由国家开发银行、中国银行、中国进出口银行和中国建设银行组成的银团，确立了有效的合作模式和机制^[8]。



图 1 安伊高铁进行通车试验

（图片来源：人民网）

2. 项目绿色发展举措与成效

（1）优化原有接地系统，节约成本，减少资源浪费



与中国国内高铁的接地系统相比，安伊高铁沿线利用了回流线兼作接地线工艺，极大地节省了工程投资（见图2）。由于项目所在地无法利用大规模生产、标准化优势大幅降低系统造价，若采用与中国高铁同样的综合接地方案，成本将极高。优化方案的实施确保了安伊高铁的安全运行，同时也为无预留综合接地条件情况下四电共用接地系统提供了解决方案，在满足欧标相关安全要求前提下，降低了系统造价，减少了资源浪费^[9]。



图2 安伊高铁进行优化测试

（图片来源：中国铁建网）

（2）联合当地企业共同打造区域“铁路走廊”，使民众长途低碳出行成为可能

截至2021年，土耳其全境铁路总长1.3万千米，政府规划凭借区位优势，在2023年前建成总长为2.5万千米的铁路网络，打造区域“铁路走廊”。在过去14年里，土耳其已在铁路、公路、机场、港口等交通基础设施建设方面投资1000亿美元，未来仍将加快与其他国家联通，将土耳其打造为全球主要交通枢纽。根据土耳其交通部提供的数据，安伊高铁开通前，安卡拉至伊斯坦布尔铁路客运量仅占两地间总客运量的10%；安伊高铁开通后，预计客运量占比将提升至78%。安伊高铁的开通，将大幅减少铁路沿线民众长途出行的时间，使人们更多地把高铁出行作为首选，减少私家车出行，有助于减少尾气污染、提升城市空气质量。

安伊高铁的通车改变了当地民众的出行方式，为民众实现长途低碳出行提供了可能（见图3）。安伊高铁对于土耳其人来说是非常重要的项目，将两个大城市用高铁连接在一起，有利于两市的经济发展。从普通民众的角度考量，乘坐高铁出行是更优的选择，因



为相比大巴而言，乘坐高铁更舒服、更快、更经济实惠^[10]。



图 3 安伊高铁通车运行

（图片来源：新华网）

（3）保护当地自然环境，克服建设困难，打造绿色走廊

土耳其的高铁发展速度较慢，铁路覆盖率不足，当地的自然环境较少被破坏。安伊高铁建设过程中，中国企业本着保护环境的原则，尽最大可能不干扰当地的生态圈，在前期测绘工作中尽可能避开易受破坏的自然区域，选择生物种类较少的路段进行高铁建设，在不影响基本进度的前提下，保护当地的自然环境不受破坏。

为保护生态环境，项目根据当地的地势条件采取了不同的建设计划。安伊高铁穿越的地区多为山地，平均每 3 千米需建一座隧道，多处有桥梁与隧道连接，地质结构复杂。全线共有桥梁 31 座，隧道 34 座，其中 3 千米以上桥梁 9 座，5 千米以上桥梁 2 座，最长的隧道长 6.1 千米。中方承建的路段中，桥涵、隧道占到了线路总长度的 40%，是整个安伊高铁工程中最复杂的一段（见图 4）。除此之外，安伊高铁沿线还有不少名胜古迹，施工过程中或列车运行时产生的震动都可能导致附近名胜古迹受损，挑战巨大。

安伊高铁项目建设各方坚持推动保护自然和工程建设协同发展的理念，将绿色发展思想贯彻在工程建设的整个过程中，在克服建设困难的同时，尊重自然和保护自然，尽全力打造“绿色走廊”。建设方将项目建设和生态环境保护相互融合，设计沿线的植被绿化工程，保护了路基稳定，确保了行车安全，为列车运行提供了天然保障。因地制宜选择绿化植物实现了有效的保水保土，构建了生态系统的完整性。另外，项目利用创新技术提升资



源使用效率，降低了噪声和污水的影响，减少了对沿线环境的污染，实现了建设过程中的节能减排。



图 4 安伊高铁进行隧道建设测量

（图片来源：央视网）

（4）提倡绿色出行，缩短出行时间，促进当地就业

安伊高铁的建成通车，减少了部分出行人员长途奔波的时间。高铁出行不仅降低了驾车出行的频率，同时减少了石油资源的浪费。安伊高铁建成通车后，会加快土耳其国内人才的流动率，使得原来耗时较长的通勤时间大大缩短，更多的高素质人才会得到大量的工作机会，不仅为就业者提供收入保障，也会为企业未来的发展提供人才保障。

安伊高铁开通后，土耳其大部分城市到伊斯坦布尔花费的时间将大大缩短，会有更多的人才来到大城市居住，更有利于人才的引进，给土耳其的城市带来前所未有的机遇，同时更有利于伊斯坦布尔加入国际化大都市的行列。

（二）中老铁路项目

1. 项目背景与概况

中老铁路是中国“一带一路”倡议与老挝“变陆锁国为陆联国”战略对接项目[11]。老挝作为东南亚唯一的内陆国，其境内仅有一段 3.5 千米长的铁路。中老铁路全长 1035 千米，北起云南昆明，南至老挝首都万象，由昆玉段、玉磨段、磨万段三段组成（见图 5）。其中桥梁近 62 千米，总计 75 座隧道约 198 千米。该工程于 2016 年 12 月全面开工，2021 年 12 月建成通车。



中老铁路项目以中方为主投资建设，全线采用中国技术标准，使用中国装备，是与中国铁路网直接连通的境外国际铁路。项目建成通车后，一方面将给老挝人民带来交通便利并促进当地经济社会发展，提高运输效率和水平，带来大量就业机会。截至 2022 年 3 月，中老铁路老挝段累计开行跨境货运列车超 400 列，总货运量 25 万余吨，泰国、柬埔寨等国的商品也通过中老铁路运往中国，货物品类总数达到 100 多种。另一方面，中老铁路未来将会与泰国及马来西亚等相邻国家的铁路连通，形成沿线大运力铁路客货运输网络，满足沿线国家的共同需求。通车以来，中老铁路有力促进了中老双边经贸繁荣，提升了亚太地区的互联互通水平。在《区域全面经济伙伴关系协定》、国际陆海贸易新通道和澜湄合作的三重赋能之下，中老铁路将为区域合作注入更多新活力。

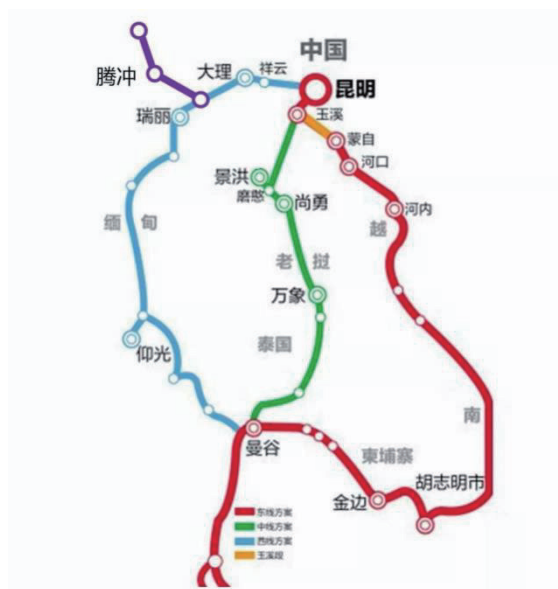


图 5 中老铁路路线图

（图片来源：新华丝路网）

2. 项目绿色发展举措与成效

（1）沿线绿化打造“绿色之路”

老挝地形复杂，境内多为山地与高原，属亚热带季风气候，全年雨量充沛。中老铁路沿线自然环境优美、动植物资源丰富，是一个巨大的生态宝库。6 年来，建设者始终坚持人与自然和谐共生的建设理念，综合水土保持、弃渣利用、节能环保材料运用等先进技术手段，将中老铁路沿线打造成为美丽宜人的“绿色走廊”。

自土建工程开始，各标段建设单位始终坚持把生态环境保护理念贯穿到中老铁路建设



的全过程，坚持环保工作与工程建设同设计、同施工、同验收，全力争取建好“绿色之路”。中老铁路早在规划时，就将环保纳入考量之中，项目建设与环境保护齐头并进，针对降尘降噪、污水处理、绿化等提出解决措施。建设过程中最大限度地减少对沿线民众生产生活，尤其是对学校、医疗机构可能造成的干扰，赢得当地民众和政府的赞许。

在勘察选线时，设计人员通过现场调查，收集相关资料，充分听取各部门及直接受影响群众对项目的意见，绕避了各类自然保护区核心区、缓冲区和环境敏感点，对蜥蜴等动物栖息地加强现场勘探，合理规划和修建便道，并就综合地质条件、环境敏感点、交通和城镇规划等因素，对线路走向、长短隧道、跨江桥、车站地点等方案进行综合评价比选，最大限度地减少对自然环境的干扰，最终确定了一个经济、合理、环保且可行的线路总体方案。

中老铁路坚持“生态优先”“施工一段，绿化一段”，为老挝栽花种草，创新环保施工技术，保护生态环境。根据中老铁路沿线不同地区地形、气候特征、植被状况的不同特点，建设方因地制宜地选择适宜的绿化植被进行种植，保护路基和道路边坡稳定，防止雨水冲刷导致水土流失，确保铁路行车运输安全。在中老铁路老挝段最北端的一标段，施工方中铁五局结合老挝实际情况，选取当地的小叶龙船花、迎春花、地毯草等，对路基两侧和隧道口边坡进行绿化施工。在中国电建水电十局负责施工的五标段，铁路途经老挝旅游小城万荣，为了确保施工、生活不影响当地旅游活动和景观，项目部安排专人检查维护营区排污系统，设置密封式零散垃圾收集桶；混凝土拌合站以及各隧道都修建了污水沉淀池和清水池，施工产生的污水须处理达标后才能排放。在位于老挝首都万象市和万象省境内的六标段，施工方中铁二局参考中国国内铁路环保经验，制定“四季常绿、三季有花，乔灌结合、错落有致，因地制宜、体现特色，安全可控、科学管养”的绿化原则，区间路基充分利用线路两侧老挝原始植被，进行最大限度生态修复。在绿化过程中，中方充分与老方沟通，遵从当地专家的建议，为了选取适合当地情况的路基常用植物，项目成员向老挝员工和附近居民请教，挑选合适的当地植物幼苗，引导技术团队采用移栽替代育苗种植。中老铁路全线共栽植灌木约 863 万株、乔木 5.5 万株，绿化面积达 300 多万平方米，真正建设了一条“绿色之路”（见图 6）。

援老挝铁道职业技术学院项目是中老铁路的配套项目，旨在帮助老挝建立并形成成熟的铁路系统管理、技术人才培养与能力建设机制。在该项目建设过程中，云南建投集团采



用原地保护和移植等措施，保护了施工场地内 100 多棵原生树木，并在建设过程中减少使用黏土砖，多采用加气砖、新型隔墙等环保隔热墙体材料提升建筑节能功能，保护土地资源，努力为构建中老命运共同体注入绿色发展动力。



图 6 绿化工程施工

（图片来源：经济日报）

（2）保护亚洲象打造“生态之路”

野象谷车站（见图 7）是玉磨铁路站点之一，位于云南西双版纳傣族自治州景洪市勐养镇。为了不影响当地野象活动及生活条件，这座车站做了专门的设计，车站一端是勐养隧道，另一端是西双版纳隧道，两座隧道都是 10 千米以上的长大隧道。这样的建设模式相当于一管道从山体内部穿过，而不直接穿越地上的森林，施工均在地下，最大限度减少对动植物生活环境的改变，避免惊扰亚洲象，铁路开通后也不影响亚洲象的正常活动。

中老铁路设计过程中，在地方政府和林业部门的协同下，相关部门单位调查了亚洲象的分布和迁徙通道，最终决定线路走向避开亚洲象主要活动区域，通过延长隧道、以桥代路、设置隔离栅栏等措施^[12]，防止亚洲象进入线路受到伤害。一个很好的例子就是，为更好地保护亚洲象，建设方对防护栅栏基础及上部结构进行优化，栅栏基础由方形基础变更为圆形基础，防护栅栏由原设计钢结构装配式防护栅栏调整为钢绳格栅防护栅栏。中老铁路成为铁路建设与生态环境保护融合共存的典范，将铁路建设对沿线生态环境的影响降到最低，打造出一条生态优美、万物共生的绿色发展之路。



图 7 野象谷车站

（图片来源：云南网）

（3）绿色供电助力“环保之路”

中老铁路是一条电气化铁路，铁路外部供电工程建设过程中，同样努力保护生物多样性，坚持建设“绿色电网”。中老铁路外部供电项目分为中国段和老挝段。中国段由中国南方电网公司、老挝段由老中电力投资公司投资建设及运营维护。整体线路长约 936 千米，铁塔共 2220 基，大部分线路都要在山地上穿行（见图 8）。以往建立铁塔要铲平山头，对原始环境造成入侵和破坏，但中国南方电网公司采用全方位高低腿铁塔技术，根据山势地形确定铁塔四角的长度，铁塔建成后购买草种进行再次播种^[13]。为最大限度降低对植被的破坏、保留动物迁徙通道，建设方采取人背马驼的方式运输基塔材^[14]，使当地生态环境得到应有的保护和尊重。

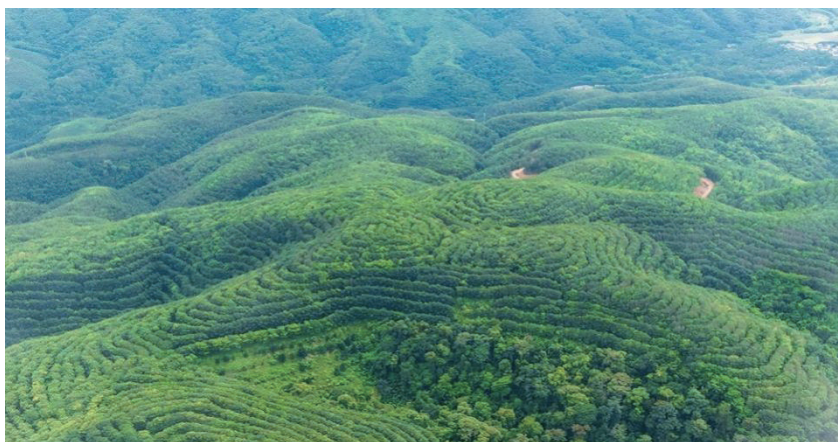


图 8 电力线路穿过西双版纳森林

（图片来源：中国南方电网公司）



（4）文化遗产建设“彩色之路”

中老铁路国内段共设 11 座车站，其设计风格广泛融入了当地地域特点、民族特色及历史文化。例如，宁洱站以“多彩茶乡，人文宁洱”为设计理念，车站屋顶的设计充分体现当地茶文化元素；普洱站以“茶马古道，云滇驿站”为设计理念，将民族图案融入建筑细节；西双版纳站以“雀舞彩云，灵动版纳”为设计理念，车站屋顶造型如展翅的孔雀翩翩起舞^[15]（见图 9）。这些车站的设计过程广泛融入地域文化元素、纹饰，使地域历史文化与现代文明相适应、相协调，在传播浓厚人文氛围的同时使绿色发展、保护自然的理念深入人心。



图 9 普洱站、西双版纳站

（图片来源：人民网、新华社）

（5）拉动经济成就“脱贫之路”

按照联合国大会决议，老挝已进入脱离联合国“最不发达国家”名单的五年“毕业准备期”中，脱贫事业进入关键阶段。中老铁路将带动沿线 11 万人就业，为老挝培养大批工程师和产业工人，不少留学中国的老挝籍学生毕业后投身中老铁路的建设、运维，日后将为老挝工业化、现代化贡献更多力量。中老铁路让老挝产的生鲜农产品以最快速度运往中国，为占老挝人口 60%的农民带来切实福利^[16]。

（三）小结

铁路是备受关注的“一带一路”基建领域，依托中国在铁路技术和建设领域的优势，中国与共建“一带一路”国家和地区的铁路项目合作不断扩展。根据商务部《2020 年度中国对外承包工程统计公报》，中国企业 2020 年在共建国家铁路类（含地铁、轻轨及相关



公共枢纽)项目完成营业额占交通运输类项目的30.7%。铁路项目通常线路长、跨度空间大、施工持续时间长,许多项目穿越多个国家或地区,可能涉及多种复杂的生态和地质环境,容易与当地生态环境敏感区相交叠,需要注意在选址选线、工程占地、污染物排放、生物多样性、动物迁徙、水系连通等方面的影响。因此,铁路项目从设计到施工运营的全过程都需要关注多个层面的生态环境影响。

“一带一路”铁路项目始终将绿色发展理念融入建设运营全过程,将项目建设与生态环境保护相互融合,因地制宜设计铁路建设方案和绿化工程,创新环保施工技术,减少资源浪费,保护沿线生物多样性,尽量避免对当地自然环境的破坏,打造生态和谐、万物共生的绿色铁路。

