

Hydrogeological exploration and groundwater development strategy in karst landform area

Biao Li Xiaoyu Chen

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract

The unique geological structures and hydrological characteristics of karst regions create complex patterns in groundwater occurrence and migration, posing significant challenges to hydrogeological exploration and groundwater utilization. This study investigates strategies for hydrogeological exploration and groundwater development in karst areas. After emphasizing the importance of these efforts, it outlines key methodologies including geological structure surveys, aquifer identification, and groundwater dynamic monitoring. Practical strategies are proposed, such as rational well distribution planning, establishing integrated groundwater-surface water systems, and enhancing water resource protection. The research aims to provide actionable references for sustainable water resource management in karst regions, thereby promoting coordinated development of regional economy, society, and ecological environment.

Keywords

karst landform area; hydrogeological exploration; groundwater; development and utilization; strategy

喀斯特地貌区水文地质勘查与地下水开发利用策略

李彪 陈晓宇

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 中国·辽宁 沈阳 110034

摘要

喀斯特地貌区的地质结构和水文特征比较独特, 导致其地下水赋存与运移规律非常复杂, 以此给水文地质勘查和地下水开发利用带来了诸多的挑战。本文便围绕着喀斯特地貌区的水文地质勘查与地下水开发利用策略展开相关的研究, 在阐述开展相关工作的重要性后, 介绍了水文地质勘查的主要内容与方法, 当中涉及了地质构造调查、含水层识别、地下水动态监测等等, 在此基础上还提出了地下水开发利用的具体策略, 如合理布局供水井、构建地下水-地表水联合利用系统、加强水资源保护等。经研究期望能够为喀斯特地貌区的水资源可持续利用提供参考, 助力于区域经济社会与生态环境的协调发展。

关键词

喀斯特地貌区; 水文地质勘查; 地下水; 开发利用; 策略

1 引言

喀斯特地貌是由碳酸盐岩等可溶性岩石经长期溶蚀作用形成的特殊地貌类型, 它广泛地分布于我国西南地区等区域。因为该区域地质结构复杂, 溶洞、裂隙、暗河等发育, 所以导致地下水赋存呈现出极强的非均质性和动态性。一方面, 喀斯特地貌区的降水丰富, 但由于地表径流迅速、土壤覆盖层薄, 使得地下水成为了区域水资源的重要组成部分, 它对于当地居民生活、农业生产和生态环境维持具有不可替代的作用; 另一方面是不合理的地下水开发利用可能会引发地面塌陷、泉水枯竭、水质污染等一系列的生态环境问题。在近几年, 喀斯特地貌区经济社会在持续地发展, 对于水资源的需求便日益增长, 使得地下水开发利用的矛盾愈发突

出。因此需要加强对于喀斯特地貌区的水文地质勘查, 掌握其地下水的分布与运移规律, 并制定出科学合理的开发利用策略, 如此才能保障区域水资源安全、促进可持续发展。本文就通过对喀斯特地貌区水文地质勘查方法和地下水开发利用策略的探讨, 再结合辽宁地矿集团在相关领域的实践案例, 为解决该区域水资源问题提供了思路和方法。

2 喀斯特地貌区水文地质勘查的主要内容与方法

2.1 地质构造调查

地质构造调查务必查明区域内的地层岩性、褶皱断裂分布、溶洞与裂隙发育情况等等。为此可以通过遥感解译、地质填图和野外实测等手段, 来确定碳酸盐岩的分布范围、可溶性程度以及非可溶性岩层的阻隔作用, 进而分析地质构造对地下水汇水、导水和储水的控制机制^[1]。

【作者简介】李彪(1986-), 男, 中国吉林公主岭人, 硕士, 副高级工程师, 从事水工环勘查研究。

2.2 含水层识别与特征分析

在识别含水层与进行特征分析时,需要确定含水层的类型、分布范围、厚度、渗透性和富水性等多个参数。若采用物探技术如地质雷达、高密度电法、地震勘探等,便可以快速地圈定含水层的空间分布,尤其是对隐伏的溶洞和暗河具有较好的探测效果;钻探技术则能直接获取含水层的岩芯样品,并通过室内试验测定其物理力学性质和渗透系数。

2.3 地下水动态监测

地下水动态监测在目前是掌握地下水变化规律的重要手段,它需建立长期的监测网络,对于地下水位、水量、水质等进行定期地监测。而在监测时,监测点应布设在不同的水文地质单元和含水层当中,确保其兼顾不同的地形地貌和土地利用类型。之后通过对监测数据的分析,即可揭示地下水的补给、径流、排泄过程以及水位的季节性和年际变化规律。

2.4 水文试验

在含水层水文地质参数获取阶段,水文试验是最为重要的途径。当前常用的有抽水试验、注水试验和示踪试验等。首先是抽水试验,其可测定含水层的渗透系数、导水系数等;其次是注水试验,它比较适用于渗透性较差的含水层;最后为示踪试验,此方法能有效地揭示地下水的运移路径和流速^[2]。

