

工程地质中的地下水问题研究

李 敏 管江涛

山西金地源地质科技有限公司 山西 晋中 030600

摘 要：地下水在工程地质中扮演着至关重要的角色，其存在与变化对工程项目的安全、稳定性及经济性有着深远的影响。本文旨在深入探讨工程地质中的地下水问题，分析地下水对岩土体性质、工程结构稳定性以及施工过程的影响，并提出相应的应对措施。通过文献综述与实例分析，本文论证了地下水问题在工程地质中的重要性，为相关工程实践提供了参考。

关键词：地下水；工程地质；岩土体性质；工程结构稳定性；应对措施

1 引言

工程地质是研究地质条件与工程建设相互关系的学科，而地下水作为地质环境中的一个重要因素，对工程建设的影响不容忽视。地下水位的升降、地下水的流动以及地下水与岩土体的相互作用，都可能对工程项目的规划、设计、施工及运营产生重大影响。因此，深入研究工程地质中的地下水问题，对于保障工程安全、提高工程质量、降低工程成本具有重要意义。

2 地下水的基本概念与分类

2.1 地下水的基本概念

地下水广义上是指赋存于地表面以下岩土空隙、裂隙和洞穴中的水；狭义上是指地下自由水面以下饱和带中的水。在国家标准《水文地质术语》（GB/T 14157）中，地下水被定义为埋藏在地表以下各种形式的重力水。地下水是地球水资源的重要组成部分，对于人类的生产生活具有不可替代的作用。

2.2 地下水的分类

2.2.1 按含水介质空隙分类

孔隙水：储存在岩土体孔隙中的地下水，主要分布于松散沉积层中。孔隙水分布较均匀，水力联系紧密，互通性好，地下水的渗透性具有均一性与各向同性。第四纪的冲积、洪积与冰水沉积的砂层和砂砾石层中地下水的量大，水质也较好，可作为优质的供水水源。

裂隙水：存储在岩石裂隙中的地下水，主要分布于断层破碎带和岩体的裂隙中。由于岩体的裂隙分布不均匀，埋藏深浅不一，裂隙水的分布也不均匀，水力联系不好，地下水的渗透性具有不均一性与各向异性，不同方向的渗透系数差别很大。裂隙水可能承压，也可能无压。

岩溶水：又称喀斯特水，分布于可溶性岩层的溶蚀裂隙与溶洞中的地下水。喀斯特水的埋藏条件是多种多样的，一般溶洞大、裂隙宽时岩体透水性强，但分布极

不均匀。如大气降水充沛，则喀斯特水丰富，是良好的供水水源。

2.2.2 按埋藏条件分类

上层滞水：位于地表以下包气带或非饱和带中，潜水面以上、局部隔水层阻隔的重力水。上层滞水接受大气降水补给，通过蒸发排泄，或通过隔水（弱透水）底板的边缘下渗排泄，补给下伏的潜水。其补给区与分布区一致，分布范围有限，往往雨季时存在，干旱季节消失。上层滞水埋藏的特点是在透水性较好的岩土层中夹有不透水的透镜体。

潜水：是指埋藏在地表以下第一个稳定隔水层以上具有自由水面的重力水。自由水面即为潜水面，即地下水水位面，潜水水面不承受除大气压力以外的任何附加压力，如静水压力。潜水主要赋存于第四系松散堆积物、基岩表层裂隙带或灰岩溶洞中。潜水的自由水面称潜水面，地表至潜水面间的距离为潜水埋藏深度，即地下水的水位。潜水面到隔水底板的距离为潜水含水层的厚度。潜水面以上没有连续的隔水层，不承压或仅局部承压^[1]。潜水的补给区与分布区（储存区）基本处于同一个区域，是重要的供水水源，通常埋藏较浅，分布较广，开采方便。

承压水：是指两个隔水层或稳定弱透水层之间充满含水层中的水，与地质构造有着密切的联系。在地质构造条件合适的情况下，承压水可能存在于岩溶水、孔隙水或裂隙水中。

3 地下水对岩土体性质的影响

3.1 物理性质影响

3.1.1 密度与重度。地下水的存在会改变岩土体的密度和重度。当岩土体中的孔隙被水填充时，其密度和重度会相应增加。这种变化对于工程结构的稳定性有着重要影响，例如在计算地基承载力时，需要考虑地下水引起的岩土体重度变化。

3.1.2 渗透性。渗透性是岩土体允许水通过其孔隙或裂隙流动的能力。地下水的流动会改变岩土体的渗透性。例如,在细砂、粉砂等土中,当地下水的动水压力大于土粒的浮容重或地下水的水力坡度大于临界水力坡度时,会产生流砂现象,导致土体失去稳定性^[2]。此外,地下水的长期流动还可能对岩土体产生潜蚀作用,破坏其内部结构,进一步降低渗透性。

