“一带一路”绿色发展国际联盟
2021年政策研究专题报告

《“一带一路”项目绿色发展指南》二期

Ⅱ：铁路公路行业绿色发展指南

2019年4月，中外合作伙伴在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛期间共同启动“一带一路”绿色发展国际联盟（简称绿色联盟）。绿色联盟旨在建设政策对话和沟通平台、环境知识和信息平台、绿色技术交流和转让平台的目标，促进实现“一带一路”绿色发展国际共识、合作和行动。

“一带一路”绿色发展国际联盟（以下简称联盟）于2019年启动了《“一带一路”项目绿色发展指南》（以下简称《指南》）研究项目，重点关注“一带一路”项目在环境污染、生物多样性和气候变化等方面的影响，探索编制“一带一路”项目分级分类指南。2020年12月，项目一期研究成果《指南》基线研究报告正式发布，提出了推动“一带一路”项目绿色发展、减少项目生态环境风险的“1套项目分级分类体系”和“9条建议”（简称“1+9”建议）。

以铁路、公路、港口和机场为代表的交通基础设施互联互通是“一带一路”合作的重点内容。作为共建“一带一路”优先领域，中国与共建“一带一路”国家设施联通扎实推进，取得积极进展。本研究在《指南》基线研究的基础上，针对共建“一带一路”国家的铁路、公路建设项目，提供全生命周期的生态环境指标体系和绿色解决方案，为铁路、公路基础设施规划和设计工作提供指导，为建设单位开展绿色铁路、公路建设提供技术参考，推动交通与自然环境更好地融合发展。报告提出在项目建设前进行生态环境评估，识别项目在生态环境保护方面存在的突出问题，应用铁路、公路项目绿色发展最佳可行技术和最佳实践，加强企业和项目本身的生态环境管理能力建设，不断提高对外投资建设铁路、公路项目的绿色化发展水平。

“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处 乔宇杰女士
电话：+86-10-82268647
传真：+86-10-82200535
地址：中国北京西城区后英房胡同5号
邮编：100035
网址：http://www.brigc.net/
电子邮件：secretariat@brigc.net
brigc@fecomee.org.cn

研究团队*

一、咨询顾问

（一）外方

1. 韩佩东　绿色联盟咨询委员会主任委员、儿童投资基金会首席执行官
2. 桑　顿　绿色联盟咨询委员会委员、欧洲环保协会首席执行官
3. 阿　尼　世界资源研究所总裁兼首席执行官
4. 巴布纳　自然资源保护协会总裁兼首席执行官
5. 达　尔　巴基斯坦哈比银行社会与环境政策部负责人
6. 布莱切　亚洲基础设施投资银行环境专家

（二）中方

1. 叶燕斐　银保监会政策研究局一级巡视员
2. 马　骏　绿色联盟咨询委员会委员、中国金融学会绿色金融专业委员会主任
3. 朱旭峰　清华大学公共管理学院副院长
4. 殷　红　中国工商银行现代金融研究院副院长
5. 赵　坤　国家发展改革委“一带一路”建设促进中心政策研究处处长

二、项目组长

1. 索尔海姆 绿色联盟咨询委员会主任委员、世界资源研究所高级顾问
2. 周国梅　生态环境部对外合作与交流中心主任

三、研究团队

生态环境部对外合作与交流中心

1. 李永红　生态环境部对外合作与交流中心副主任
2. 蓝　艳　“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处副处长
3. 朱　源　“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处副研究员
4. 李盼文　“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处高级项目主管
5. 于晓龙　“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处高级项目主管

交通运输部规划研究院

6. 徐洪磊　交通运输部规划研究院副院长
7. 刘　杰　交通运输部规划研究院资源环境所副所长
8. 黄全胜　交通运输部规划研究院资源环境所副所长
9. 程逸楠　交通运输部规划研究院资源环境所工程室副主任
10. 高嘉蔚　交通运输部规划研究院工程师
11. 李齐丽　交通运输部规划研究院工程师
12. 毛　宁　交通运输部规划研究院总工
13. 龚巍巍　交通运输部规划研究院主任
14. 支霞辉　交通运输部规划研究院主任工程师
15. 鲍志远　交通运输部规划研究院工程师
16. 于　琦　交通运输部规划研究院助理工程师

生态环境部环境工程评估中心

17. 郭二民　生态环境部环境工程评估中心产业发展环境评价部主任
18. 何　皓　生态环境部环境工程评估中心工程师
19. 崔艺潇　生态环境部环境工程评估中心工程师

四、支持机构

1. 生态环境部对外合作与交流中心
2. 世界资源研究所
3. 克莱恩斯欧洲环保协会
4. 英国儿童投资基金会
5. 世界自然基金会

* 本报告由“一带一路”绿色发展国际联盟秘书处与有关中外合作伙伴共同编写。研究团队成员以个人身份参加研究工作，报告中表达的观点不代表其所在单位及“一带一路”绿色发展国际联盟观点。

目　录

摘　要 i
第一章 引言 1
一、 研究背景 1
二、 研究目标 2
三、 绿色交通基础设施的定义 2
第二章 “一带一路”铁路公路项目发展情况 4
一、“一带一路”铁路公路项目进展概况 4
二、主要生态环境影响分析 5
第三章 “一带一路”铁路公路项目评价指标体系构建 10
一、评价指标体系构建依据 10
二、铁路项目生态环境评价指标体系 11
三、公路项目生态环境评价指标体系 15
四、铁路公路项目评价指标表 20
第四章 绿色交通基础设施技术及案例 26
一、绿色工程设计 26
二、绿色工程建设 41
三、绿色工程运维 50
第五章 推进“一带一路”铁路公路项目绿色发展的建议 53
一、运用评价指标体系探索开展带路项目评估 53
二、推广应用最佳可行技术 54
三、加强对外交通企业生态环境管理能力建设 55
参考文献 58

摘　要

以铁路、公路、港口和机场为代表的交通基础设施互联互通是“一带一路”合作的重点内容。推进“一带一路”绿色交通基础设施发展，是绿色丝绸之路建设的内在要求。本研究在“一带一路”项目绿色发展指南（简称指南）研究的基础上，针对共建“一带一路”国家的公路、铁路建设项目，为“一带一路”公路、铁路交通基础设施项目提供全生命周期的生态环境管理体系和绿色解决方案，为公路、铁路基础设施规划和设计工作提供指导，为建设单位开展绿色公路、铁路建设提供技术参考，推动交通与自然环境更好地融合发展。

作为共建“一带一路”优先领域，中国与“一带一路”相关国家设施联通扎实推进，取得积极进展。但因为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，部分项目在选址选线、影响动物迁徙、工程占地、噪声影响等方面，存在一些生态环境问题。

建立具有代表性的环境影响评价指标体系是进行环境影响评价工作的基础，考虑到基础数据获得和定量评价的需要，报告分别构建了铁路和公路建设项目生态环境评价指标体系，主要包括选址选线、生态环境影响、噪声振动影响、水环境影响、大气环境影响、固体废物处置、信息公开和公众参与、环境风险防范等方面。

针对全寿命、全过程、全方位的绿色交通基础设施发展要求，报告将绿色发展理念贯彻到规划设计、施工建造和运营养护的全过程，从设计、建设和运维三大阶段梳理绿色技术与要求，提供相应案例参考。

为推进“一带一路”铁路公路项目绿色化发展，报告提出在项目建设前进行生态环境评估，识别项目在生态环境保护方面存在的突出问题，应用铁路公路项目绿色发展最佳可行技术和案例，加强企业和项目本身的生态环境管理能力建设，不断提高对外投资建设铁路公路项目的绿色化发展水平等方面的政策建议。

第一章 引言

一、 研究背景

“一带一路”倡议提出八年来，已成为当今世界范围最广、规模最大的国际合作平台。根据《2021 上半年“一带一路”投资报告》，中国成 2020 年全球外商直接投资（FDI）最大贡献国，在推动全球经济绿色复苏方面做出的贡献越来越大。

中国国家主席习近平多次强调，要加强生态环保合作，推进绿色丝绸之路建设。2020 年 11 月，十九届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中明确，要“秉持绿色、开放、廉洁理念”，“推动共建‘一带一路’高质量发展”。同时，中国宣布了力争于 2030 年前二氧化碳排放达到峰值的目标与努力争取于 2060 年前实现碳中和的愿景，提出了国家自主贡献新举措，并将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局；2021 年 9 月 21 日，习近平在第 76 届联合国大会上宣布，“中国将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目”。中国做出的一系列重大政策宣示，均得到了国际社会的积极反响，绿色丝绸之路建设在全球气候治理机遇期和绿色复苏转型期下迎来更广阔的的前景。

加强生态环境风险防范和管理是绿色丝绸之路建设的内在要求，是推动“一带一路”走深走实的基础性保障。2013 年以来，中国政府发布了一系列政策文件以强化“一带一路”生态环境风险防范和管理工作，绿色投融资体系进一步完善，对外投资项目的生态环境风险管理水平不断提高。

以铁路、公路、港口和机场为代表的交通基础设施互联互通是“一带一路”合作的重点。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对生态环境产生一定影响，数据显示，六廊六路建设区域涉及多个生物多样性热点地区。因此，推动交通基础设施绿色发展对建设绿色丝绸之路有重要意义。

2017 年 4 月，原环境保护部、外交部、发展改革委、商务部联合印发的《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》中提出的主要任务之一是“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’沿线重大基础设施建设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”。2019 年 4 月，习近平在第二届“一带一路”国际合作高峰论坛上强调，“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”，这些都对交通基础设施的绿色发展提出要求。

2019 年 12 月，“一带一路”绿色发展国际联盟（简称绿色联盟）启动了“一带一路”项目绿色发展指南（简称指南）研究项目，并于 2020 年 12 月发布第一阶段基线研究报告。研究旨在为“一带一路”项目制定清晰、可行的分级分类体系和绿色发展指南，引导项目遵循绿色、低碳、可持续发展理念，为共建“一带一路”国家及项目提供绿色解决方案，为金融机构、企业、共建国家政府等利益相关方决策提供绿色指引。

在项目一期研究基础上，项目 2021 年度研究以公路、铁路交通基础设施建设为重点行业，制定行业绿色发展指南，为对外投资项目识别和防范生态环境风险、提高生态环境管理水平提供相应评估指标体系和解决方案。

二、 研究目标

本研究将为“一带一路”公路、铁路交通基础设施项目提供全生命周期的生态环境管理体系和绿色解决方案，包括可行性研究阶段、设计阶段、建设阶段和运维阶段等，为公路、铁路基础设施规划和设计工作提供指导，为建设单位开展绿色公路、铁路建设提供技术参考，推动交通与自然环境更好地融合发展，促进全球生物多样性保护，共同构建人与自然生命共同体。

三、 绿色交通基础设施的定义

绿色交通基础设施（公路、铁路）即按照绿色发展要求，统筹公路、铁路的建设品质、资源利用、环境影响、生物多样性保护和运行效率之间的关系，通过理念提升、技术进步和科学管理，最大限度减少资源能源耗用和环境影响，实现耐久性好、适用性强、景观协调、环境友好、资源节约、运行安全、服务提升等综合目标最优。

研究针对共建“一带一路”国家的公路、铁路建设项目。从时间尺度上，针对的是公

路、铁路建设项目的全生命周期，将绿色发展理念贯穿规划、设计、建设、运营、养护整个寿命周期的各个阶段。从空间尺度上，注重公路、铁路建设项目对环境的直接和间接影响，除建设项目主体工程外，还要在附属设施建设等方面践行绿色发展理念。

第二章 “一带一路”铁路公路项目发展情况

一、“一带一路”铁路公路项目进展概况

中国高铁建设与公路建设“走出去”在推动经济全球化深入发展和绿色转型中越来越重要。作为共建“一带一路”优先领域，中国与“一带一路”相关国家设施联通扎实推进，取得积极进展。

一方面，中欧班列开行数量不断增加，战略通道作用更加凸显。数据显示，中欧班列已累计开行超 4 万列，打通 73 条运行线路，通达欧洲 23 个国家的 160 多个城市，运输货品达 5 万多种，有力保障了国际产业链供应链稳定畅通，促进区域共同发展，为共建“一带一路”合作增添更多动能。2021 年以来，中欧班列开行继续保持强劲增长态势。截至 8 月底，累计开行 10030 列，发送集装箱 96.4 万标箱，同比分别增长 32%、40%，往返综合重箱率达 97.9%，较去年提前 2 个月实现年度开行破万列。

中欧班列的良性发展只是交通助力“一带一路”建设的一个案例。近年来，中国加强与共建“一带一路”国家的互联互通伙伴关系，构建全方位、多层次、复合型的交通互联互通网络，促进沿线各国共同实现多元、自主、平衡、可持续的发展。

另一方面，交通领域一大批合作项目落地生根。八年来，“一带一路”国际互联互通水平持续提升。目前，“六廊六路多国多港”架构基本形成，一大批合作项目落地生根，基础设施联通不断深化。

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，与“一带一路”沿线国家和地区的合作不断扩展。重点铁路项目包括中老铁路、中泰铁路、匈塞铁路、莫喀高铁、木姐—曼德勒铁路、雅万高铁、麦麦高铁、马来西亚东海岸铁路、马来西亚南部铁路、尼日利亚阿卡铁路、亚吉铁路、肯尼亚蒙内铁路、尼日利亚沿海铁路、中巴铁路、中吉乌铁路等。据不完全统计，中国投资和参与建设的“一带一路”铁路项目共计 86 个，其中位于亚洲的铁路项目最多，占比 45.3%，其次是非洲，占比 37.2%。