3 喀斯特地貌区地下水开发利用的具体策略

3.1 合理地布局供水井

为了保障居民生活和工业用水,务必合理地布局供水井。结合实践来看,应当根据含水层的分布和富水性,在地下水富集且开采之后对于生态环境影响较小的区域布设供水井。在分布有暗河的区域,可以在暗河出口处修建集水工程,旨在充分地利用暗河水资源;而在裂隙发育的含水层,建议采用群井开采的方式,进而提高地下水的开采效率。同时还需严格控制单井开采量和区域总开采量,一定要避免过度开采而导致地下水位出现持续的下降。

辽宁地矿集团在某喀斯特城镇的供水工程中,就根据前期勘察成果,对供水井进行了科学地布局。具体来说:该区域裂隙-溶洞含水层富水性强,但分布不均,暗河出口处的水资源最为丰富。随即集团在暗河出口处修建了一座集水廊道,长100米、宽2米、高3米,经由廊道收集暗河来水,日取水量可达5000m³。而在裂隙发育但未发现暗河的区域,则采用了群井开采,共计布设10口深井,井深30-50米,单井出水量为80-120m³/h,同时将井间距控制在500米以上,有效地避免了其相互干扰。最终通过这种布局,将原有25口分散的浅井整合,对于深层含水层和暗河水资源进行了集中的开采,不仅使供水保证率从70%提高到95%,还有效地减少了因分散开采导致的地面塌陷风险。

3.2 构建地下水-地表水联合利用系统

因为喀斯特地貌区地表水与地下水联系密切,所以可

通过修建水库、塘坝等蓄水工程,来拦蓄地表径流,补充地下水。而在旱季,当地表水资源不足时,则可以加大地下水开采力度,以实现两者的互补。此外利用喀斯特地貌区的溶洞、洼地等地形,还可以建设地下水库,进而将汛期多余的地表水引入地下进行储存,此举能够增加地下水的补给量。

现阶段辽宁地矿集团在某喀斯特农业区就构建了“水库-塘坝-地下水库”联合供水系统。其在区域上游修建了一座小型水库,总库容为100万m³,主要用于拦蓄汛期地表径流。同时在中游分布的20个天然洼地中修建塘坝,总库容为50万m³,用于承接水库下泄水量和区域地表径流。在下游则选择了3个大型溶洞建设地下水库,通过引水渠将塘坝中的水引入溶洞储存,总蓄水量可达80万m³。上述系统在雨季可以将多余的地表水引入地下水库,补充地下水,旱季则优先利用水库和塘坝中的地表水,仅在地表水不足时才开采地下水。

3.3 加强农业节水灌溉技术推广

在实践当中,积极地推广农业节水灌溉技术,目的是减少农业用水消耗。因为喀斯特地貌区农业用水占比大,且灌溉方式落后,使得水资源浪费极其严重。所以在该地区更应该大力推广滴灌、喷灌、微灌等节水灌溉技术,引导农户根据不同作物的需水特性制定科学的灌溉制度,进而提高水资源利用效率^[3]。基于此,还应该持续地改良农作物品种,像农户推广耐旱的作物,以此减少灌溉的用水量。

辽宁地矿集团在某喀斯特山区的农业节水项目中,就大力地推广了滴灌技术。根据该区域主要种植玉米、果树等作物的特点,集团根据不同作物的需水特性,分别设计了个性化的滴灌系统:玉米种植区采用膜下滴灌,在每亩布置滴头3000个,灌水定额则控制在20m³/亩;而果树种植区采用小管出流灌溉,每棵果树布置4个出口,即可根据果树生长阶段来调整灌水量。同时还引进了耐旱玉米品种和晚熟果树品种,减少了灌溉次数。

3.4 注重地下水水质保护

只有注重地下水水质保护,才能保障水资源的可持续利用。而喀斯特地貌区地下水易受到污染,因此更需要严格地控制工业废水、生活污水和农业面源污染的排放。一方面可以划定地下水水源保护区,禁止在保护区内从事可能污染地下水的活动;另一方面可以建设污水处理厂,对生活污水和工业废水进行处理后再进行排放;此外可以积极地推广测土配方施肥和绿色农业技术,进而减少化肥、农药的使用量。

当前辽宁地矿集团在某喀斯特流域开展了地下水水质保护工程。首先划定了总面积50km²的地下水水源保护区,将其分为核心区、缓冲区和准保护区,在核心区内禁止任何可能污染地下水的活动,缓冲区内则限制工业和农业生产活动。其次在流域内建设了一座日处理能力1万吨的污水处理厂,在其中采用了“格栅-沉砂池-生物氧化池-沉淀池-消毒池”的处理工艺,如此一来处理后的污水达到地表水Ⅲ类标准,

可被用于农田灌溉。再者推广了测土配方施肥技术,几根据土壤养分含量和作物需求,精准地投放化肥,直接减少了化肥使用量的30%。同时还推广了生物防治技术,引导农户采用天敌来防治病虫害,进而减少了农药使用量50%。

