

轨道交通超大基坑区域抗浮水位动态分析

刘熙

(中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031)

摘要:抗浮设防水位的高低,影响地铁的结构设计、工程造价和运营安全,若抗浮水位较低,结构设计简单,可节约资金,但安全度降低,若抗浮水位较高,安全度增加,则结构设计复杂,造价急剧上升。为获取地下水水位及其变化参数,科学合理、安全经济的进行地铁结构设计,开展抗浮设防水位专题研究是十分必要的。基于此,结合实际案例对轨道交通超大基坑区域抗浮水位进行动态分析。希望能为相关工作人员提供一定的参考。

关键词:轨道交通;超大基坑;抗浮水位

中图分类号:U231.3

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)43-0088-03

0 引言

岩土项目勘测报告中,通常仅根据经验给出勘测过程中地下水与地下水位变动区间,没有现场实测数据,导致提供的抗浮水位不准确。本文通过大量现场实测数据以及对地形地貌的研究,结合数值模拟技术,深入探究地下水问题,结合项目实际情况科学设定抗浮水位。

1 工程案例及相关概况

1.1 工程概况

深圳市城市轨道交通某线车辆段位于光明区塘尾街道片区,茅洲河西侧,马角岭路南侧区域内。地块南高北低,现状为工业厂房及农田绿地,场区最高点为中部小山包顶,最低点为北侧出入段线区,南北长1300m,东西宽430m,占地约38.5hm²。为实现区域路口平交、考虑生态的连续性,打通用地南侧生态廊道,以及规划部门初步设计审查意见“宜采取地下建设,地面覆绿方式”的要求,该车辆段拟采用下沉式方案,轨顶设计标高10.1m。

1.2 气象水文

1.2.1 气象

深圳市是典型的亚热带季风气候,光照充足,降雨较多。天气与降水量在不同季节,会出现显著差异。冬天无低温,夏季多降水,湿度大,存在冷暖与干湿季差别。体现出显著的干凉同期、雨热同季的特征。然而气温与降水量年度变动显著,灾害性天气发生概率高。

1.2.2 水文

该车辆段附近地表水主要为河流及水库水,河流主要为茅洲河及其支流鹅颈水、大鹵水。茅洲河呈树枝状发育,弯曲较多,加上流域内植被遭到毁坏,之前的草地被多种构筑物 and 马路取代,具有洪水水位快速上涨、快速下滑的特征。与轨道交通线路相交的水库有红坳水库、横坑水库、桂坑水库、牛牯头水库、鹅颈水库、碧眼水库。

1.3 地形地貌

深圳市从整体上呈现为东南高、西北低的地势特点,大多数是低山丘陵区,仅有很少的台地,西部是平原地貌。梧桐山为高度最高的山,海拔达到943.7m。车辆段所处场地主要为冲积平原区及低台地地貌,地形平坦,局部略有起伏,地面高程13.87~39.68m。场区最高点为中部小山丘顶,山顶最大高程39.68m,山丘面积约3.7万m²,最低点为北侧出入段线区。

1.4 地层岩性

本车辆段主要揭露地层为第四系全新统人工填土(Q₄^{ml}),其下为第四系冲洪积层(Q₄^{al+pl})的淤泥、淤泥质粉质黏土、泥炭质土、粉质黏土、粉细砂、中粗砂及砾砂层,基岩上部多为第四系残积层(Q^e)、坡积层(Q₄^{dl})所覆盖,下伏基岩为加里东期($\eta_1\gamma O_1$)片麻状黑云母花岗岩。

2 区域地下水水位动态分析

2.1 地下水动态影响因素

在与环境相互作用下,地下水含水层水量、盐量、热量、能量收支不平衡必然导致含水层各要素随时间的变化,即地下水动态的变化。综合分析影响地下水系统的动态因素,可以将其分为两大类,一类是自然因素,一类是人为因素。自然因素主要包括气象、水文、地应力以及赋存地下水的地质地形条件等;人为因素主要包括人工开采或补给地下水。

