

衢州市衢江区森林防火视频监控点位选址研究

顾柯楠^{1*}, 陈文涛², 尹准生^{3#}, 唐 玉⁴

¹衢州市衢江区林业局, 浙江 衢州

²浙江文盛林业调查规划设计有限公司, 浙江 衢州

³国家林业和草原局华东调查规划院, 浙江 杭州

⁴浙江华东林业工程咨询设计有限公司, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年5月19日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年6月30日

摘 要

衢州市衢江区森林资源丰富, 森林覆盖率达67.45%, 但复杂地形与众多敏感区域使森林防火形势严峻。现有监控体系虽覆盖90%重点林区, 却存在监控盲区、成本高、敏感区域覆盖不足等问题。本研究基于地理信息系统(GIS)可视域分析, 结合衢江区地形地貌、气候特征及现有监测体系, 以地理环境适配性、功能需求导向、经济性与可维护性为核心原则, 运用GIS可视域分析与多因子加权评估法进行监控点位选址。研究针对不同区域提出优化方案, 预计新增20个核心点位可将全区监控覆盖率提升至95%, 敏感区域覆盖率达100%, 同时降低25%的单点位年均维护成本, 为构建“空-地-网”一体化森林防火监测网络提供科学决策依据。

关键词

森林防火, 视频监控, 选址, 衢江

Study on Site Selection of Forest Fire Prevention Video Surveillance Monitoring Points in Qujiang District, Quzhou City

Kenan Gu^{1*}, Wentao Chen², Zhunsheng Yin^{3#}, Yu Tang⁴

¹Qujiang District Forestry Bureau, Quzhou Zhejiang

²Zhejiang Wensheng Forestry Survey, Planning and Design Co., Ltd., Quzhou Zhejiang

³East China Inventory and Planning Institute of the National Forestry and Grassland Administration, Hangzhou Zhejiang

⁴Zhejiang East China Forestry Engineering Consulting and Design Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

Received: May 19th, 2025; accepted: Jun. 20th, 2025; published: Jun. 30th, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 顾柯楠, 陈文涛 尹准生, 唐玉. 衢州市衢江区森林防火视频监控点位选址研究[J]. 地理科学研究, 2025, 14(3): 610-618. DOI: 10.12677/gser.2025.143060

Abstract

Qujiang District, Quzhou City, is rich in forest resources, with a forest coverage rate of 67.45%. However, the complex terrain and numerous sensitive areas pose a severe challenge to forest fire prevention. Although the existing monitoring system covers 90% of key forest areas, issues such as monitoring blind spots, high costs, and insufficient coverage of sensitive areas remain. This study employs visual domain analysis based on Geographic Information System (GIS), integrating the topographic features, climate characteristics of Qujiang District, and the existing monitoring system. Guided by the principles of geographical environment adaptability, functional requirements orientation, and economic maintainability, it applies GIS visual domain analysis and multi-factor weighted evaluation methods for the site selection of monitoring points. The research proposes optimized solutions for different regions. It is estimated that the addition of 20 core monitoring points can increase the district-wide monitoring coverage rate to 95% and the coverage rate of sensitive areas to 100%, while reducing the average annual maintenance cost per monitoring point by 25%. This study provides a scientific basis for constructing an integrated "air-ground-network" forest fire prevention monitoring network.

Keywords

Forest Fire Prevention, Video Surveillance, Location Selection, Qu Jiang

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

森林作为陆地生态系统的主体,在维护生态平衡、提供生态服务等方面发挥着不可替代的作用[1]-[3]。然而,森林火灾的频繁发生对森林资源和生态环境构成了严重威胁[4]-[6]。衢州市衢江区拥有广袤的森林资源,森林面积达 176.9 万亩,森林覆盖率高达 67.45%,是浙江省重要的生态屏障。但森林火灾一旦发生,可能引发难以挽回的损失,不仅会破坏当地的生态环境,还会影响到周边地区的生态平衡。

