

水利工程中的岩土地质勘察存在的问题探索

王茂智

长江岩土工程有限公司, 湖北武汉, 340010;

摘要: 水利工程作为国家基础设施建设的核心组成部分, 其安全性与耐久性直接关系到国计民生与社会稳定。岩土地质勘察作为水利工程设计与施工的前置基础性工作, 其成果的准确性与可靠性是决定工程成败的关键。本文基于当前水利工程实践, 系统探讨了岩土地质勘察工作中存在的若干突出问题, 包括对岩土体工程特性认识不足、水文地质条件评价不充分、勘察与治理环节脱节等。文章深入分析了地下水水位变化对岩土体及工程勘察的复杂影响, 并针对性地提出了在勘察过程中强化岩土认识、完善水文地质评价体系、明确岩土治理核心要素等对策与优化路径。旨在通过提升地质勘察工作的系统性与科学性, 为水利工程的安全、经济与长效运行提供更为坚实的地质依据。

关键词: 水利工程; 地质勘察; 岩土工程; 水文地质; 岩土治理

DOI: 10.69979/3060-8767.26.03.036

引言

水利工程建设, 无论是宏伟的水库大坝、绵长的引调水渠道, 还是精密的泵站水闸, 无一不深深植根于复杂多变的地质环境之中。岩土体作为工程的承载介质与赋存环境, 其物理力学性质、结构特征及在水作用下的变化规律, 从根本上制约着工程选址、结构设计、施工方法与长期运行安全。因此, 岩土地质勘察工作的重要性不言而喻, 它如同工程的“眼睛”与“听诊器”, 旨在揭示地下世界的奥秘, 预判潜在的风险。

然而, 随着我国水利工程建设向地质条件更为复杂的西部地区、深部地层及生态环境敏感区推进, 传统的勘察理念、方法与评价体系正面临严峻挑战。实践中, 勘察工作往往存在“重构造、轻岩性”、“重参数、轻过程”、“重现状、轻演化”的倾向。对岩土体, 特别是特殊岩土(如软弱夹层、膨胀岩土、分散性土等)的工程特性认识不够深入; 对地下水这一最活跃的地质营力与工程影响因素, 其动态变化及其与岩土体的相互作用机制评价不足; 勘察成果与后续的岩土工程治理设计之间缺乏有效的衔接与反馈机制。这些问题轻则导致设计保守、造价攀升, 重则可能引发施工期地质灾害或工程运行期的重大安全隐患。

1 加强地质勘察中对岩土的认识

岩土体并非均质、各向同性的理想材料, 而是经历了漫长地质历史, 由多种矿物成分构成, 并具有特定结构面的天然地质体。其工程性质受成因类型、物质组成、结构构造、风化程度及赋存环境等多种因素控制。在水

利工程勘察中, 若仅满足于获取常规的物理力学指标, 而忽视对其本质特征与演化规律的系统认识, 则无异于盲人摸象, 难以做出准确评价。

1.1 岩土勘察的深层认知要求

常规勘察往往遵循规范流程, 侧重于钻孔取样、原位测试和实验室试验, 以获取地基承载力、变形参数等设计直接所需的数据。然而, 这种模式化作业容易忽略岩土体的“个性”。例如, 对于沉积岩地区, 岩层的产状、层面结合力、是否存在易泥化的软弱夹层, 其空间分布规律如何, 这些对坝基抗滑稳定、隧洞围岩稳定至关重要, 但若勘察布点过稀或方向不当, 极易漏察。对于土体, 特别是特殊土, 如膨胀土遇水膨胀、失水收缩的特性, 黄土的湿陷性, 冻土的冻胀融沉性, 都需要在勘察中设计专门的测试项目并模拟其在实际工程水文条件下的变化过程。此外, 岩体的结构面网络特征、充填物性质、渗透性, 是控制岩体强度、变形和渗透稳定的关键, 需要通过精细的测绘、统计和配套试验来揭示。勘察工作必须超越“数据采集”层面, 致力于构建反映岩土体本质特征的地质-工程模型。

1.2 深化岩土认识的多维度途径

加强对岩土的认识, 首先需要树立“地质过程观”。勘察人员应追溯岩土体的成因历史(沉积、风化、构造运动等), 理解其当前性状是历史地质作用的结果, 并能预判其在未来工程荷载和水文条件改变下的可能演化趋势。例如, 库岸斜坡的稳定性评价, 必须考虑岩体在长期地质历史中形成的结构面体系, 以及水库蓄水后

