

# 基于遥感技术的水利灌区土壤和沉积物盐渍化检测与监测

包阳<sup>1</sup> 吴骞<sup>2</sup> 涂文斌<sup>1</sup>

1. 南京市水利建筑工程检测中心有限公司 江苏南京 210000

2. 苏州市建设工程质量检测中心有限公司 江苏苏州 215000

**摘要:** 本文聚焦于基于遥感技术的水利灌区土壤和沉积物盐渍化检测与监测研究。详细阐述了遥感技术的原理及优势,其能够快速、大面积地获取水利灌区的地物信息。通过对不同光谱波段数据的分析处理,提取与土壤和沉积物盐渍化相关的特征参数,建立有效的盐渍化检测模型。结合实际案例,展示了遥感技术在水利灌区盐渍化程度识别、空间分布监测以及动态变化分析等方面的应用成果。研究表明,遥感技术可实现对水利灌区土壤和沉积物盐渍化的高效、准确监测,为灌区的合理规划、水资源管理以及盐渍化防治提供科学依据。同时,分析了当前遥感技术在盐渍化检测与监测中存在的问题,并提出了相应的改进措施与发展方向。

**关键词:** 遥感技术;水利灌区;土壤盐渍化;沉积物盐渍化;检测与监测

## 引言

水利灌区作为保障农业生产的重要基础设施,对粮食安全和区域经济发展起着关键作用。然而,土壤和沉积物盐渍化问题严重威胁着水利灌区的可持续发展。盐渍化会导致土壤肥力下降、农作物减产,甚至造成土地退化和生态环境恶化。准确检测和监测水利灌区的土壤和沉积物盐渍化状况,对于制定科学合理的防治措施、优化灌区水资源配置和提高土地利用效率至关重要。传统的土壤和沉积物盐渍化检测方法主要依赖于实地采样和实验室分析,这种方法工作量大、效率低,且难以实现大面积的快速监测。随着遥感技术的不断发展,其具有的宏观、快速、动态监测等特点,为水利灌区土壤和沉积物盐渍化的检测与监测提供了新的技术手段。利用遥感数据可以获取灌区地表的光谱信息,通过分析光谱特征与盐渍化程度之间的关系,实现对盐渍化的定性和定量分析。因此,开展基于遥感技术的水利灌区土壤和沉积物盐渍化检测与监测研究具有重要的现实意义。

## 一、遥感技术在水利灌区应用概述

水利灌区是农业生产的重要基础设施之一,其运行状况直接影响着粮食安全和农民收入。随着气候变化和人类活动的影响,水利灌区面临着诸多挑战,其中土壤和沉积物盐渍化问题尤为突出。过量灌溉、水资源匮乏等因素都可能导致灌区土壤和沉积物盐分积累。盐渍化不仅降低了土壤肥力和作物产量,也影响了水体质量和灌溉设施的运行。因此,及时有效地监测和评估水利灌

区的盐渍化状况至关重要。遥感技术凭借其广覆盖、高时空分辨率、无需实地采样等优势,在水利灌区土壤和沉积物盐渍化检测与监测方面展现出巨大的潜力。遥感影像可以捕捉地表信息,通过分析反射光谱、热通道数据等,识别和定量评估土壤及水体中的盐分含量。结合地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)等技术,可以建立完整的时空监测体系,为水利工程管理提供重要决策支持。

## 二、土壤和沉积物盐渍化的成因分析

造成水利灌区土壤和沉积物盐渍化的主要原因包括:气候因素:在干旱和半干旱地区,蒸发量远大于降水量,水分不断蒸发使得盐分在土壤和沉积物表层积累。强烈的光照和高温加速了水分蒸发,盐分残留下来,导致盐渍化加重。地质地貌因素:地势低洼、排水不畅的地区,地下水位较高,地下水携带的盐分容易上升至地表。一些地区的地质构造中本身含有较高的盐分,在特定条件下盐分释放到土壤和沉积物中。灌溉方式不合理:长期过量灌溉且排水系统不完善,会使地下水位上升,盐分随水分上升到地表。不合理的大水漫灌还会溶解土壤中的盐分,在水分蒸发后盐分积聚。海水入侵:沿海地区,海水倒灌会使土壤和沉积物中盐分含量急剧增加。海平面上升也会加剧海水入侵,扩大盐渍化范围。人类活动影响:工业废水和生活污水的不合理排放,含有大量盐分和有害物质,渗入土壤和沉积物中。长期使用化肥,部分盐分不能被植物吸收利用,也会在土壤中积累。土壤和沉积物盐渍化是多种因素共同作用的结果,气候、