本章的两个案例是绿色铁路建设的具体实践。安伊高铁在建设过程中,通过优化原有接地系统减少了资源浪费;打造区域“铁路走廊”,使民众长途低碳出行成为可能;根据当地地势条件采取不同的建设计划,降低工程扰动,保护沿线文化遗产,打造“绿色走廊”。中老铁路秉持低碳环保的绿色发展理念,从勘察选线到施工建设,充分调研工程可能产生的环境影响,将铁路与大自然巧妙地有机融为一体;因地制宜培育绿植以减少水土流失,加快生态修复;绕避野生动物活动区,最小化铁路建设对沿线生态环境的影响;铁路外部供电工程建设过程保留动物迁徙通道,保护生物多样性;将沿线民族特色和文化遗产与绿色交通理念结合。铁路作为最环保的交通方式之一,还能够降低长途汽车出行占比,推动出行方式的低碳化。此外,两个项目均在建设过程中充分考虑当地社区的参与,广泛征求当地专家和环保人士的意见,让中国企业的绿色行动真正获得当地民众的认可。

二、公路项目

(一) 巴基斯坦 PKM 高速公路项目

1. 项目背景与概况

2015年,中国和巴基斯坦建立全天候战略合作伙伴关系,其中,以中巴经济走廊为引领,以瓜达尔港、能源交通基础设施和产业合作为重点,形成“1+4”的经济合作布局^[17],助力巴基斯坦绿色低碳发展。2016年9月,中国建筑集团有限公司承建巴基斯坦PKM高速公路项目(简称PKM项目),即巴基斯坦白沙瓦至卡拉奇高速公路(苏库尔至木尔坦段),全称Peshawar-Karachi-Motorway(Sukkur Multan Section)。PKM项目建成后被誉为“绿



色长廊”，进一步推动了中巴经济走廊（见图 10）建设和中巴两国战略伙伴关系稳定发展。



图 10 中巴经济走廊项目地图

（图片来源：中国一带一路网）

PKM 项目（苏库尔至木尔坦段）是巴基斯坦南北交通大动脉，南起信德省苏库尔，北至旁遮普省经济中心城市木尔坦，全长 392 千米，是中巴经济走廊上最大的交通基础设施项目，同时也是巴基斯坦截至目前设计等级最高、唯一全线绿化、可防御百年一遇洪水的高速公路^[18]（见图 11 和图 12）。



图 11 PKM 项目正式移交通车仪式



图 12 PKM 项目

（图片来源：中建国际官网）

2020 年 12 月，PKM 项目正式移交通车，成为巴基斯坦首条具有智能交通功能的双向 6 车道高速公路，将两地行车时间从 11 个小时压缩至 4 小时以内，改善了巴基斯坦交通状况，促进了当地经济发展，为中巴互联互通发挥积极作用，正式开启了巴基斯坦高速公路现代化、信息化元年。



2. 项目绿色发展举措与成效

(1) 沿线实施绿化工程

PKM 项目沿线区域属于干旱少雨的温带大陆性气候，其中 120 千米路段为盐碱地，绿植存活率低。PKM 项目通过在路侧、互通区和房建区进行绿化，克服树苗和草种等绿植资源稀缺、土质条件差、病虫害防治面广等困难，在主线道路两旁种下 33.58 万株树苗、553 万平方米草坪（见图 13）。



图 13 PKM 项目远景图

（图片来源：中国建筑官网）

PKM 项目采取的具体措施为：一是在路线两侧种植两排行道树，根据不同土质选择印度苦楝树、印度榕树、银叶纽扣树、海南蒲桃和阿江榄仁等，有助于构造生态屏障；二是绿化互通区，在延续路侧种植方案的同时，树种采用种植成片的本地观赏性树种，尤其是阿拉伯金合欢、腊肠树、紫薇和三角梅等。三是绿化房建区，在树种选择上主要采用本地具有观赏价值的园林树种，以观花小乔木和色叶花灌木及绿篱植物为主^[19]。

(2) 改进施工技术，完善交通系统

PKM 项目为适应当地高温且重载交通较多的情况，有针对性地进行升级施工技术。

一是采用绿色环保的沥青材料，在沥青配合比设计阶段，应用 SBS 改性沥青技术，碎石级配采用偏粗型级配（参照中国标准），将空隙率从 3%~5%提高至 4%~6%，用以提高路面的抗车辙能力；沥青用量在允许范围内采取少油量设计。当地路基表面最高温度高达 75 摄氏度，为了提高沥青软化点，施工人员结合中国标准改进材料性能，增强材料耐高温性，确保沥青在 80 摄氏度高温条件下仍保持不软化状态，保证路面成型质量^[20]（见图 14）。



图 14 PKM 项目施工图

（图片来源：中国建筑官网）

二是提高混凝土质量，因 PKM 项目路线较长，护栏和路缘石均采用了滑模施工工艺，工艺核心要点是优化混凝土配合比，通过改变卸料方式解决当地高温环境下滑模施工难的问题，同时通过安装拌合用水制冷设备、使用遮阳网包裹水泥罐及搅拌车等方式实现降温，有效防止混凝土水分蒸发过快，提升混凝土的凝固性能，以达到节省材料、节能环保的目标。

三是 PKM 项目完善了当地智能交通系统标准，全线收费系统、信号管理等功能全部实现电子化、自动化，沿线全程铺设的光缆能够将全路段监控视频等信息实时传输到控制中心，以便全面掌握交通状况，保障交通安全^[21]；成功实现了以最少的社会成本成就最大的交通效率，减轻交通不便，减少环境污染、合理利用资源。

（3）打造动物迁徙绿色廊道

PKM 项目在实施过程中，秉持绿色理念，为保护当地生态、保障长颈羚等野生动物迁徙，根据当地农业严重依赖灌溉的特点以及沿线野生动物的生活习性、迁徙规律等，选择多处视野开阔、地面平坦、土质软硬适中的区域，专门修建涵道、管涵 920 条，总长超 4 万米。技术人员设计这些桥下式涵道时吸纳了野生动物专家、环保部门和当地居民的建议，根据当地环境标准建设，与自然融为体，成为适宜当地生物移动、生活、迁徙、繁衍的通道，帮助沿线野生动物进行长距离迁徙和适应随时发生的外界环境变化（见图 15）。这些涵道在保护生物多样性的同时，也充分保障了当地农民的利益和农业用水安全需求，成为名副其实的绿色通道。



图 15 涵道、管涵施工图

（图片来源：中国建筑官网）

（二）柬埔寨金港高速公路项目

1. 项目背景与概况

柬埔寨金港高速公路项目（简称金港高速项目）是中国路桥工程有限责任公司（简称中国路桥）投资的建设—运营—移交（BOT）项目，2019年3月开工建设，2022年10月开通试运营。金港高速项目建成后将成为柬埔寨第一条高速公路，连接首都金边到全国最大的海港西哈努克港，两地车程将由5小时缩短至2小时以内。金港高速项目全长约190千米，设计时速100千米，采用双向四车道建设，路基宽度为24.5米，全线布设互通立交6座、服务区3处、停车区1处、养护工区4处^[22]，建成后将极大地降低物流成本，带动沿线经济社会发展。金港高速项目是中国“一带一路”倡议与柬埔寨“四角战略”的成功对接，建成后将打通首都经济圈和柬埔寨最大深水港西哈努克港之间的连接。中国路桥结合沿线的地形、地貌、水文、地质等自然条件以及沿线主要城镇发展规划、路网布局等进行布线，最终的线路图如图16所示，施工图如图17所示，效果图如图18所示。高速公路两旁还修建了57千米长的隔音墙。

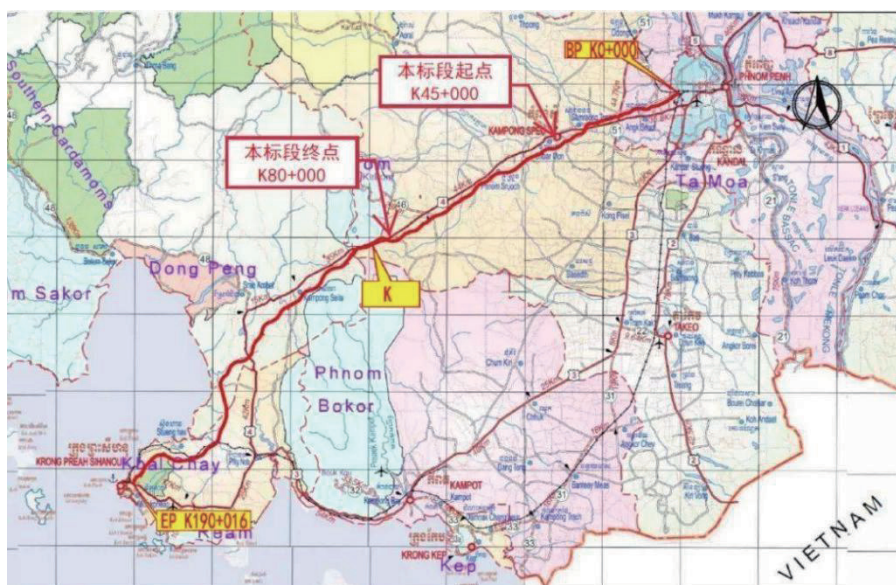


图 16 金港高速项目线路图

(图片来源：柬中时报)



图 17 金港高速项目施工图



图 18 金港高速项目效果图

(图片来源：交通运输部)

2. 项目绿色发展举措与成效

(1) 沿线打造生态型声屏障

在金港高速项目施工过程中，经沿线现场踏勘、核实，共发现声敏感点 44 处，其中学校 1 处，居住区 41 处，寺庙 2 处。经商议，施工队采用了设置降噪林带、声屏障、禁鸣标志等声环境保护措施^[24]。

结合柬埔寨已有防治措施及业主要求，项目方在居民点和寺庙等声敏感路段的路侧栽植降噪林带（见图 19），采用绿化降噪林带 35.09 千米，总计 40065 平方米，种植约 60098 棵树，利用路侧 10 米空间栽植芒果、腰果、菠萝蜜、红车木等一年生袋苗。项目方还在



学校路段采用 0.43 千米砌块式声屏障（见图 20），并在所有声敏感区域设置禁鸣标志。

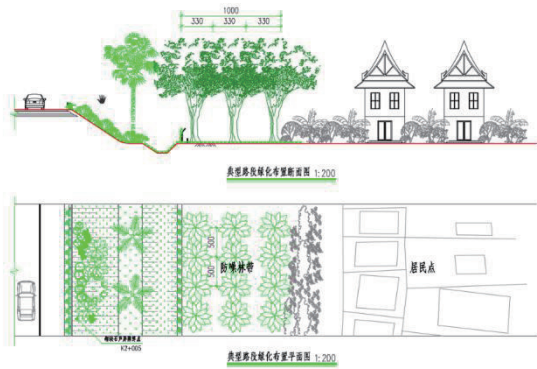


图 19 植物降噪示意图

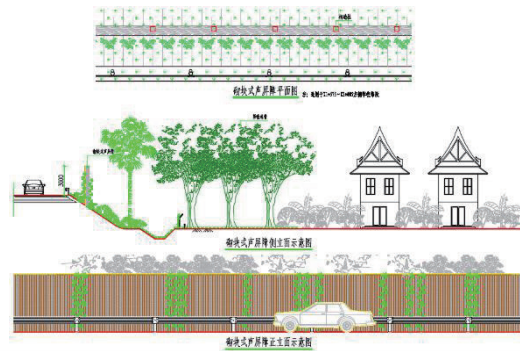


图 20 砌块式声屏障示意图

（图片来源：《金港高速项目环境和社会影响评估报告》）

施工中采取的具体措施有：选用低噪声施工机械、设备和工艺，为振动较大的固定机械设备加装减振机座，同时加强各类施工设备的维护和保养，保持其运转良好，以便从根本上降低噪声源强。在施工过程中加强管理，合理安排施工作业时段，距居民集中区 150 米以内的施工场地避免夜间（22:00—06:00）进行高噪声施工作业，夜间严禁打桩作业。对距离施工场地较近的敏感点进行抽样监测，视监测结果采取临时防噪措施，沿线学校应按照国家 2 类声环境质量标准设置施工期噪声防护措施，并避开学生考试时间施工。同时，承包商应根据劳动卫生标准，合理安排工作人员作业时间，做到轮流操作筑路机械，或穿插安排高噪声和低噪声的环境作业，确保工人有时间恢复听力，并要求机械操作人员采取个人防护措施。

（2）建设专用通道，保护植被和野生动物栖息地

柬埔寨是东南亚生物多样性最丰富的国家之一，有多达 8260 种植物（其中 10%可能是特有的），还有 250 多种两栖动物和爬行动物、874 种鱼类和 500 多种鸟类^[25]。金港高速项目在建设过程中涉及对鱼类通道和国家森林公园动物的保护，主要针对鱼类、爬行动物等做了保护措施。

金港高速项目路线跨越了 6 条河流，均为当地重要的鱼类产区。为保护渔业生产力，项目设计采用恢复鱼类通道、确保桥梁净空符合渔船通航条件等措施，具体措施包括对 12 处桥梁下河道进行鱼类生境营造、对河道进行生态化处理，以及设置松木桩驳岸并建造生态池底（见图 21）。项目方设置动物专用通道，小到松鼠、大到大象都可以自由通行；针



对龟、蜥蜴、蛇等爬行动物设置 21 千米隔离栅挡板，防止其进入施工区触碰到防护网受伤，并在沿线设置了 27 处动物保护标识牌。金港高速项目部分路段是亚洲象的活动区域，因此，项目方在设计时加大了桥涵净空以保证大象通过，并设置加密加高隔离栅阻止大象进入道路^[26]。

为避免对既有野生动物通道产生一定干扰，项目方采取了一系列措施，对野生动物进行保护：结合桥涵设置动物通道，并恢复植被；对隔离栅进行加密，避免野生动物随意穿越造成死伤；在路侧设置警示牌，提醒过往车辆注意野生动物出没；以及在施工期对周围居民进行宣传教育等。

金港高速项目所在区域植被茂盛，项目方在清表过程中划定了环保绿线、环保红线（见图 23），防止对征地范围之外的植被造成破坏，特别是对于胸径大于 20 厘米的树木及珍稀树种，项目方划分了专门的环保绿线进行重点保护。

为防止偷伐树木，项目方也采取了相应措施：在高速公路主要出入口处，设置禁止非法砍伐林地标识；在需要重点保护的路段，设置单柱式禁止砍伐林地标识。此外，项目方还采取了在噪声敏感区域建设降噪林、生产用水三级沉淀后排放、优化土方作业施工工序控制扬尘等措施，推动项目与自然和谐共生，携手当地一同守护绿水青山。

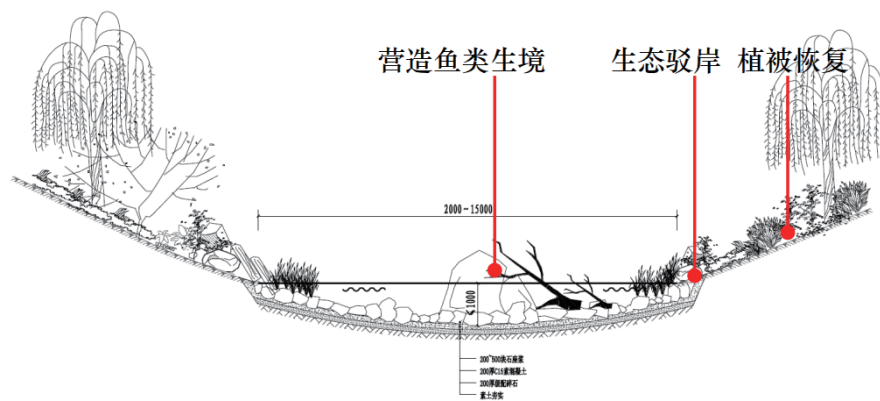


图 21 鱼类生境河道恢复示意图

（图片来源：中国路桥官网）

（3）采用环保节能技术，建设服务区绿色建筑

金港高速项目共设立 6 处互通立交、3 处服务区、1 处停车区及起终点景观区。其中，互通立交绿化严格遵循了环保原则，磅士卑西（Kampong Speu）互通立交、特拉昂特（Traeng Trayueng）互通立交、甘榜塞拉（Kampong Seila）互通立交自然条件相对较好，主要做法



是减少人工痕迹、保留围合区内原有植被，同时考虑放置景石，体现当地人文特色。其他互通区则以乔、灌、草相结合进行立体绿化，增加当地植被，改善生态环境。

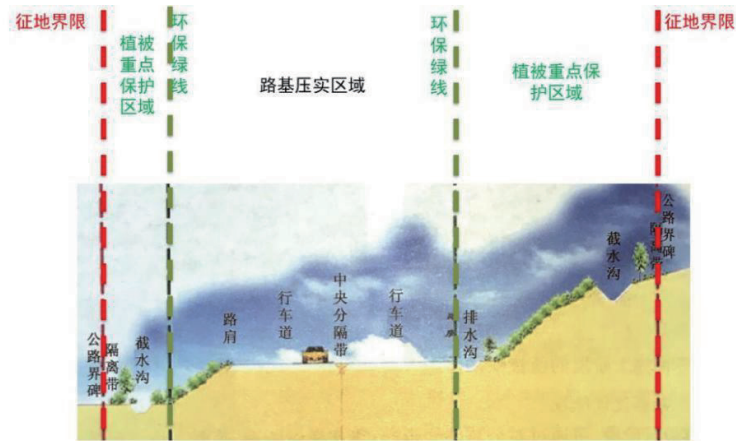


图 22 环保绿线示意图

(图片来源：中国路桥官网)

