

GIS技术在水文水资源领域中的应用与发展前景

孟逸琳

黄河水利委员会郑州水文水资源勘测局 河南 郑州 450053

摘要: 本文综述了GIS技术在水文水资源领域的应用现状与发展趋势, GIS技术凭借空间数据采集、存储、分析和可视化能力, 在水资源评价、防洪减灾、水环境监测和水利工程管理等方面发挥关键作用。然而, 当前GIS技术在水文水资源领域应用面临数据标准不统一、与水文模型集成难、三维与四维空间分析能力欠缺等挑战。未来, 三维与四维GIS技术、GIS与AI、RS、GPS技术的融合, 以及实时监测与智能化管理系统的构建将成为发展重点, 为GIS技术在水文水资源领域的深入应用提供新的机遇。

关键词: GIS技术; 水文水资源; 发展前景

1 GIS 技术概述

1.1 GIS技术的基本概念

地理信息系统 (Geographic Information System, 简称GIS) 是一门融合地理学、测绘学、计算机科学等多学科知识的综合性技术。它以地理空间数据库为基础, 采用地理模型分析方法, 实时提供多种空间和动态的地理信息, 是一种用于地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。在水文水资源领域, GIS技术通过对空间数据的采集、存储、分析和可视化展示, 能够将水文水资源相关的地理信息 (如地形地貌、河流水系、水文站点分布等) 与属性数据 (如降雨量、径流量、水质指标等) 进行有效整合, 建立起空间与属性信息相互关联的数据库。借助GIS强大的空间分析功能, 如空间查询、叠加分析、缓冲区分析、网络分析等, 可以深入研究水文水资源的空间分布特征、演变规律以及与地理环境要素之间的相互关系。

1.2 GIS技术的主要软件平台

目前, 在水文水资源领域应用较为广泛的GIS软件平台主要有ArcGIS、SuperMap、MapInfo等。ArcGIS是由美国环境系统研究所 (ESRI) 开发的一款功能强大、应用广泛的GIS软件, 具有丰富的空间分析工具和强大的数据处理能力。在水文水资源研究中, ArcGIS可以用于构建流域地理信息数据库, 进行水文站点的空间分布分析、流域水系提取、地形地貌分析等工作。同时, 它还支持与多种水文模型进行集成, 实现数据共享和协同分析。SuperMap是国产GIS软件的代表, 具有自主知识产权, 在空间数据处理、三维可视化、WebGIS等方面具有独特优势。该软件在水文水资源领域可用于搭建水资源管理信息系统, 实现水资源数据的可视化管理、动态监测和分析预测。其三维GIS功能能够直观展示流域地形、水利工

程设施等空间信息, 为防洪减灾决策提供支持。MapInfo则以其简洁易用的界面和强大的地图制作功能受到用户青睐, 常用于制作水文水资源专题地图, 如降雨量分布图、水质评价图等, 通过直观的地图展示, 帮助用户快速了解水文水资源的空间分布特征^[1]。

2 GIS 技术在水文水资源领域的应用现状

2.1 在水资源评价与管理中的应用

在水资源评价方面, GIS技术能够整合地形、土壤、气象、水文等多源数据, 通过空间分析和模型计算, 对水资源的数量、质量、时空分布特征进行全面评价。例如, 利用GIS的空间插值功能, 可以将离散的降雨观测数据转换为连续的降雨量分布图, 直观展示区域内降雨量的空间变化。结合地形数据和水文模型, 还可以计算流域的产水量、水资源可利用量等指标, 为水资源的合理开发利用提供科学依据。在水资源管理中, GIS技术可用于构建水资源管理信息系统, 实现对水资源的动态监测和精细化管理。通过将水资源相关数据 (如用水总量、用水结构、水质状况等) 与地理空间信息相结合, 管理人员可以直观地了解各区域水资源的利用情况, 及时发现水资源短缺、浪费或污染等问题。

2.2 在防洪减灾中的应用

GIS技术在防洪减灾领域发挥着重要作用。在洪水预警方面, 通过将实时气象数据、地形数据、河流水系数据等导入GIS系统, 结合洪水模型, 可以模拟洪水的演进过程, 预测洪水的淹没范围、淹没深度和到达时间。利用GIS的可视化功能, 将洪水预测结果以地图、图表等形式直观展示, 为防洪指挥部门提供决策支持, 及时发布洪水预警信息, 组织人员疏散和抢险救灾工作。例如, 在某流域洪水预警系统中, GIS技术通过整合降雨量、河道水位等实时数据, 结合洪水演进模型, 准确预测了洪

