

“一带一路”沿线公路交通基础设施发展战略研究

雷洋¹, 马军海², 张玉春³, 黄承锋¹, 周建庭¹, 吴宏波⁴

(1. 重庆交通大学, 重庆 400074; 2. 中国交通建设股份有限公司, 北京 100088; 3. 西南交通大学, 成都 610031;
4. 中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司, 北京 100088)

摘要: “一带一路”陆上沿线地区经济、社会和自然环境具有多样性和复杂性, 实现“一带一路”公路基础设施的互联互通, 存在诸多制约因素和挑战, 亟需战略层面的研究和指引。本文基于大量的调研和专题研究, 对“一带一路”陆上主要经济走廊的公路发展进行综合评估, 梳理和归纳沿线公路建设面临的制约因素; 结合战略思维和技术方案, 提出总体建设和推进思路: 以需求和基础定走向, 以走向定自然和环境障碍, 以自然和环境障碍定关键工程, 以关键工程定技术解决方案, 在此基础上, 形成“一带一路”陆上主要走廊公路基础设施发展路径和重大工程建议; 在战略实施过程中, 结合评估关键控制工程的难易程度和资金需求量提出建设先后时序, 针对项目本身的社会经济环境, 制定可行的融资方案和运营方案。

关键词: “一带一路”; 公路; 工程科技; 基础设施

中图分类号: U2-9 **文献标识码:** A

Development of Highway Transport Infrastructure along the Belt and Road

Lei Yang¹, Ma Junhai², Zhang Yuchun³, Huang Chengfeng¹, Zhou Jianting¹, Wu Hongbo⁴

(1. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. China Communications Construction Co., Ltd., Beijing 100088, China; 3. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 4. CCCC Highway Bridges National Engineering Research Centre Co., Ltd., Beijing 100088, China)

Abstract: The economic, societal, and natural environments of the Belt and Road countries are diversified and complex, which brings numerous constraints to the highway traffic infrastructure connectivity along the route. And the connectivity currently requires strategic research and guidance. Based on abundant investigations and special studies, this paper comprehensively evaluates the highway development of major economic corridors, and summarizes the constraints faced by highway construction along the route. It also proposes an overall construction and promotion idea, from the aspects of strategic thinking and technical solutions. The needs and foundations determine the direction of a highway, the direction determines the natural and environmental barriers, the barriers determine the key projects, and the key projects determine technical solutions. Based on this, development paths and key engineering proposals for the highway traffic infrastructure of main economic corridors along the Belt and Road can be formed. For specific implementation, a construction sequence should be proposed after evaluating the complexity and capital requirement of key control projects; and feasible financing and operating plans should be formulated based on the social and economic environments of the projects.

Keywords: the Belt and Road; highway; engineering technology; infrastructure

收稿日期: 2019-06-17; 修回日期: 2019-06-25

通讯作者: 黄承锋, 重庆交通大学教授, 主要从事交通运输发展战略研究; E-mail: zhenwushanxia@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“工程科技支撑‘一带一路’建设战略研究”(2017-ZD-15); 中国交通建设科技研发项目“‘一带一路’公路交通基础设施发展战略研究”(2018-ZJKJ-19)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

“一带一路”倡议是中国为了推动经济全球化深入发展而提出的国际合作新模式 [1]。基础设施互联互通是“一带一路”建设的优先领域。“一带一路”陆上以亚欧大陆为重点,依托综合交通干线的经济集聚和辐射功能,陆上共同打造六大经济走廊。“一带一路”陆上沿线国家和地区,普遍存在交通不便利、基础设施相对落后的情况,要想加快经济发展,必须搞好包括公路在内的交通基础设施建设。公路交通灵活方便,具有独特的技术经济优势,公路交通基础设施建设是实现“一带一路”陆上互联互通的关键,打通“一带一路”沿线的缺失、瓶颈路段,提升沿线公路基础设施水平,有助于改变目前制约“一带一路”沿线国家深化合作的基础设施薄弱环节。“丝绸之路经济带”由欧亚大陆上 50 多个国家组成和支撑,这些国家在政治、经济、文化、宗教、地理自然条件等方面具有复杂性和多元化特征 [2],实现“一带一路”公路基础设施的互联互通,存在诸多制约因素和挑战,亟需战略层面的研究和指引。