与周边国家公路联通也在加快推动。昆曼公路、昆明—河内—海防高速公路、中巴经

济走廊“两大”公路全线通车，中俄黑河公路大桥完工，“双西公路”（中国西部—欧洲西部）建设稳步推进。以共建“一带一路”为合作平台，中国与 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。中蒙俄、中吉乌、中塔乌、中俄（大连—新西伯利亚）、中越实现国际道路直达运输试运行，国际道路运输辐射范围进一步拓展。据不完全统计，中国投资和参与建设的“一带一路”公路项目共计 93 个，其中位于亚洲的公路项目最多，占比 47.3%，其次是非洲，占比 28%。

值得注意的是，尽管中国交通基础设施建设“走出去”取得了重要进展，产生越来越广泛的影响，但在生态环境保护方面，还没有形成系统完备的理论和管理体系。

二、主要生态环境影响分析

在共建“一带一路”国家建设运行的铁路公路项目，因为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，在选址选线、影响动物迁徙、工程占地、噪声影响等方面，都重点关注了带来了生态环境风险。

一是选址选线穿越保护区。例如中国路桥建设并运营的肯尼亚蒙内铁路，路线穿越来内罗毕国家公园、察沃国家公园等自然保护区，为此，项目在选线设计时，就重点考虑合理利用既有交通走廊，以减少对保护区生态系统的二次分割，减少土地占用。

二是线路影响动物迁徙通道。例如蒙内铁路根据大象、长颈鹿等大型动物的生活习性，在全线多处设置桥梁式动物通道，在大河处适当延长跨河桥梁引桥，加高桥梁高度，方便动物通行。在内罗毕国家公园特大桥全线高架跨越公园区域，方便各类动物通行。斯里兰卡北部高速公路因为线路穿越热带地区，需要避开珍稀物种区域，在穿越动物迁徙路线上设置动物通道。中老铁路在环境影响评价阶段就调查了亚洲象的分布情况和迁移通道，分析了工程建设对亚洲象活动及其迁移廊道的影响，提出线路方案避开亚洲象主要活动区域、地表出漏段不涉及亚洲象既有迁移通道、延长隧道、调整隧道斜井位置、以桥代路、设置隔离栏和声光屏障及加强管理等保护措施。

三是工程占用土地，影响当地生态系统。例如蒙内铁路对蒙巴萨红树林湿地公园中的红树林植被产生了破坏，为此，项目方采取了施工前划出红线、尽量减少砍伐，施工时预埋过水管涵、保证红树林正常生长，施工后保护红树林等有效措施。雅万高铁因为线路施

工导致绿地面积减少，降低了下垫面的储水能力，同时，由于一些不规范的施工渣土倾倒，影响了城镇排水。中老铁路在穿越热带雨林自然保护区和环境敏感地带时，占用了一部分森林植被，对当地生态系统和生物多样性造成了一定的影响。

四是铁路公路运行期间的噪声问题普遍存在。例如阿尔及利亚东西高速公路，在设计时速、设计车流、沥青路面时，一些居住敏感区的噪声超标，需要采取声屏障等措施减噪。蒙内铁路在横跨内罗毕国家公园的特大桥桥梁上采用声屏障梁，同时在公园内安装声屏障，以降低列车通过时的噪音。

另外，一些国家的生态环境管理程序和要求较为复杂，例如哥伦比亚 MAR2 公路项目环评中，在施工前要请考古专家、寄生物移植专家、动物学家去现场勘测，审批程序多，周期较长，要求严格。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公路项目，还应考虑未来气温上升、海平面升高等对铁路公路项目造成的影响，并提高谋划采取措施。

表 2.1 部分“一带一路”铁路公路项目概况

类型	项目状态		国家	项目名称	项目进度	项目承建单位	环境风险及应对措施
铁路	新建	已建成	肯尼亚	蒙内铁路	2017 年通车	中国路桥	●蒙内铁路沿线的地表形貌比较复杂，线路所经地区位于东非大裂谷东部。 ●蒙内铁路施工建设对自然环境的影响主要体现在：永久占用土地、影响沿线地表植被、改变土地的原有功能、影响既有生态系统、造成水土流失和对水源的污染破坏、沿线桥梁和涵洞的施工改变了原有的水文环境；工程车辆运输行驶过程中产生的扬尘既造成大气污染又影响周围植被的生长。 ●蒙内铁路制定了相应的选择选线、生态保护、水环境保护、环境空气保护、固体废弃物处理及声、振动环境保护等措施，并配套监管要求。通过划定重点环保区域，针对不同的动物设计相应的动物通道和保护栅栏，避免野生动植物生存地被二次分割。
			肯尼亚	内马铁路一期	2019 年开通	中国交通建设集团	●针对线路穿越内罗毕国家公园，设计路基方案、桥梁方案并进行比选，从大气环境、水环境、噪声振动、固体废物处理等方面分析了环境影响并提出环境保护措施。
			印度尼西亚	雅万高铁	2016 年开工	中国铁路总公司与印尼维卡公司牵头	●施工期、运营期的噪声标准执行“1996 年第 48 号关于生活环境噪音标准的环境部部长决议书”相关要求。施工期、运营期的振动标准，执行“1996 年第 49 号 关于振动等级的国家生态环境部长决议书”。
			老挝	中老铁路	将于 2021 年全线贯通	中铁五局、中铁国际、中铁八局、水电国际、	●中老铁路是一条完全采用中国铁路技术标准的铁路，建设中在环保措施上严格执行老挝本国法律法规要求，参考中国铁路环境保护标准进行设计，采取有效环保措施，尽量减少对环境的影响。

类型	项目状态		国家	项目名称	项目进度	项目承建单位	环境风险及应对措施
						电建国际、中铁二局等	
			马来西亚	马来西亚南部铁路	2018 年开工	中国铁建、中国中铁、中国交建	●制定施工期间环境意外事故计划，包括项目环境意外事故组织机构、关键职员的责任分配、发生环境意外事故时应采取的程序及报告程序。
公路	新建	已建成	阿尔及利亚	东西高速公路	2012 年完工	中国铁建十七局集团、中国国际信托投资（集团）有限责任公司	●阿尔及利亚东西高速公路采取了噪声防护措施。
			泰国	昆曼公路	2013 年全线贯通		●昆曼公路热带雨林段周边区域雨林植被覆盖与水域面积减少，建设用地与裸地面积增加，但总体上各土地利用类型变化幅度不大，表明该路段的建设与运行对周边区域影响不严重，自然生态环境保持良好。 ●研究路段周边区域土地利用变化主要表现为建设用地与裸地以及植被覆盖之间的相互转化，该路段对土地利用的影响在 5km 范围内，其中 3km 范围内影响程度相对严重，距离道路越远影响程度越小。
		建设中	巴基斯坦	喀喇昆仑	1979 建成，2006 年后升	中国路桥工程有限	●公众参与：2009 年夏季，围绕中巴公路改扩建可能产生的各种生态环境问题进行了走访调查。中巴公路沿线居民对自然生态环境保

类型	项目状态		国家	项目名称	项目进度	项目承建单位	环境风险及应对措施
				公路	级改造，2013 年完成改扩建项目一期，2016 年开始升级改造二期	责任公司	护和社会文化环境保护都非常重视，并提出了相关建议。 ●中巴喀喇昆仑公路穿越了巴基斯坦红其拉甫国家公园，在中巴公路植被保护重点路段提出了工程设计中的植被保护技术。通过这些技术的实施，至少保护了约 4600 平方米的植被免遭破坏。 ●2009 年 4 月、7 月、9 月和 2010 年 6-7 月对中巴公路沿线分布的动物进行了考察，并进行了全面系统分类、整理和统计。

第三章 “一带一路”铁路公路项目评价指标体系构建

一、评价指标体系构建依据

建立具有代表性的环境影响评价指标体系是进行环境影响评价工作的基础，应选择可量化性强、可比性高、突出主要影响的指标。为使各交通基础设施项目的同一影响因素之间可比性高，并考虑基础数据获得和定量评价的需要，铁路和公路建设项目拟选取指标体系如下。

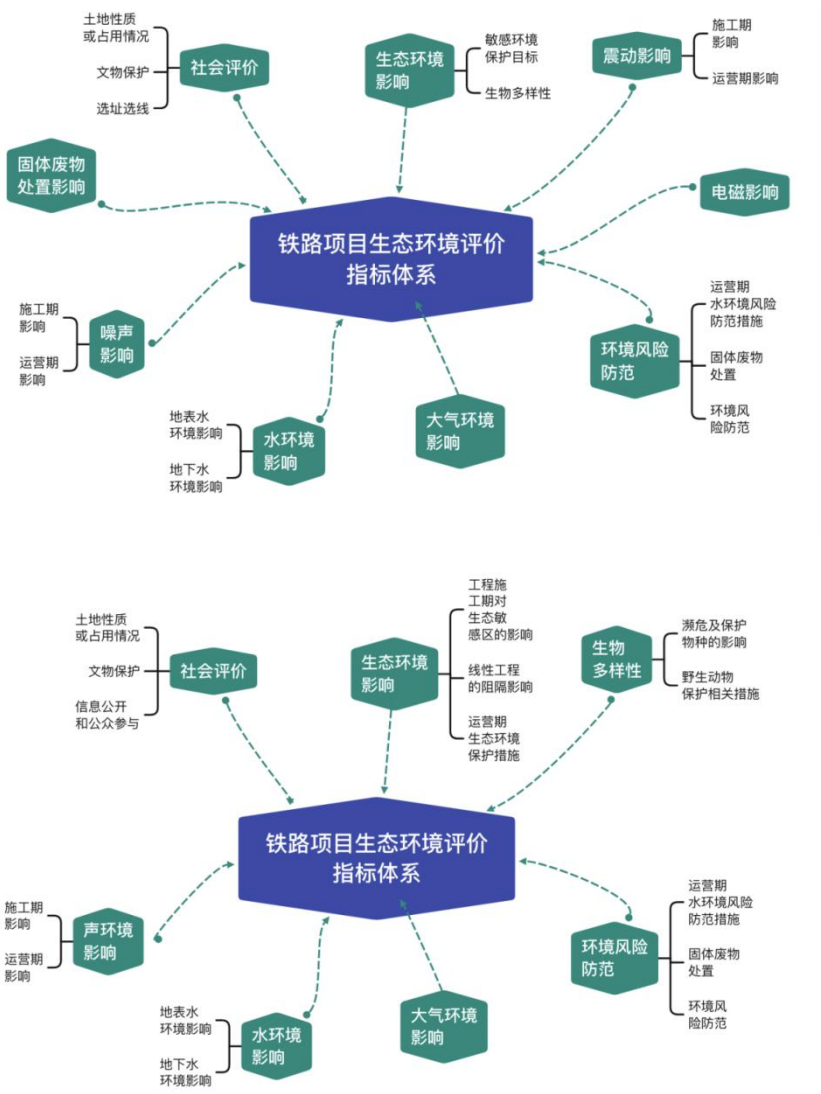

图 3.1 铁路、公路项目生态环境评价指标体系示意图

二、铁路项目生态环境评价指标体系

（一）选址选线

对于新建铁路，应关注线位的环境影响比选，比选的指标要有针对性、可操作性。项目应尽可能避让环境敏感区（国家和地方法定保护的自然保护区、风景区、水源保护区、种质资源保护区、文物古迹等）、噪声敏感建筑物集中区域等。确须经过环境敏感区的要提供当地有关管理部门的许可文件。

（二）生态环境影响

1、重点关注工程建设及施工方式对环境敏感区及其保护对象的影响程度、范围，与重要风景名胜和景物的协调性。

2、关注工程建设是否占用和间接影响野生保护动物栖息地、觅食地（含饮用水水源）、关注施工期和运营期对野生动物生活习性、通行的长期、不可逆转的影响；关注跨河桥梁施工围堰和桥墩占地对珍稀鱼种的洄游、繁殖的影响；关注对保护植物面积、分布、质量、数量的影响，并针对影响的程度和范围提出可行的防护措施或补偿措施。

3、关注取土场、弃土（渣）场的选址环境合理性，优化取弃土场、自身消化（工程用料）、寻求与当地各项建设或其他土源综合利用，以便优化取弃土场设置的可行性。关注施工便道、施工场地等大临工程设置的环境合理性，以便优化设置。

4、根据敏感环境保护目标的保护要求，从优化线路、优化施工组织方案以及生态防护与恢复或补偿措施等角度进行论证分析，须明确提出各敏感目标的保护措施。

5、从与生态功能区划和生态脆弱区要求的符合性及生物多样性保护角度，论证建设过程对生态敏感区域重点保护野生动植物和生态系统功能及结构的总体影响，提出生态补偿措施，开展施工期和运营期生态监测，推进施工期环境监理。

（三）噪声影响

1、关注施工场地、施工便道的环境影响范围和程度，从管理和工程角度，提出噪声防治措施设置原则。

2、明确各敏感点距铁路外轨中心线 30 m 内及不同功能区内的具体户数/人口数及分布离散程度，关注敏感点在边界和不同功能区内的噪声预测结果（包括贡献值、预测值）、超标量、超标的范围、较现状增加量，对于敏感点为多层建筑时，应在不同高度进行预测。

对于改扩建项目要明确工程前后噪声的变化情况以及产生变化的原因。

3、根据噪声预测结果、敏感点具体情况，结合东道国政策、技术可行性、经济效益分析，明确采取线路优化、声屏障、隔声窗、功能置换、拆迁、阻尼钢轨的原则。明确工程在采取噪声污染防治措施后达标情况。

对处于声屏障有效降噪作用区域内的超标敏感点路段优先考虑设置声屏障的措施，关注设置声屏障的型式、高度、长度、降噪效果、达标分析。穿越城市建成区路段可考虑客内货外的线路布局、控制行车速度、调整运营时段、禁止鸣笛等措施。特别关注本工程与既有铁路、既有公路夹角内的敏感点的噪声预测结果、超标量和采取的措施。

