

# 冲湖积相软土地基地铁车辆段岩土工程勘察研究

苏科宇

中铁四院集团西南勘察设计有限公司 云南 昆明 650214

**【摘要】**：湖积盆地沉积相中地层空间展布不均、软土分布广泛、粉土、碎石土透镜体无规律沉积等特征明显，该类场地中进行勘察工作对现场技术人员经验及技术水平要求较高。地铁车辆段同步进行上盖物业开发近年来成为主流建设方案，在该类场地中进行工程建设对于勘察成果质量要求较高。本文通过对上述工况下工程实例的研究，提出了在该类场地中开展勘察工作的重难点及勘察方案改进建议，对类似勘察施工项目具有一定参考价值。

**【关键词】**：软土地基；地铁车辆段；岩土工程勘察

## 引言

发育于湖积盆地的冲湖积相地貌单元，土层构成以软黏土、有机质土、粉土、粉砂等为主，盆地边缘自下而上沉积物粒度逐渐变粗，顶部多含泥炭质土层，沉积相中土层厚度变化较大且不规律互层现象严重。软土地基场地内建设活动的开展面临稳定及沉降控制等诸多问题，岩土工程勘察工作重点在于查明软土层水平展布范围及层位分布，提供可靠的物理力学参数建议值，为设计方案及施工措施提供合理建议。

## 1 工程特点

### 1.1 工程概况

昆明轨道交通5号线渔村停车场工程位于昆明市官渡区环湖东路与海东路交叉口东北侧渔村地块，线路出宝丰村站后继续沿环湖东路敷设，上跨广普大沟后进入渔村停车场。出入场线以明挖敞开U型槽段由暗埋段过渡出地面，随后以框架结构上跨既有河沟（广普大沟），停车场咽喉区采用碎石道床，轨道路基为整体道床结构，检修地沟和整体道床基础设计为梁板结构，基础类型为桩基础，桩长40m~45m，桩型为摩擦桩。

### 1.2 场地工程地质、水文地质条件

#### (1) 工程地质条件

场地位于滇池流域冲湖积相地貌单元中，场地较为平坦开阔，出入场线及咽喉区以既有农田为主，库区局部地带分布有人工水塘，勘察施工进场前对场地进行了整平填筑。地基土以人工填土及冲湖积相泥炭质土、黏土、粉质黏土、粉土、粉砂及圆砾土等交错层理分布，层厚及埋深变化较大。

拟建工程场地为复杂场地。工程影响深度范围内岩土层数多，表层多为杂填土，下部为第四系全新统冲湖积相泥炭质土、黏土、粉土、砂土等，厚度大于50m，地层埋深及厚

度变化较大，钻探深度内未揭示基岩。场地内地下水位较高，地下水类型主要为上层滞水、孔隙潜水和微承压水，特殊岩土为杂填土和软土、泥炭质土，场地范围内无滑坡、崩塌、塌陷等不良地质作用。地下水主要含水层为圆砾土、粉砂及粉土，具弱承压性。场地土类型为中软场地土，场地类别为III类，属对建筑抗震不利地段，场地工程地质条件较差。

#### (2) 水文地质条件

场地地处湖沼相沉积区，地形平坦开阔，场地内地表水以滇池、既有河沟、人工水塘为主，与地下水水力联系紧密。

场区范围内地下水较发育，按区域水文地质条件、含水层空间分布及透水性分析，场地地下水为松散层中孔隙型承压水，含水层状态为层状，接受周围居民和上游城市生活用水排放补给，以降雨下渗补给为主，含水层主要为中下部的粉土层、圆砾层及粉砂层，其余黏性土层、泥炭质土层为微透水层和不透水层。

## 2 勘察的难点

场区工程地质条件差且工点类型较多，地基土厚度变化较大且分布不均，水文地质条件差，工程类型涵盖明挖隧道工程、基坑工程、桩基工程等。勘察难点包括：

### 2.1 填土勘察

本段工程在整个场区范围内均分布有人工填土。主要由粘性土、碎石和建筑垃圾等组成。该层土均匀性差，厚度变化大，具强度较低、压缩性高、受压易变形的特点，明挖施工时要注意填土层的影响。

填土勘察应查明：地形、填土来源和物质成分、堆填方式、堆填时间；不同物质成分填土的分布、厚度、埋深、均匀性；填土的含水量、密度、颗粒级配、有机质含量、密实度、腐蚀性、压缩性等。

## 2.2 软土勘察

本工程场区局部地段分布泥炭质土，因其特有的岩土工程特性，工程性质差，对工程的建设有一定的影响。详细勘察阶段，泥炭质土和有机质土勘察应查明：

- (1) 泥炭质土、有机质土的成因类型、成层条件、分布规律、层理特征、水平向和垂直向的均匀性；
- (2) 地表硬壳层的分布与厚度、下伏硬土层的埋深和起伏；
- (3) 固结历史、应力水平和结构破坏对强度和变形的影响；
- (4) 开挖、回填、支护、工程降水、打桩等对软土应力状态、强度和压缩性的影响。