二、“一带一路”沿线陆上主要走廊公路基础设施互联互通现状评估

(一) 中巴经济走廊公路设施互联互通

(1) 可达性。1978 年喀喇昆仑公路建成,2015 年 9 月喀喇昆仑公路扩建通车,喀什到瓜达尔港已经整体联通,部分公路在改扩建。

(2) 可靠性。喀喇昆仑公路沿线山峦叠嶂,雪峰林立,地震断裂发育,存在山体滑坡、雪崩和泥石流等灾害 [3],每年夏季是自然灾害高发时期,改扩建后受害几率减小,公路基础设施的可靠性逐步提高。

(3) 经济性。喀喇昆仑公路全线设计时速多为 40~60 km/h,部分路段时速可达 100 km/h,改扩建后有效减少了物流时间和运输成本。

(二) 孟中印缅经济走廊公路设施互联互通

(1) 可达性。修建于第二次世界大战期间的史迪威公路是孟中印缅地区公路联通的历史典范,处于年久失修状态。2007 年 4 月中国腾冲至缅甸密支

那二级公路通车,中国和印度陆上公路联通具有硬件可行性,目前中缅公路(昆明—仰光)可通行,整体路况不佳。孟中印缅公路通道主要有北线、南线和中线三条。

(2) 可靠性。中国段昆明至腾冲已经全部高速化,腾冲至猴桥高速公路于 2017 年 3 月动工,预计 2020 年完工;缅甸、印度以及孟加拉国三国在走廊区域内的道路以三级公路为主。总体上看,孟中印缅经济走廊公路频繁穿越山川、谷地和河流,公路技术等级和地质条件较差,线形较差,受到自然环境和灾害影响较大。

(3) 运输效能。中国长期保持缅甸第一大贸易伙伴、第一大出口市场和第一大进口来源国地位,中缅边贸主要以公路汽车运输为主。孟中印缅经济走廊中边贸需求较大,但是受限于公路口岸的通关能力和国际公路的技术等级,因此,公路运输能力和效率有待提升。

(三) 中蒙俄经济走廊公路设施互联互通

(1) 可达性。中蒙俄经济走廊有满洲里、二连浩特和策克三个主要国际交流合作口岸。公路通道主要走向及关键节点有:大连—满洲里—乌兰巴托—莫斯科、北京—二连浩特—乌兰巴托—莫斯科,以及西安—策克—乌兰巴托—莫斯科等。

(2) 可靠性。蒙古国和俄罗斯远东地区公路交通基础设施落后。蒙古国公路铺装率较低,大量路段年久失修,路况较差。

(3) 运输效能。中蒙俄经济走廊的两条主要通道集中在我国东部地区和蒙古国东部地区,无法全方位辐射蒙古国。蒙古国西部大量的煤炭产品外运不便。中国西南、西北地区的产品出口蒙俄需要绕道二连浩特,运输成本较高。俄罗斯远东地区的交通基础设施难以有效支撑陆海空综合物流系统,既造成了该地区经济发展的孤立,也影响俄罗斯衔接欧亚的过境运输能力。

(四) 中国—中南半岛经济走廊公路设施互联互通

(1) 可达性。①昆明—磨憨—磨丁—纳堆—万象公路于 2002 年全线贯通,全长超过 1660 km,其中我国境内路面全部实现沥青铺装,老挝境内以三级公路为主。②昆曼国际公路全长为 1880 km,东起昆玉高速公路入口,止于泰国曼谷。2013 年

12月会晒大桥正式贯通，横跨三个国家的昆曼大通道正式全线无缝连接。③昆明—河口（中国）—老街—河内公路。2013年10月云南锁蒙高速公路正式运营，标志着昆明至河口高速公路全线通车，全长为79 km。④南宁—凭祥友谊关—谅山—河内公路。2005年12月，我国第一条连接东盟国家的高速公路——广西南宁至友谊关高速公路建成通车。谅山到河内高速公路正在建设中，全长为155.7 km，起点为河内清池桥，终点为谅山友谊口岸。