水位变动对软弱结构面的软化、潜蚀作用。

其次，需强化“综合勘察技术”的应用。单一勘察手段存在局限性。应坚持工程地质测绘、钻探、物探、坑槽探、现场试验与室内试验相结合的综合原则。例如，利用高密度电法、地震波CT等物探手段宏观探查覆盖层厚度、隐伏构造、岩溶发育区；利用钻孔电视、数字岩芯扫描精细刻画孔内岩体结构；利用大型原位试验（如平板载荷试验、岩体变形试验）获取更符合实际岩体结构状态的设计参数。多源信息的相互验证与融合，是深化认识的有效保障^[1]。

最后，需重视“微观与宏观的结合”。室内试验应不仅能提供常规参数，还应借助扫描电镜、X射线衍射等微观测试手段，分析岩石的矿物成分、微观结构，从本质上解释其工程特性。将微观机理与宏观地质现象、工程表现相联系，形成对岩土体更深刻、更科学的认知体系。

2 岩土对水利工程地质勘察的影响

水文地质条件是地质勘察中与岩土体性质紧密交织、最富动态性的核心要素。地下水与岩土体相互作用，形成复杂的耦合系统。工程活动，特别是水利工程建设，会剧烈改变场地原有的水文地质条件（如筑坝雍水、基坑降水、渠道输水），而地下水位的升降变化又会反作用于岩土体，改变其物理力学性质，引发一系列工程地质问题，给勘察、设计和施工带来严峻挑战。

2.1 水位上升的潜藏危机

水库蓄水、渠道通水或灌溉渗漏均可能导致工程区及其周边地下水位上升。这一过程对地质勘察的影响深远且复杂。首先，水位上升会浸泡、软化原本处于干燥或天然含水状态的岩土体，尤其是含有蒙脱石等亲水矿物的粘土岩、页岩及泥化夹层，其抗剪强度会显著降低，可能引发坝基、坝肩、库岸斜坡的失稳。勘察时若未充分考虑未来水位抬升后岩土体的强度劣化，将导致稳定性评价过于乐观。其次，水位上升改变了地下水动力条件，可能加剧渗流作用。对于含可溶岩的地区，渗流加速会促进岩溶发育，形成新的渗漏通道或溶洞，威胁库盆防渗及坝基安全。对于松散层，潜蚀作用可能带走细颗粒，导致地基土体结构破坏，产生不均匀沉降。此外，水位上升还可能浸没建筑物基础、引发黄土等地基的湿陷、使膨胀土产生膨胀变形^[2]。因此，勘察工作必须预测工程运行期的最高地下水位，并在此条件下评价岩土体的长期强度和稳定性。

2.2 水位下降的连锁反应

施工期的基坑排水、隧洞开挖疏干，以及水库运行期的定期泄降或渠道停水，都会导致局部或区域地下水位下降。水位下降最直接的影响是破坏了土体（特别是细粒土）中孔隙水压力与有效应力的平衡，导致有效应力增加，可能引起地基的附加沉降，对水闸、泵站等对沉降敏感的结构构成威胁。在软土地区，快速降水引发的固结沉降尤为显著。其次，对于依赖地下水赋存的构造面充填物或软弱夹层，水位下降引起的失水可能导致其干缩、开裂，从而降低其抗剪强度，影响边坡或洞室围岩的稳定性。更严重的是，在地下水位大幅下降的区域，可能引发地面沉降、地裂缝等环境地质问题，其影响范围远超工程本身，勘察中需评估其环境效应。此外，水位反复升降的效应在水位下降阶段同样存在，只是作用方向相反。

2.3 地下水频繁升降的累积危害

在一些水利工程中，如周期调节水库、日调节抽水蓄能电站上水库、受潮汐影响的河口闸坝等，地下水位会随着工程运行而频繁、周期性升降。这种动态变化对岩土体的危害具有累积性和渐进性，往往比一次性升降更为严重。频繁的干湿循环会加速岩土体（尤其是风化岩、粘土岩、膨胀土等）的物理风化与化学风化过程，导致岩土体结构逐渐松弛、强度持续衰减。对于膨胀土，反复胀缩会产生显著的膨胀力，并导致土体裂隙化，长期作用下可能造成衬砌结构破坏、渠道边坡失稳^[3]。对于黄土，湿陷过程可能在多次浸水下分阶段完成。地下水位的波动还会加剧渗透变形（管涌、流土）的风险，因为水流方向反复改变，对土颗粒产生交变作用力，更容易破坏其骨架结构。勘察中对于此类工程，必须将地下水动态作为核心评价因素，通过长期观测、模拟试验，研究岩土体在水位循环变动条件下的长期性能劣化规律，为耐久性设计提供依据。

3 水利工程中地质勘察与岩土治理问题

地质勘察的终极目标不仅在于认识问题，更在于为解决问题——即岩土工程治理——提供科学依据。然而，当前勘察与治理设计之间常存在“脱节”现象：勘察报告罗列了大量数据和现象，但对关键工程地质问题的提炼不够精准，对治理措施的建议缺乏针对性和可操作性。因此，必须强化勘察的评价与导向功能，使其与治理环节紧密衔接。