水的淹没范围，为下游地区提前转移群众争取了宝贵时间。在防洪工程规划和管理方面，GIS技术可以辅助进行防洪工程的选址和设计。通过对地形地貌、地质条件、洪水风险等因素的分析，确定防洪堤、水库等工程的最佳位置和规模。同时，GIS系统还可以对防洪工程的运行状态进行实时监测和评估，及时发现工程安全隐患，保障防洪工程的正常运行。

2.3 在水环境监测与评价中的应用

在水环境监测中，GIS技术能够将水质监测站点的空间位置与监测数据相结合，实现对水质信息的可视化管理和分析。通过GIS的空间分析功能，可以绘制水质等值线图、污染扩散模拟图等，直观展示水质的空间分布特征和污染扩散趋势。例如，利用GIS技术对河流中污染物浓度进行分析，可以清晰地显示出污染严重的区域和污染物的扩散路径，为污染源排查和治理提供依据。在水环境评价方面，GIS技术可以整合水质、水文、气象、土地利用等多方面数据，采用多种评价模型和方法，对水环境质量进行综合评价^[2]。通过建立水环境评价指标体系，将评价结果以专题地图的形式展示，直观反映不同区域的水环境质量状况，为水环境管理和保护提供科学决策支持。

2.4 在水利工程管理中的应用

在水利工程规划设计阶段，GIS技术可以提供丰富的地形地貌、地质条件等基础地理信息，帮助设计人员进行工程选址、方案比选和优化设计。通过GIS的三维建模功能，可以直观展示水利工程的空间布局和设计效果，为工程决策提供可视化支持。在水利工程运行管理阶段，GIS技术可以实现对水利工程设施的实时监测和管理。将水利工程的运行数据（如水位、流量、压力等）与空间位置信息相结合，通过GIS系统进行可视化展示和分析，管理人员可以实时掌握工程设施的运行状态，及时发现异常情况并采取相应措施。例如，在水库管理中，GIS系统可以实时监测水库水位、库容变化，结合降雨预报和洪水模型，进行水库的科学调度，保障水库安全运行和水资源的合理利用。另外，GIS技术还可以用于水利工程的维护和检修管理，通过对工程设施的空间分布和运行状况进行分析，制定合理的维护计划，提高水利工程的使用寿命和运行效率。

3 GIS技术在水文水资源领域应用面临的挑战

3.1 数据标准与技术规范问题

在GIS技术应用于水文水资源领域的过程中，数据标准与技术规范不统一是一个突出问题。由于水文水资源数据来源广泛，包括气象部门、水利部门、环保部门等

多个单位，各部门的数据采集标准、存储格式、编码规则等存在差异，导致数据难以共享和整合。例如，不同部门对降雨量的统计时段、精度要求不同，数据格式也不一致，使得在将这些数据导入GIS系统进行分析时，需要进行大量的数据转换和预处理工作，增加了数据处理的难度和工作量。此外，目前缺乏统一的GIS技术应用规范和标准，在数据采集、处理、分析和成果展示等方面没有统一的要求，导致不同单位开发的GIS应用系统在功能和数据格式上存在差异，难以实现系统间的互联互通和数据共享，限制了GIS技术在水文水资源领域的推广和应用。

3.2 GIS技术与水文模型的集成问题

GIS技术与水文模型的有效集成是提高水文水资源研究和管理水平的关键，一方面，不同的水文模型具有不同的输入输出格式和数据要求，与GIS系统的数据格式和空间分析方法不兼容，导致数据转换困难，增加了集成的难度。例如，一些传统的水文模型以文本文件的形式存储数据，而GIS系统以空间数据库的形式管理数据，两者之间的数据转换需要进行复杂的编程和数据处理。另一方面，GIS技术与水文模型的集成缺乏统一的技术框架和标准接口，使得不同的GIS软件和水文模型之间难以实现无缝集成^[3]。目前，虽然有一些集成方法和工具，但大多存在局限性，无法满足实际应用中数据共享和协同分析的需求。这使得在利用GIS技术和水文模型进行联合分析时，往往需要进行大量的手工操作和数据转换，降低了工作效率和分析结果的准确性。

3.3 三维与四维空间分析能力的不足

当前，在水文水资源领域应用的GIS技术大多以二维空间分析为主，三维与四维空间分析能力相对不足。水文水资源系统是一个具有三维空间结构和动态变化特征的复杂系统，二维GIS技术难以全面、直观地展示水文水资源的空间分布和动态演变过程。例如，在分析地下水流动、水库库容变化等问题时，二维GIS技术无法准确反映其三维空间特性，影响了对问题的深入研究和准确判断。虽然目前已经有一些三维GIS技术应用于水文水资源领域，但在功能和性能上还存在一定的局限性。三维GIS的建模和分析方法相对复杂，对计算机硬件和软件要求较高，且在数据处理和可视化方面还不够完善，难以满足实际应用的需求。