磅士卑西互通立交（见图 23）处于田园风光段，现状匝道环内原生植被较好，特别是乔木，在施工前期要尽量保留，营造竖向空间。特拉昂特互通立交（见图 24）处于田园风光段，现状匝道环内植被较好，有保留价值，特别是有 1 条溪流，设计上可结合溪流和互通区排水做成雨水花园，营造湿地景观。其他区域种植经济林幼苗，在边坡上栽植向日葵及波斯菊等，既增加绿化量，又体现该地原始的乡野特征。甘榜塞拉互通立交（见图 25）处于山林微丘段，现状匝道环内植被条件佳，极具保留价值，在施工前期要尽量保护好。因此，该互通区在设计上以原有景观为主，不过多干扰本地植被情况，仅增添少量观赏性树木作为点缀，最大限度地保护原有植被，同时增加观赏性。



图 23 磅士卑西互通立交影像图



图 24 特拉昂特互通立交影像图



图 25 甘榜塞拉互通立交影像图

(图片来源：交通运输部规划研究院)

结合柬埔寨当地经济和人口情况，在满足高速公路使用功能的前提下，项目方尽可能地优化场区建筑面积，建筑面积比类似项目设计值有较大幅度减少，场区内提高植被绿化面积，实现低碳环保。服务区建筑工程全部使用三级钢，为保护耕地，维护结构不使用黏土制品；建筑物内全部选用节能灯具，视不同情况选用荧光灯及节能灯作为基本光源，走廊等公共场所灯具以节能型荧光平板灯或节能吸顶灯为主，合理选用配电方式，配电箱设在服务中心，减小供电半径，降低线路损耗。

服务区的水资源循环利用同样受到重视。项目方将站区生活污水用管网收集至内部污水处理站集中处理，污水出水标准达到中国《城镇污水处理厂污染物排放标准》规定的一级 A 标准，即进入稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时遵循的标准。出水可用于站区绿化及公共卫生间冲厕用水，能够实现水资源循环使用，节约水用量。为减少固体废物产生量，提高垃圾处理效率，服务区内对生活垃圾进行分类收集处理，包括可回收垃圾、有毒有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾。

（三）小结

公路项目在“一带一路”基建领域占据重要地位，商务部《2020 年度中国对外承包工程统计公报》显示，中国企业 2020 年在共建国家公路类项目完成营业额占交通运输类项目的 38.4%，是占比最高的交通类项目，主要位于亚洲、非洲地区。公路项目跨越的区域通常没有铁路广，但是“一带一路”沿线国家和地区大多处于气候及地质变化的敏感地带，自然环境复杂，生态环境多样且脆弱，普遍面临环境挑战，因此在公路建设过程中也尤其需要加强环境保护相关工作。

公路与铁路项目非常类似，由于长距离线性交通工程与当地生态环境敏感区相交叠等



原因，公路项目在选址选线、影响动物迁徙、工程占地、噪声影响等方面，都面临一定生态环境挑战。一是选址选线。公路项目需要在选线设计时重点考虑合理利用既有交通走廊，减少对生态系统的二次分割，减少土地占用。二是保护动物迁徙通道。公路项目需要分析工程建设对本土野生动物活动及其迁徙廊道的影响，确保线路方案避开其主要活动区域，可以采取建设动物通行隧道、以桥代路、设置隔离栏和声光屏障等保护措施。三是保护当地生态系统。公路项目可以在施工前划出红线、尽量减少砍伐树木和破坏绿地。四是降低噪声影响。公路项目可以采取声屏障等措施降噪。另外，随着全球气候变化的影响越来越显著，一些在沿海低地、高寒地区等建设运行的铁路和公路项目还应考虑未来气温上升、海平面升高等对项目造成的影响。

以本节两个项目为例，巴基斯坦 PKM 项目通过改善施工技术、完善智能交通系统标准，实现节能环保的目标；通过在沿线实施绿化工程，实现全线绿化；通过修建涵道等打造动物迁徙绿色廊道，让现代交通与动物生活环境融为一体。柬埔寨金港高速项目通过设置降噪林带等措施，打造生态型声屏障保护声环境；通过为鱼类、野生动物等建设专用通道，保护动物栖息地；通过采用环保节能技术、立体绿化技术等保护沿线生态。这两个项目在施工过程中均秉承“边建设边恢复”的理念，力争把对环境的影响降到最低。

三、桥梁隧道项目

（一）文莱大摩拉岛大桥项目

1. 项目背景与概况

2015年5月18日，由中国港湾工程有限责任公司（简称中国港湾）承建、中交公规院设计、中交二航局施工的文莱大摩拉岛跨海大桥（简称PMB大桥）正式竣工。该桥为连接文莱摩拉区和海上大摩拉岛的重要桥梁，同时也是文莱第一座跨海特大桥。PMB大桥全长5915米，为双向四车道公路桥梁，设计时速为100千米。施工内容包括长2680米、宽23.6米的跨海大桥，长310米的西接线路及长2925米的东接线路（见图26）。

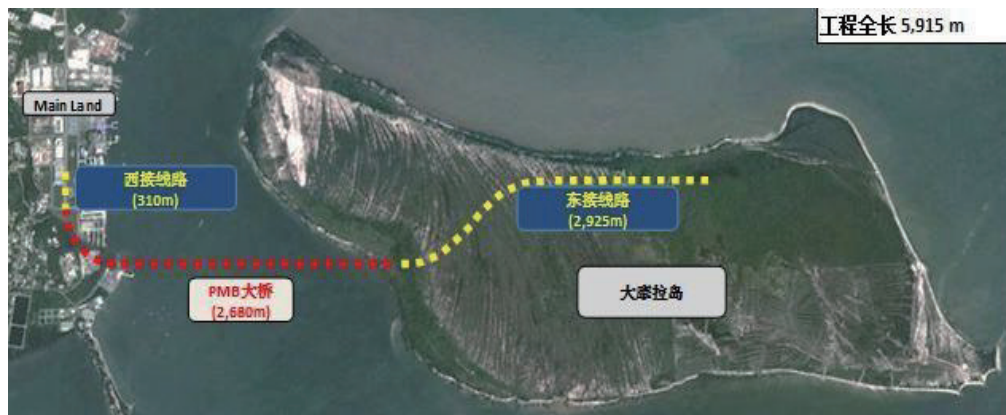


图 26 PMB 大桥地图

(图片来源: 搜狐网)

2018年5月, PMB大桥竣工通车。PMB大桥为连续刚构箱梁桥, 相比起常见的悬索桥和斜拉桥, 采用箱梁结构的PMB大桥独树一帜, 成为一道独特的风景(见图27)。箱梁结构桥的优势在于能够就地取材、工业化施工、耐久性好、整体美观。另外, 这种桥型在设计理论及施工技术方面都发展得比较成熟, 适应性强, 是PMB大桥建设的优选建设方案。

PMB大桥在设计和施工过程中融入了多项创新技术, 克服了文莱气候条件导致的施工环境恶劣等困难, 解决了多项技术难题。PMB大桥的建成使大摩拉岛告别无桥梁连接文莱本土的历史, 对文莱加大招商引资力度、将大摩拉岛建设成为世界级石化工业园区意义重大, 同时对推进文莱城市发展以及大摩拉岛石油和天然气开发将起到促进作用^[27]。2021年12月3日, PMB大桥工程在第39届东盟工程组织联合会议上获东盟杰出工程成就奖。该奖项旨在表彰为东盟地区的工程进步和生活质量提升作出重大贡献的杰出工程项目。



图 27 PMB 跨海大桥

(图片来源: 中国建筑网)



2. 项目绿色发展举措与成效

(1) 优化施工技术，实现资源节约

该项目开工后，遇到了较多的建设障碍。施工各方克服了施工环境恶劣、地质条件复杂、物资设备供应匮乏等多重困难，先后解决了海上超大长细比桩基施工、热带地区大体积混凝土承台施工等技术难题，创新研发了弯曲折叠式架桥机短线法安装小曲率超高横坡箱梁施工等多项科技创新技术成果。

其中，在大桥桩基施工阶段，面对不利的地质条件，项目方吸取国内外成熟经验，着重在桩基护壁形式、成孔工艺、泥浆性能等方面展开研究，并由此研发了超大长细比海上桩基施工的关键技术，成功解决了桩基施工难题，提升了泥土的凝固性能，大幅节约施工材料，实现交通基础设施的绿色建筑^[28]。

此外，在PMB大桥西侧引桥施工阶段，受地形限制，西侧引桥位于半径550米的平曲线上，桥面需拐一个将近90度的急转弯，这在世界建桥史上亦属罕见。为此，中交二航局建设者创新运用“弯曲折叠式架桥机短线法安装小曲率超高横坡箱梁施工工艺”，破解了大桥曲线段的施工难题。项目方通过优化施工技术，最大限度提升交通效率，节约资源利用，减少环境污染^[29]（见图28）。



图 28 PMB 大桥建设图

（图片来源：中国建筑官网）



（2）激发大摩拉岛绿色交通活力

PMB 大桥连接着文莱斯里巴加湾市和邻近的海岛大摩拉岛（见图 29）。几年前人烟稀少的大摩拉岛，如今已是中两国最大的合资项目——恒逸石化文莱大摩拉岛综合炼化项目所在地。PMB 大桥的兴建，正值共建“一带一路”倡议深入实施的重要阶段和文莱经济加速腾飞的关键时期，将为文莱经济社会发展贡献积极力量。随着文莱首座跨海特大桥梁的建成，大摩拉岛告别了无桥梁连接文莱本土的历史，这对推进文莱城市发展、开发大摩拉岛石油和天然气资源具有重要意义，也促进了桥梁沿线的绿色交通发展。



图 29 PMB 大桥远景图

（图片来源：央视网）

（3）保护岛屿周边植被，打造绿色走廊

PMB 大桥在建设期间一直坚持绿色理念，为了保护周边绿色植被、减少水土流失，项目依照当地自然地理环境和气候特点，结合沿岛植物的生活习性，尽可能保护周边植被土壤，保障植物成活率（见图 30）。针对受影响区域，项目方对植被进行转移嫁接，选择相对容易成活的植物，专门建设植被保护隔离带，保护生物多样性。项目方在确定植被选择和种植方案时充分征询了植物专家、园林部门、环保部门和当地居民的建议，在保护生态环境的同时也为当地居民营造了良好的生活居住环境，打造绿色走廊^[30]。



图 30 PMB 大桥周边植被

（图片来源：搜狐网）

（二）克罗地亚佩列沙茨大桥项目

1. 项目背景与概况

克罗地亚虽然人口数量不多，但存在巨大的交通需求。由于克罗地亚地处地中海沿岸，如何跨越亚得里亚海的小斯通湾就成为该国交通难题之一。佩列沙茨大桥是中克建交以来规模最大的交通基础设施建设项目，是一座长 2440 米、宽 22.5 米的公路斜拉桥，横跨克罗地亚南部亚得里亚海的小斯通湾，连接该国本土与佩列沙茨半岛。2018 年，中国路桥牵头的中国企业联合体经过公开竞争中标并开工（见图 31 和图 32）。



图 31 施工区域地理位置图（红色区域为波黑城市内乌姆，隔断克罗地亚南部普洛切和杜布罗夫尼克）



图 32 佩列沙茨大桥及连接线道路线路图

由于历史原因，克罗地亚最南部的杜布罗夫尼克-内雷特瓦省被波黑小镇内乌姆分隔成两部分。沿海岸南下到克罗地亚著名旅游城市杜布罗夫尼克等地，必须经过长约 20 千米的“内乌姆走廊”，完成从克罗地亚出境、从波黑入境并出境、再次入境克罗地亚的复杂程序。修建一座连接南北领土的跨海大桥是克罗地亚政府和人民的夙愿。



图 33 佩列沙茨大桥合龙

（图片来源：新华社^[31]）

2021 年 7 月，佩列沙茨大桥顺利实现全桥合龙，于 2022 年 6 月竣工通车（见图 33 和图 34）。佩列沙茨大桥建成后，将克罗地亚的领土全部连接起来，货物运输将无需通过波黑边境，避免耗时且耗费成本的海关手续，缩短向南部地区供应粮食的时间，也让紧急医疗运输成为可能。佩列沙茨大桥还将极大便利当地民众出行，有力促进当地旅游业发展，改善克罗地亚南部旅游业主要依靠航空和轮渡、受冬季强风气候影响严重的现状，将旅游



业务扩展到全年，而不是目前的夏季模式。该项目对中欧务实合作发挥示范性作用，被盛赞为“共建‘一带一路’框架下的友谊之桥、统一之桥、民生之桥”。



图 34 克罗地亚总理普连科维奇出席合龙仪式

（图片来源：中国路桥二公局，澎湃^[32]）

2. 项目绿色发展举措与成效

佩列沙茨大桥不仅是中方在克罗地亚承建的最大规模的基础设施项目，也是首个在欧盟境内实施的由欧盟提供资金、采取欧盟标准的重大工程项目。该项目 85% 的工程造价由欧盟基金承担，建筑材料、环保要求等均需遵循欧盟标准，特别是桥梁钢结构制作要求达到欧洲最高标准。该项目需要遵守严格的环保标准，以免造成环境污染和生态破坏，打桩时产生的泥浆都要运到指定地点排放。项目与 65 家来自克罗地亚、德国、西班牙等国的全球设备、材料供应商合作，从投标、前期筹备到实施过程均严格遵循绿色环保理念，严格遵守当地法规，严控项目建设质量。

（1）高科技、全方位的废物回收处理

现场施工方面，桩基施工时在船舶上配套设置“二级沉淀池”，钻孔后的泥浆通过两次沉淀后再泵入孔内形成反循环，最终桩基钻渣通过开底驳船运送至 20 海里外的指定海域进行排放，防止施工对底泥及原生态环境的扰动（见图 35）。同时，运渣船上安装 GPS 等精确定位及路径跟踪系统，规范现场作业行为，确保每次泥浆均运送到指定地点，减少



对沿岸水质的污染。



图 35 船舶在指定海域排放钻渣

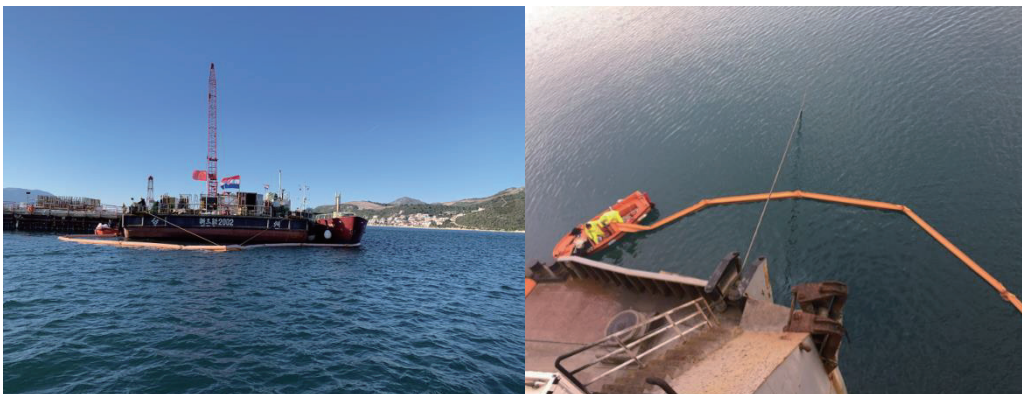


图 36 安装拦油坝，防止油污泄漏

加油船通过设置拦油坝等保护措施，防止施工船舶发生油污泄漏，造成污染(见图 36)。



图 37 环保式自吸冲砂设备



钢箱梁打砂设备采购当地的环保式自吸喷砂机，保证了钢砂重复利用率，避免钢砂洒落造成环境污染（见图 37）。



图 38 第三方专业公司定期清理净化器沉淀物

生活区域方面，项目方设置生活污水专用处理装置，聘请当地专业公司每周对污水进行清理（见图 38）。



图 39 混凝土罐车停放区域进行沥青罩面防止漏油污染土地



图 40 混凝土罐车停放区设置油水分离器

项目方在罐车停放区域浇筑路面挖渠引流，安装油脂分离器放置在引流渠末端，收集车载废油，杜绝罐车油料泄漏污染土壤（见图 39 和图 40）。



图 41 设置四级污水沉淀池

项目方在拌合站新建沉淀池（见图 41），确保混凝土污水得到有效净化，达到排放标准，同时在拌合站附近建排水沟，防止污水流入海中。

（2）严格执行垃圾分类要求

现场垃圾分类处理方面，项目方采用工厂化预制、船舶运输、现场拼装的方法，在生活区安装净化装置，严格执行垃圾分类要求并定期进行专业处理。



图 42 对生活垃圾进行分类收集



图 43 对施工区域建筑垃圾进行分类收集



图 44 对有害垃圾进行分类收集存放



图 45 疫情防控垃圾回收点

项目方对生活垃圾、建筑垃圾、有害垃圾、防疫类废弃物分门别类（见图 42、图 43、图 44 和图 45），在各个施工墩位定点设置分类垃圾箱，特别是针对废木头、废塑料、废钢筋等建筑垃圾及废油漆桶、废油渣、使用过的口罩和防护服等有害垃圾设置专门存放点，与当地专业环保公司合作，及时安排回收和清运。