衢江区的森林防火形势尤为严峻,区内分布着 443 处公墓、137 处林区景点等敏感区域,这些区域人员流动频繁,农事用火、祭扫用火等活动增加了火灾发生的风险。尽管目前已设置了 50 个高空烟感瞭望探头、170 个瞭望监测点,实现了 90%重点林区的覆盖,但由于衢江区地形复杂,山峦起伏,山谷、沟壑众多,部分区域仍存在监控盲区,导致这些地区的火情难以被及时发现和监测。

科学合理优化视频监控点位布局,对于提升森林防火的火情预警效率具有重要意义[7]-[9]。准确及时的火情预警可以为消防部门争取宝贵的灭火时间,有助于在火灾初期迅速采取措施,将火势控制在最小范围内,从而降低火灾造成的损失[10]。优化监控点位布局还能降低应急处置成本[11],通过精准定位火情,避免盲目出动消防力量,减少人力、物力和财力的浪费,提高资源利用效率。

2. 研究目标与方法

2.1. 研究目标

本研究旨在基于地理信息系统(GIS)可视域分析,结合衢江区的地形地貌、气候特征以及现有监测体

系, 提出一套科学的视频监控点位选址方案。该方案将兼顾覆盖范围、建设成本与维护便利性, 以实现衢江区森林的全面、高效监测, 为构建“空-地-网”一体化监测网络提供有力的决策依据。

2.2. 研究方法

地理信息系统(GIS)技术具有强大的空间分析能力, 能够对地形、地貌等空间数据进行处理和分析。其中, 可视域分析是 GIS 的重要功能之一, 它通过计算地形表面上某一点的可视范围, 为监控点位选址提供了科学的方法。结合衢江区的数字高程模型(DEM)数据, 利用 GIS 的可视域分析工具, 可以准确地确定在不同地形条件下监控点的可视范围, 从而筛选出最佳的监控点位。

在研究过程中, 还将充分考虑衢江区的气候特征。衢江区属亚热带季风气候区, 四季分明, 气温适中, 雨量丰沛, 但在特定季节和天气条件下, 森林火灾的发生风险会显著增加。例如, 在干旱少雨的季, 森林植被干燥易燃, 容易引发火灾。因此, 需要结合历史气候数据和火灾发生记录, 分析不同气候条件下火灾发生的概率和分布规律, 将这些因素纳入监控点位选址的考虑范围。

本研究还将对现有监测体系进行全面评估, 分析现有监控点位的覆盖范围、监测效果以及存在的问题。通过对现有体系的优化和补充, 实现新老监控点位的有机结合, 提高整个监测网络的效能。综合考虑覆盖范围、建设成本与维护便利性等因素, 运用多目标决策分析方法, 对备选监控点位进行评估和筛选, 最终确定最佳的选址方案。

3. 衢江区森林防火视频监控现状分析

3.1. 现有监测体系成效

衢江区在森林防火监测方面积极探索创新, 依托“卡防 + 技防”策略, 构建了较为完善的监测体系, 取得了显著成效。通过集成气象、林业、消防等 8 部门的数据, 打造了“急线烽”应急指挥平台, 实现了数据的互联互通和共享共用。该平台整合了多源数据, 能够实时获取森林的气象条件、植被状况等信息, 为森林防火决策提供了全面的数据支持。

在清明、春节等关键时段, “急线烽”平台发挥了重要作用。通过对这些时段农事用火、祭扫用火等活动的动态监测, 平台能够及时发现潜在的火源风险, 并采取相应的管控措施。利用平台的智能分析功能, 对历史火灾数据和实时监测数据进行比对, 预测可能发生火灾的区域, 提前部署防控力量, 有效降低了火灾发生的概率。