4、对于涉及城（市）镇规划区域路段应提出必要的规划控制要求，同时应关注运营期噪声跟踪监测，根据监测结果适时调整措施。

5、关注工程近期、远期不同列车速度、车流量路段、不同线路形式、不同线路高度下，纯铁路噪声的等效声级预测结果、防护距离。

6、明确工程穿越城镇规划区敏感用地路段的线路应预留安装声屏障的条件，严格控制铁路两侧特别是第一排建筑的功能。

（四）振动影响

1、关注施工场地、施工便道的环境影响范围和程度，重点关注受隧道爆破施工影响的敏感点，从管理和工程角度，有针对性地提出振动防治措施。

2、明确振动敏感点受铁路振动影响的程度和范围、超标状况，分析措施的有效性和可行性。

3、根据振动预测结果结合经济效益分析明确振动防治措施，同时应提出运营期振动的跟踪监测，适时增补措施的要求。

（五）水环境影响

1、地表水环境影响

（1）提出项目跨越水源保护区的保护方案，关注工程绕避保护区、迁移取水口的可行性。对于有货运业务的项目特别关注环境风险应急预案和环境风险防范措施。

（2）明确施工期生产废水、生活污水不得排入水源保护区及敏感水体范围内。关注桥梁桩基施工作业时产生的泥浆、悬浮物对水质的影响，特别是涉及饮用水水源取水口的桥梁，明确提出保护措施，如不设水中墩或在枯水期进行桥梁桩基施工。

施工期应对取水口水质进行监测。

（3）严格控制运营期生产废水、生活污水的日排放量，依据受纳水体功能严格控制排放污水污染物浓度、排放去向，关注污水处理的技术可行性。如排入城镇污水管网，应明确城镇排水、污水处理设施的现状及规划，工程与当地城镇污水处理厂设置的衔接。

2、地下水环境影响

（1）关注山岭隧道路段重要地表水体、泉、井、涉水景点等环境敏感点的分布情况，论证其与工程的位置关系，明确相关工程内容、施工工艺。项目开发建设前须具备工程沿线区域地质和水文地质条件、地下水水质情况、地下水开发利用情况相关工作基础。

关注工程各隧道涉及地层、岩性、地质构造，水文地质条件，隧道上方、出入口附近及隧道中线两侧受影响区域的居民、地表水体（含景观水体）、水田、水浇地的具体分布、居民取水方式及取水点，重点关注可能涉及导水断裂、富水碳酸盐岩、浅埋的隧道。

（2）须论证工程对地下水水源保护区、泉、重要地表水体（如水库）、湿地、涉水景点、居民生活和生产用水等的影响；重点论证工程沿线构造断裂发育隧道、岩溶隧道及浅

埋隧道施工对地下水环境的影响，以及桥梁和站场桩基施工对地下水水质的影响，提出相应保护措施。

（3）核实隧道排水的处理措施及环保投资，明确受纳水体的功能，分析排水指标的可达性，列支环保投资。

（4）明确敏感隧道附近环境敏感目标的水位或水量、水质监控计划，隧道施工涌水量及其影响范围，对隧道涌水影响居民生活和生产用水的预留专项补偿资金，制订供水方案。

（六）电磁影响

1、关注电气化铁路沿线、移动通信基站、牵引变电站（所）的评价范围和评价标准，明确接触网导线的输电方式、电压等。

2、对于牵引变电所和基站的影响超标范围内提出敏感建筑的控制性要求。

（七）大气环境影响

关注锅炉供热范围，燃料中全硫分、灰分含量，除尘脱硫工艺、效率，大气污染物须达标排放的可行性。

（八）固体废物处置

1、施工营地产生的生活垃圾应设专人收集后，送至有关环卫部门集中处理。对于机车检修作业过程中产生的废油渣（泥）、擦拭油布，变电站产生的废变压器油，蓄电池等危险废物，必须按东道国有关规定进行处置。

2、经隧道穿越岩层放射性含量异常的区域，应开展在工程勘探阶段进行岩芯的放射性核素含量调查，并根据东道国相关放射性污染规定提出放射性固体废物的处置要求。

（九）信息公开和公众参与

关注公众参与反对意见及落实情况，对持反对意见的公众应进行回访。对环境敏感、反对人数较多的项目，必要时召开座谈会、听证会，并做好公众的解释工作，对公众提出

的合理环保诉求及时予以解决，尤其是被工程分割的村镇及距离工程线位较近的学校、居民应重点关注。

三、公路项目生态环境评价指标体系

（一）生态环境影响

1、关注工程建设和施工方式对生态敏感区的影响。明确工程涉及生态敏感区的里程、长度、方式、邻近或穿越区域的分区情况、占地类型和面积、生物损失量以及生态敏感区内的临时工程布设情况。重点关注工程建设过程及施工方式对生态敏感区及其保护对象的影响范围及程度。对于湿地还应关注工程建设方式对湿地水系连通性的影响。对于风景名胜区应关注工程与重要景观和景点的协调性。涉水工程关注长大隧道工程弃渣和隧道排水对生态敏感区植被、水体的影响。

2、关注线性工程的阻隔影响，有其他线性工程时，应重视其叠加效应。包括对生境的切割和破碎化，对河流水文条件、湿地水源补给的阻断，对野生动物迁移以及家畜转场（牧区）的阻隔影响。

3、关注临时工程的选址环境影响。取弃土（渣）场应明确禁止或不宜设置的区域或范围，明确临时工程不得占用基本农田。

关注施工便道、施工场地等临时工程设置的环境合理性，以便优化设置。明确不同生态区域施工作业带宽度，在生态敏感区、生态脆弱区优化施工工艺，减小施工作业带宽度。

4、确保生态环境保护措施。关注各敏感目标的保护措施与保护要求的相符性，重点关注线路、建设方式、施工组织方案优化以及生态保护与恢复或补偿措施可行性的分析和论证。生态保护与恢复或补偿措施应与生物多样性保护、生态功能区划和生态脆弱区要求相符合。

（二）生物多样性

1、关注濒危及保护物种的影响。明确工程建设是否占用和间接影响濒危或重点保护野生动物的栖息地（如繁殖地、越冬地、觅食地、饮水地等），关注施工期和运营期对野

生动物栖息地、种群、行为的直接、间接和累积影响，关注跨河桥梁施工围堰和桥墩占地对保护鱼类洄游、繁殖的影响。关注对保护植物面积、分布、质量、数量的影响。

2、关注野生动物保护相关措施。重点从避免或减缓栖息地的占用、破坏和切割以及阻隔影响、行为干扰（如噪声、灯光）和交通致死等不利影响的角度，关注拟采取保护措施的可行性、合理性分析和论证。关注选线和工程构造物（桥梁、隧道、涵洞）等方案的优化对于减缓栖息地分割、迁移阻隔、湿地水源补给阻断等影响的有效性。关注野生动物通道设计的科学性、合理性（包括位置、型式、净高、通道内外小生境的布设、围栏等辅助设施设计以及运营期管理要求等），重点关注野生动物通道的设计是否充分考虑了地形及周围环境特点、目标物种的体型、生态习性、迁移路线等。

关注对古树名木、保护植物采取的保护措施及迁地保护、生境补偿的可行性。

（三）声环境影响

1、关注施工期噪声影响及防治措施。结合项目不同工程、设备的施工作业方式，给出昼、夜间噪声达标距离。重点关注对噪声敏感点的影响情况，有针对性的提出施工期噪声防治措施，如合理安排施工作业时序，高噪声设备远离敏感点，设置移动式声屏障等。关注隧道施工（如爆破等）对隧道顶部和隧道口附近敏感点的噪声影响。

2、明确噪声治理措施和效果。根据噪声超标程度、敏感点具体情况及公众意见，结合经济技术分析提出有针对性的噪声治理措施，包括线路局部优化、低噪声路面、搬迁、房屋功能置换、声屏障、隔声窗及限速等措施，对于超标严重的，可采取多种治理措施。明确工程实施降噪措施后的效果及达标情况，落实噪声治理费用并纳入工程投资概算。

对处于声屏障有效降噪作用区域内的超标敏感点路段优先考虑声屏障措施，关注声屏障的型式、材质、高度、长度、降噪效果和采取措施后的达标情况。对于规模小、分布散，或声屏障难以满足降噪要求的敏感点，可采取隔声窗措施，关注隔声窗的型式、设计隔声量和采取措施后的达标情况。

特别关注分离式路基，或本工程与既有公路、既有铁路夹角内的敏感点的噪声预测结果、超标量和采取的措施；关注既有公路已实施的噪声治理措施和效果，遗留的噪声问题

及改扩建工程的具体整改措施。

3、工程穿越城镇规划区敏感用地路段的线路应预留安装声屏障的条件，严格控制公路两侧特别是第一排建筑的功能。

4、明确公路两侧规划控制要求。结合噪声预测结果，计算不同目标年、不同路段、不同功能区的昼、夜间噪声防护距离，提出全线，尤其是涉及城镇规划区域路段两侧的规划控制距离要求。

5、明确运营期噪声监测要求。根据敏感点噪声超标情况，提出运营期噪声跟踪监测计划，重点监测可能超标的居民点、学校、医院和敬老院等，并根据监测结果适时调整措施。

（四）水环境影响

1. 地表水环境影响

（1）明确地表水保护目标。关注公路与沿线河流、河渠、湖库的位置关系，包括线路跨越、伴行及接纳外排污水的水体。关注涉及重要水域的环境水文条件（如河宽、水深、流向、流量、水位等），明确水体功能。关注跨河桥梁位置、长度、水中桥墩数、涉水施工作业方式和主要工程量，关注伴行公路的线路形式、长度及相对距离。

（2）关注地表水的环境敏感性。明确工程是否涉及敏感功能水体、是否涉及饮用水地表水源保护区（含未划分保护区的饮用水地表水源地），明确水体是否具有饮用功能。水源保护区应明确保护区范围、划分、取水口设置、供水量、供水去向、工程与水源保护区位置关系及保护区内的工程内容。

（3）明确地表水环境质量。关注地表水水质现状监测情况，包括点位布设、监测项目及监测时段设置的代表性，监测结果与超标原因分析的合理性。重点关注涉及水源保护区、敏感水体的水环境质量现状监测资料。

（4）关注施工期水环境影响及保护措施。关注施工期生产废水、生活污水的产生量、处理方式、回用情况及排放去向，不得排入水源保护区及敏感水体范围内，尽量避免重要湿地。关注桥梁桩基施工作业时产生的泥浆、悬浮物对水质的影响，须提出保护措施，如

不设水中墩、采用先进的施工方式及在枯水期进行作业等。施工营地、预制场、拌合站和材料堆放场等施工临时场地设置须远离敏感水体等。

（5）关注水源保护区的保护措施。跨越或距离水源保护区较近的，应重点关注工程施工对取水口水质的影响，并提出具体的保护方案。施工期应对取水口水质进行定期监测。

（6）明确运营期水环境影响及保护措施。明确运营期各服务区、收费站等生产废水、生活污水的产生量、处理方式、主要污染物排放浓度、排放去向及纳污水体。分析污水处理工艺的经济技术可行性，对于污水产生量较小、环境温度较低的还应关注处理工艺的适用性，关注处理设施的耐久性和有效性。如接入城镇污水管网，应明确污水处理厂及配套管网的规划、建设和运行情况，分析污水接入和依托处理的可靠性。

2. 地下水环境影响

（1）关注工程沿线环境水文地质条件，包括沿线地下水类型、埋藏条件、含水层岩性、富水程度、补径排条件等；明确工程沿线地下水环境质量，明确周边居民生活用水取水情况。

（2）关注沿线地下水保护目标。重点关注沿线涉及的地下水水源保护区和水源地，明确水源保护区的范围、分区、水源井分布、日开采量及供水去向等。明确水源地包气带厚度、防渗性能、含水层结构、水位埋深、地下水流向、地表水与地下水的水力联系等水文地质条件。明确工程与地下水水源保护区及取水井（泉）的位置关系、施工方式，重点关注线路、服务区及临时施工场地的设置。

（3）关注隧道周边敏感目标分布。隧道上方、出入口附近及隧道中线两侧尽量避让受影响区域的居民、泉、井、地表水体（含景观水体）、水田等敏感目标及居民取水方式和取水点。

（4）关注主要地下水环境影响。关注工程对地下水水源保护区和水源地、取水井、泉、重要地表水体（如水库）、湿地、涉水景点、居民生活和生产用水等的影响；重点关注的隧道施工、桥梁和站场桩基施工、以及深挖路段施工对地下水环境的影响，提出相应保护措施。

（5）关注隧道施工疏排地下水的处理方式、排放去向及可能引起的环境影响，核实隧道排水的处理措施及环保投资，明确受纳水体的功能，分析排水指标的可达性。

（6）关注隧道周边敏感目标的地下水环境监控计划，对隧道涌水影响居民生活和生产用水的预留专项补偿资金，制定供水方案。

（五）大气环境影响

1、施工期拌合站、预制场及物料堆场的设置应远离居民集中区，关注施工道路引起的扬尘影响，须采取的环保措施。

2、关注沿线服务设施大气集中污染源。根据项目所在区域条件，合理选择环保最优的供暖方式，积极利用高效节能的供暖方式，如电、新能源等。

3、关注长大隧道进出口、通风口处居民的分布及汽车尾气影响；关注以运煤为主的公路项目的煤尘影响。

（六）固体废物处置

1. 关注施工营地以及沿线管理、服务设施等生活垃圾产生量及拟处置情况。改扩建项目鼓励采用旧路沥青混合料、煤矸石废料再生利用技术。

2. 关注公路施工及相关沿线有毒、有害、放射性固体废物的管理和处置。

3. 经隧道穿越岩层放射性含量异常的区域，应提出在工程勘探阶段进行岩芯的放射性核素含量调查，提出放射性固体废物的处置要求。

（七）文物保护

（1）明确工程沿线文物保护单位的分布情况，包括保护单位的名称、级别、保护对象及保护范围、建设控制地带的划分，明确工程与文物保护单位的位置关系及工程建设形式。

（2）关注施工临时场地是否设置在文物保护范围和建设控制地带内，关注隧道施工疏降水引起的地表沉降对文物的影响，以及运营期桥梁过车对文物可能产生的振动影响。

（八）环境风险防范

（1）明确运营期水环境风险防范措施。关注跨越或伴行敏感功能水体、重要湿地及饮用水水源保护区的桥梁或路基的风险防范措施，应设置加强型防撞护栏，修建桥梁或路面径流收集系统及配套事故池，关注事故池的容积和防渗措施。敏感路段两侧应设置警示牌和减速慢行标志。