3.5 建立水资源管理信息系统

水资源科学管理的实现前提是建立一套完善的水资源管理信息系统。而只有通过整合水文地质勘查数据、地下水动态监测数据、水资源开发利用数据等,才能构建起集数据采集、分析、预测、决策于一体的信息系统,进而才能为水资源管理提供信息化的支撑。实践中利用此系统,可实时地监控地下水水位、水质和开采量的变化,并及时地预警水资源超采和污染风险,其还具有辅助制定水资源调配方案的功能^[4]。

辽宁地矿集团为某喀斯特市构建了水资源管理信息系统。在该系统当中,整合了区域内100个地下水监测点、50个地表水监测点、30个取水口的实时数据,以及水文地质勘查、水资源开发利用等历史数据,且系统还具有数据采集、数据管理、数据分析、预测预警、决策支持等多个功能。实践当中通过数据分析模块,可生成地下水水位变化趋势图、水质变化曲线图、水资源开采量统计报表等;预测预警模块则可根据历史数据和实时监测数据,预测出未来一个月的地下水水位变化和水质变化,若监测数据超过预警阈值便自动地发出预警信息;而决策支持模块可根据水资源供需情况,制定出最优的水资源调配方案

4 喀斯特地貌区地下水开发利用策略的实施效果分析

辽宁地矿集团在喀斯特地貌区实施的水文地质勘查与地下水开发利用策略,已然取得了显著的经济、社会和生态效益,具体如下。

4.1 经济效益方面

通过科学的水文地质勘查和合理的开发利用策略,直接提高了水资源的利用效率,且降低了水资源开发成本。在某喀斯特城镇供水工程实施后,供水成本从原来的2.5元/ m^3 降低到1.8元/ m^3 ,年节约成本高达200万元。农业区也通过“水库-塘坝-地下水库”联合供水系统和节水灌溉技术,将农业生产成本降低了15%,粮食产量甚至提高了20%,年增加农民收入为500万元。同时水资源的保障还促进了当地工业的发展,吸引了多家企业入驻当地,说明上述策略能够带动该区域的经济增长。

4.2 社会效益方面

在社会效益方面,主要解决了喀斯特地貌区居民的饮

水安全问题,提高了供水的保证率。比如某喀斯特城镇供水工程实施之后,居民的自来水普及率从之前的65%提高到现在的98%,水质达标率也从70%提高到了95%,为居民的身体健康提供了保障。另外农业灌溉的保证率也有所提高,进而确保了粮食生产安全,稳定了当地的粮食供应。

4.3 生态效益方面

经由控制地下水开采量、加强水质保护等措施,有效地改善了喀斯特地貌区的生态环境。在某喀斯特流域在实施水质保护措施后,该地区的地下水水质得到了明显地改善,流域内的湿地面积扩大了10%,且生物多样性也得到了增加,鸟类种类已然从原来的50种增加到70种。同时地下水-地表水联合利用系统的构建,还增强了区域水资源的调蓄能力,促进了生态系统的抗干扰能力,以此减少了因水资源短缺导致的植被退化、土地沙化等问题。

5 结语

喀斯特地貌区的水文地质勘查与地下水开发利用对区域水资源安全和可持续发展具有重要意义。此次通过地质构造调查、含水层识别、地下水动态监测和水文试验等多种勘查方法,得以全面地掌握喀斯特地貌区地下水的赋存与运移规律,为地下水开发利用提供了科学的依据。而合理布局供水井、构建地下水-地表水联合利用系统、推广农业节水技术、加强水质保护和建立水资源管理信息系统等策略的实施,有效地提高了地下水的利用效率,在保障水资源供应的同时还保护了生态环境。尽管喀斯特地貌区地下水开发利用取得了一定的成效,但仍然面临着诸多的挑战,如勘查技术有待进一步提升、部分区域水资源管理仍需加强、生态环境脆弱性与水资源开发的矛盾依然存在等等。

参考文献

- [1] 辛虎,侯玉松,胡晓农,等.临沂市喀斯特发育区地下水监测网优化与喀斯特塌陷易发性评价[J].济南大学学报(自然科学版),2023,37(05):521-526.DOI:10.13349/j.cnki.jdxbn.20230324.001.
- [2] 宋园生.喀斯特地貌区矿山排泥库泥浆泄漏险情处置[J].水利水电技术,2015,46(07):43-46.DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2015.07.012.
- [3] 魏磊,黄磊,陈文达.喀斯特地貌岩溶区隧道施工中涌水突泥施工处理技术[J].四川建材,2024,50(08):181-182+191.DOI:10.3969/j.issn.1672-4011.2024.08.067.
- [4] 罗玉坪,胡亚召.库勒勒干旱区水文地质特征与地下水开发利用探讨[J].地球科学前沿(汉斯),2025,15(05):667-677.DOI:10.12677/ag.2025.155065.