在硬件设施方面, 衢江区部署了 50 个高空烟感瞭望探头和 1.3 万路“雪亮村居”监控设备。这些设备相互配合, 形成了一个全方位、多层次的监控网络, 基本覆盖了 90% 的重点林区。高空烟感瞭望探头具有监控范围广、灵敏度高的特点, 能够及时发现远距离的烟雾和明火。其监控半径可达数公里, 能够对大面积的森林区域进行实时监测。一旦检测到烟雾或明火, 探头会立即发出警报, 并将信息传输到“急线烽”平台。“雪亮村居”监控设备则分布在各个村庄和林区周边, 能够对林区的边缘地带和人员活动频繁的区域进行监控, 弥补了高空烟感瞭望探头在局部区域监控的不足。

得益于“急线烽”应急指挥平台与 50 个高空烟感瞭望探头和 1.3 万路“雪亮村居”监控设备的协同作业, 衢江区在 2024 年实现了全区零火情的优异成绩。这一成果充分展示了现有监测体系在森林防火中的有效性, 不仅保障了森林资源的安全, 也为当地的生态环境和经济发展提供了有力支持。

3.2. 现存问题与挑战

(1) 地形适配性不足: 衢江区南部山区地形复杂, 山峦起伏, 山谷、陡坡众多。这些复杂的地形对现有视频监控点的覆盖范围产生了较大影响。由于山峦的遮挡, 部分深谷和陡坡区域无法被现有监控点监

测到,导致这些区域的覆盖率仅为 75%。在这些监控盲区,一旦发生火情,很难被及时发现,容易延误灭火的最佳时机。如果在山谷中发生小规模火灾,由于周围山峦的阻挡,监控设备无法捕捉到烟雾和火光,等到火势蔓延到开阔区域被发现时,火灾可能已经扩大,增加了灭火的难度和成本。

(2) 成本效益待优化:为了解决偏远地区的供电问题,部分监控点位采用了太阳能供电系统。然而,这种供电方式在冬季存在明显的不足。冬季日照时间短,光照强度弱,太阳能板的发电量无法满足设备的正常运行需求,导致设备故障率升高。据统计,这些依赖太阳能供电的偏远点位,其设备故障率比常规点位高出 30%。设备故障不仅影响了监控的连续性,还增加了维护成本。维修人员需要频繁前往偏远地区进行设备维修,路途遥远,交通不便,耗费了大量的人力、物力和时间成本。

(3) 敏感区域覆盖缺口:衢江区内有 309 处庙宇、散葬墓区等人工巡查重点区域,这些区域人员流动频繁,祭祀活动较多,是火灾的高发区域。然而,目前这些区域的视频监控覆盖率不足 60%,存在较大的安全隐患。在祭祀期间,人们往往会进行焚香、烧纸等活动,如果没有有效的监控措施,一旦引发火灾,很难及时发现和控制。由于监控覆盖不足,对于这些区域的火源管控也存在困难,无法及时制止违规用火行为,增加了火灾发生的风险。

4. 森林防火视频监控点位选址原则与方法

4.1. 核心选址原则

(1) 地理环境适配性:优先选择海拔 $\geq 500\text{ m}$ 的区域,这样的高度能够提供更广阔的视野,减少地形遮挡,扩大监控范围。阳坡区域在一年中能够接收到更充足的光照,对于依赖太阳能供电的监控设备来说,这是至关重要的。充足的光照可以确保太阳能板高效工作,为设备提供稳定的电力,降低因供电不足导致的设备故障风险,从而减少维护成本。选择坡度 $\leq 30^\circ$ 的区域,主要是为了方便设备的安装和维护。如果坡度太陡,不仅设备安装难度大,而且在后期维护时,工作人员的安全也难以保障,增加了维护的人力和物力成本。避开风口及常年多雾地段也是十分必要的。风口处的强风会对设备造成较大的物理冲击,加速设备零部件的磨损,缩短设备使用寿命。多雾地段会严重影响监控设备的图像质量,导致烟雾与火情难以准确识别,增加误报和漏报的风险。