（2）关注危险品运输的应急预案。提出制定危险品运输相关管理制度和应急预案、应急培训计划、定期开展风险事故应急演练等方面的要求。应急预案应纳入地方政府应急预案中，建立应急机构和反应联动机制。明确地方政府应急体系状况，以及应急资源配备情况。

四、铁路公路项目评价指标表

根据上文提出的指标体系，将“一带一路”铁路公路项目生态环境评价指标体系列表如下。

（一）铁路项目生态环境评价指标体系

表 3.1 铁路项目生态环境评价指标表

一级指标	二级指标	指标相关要求
社会评价	选址选线	具备东道国有关法律许可文件
		开展过线位比选或论证，避让环境敏感区（国家和地方法定保护的自然保护区、风景区、水源保护区、种植资源保护区、文物古迹等）、噪声敏感建筑物集中区域等。
	信息公开和公众参与	关注公众参与反对意见及落实情况，对持反对意见的公众应进行回访。对环境敏感、反对人数较多的项目，必要时召开座谈会、听证会，并做好公众的解释工作， 对公众提出的合理环保诉求及时予以解决，尤其是被工程分割的村镇及距离工程线位较近的学校、居民应重点关注。
	土地性质或占用情况	原住民搬迁量或耕田占用情况。
生态环境影响	敏感环境保护目标	工程建设及施工方式对环境敏感区及其保护对象的影响程度、范围，与重要风景名胜和景物的协调性。
		明确提出各敏感目标的保护措施。
	生物多样性	工程建设是否占用和间接影响野生保护动物栖息地、觅食地（含饮用水水源）、关注施工期和运营期对野生动物生活习性、通行的长期、不可逆转的影响；关注跨河桥梁施工围堰和桥墩占地对珍稀鱼种的洄游、繁殖的影响；关注对保护植物 面积、分布、质量、数量的影响。
		提出生态补偿措施，开展施工期和运营期生态监测，推进施工期环境监理。
噪声影响	施工期影响	从管理和工程角度，提出施工场地、施工便道噪声防治措施设置原则。
	运营期影响	根据噪声预测结果、敏感点具体情况，结合东道国政策、技术可行性、经济效益分析，明确采取线路优化、声屏障、隔声窗、功能置换、拆迁、阻尼钢轨的原则。 明确工程在采取噪声污染防治措施后达标情况。

振动影响	施工期影响	重点关注受隧道爆破施工影响的敏感点，从管理和工程角度，有针对性地提出振动防治措施。
	运营期影响	根据振动预测结果结合经济效益分析明确振动防治措施，同时应提出运营期振动的跟踪监测，适时增补措施的要求。
水环境影响	地表水环境影响	项目是否跨越水源保护区，是否提出保护方案，工程是否具备绕避保护区、迁移取水口的可行性。
		施工期生产废水、生活污水不得排入水源保护区及敏感水体范围内。 关注桥梁桩基施工作业时产生的泥浆、悬浮物对水质的影响，特别是涉及饮用水水源取水口的桥梁，明确提出保护措施。
	地下水环境影响	关注山岭隧道路段重要地表水体、泉、井、涉水景点等环境敏感点的分布情况，论证其保护措施的可行性。
		重点论证工程沿线构造断裂发育隧道、岩溶隧道及浅埋隧道施工对地下水环境的影响，以及桥梁和站场桩基施工对地下水水质的影响，提出相应保护措施。
		核实隧道排水的处理措施，明确受纳水体的功能，分析排水指标的可达性，列支环保投资。
		明确敏感隧道附近环境敏感目标的水位或水量、水质监控计划，隧道施工涌水量及其影响范围，对隧道涌水影响居民生活和生产用水的预留专项补偿资金，制订供水方案。
电磁影响		关注电气化铁路沿线、移动通信基站、牵引变电站（所）的评价范围和评价标准，明确接触网导线的输电方式、电压等。
大气环境影响		关注锅炉供热范围，燃料中全硫分、灰分含量，除尘脱硫工艺、效率，大气污染物须达标排放的可行性。
固体废物处置		施工营地产生的生活垃圾应设专人收集后，送至有关环卫部门集中处理。 对于机车检修作业过程中产生的废油渣（泥）、擦拭油布，变电站产生的废变压器油，蓄电池等危险废物，必须按东道国有关规定进行处置。
		经隧道穿越岩层放射性含量异常的区域，应开展在工程勘探阶段进行岩芯的放射性核素含量调查，并根据东道国放射性污染规定提出放射性固体废物的处置要求。

（二）公路项目生态环境评价指标体系

表 3.2 公路项目生态环境评价指标表

一级指标	二级指标	指标相关要求
社会评价	土地性质或占用情况	原住民搬迁量或耕田占用情况。
	文物保护	关注施工临时场地是否设置在文物保护范围和建设控制地带内，关注隧道施工疏降水引起的地表沉降、运营期桥梁过车对文物可能产生的振动影响。
	信息公开和公众参与	关注公众参与反对意见及落实情况，对持反对意见的公众应进行回访。对环境敏感、反对人数较多的项目，必要时召开座谈会、听证会，并做好公众的解释工作， 对公众提出的合理环保诉求及时予以解决，尤其是被工程分割的村镇及距离工程线位较近的学校、居民应重点关注。
生态环境影响	工程施工期对生态敏感区的影响	重点关注工程建设过程及施工方式对生态敏感区及其保护对象的影响范围及程度。对于湿地还应关注工程建设方式对湿地水系连通性的影响。涉水工程关注长大隧道工程弃渣和隧道排水对生态敏感区植被、水体的影响。关注施工便道、施工场地等临时工程设置的环境合理性
		明确提出各敏感目标的保护措施。
	线性工程的阻隔影响	应重视其叠加效应。包括对生境的切割和破碎化，对河流水文条件、湿地水源补给的阻断，对野生动物迁移以及家畜转场（牧区）的阻隔影响。
	运营期生态环境保护措施	关注各敏感目标的保护措施与保护要求的相符性，重点关注线路、建设方式、施工组织方案优化以及生态保护与恢复或补偿措施可行性的分析和论证。
生物多样性	濒危及保护物种的影响	明确工程建设是否占用和间接影响濒危或重点保护野生动物的栖息地（如繁殖地、越冬地、觅食地、饮水地等），关注施工期和运营期对野生动物栖息地、种群、行为的直接、间接和累积影响，关注跨河桥梁施工围堰和桥墩占地对保护鱼类洄游、繁殖的影响。关注对保护植物面积、分布、质量、数量的影响。

	野生动物保护相关措施	重点从避免或减缓栖息地的占用、破坏和切割以及阻隔影响、行为干扰（如噪声、灯光）和交通致死等不利影响的角度，关注拟采取保护措施的可行性、合理性分析和论证。关注选线和工程构造物（桥梁、隧道、涵洞）等方案的优化对于减缓栖息地分割、迁移阻隔、湿地水源补给阻断等影响的有效性。关注野生动物通道设计的科学性、合理性（包括位置、型式、净高、通道内外小生境的布设、围栏等辅助设施设计以及运营期管理要求等），重点关注野生动物通道的设计是否充分考虑了地形及周围环境特点、目标物种的体型、生态习性、迁移路线等。
		关注对古树名木、保护植物采取的保护措施及迁地保护、生境补偿的可行性。
声环境影响	施工期影响	重点关注对噪声敏感点的影响情况，有针对性的提出施工期噪声防治措施；关注隧道施工（如爆破等）对隧道顶部和隧道口附近敏感点的噪声影响。
	运营期影响	根据噪声超标程度、敏感点具体情况及公众意见，结合经济技术分析提出有针对性的噪声治理措施，包括线路局部优化、低噪声路面、搬迁、房屋功能置换、声屏障、隔声窗及限速等措施。 明确工程实施降噪措施后的效果及达标情况，落实噪声治理费用并纳入工程投资概算。
		明确运营期噪声监测要求。重点监测可能超标的居民点、学校、医院和敬老院等，并根据监测结果适时调整措施。
水环境影响	地表水环境影响	明确工程是否涉及敏感功能水体、是否涉及饮用水地表水源保护区（含未划分保护区的饮用水地表水源地），明确水体是否具有饮用功能。
		关注施工期生产废水、生活污水的产生量、处理方式、回用情况及排放去向，不得排入水源保护区及敏感水体范围内，尽量避免重要湿地。关注桥梁桩基施工作业时产生的泥浆、悬浮物对水质的影响，须提出保护措施。
		关注水源保护区的保护措施。跨越或距离水源保护区较近的，应重点关注工程施工对取水口水质的影响，并提出具体的保护方案。施工期应对取水口水质进行定期监测。
		明确运营期水环境影响及保护措施。明确运营期各服务区、收费站等生产废水、生活污水的产生量、处理方式、主要污染物排放浓度、排放去向及纳污水体。
	地下水环境影响	关注沿线地下水保护目标。重点关注沿线涉及的地下水水源保护区和水源地，明确水源地包气带厚度、防渗性能、含水层结构、水位埋深、地下水流向、地表水与地下水的水力联系等水文地质条件。明确工程与地下水水源保护区及取水井（泉）的位置关系、施工方式，重点关注线路、服务区及临

		时施工场地的设置。
		关注隧道周边敏感目标分布。隧道上方、出入口附近及隧道中线两侧尽量避让受影响区域的居民、泉、井、地表水体（含景观水体）、水田等敏感目标及居民取水方式和取水点。
		关注工程对地下水水源保护区和水源地、取水井、泉、重要地表水体（如水库）、湿地、涉水景点、居民生活和生产用水等的影响；重点关注的隧道施工、桥梁和站场桩基施工、以及深挖路段施工对地下水环境的影响，提出相应保护措施。
大气环境影响		关注沿线服务设施大气集中污染源。根据项目所在区域条件，合理选择环保最优的供暖方式，积极利用高效节能的供暖方式，如电、新能源等。
固体废物处置		关注施工营地以及沿线管理、服务设施等生活垃圾产生量及拟处置情况。改扩建项目鼓励采用旧路沥青混合料、煤矸石废料再生利用技术。
		关注公路施工及相关沿线有毒、有害、放射性固体废物的管理和处置。
		经隧道穿越岩层放射性含量异常的区域，应提出在工程勘探阶段进行岩芯的放射性核素含量调查，提出放射性固体废物的处置要求。
环境风险防范	运营期水环境风险防范措施	关注跨越或伴行敏感功能水体、重要湿地及饮用水水源保护区的桥梁或路基的风险防范措施。
	危险品运输应急预案	提出制定危险品运输相关管理制度和应急预案、应急培训计划、定期开展风险事故应急演练等方面的要求。

第四章 绿色交通基础设施技术及案例

绿色交通基础设施建设是按照绿色发展要求，注重的是全寿命、全过程、全方位的绿色化，在工程实践项目中即是将绿色发展理念贯彻到规划设计、施工建造和运营养护的全过程，因此，本研究将从设计、建设和运维三大阶段梳理绿色技术与要求，提供相应案例参考。

一、绿色工程设计

1.科学设计建设方案

（1）总体要求

公路、铁路总体设计应坚持“以人为本、安全至上；自然和谐、生态环保；因地制宜、节约资源；技术合理、服务提升”的总目标。注重绿色理念的贯彻，从设计源头规划好最合适的工程类型、最绿色的技术方案、最自然的建设材料。全面准确把握建设方案影响因素，科学论证技术标准，因地制宜合理确定建设方案及规模。

（2）公路案例

昆磨高速小勐养至磨憨段改扩建工程（以下简称“小磨高速”）位于云南省西双版纳州景洪市、勐腊县境内。地处中国—中南半岛国际经济合作陆上运输大通道，位于中国生物多样性最丰富的“滇南西双版纳地区”，同时小磨高速涉及自然保护区、风景名胜区、水产种质资源保护区等多处生态敏感区，绿色发展任务艰巨。小磨高速紧紧把握改扩建工程特点和沿线生态环境特征，通过专业分析计算和深入方案探讨，采用了“三新、七辫、九分、十拓”的措施，合理确定建设方案[1]。“三新”即工程有三段公路采用整幅新建。“七辫”是指 7 段公路采用“编辫子”方式，即将既有幅公路长大下坡改为上坡幅，新建下坡幅，有效化解陡坡危险。“九分”是指公路灵活考虑沿线影响因素，以新建半幅的方式建设了 9 段分离式路基。“十拓”是指有 10 段公路采用拼宽改造。通过灵活、合理地运用路线平、纵线性指标，最大限度利用了既有道路及廊道资源，保护生态环境的同时，确保了新建幅与既有幅指标连续、均衡、统一。