图 46 分类存放，专业公司集中处理建筑垃圾



图 47 施工现场设置可回收的移动厕所



项目方对建筑垃圾实施分类存放，确保施工场地整洁干净，高效施工，并在现场设置可回收的移动厕所，避免人为污染环境（见图 46 和图 47）。

（3）保护生物多样性

经过建设团队多次改革创新，项目采取气泡幕降噪措施，在钢桩周围包裹一层密集的气泡，有效阻隔与外部海水的声音传导渠道（见图 48）。气泡幕降噪工艺的噪声阻隔达到 97% 以上，确保周围的生物不受干扰^[33]。另外，气泡在排出的过程中，会使水体产生扰动、声响及低频振荡，对海洋动物有恐吓作用，从而使海洋动物远离施工区域，避免受伤害（见图 49）。采取气泡幕降噪措施后，历时四个月的钢管桩打设没有对施工海域的生态产生影响，在距离桩位不足 400 米的地方，对水环境要求极高的生蚝依然正常生长。

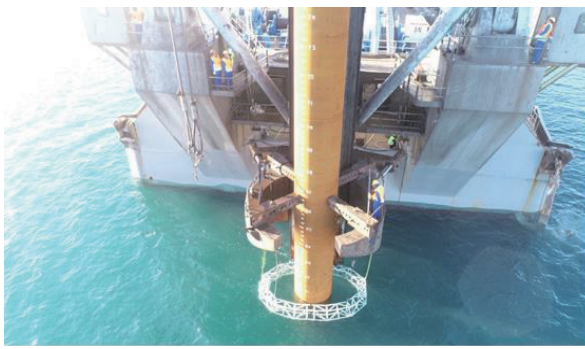


图 48 气泡幕



图 49 气泡幕实际效果

项目方在钻孔施工过程中，使用沉淀船对钻渣进行二级沉淀并循环使用过滤水，利用开底驳将钻孔钻渣运输至指定海域排放；对每条船舶采取设置拦油坝等措施，确保施工海域水质良好，降低对海洋生物的伤害。

（三）孟加拉国卡纳普里河底隧道项目

1. 项目背景与概况

孟加拉国相关部门负责人表示，修建隧道一直是孟加拉国人民的梦想。孟加拉国因为人口密集、水网密布、经济落后等原因，已成为世界上交通建设最落后的国家之一，即使是首都达卡，也仅有 60 多个红绿灯路口^[34]。因此，加强交通建设是改善孟加拉国发展现状的必要途径。孟加拉国卡纳普里河底隧道项目由中国交通建设集团有限责任公司（简称中交集团）承包建设，于 2017 年 12 月 5 日开工^[35]，2023 年 2 月工程进度已达到 96%。该



项目采用中国规范设计及施工,双向四车道标准,设计时速为 80 千米,路线总长 9293 米。施工内容主要包括盾构隧道、桥梁、路基、临时码头等,下穿卡纳普里河隧道总长 3315 米,直径 11.8 米,其中盾构段长 2450 米,是中国在海外建设的最大的盾构公路隧道项目。

卡纳普里河底隧道将为达卡、吉大港、考克斯巴扎尔三个城市/地区的道路连接以及亚洲公路网的连接提供支持。该项目是孟加拉国第一座水下隧道,位于吉大港市卡纳普里河入海口处,通过河底隧道连接卡纳普里河东西两岸,将带动卡纳普里河东岸的发展,实现“一城两镇”的发展目标(见图 50)。完工后,吉大港机场至工业园的车程将从 4 小时缩短到 20 分钟,大大降低了汽车耗油量,可以减少机动车尾气排放,推动节能减排。该项目是孟中印缅经济走廊的重要一环,不仅将改善吉大港交通条件,带动孟加拉国经济发展,还将有助于完善亚洲公路网并促进孟加拉国与周边国家的互联互通。

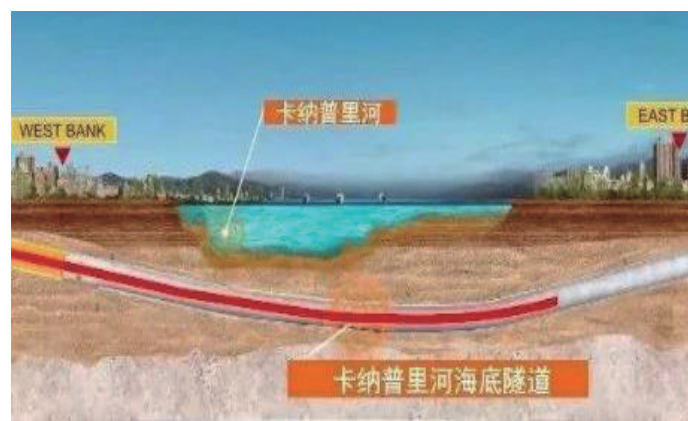


图 50 卡那普里河底隧道效果图

(图片来源:中交集团官网)

2. 项目绿色发展举措与成效

(1) 搭建标准化、环保型项目营地

项目营地建设充分考虑外围公共安全及地理位置和地势特点,在原地面的基础上进行吹填加固,整体规划布置科学、功能区域齐备、分区合理(见图 51)。项目营地建设符合环保标准,配备污水处理设备,可有效处理项目产生的生活污水,有助于改善生态环境,实现建设过程中的节能减排^[37]。



图 51 项目营地鸟瞰图

（图片来源：中交集团官网）

（2）采用绿色混凝土配比

项目启动之初便建立全套的试验体系，设立了 600 余平方米的试验室，包括混凝土试验室、力学试验室等，引入行业先进仪器设备。为了对“明挖隧道主体结构湿渍面积占比率”的质量进行有效控制，试验室通过数据分析、仪器检测，对主体结构使用的混凝土配合比进行了精密调整，降低了之前因主体结构产生裂缝而导致湿渍面积较多的不利影响^[38]。这一举措推动了混凝土绿色化使用，在保证混凝土性能的同时，减少水泥的用量，减少自然资源和能源的消耗，提高混凝土安全使用寿命，减少因修补或拆除造成的浪费和二次污染，降低对项目周边环境的污染（见图 52）。



图 52 项目施工图

（图片来源：中交集团官网）



（3）创新技术，开展绿色施工

项目采用中交集团自主研发的泥水平衡式盾构机进行施工。这是中国首次出口大直径泥水平衡式盾构机，其绿色环保管路延长装置解决了隧道内泥水溢出的施工环境污染问题。此外，该盾构机自动化程度高、一次成洞、不受气候影响，属于节能高效环境友好型设备，在加快施工速度的同时，也减少了施工的环境扰动（见图 53）。

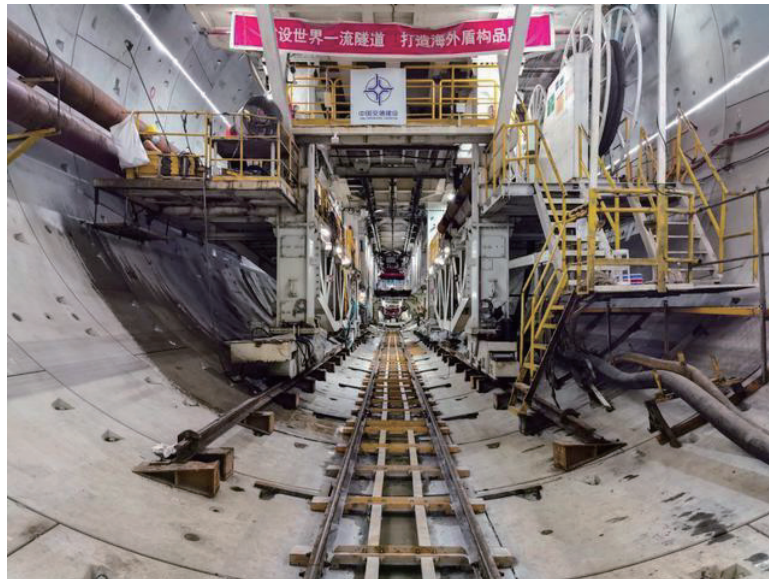


图 53 隧道完工图

（图片来源：中交集团官网）

（四）小结

桥梁隧道是“一带一路”互联互通的重要工程，尤其是许多共建国家地处山地或海洋地区，架设桥梁隧道让天堑变通途，为翻越山海带来可能。

桥梁隧道项目在施工运营的过程中，可能涉及的环境问题有以下几项：一是较大范围的水域保护问题。项目可以充分利用现代信息技术、高科技环保设备等优化施工技术，研发使用绿色材料，减少污染排放，提高废物废水等的处理水平，减少对水域的污染。二是桥梁如果建设过多桥墩，超负荷地压缩河道断面，造成水流加速，会影响鱼类洄游。如果桥梁过宽或高度过低，则会增加阴影区域面积，对动物造成胁迫效应和阻隔影响。三是水体噪声污染也会对水域生物正常活动造成重要影响，尤其是海洋生物。因此，项目施工过程中需要特别注意减少水体噪声污染，保护生物多样性。此外，项目方也应根据当地气候、



地形地质，因地制宜地对于周边的植被和土壤采取保护措施。

文莱大摩拉岛大桥项目中，项目方通过创新和优化施工技术，克服了气候、地形地质、海上施工等带来的困难，实现节约资源、提升交通效率的目标。项目建设期间，项目方还通过设置植被保护隔离带、转移嫁接、保护土壤等措施，保护岛屿周边植被，打造绿色走廊。

克罗地亚佩列沙茨大桥项目中，项目方借助 GPS 等信息化系统、高科技环保设备、第三方专业公司等回收处理项目建设中产生的废物废水，严格执行垃圾分类并定期进行专业处理，减少人为污染。项目方还结合当地养殖业和旅游业发达的现状，科学采取降噪措施，降低对海洋生物的影响，保护生物多样性。该项目通过对施工海域、陆域后场加工、办公区、生活区等进行全方位管控，多措并举，推进了绿色施工及环保管理全覆盖，实现了“安全零事故、质量零缺陷、环境零污染、防疫零感染”。

孟加拉国卡纳普里河底隧道项目在施工过程中，搭建了标准化、环保型的项目营地，有效处理生活污水，实现建设过程中的节能环保。项目方在项目启动之初便建立全套的试验体系，设立试验室研究绿色混凝土配比，降低自然资源和能源消耗的同时，减少因修补或拆除造成的浪费和二次污染。同时，项目方创新了施工技术，自主研发了节能高效环境友好型设备，解决隧道内泥水溢出的施工环境污染问题，在加快施工速度的同时，也为企业带来了绿色经济效益。

四、港口项目

（一）希腊比雷埃夫斯港项目

1. 项目背景与概况

比雷埃夫斯港位于希腊东南沿海萨罗尼科斯湾东北岸，紧邻爱琴海西南侧，毗邻苏伊士运河，是希腊最大的港口，也是地中海最大的港口之一，是首都雅典的进出门户，距雅典仅 8 千米，有电气化铁路和高速公路直通各大城市^[39]。比雷埃夫斯港内主要工业有造船、化工、机械制造、冶金、纺织等，是年产石油制品 250 万吨的炼油中心。该港内陆可延伸至巴尔干地区，海运可辐射至整个地中海、黑海、北非等周边地区，2019 年接纳旅客量达到 1760 万人次，为地中海客流量最大的港口，同年集装箱吞吐量也达到地中海最高^[40]（见图 54 和图 55）。比雷埃夫斯港共为当地直接创造 3000 个就业岗位，间接创造 10000 个就



业岗位，物流产值从 4 亿欧元提升至 25 亿欧元，根据希腊智库——经济和工业研究基金会的预测，比雷埃夫斯港将在 2025 年为希腊贡献约 0.8% 的 GDP 增长，减少占 GDP 2.3% 的公共债务。



图 54 比雷埃夫斯港实景图



图 55 比雷埃夫斯港货物运输图

（图片来源：搜狐网）

2008 年，中国远洋海运集团有限公司（简称中远海运）与希腊签署了为期 35 年的特许经营权协议，并据此于 2010 年 10 月 1 日正式接管比雷埃夫斯港二号、三号集装箱码头。2016 年 8 月，中远海运收购比雷埃夫斯港 67% 的股权，这也是中国企业首次在海外接管整个港口。2020 年，比雷埃夫斯港集装箱吞吐量为 544 万标准箱^[41]。

希腊是陆上丝绸之路与海上丝绸之路的交汇点。比雷埃夫斯港是希腊最大港，被视为欧洲“南大门”。依托比雷埃夫斯港，中远海运开通了发往中东欧的中欧陆海快线，海运货物从比雷埃夫斯港登陆后，通过铁路运输至匈牙利、奥地利、捷克、斯洛伐克等中欧四国仅需 3 到 4 天，比起传统的中转途径，以比雷埃夫斯港为铁路运输起点的中欧陆海快线，可以使全程运输服务交货期提前 5 到 10 天^[42]。

2. 项目绿色发展举措与成效

（1）打造新航线，减少碳排放

随着物流业的发展，其对环境的影响和对资源的消耗越来越受到重视。比雷埃夫斯港是海上丝绸之路建设的重要港口之一，是中国到欧洲距离最短的海运航线（见图 56）。研究表明^[43]，比雷埃夫斯港航线距离的缩短使得同等运输需求下船只数量减少，每年的二氧化碳排放量也可减少。此外，通过采取调整船队结构、提高船舶营运能力、优化航线设计、降低航速等措施，中远海运使燃油单耗下降了 35%，减少了二氧化碳的排放（见图 57）。



图 56 比雷埃夫斯港运输航线图

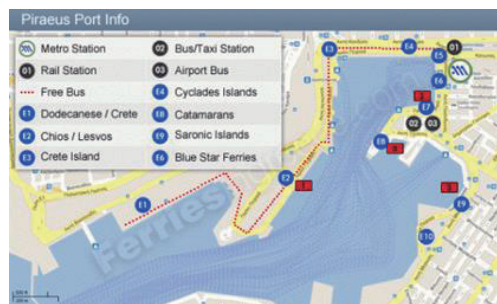


图 57 比雷埃夫斯港分布图

（图片来源：搜狐网）

（2）开展环境监测试点研究

中远海运（比雷埃夫斯）港口有限公司联合比雷埃夫斯市政府、雅典国立技术大学通信和计算机系统研究所开展环境监测试点研究，并参与了欧盟绿色 C 港口项目¹（见图 58）。在绿色 C 港口项目支持下，比雷埃夫斯港安装了环境和气象传感器、噪声传感器，所有传感器的数据将传输到绿色 C 端口数字平台进行分析，分析结果以创新解决方案的形式反馈回比雷埃夫斯港，以减少港口运营对环境的负面影响，降低噪声水平，改善空气质量^[44]。

¹ 绿色 C 港口项目由欧盟“连接欧洲设施”项目支持，包括希腊在内的 4 个欧洲国家的 12 个港口参与，旨在为衡量港口的环境绩效创造平台，通过使用传感器和人工智能技术处理大量数据，以监测港口设施和船舶在城市环境中造成的环境污染，并向政府和社会通报港口服务造成的主要环境影响。该项目获得了国际港口协会（IAPH）“2020 年世界港口可持续发展奖”。

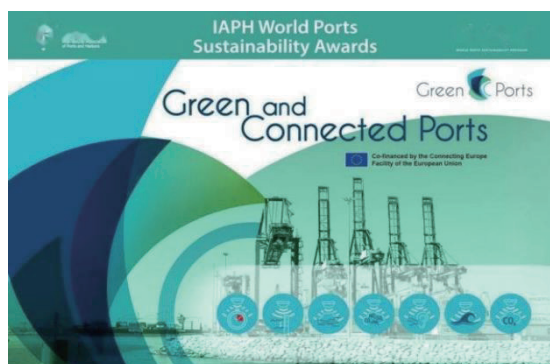


图 58 比雷埃夫斯港参与的欧盟绿色 C 港口项目荣获国际大奖图

(图片来源：搜狐网)