(2) 功能需求导向:以公墓、景区、高压输电线路等敏感区域为核心设置半径 2 km 监测缓冲区,是因为这些区域火灾风险高。公墓在祭祀期间,人们会进行焚香、烧纸等活动,容易引发火灾;景区人员密集,游客的不规范用火行为也可能导致火灾;高压输电线路附近存在因线路故障产生电火花引发火灾的风险。确保单个监控点对火源的识别距离 $\geq 3\text{ km}$,定位精度 $\leq 50\text{ m}$,这是实现早期预警和精准定位的关键。在火源刚出现时,能够及时发现并准确确定其位置,为消防部门迅速响应和采取灭火措施提供有力支持,从而有效控制火势,减少火灾损失。

(3) 经济性与可维护性:优先复用现有 170 个瞭望监测点基础设施,能显著降低建设成本。新建铁塔不仅需要大量的资金投入,还涉及土地征用、基础建设等一系列复杂的工作,而复用现有设施可以避免这些问题。选址靠近林区道路(500 m 内),极大地提高了设备运输和检修的效率。在设备安装和维护过程中,靠近道路可以方便车辆通行,减少人力搬运的距离和难度,节省时间和人力成本。一旦设备出现故障,维修人员能够快速到达现场,缩短设备故障时间,确保监控的连续性。

4.2. 技术方法体系

(1) GIS 可视域分析:基于 DEM 数据构建三维地形模型,是利用 GIS 技术进行可视域分析的基础。DEM 数据详细记录了地形的高程信息,通过这些数据可以精确地还原地形的起伏状况。利用专业的 GIS 软件,将 DEM 数据转化为三维地形模型,就可以直观地看到地形的全貌。在这个模型上,通过设定监控

点的位置和参数,模拟各候选点位对林区的可视范围。软件会根据地形的起伏和遮挡情况,计算出每个点位能够看到的区域,并以可视化的方式呈现出来。筛选覆盖率 $\geq 85\%$ 且无大面积地形遮挡的点位,这样可以确保监控点能够覆盖尽可能多的林区,减少监控盲区,提高监测的全面性和有效性。

(2) 多因子加权评估:建立包含地形复杂度(40%)、敏感目标距离(30%)、交通便利性(20%)、供电条件(10%)的评估模型,是综合考虑多种因素进行选址的科学方法。地形复杂度对监控效果有重要影响,复杂的地形容易造成遮挡,降低可视范围,因此赋予其较高的权重。敏感目标距离直接关系到火灾风险的高低,距离敏感目标越近,火灾风险越大,所以也给予较高权重。交通便利性影响设备的运输和维护成本,供电条件则关系到设备的正常运行,它们虽然重要性相对较低,但也不可忽视。通过层次分析法(AHP)确定各因子的权重,能够更加客观地反映各因素对选址的影响程度,从而确定最优点位。在实际应用中,收集各候选点位在这些因素上的数据,代入评估模型进行计算,根据计算结果对候选点位进行排序,选择得分最高的点位作为最终的监控点选址,以实现选址的最优化。

5. 衢江区地理环境对监控点位选址的影响

5.1. 地形地貌制约与优化策略

(1) 中山丘陵区(占比 60%):衢江区的中山丘陵区地势起伏较大,海拔 800~1200 m 的山脊线是监控点位选址的关键区域。这些山脊线位置较高,视野相对开阔,能够为监控设备提供良好的观测条件。利用现有防火瞭望塔加装高清球机是一种高效且经济的方式。现有防火瞭望塔已经具备一定的基础设施,如塔体、基础等,在其上面加装高清球机可以避免重新建设监控塔的高昂成本,同时充分利用瞭望塔的高度优势。高清球机具有 360°巡航扫描功能,能够全方位地对周围的山谷、鞍部等区域进行监测。山谷地区由于地形相对较低,通风条件较差,容易积聚热量和可燃物,一旦有火源,火势容易蔓延。鞍部则是两个山峰之间的低洼部位,也是气流交汇的地方,容易受到外来火源的影响。通过高清球机的 360°巡航扫描,可以及时发现这些易发火区域的火情,为森林防火工作提供有力的支持。