4 GIS技术在水文水资源领域的发展前景

4.1 三维与四维GIS技术的研发与应用

随着计算机技术和地理信息技术的不断发展，三维与四维GIS技术将在水文水资源领域得到更广泛的研发与

应用。三维GIS技术能够更加直观、真实地展示水文水资源系统的空间结构和地形地貌特征,为水文水资源研究和管理提供更丰富的空间信息。通过建立三维水文模型,结合GIS的三维可视化功能,可以更准确地模拟洪水演进、地下水流动等水文过程,为防洪减灾、水资源管理等提供更可靠的决策支持。例如,利用三维GIS技术可以构建逼真的流域三维模型,直观展示洪水淹没区域的地形起伏和建筑物分布情况,帮助防洪指挥部门制定更科学的抢险救灾方案。四维GIS技术将时间维度引入GIS系统,能够实现对水文水资源数据的动态监测和分析,直观展示水文水资源的时空演变规律。通过四维GIS技术,可以实时跟踪降雨量、径流量等水文要素的变化过程,预测未来的水文趋势,为水资源的科学调度和管理提供及时准确的信息。

4.2 GIS与AI、RS、GPS技术的深度融合

GIS与人工智能(AI)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)技术的深度融合将成为未来水文水资源领域的发展趋势。AI技术具有强大的数据分析和学习能力,将其与GIS技术相结合,可以实现对水文水资源数据的智能分析和预测。例如,利用机器学习算法对海量的水文数据进行分析,建立水文预测模型,能够更准确地预测降雨量、径流量等水文要素的变化趋势。同时,AI技术还可以用于图像识别和分类,在遥感影像处理中,自动识别水体、植被、建筑物等地理要素,提高遥感数据的处理效率和准确性。RS技术能够快速获取大范围的地理空间信息,为GIS提供丰富的数据源。通过RS技术,可以实时监测流域的植被覆盖变化、水体面积变化等信息,将这些信息与GIS数据相结合,能够更全面地了解流域的生态环境状况和水文水资源变化情况。GPS技术可以为GIS提供精确的空间定位信息,在水文监测站点的定位、水利工程设施的施工和管理等方面具有重要应用。GIS与AI、RS、GPS技术的深度融合,将形成一个强大的技术体系,为水文水资源领域的研究和管理提供更高效、更准确的技术支持^[4]。

4.3 实时监测与智能化管理系统的构建

随着物联网技术的不断发展,大量的传感器设备可以实时采集水文水资源数据(如水位、流量、水质、降雨量等),并通过网络传输到GIS系统中。GIS系统可以对这些实时数据进行快速处理和分析,实现对水文水资源的实时监测和预警。例如,当监测到河流流量超过警戒水位时,GIS系统可以自动发出预警信息,并通过地图展示出受影响的区域,为防洪减灾工作提供及时的决策支持。同时,利用GIS技术和人工智能技术,可以构建智能化的水文水资源管理系统,实现对水资源的智能调配、水利工程的智能运行管理等功能。在水利工程管理中,智能化管理系统可以根据工程设施的运行状态和环境变化,自动调整工程运行参数,实现水利工程的智能化运行和维护,提高水利工程的运行效率和安全性。

结束语

综上所述,GIS技术在水文水资源领域的应用前景广阔。随着技术的不断进步和融合,GIS将在水资源管理、防洪减灾、水环境监测及水利工程智能化管理等方面发挥更加重要的作用。未来,应加强跨学科合作,推动GIS技术与其他先进技术的深度融合,构建更加高效、准确的水文水资源管理系统,为水资源的可持续利用和生态环境保护提供有力支持。

参考文献

- [1]张晨.基于GIS的信息量法在滑坡地灾易发性评价中的应用:以福建浦城区域滑坡地质灾害为例[J].能源与环境,2022(5):90-92.
- [2]郭明华.GIS技术在水文水资源领域中的运用[J].黑龙江水利科技,2022,50(02):175-177.
- [3]汪洁晶,王丹志,郭连峰,等.GIS技术在水文水资源领域中的应用及发展趋势[J].工程技术研究,2020,5(21):241-242.
- [4]高志国,李毅,张利辉,等.洪水灾害时空过程模拟可视化表达研究进展与展望[J].水利水电技术(中英文),2023,54(8):43-53.