

水文工程地质与环境地质的地质构造探讨

李真黔

四川省第九地质大队

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8417

[摘要] 本文以某高校拟建工程为研究对象,该项目建设用地为 79102.32 平方米,含最大高度 22.80m 的环境土质边坡与 1.35–6.45m 的混合基坑边坡。勘察表明,场地为剥蚀丘陵地貌,底层涵盖第四系人工填土、残坡积粉质黏土、侏罗系沙溪庙组砂泥岩互层,地下水为松散层孔隙水、基岩裂隙水。结合项目实际状况,分析人工填土边坡渗透失稳、粉质粘土遇水软化、岩质边坡层间滑动等水文工程地质问题,以及填方边坡裂缝、地貌生态保护等环境地质问题,针对性提出应对策略,旨在为同类剥蚀丘陵地区项目地址构造利用与安全建设提供参考。

[关键词] 水文工程地质;环境地质;粉质粘土;孔隙水;地貌生态

Exploration of Geological Structures in Hydrogeological Engineering Geology and Environmental Geology

Li Zhenxia

Sichuan Provincial Ninth Geological Brigade

[Abstract] This article takes the proposed project of a certain university as the research object. The construction land of the project is 79102.32 square meters, including an environmental soil slope with a maximum height of 22.80 meters and a mixed foundation pit slope of 1.35–6.45 meters. The survey shows that the site is a eroded hilly terrain, with the bottom layer consisting of Quaternary artificial fill, residual slope silty clay, Jurassic Shaximiao Formation sandstone mudstone interbedded, and groundwater consisting of loose layer pore water and bedrock fissure water. Based on the actual situation of the project, analyze the hydrogeological problems such as seepage instability of artificial fill slopes, softening of silty clay in contact with water, interlayer sliding of rock slopes, as well as environmental geological problems such as cracks in fill slopes and ecological protection of landforms. Targeted response strategies are proposed to provide reference for the utilization and safe construction of similar eroded hilly project sites.

[Key words] hydrological engineering geology; Environmental geology; Powdery clay; Pore water; Geomorphic ecology

引言

在城市化进程持续发展下,新建工程规模不断扩大,而项目工程与地质环境的适配性决定了项目安全底线、可持续性。剥蚀丘陵地貌作为常见的地貌类型,具有地层结构复杂、地下水系多变、生态环境敏感等特点,给项目勘察、设计、施工带来诸多挑战^[1]。某高校拟建工程地处典型的剥蚀丘陵区,同时面临高边坡、混合基坑等建设难点,还要应对周边既有设施带来的环境约束,其地质构造特征具有代表性和研究价值。这就需要全程围绕工程实际场景,深度剖析水文工程地质与环境地质对项目建设的影

响,并提出解决方案。

一、工程背景与地质构造概况

某高校拟建工程用地面积为 79102.32 平方米,建筑最高高度为 21.60m,主要施工风险集中于边坡与基坑。开挖形成的环境土质边坡最大达到 22.80m,地下车库基坑边坡高度为 1.35–6.45m,包含岩质、土质、岩土混合 3 种类型,边坡工程安全等级为一至三级,对地质构造稳定性要求极高。如图 1 所示,宏观地貌上拟建场地为剥蚀丘陵地貌,微地貌以斜坡、陡坎为主,整体为北东高、南西低,相对高差为 42.78m。场地内部分区域已完成平场作业,剩余耕地地形坡角 7–20°,地形地