(3) 推进港口桥吊技术发展

在当今码头集装箱货物运输的各个流程中，配载作为其中的核心环节之一，对自动化码头的作业效率、船舶在港时间以及资源有效利用等方面都有着直接影响。在中方接手比雷埃夫斯港运营后，2 号码头每台桥吊每小时装卸集装箱数量从 15 标箱提高至 27 标箱，提高了设备的利用效率，帮助港口实现高效节能发展，大幅度降低了作业成本。此外，3 号码头西侧的桥吊均为目前世界上起升高度最高的桥吊，最大起升高度为 54 米，外伸距达到 72 米，可以装卸 26 列宽的集装箱船（见图 59 和图 60）。技术实力提升为比雷埃夫斯港集装箱码头高效运营提供了保障^[45]。在全球经济一体化的大趋势下，各国集装箱货物的海运量呈爆发式增长，世界集装箱船队的数量也在不断增加，船舶也逐渐向大型化发展，给码头带来了更大的挑战，港口业务办理时间长、装卸货物慢，导致闸口、地磅堵车，严重影响港口集疏港效率。改进桥吊技术可有效提高资源利用率，减少船舶靠岸时间，从而降低资源消耗，推动港口绿色节能发展。



图 59 比雷埃夫斯港运输船



图 60 比雷埃夫斯港装卸货物图

（图片来源：观察者网）

（二）蒙巴萨港项目

1. 项目背景与概况

蒙巴萨是肯尼亚第二大城市，滨海省省会，位于东南沿海，临印度洋。城市中心位于蒙巴萨岛，有堤道和铁路桥同大陆相连。蒙巴萨港位于蒙巴萨岛上，是肯尼亚的最大港口，也是东非的最大港口之一（见图 61）。肯尼亚、乌干达的大部分外贸物资及卢旺达、坦桑尼亚以至刚果（金）东部、苏丹南部的一部分货物均由此中转^[46]。早在 3000 多年前，蒙巴萨港就是重要的通商口岸，与海上丝绸之路有着不解之缘。“一带一路”建设为这一古老港口带来新的生机。

中国路桥 2010 年与肯尼亚港务局签署协议，在蒙巴萨港建设长 240 米的 19 号泊位以及 6.9 万平方米的后方堆场。2013 年 8 月，蒙巴萨港第 19 号泊位正式启用（见图 62），该港原有吞吐量为 2200 万吨，在 19 号泊位竣工后，蒙巴萨港集装箱吞吐量预计将增加 25%，每天可增加堆存量约 4000 至 5000 标箱。作为中国企业在肯尼亚承建的第一个港口项目，19 号泊位提升了蒙巴萨港的货物吞吐能力，巩固了肯尼亚作为东非共同体经济发展领头羊的重要地位^[47]。

2019 年 2 月，由中交集团承建的肯尼亚蒙巴萨油码头项目正式动工，包含新建 4 个离岸式泊位及输油管道设施，能够同时实现原油、重油、汽油、柴油、煤油和液化石油气的进出口转运。蒙巴萨油码头项目于 2022 年初竣工，2022 年 8 月交付投入运营。项目建成后将成为肯尼亚首座具有国际领先水平的现代化油气装卸码头，能够同时实现原油、重油、汽油、柴油、煤油和液化石油气的进出口转运功能，降低肯尼亚的燃料成本，为肯尼



亚乃至整个东非地区经济发展注入动力。



图 61 蒙巴萨港俯瞰图



图 62 蒙巴萨港 19 号泊位

（图片来源：新华社）

2. 项目绿色发展举措与成效

（1）承建油码头项目，提高燃料处理效率

建于 1963 年的蒙巴萨港油码头是肯尼亚及周边国家进出口油品的重要通道，为当地经济发展作出了巨大贡献（见图 63 和图 64）。由于码头原有能力已经满足不了肯尼亚经济快速发展的需求，肯尼亚于 2012 年开始筹建新的油码头项目。中国企业承建的蒙巴萨油码头项目可以大幅提升蒙巴萨港油气中转能力，降低当地燃料成本，同时还将带来缩短船舶周转时间、保证供应安全、降低运输成本等一系列益处。



图 63 蒙巴萨港油码头



图 64 蒙巴萨港油码头输油管

（图片来源：新华社）



（2）保护红树林

按照工程设计，蒙巴萨油码头项目规划建设 1 座海底管道加工厂。蒙巴萨岛南岸地势较高，山体坡度较缓，没有塌方、泥石流等地质灾害，且附近无集中爆破区和工业震源，这使南岸成为海底管道加工厂的最佳选址。但肯尼亚是非洲有名的旅游国家，对于保护环境的要求非常高。海底管道加工厂的选址附近有一片红树林规划用地，红树林不仅能够防风消浪、固岸护堤，生长繁茂后还会形成固定的生物群落，在维持生态平衡方面发挥重要作用。因此，项目在建设过程中必须拿出工程建设和环境保护两不误的绝佳方案^[48]。

海底管道加工厂项目方严格履行保护环境的理念，思考是否存在既可以在南岸建厂，又能把对环境的影响降到最低的办法。项目方经过与当地港务部门和环境部门商讨，一致决定在加工厂选址地点和红树林规划用地中间划出一片种植区，用于种植 4.5 万颗红树林幼苗，这样就可以把破坏的红树林补偿回来，减小对环境的影响（见图 65 和图 66）。由于红树林规划用地不具备移植条件，划出的种植区滩涂条件良好，非常适合再造一片红树林。



图 65 红树林种植现场图



图 66 红树林建成全貌

（图片来源：中交集团官网）

这片红树林能否成型，培育幼苗尤为重要。为此，项目部专门委托当地红树林保护社区进行红树幼苗培育。配置营养土、播种、炼苗以及病虫害防治，每个育苗环节都需要十分谨慎，幼苗才能长势喜人。2020 年 2 月，红树幼苗顺利通过当地相关部门合格验收，种植工作正式启动。为了保证幼苗存活率，项目方频频来种植区确认先前制定的种植密度与



进度规划是否妥当。经过 1 个多月的时间，4.5 万棵红树幼苗全部种植完成。

（三）小结

联合国贸易和发展会议统计数据显示，80%的全球货物贸易通过海运实现^[49]。“一带一路”带来的多元化机遇会涉及大量跨国运输，港口作为“21 世纪海上丝绸之路”的重要节点和载体，承载着跨国运输的重要功能。近年来，中国在“一带一路”国家以不同方式参与建设的国际港口数量众多，海上互联互通程度不断加强、港口合作不断深化，相关港口基础设施建设和运营水平不断提升，为带动各国经济发展、促进全球贸易畅通发挥重要作用。

港口项目建设和航运业有天然的关联，全球海洋运输所产生的温室气体排放量每年约为 10 亿吨二氧化碳当量，占全球人为二氧化碳排放量的 3%左右。如果不采取控排措施，预计未来几年其温室气体排放将增加一倍以上，为实现《巴黎协定》确定的温升目标带来巨大挑战。港口活动，如停泊（系泊），可能在石油泄漏、空气污染、噪声污染和光污染等方面产生影响。船舶交通易产生水下噪声污染，船只可能会攻击海洋巨型动物，船舶移动过程中也可能释放含有水生入侵物种的压载水。船舶温室气体排放总量较大，油品等危险化学品的大规模海上开发、海洋运输和沿海储存，也使海洋污染风险不断上升。

依海繁荣需要实现绿色低碳发展，“一带一路”沿线不少港口都在加快绿色港口建设的步伐，推动港城规划衔接，提升港口清洁化水平。比雷埃夫斯港通过调整船队结构、打造新航线等方式降低能耗，通过改进桥吊技术提高资源利用率，以此减少碳排放；同时开展环境监测试点研究，监控港口运营对环境造成的影响并及时解决。蒙巴萨港一方面通过承建油码头项目，提高燃料处理效率，另一方面规划出新的种植区再造一片红树林，以弥补因项目建设而移植的部分红树林。这些项目绿色发展举措在港口项目建设和运营过程中取得了良好的环境效益，助推绿色港口的发展。此外，“一带一路”港口还有许多其他的绿色实践：斯里兰卡科伦坡港于 2017 年 11 月完成 40 台龙门吊及 40 个集装箱堆场“油改电”改造，这使其成为斯里兰卡第一家，也是南亚地区规模最大的绿色码头。“油改电”每年可降低企业成本约 145 万美元，并使龙门吊的柴油消耗量和二氧化碳直接排放总量减少 95%，同时也为现场操作工人提供了更加健康的工作环境，减少了噪声污染和空气污染

^[50]。



第三章 绿色出行

一、匈牙利电动汽车发展

欧洲是电动汽车的起源地，早在 19 世纪中期，匈牙利工程师阿纽什·耶德利克就在实验室完成了电传装置，发明出全球第一台电动汽车。汽车工业是匈牙利经济的重要支柱，占匈牙利整个制造业的 28.5%。近年来，作为匈牙利工业旗舰的汽车行业积极转型，加快发展新能源汽车的脚步。匈牙利 2019 年的电动汽车份额为 1.9%，低于欧洲平均水平，但在欧洲东部国家中是最高的。2021 年，匈牙利有 4311 辆新电动汽车上市，销量增长 41.53%。

（一）政策支持电动汽车产业

1. 电动汽车及充电基础设施

2015 年，匈牙利经济部长沃尔高表示，匈牙利已拨出 25% 的碳配额收入，用来扶持电动汽车基础设施建设。按计划，将首先在布达佩斯建立 150 个充电站，此后还将在高速公路和大城市中安装充电设施，全国各地的车辆均能使用。2018 年 11 月，匈牙利最大的电动汽车充电站在匈牙利西部的绍尔马什揭幕。匈牙利国家公用事业公司在绍尔马什的 M7 高速公路附近建造了该充电站，并计划在全国开设更多充电站。该设施造价数千万福林，可同时为九辆汽车充电^[51]。截至 2019 年 2 月，匈牙利运营着 100 个公共充电站，其中 10% 是快速充电站（见图 67）。匈牙利国家公用事业公司的目标是建造尽可能多的充电站，满足每 80~100 千米可以找到充电站的要求。根据匈牙利能源和公共事业管理办公室的数据，2020 年，驾车者在匈牙利的公共电动充电站共使用了 7.1 吉瓦时的能源，充电次数达到 708579 次^[52]。



图 67 布达佩斯中心区的公共充电站

（图片来源：中国经济网^[53]）

匈牙利政府于 2016 年制定了电动汽车产业发展目标，提出到 2020 年电动车数量从 600 辆增加到 5 万辆的目标，要求在有条件的大型停车场安装充电桩，致力于成为区域内电动汽车领域的领导者。同时，匈牙利政府推出电动车购买优惠政策，申请者在购买纯电动汽车时可获得 21%、最高 150 万福林的购车优惠。该项目不仅面向个人，企业、非政府组织、地方政府、公共机构和金融机构也都可以参加。据计划，匈牙利政府将拨款 30 亿福林，以推动电动车在国内的高速发展。同时，为鼓励居民购买电动车，匈牙利政府推出特定区域免费停车、免费充电、免汽车税等优惠政策，鼓励用户购买电动汽车。在公务用车方面，匈牙利为地方政府和国有企业采购 200 多辆电动汽车，价值约 20 亿福林。此外，匈牙利政府将鼓励购买和运营电动出租车，并进一步增加电动公共汽车的数量。

2020 年，匈牙利国家创新协会宣布，购买价不超过 1100 万福林的电动汽车可获得政府 250 万福林的购车补贴。补贴政策的目的是不是鼓励大家购买带有大型电池组的远程汽车，而是鼓励购买适合城市和郊区使用的续航里程为 200~300 千米的小型电动汽车。另外，政府还支持购买电动机和踏板车。作为出租车使用的电动汽车也可获得比以前更高的补贴力度。该政策一直持续到 2022 年 6 月 1 日，补贴预算为 50 亿福林。

2. 匈牙利绿色公交计划

2019 年，匈牙利计划将绿色电动公交车引入公共交通系统。在十年的时间里，预计将



有 7500 辆公交车被替换成更环保的电动汽车，预计每六辆公交车中就有一辆会替换成绿色电动公交车（见图 68）。根据匈牙利政府的决定，2022 年起，居住人口超过 2.5 万人的城市内只能运营无排放的公交车，政府将为其采购提供财政支持。据估计，匈牙利公共交通现代化大约需要 1.69 亿福林的资金，其中 20% 将由政府基金支付，而其余费用将由议会和私营公司支付，包括伊卡鲁斯（Ikarus）和比亚迪公司等^[54]。



图 68 匈牙利绿色电动公交车

（图片来源：维基百科）

2020 年，匈牙利议会通过了气候保护法。政府宣布了关于气候和自然保护的行动计划，其中包括推动交通运输绿色化，支持购买使用低排放或零排放的电动客车。匈牙利政府还启动了绿色公交试点项目，预计十年内将更换半数的公交车，并在十年内为购买电动公交车提供 360 亿福林的补贴，比早先计划高出 20%。2020 年 9 月，第一个示范项目已在德布勒森市上路。2020 年 11 月，匈牙利政府购买了 60 辆新的梅赛德斯-奔驰 Conecto G 铰接巴士。绿色公交计划还旨在促进匈牙利的公交车生产，希望本国制造的电动公交车数量达到或超过 60%。为此，匈牙利还将建立一个公交车制造商圈，截至 2020 年 7 月底，已有 8 家国内和国外制造商提交申请^[55]。

（二）打造电动汽车生产中心

世界汽车业巨头看中了匈牙利的地理、人才和技术等优势，纷纷把电动车生产线放在匈牙利。2018 年 6 月，奔驰公司宣布在匈牙利凯奇凯梅特市启动 Full-Flex 概念化智能工厂计划，前期投资 10 亿欧元，可以在一条生产线上灵活地生产从紧凑车型到后轮驱动轿车，以及包括电动车在内的多种车辆架构。2020 年 12 月，匈牙利外交通商部相关人员表示，奔驰公司将投资 500 亿欧元在凯奇凯梅特市生产电动汽车^[56]。2018 年 8 月，宝马公



司宣布在匈牙利德布勒森市附近新建工厂，投资 10 亿欧元，生产燃油车和电动车^[57]。自 2018 年以来，奥迪公司一直在匈牙利生产电动机，该地已成为奥迪公司重要的生产基地之一。2022 年 6 月，奥迪公司宣布斥资 3.2 亿美元进一步扩建匈牙利工厂，并将获得政府提供的 2200 万美元拨款。匈牙利对电池生产也提供历史上规模最大的投资补贴和便利。韩国 SK 创新公司（SK Innovation）分别于 2018 年、2019 年、2021 年陆续宣布在匈牙利投资建设三座电动汽车电池工厂。与此同时，匈牙利积极引入中国电动汽车企业，正在迅速成为电动汽车的重要生产中心。

1. 比亚迪在匈牙利设工厂

近年来，我国企业不断加强与匈牙利在新能源汽车领域的投资合作。2016 年，比亚迪开始筹建首个欧洲工厂，匈牙利成为比亚迪在欧洲设立的首个新能源电动汽车生产基地。2017 年 4 月，比亚迪在欧洲兴建的第一座电动大巴工厂在匈牙利投产，总投资 2000 万欧元。2017 年 9 月，比亚迪在匈牙利生产的首台电动客车整车下线。2019 年，由比亚迪匈牙利工厂生产的纯电动客车在匈牙利绍尔戈陶尔扬市投入使用，这是这座匈牙利边境城市的首台电动客车。2020 年 7 月，比亚迪向匈牙利公共交通运营商 Tüke Busz Zrt 成功交付 10 台 12 米纯电动大巴。这些车辆由比亚迪位于匈牙利本地的电动大巴工厂完成生产，将在匈牙利西南部城市佩奇市投入使用，标志着该市历史上首批纯电动大巴车队正式上线运营（见图 69 和图 70）。



图 69 比亚迪纯电动大巴车队交付匈牙利佩奇市



图 70 比亚迪 12 米纯电动大巴

（图片来源：电车汇）



这批电动大巴采用比亚迪最新三门版全通道低地板设计，单次充电后可行驶 300 千米。10 台电动大巴投入运营后，年度总行驶里程预计将达 90 万千米，占运营商总行驶里程的 10%。同时，比亚迪还为这批车队量身定制了充电设施，提供一揽子电动化整体解决方案^[58]。自 2016 年以来，比亚迪在匈牙利累计投资超过 3000 万欧元，订单量一直在稳步增长，已成为欧洲电动客车市场的重要参与者。

2. 中车电动“新巴客”

2017 年，中国中车旗下中车城市交通有限公司与匈牙利当地老牌汽车企业伊卡鲁斯成立合资公司，即 Electrobus Europe Zrt，借助当地经验丰富的产业工人和成熟的市场服务体系，为欧洲生产智能、绿色的电动大巴。2018 年 12 月，双方合作生产的首辆纯电动公交车样车“新巴客”亮相匈牙利塞克什白堡市（见图 71）。这辆中匈合作的 12 米纯电动巴士由中车时代电动汽车股份有限公司（简称中车电动）负责整车设计、制造车身、提供核心系统，伊卡璐斯负责装配电器和内饰。随后，匈牙利塞克什白堡市联合 Electrobus Europe Zrt 公司、中车电动等四家合作方，就发展塞克什白堡的绿色交通签署了战略合作协议。塞克什白堡市政府、伊卡鲁斯公司、中国中车三方携手，在培育新能源公共交通产业、推动城市公交电动化领域开辟了一条新路，也为中匈经贸务实合作增添了新亮点。