(1)补给因素。从地下水获取补给的角度,动态影响因素包括大气降水和侧向补给等。大气降水对地下水补给是显而易见的,尤其是对浅层地下水的补给。降雨量的多寡、降雨的方式、降雨的时长,此外地面植被生长状况、地面坡度大小等都会在一定程度上作用于地下水补给^[1]。

(2)排泄因素。从地下水排泄的角度,动态影响因素主要包括人工开采、蒸发等。深圳市地下水主要是作为战略储备水源,近年来,人工开采量非常有限。蒸发

是地下水排泄的主要方式，特别是对于水位埋藏较浅的渐层地下水地区。蒸发影响地下水不仅仅表现在蒸发强度的大小上，更重要的是与包气带的厚度、包气带的岩性有着更为紧密的关系，包气带厚度大、水位埋藏深的地区，地下水不易以蒸发的方式进行排泄，包气带方面的影响将在径流与储藏因素中加以阐述。

(3) 径流与储藏因素。从地下水径流的角度，动态影响因素包括含水层性质、包气带性质、地形地貌等，含水层性质包括含水层的岩性、渗透性、弱透水层的岩性、连续性等方面。含水层性质虽然不如大气降水、人工开采等因素对地下水产生的影响明显，但也是影响地下水动态的特征的一个重要方面。包气带是大气降水潜水蒸发的主要通道、因此包气带性质间接影响地下水动态特征，尽管包气带对地下水动态影响因素的影响是间接的，但其影响力度有时会远远大于某些直接因素。

(4) 局部动态影响因素。从对局部地下水动态产生影响的角度，局部动态影响因素包括河流、湖泊、水库等地表水体、沟渠等引水通道，另外还有地质构造发育情况、地震、海啸等，亦会对局部地下水动态产生很大影响。

2.2 区域地下水水位变化特征

场地附近设有目前有 3 口监测井，第一口监测井是 JC-047、第二口监测井是 JC-087、第三口监测井是 JC-086。

JC-047 地下水类别是第 4 系孔隙潜水，水位最高位置达到 7.22m，产生时间是 2020 年 9 月 24 日，水位最低位置是 5.10m，出现日期为 2020 年 5 月 6 日。依据地下水温度和空气温度对照图，地下水温度变化区间是 24.88~25.98℃，气温变动区间是 8.7~32.3℃，地下水温度变动不显著，证明地下水处于较深位置，受气温的干扰十分有限。

JC-047 监测井最近 5 年地下水位变化不大，5 年平均水位高程在 5.41~6.18m。丰水期平均水位高程在 5.47~6.41m，枯水期平均水位高程在 5.37~5.86m，其中 2019 年丰枯水期水位差值较大，为 0.55m，其他年份丰枯水期水位高程差值为 0.10~0.21m。水位高程主要波动范围为 5.0~7.0m。JC-047 地下水水位动态曲线如图 1 所示。

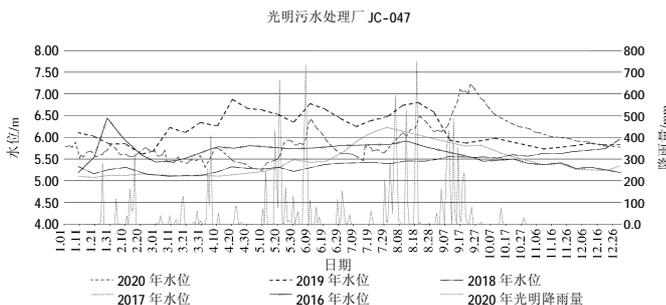


图 1 JC-047 地下水水位动态曲线

JC-086 地下水类别是第 4 系孔隙潜水，历史上水位达到最高位是 3.73m，产生时间是 2020 年 6 月 1 日，水位最低位置是 3.2m，出现日期为 2020 年 3 月 6 日。依据地下水温度和大气温度对照图可知，地下水温度通常在 24.5~29.8℃变化，气温通常在 8.7~32.1℃变化，地下水温度和大气温度变动形态相同，证明地下水深度不深，地下水温度在很大程度上受气温作用^[2]。