（2）可靠性。中国—中南半岛经济走廊公路基础设施互联互通度较高，并且公路等级较高，技术状况良好，依托传统公路口岸开展贸易和运输具有较好的历史基础。

（3）运输效能。①昆明—万象公路全长为1660 km，公路全程行驶时间大约需要24 h。昆明至老挝琅勃拉邦开设有国际班车，公路全程行驶时间大约需要20 h。②昆明—万象—曼谷高速公路全长为1880 km，不考虑通关时间，大约需要30 h，作为国际物流通道，运输效能较高。③南宁—凭祥友谊关（公路口岸）—谅山—河内公路全长为400 km，不考虑通关时间，大约需要7 h，运输效率较高。

三、“一带一路”沿线公路基础设施发展面临的制约因素

第一，“一带一路”沿线公路交通基础设施建设受合作国家的政治、经济和社会稳定性影响较大。“一带一路”沿线各国在政治、经济、文化和宗教上存在较大差异，地缘政治错综复杂，部分国家动荡不稳，不同党派对华政策也不尽相同。公路建设投资大且周期长，易受沿线国家的政治和市场风险影响。同时，“一带一路”沿线也存在一些恐怖主义、跨国犯罪等非传统不安全因素 [4]，这些不安全因素给“一带一路”沿线公路交通基础设施的建设、运营带来了安全隐患，增加了沿线地区合作的难度和成本。

第二，“一带一路”倡议涉及的国家和地区经济发展不均衡，公路项目融资难度大。“资金融通”是交通基础设施建设项目的重要支撑，“一带一路”倡议涉及的国家和地区众多，不同国家的经济发展水平和市场开放程度差别显著。不少区域基础设施

建设落后、线路规划欠合理、电力短缺、生产资料相对缺乏、法律法规和信用体系不健全等，给公路交通基础设施建设的推进带来了很大阻碍，导致公路交通设施建设面临投资模式单一、融资难度大、市场风险大等问题。

第三，沿线地区公路建设技术标准不统一、规划协调不足，发展蓝图缺乏对接。在“一带一路”沿线国家和地区中，各地区在公路规划、设计、技术、施工、采购、安装、管理等多个领域的标准差异较大，跨国公路交通基础设施合作项目缺少共同的规划与发展蓝图。国际公路运输也存在协调不足、流程标准不一、通关手续繁多、运营成本高、执法互认度低等问题。

第四，“一带一路”沿线公路交通建设面临复杂的自然条件和恶劣气候挑战，技术难度高。沿线公路建设不仅面临高温、极寒等恶劣天气，也会遇到艰险复杂山区、膨胀土、沙漠等特殊地质和生态脆弱地区建设条件的挑战。施工技术和安全问题是“一带一路”公路基础设施建设面临的重大问题。这些不利条件严重制约着我国与沿线各国公路交通基础设施互联互通的进一步发展。

四、“一带一路”沿线公路基础设施的发展目标和策略

（一）总体目标

构建“一带一路”沿线公路交通运输体系，服务于国家“一带一路”倡议，以公路交通运输促进沿线国家与地区的设施联通、贸易联通、民心相通，打造区域命运共同体。

（二）发展原则

（1）统筹规划，综合发展。充分利用公路运输的便捷性和灵活性，合理配置、集约利用公路交通运输资源，考虑其他运输衔接，统筹交通、经济、人口、产业和生态环境，促进沿线国家地区的设施联通、贸易联通、民心相通。

（2）立足现有，提升能力。充分利用“一带一路”沿线国家和地区的现有公路交通运输网络，依据现有公路通道的可达性、可靠性和运输效能，进行既有公路通道的改扩建和能力提升。

