

剂的侧模至指定位置,人工配合小型千斤顶调整模板位置,确保板梁宽度偏差 $\leq\pm 5\text{mm}$;侧模底边用 $\Phi 48$ 钢管固定(间距1.5m),顶部用木方(5cm \times 10cm)与卡子固定,保证模板直顺度(偏差 $\leq 3\text{mm/m}$);安装端模,用螺栓与侧模连接牢固,缝隙处用海绵条填塞,防止漏浆。

3.5 混凝土施工

3.5.1 混凝土配合比设计

板梁设计混凝土强度等级为C40,根据试验室试验,确定施工配合比为:水泥:黄砂:碎石:水:外加剂=1:1.24:2.52:0.34:0.01(外加剂为聚羧酸系高效减水剂,减水率25%)。其中水泥选用P.O42.5普通硅酸盐水泥,黄砂为中砂(细度模数2.6-2.8),碎石为5-25mm连续级配碎石,确保混凝土和易性与强度。

3.5.2 混凝土拌

采用微机自控800L强制式搅拌台拌和,搅拌时间 $\geq 90\text{s}$,确保拌和均匀;原材料计量精度:水泥、水、外加剂 $\leq\pm 1\%$,黄砂、碎石 $\leq\pm 2\%$;

3.5.3 混凝土浇筑

底板浇筑:采用铁锹下料,厚度控制在8-10cm,插入式振动器振捣(振捣棒型号 $\Phi 50$),振捣至混凝土表面无气泡、泛浆为止,避免漏振或过振;

气囊芯模安装:底板浇筑完成后立即穿气囊芯模,用空气压缩机充气,压力控制在1.8-2.0MPa(避免压力过高导致芯模破裂),芯模位置偏差 $\leq\pm 5\text{mm}$;

侧墙浇筑:芯模安装完成后30min内浇筑侧墙混凝土,分层浇筑(分层厚度 $\leq 30\text{cm}$),振捣棒插入深度至底板混凝土面,确保分层结合紧密;

3.6 混凝土蒸汽养护

为加快混凝土强度发展,提高台座利用率,采用蒸汽养护,养护过程分为初温、升温、恒温、降温四阶段。养护过程中,用塑料布覆盖板梁,防止蒸汽流失与混凝土表面损伤;定期测量混凝土表面温度与养护环境温度,记录养护曲线。

3.7 钢绞线放张

放张时机:当同体养生试块强度达到设计强度的75%(C40对应30MPa)时,方可进行放张;

放张准备:清理张拉坑道内杂物,移走影响放张的设备与材料,禁止人员停留;

放张程序:用千斤顶将钢绞线张拉至 $100\%\sigma_{\text{con}}$,解除主动端精轧螺母与固定横梁的连接;千斤顶缓慢回油,分数次放张(每次放张应力 $\leq 20\%\sigma_{\text{con}}$),每台千斤顶配备测量人员,监测收顶速度,确保放张均匀;放张完成后,用气焊切断钢绞线(距板梁端部3-5cm),切断顺序从台座中间向两侧对称进行;龙门吊吊装板梁至存梁区,清理台面与地坪,准备下一轮施工。

4 质量控制要点

4.1 材料质量控制

钢绞线、锚具、夹片进场时需提供出厂合格证,按规

范进行抽样检验,不合格材料严禁使用;混凝土原材料(水泥、黄砂、碎石、外加剂)需经试验室检验,符合要求后方可使用;每批次混凝土制作3组标准养护试块与3组同体养生试块,跟踪强度发展。

4.2 施工过程控制

张拉前校验千斤顶与油表(校验有效期6个月或张拉200次),确保精度;钢筋绑扎后检查钢筋间距、预埋件位置,模板支设后检查尺寸与直顺度,合格后方可浇筑混凝土;混凝土浇筑过程中检查坍落度(控制在 $120\pm 20\text{mm}$),振捣密实,避免出现蜂窝、麻面、露筋等缺陷;蒸汽养护过程中实时监测温度,严格控制升、降温速率。

4.3 工程应用效果

本工程采用上述先张法施工技术,实现了10m、13m、16m空心板梁的标准化生产。通过现场检测,板梁主要性能指标如下:

混凝土强度:28d标准养护试块强度平均值45.2MPa,满足C40设计要求;

预应力损失:张拉后7d预应力损失率 $\leq 5\%$,符合规范要求;

外观质量:板梁表面平整,无蜂窝、麻面,尺寸偏差 $\leq\pm 5\text{mm}$;

施工效率:单个台座周期从10d缩短至7d,台座利用率提升30%,提前15d完成预制任务。

该技术的应用,不仅保证了工程质量与安全,还降低了施工成本,可为同类预制空心板梁工程提供借鉴。

5 结论

先张法预应力混凝土空心板梁施工中,张拉台座设计需兼顾多跨度需求与承载能力,87m长台座配合C25钢筋混凝土结构,可满足10-16m板梁预制要求;