图 71 中匈合作纯电动巴士“新巴客”

（图片来源：搜狐^[59]）



2019年10月，“新巴客2.0”亮相（见图72）。“新巴客2.0”采用不锈钢车身，减重400千克，百公里电耗节约0.8~1千瓦时左右。车型在此前1.0版本基础上，全面提升整体性能，创新性搭载了“蜘蛛侠”电池管理系统和“钢铁侠”行车安全系统。



图 72 “新巴客 2.0”

（图片来源：工人日报^[60]）

匈牙利政府在零排放运输方面给予了大力支持。2020年，匈牙利国内售出了纯电动汽车和插电混合动力汽车各超过了3000辆，总数量为6042辆，超过了捷克（5234辆）、罗马尼亚（2837辆）、希腊（2135辆）和斯洛伐克（1484辆），人均数量也超过了波兰（8099辆）。匈牙利在混合动力汽车领域的表现更好，售出的新车数量在一年内增长了2.5倍，从1.2万辆增加到3.8万辆，是欧洲增长最快的国家，不仅超过了欧洲东部国家，而且还领先于奥地利、比利时、芬兰、爱尔兰和瑞典。2020年，匈牙利售出的新车中每4辆就有1辆混合动力汽车，每20辆中就有1辆电动充电车^[61]。

二、土耳其伊斯坦布尔绿色交通发展

（一）发展电动汽车

根据总部位于伊斯坦布尔的SHURA能源转型中心的一份报告，2019年，土耳其约有1500辆电动汽车和1000多个充电站。报告预测，到2030年，电动汽车的数量将增加到250万辆。除了增加电动汽车，该报告还预测到2030年，电动汽车充电站的数量将增加到100万个。据SHURA能源转型中心称，电动汽车市场将首先在覆盖伊斯坦布尔-安卡拉高速公路的地区增长。



鉴于中国的新能源推广情况，土耳其政府也将极大地提高公共充电站的普及率。据土耳其政府相关文件，未来三年内土耳其市场将增加约 20 万辆电动汽车需求。目前全球汽车巨头已瞄准这一机遇，纷纷开始将其产品迅速推向该市场。

1. 自主研发电动汽车

2019 年 12 月，土耳其总统埃尔多安亲自揭开了土耳其自己研发生产的一系列电动汽车样车的面纱，更进一步实现了他为打造土耳其第一款国产汽车的长期梦想。当天，在该国西北部工业重镇格贝兹市的一场仪式上，埃尔多安向世界展示了由多家土耳其公司联合开发的电动汽车品牌土耳其汽车企业集团（TOGG）及旗下的 SUV 和轿车两款车型。随后，埃尔多安还试驾其中一款 SUV 通过了伊兹米特湾的一座吊桥。据悉，除了这两款车，该品牌还计划在未来再推出 5 款车型，充满电的续航里程预计能达到 300 英里（约合 480 千米）。

TOGG 为政府支持的新汽车企业，投资 37 亿美元，土耳其的这个电动汽车项目入驻伊斯坦布尔南部的布尔萨市，于 2021 年 7 月建成投产，2022 年底下线第一辆电动车，产能为每年 10 万辆。2022 年之后的 15 年中，该项目预计将为土耳其经济贡献 382 亿英镑（约合 3495 亿元）产值^[62]。在土耳其国内市场销售后，这些汽车将在一年半左右的时间内首先进入德国市场，然后再向整个欧洲市场供应。TOGG 还与中国电池公司孚能科技合作生产电池。

2018 年 6 月，土耳其五大工业巨头——Anadolu 集团、BMC、KK 集团、Turkcell 和 Zorlu 控股公司以及庞大的组织——土耳其商会和商品交易所联盟（TOBB）携手创建了 TOGG。该公司将在 2030 年前生产五种不同的车型——运动型多功能车（SUV）、轿车、C 型两厢车、B 型 SUV 和 B 型 MPV，并拥有所有知识产权和工业产权。目前主要的国际汽车制造商，包括菲亚特克莱斯勒、福特、现代、雷诺和丰田等，都在土耳其生产或组装汽车。

2. 电动快递车

土耳其邮政（Turkish Post）在伊斯坦布尔部分地区使用电动车（见图 73）进行快递的最后一英里配送，零排放、零污染。这对于只依靠四轮马车或自行车等交通工具的王子群岛来说，可谓一举两得，不仅提高了最后一英里的效率，对环境也没有造成任何影响。



图 73 土耳其邮政投放电动快递车

（图片来源：亿采网）

土耳其邮政是土耳其境内第一批使用电动车进行包裹投递的企业。自 2021 年初以来，土耳其邮政已经在伊斯坦布尔省内的 4 个岛屿投放了电动车。

（二）建设公共交通网络

伊斯坦布尔作为横跨亚欧大陆的国际大都市，是土耳其全国乃至全世界的交通枢纽，公共交通十分发达，选择众多，地面交通、地下交通、轨道交通、轮船渡轮多管齐下。

伊斯坦布尔目前有 4 条主要的地铁路线（见图 74），M1 线和 M2 线涵盖了欧洲区的阿塔图尔克国际机场和主要景点，一般游客都会用到这两条线，M3 线离主要景点比较远，M4 线则位于亚洲区^[63]。

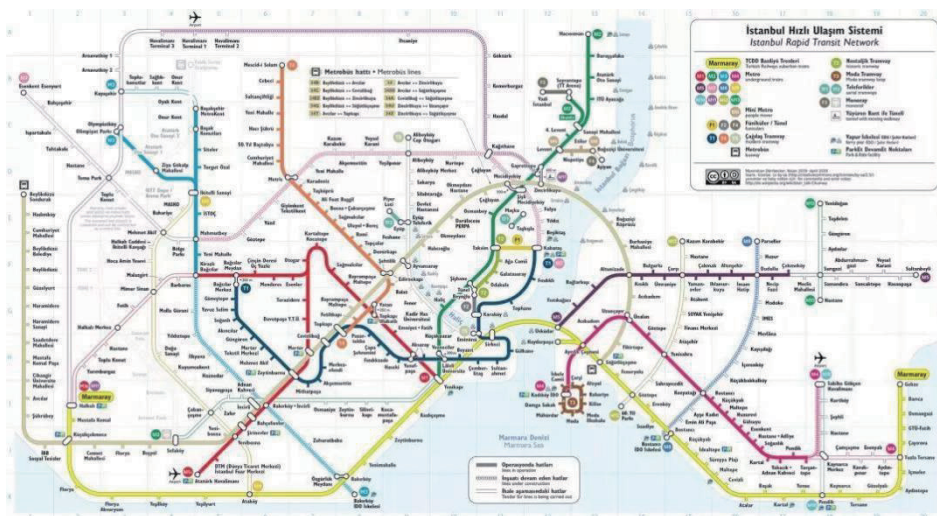


图 74 伊斯坦布尔地铁

(图片来源：商海九洲)

轻轨和地铁一起组成了伊斯坦布尔非常方便的轨道交通系统，目前城内有 T1 线、T2 线、T3 线、T4 线这 4 条轻轨线路，另外还有独立大街上的复古轻轨（见图 75）。



图 75 伊斯坦布尔轻轨

(图片来源：商海九洲)

伊斯坦布尔的公交线路很多，几乎遍布整个城市（见图 76），公交车是当地人最常选择的交通工具。



图 76 伊斯坦布尔重点公共交通走廊

（图片来源：盖尔建筑师事务所报告^[64]）

在伊斯坦布尔这座一个横跨亚欧大陆的城市，轮渡有着举足轻重的地位，每天有成千上万的人穿梭在欧亚之间，乘船横穿博斯普鲁斯海峡也几乎是每个到伊斯坦布尔的游客必做的事（见图 77）。除了横穿亚欧大陆，乘坐轮渡还可以前往王子群岛的各个小岛。



图 77 伊斯坦布尔的轮渡

(图片来源: 商海九洲)

得益于独特的地形和城市结构,伊斯坦布尔拥有很多引人入胜的街景,为行人提供了多样的步行体验(见图 78)。有轨电车在伊斯坦布尔十分普遍,其运营从东部隔离了主街道,为这一区域营造了宁静的氛围。在伊斯坦布尔,步行的人非常多(见图 79)。这为街道增添了活力,促进了健康且可持续的交通模式。

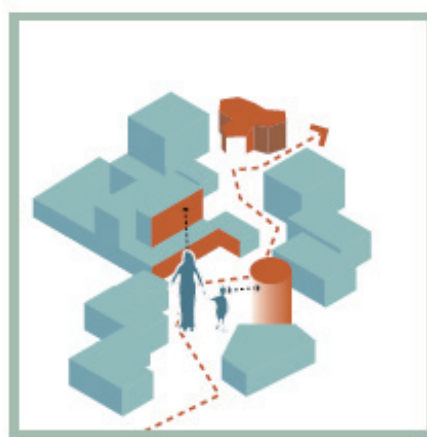


图 78 引人入胜的步行路线



图 79 伊斯坦布尔的步行适宜度情况

(图片来源：盖尔建筑师事务所报告)

(三) 建设绿色港口

2017年6月，土耳其交通、海事和通信部首次举办的“绿色港口”证书颁发仪式在首都安卡拉举行。由中远海运港口收购并运营的昆波特（Kumport）码头凭借在港口绿色发展领域做出的卓越贡献，获土耳其交通、海事和通信部颁发“绿色港口”证书（见图80）。



图 80 土耳其交通、海事和通信部部长为昆波特码头颁发“绿色港口”证书

(图片来源：中国远洋海运报^[65])

自 2015 年中远与招商局、中投三方联合体收购以来，昆波特码头经营业绩不断提升，成为“一带一路”通道上的重要物流节点（见图 81）。其成功背后蕴藏的是“绿色”管理、智能运维和与国际化对接等现代理念。



图 81 昆波特码头场景

(图片来源：央广网)



昆波特码头是土耳其首批获“绿色港口”证书的企业，也是土耳其第三家获此证书的集装箱码头。昆波特码头秉承绿色发展理念，2016年先后通过ISO 14001环境管理体系和OHSAS 18001职业健康与安全管理体系的证书更新审核，加快“绿色港口”未来发展。

安全是打造“绿色港口”的重要内容。昆波特码头安装有341个摄像头，全方位监控人员和货品安全，60名安保人员24小时三班倒不间断工作。码头对于安全事故的定义非常严格。例如，有人被码头的集装箱绊了一下脚，或者不小心用锤子划了一下手，都要归入安全事故范围，不允许任何弄虚作假、敷衍了事行为。在严格的安全监管之下，自收购起至今，昆波特码头尚未发生一起严重伤亡事故^[66]。

自动化、智能化管理也是增加安全系数的有效途径。昆波特码头运营方有一款自主研发的系统应用。该应用可以和码头中枢操作系统进行联动，轻松获得停靠船舶状态、作业效率、装载力和各种资源配置资料、历史统计数据等。在未来，无人自动化码头面貌指日可待。

环境保护是绿色码头的最典型体现。昆波特码头在低碳环保、节能减排等方面成效显著。据悉，昆波特码头的燃油排放、碳排放、水资源使用和机械设备节能等标准都符合“绿色港口”等级评价体系要求。2017年11月，昆波特码头获得欧洲质量管理基金会（EFQM）授予的5星卓越奖。这是该奖项的最高级别，也是昆波特对码头质量管理业绩的又一肯定。

三、新加坡一体化城市交通体系建设

（一）交通多式联运

新加坡为了实现资源的集约开发和城市交通的绿色发展，建立了集约化的巴士系统。新加坡巴士系统与城市居住、商业、办公开发紧密结合。巴士枢纽站整合城市土地开发，成了多功能聚集开发的节点。在多数新城镇，巴士枢纽站与社区结合，形成居住集约开发，居民大都居住在距巴士站5分钟的步行范围之内，可乘坐巴士至枢纽站，出行方便、快捷。许多枢纽站与商业、办公、休闲设施结合，形成多功能集约开发的城市综合体。这种集约方式与多种交通方式衔接，取得了良好的经济、社会和环境效益^[67]（见图82）。



图 82 新加坡巴士与地铁的换乘

(图片来源: 央视网新闻网)

新加坡实行城市内部交通的多式联运,这种出行方式链打造是实现交通节能减排、减小交通公害、提高运输效率的重要对策。巴士枢纽站与居住、办公、商业及生活便利设施整合,实现了全面覆盖、有机集约的一体化绿色交通系统(见图 83)。

集约式枢纽建设可以避免城市交通走廊的资源重叠。整合绿色交通方式可以降低出行成本,提升服务质量,对于实现城市交通的优先、可持续发展具有重要的借鉴意义。



图 83 公交枢纽站外人行天桥

(图片来源: 人民网)

(二) 城市绿色智能交通管理

自 1998 年起,新加坡政府就开始实施电子道路收费(ERP)系统,解决繁华路段的道路交通拥堵与停车问题。据不完全统计,新加坡在不同区域、不同路段设置的 ERP 系统有



近 100 个，ERP 电子屏会根据不同时段、不同车辆、路面的不同拥堵程度，实时调整收费价格（见图 84）。新加坡政府也已经宣布到 2023 年下半年，整个国家将会迈入到第二代全卫星时代，这样的收费系统也具备按行驶里程数和实时拥堵程度收费的功能。通过政府的统一管理，新加坡较好地解决了城市的拥堵问题，为实现城市绿色智能交通管理提供了较大助力^[68]。



图 84 ERP 系统

（图片来源：新华网）

新加坡采用的交通路网监控系统由控制中心全天 24 小时不间断地对新加坡全岛的陆路交通网络进行监控，并将获得的实时数据同步传输给道路的各个电子信息发布系统，以保持路面交通的畅通和高效。此系统不仅可以为交通部门提供实时路况信息，解决交通拥堵，也可以将路网的信息反馈给驾驶员，帮助他们选择最优出行路线，实现智能出行。

新加坡通过构建一系列的智能交通系统，基本将路网中的出行者、出行方式以及出行路径联结成一个密不可分的整体，帮助政府第一时间获取交通数据，实现高效、便捷的路网交通服务，对于实现整个城市的绿色智能交通管理具有重要意义。

（三）提倡公共交通

新加坡政府为了保障城市环境与缓解交通状况，采用多种方式控制车辆数量，主要通过提高购车成本关税（20%），以及设置附加登记费（100%）、拥车证费用、路税等手段来实现。例如，所有的新车都必须购买拥车证，颁发限制区执照，有效期为 10 年，以限制车辆数目。另外，新加坡政府通过采用车辆配额制，进行公开电子招标，拥车证费用的变化基于市场的供需情况。新加坡政府通过这一系列的方式减少汽车数量，保障空气质量，实现城市绿色交通发展。



另外，新加坡政府发布相关的政策支持公共交通的发展，吸引更多的人选择公共交通出行。政府负担公共交通基础设施建设成本，减少乘客等待时间，提升服务质量，同时加强公共交通收费监管，依据乘客行程总距离收费，为乘客提供更大的灵活性、选择性和便利性，便于选择最佳路线。



图 85 新加坡新型城市公交

（图片来源：中建官网）

新加坡制定了到 2030 年公交分担率达到 75% 的目标，不断提升公交服务网络，确保公交和地铁是更优化的体系，让更多人乘坐地铁，确保地铁的使用最大化，通过有效打造空调巴士的交通枢纽，保障城市真正实现智能绿色交通^[69]（见图 85）。

（四）公共交通导向型开发

为了实现绿色都市主义，建设可持续交通城市。首先，新加坡大运力轨道交通形成交通廊道，提供优质过境服务，并成为城市的发展骨架。交通站点遵从以公共交通为导向的开发（transit-oriented development, TOD）理念，形成高密度、混合使用的站域空间（见图 86）。其次，新加坡的新城镇成功地疏散了城市中心区的人口，层级化的城市结构通过公共交通网络进行串联，形成了“分散化的紧凑”的形态特征。这种形态有益于各区域发展小规模的能源、水和废弃物循环系统，带动整个城市的生态化发展^[70]。

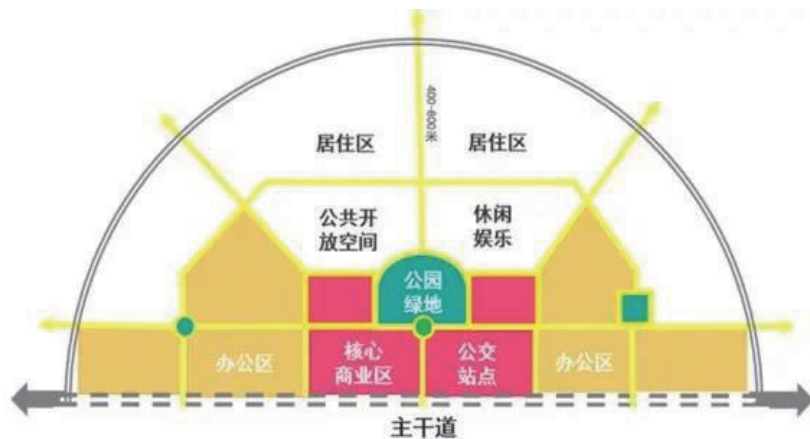


图 86 新加坡 TOD 模式实践

(图片来源：百度百科)