（3）聚焦关键，构建路网。聚焦枢纽城市和口

岸、港口、机场等关键节点，建设关键工程和重点项目，打通关键通道的缺失路段，畅通瓶颈路段，构建骨干高速路网，实现“一带一路”沿线国家和地区高效互联互通。

(4) 交流对接，共同发展。以公路建设为契机，促进沿线国家公路运输网络建设以及技术交流和标准对接，实现优势互补和共同发展。

(三) 推进策略

根据“一带一路”倡议，结合公路运输技术经济属性，重点考虑中蒙俄、中巴、孟中印缅、中国—中南半岛等四个经济走廊的公路基础设施发展规划和建设问题。陆上公路国际大通道总体建设和推进思路设定如下：以需求和基础定走向，以走向定自然和环境障碍，以自然和环境障碍定关键工程，以关键工程定技术解决方案。策略包含五个方面：①根据主要经济走廊规划部署建设方向，与其他交通方式形成合力；②根据社会经济活动指标，识别走廊中枢纽和节点性城市，匹配交通需求；③以关键性公路口岸为抓手，积极促成技术标准统一或协调，宣传中国公路标准；④综合运用技术和管理手段，提升既有公路线路的运行能力和可靠度；⑤优先实现关键性节点城市的联通，形成支撑经济带的骨干公路网。

五、“一带一路”沿线陆上主要走廊公路基础设施发展路径和重大工程建议

(一) 中巴经济走廊

(1) 发展路径。针对中巴经济走廊公路交通基础设施使用条件恶劣、极端环境影响大的特点，以乌鲁木齐、喀什作为区域性公路枢纽节点，重点规划雷克特—伊斯兰堡（KKH 二期）公路、卡拉奇至拉合尔高速、伊斯兰堡—德拉伊斯梅尔汗—苏拉布国道，打通中巴经济走廊缺失路段，提升喀喇昆仑公路的技术等级，考虑未来建设中巴高速公路可行性，构建面向南亚和西亚的公路网络，重点建设南北向公路网，以拉合尔至卡拉奇高速为核心，高效联通瓜达尔港，构建便捷出海公路通道，强化国防和物流功能。

(2) 重大工程建议。喀什（中国）—伊斯兰堡（巴基斯坦）一级公路项目，按照一级公路技术标准升

级喀喇昆仑公路，提升中巴经济走廊公路通道的可靠性和通行效率。

(二) 孟中印缅经济走廊

(1) 发展路径。针对孟中印缅经济走廊公路通道“联而不通、通而不畅”的主要问题，重点解决现有公路的等级偏低问题，对有条件的路段进行升级改造，并积极拓展融资渠道，聚焦通道沿线重要节点性城市之间的骨干高速路网，重点规划发展三大关键公路通道：①昆明—瑞丽—曼德勒—仰光国际高速公路；②缅甸密支那—印度雷多国际公路提升项目（二级公路改造工程）；③曼德勒—皎漂—达卡等级公路建设工程。以重点口岸为抓手，提升公路技术等级，优先建设发展孟中印缅国际公路通道南线方案，提升互联互通联通水平。加强政治互信，提升营商环境，通过能源通道项目助推公路互联互通建设。

(2) 重大工程建议。推进昆明—瑞丽—曼德勒—仰光国际高速公路项目，可升级现有的低等级公路通道，构建快速、便捷和可靠度高的国际高速公路通道。

(三) 中蒙俄经济走廊

(1) 发展路径。针对中蒙俄经济走廊中蒙古国和俄罗斯远东地区公路交通基础设施落后的问题，聚焦大连—满洲里—乌兰巴托—莫斯科、北京—二连浩特—乌兰巴托—莫斯科、西安—策克—乌兰巴托—莫斯科三大公路通道，充分利用满洲里、二连浩特和策克三个主要口岸，提升二连口岸、满洲里口岸既有路线的技术等级，新建策克公路口岸的重载公路，提升公路口岸的通关效率，对接蒙古国重型煤炭运输车辆，降低换装效率损失，增强中蒙俄经济走廊公路运输的竞争力和吸引力。

(2) 重大工程建议。论证策克（中国）—达兰扎德嘎德（蒙古国）高等级公路项目，蒙古国南戈壁省的省会达兰扎德嘎德是蒙古中南部的重要交通枢纽，联通策克口岸与达兰扎德嘎德，可以极大方便并加强我国内蒙古中西部地区与蒙古国之间的经贸往来，加强能源开发与利用合作。

(四) 中国—中南半岛经济走廊

(1) 发展路径。针对中国—中南半岛经济走廊

公路基础设施互联互通度和运输效能较高的现状，应充分利用部分既有公路，强化国防和物流功能，提升中国和老挝、中国和越南公路口岸的通过效率，以昆明、南宁为区域性公路枢纽节点，优化中国—中南半岛国际公路通道走向，重点建设昆明—河口（中国）—老街（越南）—孟赛（老挝）国际公路通道，缩短关键口岸间的距离，构建面向东南亚的公路网络，提高国际公路的运输竞争力，畅通便捷出海公路通道。