地质地貌是自然基础，不合理的灌溉、海水入侵以及人类活动则进一步加剧了盐渍化的程度，对生态环境和农业生产产生了严重的负面影响。综上所述，水利灌区盐渍化是一个复杂的动态过程，需要从多个角度进行系统分析。



图一 土壤沉积盐渍化

### 三、基于遥感的土壤盐渍化检测方法

土壤盐渍化检测是遥感在水利灌区应用的重点领域。主要技术包括：（1）光谱反射分析法。不同盐分含量的土壤有不同的光谱反射特征，可以通过分析可见光、近红外、热红外等波段的反射率来定量估算土壤盐分。利用指数模型、回归分析等方法建立土壤盐含量与光谱参数的定量关系。（2）热红外遥感法。高盐分土壤的热惯性和热容量与低盐分土壤存在差异，因此可利用热红外传感器获取的地表温度信息来反演土壤盐分含量。需要校正气象因素、土壤质地等对温度的影响。（3）微波遥感法。微波遥感能够穿透地表，获取土壤的介电特性信息，这与土壤盐分含量密切相关。通过分析不同频段微波的后向散射系数，可以建立土壤盐分含量反演模型。（4）多源数据融合法。结合光谱、热红外、微波等多源遥感数据，综合考虑环境因子，可以提高土壤盐分检测的准确性和稳定性。这些方法各有优缺点，需要根据具体情况选择合适的技术路线。同时还要重视野外调查数据的获取和模型参数的校正，确保遥感监测结果的可靠性。



图二 热红外遥感法

### 四、基于遥感的沉积物盐渍化检测方

水利灌区中的沉积物也容易积累盐分，严重影响水体和灌溉设施的使用。遥感在沉积物盐渍化检测方面的主要技术包括：（1）高光谱遥感法。不同盐分含量的沉积物在可见光-近红外波段有显著的光谱差异，可通过分析反射光谱特征来定量估算盐分含量。需要针对性建立经验模型或利用机器学习方法。（2）多光谱遥感法。利用多光谱传感器获取的数据，结合统计分析、指数模型等方法，也可以实现对沉积物盐分的定量反演。相比高光谱，多光谱数据获取更加便捷。（3）合成孔径雷达（SAR）遥感法。SAR能够穿透水体，获取沉积物的电磁参数信息，进而推测其盐分含量。利用SAR的后向散射系数、相位等参数建立反演模型。（4）遥感-地理信息融合法。将遥感影像数据与地形、水文、气象等GIS数据相结合，建立多元统计模型，提高沉积物盐分检测的精度和可靠性。这些方法都需要大量的野外采样数据进行模型建立和验证。同时要考虑水动力条件、沉积物性质等因素对遥感响应的影响，达到可靠的盐分监测。

### 五、水利灌区盐渍化监测模型构建

为了建立完整的水利灌区盐渍化监测体系，需要综合利用遥感、GIS、地面观测等多源数据，构建动态监测模型，实现对土壤和沉积物盐渍化状况的时空分析。主要包括以下步骤：（1）数据收集与预处理。获取高光谱、多光谱、热红外、微波等遥感影像数据，同时收集地形、水文、气象、土壤等GIS数据。对遥感影像进行几何校正、大气校正、云遮掩处理等预处理。（2）遥感指标提取。利用前述检测方法，从遥感影像中提取反映土壤和沉积物盐分状况的光谱、热力学、电磁参数指标。（3）模型参数校正。开展实地调查，获取土壤、沉积物的盐分含量数据，与遥感指标建立定量反演模型，确定模型参数。（4）时空动态监测。定期获取遥感影像数据，结合模型参数，对土壤和沉积物的盐渍化状况进行时间序列分析。借助GIS技术，构建空间数据库，可视化展示监测结果。（5）预警预报机制。根据盐渍化监测结果，结合水文气象等因子，建立预警预报模型，为水利工程管理提供决策支持，制定针对性的防治措施。这种基于遥感的水利灌区盐渍化动态监测模型，能够为灌区的规划、建设、管理提供及时准确的信息支撑，对于维护灌区生态环境、保障农业生产具有重要意义。

### 六、遥感技术在水利灌区管理中的应用

遥感技术在水利灌区管理中的应用主要体现在以下几个方面：

(1) 灌区现状调查: 在灌区规划设计前期, 精准且全面地了解灌区现状至关重要。高分辨率遥感影像凭借其强大的观测能力, 能够快速且直观地获取灌区的各类基础信息。通过遥感影像, 我们可以清晰地界定灌区的准确范围, 精确到每一处边界。对于灌溉设施, 如水库、水渠、泵站等的分布、规模和运行状况, 也能一目了然。不仅如此, 还可以详细地识别灌区内的种植结构, 包括不同作物的种植区域、面积比例等。这些丰富且准确的信息, 为后续的规划设计提供了坚实可靠的依据, 有助于制定出更贴合实际、更科学合理的方案。

