

岩溶地下水开发利用及环境保护地质工程研究

李默寒

河南省地质局生态环境地质服务中心

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2306

[摘要] 随着全球人口不断增长和经济不断发展,水资源短缺问题已经成为制约人类社会可持续发展的重要因素之一。岩溶地下水是重要的淡水资源,不但给农业灌溉,工业生产以及居民生活提供了关键的水源保证,而且在维持生态系统的稳定方面也发挥着重要作用。但是岩溶地下水的开发利用过程中存在很多问题。如何在满足人类社会对水资源的需求的同时,保护岩溶地下水系统,实现水资源的可持续利用与生态环境保护,是当前亟待解决的重要问题。本文从岩溶地下水系统基本特征入手,分析岩溶地下水开发利用存在的问题,提出相应的环境保护地质工程措施,为岩溶地下水的科学管理和合理利用提供参考和借鉴。

[关键词] 岩溶地下水; 开发利用; 环境保护; 地质工程

中图分类号: DF468 **文献标识码:** A

Geological Engineering Research on the Development and Utilization of Karst Groundwater and Environmental Protection

Mohan Li

Henan Geological Bureau Ecological Environment Geological Service Center

[Abstract] With the continuous growth of global population and economic development, water scarcity has become one of the important factors restricting the sustainable development of human society. Karst groundwater is an important freshwater resource that not only provides critical water sources for agricultural irrigation, industrial production, and residential life, but also plays an important role in maintaining the stability of ecosystems. However, there are many problems in the development and utilization of karst groundwater. How to meet the human society's demand for water resources while protecting the karst groundwater system, achieving sustainable utilization of water resources and ecological environment protection, is an important issue that urgently needs to be addressed. Starting from the basic characteristics of karst groundwater system, this article analyzes the problems in the development and utilization of karst groundwater, proposes corresponding geological engineering measures for environmental protection, and provides reference and guidance for the scientific management and rational utilization of karst groundwater.

[Key words] karst groundwater; Development and utilization; environmental protection; Geological Engineering

前言

岩溶地下水是重要的水资源,在人类社会的发展过程中起着重要作用。但是随着人口的增长和经济快速发展,岩溶地下水在开发利用的过程中出现了许多严重的、不可忽视的问题,这些问题严重地制约了岩溶地下水的可持续利用,对生态环境和人类社会产生了诸多不良影响。因此要采用一些有效的方式去解决这些问题,比如确定合理的开采量、加强水质监测和治理、实施地质灾害防治工程以及加强生态保护等,从而实现岩溶地下水可持续利用和生态环境保护的目的。

1 岩溶地下水系统的基本特征

1.1 岩溶地下水的形成与分布

岩溶地下水是位于可溶性岩石地区,因地下水溶蚀所形成的复杂地下溶洞和溶蚀裂隙中的地下水。分布较广,特别是我国南方地区岩溶地貌发育较好,岩溶地下水储量大。岩溶地下水补给主要来自大气降水,通过地表径流以及垂直渗透进入岩溶系统当中,从而形成复杂的地下水流场。

1.2 岩溶地下水的水文地质特征

岩溶地下水系统自身具有特有的水文地质特征。其流动路

径比较复杂,水流速度也较快,也较容易受地质构造的影响。岩溶地下水的动态变化比较明显,受季节性降水和人类活动影响大。另外,岩溶地下水的水质一般都比较好,但是由于岩溶地下水的流动路线比较长,所以很容易受到外界污染物的侵入。

1.3 岩溶地下水的生态功能

岩溶地下水在生态系统中发挥着重要作用。它为地下生物提供了栖身之所,维护了地下生态系统的稳定。同时岩溶地下水补给地表水体维持河流、湖泊和湿地的生态功能。而且岩溶地下水还给农业灌溉、工业用水和生活用水提供了重要的水源。

2 岩溶地下水开发利用存在的主要问题分析

2.1 过度开采导致的地下水位下降

地下水位下降的原因主要是由于过度利用了岩溶地下水,这也是岩溶地下水面临的最严重的问题之一。岩溶地区地下水补给以大气降水补给为主,补给来源较少。在开发利用时,如果开采量超出地下水的补给量,地下水位就会不断下降。地下水位下降会产生一连串的反应,第一,地下水位下降首先会影响到周边的生态环境,很多依赖地下水生存的生态系统,像湿地、泉域等,都会因为地下水位下降而逐渐萎缩甚至消失。第二,地下水位下降会造成地面沉降。在岩溶地区地下溶洞和地下裂隙比较发育,地下水位下降会致使地下溶洞和地下裂隙中的水压下降,地下溶洞和地下裂隙中的岩土体就会失去支撑而产生下沉。这会让地表的建筑物以及基础设施遭到破坏,还会改变这一地区的地质构造,加大这一地区出现地质灾害的风险。地下水位下降还会波及周边地区水资源的利用状况。地下水位下降以后,周围地区的地下水开采成本会变得非常高,很可能出现无水可采的情况,这会给当地的工农业生产以及社会生活带来很大的影响。