（2）重大工程建议。推进昆明—河口（中国）—老街（越南）—孟赛（老挝）国际高速公路项目，优化中国、越南与老挝北部、中部的公路网，为推动次区域合作向纵深发展提供公路交通运输支持。

六、“一带一路”沿线公路融资建设模式与运营策略

（一）融资建设模式

“一带一路”融资需求特点有：①融资需求量大；②收益不稳定，投资回收期长；③涉及多国和多币种的合作；④公路交通基础设施融资需求迫切，并具有持续性。参与“一带一路”跨境公路交通基础设施建设，为中国企业“走出去”提供了前所未有的巨大机遇，但同时也伴随着不可忽视的显性或隐性风险，为中国企业带来诸多挑战。

对于一些与中国关系长期稳定友好，经济社会发展前景好，但现阶段发展水平较低、资金匮乏的

国家，可根据所在国需要，采用建设—经营—转让/公私合营（BOT/PPP）、融资+设计+建造+运营管理、融资+设计+建造等模式开展公路交通基础设施项目建设。对于现阶段发展水平较低，急需资金改善交通基础设施，但长期政治风险较大、政策不稳定的国家，可采用融资+设计+建造+运营管理、融资+设计+建造等模式开展公路交通基础设施项目建设。对于一些现阶段基础设施落后，技术体系不完善，但自身资金充足的国家，适宜采用设计+建造+运营管理（EPC+O，DBO）、设计+建造（EPC，DB）等模式开展公路项目建设，推荐所在国在项目建设中采用中国标准。对于少数发展水平较好、技术标准体系完善的国家，考虑到可能对中国标准认可度低等因素，中国企业可以采取EPC总承包、DB总承包的模式进行工程项目的实施。

（二）运营策略

根据项目的功能定位以及融资模式，公路交通基础设施的运营可以分为政府垄断性经营、政府有竞争经营、公私合营以及完全私营等四种类型（见表1）。“一带一路”沿线国家和地区经济发展不平衡，公路交通基础设施的运营管理受交通基础设施建设资金来源的影响较大，公路交通基础设施运营模式应结合工程建设采用的投融资模式选取适用的模式。具体而言：①采用建设融资+设计+建造+运营管理等模式的公路交通基础设施项目，其运营管理可采用特许经营模式，即项目建设完全由私

表1 “一带一路”沿线公路交通基础设施多种运营模式比较

模式	资金来源	运营管理部门	优点	缺点	适用条件
政府建设、政府垄断经营	中央和地方各级政府的拨款及补贴	当地政府的下属企业直接运营管理	体现了交通运输的福利性	没有市场竞争，效率低下，政府财政压力大	客流量小，经济能力强大
政府建设、政府有竞争经营	各级政府拨款、发行公司债券	多家国有公司竞争性经营	体现了交通运输的福利性，同时竞争的存在有利于提高服务水平	政府直接控制下的管理模式，政府干预过多，可能存在效率低下问题	有一定客流量，可通过一定的财政补贴实现盈利
政府投资公私合营	政府拨款、商业贷款、民间投资、交通债券	公私合作的公司运营管理，政府干预占主导	能缓解政府资金不足问题，加快交通基础设施发展；发挥企业优势，提高运营效率	政府考虑社会公共利益目标，而企业追求利润最大化；政府可能履约失信；企业追求利润，可能不会持续提供公共产品与服务	有很大的客流量，混合经济较多，投融资渠道通畅
私营模式	完全私人投资	私人公司运营管理	政府无风险和财政压力，可充分激发私人投资者严格控制建设和运营成本	以利润为目标，增加通行费用	客流量大，政府财政很弱

人投资,私人公司进行运营管理,经营所得归私人投资者所有;②对于采用EPC+O, DBO、EPC, DB等模式开展公路项目可以采用委托经营的运营管理模式,即政府提供建设资金,项目建成后,寻求一家水平高的公路运营管理公司代为运营管理,运营收入归项目公司所有,项目公司负责运营管理公司的日常运营开支和管理费用;③对于少数自身资金充裕、技术体系完善的国家,政府全部投资的公路项目,政府拥有控制权,可以实行国家直接管理模式。