貌中等复杂。该地貌特点主要为长期地质作用的结果，斜坡区域容易产生岩土体滑移风险，陡坎部位应力集中易崩塌，平场

与耕地地形差异会导致不同区域的地质构造一致性较差，增加了勘察与设计难度。

工程地貌16:9标例

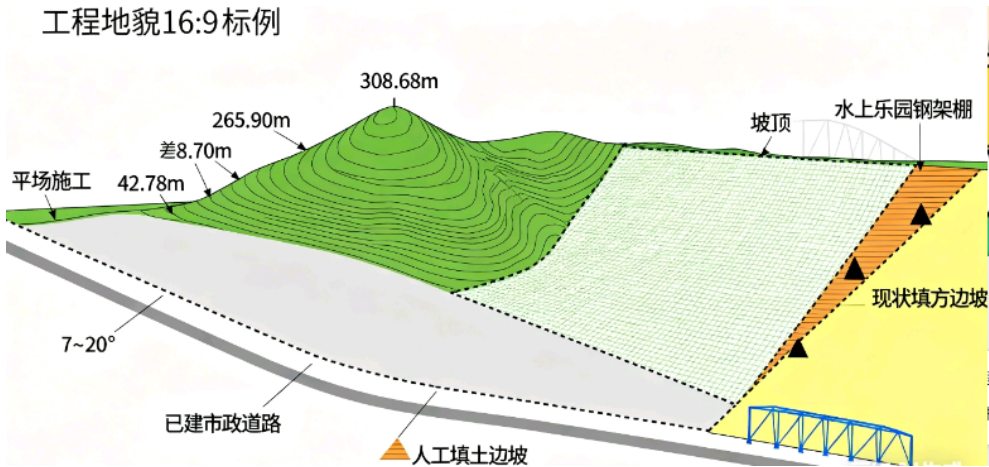


图 1 现场地貌示意图

地层分布与地下水系统作为地质构造的核心，通过地面调查与钻探揭露，勘查区内地层与地下水特征如表 1 所示。

表 1 勘查区内地层与地下水特征

类别	具体类型	主要特征
地层结构	第四系人工填土（Q4ml）	源于市政道路回填，成分含碎石、黏性土，颗粒级配不均，压实度差异大
	残坡积层粉质粘土（Q4e1+d1）	基岩风化后堆积形成，上部松散、下部密实，黏粒含量高，遇水易软化
	侏罗系中统沙溪庙组基岩 砂岩	砂岩（J2s-Ss）：质地坚硬，抗压强度高，含构造与风化裂隙 泥岩（J2s-Ms）：呈软塑～可塑状，抗风化能力弱，基本不含水
地下水系统	第四系松散层孔隙水	储存于人工填土与粉质粘土孔隙，受大气降水补给，水位季节变化明显，渗透系数小
	基岩裂隙水	赋存于砂岩裂隙中，在砂泥岩接触面易富集，分布与裂隙发育程度正相关

另外，场地周围环境对地质构造利用也存在一定影响。东侧为已采用的“分阶放坡+格构护坡”的人工填土边坡，南侧填方边坡顶部有张拉裂缝，坡顶有钢架棚，需保障既有设施的稳定性和安全性，避免因地质构造问题引发次生风险。

三、水文工程地质问题与工程风险关联分析

1. 人工填土边坡渗透变形与失稳风险

场地东侧边坡为人工填土边坡，虽然采用了“分阶放坡+格构护坡”措施，但人工填土地质构造依然存在隐患。人工填土由碎石、黏性土组成，颗粒分布不均、压实度差异大，存在不规则孔隙通道，孔隙水渗透路径十分复杂。在持续降雨天气下，孔隙水无法快速排出，增加填土自重，并且软化填土中的黏性土颗粒影响土地的抗剪强度；如若水位差达到一定程度，填土内细颗粒可能随着渗流出现管涌情况，边坡内产生空洞，破坏土体结构的连续性^[2]。另外，东侧边坡与拟建工程场地相邻，一旦填土边坡产生渗漏变形，除了会造成护坡结构失效，也会导致场地边界沉降，影响周围既有设施安全。

2. 残坡积粉质粘土的遇水软化与基坑开挖风险

地下车库基坑边坡土质段主要为残坡积粉质黏土构成，此类水文工程地质特性直接威胁基坑开挖安全性。由于残坡积粉质黏土长期受到风化作用影响，颗粒间以黏结力为主，含水率对抗剪强度影响非常大。遇水后颗粒吸水膨胀，颗粒黏结力快速下降，呈现软化特性。地下车库基坑边坡高度为 1.35~6.45m，基坑开挖深度大，需穿越残坡积层至基岩顶面。开挖期间，如若为做好降水、坡面防护工作，基坑侧壁粉质土长期暴露吸收