2.2 地面塌陷与地质灾害

地面塌陷、地质灾害是岩溶地下水被过度开采产生的另一个后果。在岩溶地区地下存在溶洞、裂隙,当地下大量的抽水时,在地下水减少的时候,地下溶洞、裂隙中的地下水就变少,在这种情况下溶洞顶部的岩土体就会发生塌陷的情况。这种塌陷常常具有突发性和不可预知性,给地表的建筑物、交通设施和人员安全带来极大威胁。例如部分城市的地区因为岩溶地下水被过度开发,造成了多次地面塌陷事件,房屋倒塌,道路毁坏甚至造成了人员的伤亡。除了地面塌陷以外,岩溶地下水过度开采还会诱发其他地质灾害,比如滑坡,泥石流等等。岩溶地区地下水流动对岩土体稳定性有影响。地下水位下降会使岩土体的力学性质发生改变,使抗滑能力降低,进而使滑坡、泥石流发生的可能性增大。地质灾害破坏了自然环境,又给社会造成了巨大的财产损失和人员伤亡。

2.3 水质污染与生态退化

水质的污染与生态的退化也同样是人们对岩溶地下水的利用中不可忽视的现实问题。岩溶地下水的水质一般比较好,但是因为它的赋存条件比较特殊,所以如果被污染,想要治理起来就变得极为困难。一方面工业废水、生活污水、农业面源污染等

污染物可通过地表径流或渗透的方式进入岩溶含水层,造成地下水水质变差。另一方面,过度开采岩溶地下水,会改变地下水的流向和流速,使本来比较稳定的地下水系统产生波动,从而加快污染物的扩散。

3 岩溶地下水开发利用及环境保护地质工程建设的有效措施

3.1 地下水位保护与调控的有效措施

3.1.1 合理规划开采量

控制好岩溶地下水的开采量,是对岩溶地下水位的一种保护措施。岩溶地下水的补给量与储存量都是有限的,所以要按照岩溶地下水的自然补给量与储存量来制订合理的开采计划。通过建立地下水监测网络来监测地下水,可及时调整地下水的开采量,以保证地下水位处于安全范围。

3.1.2 运用人工回灌技术

对于地下水位下降严重的地区,可以采用人工回灌的方法保护地下水位。人工回灌就是将处理过的地表水或者再生水再打回地下含水层中,调整地下水位,避免地面塌陷。人工回灌技术关键在于选择合适的回灌水源以及回灌方式。

回灌水源一般分为地表水、再生水、雨水等。地表水来源多样,要经过净化处理才能去除杂质和污染物;再生水是经过处理的污水,水质比较稳定,但要保证它符合回灌标准;雨水作为清洁的天然水源,适宜在雨季收集利用。

回灌方式的选择同样很重要,常用的回灌方式有直接回灌和间接回灌。直接回灌就是把处理过的水源直接通过回灌井输送到含水层中去,这种方式效率高,但是对水源的水质要求比较高;间接回灌就是把水源先输送到回灌池或回灌渠中,让水慢慢渗入土壤层中再渗透到含水层中,回灌速度就慢一些。

3.2 水质保护与污染治理的有效措施

3.2.1 加强污染源控制

污染源控制是保证岩溶地下水水质的重要举措。岩溶地下水的水质受工业废水、生活污水和农业面源污染等许多因素的影响。加大对这些污染源的治理力度,从源头上减少污染物的排放,这同样是对岩溶地下水水质保护的一大有力举措。

工业废水是岩溶地下水的污染源。很多工业企业生产的时候会排放很多未经处理的废水,废水渗入地表,流入岩溶地下水系统,致使地下水的水质变差。因此加强工业废水的治理,在工业建设中要建立污水处理设施,将工业废水处理达标后排出,以减少工业废水对岩溶地下水的污染。

生活污水也是岩溶地下水的污染源。伴随城市化的发展,生活污水排放量越来越多。建设污水处理厂和垃圾处理厂以提高污染物处理率,减少生活污水对岩溶地下水的污染。有些城市建起分散式的污水处理设施,把生活污水就地处理之后再用作绿化或者回灌,这样既减轻了对地下水的污染,又提高了水资源的利用效率。

农业面源污染也不能忽视它对岩溶地下水造成的污染。农业化肥、农药的使用,畜禽粪便的排放都是农业面源污染的主要

污染源。大力提倡生态农业、绿色农业,少用或者不用化肥和农药,从而减轻农业面源污染对岩溶地下水的破坏。

3.2.2应用地下水污染修复技术

对已经污染的岩溶地下水来说,可采取物理、化学以及生物改良等多种整治措施,按照污染的种类、程度来挑选或者组合使用即可^[1]。

物理修复技术主要有注浆技术,抽水处理,活性炭吸附等。注浆技术往污染处灌浆,堵住污染源,不让污染物继续蔓延。抽水处理是指抽取受污染的地下水,经过处理后再回灌,降低地下水中污染物的含量。活性炭吸附是利用活性炭的吸附性,去除地下水中的有机污染物。

