

林廊融景·防患于途

——生态优先视角下杭州山地森林防火应急道路的景观化建设实践与探索

冯刚

浙江华东林业工程咨询设计有限公司

摘要：在“绿水青山就是金山银山”理念引领下，杭州结合本地低山丘陵地貌与常绿阔叶林特征，针对森林防火应急道路建设中“功能、生态、景观”的核心矛盾，践行“因势赋形、林路共生、景防一体”理念。通过线路设计、工程适配、植被修复、设施改造等关键举措，实现林火防控能力提升与道路景观自然融合，为生态敏感区同类基础设施景观化建设提供了参考。

关键词：森林防火；应急道路；生态保护；景观融合；山地建设

1 研究综述

1.1 研究背景

党的二十大明确生态文明建设核心地位，浙江省森林覆盖率 61.24%，杭州市达 65.33%，是浙西北生态安全屏障与长三角生态景观廊道。但随着人类活动强度增加，山区地形复杂导致防火应急处置需求难以满足，部分道路存在景观不协调、生态扰动等问题，建设“功能达标、生态兼容、景观和谐”的专业化森林防火应急道路成为关键举措^[1]。

随着森林旅游开发、祭祀活动等人类活动加剧，加之杭州山区地形复杂、交通可达性不足，森林火灾防控压力持续攀升。现有防火基础设施难以满足“打早、打小、打了”的应急要求，部分老旧道路还存在景观不协调、生态扰动明显等问题^[2]。为此，建设“功能达标、生态兼容、景观和谐”的专业化森林防火应急道路，成为完善林火防控体系、保障生态安全与景观完整性的关键。

1.2 研究意义

理论意义：构建“防灾功能-生态保护-景观融合”三位一体的建设理论框架，为同类生态景观敏感区项目提供理论支撑。

实践意义：提升杭州市森林火灾高风险区的应急响应能力，修复道路沿线景观肌理，形成“林路相融、景防共生”的可复制建设模式，助力浙江省“十四五”森林防火规划与生态景观保护规划协同落地。

1.3 国内外研究现状

国外发达国家在森林防火道路建设中，注重生态保护与景观协调的双重目标，如美国依托 FEMA 风险地图与 USFS 林区路网标准，构建“分级路网+防火

阻隔”体系，强调路网密度（ $\geq 5\text{m/ha}$ ）与“30 分钟扑救圈”，结合 GIS 进行火险分区规划^[3]。日本以《建筑基准法》为基础，提出“不可灭火区域（FIA）” $\leq 140\text{m}$ 判定标准，建立全国紧急运输道路网络，推进道路与消防设施、避难场所一体化布局^[4]。

国内研究多聚焦在规划理念、技术应用、管理机制及生态考量等技术标准化与防火效益评估，如融合“韧性+低碳+智慧”，深化 AI、大数据、BIM 集成，推广林长制与数字化治理，实现生态与防火工程一体化。本项目结合杭州山地地形特征、森林景观基底与生态保护要求，在技术方案、生态管控与景观融合方面进行创新实践，丰富国内相关研究成果^[5]。

2 项目概况

项目定位：防灾减灾、应急救援抢险类项目。

建设范围：覆盖杭州市西湖区（留下街道、双浦镇）、浙江省林业科学研究院午潮山林场、建德市林业总场下属 3 个林场，涉及西山国家森林公园、富春江国家森林公园等景观敏感区域，总建设规模约 31.7 公里，其中西湖区约 7 公里、省林科院 5 公里、建德市 19.7 公里。

建设目标：有效提升森林防火面积 20460 亩，确保防控区域森林火灾受害率低于 0.8‰；同时通过“彩化”提升及森林抚育设计，使道路融入周边森林景观，沿线植被恢复率达 95% 以上，打造“融于景的防火防线”。

3 项目设计理念与技术

坚持“预防为主、积极消灭、生命至上、安全第一”工作方针，以“因害设防、生态兼容、景观协调、经济可行”为核心原则，践行“最小干扰、最大融合”

理念,通过“随形就势选线、生态化工程技术、景观化设施设计、乡土化植被修复”,实现森林防火功能、生态保护与景观美学的协同发展,让道路成为“融入森林的生态廊道与景观纽带”^[6]。

3.1 总体技术路线

构建“选线-勘察-设计-施工-管护”全流程景观融合技术体系。选线阶段,应用GIS与遥感技术,采用改进型Dijkstra算法,构建包含消防站点、水源地、火场位置等要素的拓扑网络模型;地质勘察阶段,采用无人机激光雷达、GPS、RTK等技术;线路设计阶段,优化平纵线性适配地形,实现“路随山转、景随路现”,确保应急扑救车辆行驶需求;施工阶段,实施生态保护、水土保持与景观修复同步推进;管护阶段,建立“功能养护+景观维护”长效机制,监测地质灾害和环境变化,及时采取措施防止破坏。