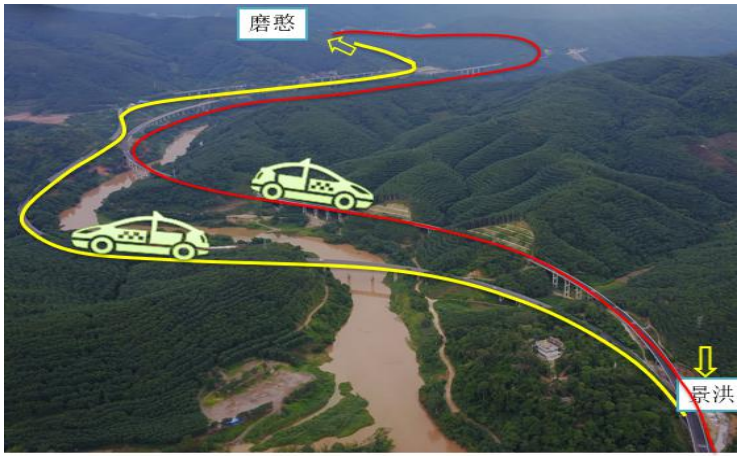

图 4.1 大间距分离式新旧路基上下坡交织

（红线：新路下坡；黄线：旧路上坡）

（3）铁路案例

南京至淮安铁路位于江苏省和安徽省境内，呈南北走向，线路总长度 150.9km，是一条城际客流与长途客流并重的高速铁路客运专线。

项目总体设计根据社会经济发展需要、功能定位、方案技术条件，充分考虑工程投资、环境因素、旅行时间、通道能力适应性、线路衔接顺畅度和运输分工协调性等建设方案影响因素，科学论证技术标准，确定项目最小曲线半径一般地段 7000 米、困难地段 5500 米，最大坡度地段 20‰、困难地段 30‰。

图 4.2 推荐方案示意图

2.集约利用通道资源

（1）总体要求

公路、铁路设计应按照“统筹规划、合理布局、集约高效”原则，统筹推动铁路、公路等不同方式和高速、普通等不同等级的线性交通基础设施，在空间上集约利用线位、桥位等运输通道资源，包括鼓励新建公路与铁路、高速公路与普通公路共用线位，改扩建和省级改造工程充分利用既有廊道，安全利用原有设施等。

（2）桥位共用案例

温州瓯江北口大桥位于温州市瓯江出海口，起于乐清市柳市镇黄华，终点灵昆岛中部，路线全长 7.913km。

瓯江北口大桥采用双层桥面系的共线设计，上层为 G15W3 沈海高速并行线（宁波—东莞），下层为 G228 国道（辽宁丹东—广西东兴）。该高速与国道在瓯江北岸 0.8km 处开始实现引桥上下共线设计，经 2.09km 的主桥，在距主桥南岸 1.5km 的引桥位置实现共线分离，共线长度约为 4.39km，占项目全长的 55.6%。因共线设计，统筹利用运输通道资源，本项目可节约沿线占地约 115 亩，极大节约城市交通用地，此外，高速公路与南金公路采用上下层合建布置，在引桥和主桥部分可共用桥梁基础及下部结构，将大幅度减少混凝土、钢筋、模板、人工等资源的使用。

图 4.3 温州瓯江北口大桥主桥及引桥双层桥面系示意图

（3）公路与铁路共用案例

G42S 上海至武汉高速公路无为至岳西段（简称“无岳高速”）位于安徽省，全长 179.526 公里。无岳高速选线与合安客专、庐铜铁路、合九铁路三条重要铁路有交叉或共线，在 K68+216.4 以路基方式利用铁路 S219 分离式立交桥，分幅下穿合安高铁；合安共线段内交叉铁路为庐铜铁路，预留了本项目扩建 8 车道的建设条件；桐城至岳西段及安庆支线段交叉铁路为合九铁路，与主线交叉处位于 K123+391.7，与安庆支线交叉处位于 LK14+533。通过公铁共用线位，有效节约了工程占地，提高了空间利用率。

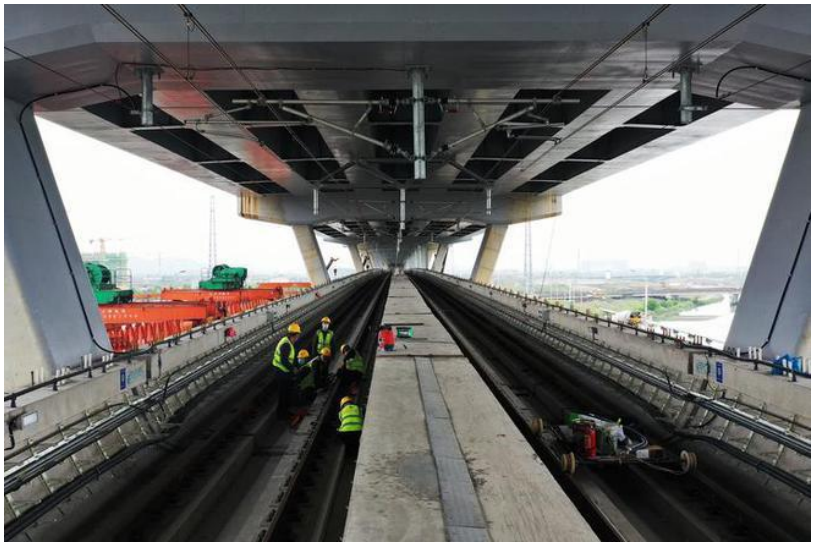

图 4.4 高速公路与铁路共建

（4）高速公路与省道共建案例

海南省万宁至洋浦高速公路（以下简称“万洋高速”）横贯海南岛，路线全长约 165 公里，途经多个自然保护区，穿越集中连片的热带特色农业区，是海南省在建项目中建设地形条件最困难、地质条件最复杂、生态环境最敏感、自然环境最恶劣、人文资源最丰富的一条高速公路。万洋高速按照“统筹规划、合理布局、集约高效”原则，与省道 S307（湾岭镇至儋州市段）共用同一走廊资源，并在沿线设置新进、阳江等多个互通连接省道 S307，带动区域经济发展。

图 4.5 高速公路与省道共建

（5）公路与堤坝共建案例

津石高速公路位于天津市南部，项目连通南港工业区的东西走向运输通道资源极为稀少，通道资源极为紧张。津石高速公路采用了堤路共建的设计方式，完全利用独流减河左堤及部分河道漫滩填筑，既保持原有河道及大堤的功能不受影响，又巧妙地利用了占地，避免了额外征地。堤路共建的建设模式实现了节约通道资源、节约土地、节约土方、提高堤防安全一举多得的多赢效果。

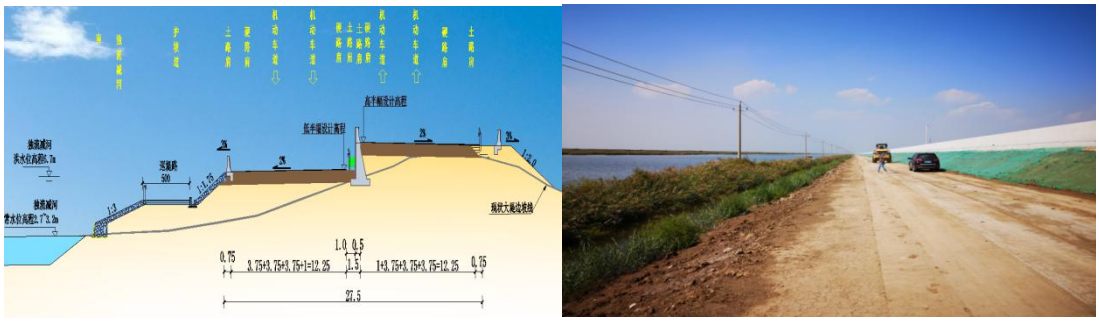

图 4.6 堤路共建的分离式路基布置方案

3. 灵活运用技术指标

（1）总体要求

通过合理选用标准，灵活运用技术指标，最大限度维护公路、铁路项目与沿线自然、人文环境的协调。当项目位于高寒高海拔、地质灾害频发、用地受限等建设条件复杂区域

时，提倡分段选择技术标准，采用规范规定的技术指标最小值或极限值[2]。

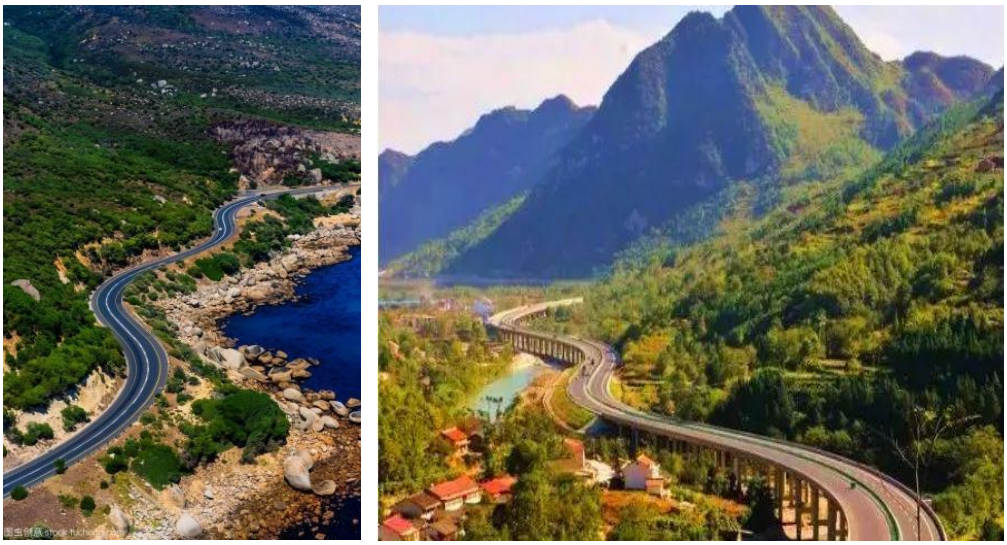

图 4.7 蜿蜒于山坡坡脚下的公路

（2）公路案例

川九路灾后重建工程起于九寨沟县城西北侧，经九寨沟景区北侧，止于松潘县川主寺镇西侧。工程主线全长 122.8 公里，其中原路利用 69 公里，原路加宽 30.2 公里，绕避灾害 5 段及融合旅游 3 段改线新建共 23.6 公里，利用旅游支线 3 段 14.7 公里。

川九路灾后重建工程在设计标准运用上，提出了“特殊困难路段，在保证安全的前提下，个别技术指标适当降低”的原则，如考虑冬季积雪影响行车安全，部分路段路基宽度由 8.5 米提高到 10 米；对于事故多发路段，注重改善平纵面线形，如局部路段的纵断面调平和平曲线改线等。

图 4.8 川九路灾后重建工程

（3）铁路案例

成兰铁路是一条连接四川省成都市和甘肃省兰州市的铁路，由兰州至合作铁路、西宁至成都铁路两部分组成。

成兰铁路在选择速度目标值时充分考虑了动车组的固定设备与移动设备的匹配性，该线在绵竹至茂县、茂县至叠溪、黄胜关至九寨沟等一系列 18‰的 40km-60km 长的紧坡地段，以 200km/h 的入口速度模拟出口速度约为 180km/h，自由坡地段列车速度则更高。

图 4.9 成兰铁路

4.科学比选工程方案

（1）总体要求

充分考虑地区之间、不同地理条件之间的发展差别，在满足安全性、功能性条件下，通过对工程方案和技术经济进行精心细致的比选，精准选择建设方案。初步设计阶段应加强各项工程方案的比选，特别是高填、深挖路基和特殊路基。

图 4.10 以隧代路效果　　图 4.11 尽量少占耕地的高速公路

（2）公路案例

国道 G209 武当山至神农架公路起于丹江口市六里坪镇，止于神农架林区木鱼镇，路线全长 225.1 公里。

该项目在谭家湾水库下游 V 字形谷地原设计为 1 座 4 孔 20 米的中桥，最高桥墩 20 米，桥梁两端路基均有大量挖方，通过技术经济论证后，优化为路基填筑方案，消化弃方近 40 万立方米，改沟造地近 20 亩。

图 4.12 国道 G209 武当山至神农架公路

（3）铁路案例

西宁至成都铁路正线全长 836.5 公里，全线桥隧比高达 80%，途经盆地、高原、河谷、山区及十条大断裂带，面临着高地应力条件的软岩大变形、高压气体、弱成岩水稳性等突出地质问题。新建项目中 65%在海拔 3000 米以上，沿线还要经过 4 个国家级自然保护区、1 个省级和 2 个县级自然保护区，地质条件极为复杂，生态保护责任重大。

项目从选线阶段就最大程度地对不良地质进行绕避或采取相应措施，并采用较短的越岭隧道方案，先从源头上降低风险。一方面采取架设桥梁、加大基柱深度等方式，解决了地质发育不良或跨越沼泽等问题，另一方面采取以桥梁代路基、植被定期保养等方式，加强了对自然保护区的绕避和保护。

图 4.13 西宁至成都铁路

5.特殊路段安全设计

（1）特殊路段主要类型

特殊路段包括连续长陡坡路段、小半径曲线路段、弯坡组合路段、隧道区段、主线出入口语隧道净距不足路段、特殊气候区路段等。

（2）安全设计总体要求

特殊路段交通安全设施应结合线路条件、地形条件、交通条件、环境条件、管理条件、经济条件进行总体设计，应坚持以人为本与安全第一、优先主动引导与适当被动防护、系统设计与重点突出的原则，统筹材料的经济、环保、美观及耐久性[3]。

针对地势高差较大路段，公路、铁路的路线方案选择和路线布设应尽量避免出现长大纵坡，可采用回头或螺旋展线克服高差。

针对积雪冰冻地区，公路、铁路尽量选择阳坡布线，避免路线布设于陡峻山坡的坡脚；风吹雪（沙）地区，路线宜布设在地形开阔、气流顺畅、山坡迎风坡脚等有利于风雪（沙）流通的区域。

针对沙漠、冻土、黄土等特殊区域，路基进行设计时应综合考虑气候环境、水和地质等因素对路基长期性能的影响，重点关注可能造成的路基病害，通过综合技术经济比较，因地制宜，采取有效措施保证路基稳定。

图 4.14 螺旋展线路段公路

（3）公路案例

四川雅康高速，全长 135 公里，具有长纵坡，海拔高的特点。由于所处地质地形复杂、气候恶劣、生态环境脆弱，被公认是目前中国在建施工难度最大的高速公路之一，海拔落差达 1750 米，桥隧比高达 82%。