(2) 河谷平原区(占比 25%):河谷平原区分布着密集的农田和散居村落,农事用火和祭祀火源是该区域火灾的主要风险来源。在村域高点布设低位监控,能够对周边的农田和村落进行有效的监控。村域高点通常是村庄内相对较高的位置,如一些建筑物的顶部、小山丘等,这些位置可以俯瞰周围的农田和村落,便于及时发现农事用火中的违规行为,如焚烧秸秆、烧荒等。在输电铁塔上布设监控也是一种可行的方案。输电铁塔分布广泛,高度较高,能够覆盖较大的范围。在铁塔上安装监控设备,可以对周边的农田和村落进行监控,同时还可以监测输电线路附近的情况,防止因线路故障引发火灾。针对祭祀火源,在祭祀活动频繁的区域,如公墓、庙宇等周边,设置专门的监控点位,重点监测祭祀期间的用火情况,及时制止违规用火行为,降低火灾发生的风险。

5.2. 气候与生态因子影响

(1) 季风气候区:衢江区属亚热带季风气候区,冬季西北风主导。在林缘地带,尤其是针叶林集中区,火灾风险较高。针叶林的树叶富含油脂,易燃性强,一旦有火源,容易引发大面积的火灾。在冬季西北风的作用下,外来火源容易被吹入林区,增加火灾发生的风险。因此,监控点需向火险高危区偏移,提前预警外来火源入侵。在林缘地带靠近针叶林集中区的位置设置监控点,利用先进的图像识别技术和烟雾检测技术,对进入林区的外来火源进行实时监测。一旦检测到烟雾或明火,立即发出警报,通知相关部门采取措施,防止火灾的发生。

(2) 生物防火带协同:衢江区已建成 9 条共 75 公里的生物防火带,这些防火带在森林防火中起着重要的作用。沿生物防火带边缘设置监控点,能够实时监测林带内可燃物堆积情况。生物防火带通常由不

易燃烧的植物组成,如一些阔叶树种、草本植物等,它们可以有效地阻挡火势的蔓延。但如果生物防火带内的可燃物堆积过多,如枯枝落叶、杂草等,也会增加火灾的风险。通过在防火带边缘设置监控点,利用高清摄像头和热成像技术,对防火带内的可燃物堆积情况进行监测。一旦发现可燃物堆积过多,及时通知相关部门进行清理,确保生物防火带的有效性。监控点与防火隔离工程形成“监测-阻隔”联动。当监控点发现火情时,立即通知相关部门启动防火隔离工程,如开设防火隔离带、喷洒阻燃剂等,将火势控制在一定范围内,防止火势蔓延,提高森林防火的整体效能。

6. 视频监控技术与选址的融合应用

6.1. 智能监控设备选型适配

(1) 双光谱热成像摄像机:在衢江区的高海拔区域,如灰坪乡的部分山区,海拔超过 800 m,地形复杂且气候多变,多雾天气较为常见。双光谱热成像摄像机型号建议选取华瑞通 HRC-P6502C 系列,该相机集成了 360 度高速大扭矩蜗轮蜗杆传动云台、高性能红外热成像模组和可见光摄像机模组等,凭借其独特的技术优势,能够在这样的环境中发挥重要作用。它可穿透 2000 m 范围内的轻雾,实现昼夜不间断的火情识别。在夜间,当可见光摄像机无法正常工作,热成像摄像机能够通过感应物体发出的红外辐射,清晰地捕捉到火源的位置和形态。其误报率 $\leq 5\%$,这得益于先进的图像识别算法和智能分析技术,能够有效区分真正的火情与其他干扰因素,如动物活动、雾气流动等,为森林防火提供了可靠的监测手段。