七、“一带一路”沿线公路基础设施建设关键问题及应对策略

(一) 工程技术难题

通过历史资料和案例分析发现,“一带一路”沿线主要陆上走廊公路基础设施建设在自然地理方面需克服的难点有以下四类。

(1) 高寒高海拔地区公路冻土问题。中国西藏和新疆、巴基斯坦、尼泊尔均存在冻土问题,将会导致路基沉陷、波浪,路基纵向裂缝、翻浆和沥青路面开裂等病害。

(2) 地震多发。中巴经济走廊穿越帕米尔高原地震带、孟中印缅经济走廊位于地中海—喜马拉雅地震带,均处于地震高风险区。地震可能导致的公路交通基础设施主要破坏形式有:①支挡结构物垮塌、开裂;②路基沉陷掩埋;③边坡垮塌、开裂。

(3) 滑坡、泥石流等地质灾害。巴基斯坦北部段泥石流地质灾害分布密集,灾害频发;孟中印缅经济走廊国内云南段、缅甸若开山高山峡谷地区滑坡、泥石流灾害风险高。滑坡、泥石流等可能造成的公路交通基础设施破坏类型主要有:①滑坡灾害:摧毁公路阻断交通、地下水渗出引起路面翻浆、滑坡挤压公路;②泥石流灾害:淤埋、冲毁、漫流改道、磨蚀、阻塞河道等;③崩塌:砸毁路面路基、砸毁桥梁结构物、路面掩埋、道路中断。

(4) 洪水灾害。中巴经济走廊巴基斯坦东线(拉合尔至卡拉奇)位于印度河平原,洪水爆发频率高;孟中印缅经济走廊的孟加拉国位于恒河三角洲,是恒河和布拉马普特拉河入海口,河流众多,河网密

集,且属于热带季风气候,洪水灾害为主要自然灾害。洪水灾害对公路交通基础设施可能造成的主要破坏形式有:路面冲刷、路基侧蚀坍塌、桥梁冲毁和公路淹没等。

(二) 技术及工程管理应对方案

随着中国基础设施建设的高速发展,以及西部地区交通建设的推进,在青藏高原高寒山区的公路工程、铁路工程,以及西北高寒、风沙区兰新高铁的施工中积累了丰富的施工经验,一些新技术的成功应用保证了特殊地区的工程顺利完工。针对特定地区、特殊环境下的工程难题,我国工程界目前已经形成相对完备的技术应对方案(见表2),这些相对成熟的技术方案,可以为“一带一路”主要陆上走廊公路基础设施建设提供技术指引。

在“一带一路”战略背景下,国际工程项目的交流与合作将会更加频繁,陆上公路国际通道的构建将带来大量的基础设施项目的投资,“一带一路”主要陆上走廊公路建设具有路线长、影响因素多、途径地区地形复杂等特点,属于大型跨国工程,其项目管理模式需结合国内外类似工程案例,并根据通道自身的特点建立。

(三) 标准对接

技术标准竞争作为一种新的竞争方式,日益成为国际建设工程领域首要的和基本的竞争形式,只有掌握了标准的话语权,才能掌握市场的主动权[5]。我国交通运输行业通过科技创新、成果应用和运营实践,在交通装备、交通信息化与智能化、交通安全和交通基础设施等方面的技术创新取得了重大突破,形成一系列的新技术、新工艺,并取得了一批标志性的重大科技成果,极大地提升了我国交通运输业的核心竞争力和可持续发展能力。这些新技术、新工艺是实施“标准国际化”的重要抓手和突破点,因此,我国应尽快制定相关技术标准的知识产权管理办法,推动我国交通企业专利技术标准化的运作和实施;开展优势技术分析,列项开展标准化研究,确定可以制定具有优势技术的标准项目,与国际、区域相关技术标准对比分析,包括了解是否已经有相关标准和

事实性的国际标准，研究分析制定国际标准的可行性，加强中国交通工程建设标准背后的理论研究，及时吸纳国外标准的先进技术，加强中国标准在环保、安全、以人为本等方面的竞争优势，努力形成新的国际标准，发挥后发优势，以新技术引领新标准，实施“技术专利化、专利标准化、标准国际化”战略。