3.1.3 压缩性与膨胀性。地下水位的变化会影响岩土体的压缩性和膨胀性。当地下水位上升时,岩土体中的孔隙水压力增大,有效应力减小,导致岩土体发生压缩变形;当地下水位下降时,岩土体中的孔隙水压力减小,有效应力增大,岩土体可能发生膨胀变形。这种变形对于工程结构的稳定性极为不利,可能导致地基沉降、建筑物开裂等问题。

3.2 化学性质影响

3.2.1 离子交换与溶解作用。地下水中的化学成分会与岩土体中的矿物成分发生离子交换和溶解作用。例如,地下水中的碳酸根离子可能与岩土体中的钙离子发生反应,生成碳酸钙沉淀,从而改变岩土体的化学成分和结构。这种化学作用可能导致岩土体的强度降低、稳定性变差。

3.2.2 腐蚀作用。地下水中的某些化学成分可能对岩土体或工程结构材料产生腐蚀作用。例如,地下水中的硫酸盐可能对混凝土产生腐蚀,导致混凝土结构强度降低、耐久性变差。这种腐蚀作用对于工程结构的安全性和使用寿命有着严重影响。

4 地下水对工程结构稳定性的影响

4.1 地基稳定性

4.1.1 地基承载力。地下水位的高低及其变化会影响地基的承载力。当地下水位上升时,地基土的有效应力减小,承载力降低;当地下水位下降时,地基土的有效应力增大,承载力可能有所提高,但也可能因地基土的不均匀沉降而导致承载力下降。此外,地下水的流动还可能对地基土产生淘刷作用,进一步降低地基的承载力。

4.1.2 地基沉降。地下水位的变化是导致地基沉降的重要原因之一。特别是在沿海软土层地区,过量抽取地下水会引起地面沉降,对邻近建筑物和地下管线造成不均匀沉降,严重时甚至会导致建筑物开裂和危及安全使用。这种沉降不仅会影响工程结构的安全性,还可能对周边环境和居民生活造成不利影响。

4.2 地下结构稳定性

4.2.1 浮力作用。当地下水位较高时,地下水会对地下结构产生浮力作用。这种浮力作用可能导致地下结构上浮或变形,对地下结构的安全性和稳定性构成威胁^[3]。例

如,在地铁隧道、地下车库等地下工程中,需要特别考虑地下水浮力对结构的影响,并采取相应的抗浮措施。

4.2.2 渗透破坏。地下水的渗透作用可能对地下结构产生破坏。例如,在地下工程中,如果防水措施不当,地下水可能通过结构的裂缝或接缝渗入室内,导致室内积水、设备损坏等问题。此外,地下水的长期渗透还可能对地下结构的材料产生腐蚀作用,进一步降低结构的耐久性和安全性。

5 地下水对施工过程的影响

5.1 施工难度增加

在细砂、粉砂等土中进行施工时,如果地下水位较高且动水压力较大,容易产生流砂和管涌现象。流砂会导致土体失去稳定性,使施工难以进行;管涌则可能导致地基土被掏空,引发地面塌陷等安全事故。在基坑开挖过程中,如果地下水位较高,需要进行基坑降水。基坑降水不仅会增加施工成本,还可能对周边环境产生不利影响。例如,基坑降水可能导致周边地面沉降、建筑物开裂等问题。

5.2 施工安全风险增加

地下水的存在可能增加施工过程中的坍塌和滑坡风险。例如,在隧道施工中,如果地下水位较高且地质条件复杂,容易发生坍塌和滑坡事故。此外,地下水的渗透作用还可能破坏岩土体的内部结构,进一步增加施工安全风险。在地下工程中,如果遇到岩溶发育、断层破碎带等不良地质条件,且地下水位较高时,容易发生突水和涌泥事故。这种事故不仅会对施工人员和设备造成严重威胁,还可能对周边环境产生重大影响。

6 地下水问题的应对措施

6.1 勘察阶段

在工程勘察阶段,应详细调查地下水的分布、水位、水质、流向、流速等情况。通过地质钻探、物探等方法获取地下水的相关参数,为后续的设计和施工提供准确依据。根据勘察结果对地下水问题进行风险评估,确定地下水对工程项目的影晌程度和范围。针对可能存在的风险制定相应的应对措施和预案。

6.2 设计阶段

在工程设计阶段,应充分考虑地下水对工程项目的影晌。例如,在地基设计中,应根据地下水位的高低和变化情况合理确定地基处理方案和基础形式;在地下结构设计中,应考虑地下水浮力对结构的影响并采取相应的抗浮措施。针对地下水可能产生的渗透破坏问题,应进行合理的防水设计^[4]。例如,在地下工程中设置防水层、排水系统等措施,确保地下结构的安全性和耐久性。