另外，新加坡的绿色 TOD 实践具有不同于欧洲城市的特点。新加坡国土面积小，把发展大运量的轨道交通放在了最高优先级，以自然保护区的形式对位于中部的林地和水源地进行保护，实现了人工建成环境与自然生态环境的和谐交融。

新加坡作为亚洲高密度都市的代表，在承载城市高效率运转与人口压力巨大的同时，兼顾了绿色都市主义的本土化实践。城市的绿色 TOD 特征体现出紧凑化、层级化的特点。新加坡在进行模式探索时，通过公共交通网络串联了 23 个全新的市镇，形成了“分散化的紧凑”的整体特征。对于呈现高密度、生态化特点的公交社区来说，便于城市的各个区域发展能源、用水和废弃物循环系统，带动了整个城市的可持续循环发展。另外，城市发展形成的丰富公共开放空间与立体式绿化进一步促进了生态环境的绿色发展，弥合了社会环境与自然生态系统的裂痕，提升了城市的宜居品质。

通过践行绿色 TOD 模式，新加坡实现了城市的紧凑化、生态化发展，释放了 TOD 的绿色效应，更好地促进了步行与骑行等低碳出行方式成为民众的最优选择。通过公共场所的建设，新加坡为 TOD 创造更为丰富的公共空间与绿色廊道，保障城市实现更先进与完善的智能绿色交通。



四、智利圣地亚哥可持续交通发展

（一）发展电动汽车

1. 充电公路计划

近年来，智利政府出台了一系列措施治理空气污染，推动车辆电动化就是其中之一。早在 2016 年，智利就制定了电动汽车国家战略，准备到 2050 年实现私家车辆电动化占比 40% 的目标，预计届时该国公共、私人 and 商业电动汽车规模将达 500 万辆，每年可减少碳排放 1100 万吨。基于此，智利提出了“充电公路计划”。

2021 年 7 月，智利在位于首都圣地亚哥与中部重镇塔尔卡之间的新安戈斯图拉收费站增设了一处充电设施，这也是连接 2 座城市的 5 号公路沿途建立的第 5 个充电点。充电桩的特点是具备完善的智能电网集成、电源适配和移动连接功能，可实现远程控制与维护，兼容目前市面上主要的直流充电标准，能同时为 2 辆车充电，最短充电时间仅需 35 分钟。智利“充电公路计划”堪称拉丁美洲最雄心勃勃的电动汽车基建项目，从智利最北端的海港城市阿里卡到最南端的蓬塔阿雷纳斯，在纵贯该国狭长全境、全长超过 4000 千米的干线公路沿途设置 1200 个充电桩。此外，还有 2 条位于智利中南部地区和南部边境地带、里程较短的“充电公路”。

“充电公路计划”将可以满足 50% 以上的车辆充电设施需求，实现公路沿线每 60 千米就配备一个充电桩^[71]。

2. 打造电动公交走廊

智利计划在 2040 年实现公交车队 100% 电动化，为此，该国交通部门在 2018 年底提出“红色交通”（Red Mobility）理念，旨在发展清洁能源大巴，全面加速城市公交电动化进程。与“红色交通”相呼应的是该国公交系统中的“红色标准”（Red Standard）。该标准要求车辆需要是纯电动车辆或满足欧六排放标准，并带有空调、Wi-Fi 和 USB 充电器等^[72]。

2018 年 12 月，智利引入 100 辆比亚迪纯电动大巴投入市政公交系统，组建了彼时该国最大的纯电动大巴车队，开启了智利公交电动化的先河。比亚迪交付智利的所有纯电动大巴均满足“红色标准”。2019 年 10 月，智利首都圣地亚哥的格雷西亚大道正式成为拉丁美洲第一条仅供电动公交车运行的“电动公交走廊”。智利从中国购买的比亚迪纯电动



公交车按计划在这条大道上运行，其中包括 2019 年下半年运抵智利、首次投入使用的 183 辆比亚迪电动公交车（见图 87 和图 88）。这条电动公交走廊设有数字公交站，配备在线信息系统，具有 LED 照明和无线上网等功能，为沿线居民出行带来便利^[73]。2020 年 6 月，比亚迪再次向圣地亚哥交付 150 台纯电动大巴并投入运营。截至 2020 年，比亚迪向智利交付的纯电动公交车占该国纯电动公交车市场总量的 65%。据当地媒体报道，与传统柴油公交车相比，圣地亚哥已投入运营的电动大巴噪声降低了 25%至 70%，运营成本削减 76%，维修成本节约 25%，每年可减少约 2.5 吨二氧化碳排放量^[74]。



图 87 圣地亚哥街头的比亚迪纯电动大巴

（图片来源：金融界）



图 88 乘客登上电动公交车

（图片来源：彭博社）

2022 年 5 月，70 辆全新中国福田欧辉纯电动公交车交付智利首都圣地亚哥大都会南区，成为圣罗莎大道“电动走廊”的一部分。圣地亚哥大都会区是智利人口最多、最稠密的地区，而在南区的圣罗莎大道则是智利首都圣地亚哥最重要的公路轴线之一，是智利第二长的大道。截至 2022 年 5 月，大都会区已运营纯电动公交车 800 多辆，欧辉纯电动公交车占 300 多辆，也成为整个拉丁美洲地区规模最大的纯电动公交车队之一。欧辉纯电动



公交车具备零排放、无污染、降噪等功能，每辆可搭载 90 名乘客，绿色运营将惠及拉平塔纳、圣华金、普恩特阿尔托在内的三个地区 55000 多名居民。欧辉纯电动公交车的运营也带动了沿线充电配套建设，随着在圣罗莎主路相对应的 2 个新充电站的建设，2022 年圣地亚哥大都会区将拥有 15 个充电站，超过 200 个充电桩。圣地亚哥也将成为智利国家驱动纯电动化的标杆和领先城市，大大减轻当地传统汽车碳排放污染，绿色出行将惠及沿线所有居民^[75]。由于居民支持改善空气质量的行动，并认识到电气化交通系统的益处，该市自引入电动公交车以来，逃票现象减少 6.5%。

（二）鼓励骑行

圣地亚哥早期自行车专用道路稀少，2007 年的一项计划提出建设 690 千米自行车道，遍布整个城市和农村地区。该计划在一些城区已初见成效，使自行车融入当地的交通系统。例如，普罗维登西亚地区自 2009 年起建立公共自行车系统，从最初的 1000 辆自行车发展到 2017 年超过 4000 辆。截至 2018 年，圣地亚哥平均每天有 510569 次骑行记录，这一数字在拉丁美洲城市中排名第二（见图 89），仅次于哥伦比亚首都波哥大。目前，拉丁美洲共有自行车道 2513 千米，其中圣地亚哥有 300 千米，占比超过 10%。而在 2003 年，圣地亚哥只有 20 千米的自行车道。



图 89 圣地亚哥市民骑自行车出行

（图片来源：《“一带一路”绿色发展案例研究报告》）

为鼓励骑行，圣地亚哥还出台了高质量自行车道设计标准，对道路空间进行重新分配，为骑行者创造更多空间。这一举措为城市和居民带来了非常直观的改变：自行车出行量明显上升，由不到 150 人次/天增加到超过 5000 人次/天。自行车热潮带动了共享单车发展。



2015年，圣地亚哥只有150辆共享单车，2017年增至3890辆^[76]，截至2019年，圣地亚哥街头的共享单车和电子滑板车数量已达12425辆，主要运营公司有中国摩拜单车Mobike（见图90，7000辆自行车）、Bike Santiago（3500辆自行车）、Scoot（800辆滑板车和125辆自行车）和Movo（500辆滑板车）^[77]。此外，该市在历史文化中心和景区推广了免费的自行车的士——BMov Trici，由一家私营公司经营，鼓励游客在游览城市时选择自行车作为交通工具。该市还在幼儿园试点推广脚踏车游戏，引导孩子从小接触自行车；在小学课程中设置交通教育课程，从小规范骑车行为。圣地亚哥在市中心设计足够多的步行和骑行空间，完善公共交通系统，大大缓解了交通拥堵，有效提高了当地居民的生活质量。越来越多的圣地亚哥居民开始选择骑行和步行作为出行方式。

目前，圣地亚哥正在进一步推广电动自行车，2021年9月，美国共享电动滑板车公司Bird已与圣地亚哥州立大学合作推出电动自行车及Bird二代和三代滑板车，在该校280英亩的校园内覆盖。这款踏板辅助电动自行车的最高时速为15.5英里，一次充电可行驶56英里。它还具备地理围栏功能，可以在某些区域自动限速。

通过可持续交通改造，圣地亚哥的交通拥堵问题得到很大程度的改善，创造出了一个舒适便捷、亲近自然、以人为本的交通体系，促进人们践行绿色生活方式，减少了地面交通产生的空气污染，提升了居民的生活质量。2017年，圣地亚哥因合理的公共空间设计、完善的骑行和步行通道以及公共交通的成功推广荣获国际可持续交通奖。



图 90 摩拜单车进入智利首都圣地亚哥

(图片来源：摩拜，参考消息^[78])

(三) 步行友好街道改造

步行友好是城市在推动可持续交通方面要走出的至关重要的一步，圣地亚哥市也在积极推动行人优先的街道改造工程。Calle Aillavilú 是一家位于圣地亚哥市中心的市場，现在已经从一个废弃的、拥堵的、无人管理的停车场变成了一个适宜步行的休闲绿洲。街道进行了重新铺设，路灯照明系统得到改善，种植了新的树木，最重要的是停靠的汽车均被要求挪走。除运送货物外，此处不允许任何机动车停靠和过往。圣地亚哥市中心最繁忙和受欢迎的步行街——Calle Placer 紧邻 Calle Aillavilú 市场，双休日人流量很大。整顿后，Calle Placer 街周末期间完全禁止车辆通行，此外，市政府投资了 220 万美元用于改善人行道、照明设施和卫生设施，使这条街道对步行者更加友好。



图 91 圣地亚哥市中心某街道，整改后不允许车辆通行，并对街道两旁进行美化
(图片来源：《“一带一路”绿色发展案例研究报告》)



图 92 圣地亚哥市中心某街道，由三车道改为一车道，加宽了两边步行街道
(图片来源：《“一带一路”绿色发展案例研究报告》)

除此之外，圣地亚哥市改善公共空间的其他措施包括：在老旧住宅区投资占地 100 平方米的绿地；重建废弃厂区；重新设计历史文化中心的主要街道；建设更多步行道路和休憩空间；改善照明设施；美化街道并完善道路系统，使其更加便捷和四通八达（见图 91 和图 92）。

此外，圣地亚哥还大力推动氢能的发展。智利圣地亚哥国际机场将成为拉丁美洲地区首个使用绿色氢气清洁能源的机场。这座机场的特许经营商 Nuevo Pudahuel 宣布，已经与 Air Liquide、Colbún 和 Copec 等三家公司签署谅解备忘录，将绿氢能源纳入机场运营中。该项目中，Air Liquide 将为机场建造“用于生产绿色氢气的电解器”，Colbún 将提供可再生能源，Copec 将为机场安装光伏板，以及其他可再生能源站点^[79]。



第四章 结论

与君远相知，不道云海深。“一带一路”一路行来，得到了越来越多国家的支持和响应。一个个项目架起共建“一带一路”国家间沟通的桥梁，勾画出人类命运共同体的美好蓝图。自共建“一带一路”倡议提出以来，特别是绿色“一带一路”提出以来，绿色低碳发展足迹遍布各国。这是践行绿色发展理念、推进生态文明建设的内在要求，也是积极应对气候变化、维护全球生态安全的重大举措。交通互联互通是“一带一路”建设的基础支撑和重要保障，为其他领域的发展提供关键助力。在交通基础设施的建设运营过程中，不免涉及多种生态环境挑战，因此，发展绿色交通是“一带一路”实现绿色发展的必由之路。

“一带一路”绿色交通发展是一个涵盖多利益相关方、多层面、多体系的系统工程，本报告从绿色交通基础设施和绿色出行两大维度进行案例分析。其中，绿色交通基础设施选取了土耳其安伊高铁二期、中老铁路、巴基斯坦 PKM 高速公路、柬埔寨金港高速公路、文莱大摩拉岛大桥、克罗地亚佩列沙茨大桥、孟加拉国卡纳普里河底隧道、希腊比雷埃夫斯港、蒙巴萨港共 9 个典型项目作为案例，涉及铁路、公路、桥梁、隧道、港口等多种类型的基础设施建设，对其项目背景与概况、项目绿色举措与成效进行详细分析。绿色出行选取了匈牙利、土耳其伊斯坦布尔、新加坡和智利圣地亚哥作为案例开展研究，涉及电动汽车、公共交通、一体化城市交通体系和步行街道改造等方面的举措。

（一）绿色交通基础设施

不同类型的交通工程项目需要关注的生态环境保护重点内容通常有所区别。铁路和公路项目主要涉及陆地生态系统的保护，在建设运营过程中可能涉及破坏沿线植被、水土流失、固体废弃物和生活生产废水废气的排放、噪声污染、野生动物栖息地破坏等。港口、桥梁项目除上述生态环境问题以外，还需尤其关注对水域生态系统和渔业资源的影响。“一带一路”交通基础设施项目实现绿色低碳发展的主要措施包括：减少资源浪费，节约成本；优化当地交通出行结构，缓解交通拥堵，缩短出行时间；推行技术创新，优化改进施工技术，采用环保节能技术；实施绿化工程；保护自然环境，降低生产生活污染，减少碳排放；保护生物多样性；使用绿色环保能源等。例如，在交通基础设施的设计过程中，综合多种原因，通常通过在沿线实施植树种草等绿化工程的方式降低对植被的影响，铁路项目和公路项目通常都实施了该类措施。项目建设运营的过程中，可能将原本整片的生物栖息地分



割成相对分散的板块，为避免工程对动物通道产生干扰，项目通过以桥代路、建造桥涵、加密加高隔离栅等方式为野生动物打造专用通道。柬埔寨金港高速项目还在跨越河流时通过建造生态池底等方式恢复鱼类通道。此外，交通工程项目的建设和使用还可能带来光线、噪声、地缘地貌等的改变，克罗地亚佩列沙茨大桥项目采取气泡幕降噪措施，阻隔噪声，确保周边海域的生物不受干扰。

实现绿色交通发展需要将绿色发展理念融入交通基础设施建设运营全过程，针对不同类型的生态环境挑战，因地制宜地采取不同措施，尽最大可能减少对环境的影响。环境管理措施通常包括四个层级：第一层级是“避免”，即项目规划尽量避开环境敏感区。“一带一路”交通基础设施项目在设计时均经过多方论证，尽最大可能避开环境脆弱地区，合理选址选线。第二层级是“减少”，即通过创新应用生态友好型技术、研发使用绿色环保材料和设备等方式，尽量减轻负面影响的持续时间、强度和范围。例如，孟加拉国卡纳普里河底隧道项目通过采用绿色混凝土配比、自主研发环境友好型的盾构机设备等方式，减少对环境的影响；克罗地亚佩列沙茨大桥项目借助 GPS 等信息化系统、高科技环保设备等回收处理项目建设中产生的废物废水。第三层级是“修复”，若是项目不可避免地对环境造成了负面影响，也应及时采取补救措施，修复施工过程中造成的损害。例如，蒙巴萨港项目通过规划新的种植区再造一片红树林，弥补项目破坏的红树林。第四层级是“抵消”，对无法避免、减少或恢复的环境损害进行补偿，以实现整体的净中性或净正面的环境结果。这四个层级中，“避免”是第一步和最重要的层级，项目规划实施时，首先应通过“避免”和“减少”将项目的负面影响最小化，其次考虑“修复”，最后考虑抵消项目的剩余影响。由于“抵消”措施面临无法测算间接影响、成本过高、难以兼顾公平等问题，应该仅作为最后手段^[80]。

（二）绿色出行

绿色出行即采取对环境影响较小的出行方式，减少城市交通压力，促进城市环保降碳，实现城市环境资源的可持续利用和交通的可持续发展。绿色出行既能节约能源、提高能效、减少污染，又益于健康、兼顾效率，如多乘坐公共汽车、地铁等公共交通工具，以及合作乘车、环保驾车，或者步行、骑自行车等。在本报告的案例中，伊斯坦布尔的公共交通网络完备；新加坡通过建立集约化的巴士系统发展多式联运、构建智能交通系统、提倡公共交通、践行绿色 TOD 模式等建设一体化的城市交通体系，鼓励居民更多地乘坐公共交通工



具；圣地亚哥通过鼓励居民骑行和步行，建设慢行友好型城市。

随着科技的发展、城市基础设施的完善以及城市文明水平的不断提高，人们在绿色出行方面拥有更多的选择，新能源和清洁能源车船等节能低碳型交通工具（如电动汽车、电动自行车、共享单车等）正在逐渐替代传统燃油交通工具。例如，匈牙利致力于打造电动汽车生产中心，伊斯坦布尔自主研发电动汽车、建设绿色港口，圣地亚哥打造电动公交走廊等。众多国家和城市均将电动汽车的研发和推广作为发展绿色出行的重要举措之一。在大数据、AI、云计算等新兴技术迅速发展的新形势下，未来智能交通在绿色出行生态系统中的作用也将越来越重要。