3.2 核心技术方案(强化景观融合设计)

3.2.1 线路景观化设计

技术标准:参照《林区公路设计规范》(LY/T5005-2014)四级公路标准,设计速度15km/h,路基宽度4.0m,路面采用水泥路、沥青路,局部路段采用泥结碎石路,适配山区交通量小(日均400pcu以下)的使用需求,同时降低视觉突兀感。

选线优化:①“随形就势”:省林科院午潮山林场路段沿山体等高线布线,避免大切大填,形成“蜿蜒穿梭于林间”的线形景观;②“借景融景”:建德市富春江沿岸路段,在视野开阔处设置局部加宽的景观眺望点(兼作错车道),可远眺富春江景与山林全貌;③“利用旧路”:优先利用原有林区小路进行改造升级,减少新占林地与景观破坏,新增线路避开古树名木与特色植被群落;④“设施隐形”:错车道、回车道采用嵌入式设计,周边种植乡土灌木遮挡,弱化人工设施痕迹。

3.2.2 主体工程景观化设计

路基工程:采用“浅挖浅填”工艺,边坡坡率根据地形与景观需求调整(填方边坡1:1.5-1:2.0,挖方边坡1:1.2-1:1.5),填方边坡采用“客土喷播+乡土灌木种植”,挖方边坡采用“挂网喷播+藤本植物攀爬”,形成“边坡即植被、路基融山体”的景观效果。

路面工程:结合本地区自然条件、交通量分布及周边既有公路路面使用情况,兼顾当地村民使用的道路选用沥青路面或水泥路面,仅作为森林防火道路的选用泥结碎石路面。

排水系统:全线设置生态型排水边沟、截水沟与急流槽,边沟采用混凝土边沟与生态边沟结合,截水沟与急流槽采用开挖自然山石,与山林环境融为一体;局部路段设置生态管涵(直径0.75-1.5m),管涵进出

口采用缓坡过渡,避免硬质界面破坏景观。

3.2.3 生态保护与景观修复设计

设计阶段:同步开展景观资源调查,绘制“景观敏感点分布图”,明确古树名木、特色地貌、观景节点等保护对象,线路设计绕避或采取避让措施;多余土石方用于道路两侧景观微地形塑造,如堆砌仿自然山体、填充沟谷形成小型景观洼地,避免外运弃渣破坏景观。

施工阶段:①植被修复:对开挖破坏的植被区域,采用“乡土物种优先”原则,选择黄山栎树、浙江楠、天目玉兰、映山红、爬山虎等本土树种与藤本植物,按“上层乔木+中层灌木+下层草本”的自然群落结构进行种植,确保植被恢复后与周边森林景观一致;②施工管控:设置施工围挡与景观隔离带,避免施工扬尘、废渣污染周边景观;运输车辆采用绿色篷布覆盖,施工便道定期洒水降尘并种植临时植被遮挡;③景观节点打造:在道路交叉口、眺望点等位置,打造小型森林驿站景观,设置木质休息座椅、生态指示牌,指示牌内容兼顾防火宣传与景观介绍。

4 项目实施保障与风险管控

4.1 技术保障

标准适配:参照《林区公路设计规范》(LY/T5005-2014)四级公路标准,结合项目实际优化技术参数与景观指标,明确路面色调、植被种类、设施材质等景观要求。

危大工程与景观风险管控:对基坑开挖、模板支撑等危大工程编制专项施工方案并组织专家论证;对涉及景观敏感点的施工路段,编制专项景观保护方案。

4.2 生态与景观管控保障

用地与景观审核:严格对照“三区三线”数据、林草湿监测图斑与景观敏感点分布图,开展用地合规性与景观协调性双重审查,确保道路线形与景观脉络一致。

生态与景观补偿:对占用的Ⅱ级保护林地与生态公益林,按规定办理审批手续,同步实施植被景观修复;对施工中不可避免扰动的景观区域,采用“近自然修复”技术,确保修复后景观完整性。

施工监管:严禁夜间(22:00-次日6:00)在居民区150m范围内及景观敏感区进行高噪声施工;设置景观监测点,定期拍摄对比照片,跟踪植被修复与景观融合效果,及时调整优化措施。

4.3 风险管控

施工前开展详细地质与景观资源调查,避开地质灾害易发区及景观关键节点;施工中采用“从上至下、逐级开挖、逐级加固”工艺,同步修复边坡景观,避免裸露破坏。临近水利设施与水域路段,严控施工扰动,