全线通过合理纵坡设计、安全性评价、完善安全设施等手段，确保特殊路段运营安全；以抗灾为主线，增强地质排查与预判，加强地质勘察，通过完善不良地质处治和结构设计措施，提升工程的抗灾能力。为了减少安全隐患，在隧道相连的明线段还设计了防雪棚等，让驾驶人员有更多的安全保障。

（4）铁路案例

青藏铁路全长 1956 千米，是一条连接青海省西宁市至西藏自治区拉萨市的国铁 I 级铁路，也是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路。铁路沿线部分地区土壤沙化严重，每到风沙季节，沙丘随风移动，随时可能将青藏铁路路基淹没。

青藏铁路设计时在主要风沙地段规划了大规模的固沙网格和挡风墙以阻挡风沙的侵袭，同时在红梁河、错那湖等风口地段采取“以桥代路”措施，预留风沙通道，让风沙能够自由通行，有效阻截了风沙的侵蚀。截至目前，青藏铁路沿线风沙路基建设已达 100 余公里。

图 4.15 青藏铁路固沙网格

6. 环境保护与景观提升

（1）加强沿线环境与生物多样性保护。

总体要求：路线设计全面考虑沿线地区的自然环境，消除或减缓道路工程对环境的污染及原有生态系统的不利影响。重视水环境敏感区污染风险防范设计，提升水环境风险事故应急能力。推行生态环保设计，以生物多样性保护为目标，将自然地貌、原生植被、表土资源、野生动物保护放在突出位置，重视湿地生态保护。

公路案例：云南小磨高速公路总长 167 公里，是我国通向南亚、东南亚国家的公路大通道。项目全线位于西双版纳热带雨林区域，植物茂密、生物多样，工程建设与环保压力大。在路线选线和工程方案比选上遵循环保选线理念，减少开挖，增加桥隧比例，最大限度地保护生态。为保证当地生物资源不受破坏，线路两侧选用当地植物绿化，短时间内融

入自然，做到“修旧如旧”，淡化了人工痕迹。在保护区路段采取桥梁隧道方案为野生亚洲象预留通道，通过种植野象喜食的植物加以诱导，并在路域尽可能回迁原生植被，保持了生物自然平衡。

图 4.16 小磨高速实景图

铁路案例：位于肯尼亚境内的新建蒙巴萨—内罗毕铁路（蒙内铁路），沿线分布有多处国家公园、湿地及野生动物保护区。为确保蒙内铁路沿线生态得到有效保护，建设单位与肯尼亚专业动物组织 KWS 合作，研究察沃动物园动物迁徙路径以及生活习惯，在动物经常迁徙的地方设置动物通道，新的铁路都高出地面，并且留出了给动物通过的空间。据统计，蒙内铁路专门设置了 14 处动物通道，在野生动物园区段长 170km，设计了总长 30km 的 88 座桥梁，动物过桥涵洞达 969 个。

图 4.17 蒙内铁路以桥代路预留动物通道

玉磨铁路（玉溪-磨憨）作为泛亚铁路中线中国境内部分，起于云南省玉溪，途径普洱、景洪，止于磨憨口岸。铁路沿线森林覆盖率较高，生态资源丰富、环境承载能力弱、生态较脆弱，15 标恰位于野象谷车站。因此，在设计之初，便将环境保护、水土保持纳

入到施工建设中，编制了详细的实施规划。在施工期间严格控制人员进入非建设区域，杜绝在非建设区域对野生植物的私挖乱采行为，减缓对保护植物的影响。路线走向有效避开亚洲象主要活动区域，并通过延长隧道、以桥代路、设置大象防护栅栏等措施，将铁路建设对沿线生态环境的影响降到最低。

图 4.18 玉磨铁路大象防护栅栏与实景图

（2）促进交通景观与沿线环境融合。

总体要求：公路、铁路设施要和周边风景、地貌浑然一体，融合地域元素适当突出当地特点，避免刻意人工造景和雕琢的痕迹[4]。可利用道路沿线天然景观环境（如山体、湖泊、高大树木）或既有建筑物等，通过道路与沿线环境的空间关系分析，使公路、铁路与环境融为一体。

图 4.19 公路景观路段分别展现木雅和雪域文化

公路案例：重庆潼荣高速依据沿途空间感受合理划分景观主题段落，在隧道洞口、互通区、服务区等重要道路节点上适当点缀景观小品，突显潼南、大足和荣昌地方人文特色。

图 4.20 重庆潼荣高速景观主题分段

铁路案例：商合杭高铁(Shangqiu-Hefei-Hangzhou High-speed Railway)，全长 794.55 km，是一条连接河南省商丘市、安徽省合肥市与浙江省杭州市的高速铁路。建设者在规划阶段即对人员调配、征地拆迁、优化施工组织、优选栽种植物品种等方面提前谋划，对路基边坡、骨架、护坡及后期绿化方案做了详细的部署和安排。该路基高边坡段为骨架护坡内置空心砖及重力式挡土墙两级，施工中，严格按照“因地制宜、经济适用、兼顾景观”的总体要求，根据当地气候及土壤条件，派专人考察比选了几十种景观植物，逐一分析它们的经济成本、生长习性和养护管理难易程度，最终优中选优，选取了兼具性价比与耐寒耐贫瘠、四季常青、色彩艳丽、观赏性强、易于管理等要求的品种栽种，并在边坡绿化中采用色块种植工艺，使种植色块按照拱形骨架高度带状分布，达到了层次清晰、立体美观的绿化效果。

图 4.21 商合杭高铁路基绿化实景图

7.数字化与信息化技术应用

（1）总体要求

可采用激光雷达测量、地质遥感等技术手段获取线位区三维数字地面模型和地质体三维空间分布信息，提高廊道选址和方案比选的合理性，提升设计精度和效率[5]。可基于三

维数字信息和 BIM（Building Information Modeling）建筑信息模型技术开展智能化设计。

（2）公路案例

案例一：贵州都匀至安顺高速公路东起都匀市乌养枢纽，西至镇宁县杨家山枢纽，线路全长 215.40 千米。项目中，利用激光雷达测量技术快速获取了满足桥梁施工图设计的 DLG（Digital Line Graphic）数字线划地图、DEM（Digital Elevation Model)数字高程模型、DOM（Document Object Model）文档对象模型等三维地表数据，自动生成墩台处设计所需的横断面地面线数据，为方案设计比选、墩台开挖防护等提供强有力技术支撑。

案例二：延崇高速公路主线全长 114.752 公里，其中北京境内 33.2 公里，河北境内 81.552 公里。延崇高速河北段基于三维地理信息系统（3DGIS）和三维建筑信息模型（BIM），建立包含项目所有构件的三维精细模型。桥梁设计中通过施工图建模与模拟装配，发现设计碰撞问题，从而降低建设成本、提高生产效率、为安全生产提供保障。

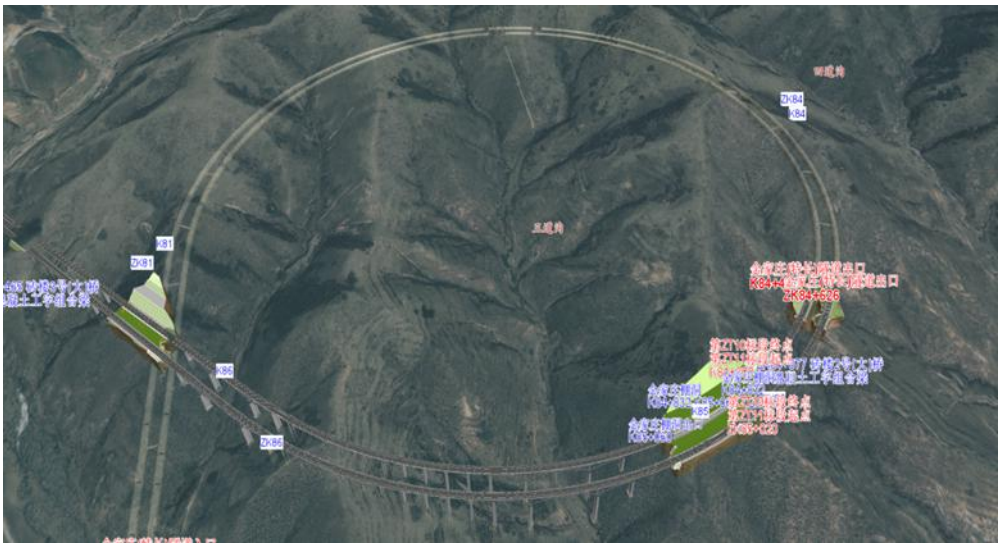

图 4.22 延崇高速河北段桥梁 3DGIS 模型

（3）铁路案例

京沈客专 BIM 试点、阳大铁路、印尼雅万高铁先开段等项目应用 BIM 模型，进行工程设计系统性、合规性和冲突检查，优化了设计方案，提高了设计质量。部分专业实现了基于 BIM 信息的工程量计算。

图 4.23 京沈客专 BIM 模型

二、绿色工程建设

1.科学组织施工

（1）总体要求

通过施工组织设计，落实“零弃方、少借方”等要求，实现最小的占地、最大的节约。合理组织施工，促进土石方、表土及隧道洞渣等资源的协同配置。合理安排施工时序，“先挖后填”、“先桥后隧”，最大限度减少施工便道修建。结合现场情况制定详尽的保通方案，加强施工机械调配，确保施工期间保通工作。

（2）公路案例

案例一：溧阳至宁德国家高速公路浙江省淳安段全长 61.5 公里，起点为杭千高速公路的终点淳安县坪山工业园区，终点与杭徽高速公路直接连接。该项目隧道施工采用“先隧后路”的施工组织，先开挖隧道，将符合要求的石渣用于近端路基的填筑，依次向远处延伸铺筑，实现填挖平衡。

案例二：佩列沙茨大桥及连接线项目位于克罗地亚，总长 2440 米，建成后将横跨亚得里亚海小斯通湾，连接隔海相望的克罗地亚领土。该项目优化桩基施工方案，采用了钢桩整根打设工艺，钢管桩在工厂一次成型，焊接质量完全满足“EXC4 B+”等级要求，避免了海上施工现场焊接后再行施工的弊端，施工风险大大降低。优化后的施工方案较原设计方案工期缩短 3 个月，钻机数量、施工船舶、施工人员等相应减少。

图 4.24 佩列沙茨大桥及连接线项目

（3）铁路案例

宁安高速铁路由南京南站至安庆站，全长 257 千米，设 10 个车站，设计的最高速度为 250 千米/小时。宁安铁路利用层次分析法、网络计划优化与实施中的优化调整相结合的优化方法对铁路施工组织设计进行优化，并在方案实施过程中，利用实际监测结果，对方案进行优化调整。

图 4.25 宁安高速铁路

2.统筹场站建设

（1）总体要求

从空间、时间两个维度统筹规划场站建设，空间上做到“布局紧凑”，时间上做到“衔

接有序”，整合利用土地资源，减少临时工程占地数量。施工场站场址布局设计要考虑施工运输便利性。施工单位应重点考虑临时施工场站、施工便道、便桥、施工用电、用水等临建工程与永久性工程的结合，还应考虑施工中临时支挡防护、排水等措施与设计方案的结合。

（2）公路案例

莆田到炎陵高速公路，公路全线采用双向 6 车道标准建设，设计时速 100 km/h,，全线贯穿福建、江西和湖南 3 省。

莆炎高速公路永泰梧桐至尤溪中仙段（福州市境）通过加强与地方政府沟通，结合当地的发展规划，做好施工便道的规划。尖峰山隧道出口便道的施工通过结合当地的发展规划、综合考虑林木外运等因素，对既有村道进行改造和拓宽，作为施工便道，减少了修筑临时施工便道的工程量，节省了开支，大大减少了临时用地的征用。工程结束后，施工便道作为当地规划道路使用，使施工便道等临时工程成了沿线群众的便民路、致富路。项目 T 梁预制场选址遵循永临结合的原则，将其选址设置于收费广场和主线路基等永久用地上，节约临时征地 52 亩，有效利用资源。

图 4.26 T 梁预制场

（3）铁路案例

兴泉铁路 XQNQ-7 标段，正线长度 38.5 千米，全线地处福建山区地带，沟壑众多，施工条件困难，技术难度大，为此共设计 3 条永临结合供电臂线路为工程施工提供电力，对跨越村镇的线路区域进行合理安排，按照急缓顺序排列施工时间表，提前与地方政府有关部门进行沟通，有效的推进了线路施工进度。

图 4.27 兴泉铁路

3.提高信息化管理水平

（1）总体要求

建立智能联网联控的公路、铁路建设信息化管理系统。构筑施工现场视频监测网络，全时段掌握重点路段和重点部位的施工现场情况，强化安全保障和行为监控。加强无人机系统对高速公路的修建情况和周围环境进行航测，提倡试验检测数据和重要工点实时监控。

（2）公路案例

湖南省推广应用拌和站场实时监控技术，实时采集、传输、存储拌和站混凝土生产数据，全面推广路基路面智能压实监控系统。河南省建立施工扬尘视频监控平台，在各项目沿线场站、桥梁、隧道、主要道路交叉口安装视频监控、PM2.5、PM10 等监控监测设备，实施 24 小时监控制，有效保障施工扬尘及时整改治理到位。四川九绵高速通过建立大数据系统平台，实现海量数据的智能化管理。延崇高速（河北段）在建设及运营过程中，使用数字化平台、视频监控等技术实现信息化全过程管理，提高整体效率。

