

岩溶地区水文地质条件对地下水资源可持续利用的影响分析

李真點

四川省第九地质大队 401122

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18519

[摘要] 以某幼儿园拟建工程勘查区为探究对象,分析三叠系下统大冶组二段灰岩岩溶区的含水岩组特征、地下水补径排规律及岩溶发育特性,探究岩溶地区水文地质条件对地下水资源可持续利用的影响机制,以此提出相应的利用与保护策略。研究表明,区域内岩溶管道型地下水具有空间分布不均、补给脆弱、系统复杂特点,是影响区域地下水资源可持续利用的核心因素,需结合项目需求、水文地质特征建设差异化水资源管理体系。

[关键词] 岩溶地区; 水文地质条件; 地下水资源; 岩溶管道水

引言

岩溶区作为重要的地下水赋存与运移单元,因其具备独特的碳酸盐岩溶蚀结构,构成了复杂的地下水系统,增大了水资源开发难度、生态敏感性。我国岩溶区域作为典型的“工程性缺水”区域,水文地质条件直接影响水资源赋存形态、可利用性、生态安全性^[1]。某幼儿园拟建工程位于黔江幅岩溶槽谷区,其勘察揭示的三叠系下统大冶组二段灰岩水文地质特征,为研究岩溶区地下水资源可持续利用提供了典型案例。

1. 研究区水文地质条件概况

如表1所示,研究区含水岩组为三叠系下统大冶组二段

表1 研究区岩溶含水岩组富水性及水文地质参数表

含水岩组名称	岩性特征	地下水流量范围	枯季径流模数	水位埋深特征	溶洞充填情况
三叠系下统大冶组二段灰岩岩溶含水岩组	可溶灰岩, 强岩溶化	10~100L/s	3~6L/(s·km ²)	埋深大, 无稳定水位	上部多粘土充填/半充填, 下部无充填
非岩溶区基岩裂隙水岩组(对照)	碎屑岩类, 弱裂隙发育	-	8~15L/(s·km ²)	埋深较浅, 水位稳定	无溶洞, 裂隙多为原生空隙

1.2 地下水补给、径流与排泄规律

研究区岩溶水补给来源单一, 主要为大气降水补给, 岩溶发育度、管道连通性、地形地貌等直接决定了区域富水程度。区域地处斜坡陡缓交替的平缓斜坡段, 在降雨气候条件下, 借助地表输送堆积物孔隙、基岩裂隙、溶蚀孔洞等快速渗入雨水, 汇入到地下岩溶管道内。但由于岩溶槽谷内有7处落水洞、1处塌陷漏斗等垂向通道连接过强, 难以有效存储地下水, 进一步影响了区域富水性。

区域地下径流、排泄具有明显的管道型特点, 流向为北东→南西, 最终进入到河流中。地下水顺构造方向沿着岩溶

灰岩岩溶含水岩组, 岩性为可溶灰岩, 岩溶化现象较为强烈。地表不均匀分布溶蚀加宽裂缝沟槽, 深部发育溶洞、落水洞、地下岩溶管道等储水空间。但受到岩溶发育不均、填充作用等因素影响, 该区域整体富水性不足, 水量较少且水位埋深大。结合该地区水文地质勘察报告表明, 区域内岩溶地下水流量为10~100L/s, 枯季径流模数为3~6L/(s·km²), 相比非岩溶区基岩裂隙水径流模数明显偏低。钻探结果表明, 孔内未发现稳定地下水, 顶部溶洞多数被粘土填充, 下部溶洞为未被填充状态, 限制了地下水开采工作。

管道纵向快速径流, 主要排泄方式为垂直构造方向的岩溶下降泉, 具有径流路径短、排泄速度快等特点。洪水期地下水位急速上涨、流量大。通知降水后水位快速回落, 勘察期发现地下暗河存在水流动外, 其余岩溶空间均未发现地下水流动现象, 突出了区域地下水动态变化的季节性、不稳定性特征^[2]。

1.3 岩溶发育特性

如图1所示, 研究区为中低山斜坡地貌, 具有显著的岩溶槽谷地形特点, 两侧斜坡坡角25~45°, 坡顶分布30~100m高的圆状岩溶残丘, 发展方向与区域构造线保持较强的一致