空气中水分，或孔隙水渗透影响，产生流塑情况，造成边坡塌方；粉质黏土由于具有高黏结性容易在开挖时导致土壤结块，影响开挖速率，采用机械设备大面积开挖还会破坏土体原有结构，进一步影响边坡稳定性^[3]。

3. 岩质边坡的层间滑动与风化剥落风险

岩质边坡分布于车库基坑局部、环境边坡下部，由砂岩和泥岩互层构成，硬岩与软岩层状地质构造，容易造成岩质边坡失稳。砂岩、泥岩接触面由于岩性差异，是天然的软弱结构面，抗剪度较低，再加上长期受地下渗透影响，削弱了接触面的黏结力，容易发生层间滑动。另外，泥岩抗风化性能弱，露天环境下受到温度变化、雨水冲刷影响，表层快速风化、剥落产生风化壳，增加了岩质边坡的有效坡高，降低边坡顶部支撑力，如不采取有效措施，剥落泥岩碎屑会堆积在边坡底部，雨水形成泥流。

4. 地下水富集区的基坑降水难题

勘查区的地下水分布不均，增加基坑降水难度。砂岩、泥岩接触面，因泥岩具有隔水作用，容易富集基岩裂隙水，导致该部位水位较高。而地下车库基坑开挖需穿越残坡积层进入基岩，一旦遇到富集区，传统井点降水法难以降低水位。另外，孔隙水与基岩裂隙水间有水力联系，如若在基坑内降水，会造成周边场地地下水向坑内流动，造成地面沉降，对周边既有边坡稳定性造成影响^[4]。

四、地质构造保护与工程设计的协调优化

针对上述水文工程地质与环境地质问题，需结合场地地质

构造特性，针对性制定协调策略。

1. 边坡治理方面

如图2所示，边坡治理主要采用边坡支护、基坑降水方法。东侧人工填土边坡在原有的“分阶放坡+格构护坡”基础上，增设排水盲沟，导出边坡内部的孔隙水，降低渗透压力；边坡顶部处增设截水沟，以防雨水进入到填土内部。南东侧填方边

坡，对拉张裂缝灌浆处理，填充裂缝内的空隙，强化土壤结构整体性，并在边坡表面上铺设土工格栅，强化抗剪强度，安装位移传感器实时监测边坡变形趋势。针对岩质边坡，采用“锚杆+喷射混凝土”支护措施，锚杆需插入至砂岩稳定层，固定边坡岩体与基岩，喷射混凝土预防泥岩风化剥落，在岩层面增设排水孔，将接触面的富集地下水排除。