(2) 云台智能转台:衢江区的林区面积广阔,需要大面积的监测设备来提高监测效率。云台智能转台型号建议选择 YZ-BZ600QW,具有线扫、巡航、自动归位等功能,转台重复精度可达 $\pm 0.2^\circ$ 。采用蜗轮蜗杆传动方式,水平旋转速度为 $0.01^\circ\sim 20^\circ/\text{S}$,俯仰旋转速度为 $0.01^\circ\sim 10^\circ/\text{S}$,水平可 360°连续旋转,俯仰角度为 $-45^\circ\sim 45^\circ$,具备 200 个预置位。防护等级为 IP66,能在 $-25^\circ\text{C}\sim +55^\circ\text{C}$ 的环境下正常工作。它支持自动巡航功能,可按照预设的路线和时间间隔对林区进行全方位的扫描,确保没有监控盲区。当检测到火点时,云台智能转台能够迅速锁定目标,为后续的灭火行动提供准确的位置信息。单设备的监控半径可达 5 km,在大洲镇的大片林区,一台云台智能转台就能够覆盖周边数平方公里的区域,大大提高了监测效率,减少了监控设备的数量和成本。

6.2. 数据传输与供电方案

(1) 混合组网模式:在距离乡镇 3 km 内的点位,如杜泽镇周边的林区监控点,由于距离乡镇较近,具备铺设光纤的条件,因此采用光纤传输。光纤传输具有带宽高、稳定性好、抗干扰能力强等优点,能够保障高清视频的实时回传。监控中心可以实时获取高清的视频画面,清晰地观察林区的情况,及时发现潜在的火灾隐患。对于偏远区域,如举村乡的一些深山林区,铺设光纤成本高昂且施工难度大,因此部署 5G 无线网桥。5G 无线网桥利用 5G 网络的高速率、低延迟特性,能够快速传输视频数据和报警信息。结合北斗定位模块,当监控设备检测到火情时,能够迅速确定火点的位置,并将位置信息和报警信息以低延迟的方式传输到监控中心,为消防部门争取宝贵的灭火时间。

(2) 风光互补供电:衢江区年均日照 ≥ 1800 小时的阳坡点位,如黄坛口乡的部分阳坡区域,太阳能资源丰富。采用 200 W 太阳能板 + 100 Ah 蓄电池组合,能够充分利用太阳能为监控设备供电。在白天,太阳能板将太阳能转化为电能,一部分供给监控设备使用,另一部分存储在蓄电池中。在夜间或阴天,蓄电池释放储存的电能,确保监控设备的正常运行。搭配智能温控装置,能够根据环境温度自动调节供电系统的工作状态,确保在 -20°C 至 40°C 的环境下稳定运行。在冬季低温环境下,智能温控装置能够防止蓄电池因温度过低而损坏,保证供电系统的可靠性。

7. 典型区域选址方案设计

7.1. 公墓群密集区(如杜泽镇墓区)

(1) 点位布局: 杜泽镇墓区作为衢江区重要的公墓群密集区, 祭祀活动频繁, 火灾风险较高。在墓区周边选择 3 个制高点, 这些制高点的海拔在 600~700 m 之间, 地势较高, 视野开阔, 能够为监控设备提供良好的观测条件。采用低位(8 m 立杆)与高位(15 m 铁塔)结合的方式设置监控点, 这种布局方式可以充分发挥不同高度监控设备的优势。低位立杆监控设备可以对墓区周边的近距离区域进行详细监控, 如墓区的入口、祭祀广场等人员活动频繁的区域。而高位铁塔上的监控设备则可以俯瞰整个墓区, 扩大监控范围, 两者相互配合, 能够覆盖 95% 以上的墓区范围, 有效减少监控盲区。