依赖性,也能使水资源利用率得以提升^[5]。

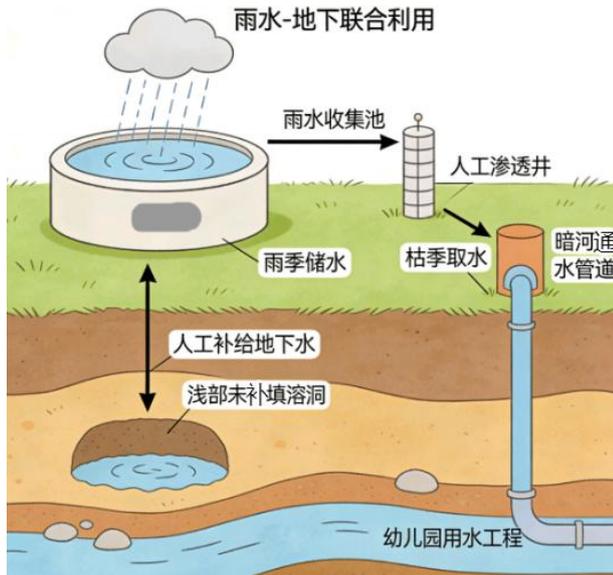


图2 雨水-地下水联合示意图

3.2 实施差异化的水资源保护与工程防护措施

充分利用岩溶双层结构的特点,可分别设置补给保护区、取水核心区,实施差异化管理模式。浅部岩溶区为主要的地下水补给通道,在落水洞、塌陷漏斗方圆50m不得设置排污口、建筑垃圾堆放区,施工方案设计中优选非开挖工艺,如盾构、定向钻进等,以免造成基岩裂隙、松散对基岩破坏问题影响渗透性能。对于区域已探明的7处落水洞,增设生态防护网并预留出渗水通道,预防杂物颗粒堵塞补给路径。暗河区作为潜在取水区,可采用物探方法圈定暗河走向、流量参数,地下水开采量严控在枯季径流模数对应的开采阈值内,项目区域的枯水径流模数为 $3\sim 6\text{L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,则换算成单井开采量则为 $5\sim 8\text{m}^3/\text{h}$ 。对于地面塌陷风险,在幼儿园工程地基施工中选用水泥-水玻璃双液注浆工艺,将浅部粘土半充填溶洞填充,注浆深度不低于基岩面10m,在项目周围设置8~10个地下水沉降监测点,用于监测地下水变化情况。

3.3 建立智能化的地下水动态监测与管理体系

建立涵盖补给、径流、排泄的全流程监测网络,场地布设4组一体的监测传感器,监测内容为浅部岩溶裂隙带水位以及深部暗河流量、pH值、硬度等参数,借助无线通信模块传递传感器信息至云端管理平台,借助Visual MODFLOW数值模型,导入岩溶发育参数、补径排规律等数据,仿真模拟不同降雨强度、开采量情况下的地下水流场变化,预测枯季水资源缺口、污染扩散范围。另外,建立工程施工和数字源管

理联动机制,在施工监理体系中纳入地下水水位预警值、开采限额等指标,一旦监测数据超出阈值标准,立即启动应急供水预案,以防过度开采或污染扩散风险^[6]。

3.4 强化区域协同的水资源生态保护机制

研究区地下水最终会流向河流中,因此地下水水质会对下游生态带来影响,需完善区域协同保护机制。通过联合岩溶槽谷上下游区域,划定地下水生态保护红线,严禁建设高污染、高耗水的项目,并严控种植业、畜牧业污染。岩溶残丘开展封山育林、植被恢复工程,大规模种植构树、侧柏等耐旱植被,提升地表植被覆盖率,强化土壤渗入、保水能力,提高地下水补给的稳定性。另外,建立地下水保护联席会议制度,相关部门定期共享监测数据、协调用水配额,在生态层面保障地下水可持续补给。

结束语

综上所述,岩溶结构、水循环、项目开发活动的协同作用,是岩溶地区水文地质条件对水资源可持续利用的直接影响因素,针对项目区域富水性差、补给单一、管道型径流及双层岩溶结构等特征,针对水资源开采量不足、生态与项目建设矛盾等问题,需结合岩溶水文地质规律,建立分区保护、储用结合、区域协调、综合监控的水资源可持续利用体系,实现项目建设用水与地下水可持续利用的平衡。未来,还需结合岩溶地下水系统开发的痛点与发展趋势,采取精细化勘察技术,为制定项目建设方案、地下水保护与利用方案提供更全面的信息支持。

[参考文献]

- [1] 蒋忠诚, 罗为群, 吴泽燕, 等. 我国岩溶生态水文学研究进展与展望[J]. 地学前缘, 2026, 33(01): 342-353.
- [2] 崔明明, 刘正颐, 刘海林. 岩溶地区水文地质条件对地下水资源可持续利用的影响[J]. 低碳世界, 2025, 15(07): 187-189.
- [3] 王宇. 南方岩溶地区水文地质调查的问题与改进措施[J]. 中国岩溶, 2023, 42(04): 627-635.
- [4] 罗昆旭, 覃红亮, 唐座. 贵州中部岩溶地区的地质环境和水文生态问题[J]. 冶金管理, 2023, (13): 101-103.
- [5] 顾金普, 陈德文. 织金县四季春煤矿水文地质特征及涌水量预测[J]. 云南水力发电, 2023, 39(03): 94-97.
- [6] 李宏飞. 岩溶地区水文地质条件勘察的重要性研究[J]. 西部探矿工程, 2022, 34(10): 9-10.