图 4.28 延崇高速（河北段）监控中心

（3）铁路案例

蒙华铁路四电八工区结合互联网、云平台技术，率先在全线搭建起智慧工地一体化平台，解决了以往数据采集难、一线人员重复工作多、各部门间信息孤岛等问题。盐通铁路搭建施工数字管理平台，汇聚了劳务管理、物料管理、安全管理、质量管理、基础数据管理、BIM-5D 智慧工地数据决策、基建生产管理等各个模块，构建起了智慧化管理的框架。

图 4.29 蒙华铁路

4. 推广使用先进工艺和设备

（1）总体要求

积极推广使用节能、节地、节水、节材的施工工艺，减少施工场地废水、固体废物、噪声、尾气排放。推广应用绿色低碳、节能环保方面的“四新技术”。积极使用天然气等清洁能源拌和沥青混合料，并在拌和站增加粉尘处理设备，减少烟尘、二氧化硫等污染物

排放。

（2）公路案例

海南万洋高速在途经景区、自然保护区及临近城镇的路段，均采用沥青混合料温拌技术，共减少了 1272 吨温室气体排放。黑龙江省国道丹阿公路吉黑省界（珲春）至东宁段改扩建工程将高聚物弹性体加入基质沥青，改变沥青结合料施工和易性，实现常温施工，节能效果显著。重庆潼荣高速改善了水稳碎石拌和效果，减少了半刚性基层裂缝，实现了水泥稳定碎石基层水泥用量降低 20%的目标。

图 4.30 海南万洋高速沥青混合料温拌技术节能效果显著

佩列沙茨大桥及连接线项目在钢管桩打设过程中，将产生较大的噪声，对海洋生物造成影响。项目采取气泡幕降噪技术，在海床表面布置管道，将空气导入管道，从管道开口处上升的气泡形成一个封闭的泡幕帘，对噪音传播产生高阻尼损耗和散射，并把噪音带出水面排放到空气中。另外，气泡在排出的过程中，使水体产生扰动和声响，对海洋动物有警醒作用，从而使近距离的海洋动物远离施工区域以避免受到伤害。气泡幕降噪装置的设置与成功使用，使得钢管桩打设过程中，满足当地环境保护法、噪音保护法等相关要求，未发生海洋生物因受声波影响或高能量震动死亡，未受到周围居民任何投诉。

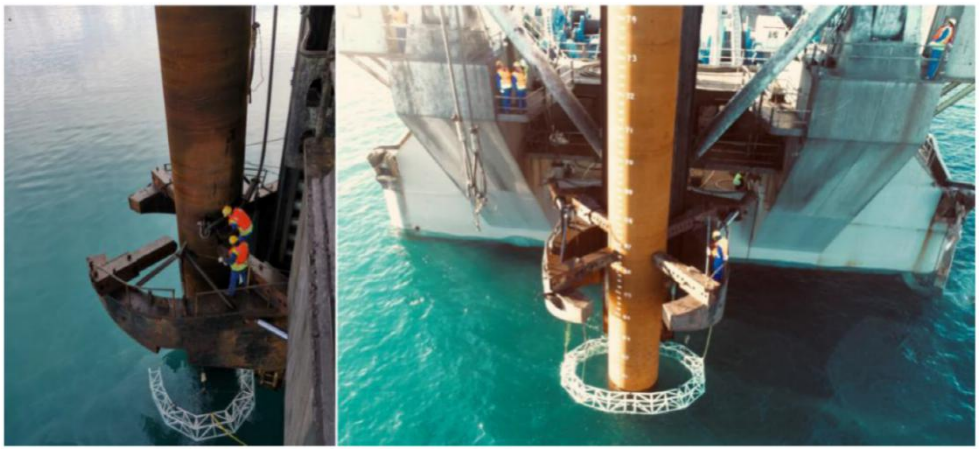

图 4.31 气泡幕降噪装置（白色环形管道）

（3）铁路案例

玉（溪）磨（憨）铁路橄榄坝特大桥位于云南省西双版纳傣族自治州景洪市，全长 3.5 公里，共有桥墩 108 个。橄榄坝特大桥途经流砂地段，施工中钻机在流砂层无法成孔，地层软硬不均钻孔偏差大。通过技术攻关，采用膨润土和火碱搅合成泥浆，注入不良地质，防止了孔壁溜坍，保证了施工顺利推进。在大体积承台混凝土施工中，通过在承台内布设冷却管，利用水循环降温，有效控制了大体积混凝土受热开裂，确保了施工质量。

图 4.32 橄榄坝特大桥

5.严格环保施工管理

（1）总体要求

在招标文件和合同条款中落实相关环保要求，制订特殊环境敏感点专项环保施工方案，加强对施工人员的教育和培训，切实提高生态施工意识，规范作业行为。

动植物保护：控制临时用地、路基开挖、隧道洞口开挖施工作业面，避免超挖破坏周围植被。优化施工方案，减少对野生动物的干扰，在工地及周边设立爱护野生动物和自然植被的宣传牌，并对施工人员进行教育。

水环境保护：施工单位要积极主动采用经济适用设备或技术，做好废水处理与循环利用工作，避免直接排放污水。

大气环境保护：在居民区、医院、学校、野生动物保护区等环境敏感区域施工，应强化清洁运输、清洁施工与烟气控制，降低施工作业对周围敏感目标以及施工人员健康影响。

声环境保护：针对产生噪声与振动的关键环节与工艺，综合应用敏感目标防护、爆破减振降噪、机械工艺降噪等手段，控制施工噪声与振动的影响幅度与时段。

（2）公路案例

案例一：河南郑西高速公路在隧道掘进中采用液体间隔爆破技术，对解决传统工程爆破工艺未能充分利用炸药能量和污染环境方面的影响做出了创新，减少了药量的使用，降低了对围岩的振动。公路拌和站采用全封闭式料仓大棚控制扬尘，并在水泥罐仓机安装静电除尘设备，在拌和站内采用积料桶收集水泥粉尘，这些措施有效减少水泥扬尘影响，同时将粉料回收，减少资源浪费。

案例二：甘肃省 G316 线长乐至同仁公路两当县杨店至徽县李家河段在施工中大力推广隧道水压爆破技术，取得了良好的经济效益和社会效益。水压爆破技术与传统隧道光面爆破相比，提高了炸药利用率，有效控制了隧道施工超欠挖，同时降低了爆破后的粉尘浓度，加快了施工进度，达到了节能环保的效果。

案例三：佩列沙茨大桥及连接线项目部设立节能环保专项资金，购置海上拦油坝，对可能出现的油污泄漏进行预防；投入两艘开底驳，将钻渣运输到 20 海里外进行集中排放。

将原有的三级废水沉淀池改造为四级沉淀池并将生产废水管网全部连通，确保生产废水100%回收利用。安装生活污水处理系统，聘请当地有资质的废水处理公司定期处理，确保不对环境造成任何污染。

图 4.33 佩列沙茨大桥及连接线项目对施工设备进行第三方检测和生活区污水处理装置

（3）铁路案例

京沪铁路全长 1463 km，是中国境内一条连接北京市和上海市的客货共线国铁 I 级双线电气化铁路，线路呈南北走向，是中国铁路网中南北走向的大动脉之一。

京沪高速铁路实行全线环保监控与环境监测，在建设施工的过程中，针对沿线一些敏感地段进行水质的监测、大气的监测以及振动的监测等，并以此为基础制定科学合理的生态环境保护措施，不仅有效的降低了铁路工程建设对生态环境产生的影响，而且为铁路工程项目建设的顺利进行奠定了坚实的基础。

图 4.34 京沪铁路

三、绿色工程运维

1. 规范流程

（1）总体要求

公路、铁路运维应以服务公众出行为目标，树立全寿命周期养护成本理念，制定适合国情的运营养护指导政策、技术标准；制定完善铁路、公路养护管理制度和规范体系，规范路况检测、养护施工作业流程；管理机构应严格执行养护工程管理程序，完善重大工程项目的报批和审查制度；对技术难度较大的工程项目，应组织专家进行技术论证。

（2）公路要求

公路养护工作严格执行各国公路养护管理、隧道养护、路面养护等相关管理办法、技术规范，坚持科学规范化管理，提高养护质量与效益。养护工程应按照前期工作、计划编制、工程设计、工程施工、工程验收等程序组织实施，并对每个程序工作流程进行规定。

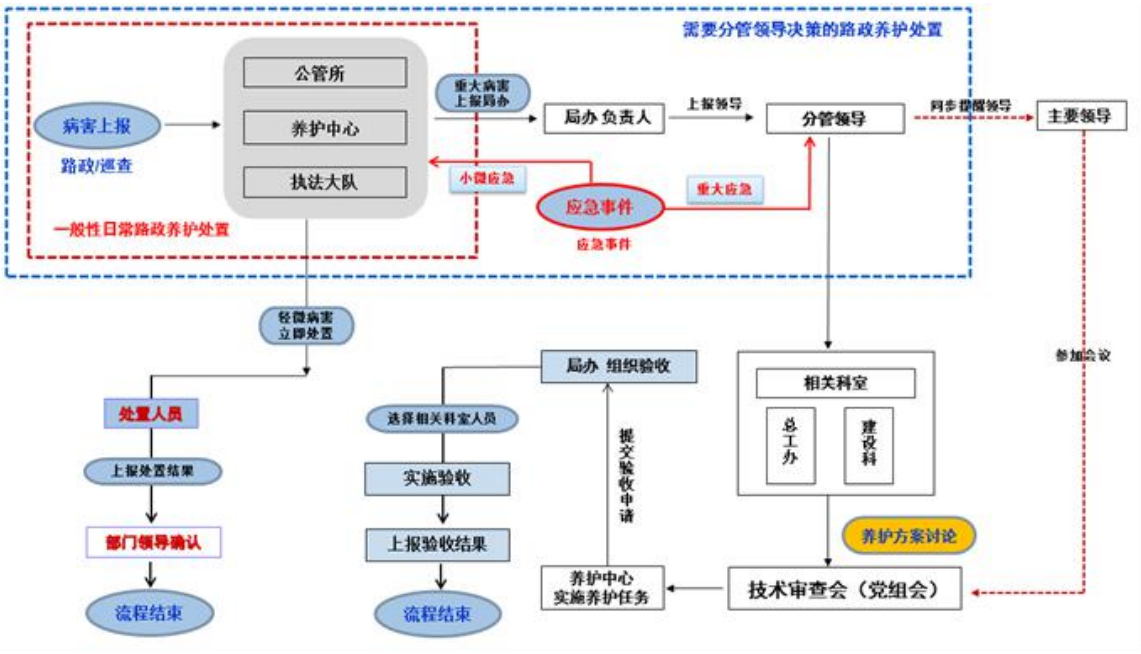

图 4.35 道路病害处理流程

（3）铁路要求

铁路养护主要包含铁路路基、轨道等线路养护和铁路桥梁、隧道和房屋建筑物等建筑

物养护，应遵循“秩序、安全、有序”的原则，将养护工作划分为大修、中修和维修三个修程[6]。

2. 建立机制

（1）总体要求

明确铁路、公路运维管理机构设置和工作职责，建立完善公路养护科学决策制度，强化管养资金保障机制建设。重点完善养护巡检机制、健全作业管理制度、完善视频监控系统、风雨雪监控系统等，建立健全预测预警、应急处置和信息发布等应急运行机制。

（2）公路要求

公路养护工程管理工作一般实行统一领导、分级负责，依据各国确定的分级管理职责，主管本区域内的养护工程管理工作。一般养护工程资金使用范围包括公路技术状况检测与评定、养护决策咨询、养护设计、养护施工、工程管理及质量控制、工程验收、项目后评估、监理咨询等。

（3）铁路要求

铁路养护建议以“痕迹化”管理为抓手，可以使用台账管理工作机制，具备条件的地方可推行台账电子化，优化管理效能，提高工作效率，形成“全程留痕、实时监控、过程管理、动态评定”的工作机制。

3. 定期巡检

（1）总体要求

铁路、公路巡检一般按“预防为主，防治结合”的原则，经营管理单位按照各国标准规范规定的检测指标和频率，针对不同检测评定情况、养护需求与目标建立预防性养护措施决策方案和计划。鼓励各国运用自动化快速检测技术开展巡检工作。

（2）公路要求

公路可按各国实际情况和国际通行规范的要求开展分级巡检，重点对对路基、路面、桥梁、隧道、附属设施等进行检测和评定。一般多雨地区或公路水毁多发地区的公路应加

强雨季公路检查，汛期或恶劣天气频繁期应加强检查频率。

（3）铁路要求

铁路巡检工作可按各国实际要求，参照国际通行规范开展检修工作，检修要重视接触网状态、供电设备、信号设备、轨道电设备、应答器和列车无线调度通信设备等设施设备的运用状态[7]。

4. 人员培训

加强对运维养护人员的专业知识和业务技能学习培训，制定具有可操作性的养护技能培训制度，采取交流、书籍学习、技能实践等灵活多样的方式提高培训效果，强化安全培训和教育，加强安全防护意识。

第五章 推进“一带一路”铁路公路项目绿色发展的建议

为推进“一带一路”铁路公路项目绿色化发展，可在项目建设前进行生态环境评估，识别项目在生态环境保护方面存在的突出问题，应用铁路公路项目绿色发展最佳可行技术和案例，加强企业和项目本身的生态环境管理能力建设，不断提高对外投资建设铁路公路项目的绿色化发展水平。

一、运用评价指标体系探索开展带路项目评估

（一）评估识别对外投资项目生态环境状况

可由生态环境技术评估机构，对现有境外项目开展系统的生态环境管理状况摸底，并协助企业实行项目生态环保“立档建册”，全面排查生态环境保护方面的情况。对重点交通基础设施项目进行生态环境影响评估和环境管理工作效果评估，针对评估发现的问题，提供相应的技术指导和服务。