参考文献

- [1] 中国一带一路网. 已同中国签订共建“一带一路”合作文件的国家一览[EB/OL]. (2023-01-06) [2023-03-22].
<https://www.yidaiyilu.gov.cn/xwzx/roll/77298.htm>.
- [2] 人民网. “一带一路”交通互联互通稳步推进[EB/OL]. (2021-12-03) [2022-06-28].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1718075517133964493&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 李俊生, 张晓岚, 吴晓莆, 等. 道路交通的生态影响研究综述[J]. 生态环境学报. 2009, 18 (03).
- [4] 相博, 陈可可, 田龙伟. 共享经济视角下新型绿色交通的个体需求影响因素分析——以共享单车为例[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2018, 39 (02): 80-88.
- [5] 董晓. 城市绿色交通发展水平评价及对策研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2018.
- [6] 朱鲤. 新阶段、新技术、新要求下的城市绿色交通发展思考——以上海市为例[J]. 交通与港航, 2020, 7 (06): 31-36.
- [7] 高嵩, 万昌海, 郭重凤. 土耳其安伊高铁项目设计管理实践[J]. 国际工程与劳务, 2015 (05): 90-91.
- [8] 央视网. 通讯: “中国制造”为高铁正名[EB/OL]. (2021-09-27) [2021-11-29].
<http://opinion.cntv.cn/2014/07/28/ARTI1406504673574698.shtml>.
- [9] 常进财. 土耳其安伊高铁电气化综合接地系统优化及实施[J]. 铁道建筑技术, 2021 (05): 79-83+111.
- [10] 人民网. 通讯: 中国铁建承建的土耳其安伊高铁二期主体完工[EB/OL]. (2021-09-18) [2021-11-29]. <http://ccnews.people.com.cn/n/2014/0117/c141677-24155857.html>.
- [11] 中国一带一路网. 中老铁路渐行渐近: 铺轨进入最长隧道, 成都要打“昆明牌”[EB/OL]. (2020-11-12) [2021-09-22].
<https://www.yidaiyilu.gov.cn/xwzx/dfdt/154924.htm>.
- [12] 中国国家铁路集团有限公司. 中老铁路: 一条跨越山川的生态长廊[EB/OL]. (2021-08-17) [2021-09-22].http://www.china-railway.com.cn/xwzx/mtjj/kjrb/202108/t20210817_116558.html.
- [13] 中国南方电网. 今天, 中老铁路外部供电工程全部建成[EB/OL]. (2021-08-31)



- [2021-9-22]. https://mp.weixin.qq.com/s/wB6izL7K3_kv098Se-6RNw.
- [14] 云南网. 中老铁路: 与山川同美的绿色生态长廊[EB/OL]. (2021-12-04) [2022-04-11]. <http://yn.yunnan.cn/system/2021/12/04/031802697.shtml>.
- [15] 人民网. 全长 1000 多公里 中老铁路国内段 11 座客运站即将完工[EB/OL]. (2021-09-27) [2021-9-29]. <http://world.people.com.cn/n1/2021/0927/c1002-32238350.html>.
- [16] 刘畅. 山不再高 路不再长——中老铁路助力老挝和区域发展繁荣[EB/OL]. (2022-03-24) [2022-4-11]. <https://m.gmw.cn/baijia/2022-03/24/35608304.html>.
- [17] 中巴经济走廊官网. 中巴经济走廊介绍[EB/OL]. (2021-09-14) [2021-09-14]. <http://www.cpecinfo.com>.
- [18] 中国建筑. 中巴经济走廊最大交通基础设施项目——巴基斯坦 PKM 高速公路落成! [EB/OL]. (2019-11-06) [2021-09-14]. https://www.sohu.com/a/352124661_661255.
- [19] 游亿财, 娄宇赛, 邱磊. 巴基斯坦 PKM 项目高速公路设计综述[J]. 公路, 2019, (03): 68-73.
- [20] 任剑波, 丁兆洁. 巴基斯坦 PKM 高速公路项目技术分析[J]. 工程建设与设计, 2019, (20): 201-203.
- [21] 中国建筑官网. 巴基斯坦 PKM 高速公路项目落成[EB/OL]. (2019-11-06) [2021-09-14]. https://www.cscec.com/zgjz_new/xwzx_new/gsyw_new/201911/2982683.html.
- [22] 中国交通建设集团有限公司. 中国交建签约束埔寨两大公路项目[EB/OL]. (2018-01-15) [2021-09-20]. <http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c8479449/content.html>.
- [23] 中国新闻网. 柬埔寨国会代表团考察并高度评价金港高速项目建设[EB/OL]. (2021-06-25) [2021-09-20]. <http://yn.people.com.cn/n2/2021/0625/c372459-34793657.html>.
- [24] 新华网. 中国路桥在柬埔寨建设绿色发展高速路[EB/OL]. (2021-04-04) [2021-09-20]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2021-04/04/c_1127292963.htm.
- [25] 生物多样性公约网站. 柬埔寨生物多样性国家概况[EB/OL]. (2022-07-22) [2022-07-22]. <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=kh>.



- [26] 柬中时报. 金港高速公路施工进展顺利[EB/OL]. (2020-03-03) [2022-04-28]
<https://cc-times.com/posts/8521>.
- [27] 搜狐网. 文莱大摩拉岛大桥“一带一路”上的中国桥梁名片[EB/OL]. (2021-09-30) [2021-10-11]. https://www.sohu.com/a/235996171_317644.
- [28] 段振超, 梁丰. 文莱 PMB 大桥引桥节段梁拼装施工关键技术[J]. 西部特种设备, 2020, 3 (01): 48-52.
- [29] 梁丰, 段振超, 白建伟. 文莱 PMB 大桥中墩顶预制施工技术研究[J]. 现代交通技术, 2017, 14 (04): 63-65.
- [30] 张立群, 王玉东, 齐勇. 恒逸(文莱)项目二期模块化建造可行性分析[J]. 石油化工建设, 2020, 42 (01): 22-23.
- [31] 新华社. 通讯: 中企承建克罗地亚佩列沙茨跨海大桥成功合龙[EB/OL]. (2021-07-30) [2021-10-11]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/30/content_5628371.htm#1.
- [32] 澎湃网. 克罗地亚总理见证! 佩列沙茨大桥顺利合龙[EB/OL]. (2021-07-30) [2021-10-11]. https://m.thepaper.cn/baijiahao_13830438.
- [33] 中交二公局. 保护地球, 二公局人想出这些妙招! [EB/OL]. (2022-04-22) [2022-06-28]. <https://mp.weixin.qq.com/s/19vcJwYmt0xIdnDnk05M5w>.
- [34] 新浪网. 亚洲最堵车的城市, 面积仅 360 平方千米, 交通拥堵却相当严重! [EB/OL]. (2022-03-18) [2022-06-28].
https://k.sina.com.cn/article_7453483287_1bc4321170010111h4.html.
- [35] 刘春涛. 中国交建卡纳普里河底隧道项目右线隧道开始掘进[EB/OL]. (2020-12-15) [2022-03-10].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1686139754540030515&wfr=spider&for=pc>.
- [36] 刘春涛, 张凤华. 中国“重器”助力孟加拉国首条水下隧道建设[EB/OL]. (2020-08-03) [2022-03-10].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1674001583622183892&wfr=spider&for=pc>.
- [37] 中国对外承包工程商会. 孟加拉国卡纳普里河底隧道项目营地[J]. 国际工程与劳务, 2021, (06): 10-11.
- [38] 程星. 中国技术助力破解工程项目难题为共建一带一路注入硬核力量[EB/OL]. (2020-07-09) [2022-03-10].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1672617922705257610&wfr=spider&for=pc>.
- [39] 周鑫, 沙梅. “一带一路”视野中的希腊比雷埃夫斯港[EB/OL]. (2019-05-09)



- [2021-10-13]. <http://www.chinaports.com/portlspnews/56dfa02d-1283-4c9b-ab84-085c40f30827>.
- [40] 搜航. 比雷埃夫斯港 Port of Piraeus[EB/OL]. (2018-06-17) [2021-10-13]. <https://www.sofreight.com/ports/gr/grpir>.
- [41] 搜航. Top10-欧洲十大最繁忙集装箱港口[EB/OL]. (2021-08-09) [2021-10-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1707598571467126590&wfr=spider&for=pc>.
- [42] 朱敏, 刘会民. 比雷埃夫斯港: 中希合作的典范[EB/OL]. (2019-11-12) [2021-10-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1649953861394393577&wfr=spider&for=pc>.
- [43] 鲁阳. 评估比雷埃夫斯港作为“一带一路”倡议下枢纽港的影响[J]. 中国水运, 2020, (05): 14-17.
- [44] 中远海运. 比港参与的欧盟绿色 C 港口项目荣获国际大奖[EB/OL]. (2020-07-16) [2022-03-20]. https://www.sohu.com/a/408016085_672776.
- [45] 观察者网. 中国接管后希腊比雷埃夫斯港集装箱吞吐量全球排名跃升 57 位[EB/OL]. (2018-09-24) [2021-10-14]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1612474182195690411&wfr=spider&for=pc>.
- [46] 新华网. 一带一路好通道: 东非第一大港蒙巴萨港[EB/OL]. (2017-01-14) [2021-10-14]. http://www.xinhuanet.com/photo/2017-01/14/c_1120311295.htm.
- [47] 中国水运报. 树立在肯尼亚的“中国品牌”[EB/OL]. (2019-05-15) [2021-10-15]. http://info.chineseshipping.com.cn/cninfo/News/201905/t20190515_1320508.shtml.
- [48] 中国交通建设集团有限公司. 为蒙巴萨港再造一片红树林[EB/OL]. (2020-07-22) [2021-10-25]. https://www.ccccltd.cn/zt/xjptszsysx/gzsc0428/202006/t20200622_115737.htm.
- [49] 程是颀, 韩硕, 闫韞明, 等. 共建“一带一路”: 深化港口合作, 促进贸易畅通[N]. 人民日报, 2022-02-20(3).
- [50] 唐璐, 朱瑞卿. 特写: “中资企业追求环境友好让我自豪”——科伦坡国际集装箱码头“油改电”获赞[N/OL]. 新华网, (2018-08-16) [2022-08-05]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1608945343433701216&wfr=spider&for=pc>.
- [51] About Hungary. Hungary's largest electric vehicle charging station inaugurated in Sormás[EB/OL]. (2018-11-28) [2021-11-05].



- <https://abouthungary.hu/news-in-brief/hungarys-largest-electric-vehicle-charging-station-inaugurated-in-sormas>.
- [52] 环球匈牙利. 匈牙利电动汽车充电点的数量将成倍增加[EB/OL]. (2021-07-02) [2021-11-05]. <https://mp.weixin.qq.com/s/mQrKQrv5aJ84zvCQjQ7tEw>.
- [53] 翟朝辉. 行业巨头纷纷在匈设立电动车生产工厂 匈牙利加快发展电动汽车[EB/OL]. (2018-08-11) [2021-11-05]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201808/11/t20180811_30003332.shtml.
- [54] About Hungary. Hungary's public transport system goes green [EB/OL]. (2019-07-09) [2021-11-05]. <https://abouthungary.hu/news-in-brief/hungarys-public-transport-system-goes-green>.
- [55] 匈牙利新导报. 匈牙利绿色公交车计划, 预计十年内将更换半数公交车[EB/OL]. (2020-08-22) [2021-11-05]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1675715497681833089&wfr=spider&for=pc>.
- [56] About Hungary. Mercedes-Benz to add electric vehicles to Hungarian production line [EB/OL]. (2020-12-15) [2021-11-05]. <https://abouthungary.hu/news-in-brief/mercedes-benz-to-add-electric-vehicles-to-hungarian-production-line>.
- [57] 环球网. 宝马宣布在匈牙利建新厂欲年产 15 万辆电动汽车 [EB/OL]. (2018-08-01) [2021-11-05]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1607580916791219994&wfr=spider&for=pc>.
- [58] 电车汇. 比亚迪助力打造匈牙利历史文化名城首批纯电动大巴车队[EB/OL]. (2020-08-03) [2021-11-05]. https://www.sohu.com/a/411224460_320146.
- [59] 搜狐. 首辆“中匈合作”纯电动巴士开进匈牙利塞克什白堡[EB/OL]. (2018-12-21) [2021-11-05]. https://www.sohu.com/a/283519233_100041718.
- [60] 杜鑫. 全球首发! 中国中车搭载智慧电池的“新巴客 2.0”亮相欧洲[EB/OL]. (2019-10-19) [2021-11-05]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1647800336373919177&wfr=spider&for=pc>.
- [61] 匈牙利新导报. 【匈牙利大力支持零排放运输】混合动力新车销量全欧增长最快[EB/OL]. (2021-02-14) [2021-11-05]. <https://mp.weixin.qq.com/s/15PzUqfSdWty5cec0fIekQ>.
- [62] 智车派. 土耳其投资 37 亿美元成立电动汽车公司 2022 年发新车[EB/OL]. (2019-12-31) [2021-11-07]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1654418146069056245&wfr=spider&for=pc>



- [63] 商海九洲. 土耳其专栏|伊斯坦布尔市内交通指南[EB/OL]. (2019-10-18) [2021-11-07]. <https://mp.weixin.qq.com/s/PPAsg6eeAzvro-K0Ko2BCg>.
- [64] 盖尔建筑师事务所. 伊斯坦布尔——一座可达的城市, 一座以人为本的城市[R]. 伊斯坦布尔: 盖尔建筑师事务所, 2015.
- [65] 中国远洋海运报. 中远海运港口旗下土耳其 Kumport 码头获土耳其交通海事通讯部首批颁发“绿色港口”证书[EB/OL]. (2017-07-04) [2021-11-07]. <https://mp.weixin.qq.com/s/RRs275nG59QjirXN06mpXg>.
- [66] 央广网. 中方收购的土耳其 KUMPORT 码头的绿色理念[EB/OL]. (2018-02-02) [2021-11-07]. http://news.cnr.cn/2018zt/xwzyxhc/jzgc/20180202/t20180202_524122102.shtml
- [67] 罗兆广. 新加坡——绿色出行与一体化城市交通体系[J]. 城市公用事业, 2012, 26 (02): 7-10.
- [68] 李满. 新加坡多项措施发展“绿色交通”[N]. 经济日报, 2009-08-26 (007).
- [69] 沙永杰, 纪雁, 陈婉婷. 新加坡公共交通规划与管理[J]. 国际城市规划, 2021, 36 (01): 142-147.
- [70] 牛韶斐. 基于绿色 TOD 理念的轨道交通站域建成环境研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.
- [71] 参考消息. 全长 4000 公里! 智利打造“充电公路”力推电动车战略[EB/OL]. (2021-09-07) [2022-06-15]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1710194921024844205&wfr=spider&for=pc>.
- [72] 金融界. 智利新增 150 台纯电动大巴 比亚迪市占率达 65%[EB/OL]. (2020-06-29) [2022-06-15]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1670831754857472348&wfr=spider&for=pc>.
- [73] 尹南. 智利打造拉美第一条电动公交走廊[EB/OL]. (2019-10-16) [2022-06-15]. <https://new.qq.com/omn/20191016/20191016A0LW8800.html?pc>.
- [74] 中国经济网. 中企助力智利推广绿色交通[EB/OL]. (2020-07-10) [2022-06-15]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1671800306516571651&wfr=spider&for=pc>.
- [75] 第一商用车网. 驱动圣罗莎“电动化走廊”, 70 辆福田纯电动公交车驶入智利圣地亚哥大都会区[EB/OL]. (2022-05-06) [2022-06-15]. <http://m.cvworl.d.cn/news/bus/kcck/220506/199823.html>.
- [76] 中国新闻网. 美洲开发银行: 智利圣地亚哥骑车出行人数拉美第二高[EB/OL].



- (2018-04-26) [2022-06-15]. https://www.sohu.com/a/229559935_123753.
- [77] 驻智利经商参处. 租赁单车和滑板车在圣地亚哥持续增长[EB/OL]. (2019-07-04) [2022-06-15].
<http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj1/1/201907/20190702878629.shtml>.
- [78] 参考消息. 外媒: 摩拜单车进入智利首都圣地亚哥 正式落地南美洲[EB/OL]. (2018-03-09) [2022-06-15].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1594408786117495101&wfr=spider&for=pc>.
- [79] 潇湘晨报. 智利圣地亚哥机场将成拉美首个“绿氢机场”[EB/OL]. (2022-06-14) [2022-06-15].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1735597000211784784&wfr=spider&for=pc>.
- [80] 岳梦迪, 周正韵. 推动“一带一路”交通类基础设施兼顾生物多样性保护[EB/OL]. (2021-10-30) [2022-06-15].
<http://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/4217.htm>.