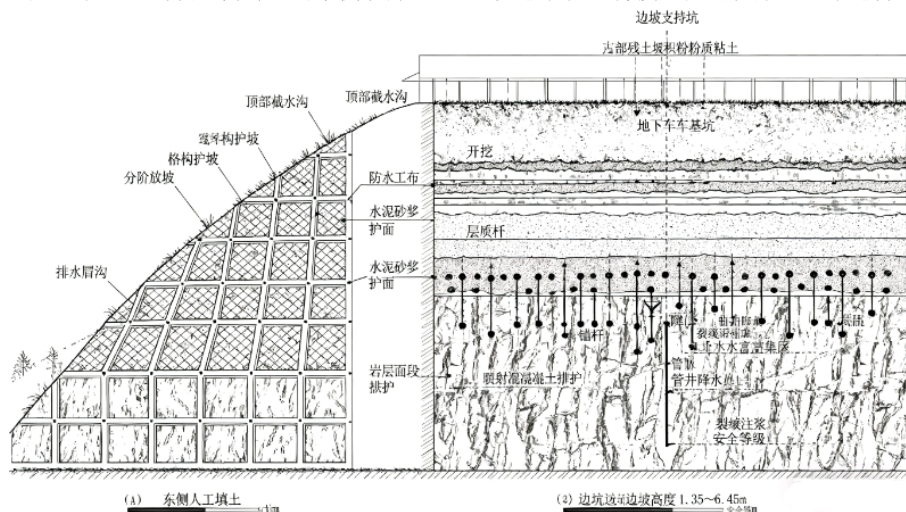


图2 边坡支护与降水示意图

2. 基坑工程

针对残坡积粉质黏土遇水软化情况，通过分层开挖、及时支护方法应对。将每层开挖深度严控在1.5m以内，开挖后立即铺设防水土工布、喷射水泥砂浆护面，提高土体的防水性；针对地下水富集区采用“管井降水+裂隙注浆方法”，使用管井抽出部分地下水，对砂岩裂隙注浆封堵，减少涌水量，且要严控降水速度，以免造成地面沉降问题^[5]。

3. 环境协调

严控项目开挖范围，避免破坏耕地、原有植被，集中堆放施工废弃土，规划后期用于场地绿化回填。钢架棚周边增设振动监测点，施工中避免重型设备在其周边作业，如若需采用爆破工艺，则选用微差爆破技术，避免振动强度更大。同时建立地下水监测网络，定期对场地及周边地下水展开监测，一旦发现水位异常下降，及时优化调节降水方案，保障生态用水需求。

五、工程实践启示与地质构造利用建议

通过对本项目水文工程地质与环境地质构造分析，为同类项目提供三点启示：

- (1) 地质构造决定项目方案，开展详细的勘察工作确定地层分布、地下水系统、软弱结构面位置，避免“经验主义”。
- (2) 地下水是主要风险源，应重点关注此类地形地貌孔隙水、裂隙水的相互作用，针对性制定降水与排水措施。
- (3) 环境地质问题需前置评估，在项目设计阶段应重点考虑施工对周边既有设施、生态地貌的影响，提前制定防护措施，以免后期整改。

从地质构造利用角度，可进一步优化工程方案：借助砂岩高抗压强度特性，将地下车库部分墙体直接采用岩壁支护方案，降低混凝土用量和成本；利用残坡积粉质粘土的黏结性特点，对其进一步改良用于场地绿化领域，提高废弃资源利用率^[6]。长期来看，应建立地质构造动态监测数据库，长期监测边

坡、基坑、地下水位的发展状况，为项目后期运维提供信息支持，保障项目工程长期稳定运行。

结束语

综上所述，某高校拟建工程项目充分印证了“地质先行”理念在工程建设中的核心价值。通过现场勘察揭示建设场地的地形地貌以及地下水系统，找出边坡失稳、基坑降水、环境协调等问题与注意事项，以精准掌握地质构造特征为前提，针对性解决既有问题。本文提出的“分区治理”策略，针对不同地质条件下工程风险实施差异化策略，有效解决了人工填土边坡渗透变形、岩质边坡层间滑动等技术性难题，同时兼顾填方边坡安全、区域生态保护，实现了工程安全、环境效益的双重平衡。

【参考文献】

- [1]邱凯,陈新卫.江西茅坪钨矿水文地质、工程地质及环境地质特征研究[J].科学技术创新,2024,(15):5-8.
- [2]唐夺,高成林,朱筱宇.矿山地质灾害和工程地质水文地质环境问题的预防策略探析[J].中国矿业,2024,33(S1):120-123.
- [3]龚良成.污染场地环境岩土工程地质勘察中水文地质条件评估方法研究[J].环境科学与管理,2024,49(05):186-190.
- [4]张文.水文地质工程地质环境地质的科技发展浅析[J].世界有色金属,2023,(08):193-195.
- [5]王亮亮.矿区水文地质工程地质环境地质工作内容及技术要求分析[J].中国金属通报,2023,(02):147-149.
- [6]杨乐霖.水文工程地质与环境地质的地质构造研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(03):107-109.