(2) 技术配置: 为了进一步提升监控效果, 在监控点加装音频采集设备。音频采集设备可以实时采集现场的声音信息, 当检测到异常声音, 如鞭炮声、燃烧声等, 立即触发“语音驱离”功能。通过与监控设备联动, “语音驱离”功能可以向违规用火区域播放警示语音, 提醒祭祀人员遵守防火规定, 停止违规用火行为。这种实时预警机制能够在火灾发生前及时制止违规用火行为, 降低火灾发生的风险。同时, 也减少了人工巡查的压力, 提高了防火工作的效率。利用音频采集设备和“语音驱离”功能, 还可以对墓区的其他异常情况进行监测和处理, 如有人破坏墓区设施、发生盗窃行为等, 及时发出警报并采取相应措施, 保障墓区的安全和秩序。

7.2. 重点林区核心区(如黄坛口乡公益林区)

(1) 点位布局: 黄坛口乡公益林区是衢江区的重点林区核心区, 森林资源丰富, 生态地位重要。依托现有 3 处瞭望塔进行升级改造, 这些瞭望塔已经具备一定的基础设施和观测条件, 通过升级改造, 可以在不增加过多成本的情况下提高监控能力。新增 2 处山顶自建铁塔, 与现有瞭望塔形成三角形监测网络。三角形监测网络具有稳定性和全覆盖性的优势, 三个监控点之间相互呼应, 能够实现可视域叠加覆盖率达 98%, 确保在 2 km 内一旦出现火点, 能够在 10 分钟内及时报警。这样的快速响应机制可以为消防部门争取宝贵的灭火时间, 将火势控制在最小范围内, 减少火灾对森林资源的破坏。

(2) 协同机制: 黄坛口乡公益林区内分布着 719 个高位消防储水桶, 这些储水桶是森林防火的重要资源。将监控点与这些高位消防储水桶的定位系统联动, 一旦监控点检测到报警信息, 系统会自动关联最近的水源点。通过这种联动机制, 消防部门可以在接到报警后迅速获取最近的水源信息, 缩短应急响应时间 30% 以上。在火灾发生时, 能够快速取水进行灭火, 提高灭火效率, 有效地保护森林资源。还可以将监控点与林区内的其他防火设施进行联动, 如防火隔离带、消防通道等, 形成一个完整的森林防火体系, 提高林区的整体防火能力。

8. 结论与建议

8.1. 研究结论

本研究通过“现状诊断 - 因子分析 - 技术适配 - 方案设计”四步流程, 对衢州市衢江区森林防火视频监控点位进行了深入研究, 提出了一套科学合理的优化方案。

在现状诊断阶段, 对衢江区现有森林防火视频监控体系进行了全面评估, 分析了其在地形适配性、成本效益和敏感区域覆盖等方面存在的问题。研究发现, 衢江区南部山区地形复杂, 部分区域覆盖率仅为 75%; 偏远点位依赖太阳能供电, 设备故障率比常规点位高出 30%; 庙宇、散葬墓区等人工巡查重点区域视频监控覆盖率不足 60%。这些问题严重影响了森林防火监测的效果, 增加了火灾风险。

在因子分析阶段, 基于衢江区的地理环境、气候特征以及现有监测体系, 确定了核心选址原则和技

术方法体系。核心选址原则包括地理环境适配性、功能需求导向、经济性与可维护性。技术方法体系则采用了 GIS 可视域分析和多因子加权评估。通过这些原则和方法,综合考虑地形复杂度、敏感目标距离、交通便利性、供电条件等因素,为监控点位选址提供了科学依据。

在技术适配阶段,根据衢江区不同区域的特点,选择了合适的智能监控设备和数据传输与供电方案。在高海拔区域采用双光谱热成像摄像机,在林区面积广阔的区域采用云台智能转台。在数据传输方面,根据点位与乡镇的距离,采用光纤传输和 5G 无线网桥混合组网模式。在供电方面,对于年均日照 ≥ 1800 小时的阳坡点位,采用风光互补供电方案,确保了设备的稳定运行。