## 2.3 液化土勘察

本场区内分布有砂土层，场区范围内局部地段可能存在地震液化。

措施建议：详细勘察阶段应加强场地地震液化判别，进一步分析场地地形地貌、地层、地下水等与液化有关的场地条件，液化层有临空面时应评价液化引起的土体滑移可能。重点查明砂土液化范围，上下地层的含水及隔水性质，查明粉细砂层的埋深和层厚情况，依据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010），并结合原位试验和土工数据，进一步准确判断液化土及其等级。

## 2.4 承压水勘察

第四系冲湖积层局部地段含圆砾层、砂层，为主要地下含水层，上下有相对隔水层，赋存具有承压性孔隙水。此含水层与附近的河水为互补，水位动态具季节变化承压水头较高，水量较丰富。在基坑开挖中有可能产生承压水冲溃基坑现象，以及降水不当引起地面下沉、影响既有建筑物安全等。

措施建议：勘察时遇地下水应量测水位，分析初见水位、稳定水位与地下承压水层的关系。当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应分层量测。根据实况布设一定数量的水文地质试验孔，确定承压水头、渗透系数等相应参数。在有水头压差的粉细砂、粉土地层中，应分析产生潜蚀、流土、管涌的可能性。

## 2.5 基坑勘察

针对基坑工程设计的要求，综合考虑建筑类型、基础形式和施工方法、工序等进行勘察。详细应符合下列要求：

- (1) 勘察应针对以下内容进行，提供有关计算参数和

建议：

- ①边坡和坑底抗隆起稳定性；
- ②坑底和侧壁的渗流稳定性；
- ③挡土结构和边坡可能发生的变形；
- ④降水效果和降水对环境的影响；
- ⑤开挖和降水对邻近建筑物和地下设施的影响。

(2) 在受基坑开挖影响和设置支护结构的范围内，应查明岩土分布，分层提供支护设计所需的抗剪强度指标；

(3) 当基坑开挖可能产生流砂、流土、管涌等渗透性破坏是，应通过渗流实验针对性勘察。

(4) 查明邻近建筑和地下设施的现状、结构特点以及对开挖变形的承受能力；

(5) 特殊性岩土的勘察应符合《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009年版）第六章的规定，评价特殊性岩土对基坑的影响。

(6) 根据基坑开挖深度、岩土和地下水条件以及环境要求，对基坑边坡的处理方式提出建议。

## 3 勘察方案存在的问题

### 3.1 勘察技术手段及勘探点布置方案

原勘察方案采用机动钻探、原位测试、工程物探及室内土工试验等技术方法，按涉及工点类型，参考相关行业规范，按不同场区、不同建筑类型分类布置勘探点，以桩基工程为主，主要呈网格法布设勘探点，按预估桩长控制勘探点深度。

#### (1) 盖板区外出入场线

根据《城市轨道交通岩土工程勘察规范》（GB 50307-2012）7.3.3条，本工程按复杂场地考虑，基坑范围内勘探点间距宜为10m~30m。根据《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）4.9.2：土质地基勘探点间距，对于摩擦桩宜为20m~35m。综合确定本次勘察工作中勘探点平面布置间距为10m~30m。

#### (2) 盖板区外独栋建筑

根据以上相关规范，本次勘察采用方格网布设勘探点，同时结合桩位平面布置，勘探线间距按25m~30m控制，每栋建筑单体勘探点间距20m控制。

#### (3) 盖板区内停车场及其附属设施、盖板上高层建筑

根据以上相关规范，勘探点间距采用网格法，结合桩位按25m×25m间距控制。

原位测试孔：波速测试每个场区不少于2个；电阻率测试孔不少于2个，静力触探孔按地质单元穿插布置。

### 3.2 勘察方案存在的问题

#### (1) 勘探点布设不灵活

场地第四系覆盖层厚度大于100m，以第四系覆盖层为主，地层厚度变化较大，设计钻孔深度较大，空间分布按桩基工程，勘探点分布较密集。

#### (2) 勘探技术手段单一

本场地勘察深度范围内均为覆盖层，地层厚度变化大，土层分布不均匀。覆盖层较厚的冲积、湖沼相沉积区域，地层变化规律性较差，薄层、透镜体分布较多，机动钻探对现场人员的经验要求较高，且仅依靠该种技术手段难以准确探明软土影响范围。

#### (3) 土工试验分析项目侧重点不够

场地孔隙水位埋深浅，沉积物压实和脱水程度低，导致黏土、粉质黏土层普遍具有含水量大、饱和度高的特点，易引发地基失稳、地面沉降等工程地质问题。本勘察方案中，土工试验分析项目以土常规物理测试、快剪试验、固结试验等为主。地基土压缩计算深度较大，常规固结试验所得压缩模量不能满足摩擦桩计算要求；库区内轨道路基结构采用整体道床结构，对沉降要求较高，拟采用堆载预压法进行地基处理，快剪试验所得参数不能满足计算要求。