钢绞线张拉采用“初应力 $\rightarrow \sigma_{\text{con}}$ 持荷”程序,结合应力-伸长率双控,可确保张拉精度,16m板梁实测伸长值与理论值偏差 $\leq 5\%$,符合规范;蒸汽养护(恒温 60°C)可加快混凝土强度发展,缩短台座周期,提升施工效率;针对滑丝、断丝等特殊状况,采用YCL2Z千斤顶更换夹片或补偿张拉,可有效解决施工问题。

综上,该先张法施工技术体系具有可靠性高、效率高、成本低的优势,可广泛应用于中小跨径桥梁空心板梁预制工程。

参考文献

- [1] GB/T 5223-2014 预应力混凝土用钢绞线[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [2] GB/T 14370-2015 预应力筋锚具、夹具和连接器[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [3] JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.
- [4] 袁月丽,水利工程施工混凝土裂缝成因分析及控制措施[J].黑龙江水利科技.2022,50(07):113-117.

Analysis on the influence of hydrogeological structure on groundwater circulation path in karst area

Shuye Guan Rong Wang

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

Abstract

Karst regions, characterized by unique hydrogeological structures, exhibit complex and dynamic groundwater circulation patterns. This study examines how various karst formations, geological stratigraphy, and tectonic features influence groundwater flow pathways. The analysis focuses on how these elements modify recharge mechanisms, regulate runoff processes, and control water circulation rates and directions. To address these challenges, the paper proposes practical solutions including enhanced hydrogeological surveys, rational planning of water resource utilization, and the establishment of groundwater monitoring networks. These recommendations are expected to provide valuable references for scientific management and sustainable development of groundwater resources in karst areas.

Keywords

karst area; hydrogeological structure; groundwater circulation path; influence; countermeasures

岩溶区水文地质结构对地下水循环路径的影响分析

关树野 王蓉

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

因岩溶区具有独特的水文地质结构, 所以其地下水的循环路径呈现出了复杂多变的特点。本文便从岩溶区水文地质结构的构成要素出发, 深入地分析不同类型的岩溶形态、地层岩性、地质构造等对地下水循环路径的影响, 当中包括了对地下水补给、径流、排泄过程的改变以及水循环速度和方向的调控。针对于上述这些影响, 文章提出了相应的应对策略, 如加强水文地质勘察、合理规划水资源开发利用、构建地下水监测网络等等, 有望为岩溶区地下水的科学管理和可持续利用提供参考价值。

关键词

岩溶区; 水文地质结构; 地下水循环路径; 影响; 应对策略

1 引言

岩溶区是指以碳酸盐岩等可溶性岩石为主构成的地区, 它在水和化学作用的长期影响之下, 形成了独特的地貌和水文地质特征。而地下水作为岩溶区水资源的重要组成部分, 其循环过程不但影响着当地的生态环境, 还与人们的生产生活息息相关。即岩溶区的水文地质结构作为地下水循环的重要控制因素, 对于地下水的循环路径起着决定性的作用。在近些年来随着人口增长和经济发展, 岩溶区地下水的开发利用强度在不断地加大, 使其面临着一系列的问题。上述这些问题的产生与地下水循环路径的改变是密切相关的, 水文地质结构正是导致地下水循环路径变化的关键原因。

2 岩溶区水文地质结构特点

2.1 岩溶形态丰富多样

岩溶区的岩溶形态是丰富多样的, 其中包括了溶洞、地下河、溶沟、溶槽、石林、峰丛、峰林等等。而这些岩溶形态的形成, 不仅是地下水长期溶蚀作用的结果, 也是地下水循环的重要通道和存储空间。

2.2 地层岩性复杂

岩溶区的地层岩性通常以碳酸盐岩为主, 如石灰岩、白云岩等, 即这些岩石具有较强的可溶性。同时还可能夹杂着碎屑岩、岩浆岩等非可溶性岩石, 而不同岩性的分布和组合情况对于地下水的渗透和循环有着重要的影响。比如碳酸盐岩的可溶性, 会使得地下水能够在其中进行强烈的溶蚀作用, 进而形成各种岩溶通道。非可溶性岩石则往往会成为相对隔水层, 阻碍着地下水的流动, 最终会影响到地下水循环路径的分布^[1]。

【作者简介】关树野(1985-), 男, 满族, 中国辽宁抚顺人, 本科, 高级工程师, 从事水工环地质研究。

2.3 地质构造发育

岩溶区地质构造有一定的发育,如断层、褶皱等。其中断层是岩石受力破裂后发生相对位移的构造,它可以成为地下水的通道或隔水屏障。当断层破碎带的透水性较好时,便能够促进地下水的流动和交换。而当断层带被泥质充填,其透水性较差时,便会阻挡地下水的运动。褶皱构造则会使岩石的完整性受到破坏,进而形成裂隙,但同时这些裂隙也为地下水的渗透和循环提供了途径。

2.4 水文地质界面明显

岩溶区之中存在着多种水文地质界面,像地表与地下的界面、不同岩性之间的界面、岩溶发育区与非发育区的界面等等,它们的存在影响着地下水的补给、径流和排泄过程。例如,地表与地下的界面是地下水接受补给的重要场所,降水需要通过该界面渗入地下,以此补给地下水。