（二）加强对外投资项目生态环境指导

建议建立对外投资项目生态环境指导机制。探索建立对外投资建设铁路公路项目生态环境基本要求，在对外投资项目规划期间，参照项目生态环境评估指标体系及相应要求，评估项目的绿色化水平。对于存在明显生态环境问题的项目，及时提出可能存在的问题。对于符合环保技术领先的绿色工程，加大支持力度。对可能存在生态环境问题的项目，加强项目的事中事后指导和规范，及时处理可能发现的问题。

（三） 促进对外信贷的绿色化

建议将生态环境评估纳入银行信贷决策之中。借鉴本报告提出的评价指标体系和要求，我国国内金融机构可制定适合相应行业的生态环境评估体系。对绿色交通项目，予以较大程度上的资金支持政策，扶植一批能够起示范和宣传作用的境外绿色项目；对未装备先进环保技术、不符合国际绿色要求的项目，审慎支持。

二、推广应用最佳可行技术

“一带一路”公路、铁路的新建和改扩建工程应全面落实绿色交通理念及相关要求，在设计与建设过程中，按照“绿色交通”的有关技术要求，在设计、施工、运营各阶段积极推广应用绿色低碳技术。

（1）在总体设计中，贯彻全寿命周期和均衡协调的思想，全面考虑建管养各方面要求，通过科学设计建设方案、集约利用通道资源、灵活选用技术指标、科学比选工程方案、特殊路段安全设计、环境保护与景观提升和数字化与信息化技术应用，将绿色交通建设理念贯彻到基础设施的每一个方面，打造资源节约、环境友好、运行舒适、品质提升的交通工程[8]。

（2）在路基路面方面，贯彻“不破坏就是最大保护”原则，提倡“零弃方、少借方”。通过控制填方挖方，统筹土方调配，循环利用固体废弃物及废旧材料，选用各类环保工程设施等措施，实现路基路面阶段工程与自然环境的有机协调。

（3）在桥涵建设方面，按照工业化建造要求，突出安全耐久和科技引领，通过全方位桥型方案比选、标准化设计、建养一体化设计、环境保护设计等措施，实现桥梁工程绿色耐久。

（4）在隧道建设方面，应满足其使用功能和结构安全性要求，在隧道全寿命周期内节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境、减少污染，与自然环境和谐共生。采用合理的进洞方案、先进的施工技术、有效的洞渣利用、优化的通风照明措施，并大力推广清洁能源的使用，从而对山体自然环境影响最小，保护生态资源[9]。

（5）在工程施工中，对施工组织、材料采购、现场施工、工程验收等进行控制，加强施工全过程管理和监督。统筹利用土地、设备、房建、表土、施工材料等资源，有效提高各类资源利用效率。全面落实施工期环境保护、水土保持要求，重点推进施工期原生植被保护与水环境保护，完善施工现场和驻地的水土保持措施，加强施工噪声与振动控制，施工防尘控制，涉及环境敏感区的编制施工专项方案，降低施工对环境的影响。重点减少固体废弃物、使用清洁能源，采用低能耗施工工艺及高能效机械设备，实现公路建设过程的低能耗、低排放。

三、加强对外交通企业生态环境管理能力建设

（一）引入管家式环保服务

将环保管家的理念和服务引入项目建设中，为项目提供监测、监理、环保设施建设运营、污染治理等一体化环保服务和解决方案。通过常态化的“体检”和“问诊”，及时提出预警和针对性措施，避免环境事故的发生。

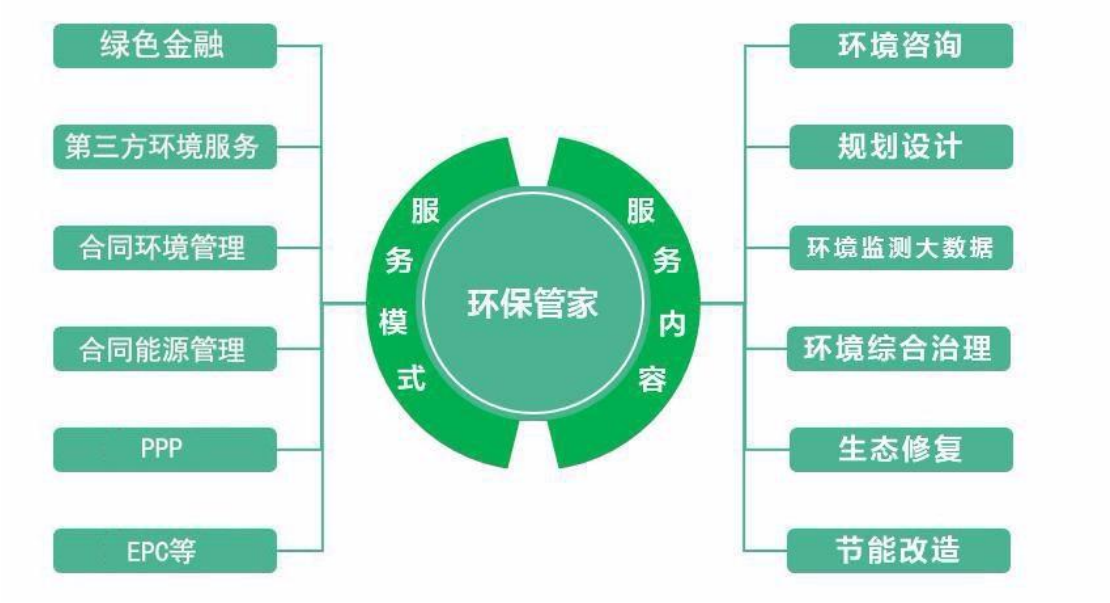

图 5.1 环保管家示意图

（二）开展工程绿色专项设计

为确保绿色进工程，在工可前期阶段可结合项目特点制定合理的绿色建设实施方案，在规划设计阶段重点针对污染防治、生态修复、资源节约与循环利用等方面开展绿色专项设计。

（三）构建施工质量、健康、安全、环境管理体系

在施工阶段，将公路、铁路基础设施质量、健康、安全、环境管理按照系统管理的原则进行整合，并遵循 PDCA（Plan 策划—DO 实施—Check 检查—Action 改进）循环原理，构建工程质量、健康、安全、环境管理（简称 QHSE）管理框架模式。重点建立以业主为

核心的 QHSE 体系文件和以风险控制为目标的质量管理机制，厘清工程参建各方的责任分担。

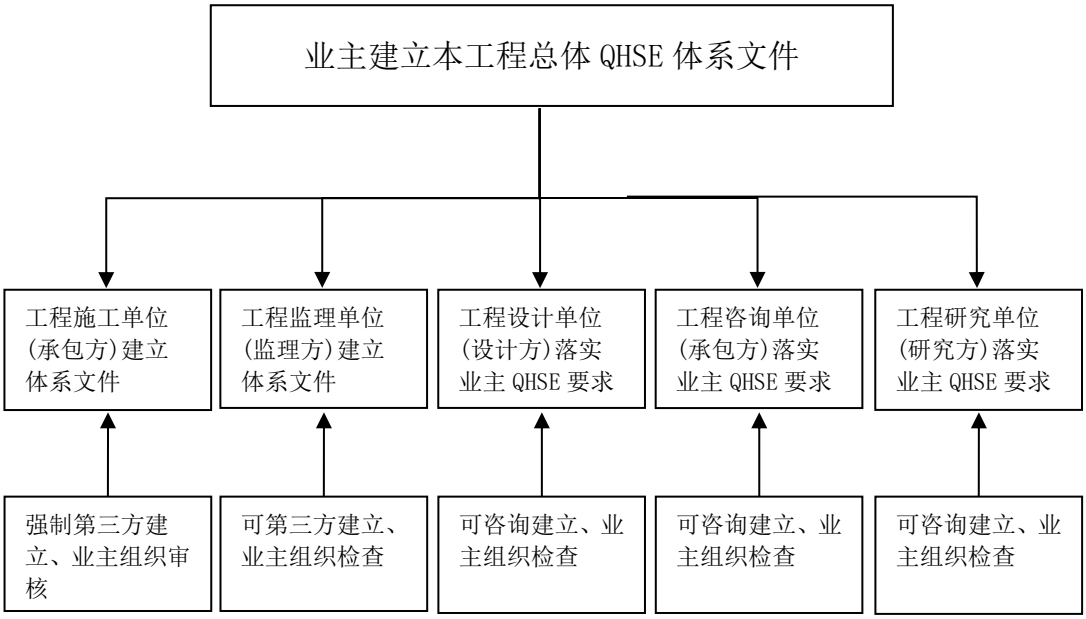

图 5.2 具体工程建设的 QHSE 管理体系

（四）实施全链条式环境管理

以环境质量改善为核心，在规划阶段开展环境影响评价，在施工过程中严格执行环水保管理，在运营阶段开展跟踪评价。前期规划设计高度关注绿色发展理念的贯彻；施工过程选择最合适的工程类型、最高效的工艺手法、最自然环保的建设材料；强化末端治理和绿色运营[10]。

（五）建立环境事件应急机制

从开展突发环境事件风险评估、完善风险防控措施、排查环境安全隐患、制定应急预案、加强应急能力保障建设等方面构建突发环境事件应急机制。同时，应加强与铁路、公路应急管理的多部门、跨区域协作，建立预警信息快速通报与联动响应机制。定期组织开展交通应急演练，建立铁路、公路应急管理培训制度，进一步提高铁路、公路应急处置与保障能力。

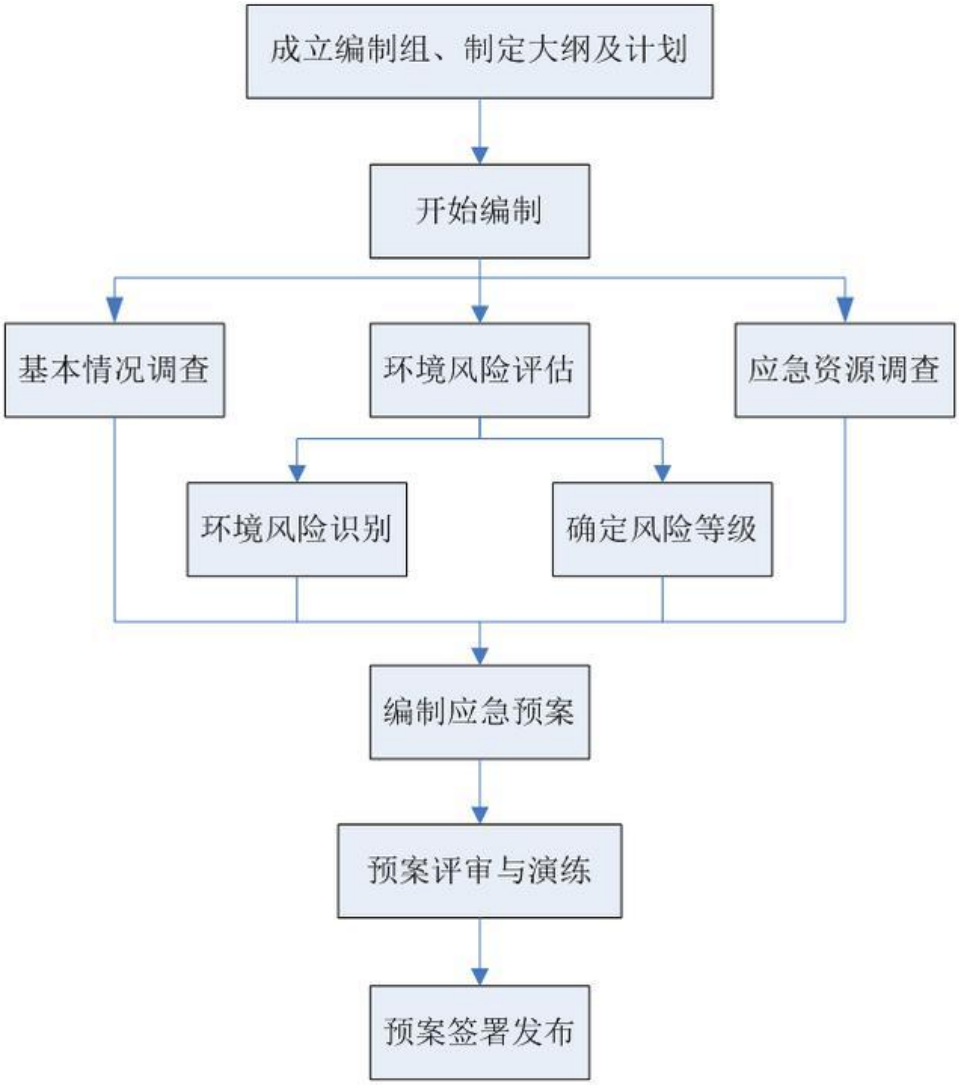

图 5.3 环境事件应急流程图

参考文献

[1] 张国辉，徐洪磊，杨建成等.小磨改扩建绿色公路探索与实践[M].人民交通出版社股份有限公司，2019.

[2] 交通运输部公路局.绿色公路建设技术指南[M].北京：人民交通出版社股份有限公司，2019.

[3] 中华人民共和国行业标准.公路交通安全设施设计规范：JTG D 81-2017[S].北京：人民交通出版社股份有限公司，2017.

[4] 交通部公路司.新理念公路设计指南[M].北京：人民交通出版社，2005.

[5] 章永超.基于数据的高速公路建设质量信息化技术研究[J].公路,2018, 63(12).

[6] 姬燕男.沿江铁路通道武汉至南京段方案研究[J].铁道运输与经济,2021,v.43;No.497(03):88-92.

[7] 张换成.铁路工务线路养护常见问题与对策[J].设备管理与维修,2021,No.495(10):49-50.

[8] 刘杰.绿色公路的瓶颈分析与管理体系建设[J].中国公路，2018,518（10）:26-29.

[9] 秦峰，程崇国.公路隧道土建结构养护[M].北京：人民交通出版社股份有限公司，2019.

[10]陈济丁.绿色公路建设理论与实践[M].北京：人民交通出版社股份有限公司，2017.