“一带一路”沿线国家和地区公路标准种类繁多（见表3），在推进公路基础设施互联互通中，需要考虑标准对接和协调问题，同时，还需要充分展示和宣传中国标准，助推中国标准的国际化，提升中国标准话语权。中国交通基础设施建设标准已成体系并进入先进行列，“一带一路”建设为中国标准“走出去”提供了机遇，可行的标准对接方式包括：①直接应用中国标准；②中国标

准与所在国标准融合，制定属地化标准；③推动共同制定国际标准。

八、“一带一路”沿线公路交通基础设施发展保障政策

（一）公路交通基础设施建设融资平台建设

在公路交通基础设施项目投融资、工程推进方面，需要充分遵守市场规律，根据项目的不同属性和功能定位，充分利用多种融资渠道，加强对包括各国内部金融资源、沿线国家之间的金融资源互通以及域外第三方资源在内的商业性、开发性和政策性金融资源的统筹。鉴于“一带一路”沿线区域地域广、域外影响因素多的特点，在统筹金融资源时必须将域外第三方资源考虑在内，尤其是拥有丰富

表2 工程难题及关键施工技术

工程难题	针对区域特点的应对措施
多年冻土、地处青藏高原高寒山区、地质灾害多发	多年冻土地区路基施工技术：石气冷措施、热棒路基技术；高原隧道施工技术：高海拔山区隧道通风供氧技术；高原高寒地区混凝土施工技术：隔热保温措施、耐久混凝土设计技术；地质灾害防治技术措施：防护网施工、挡土墙施工、锚杆框架技术
多年冻土、需穿越峡谷高山地区，其中西藏西北部与印度交界地区需穿越喜马拉雅山脉	多年冻土地区路基施工技术（同上）；高原隧道施工技术（同上）；高原高寒地区混凝土施工技术（同上）；地质灾害防治技术措施（同上）；高寒山区桥涵基础施工技术：明挖基础施工技术、钻孔灌注桩技术、桥梁抗震措施；高山峡谷地区桥梁施工技术：超大跨径悬索桥施工技术
地震多发	减隔震设计与防护措施
洪水灾害	①峡谷河段采用浸水挡土墙、石砌护坡、浆砌块石、片石护坡防护，冲刷严重并伴有严重侧蚀路段，采用重力式挡土墙防护并根据挡墙位置和水流流向设置格宾石笼护脚、丁坝、顺坝；②平原段采用提高路基高度、硬化路肩、浸水挡墙等措施。平原段洪水流速较峡谷段缓，冲刷能力相对较弱，治理难度较低
沙漠地区路基填筑与压实、路线本体与两侧防沙	路基施工技术：沙漠低含水量风积沙公路路基填筑施工技术、双驱振动压路机压实工艺；路线本体防护技术：卵石防护、黏土防护、草皮防护、化学固化剂防护；路线两侧防护措施：设置沙障、安装防沙栅栏、植树造林植被防护

表3 “一带一路”沿线主要陆上走廊公路建设标准应用现状

通道名称	沿线主要国家公路标准比较			
中蒙俄经济走廊	俄罗斯	蒙古	中国	—
	俄罗斯标准	欧美标准	中国标准	—
新亚欧大陆桥经济走廊	德国	波兰、白俄罗斯	俄罗斯、哈萨克斯坦	中国
	德国标准	欧洲标准	俄罗斯标准	中国标准
中巴经济走廊	巴基斯坦	中国	—	—
	英国标准	中国标准	—	—
孟中印缅经济走廊	孟加拉国	中国	印度	缅甸
	英国标准	中国标准	英国标准	英国标准
中国—中南半岛经济走廊	中国	越南	柬埔寨	泰国、马来西亚
	中国标准	美国标准	法国标准	英国标准

金融资源的发达经济体,以便将“一带一路”建设成为超越区域边界的利益共享平台。为发挥各主体责任担当,确保资金来源及投入合理稳定,研究建设公路交通基础设施建设融资平台。