JC-086 监测井近 5 年地下水位变化不大，5 年平均水位高程在 3.09~3.39m。丰水期平均水位高程在 3.12~3.51m，枯水期平均水位高程在 3.12~3.30m，丰枯水期水位高程差值为 -0.12~0.20m。水位高程波动主要范围为 2.5~3.6m。JC-086 地下水水位动态曲线如图 2 所示。

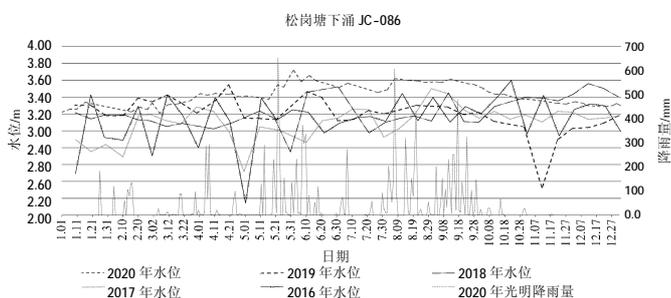


图 2 JC-086 地下水水位动态曲线

JC-087 地下水类别是第 4 系孔隙潜水，水位最高值是 7.19m，产生时间是 2020 年 9 月 16 日，水位最低值是 6.20m，出现日期为 2020 年 2 月 26 日。依据地下水温度和大气温度对照图可知，地下水温度通常在 21.90~27.20℃变化，气温通常在 9.1~32.1℃变化，地下水温度和大气温度变动形态相同，证明地下水深度不深，地下水温度在很大程度上受气温作用^[3]。

JC-087 监测井近 5 年地下水位变化不大，5 年平均水位高程在 6.57~6.95m。丰水期与枯水期水位分别在 6.55~7.07m、6.51~6.78m 波动，丰枯水期水位高程差值为 -0.04~0.31m。水位高程波动主要范围为 6.0~7.5m。JC-087 地下水水位动态曲线如图 3 所示。

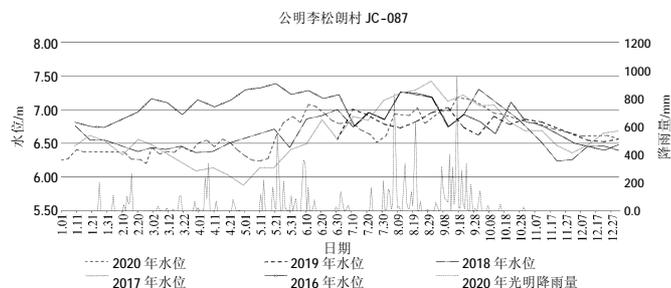


图 3 JC-087 地下水水位动态曲线

由上可知，深圳市茅洲河流域地下水类型是第 4 系孔隙潜水与基岩裂隙水，为此地下水深度有很大差别，山区地下水深度较深，大多依托空气降水补给，排泄一

一般是侧向径流与受热蒸发, 每年 6—9 月通常水位较高, 每年 2—5 月通常水位较低。第 4 系孔隙潜水地下水水位通常在 0.53~2.49m 变化, 地下水温度变动大多和空气温度变动相同; 深层基层裂隙水通常深度很深, 地下水水位根据降雨量的变化而变化, 温度变动不显著^[4]。茅洲河流域地下水系统近 6 年平均地下水水位变化不大, 未出现持续上升和下降的趋势, 监测点多年平均水位变化范围在 -0.32~0.86m。根据区域近 6 年来地下水水位观测资料, 12 月份地下水水位与多年最高水位之差为 0.16~1.43m。

通过对比车辆段和 3 个长期观测孔所属的地形地貌类型、地层岩性、地下水类型和补径排关系等, 发现车辆段与 3 个长期观测孔的地质条件等具有较好的相似性, 3 个长期观测孔地下水水位动态变化规律可以反映车辆段场地的地下水水位动态规律^[5]。

2.3 区域抗浮水位确定

通过运行模拟区地下水预测模型, 在百年一遇降雨条件下, 模拟区降水量在 7—8 月月降雨量达到历史最高值, 地下水水位普遍达到最高值, 地下水水位最高值时渗流场分布云图如图 4 所示。