(2) 灌溉需水量估算: 作物的生长离不开适宜的水分供应, 而精准估算灌溉需水量是实现高效灌溉的关键。结合遥感技术对作物生长状况的实时监测, 我们可以获取作物的叶面积指数、植被覆盖度等重要参数, 这些参数能够反映作物的生长阶段和健康程度。同时, 通过遥感监测蒸发散发等关键参数, 综合分析这些数据, 就可以精准预测作物在不同生长时期的用水需求。基于此, 能够对灌溉制度进行优化调控, 避免水资源的浪费和不足, 实现水资源的合理高效利用。

(3) 水资源监测: 水资源是灌区发展的核心要素, 对其进行动态监测意义重大。利用遥感技术, 我们可以实现对灌区水体的全方位监测。能够准确地测量灌区水体的面积变化, 及时掌握水库、湖泊等水域的蓄水情况。同时, 通过特定的遥感数据处理方法, 还可以估算水体的蓄水量。对于水质状况, 也可以通过遥感影像中水体的光谱特征进行初步判断和监测, 为水资源的合理配置提供科学支撑, 确保水资源的可持续利用。

(4) 土地利用监测: 灌区内的土地利用情况处于动态变化之中, 实时掌握这些变化对于土地规划和管理决策至关重要。通过对不同时期遥感影像的深入分析, 我们可以清晰地看到灌区内土地利用类型的转变, 如耕地变为建设用地、林地的增减等。这种实时监测能够及时发现土地利用中存在的问题, 为土地规划提供准确的信息, 使土地资源得到更加合理的开发和利用。

(5) 生态环境监测: 良好的生态环境是灌区可持续发展的基础。遥感技术在生态环境监测方面具有独特的优势, 可以对灌区的多个生态环境指标进行监测。通过监测植被覆盖度, 了解植被的生长状况和生态系统的稳定性。对于湿地状况, 包括湿地的面积、分布和生态功能等, 也能进行有效的监测。此外, 还可以通过遥感影像分析水土流失情况, 为生态修复和保护提供科学依据, 促进灌区生态环境的良性发展。

## 结束语

综上所述, 遥感技术凭借其独特优势, 在水利灌区土壤和沉积物盐渍化检测与监测方面成效显著, 实现了对盐渍化的大面积、快速、动态监测, 为灌区管理和盐渍化防治提供了有力的数据支持和科学依据。尽管当前遥感技术在该领域应用中存在诸如精度有待提高、受复杂环境因素影响等问题, 但随着高分辨率遥感卫星的不断发射、数据处理算法的持续优化以及多源数据融合技术的发展, 这些问题将逐步得到解决。未来, 遥感技术在水利灌区盐渍化监测中的应用前景广阔, 有望为灌区的可持续发展、生态环境保护和农业生产的稳定提升发挥更大作用, 助力实现水资源的合理利用和土地资源的可持续管理。

## 参考文献

- [1] 牟云芳, 史海滨, 闫建文, 等. 秸秆和氮肥耦合管控对盐渍化土壤地力综合效应的影响[J]. 农业环境科学学报, 2024, 43(8): 1771-1785.
- [2] 张文生, 景何仿, 王维红, 等. 宁夏引黄灌区盐渍化土壤在改良剂作用下的水力特性试验[J]. 土壤, 2024, 56(1): 193-201.
- [3] 张月红. 河套灌区农田咸淡水交替滴灌对土壤水盐热分布和玉米生长的影响机制及模拟优化[D]. 内蒙古农业大学, 2024.
- [4] 水利工程. 山东省典型引黄灌区土壤盐渍化时空变异特征及影响因素研究[D]. 2024.
- [5] 吴润昊. 水利灌区改造中的混凝土衬砌渠道防渗技术研究[J]. 地下水, 2024, 46(5): 164-166.
- [6] 尚国栋. 水利灌区渠道改造工程钢筋混凝土衬砌施工技术探析[J]. 水上安全, 2024(12): 181-183.
- [7] 杨吉亮. 水利灌区工作中所出现的管理问题及对策研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(002): 000.
- [8] 李绍铭. 现代生态水利工程灌区节水改造技术[J]. Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2024, 6(24).
- [9] 刘华. 水利灌区管理工作中的问题及对策分析[J]. 水利电力技术与应用, 2023. DOI: 10.37155/2717-5251-0501-43.
- [10] 王志刚. 现代数字赋能高标准农田水利灌溉技术的应用和创新发展[J]. 2025.