在方案设计阶段,针对公墓群密集区和重点林区核心区等典型区域,提出了具体的选址方案和协同机制。在公墓群密集区,采用低位与高位结合的方式设置监控点,并加装音频采集设备,实现实时预警。在重点林区核心区,依托现有瞭望塔进行升级改造,新增山顶自建铁塔,形成三角形监测网络,并与高位消防储水桶定位系统联动,缩短应急响应时间。

通过以上研究,预计新增 20 个核心点位可将全区监控覆盖率提升至 95%,敏感区域覆盖率达 100%,同时降低 25% 的单点位年均维护成本。这将大大提高衢江区森林防火的监测能力,有效降低火灾风险,为森林资源的保护提供有力保障。

8.2. 实施建议

(1) 分期建设:为了确保项目的顺利实施,建议采用分期建设的方式。2025 年,集中力量完成首批 10 个高火险区点位建设。这些高火险区通常是火灾发生概率较高、一旦发生火灾可能造成较大损失的区域,如公墓群密集区、重点林区核心区等。在建设过程中,要严格按照选址方案和技术要求进行施工,确保监控设备的安装质量和性能。同时,要同步开展相关配套设施的建设,如数据传输线路、供电系统等,确保设备能够正常运行。2026 年,在首批点位建设的基础上,实现全区域覆盖。通过逐步推进建设,能够合理安排资金和资源,降低建设风险。在建设过程中,要及时总结首批点位建设的经验教训,对后续建设进行优化和改进。同步接入“急线烽”平台实现数据共享,将新建设的监控点位数据与现有监测体系进行整合,形成一个完整的森林防火监测网络,提高监测效率和决策的科学性。

(2) 动态维护:建立设备运行状态实时监测系统,利用传感器、物联网等技术,实时采集设备的运行数据,如电压、电流、温度、图像质量等。通过对这些数据的分析,及时发现设备的故障隐患,提前进行维护和修复,确保设备的正常运行。结合无人机巡检,无人机具有灵活、高效的特点,能够快速到达难以到达的区域,对监控点位的设备和周边环境进行检查。每季度开展点位可视域评估,根据地形变化、植被生长等因素,对监控点位的可视范围进行重新评估。如果发现可视域受到影响,及时调整监控设备的位置或参数,确保长期监测效能。还可以建立维护档案,记录设备的维护历史、故障情况等信息,为后续的维护工作提供参考,不断提高维护管理水平。

参考文献

- [1] 尹准生,孙长忠,赵明扬.黄土高原半干旱区油松人工林枯落物截留雨量模拟研究[J].林业科学研究,2015,28(3): 417-420.
- [2] 刘强,周璋,陈德祥,等.海南热带雨林国家公园森林生态系统碳储量及变化特征[J].自然保护地,2023,3(4): 1-10.
- [3] 郑睿,杨棚,周苏旭.森林防火视频监控预警系统浅析[J].电信快报,2022(3): 27-29.
- [4] 田香姣.智慧林业在森林防火中的应用与思考[J].森林防火,2025,43(1): 62-64.
- [5] 贺树荣.小陇山南部林区森林防火存在的问题及其对策[J].南方农业,2025,19(2): 193-195.
- [6] 程绪敬.林业资源保护与森林防火管理的重要性及对策[J].当代农机,2024(11): 67, 69.
- [7] 章钧波.重点景区森林防火现状及对策[J].今日消防,2024,9(11): 19-21.

- [8] 胡昱彦, 郜昌建, 王海龙, 等. 基于可视域分析的森林防火视频监控点选址研究[J]. 林草资源研究, 2024(4): 126-134.
- [9] 邱焕斌. 结合通信铁塔的森林防火视频监测系统选址初探[J]. 森林防火, 2022, 40(1): 37-40.
- [10] 黎亚波, 思志兴, 李丽仙. 森林防火视频预警前端建设模式研究——以德宏州森林防火为例[J]. 林业勘查设计, 2025, 54(2): 60-64.
- [11] 丁欣, 刘健, 徐铭鸿. 森林防火预警监控系统在村里集镇的应用[J]. 林业科技通讯, 2024(4): 117-118.