3.1 完善工程地质勘察中水文地质问题的评价体系

传统勘察报告中对水文地质的评价往往局限于测定地下水位、含水层厚度、渗透系数等静态参数,评价内容较为单一。未来必须明确并深化以下几方面评价内容:其一,评价地下水与岩土体的相互作用机制。不仅给出参数,更要分析地下水对岩土体强度、变形参数的影响函数关系,评价浸水软化、潜蚀、胀缩等作用的可能性和程度。其二,预测工程活动引起的水文地质条件变化。建立水文地质模型,预测施工期(如基坑降水影响半径)和运行期(水库渗漏场、浸润线)的地下水流场变化,评估其对工程及周边环境的影响。其三,定量评价渗透稳定性。针对不同工程部位(坝基、绕坝、渠道)的土体,分析其渗透变形类型(流土、管涌)和临界水力比降,并结合实际可能的水力梯度,给出是否会发生渗透破坏的判断及需要采取的反滤、排水等防护措施等级。其四,评估地下水的水质腐蚀性。分析地下水对混凝土结构、钢结构的腐蚀性,为耐久性设计和材料选择提供依据。只有形成这样一套系统、动态、量化的水文地质问题评价体系,勘察成果才能真正指导治理设计^[4]。

3.2 明确岩土治理设计的首要控制因素

基于详细的勘察与评价,岩土治理设计必须抓住主要矛盾。不同工程部位、不同地质条件下,治理的首要因素各异。例如,对于高陡岩石边坡,治理的核心往往是控制不利结构面组合形成的潜在滑移体,治理措施(锚固、削坡、排水)应围绕提高结构面抗剪强度和降低滑动力来设计;对于深厚软土地基,首要因素是控制沉降(特别是差异沉降)和保证稳定性,治理可能采用桩基、排水固结、置换等方法;对于岩溶地区水库防渗,首要因素是查明渗漏通道并有效封堵,可能需要帷幕灌浆、铺设防渗膜等。勘察报告应基于对工程地质条件的深刻理解,明确指出各关键工程部位岩土治理需解决的核心问题(是强度不足、变形过大,还是渗透破坏?),并对其严重性进行分级,从而为治理方案的比选和优化提供清晰导向。

3.3 深化对岩土水理性的认识与应用

岩土的水理性是指岩土体与水分之间的相互作用所表现出的性质,包括渗透性、持水性、给水性、软化

性、崩解性、膨胀性、收缩性等。它是连接水文地质条件与岩土力学性质的关键桥梁,也是指导岩土治理(特别是防渗、排水、加固)的直接理论依据。勘察中必须加强对岩土水理性的研究^[5]。例如,对于心墙坝的防渗土料,需要重点研究其渗透系数与压实度、含水率的关系,以及在高水力梯度下的抗渗透变形能力;对于膨胀土边坡,需要研究其膨胀力与含水率变化的关系,为设计支挡结构和排水系统提供参数;对于采用注浆法治理的破碎岩体,需要研究浆液在特定裂隙网络中的流动与凝固规律(即浆液的水理性与岩体透水性的匹配关系)。将岩土水理性的研究成果直接应用于治理方案的设计中,能使治理措施更加“对症下药”,提高其有效性和经济性。

4 结语

水利工程中的岩土地质勘察是一项集科学性、实践性与预见性于一体的复杂系统工程。面对日益复杂的工程挑战,我们必须正视当前勘察工作中存在的对岩土本质认识不深、对水文地质动态影响评价不足、与岩土治理需求衔接不紧等突出问题。

解决这些问题,根本在于推动勘察工作从“现象描述型”向“机理分析型”、从“静态参数提供型”向“动态过程预测型”、从“孤立作业型”向“协同设计型”的深刻转变。这要求勘察工作者不仅具备扎实的地质学、土力学、岩石力学基础,还需掌握现代勘察技术、数值模拟手段,并深刻理解水利工程的设计与施工需求。

参考文献

- [1]冯祯辉,曹风旭,郭万鹏.水利工程中的岩土地质勘察存在的问题[J].中国高新科技,2022,(11):147-148.
- [2]王鲁昌.水利工程中的岩土地质勘察存在的问题探索[J].珠江水运,2021,(19):86-87.
- [3]高鸿.水利工程中的岩土地质勘察存在的问题探索[J].珠江水运,2020,(19):39-40.
- [4]苏承建.水利工程中的岩土地质勘察探索[J].华北自然资源,2020,(05):25-26.
- [5]张博容.水利工程中的岩土地质勘察探索[J].科技风,2020,(06):180.