3 岩溶区水文地质结构对地下水循环路径的影响

3.1 对地下水补给的影响

实际上,岩溶区的岩溶形态为地下水补给提供了多种途径。比如,在溶洞、溶沟发育的地区,降水能够通过这些岩溶通道快速地渗入地下,直接补给地下水,且这种补给方式具有补给速度快、效率高的特点。而在一些岩溶不发育的区域,降水仅能通过土壤层的渗透缓慢地补给地下水。此外地表水体如河流、湖泊等也可以通过岩溶通道渗入地下,最终成为地下水的补给源。

3.2 对地下水径流的影响

岩溶区的溶洞、地下河等岩溶形态作为地下水径流的主要通道,其分布和走向均直接地控制着地下水的径流路径。因为地下河往往会沿着一定的方向流动,形成了相对稳定的径流通道,所以地下水在其中的流动速度较快。溶洞之间的连通情况则会影响到地下水的径流范围和方向,如果溶洞相互连通,地下水就可以在较大范围内进行流动,可若溶洞被堵塞,地下水的径流路径将会发生改变。与此同时,地层岩性的透水性和地质构造的发育程度也会影响到地下水的径流速度。由于碳酸盐岩的透水性较好,因此在其中地下水的径流速度相对比较快,而非可溶性的岩石透水性较差,地下水的径流速度便会较慢。对于断层破碎带来说,由于裂隙的发育,其透水性也较好,因而能够加快地下水的径流速度,同时褶皱构造形成的裂隙也会在一定程度上提高地下水的径流速度。此外则是地质构造,它对地下水的径流方向有着重要的改变作用^[2]。像断层可以使地下水的径流方向发生偏转,当地下水遇到断层时,如果断层是透水的,地下水便会沿着断层破碎带流动,可如果断层是隔水的,地下水便会在断层前发生汇集,然后改变方向进行流动。

3.3 对地下水排泄的影响

现阶段,岩溶区地下水的排泄方式较为多样,当中主

要包括了泉排泄、向地表水体排泄、人工开采排泄等。展开来说:泉是岩溶区常见的地下水排泄形式,由于岩溶通道的存在,地下水便可以通过泉眼直接涌出地表。像某些岩溶区,地下河会直接注入到地表河流,成为地表水体的补给源,即向地表水体排泄,它也是地下水排泄的一种重要方式。而人工开采随着人类活动的增加,已经成为了岩溶区地下水排泄的重要途径之一,该方式需要借助水井等设施将地下水抽取出来,然后用于生产和生活。基于岩溶区的水文地质结构来说,该地区的地下水的排泄区域相对集中,溶洞、地下河发育的下游地区往往是地下水的主要排泄区,且这里泉眼密集,因此地下河出露地表的情况较为常见。

3.4 对水循环速度的影响

岩溶区水文地质结构对于地下水循环速度的影响比较显著。尤其是在岩溶发育强烈的区域,由于存在着大量的溶洞、地下河等通道,使得地下水的流动阻力小且循环速度较快。降水就能够快速地渗入地下,再经由地下通道迅速地径流和排泄,整个水循环的过程时间较短。而在岩溶发育较弱的区域,地下水主要在裂隙和孔隙中进行流动,流动的阻力大且循环速度慢,因此水循环过程的时间较长。

3.5 对水循环方向的影响

地质构造和地形地貌二者共同影响着岩溶区地下水循环的方向。因为在断层和褶皱等地质构造的作用下,岩石的倾斜方向和破碎程度发生了改变,从而引导地下水沿着一定的方向流动。同时地形地貌的高低起伏也会影响到地下水的循环方向,地下水通常由地势高处向地势低处进行流动^[3]。

4 应对岩溶区水文地质结构对地下水循环路径影响的策略

4.1 加强水文地质勘察工作

只有掌握了岩溶区的地下水情况,才能制定出科学的治理策略,为此需要加强水文地质的勘察工作。一方面需要积极地采用先进的勘察技术和方法,如地质雷达、钻探、物探等。其中地质雷达能借助电磁波探测地下岩溶形态的分布,它具有高效、精准的特点,可快速地确定溶洞、地下河的大致位置和走向;钻探则能直接地获取地下岩芯样本,帮助相关人员准确地了解到地层岩性和岩溶发育程度;而物探技术通过对地球物理场的测量,得以推断出地下地质结构和水文特征。借助上述这些技术,便能详细地查明岩溶区溶洞、地下河、溶沟等岩溶形态的分布、规模和连通情况。另一方面是在实际勘察的过程中,应该经由绘制岩溶发育分布图,为分析地下水循环路径提供基础的资料。此分布图应清晰地标注各类岩溶形态的位置、范围和相互关系,让工作人员可以直观地了解到岩溶发育的整体情况。同时还需对岩溶形态的形成机理和演化趋势进行深入地研究。因为岩溶形态的形成与地质构造、岩性、气候等因素密切相关,只有详细地分析了这些因素的作用机制,才能更具准确地预测出其在未来