## 4 勘察方案改进建议

### 4.1 按工点类型核减工作量

根据设计单位提供预估桩长核减钻孔深度，同时按工点类型及工程重要性等级适当加宽勘探点点距。由于场地受限，勘察工作分区实施，可参考中间成果资料实时调控勘探点布置方案。

### 4.2 静力触探成果应用

静力触探具有高效、快速、准确的优势，广泛用于软土地区勘察工作中。通过探头的压力传感，传递探头端阻及侧阻，据此量化分层，相比于机动钻探分层更准确。本次勘察工作中，在水塘广泛分布的库区穿插布置静力触探孔，以此代替部分钻孔。根据静力触探准确的分层结果校准周边钻探分层结果的同时，还可依据锥尖阻力换算各土层压缩模量，结合土工试验结果提供可靠的压缩模量建议值。

### 4.3 按地基处理措施需要调整试验项目

明挖敞开段围护结构设计桩长约40~45m，咽喉区及库区桩基工程预计摩擦桩长40~45m，沉降验算及承载力验算

均需用到600~800kPa压力段压缩模量及压缩系数。固结试验需进行高压固结段测试方可满足设计要求。

库区场坪人工水塘分布较多，地表水、地下水均较发育，水塘区具高压缩性的软土层广泛分布，采用堆载预压法对软弱地基土进行处理时，需要提供地基土先期固结压力及固结不排水抗剪强度。

## 5 主要工点工程地质评价

### 5.1 明挖隧道工程

隧道埋深约在2.6~8.1m，边坡地层以软弱层为主，边坡围岩稳定性差，需进行边坡支护，建议采用圆弧滑动法和工程类比法对边坡稳定进行分析。基底地层以软塑粉质黏土、泥炭质土及稍密粉土为主、部分地段为圆砾土，软硬不均匀，因此，该场地可视为不均匀地基。为消除不均匀沉降的影响，建议开挖换填。

### 5.2 桩基工程

桩周土以杂填土、黏土、粉质黏土、粉土为主，淤泥质土、泥炭质土、粉砂、圆砾土等呈透镜体形式分布。除盖板外附属建筑区轨道公安及综合楼外，盖板区内建筑均为高层建筑，由于建筑物荷载较大，场区上覆土层垂直方向顶埋深及厚度均有一定的变化，建议轨道公安、综合楼用房桩端持力层为中密粉土、可塑黏土，高层建筑建议采用桩基础，以可塑黏土、中密粉土、中密粉砂作为基础持力层。钻孔灌注桩施工时无振动、无噪音等环境公害，无挤土现象，对周围环境影响小，其技术、质量和造价可控。综合考虑建议采用钻孔灌注桩，考虑到场地地下水较发育，建议采用泥浆护壁（钻）冲孔灌注桩。

### 5.3 基坑工程

本工程基坑净尺寸16.5m\*8.75m，深度4.5m，场地条件良好，周边建（构）筑物较少，地质条件较为复杂，采用明挖基坑结构顺做法施工，基坑侧壁安全等级为一级。基坑底部为黏土层，尚未揭露承压含水层，只存在外围地表汇水，但须采取注浆封堵、高压旋喷等工程措施进行封堵，防止基坑底部突涌，造成安全事故；基坑结构侧壁范围内分布有较厚层（约3m）的软塑状粉质黏土透镜体，须采取工程措施加固防止基础不均匀沉降。

## 6 结论

(1) 湖积相盆地中开展勘察工作的重点是探明地基土类型及相关物理力学参数，地铁车辆段工程工点类型较多，工程安全性要求较高，查明特殊性岩土体的空间分布及其对工程建设的影响程度较为关键。

(2) 勘察方案应具备针对性, 结合工程类型分析侧重点, 以选择合理的技术手段, 在有限的勘探工作量中尽可能发挥每个勘探点的作用方能快速、经济地完成满足质量要求的勘探工作。

(3) 软土地基勘察工作中静力触探技术实用性较强, 配合机动钻探可提升勘察质量, 提高勘察效率, 合理布置静力触探勘探点有助于精准分析地基土空间分布。

### 参考文献:

- [1] 杨向锋.软土地基勘察技术要点探讨[J].煤炭工程,2001(11):3.
- [2] 杨学良,邹泽雄.高速公路软土路基勘察设计的几点思考[J].公路交通科技:应用技术版,2016(9):2.
- [3] 张文华,张镇.浅议深圳地区软土工程性质及其勘察要点[J].水文地质工程地质,1993,20(3):2.
- [4] 刘肖清,陆文儿.岩土工程勘察中水文地质勘查的地位及内容研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021.
- [5] 边渭华.基于典型软土地区岩土工程勘察分析[J].地球,2014,000(003):151-151,145.