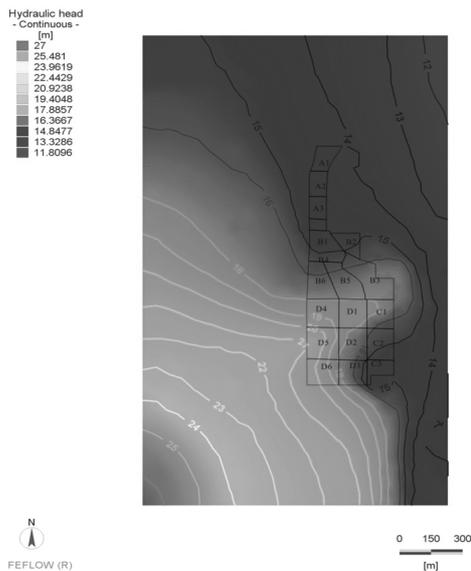


图 4 渗流场分布云图

通过地下水渗流场模拟图, 结合场地地形地貌、地下水补给与排泄条件以及车辆段周边规划场坪高程, 以及附近 3 个长期观测孔反映的地下水动态变化规律, 周边推算出的内涝水位等参数, 即可推算出各地块抗浮设防水位。抗浮设防水位如表 1 所示。

3 结语

综上所述, 抗浮设防水位的取值至今尚未获得较为统一的认识。地下水位的长期动态变化规律, 是一个受气象、水文、地质、城市规划、城市用水政策及远景规划等因素综合影响的随机现象, 试图对其远期动态变

表 1 抗浮设防水位

| 序号 | 地块名称 | 水位标高/m |
|----|------|--------|
| 1 | A1 | 14.50 |
| 2 | A2 | 14.60 |
| 3 | A3 | 14.70 |
| 4 | B0-1 | 17.50 |
| 5 | B0-2 | 15.50 |
| 6 | B1 | 15.80 |
| 7 | B2-1 | 17.50 |
| 8 | B2-2 | 18.00 |
| 9 | B3 | 18.00 |
| 10 | B4-1 | 16.00 |
| 11 | B4-2 | 17.00 |
| 12 | B5 | 18.00 |
| 13 | B6 | 18.00 |
| 14 | C1 | 18.30 |
| 15 | C2-1 | 16.50 |
| 16 | C2-2 | 14.80 |
| 17 | D1 | 18.50 |
| 18 | D2 | 18.80 |
| 19 | D3-1 | 18.80 |
| 20 | D3-2 | 17.00 |
| 21 | D4 | 20.00 |
| 22 | D5 | 21.00 |
| 23 | D6 | 20.50 |

化规律进行预测, 尚存在很多困难, 然而地下水位的动态变化直接影响地下结构上的浮力大小, 建立一种相对合理的地下水水位预测模型具有重要的现实意义。将水文地质学、地下水动力学、理论土力学、非饱和土力学相结合, 采用模型试验、现场测试与数值分析相结合的手段, 对建设场地进行渗流分析, 对于合理确定轨道交通地下结构设防水位以及计算底板浮力大小具有重要意义。

参考文献

- [1] 肖星球. 浅谈轨道交通超大基坑抗浮设防水位的确定[J]. 低碳世界, 2022, 12(2): 89-91.
- [2] 李春明, 杨川祥. 抗浮水位的分析与确定[C]// 中国建筑学会工程勘察分会. 2022 年石油天然气勘查技术中心站第 29 次技术交流研讨会论文集. 廊坊: 2022 年石油天然气勘查技术中心站第 29 次技术交流研讨会, 2022: 121-126.
- [3] 王锋. 抗浮设防水位的影响因素及取值分析: 以苏州地区为例[J]. 工程技术研究, 2021, 6(9): 39-40.
- [4] 王宇博. 抗浮水位确定方法的对比分析研究: 以长春地铁 2 号线东延三道村车站为例[J]. 西北地质, 2020, 53(4): 207-215.
- [5] 刘树明, 王四根, 朱峰. 南沙港区陆域软土基坑支护方案设计与实现[J]. 河北工业科技, 2021, 38(4): 336-342.

作者简介: 刘熙(1980—), 男, 汉族, 湖北黄冈人, 本科, 高级工程师, 主要从事工程地质勘察工作。