(二) 人才联合培养与交流

秉承“互学互鉴”的丝绸之路精神,通过打好科技“特色牌”,配合讲好“中国故事”,培养一批互知互信的科技人才,深化沿线国家科技人才交流,促进沿线国家“民心相通”,为科技创新合作奠定人脉和理念基础。加强“一带一路”沿线国家科技人才培养,深化“一带一路”沿线国家科技人才交流 [6]。通过人才交流增进彼此了解和互信,为开展更广泛的国际科技合作提供前提和基础。构建科技管理人才培养培训体系,联合打造区域科技管理人才培养平台。研究以建设项目培养技术人才、管理人才的体制机制,探讨人才共同培养机制、人才输出输入政策。完善公路交通基础设施建设科技人才的获取、培养和使用体制机制,多方式、多渠道培养高层次工程技术人才。

(三) 技术创新合作与交流

“一带一路”公路交通基础设施建设将面临许多工程技术难题,技术进步是推动公路交通基础设施发展的巨大动力,因此需进行“一带一路”创新平台、创新过程管控与保障机制、技术交流平台建设研究,加强科技创新政策沟通,支持沿线国家开展政策能力建设,积极与沿线国家共同开展科技创新规划编制、科技创新政策制定、国家创新体系建设等。

九、结语

加强“一带一路”沿线公路交通基础设施发展战略研究,发挥科技创新在“一带一路”建设中的引领和支撑作用,既是进一步凝聚国际共识,营造全球良好氛围的迫切要求,也是今后有力、有效和有序推进“一带一路”公路交通基础设施建设的

战略支撑。开展此领域的战略分析,对于推动我国交通基础设施优势产业“走出去”,带动中国标准、中国技术、中国设备走向世界,推进“一带一路”倡议、打造交通强国具有重要的意义。

为了更好地促进“一带一路”陆上的互联互通水平,沿线公路交通基础设施建设需稳步推进,在这一过程中,需要结合战略思维和技术方案,遵循“以需求和基础定走向,以走向定自然和环境障碍,以自然和环境障碍定关键工程,以关键工程定技术解决方案”的思路;同时,需要在评估关键控制工程的难易程度和资金需求量的基础上,提出建设先后时序,针对项目本身的社会经济环境,选择可行的融资方案和运营策略。

参考文献

- [1] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(5): 538-544.
Liu W D. Scientific understanding of the Belt and Road initiative of China and related research themes [J]. Progress in Geography, 2015, 34(5): 538-544.
- [2] 于津平, 顾威. “一带一路”建设的利益、风险与策略 [J]. 南开学报 (哲学社会科学版), 2016 (1): 65-70.
Yu J P, Gu W. The benefits, risks, and strategies of “One Belt and One Road” initiative [J]. Nankai Journal (Philosophy, Literature and Social Science Edition), 2016 (1): 65-70.
- [3] 魏学利, 陈宝成, 李宾, 等. 中巴公路奥布段泥石流危险性评价与防治分析 [J]. 公路, 2018, 63(11): 14-21.
Wei X L, Chen B C, Li B, et al. Hazard assessment and prevention analysis of debris flows along with Aoyitage-Blulunkou section of Sino-Pakistan highway [J]. Highway, 2018, 63(11): 14-21.
- [4] 吴辉阳. “一带一路”沿线地区非传统安全威胁透析 [J]. 江苏警官学院学报, 2018, 33(3): 75-81.
Wu H Y. Analysis and measures of non-traditional security threats along the routes of “One Belt and One Road” [J]. Journal of Jiangsu Police Institute, 2018, 33(3): 75-81.
- [5] 宋禹飞, 李俊超, 周育忠, 等. 国外高新技术企业制定实施技术标准战略经验研究 [J]. 标准科学, 2018 (10): 50-53.
Song Y F, Li J C, Zhou Y Z, et al. Study on foreign high-tech enterprises' experience in formulating and implementing technical standards strategy [J]. Standard Science, 2018 (10): 50-53.
- [6] 辛越优, 张炜, 吴伟. 面向“一带一路”的工程科技人才发展战略: 需求、问题与对策 [J]. 高等工程教育研究, 2018 (4): 61-66.
Xin Y Y, Zhang W, Wu W. On the “Belt and Road” oriented development strategy for engineering and technical personnel: Demands, problems and countermeasure [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018 (4): 61-66.