设置生态与景观隔离带,防范废水污染,保障水域景观完整。建成后设置木质、石质生态路障与防火卡口,禁止社会车辆占用;建立“功能+景观”长效维护机制,定期修复设施与植被,清理杂物杂草,兼顾应急通行与景观效果。

5 项目预期效益分析

5.1 生态效益

通过构建 31.7 公里应急道路网络,实现火灾高风险区交通可达性全覆盖,应急救援响应时间缩短 50% 以上;同时采用生态化、景观化设计方案构建生态廊道保障野生动物迁徙与栖息地连通性,维持山地森林景观自然肌理,再通过坡面绿化、排水系统建设等措施,年减少水土流失量约 1.2 万吨,实现“施工即修复、建成即融景”。

5.2 社会效益

为山区群众与游客提供快速疏散通道,降低森林火灾导致的人员伤亡和财产损失风险,又通过构建林火阻隔带并搭配相关设施打造火灾“快速响应圈”,同时以道路为支撑形成“视频监控+地面巡护+应急通道”三位一体防控网络,助力火情早发现、早处置,实现“防火路”与“景观路”双重价值。

5.3 景观效益

视觉协调效益:道路线形、设施、植被与周边山地森林景观自然融合,避免传统应急道路的视觉突兀感,维护“峰峦叠翠、林路相融”的景观格局。

景观功能拓展效益:通过景观眺望点、森林驿站等节点打造,拓展森林景观的观赏维度,形成“车行林间、步移景异”的景观体验,提升区域生态景观价值。

示范引领效益:为生态景观敏感区森林防火应急道路建设提供“功能-生态-景观”三位一体的示范,推动同类项目从“功能满足”向“综合提质”转型。

5.4 经济效益

降低农林生产成本:解决林区“运输难”问题,林下经济(竹笋、茶叶、中药材等)产品运输距离缩短、时效提升,物流成本降低 30%-50%,提升产品市场竞争力。

带动生态旅游与乡村振兴:道路串联景区、古镇、田园等资源,打造“防火+康养+旅游”廊道,吸引游客,带动农家乐、民宿、农产品电商发展,形成新的经济增长点。

整合资源减少浪费:采用“路林共建”模式,交通与林业部门协同建设,避免重复投资,节约土地与资金,总投资效益得到有效提升。

6 长期综合评价

项目不仅是森林防火的“安全线”,更是山区发

展的“致富线”与生态保护的“生命线”,符合“绿水青山就是金山银山”理念。长期来看,将推动杭州山区形成“生态保护—产业发展—民生改善”的良性循环,为全国同类项目提供“杭州样板”。

7 结论与展望

7.1 结论

以“生态优先、景观融合”为核心,“防灾减灾”为根本目标,通过“随形就势选线、生态化工程技术、乡土化植被修复、景观化设施设计”,构建了“功能达标、生态兼容、景观和谐”的建设模式。项目实施后,将有效提升杭州市森林火灾防控能力,同步维护山地森林景观的完整性与协调性,实现生态安全、人民生命财产安全、景观价值与经济社会发展的协同共赢,为山区生态景观敏感区森林防火应急道路的景观化建设提供了宝贵经验。

7.2 展望

技术创新:未来可引入智能化景观监测技术,结合无人机巡检、物联网传感器,实时跟踪植被生长与景观融合效果;探索生态透水路面、太阳能景观灯等绿色技术的应用,提升道路景观的可持续性。

标准完善:结合项目实践,为《森林草原防火道路设计标准》《森林草原防火道路建设标准》的制定提供华东地区建设经验,明确景观敏感区选线要求、设施景观化标准、植被修复技术参数等,规范同类项目建设。

多功能融合:进一步探索道路与生态旅游、康养休闲、林业生产的深度融合路径,设置森林步道连接线、生态科普标识等,实现“防火+生态+景观+经济”多功能协同,最大化项目综合效益。

参考文献:

- [1] 浙江省林业局.浙江林业发展“十四五”规划出台 [EB/OL].(2021-05-17)[2025-11-22].<https://www.forestry.gov.cn/c/www/kxj/152563.jhtml>.
- [2] 杭州市林业水利局.杭州市森林防火应急道路建设项目可行性研究报告 [R].2023.
- [3] Smith D, Johnson C. Ecological Considerations in Wildfire Access Road Construction: A Case Study from the Pacific Northwest [J]. Forest Ecology and Management, 2020, 465: 118023.
- [4] 日本林野厅.森林火灾防控道路建设技术标准 [S].2018.
- [5] 国家林业局.林区公路设计规范 (LY/T5005-2014) [S].2014.
- [6] 住房和城乡建设部.景观公路设计规范 (CJJ/T211-2015) [S].2015.