6.3 施工阶段

在基坑开挖过程中,如果地下水位较高,需要进行基坑降水。降水方法应根据地质条件、地下水位、周边环境等因素综合考虑。同时,应设置合理的排水系统,确保基坑内的积水能够及时排出。在施工过程中,应加强对地下水位的监测和预警。通过设置监测井、安装监测仪器等方式实时监测地下水位的变化情况。一旦发现异常情况,应及时采取措施进行处理并发出预警信号。

6.4 运营阶段

在工程运营阶段,应定期对地下结构进行检查和维护。检查内容包括防水层的完好性、排水系统的畅通性等。如发现问题应及时进行修复和处理,确保地下结构的安全性和耐久性。针对可能发生的地下水事故,应制定应急处理预案。一旦发生事故,应立即启动预案进行应急处理,最大限度地减少事故损失和影响。

7 案例分析一:12·30 晋城在建隧道塌方事故

2019年12月30日,山西省晋中路桥建设集团有限公司承建的太行一号国家风景道阳城段YC3的析城山隧道项目,在由西向东施工约600米处发生断面塌方,塌方量约200立方米。当时有6人在掌子面处进行支护工作,事故造成6人死亡。

7.1 事故原因

地质因素:析城山隧道地质条件复杂,开挖风险系数较高。

施工因素:施工单位没有根据隧道进度对地质情况进行动态管理,隧道专职安全员在支护作业期间未在现场监督,施工作业人员没有严格按照施工工艺流程及时进行初喷、施作系统锚杆、挂钢筋网片,违章冒险作业。

监理因素:监理单位安全监督检查不到位,监理履职不到位,对相关方案审批把关不严。

勘察设计因素:勘察设计单位未将地质勘察报告及时提供给建设单位,未严格按照规范要求对工程地质复杂情况做进一步探明,施工图设计中未针对岩溶发育区做好相应的防范提示。

7.2 应对措施及教训

事故发生后,山西省委省政府领导立即批示,晋城市、阳城县主要领导赶赴现场,迅速启动应急预案,成立现场救援指挥部,调集应急、交通、公安、消防、卫生、煤矿救护大队等力量展开救援。事故救援结束后,责令晋城市太行一号国家风景道所有标段立即停工停建,待隐患排查治理后,由市、县主管部门分段验收合格后方可复工复建。

在类似工程中,应加强对地质条件的勘察和动态管理,施工单位要严格落实安全生产管理制度,加强对施

工人员的培训和管理,确保按施工工艺流程作业,监理单位要切实履行监理职责,加强对施工过程的监督检查,各参建单位要高度重视安全生产工作,建立健全安全生产责任体系,提高应对突发事件的能力。

7.3 案例二:山西太旧高速公路改扩建工程“3·17”基坑坍塌事故

事故经过:2025年3月17日,山西省青银国家高速公路旧关至太原段改扩建工程项目3标段发生基坑坍塌事故。当时基坑深度仅4m左右,处于施工准备阶段、拌和站建设过程中,由于多种因素导致基坑坍塌,造成5人死亡。

事故原因:一是方案设计可能存在缺陷,没有考虑到机械运行的荷载,忽略了设备以及其他堆载对挡土墙侧壁的水平压力。二是施工环节可能存在问题,没有按照方案或者按图施工,如钢筋大小或者间距没有按照设计要求,挡土墙侧壁强度未到位就进行回填,且挡土墙的水平钢筋连接工艺可能有问题或未放置水平钢筋。三是现场管理不到位,存在违章交叉作业,在回填时坑内有人员施工,且基坑周边连简单的临边防护也没有,监理工作缺失。

应对措施及教训:事故发生后,交通运输部对该事故提级管控并实施挂牌督办,要求地方交通运输主管部门依职责做好事故调查工作,尽快查清有关原因,依法依规对责任单位和人员进行处罚,压实参建各方安全责任,确保行业安全生产形势稳定。

结语

地下水在工程地质中扮演着至关重要的角色,其存在与变化对工程项目的安全、稳定性及经济性有着深远的影响。通过对地下水基本概念、分类、对岩土体性质的影响、对工程结构稳定性的影响以及对施工过程的影响等方面的深入分析,我们可以更加全面地认识地下水问题在工程地质中的重要性。同时,针对地下水问题提出的应对措施也为相关工程实践提供了有益的参考。在未来的工程实践中,我们应进一步加强对地下水问题的研究和探索,不断完善应对措施和方法,为工程项目的安全顺利进行提供有力保障。

参考文献

- [1]陈亮.地下水在工程地质勘察中的重要性分析[J].绿色环保建材,2021,(05):153-154.
- [2]吕旭慧.探讨水工程地质勘察中地下水分类及水位观测方法[J].价值工程,2020,39(25):172-173.
- [3]王超.工程地质勘察中地下水的问题及应对措施分析[J].现代经济信息,2016,(10):354.
- [4]齐大雁.工程地质勘察中查清地下水的重要意义[J].居舍,2019,(23):191.