化学氧化就是将地下水中的某些污染物氧化成无害的物质,指往地下水中打进氧化剂,去除水中的这些污染物。化学还原是往地下水中注入一些还原剂,将污染物转变成无害物质,从而达到降解地下水中有机的目的。

生物修复技术就是依靠微生物的代谢活动来分解地下水中的污染物。这种方法成本低、环保等。生物修复技术分为原位生物修复和异位生物修复。原位生物修复就是往地下水中注入一些营养物质,让生物们长得更多更旺,然后这些微生物就能吃掉污染物。异位生物修复是指将受污染的地下水抽出,经过生物处理后再回灌到地下水含水层^[2]。

3.3地质灾害防治的有效措施

3.3.1加强地面塌陷监测与预警

地面塌陷监测预警是区域地质安全得到保障的关键。岩溶地区因为地下溶洞、裂隙很多,地下水位变动容易诱发地面塌陷等地质灾害。

监测网络要有多个监测点,整个岩溶地区都要被包含进去。使用地质传感器,自动监测设备等手段,及时地对地表发生变形的情况进行监测。这些会自动收录在系统然后传出去,这样就能早点察觉到地面要塌陷的征兆。

建立预警系统,也是预防地面塌陷的一种。预警系统可以依据监测数据的变动,迅速发出警报消息,促使有关部门和居民采取防范手段,防止地面塌陷事故发生。

3.3.2强化滑坡与泥石流防治

滑坡和泥石流是岩溶地区常发的地质灾害,在雨季出现的频率会变得更高。不但损害了自然环境,并且给人带来严重的人员伤亡与经济损失。因此,必须采用工程措施进行防治。

在滑坡、泥石流易发区修建排水系统减少地表水的渗透。其次,可以建设挡土墙阻止斜坡上土体发生滑动,再利用植被恢复和工程加固相结合的办法,提升斜坡的稳定程度。

植被恢复措施也是防治滑坡、泥石流的一种方法。例如种植一些根系比较发达的植物,增强土壤抵御侵蚀的能力及稳固土壤,减少滑坡的发生^[3]。

3.4生态修复与保护的有效措施

3.4.1地下生态系统修复

岩溶地下水系统中诸多地下生物,盲鱼,盲虾之类的,它们对水质改变很敏感。所以修复地下生态系统是保护岩溶地下水生态功能的举措。通过人工手段以及自身进行修复,地下生态系统可以恢复。

注入营养物质是促进地下生物繁殖的重要措施。在某岩溶地区,将营养物质注入地下水中,可以更好地促进微生物的生长,给地下生物供应了充足的食物,使地下生态系统得以快速恢复。

改善地下水流场也是对地下生态系统恢复的重要措施。建造人工渗井与渗透池能够调控地下水的行进轨迹和速率,改善地下水流场所处状况,恢复地下生态的平衡^[4]。

3.4.2生态保护区建设

在岩溶等地下水极为丰富的地区,划出一个生态保护区守护岩溶地下水的生态功能,可以减少人类活动对岩溶地下水系统的影响。

生态保护区的建设方式包含:划定保护区域、确定保护的

范围以及保护的目;建设生态廊道、保护湿地、生态连通性。

生态保护区监督与管理方式包含:建立生态监测网络,对生态系统进行实时监测,及时发现生态问题,并予以解决^[5]。

4 结束语

岩溶地下水环境维护是个大工程,需要通过合理开发利用以及环境保护地质工程建设等措施,恢复其生态系统的基本功能。未来要进一步加强岩溶地下水与环境保护地质工程建设的研究,不断提升相关的技术水平,完善相关法律,给岩溶地下水的保护与利用提供强有力的支撑。

[参考文献]

[1]董东林,张陇强,张恩雨,等.煤、铁资源开发与南水入冀下百泉泉域岩溶地下水地球化学过程及水质评价[J].煤炭学报,2025,50(01):623-644.

[2]于杨,肖一鑫,陈彦美.基于PLEIK模型的岩溶地下水防污性能评价——以贵阳市汪家大井泉域为例[J].资源环境与工程,2024,38(01):55-62.

[3]唐春雷.煤矿酸性矿井水水文地球化学演化特征及其岩溶环境效应[D].太原理工大学,2023.

[4]马成龙.南陵县何湾镇岩溶地下水污染评价及健康风险评估[J].地下水,2023,45(03):46-48.

[5]张栋,武勇毅.沁河大桥建设对山西延河泉域下河泉岩溶地下水影响评价[J].地下水,2023,45(03):55-57.

作者简介:

李默寒(1988--),男,汉族,吉林省长春市人,工程师,本科,水文地质。