

雅鲁藏布江流域某机场跑道地下水渗流场分析

鄢天柱, 丁一聪, 刘宏

(贵州大学国土资源部喀斯特环境与地质灾害防治重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘 要: 为查明及预测机场拟建跑道项目区域地下水动态特征, 综合前期工程地质、水文地质资料的基础上, 基于 Visual Modflow 三维有限差分地下水流动模型, 对区内地下水渗流场的时空分布规律及未来发展趋势进行研究, 为工程建设提供参考依据。研究表明: 机场区渗流特征在枯水期与丰水期存在差异, 水位变化幅度较大; 枯水期渗流方向倾向于雅江, 丰水期渗流方向倾向于机场区; 宜合理优化工期, 避开洪峰季节。

关键词: 机场跑道; Visual Modflow; 地下水; 渗流场; 动态特征

中图分类号: U61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0118—04

机场位于流经西藏地区雅鲁藏布江流域的 I 级阶地及河流高漫滩之上, 而拟建机场区则更为靠近北侧的雅鲁藏布江主河道, 区内绝大部分位于河流高漫滩之上。区内所处流域流量大、河道宽, 辫状水系发育, 地下水

位奇高。机场区内多为砂卵砾石层堆积, 为强透水或极强透水层, 地下水位的反复升降可能导致区内渗透变形^[1-3]。如机场高填方边坡坡脚形成的高水位常造成土体沉

表 5 Q=4240m³/s 水流流速和水流流向与桥轴线法向量夹角变化情况

特征点 位	纵流 (m/s)				横流 (m/s)				夹角 (°)			
	现状	方案			现状	方案			现状	方案		
		一	二	三		一	二	三		一	二	三
t1	3.5 9	3.5 4	3.3 1	3.3 1	-0. 27	-0. 32	-0. 32	-0.3 2	-4	-5	-6	-6
t2	3.5 9	3.4 8	3.2 9	3.3 5	-0. 35	-0. 37	-0. 40	0.39 3	-6	-6	-7	-7
t3	3.5 4	3.4 8	3.2 6	3.2 9	-0. 47	-0. 49	-0. 49	0.49 3	-8	-8	-9	-9
t4	3.3 9	3.3 9	3.1 9	3.2 2	-0. 57	-0. 58	-0. 57	0.58 4	-10	-10	-10	-10
t5	3.4 4	3.4 3	3.2 5	3.2 5	-0. 65	-0. 67	-0. 64	-0.6 4	-11	-11	-11	-11
t6	3.1 2	3.2 0	3.0 2	3.0 2	-0. 54	-0. 54	-0. 63	-0.6 3	-10	-10	-12	-12
t7	3.1 7	3.2 0	3.0 6	3.1 1	-0. 46	-0. 47	-0. 56	0.55 3	-8	-8	-11	-11
t8	3.2 4	3.2 2	3.1 0	3.1 4	-0. 54	-0. 55	-0. 59	0.60 3	-10	-10	-11	-11
t9	3.2 0	3.2 3	3.0 8	3.0 9	-0. 74	-0. 71	-0. 70	0.69 3	-13	-13	-13	-13
t10	2.9 8	2.9 6	2.8 1	2.8 1	-0. 98	-0. 94	-0. 79	-0.7 9	-19	-18	-16	-16
t11	3.0 0	3.0 3	3.0 0	3.0 0	-0. 51	-0. 52	-0. 60	-0.6 0	-10	-10	-11	-11
t12	3.1 8	3.1 4	3.0 7	3.1 0	-0. 58	-0. 58	-0. 63	0.62 3	-10	-11	-12	-12
t13	3.2 4	3.1 3	3.0 4	3.1 0	-0. 67	-0. 62	-0. 65	0.65 3	-12	-12	-12	-12
t14	3.1 4	3.1 1	2.9 7	3.0 1	-0. 71	-0. 67	-0. 67	0.67 3	-13	-12	-13	-13
t15	2.9 5	3.0 0	2.8 1	2.8 1	-0. 84	-0. 84	-0. 71	-0.7 1	-16	-16	-15	-15
t16	2.9 2	2.9 3	2.9 1	2.9 1	-0. 60	-0. 61	-0. 61	-0.6 1	-12	-12	-12	-12
t17	3.1 1	3.0 7	3.0 4	3.0 2	-0. 67	-0. 65	-0. 65	0.63 3	-12	-12	-12	-12
t18	3.1 7	3.0 9	3.0 4	3.0 5	-0. 71	-0. 66	-0. 64	0.66 3	-13	-12	-12	-12
t19	3.0 7	3.0 5	3.0 3	2.9 9	-0. 73	-0. 70	-0. 62	0.66 3	-14	-13	-12	-12
t20	3.0 2	3.0 2	3.1 0	3.1 0	-0. 73	-0. 71	-0. 69	-0.6 9	-14	-14	-13	-13

净宽, 有利于后续桥区航道的升级。选择在弯道处建桥时, 桥墩应顺着水流方向偏转, 并充分考虑横流对船舶航行造成的影响。

参考文献:

[1] 陈明栋, 陈明, 林巧, 海显盛. 山区河流桥区通航条件和通航安全问题研究 [J]. 水运工程, 2009(08):84-88.

[2] 张丹, 黄立文, 陈立家, 范晓颺. 桥区航道整治工程对大型船队过桥影响的数值分析 [J]. 水运工程, 2012(03):115-118+153.

[3] BJ 50139—2014, 内河通航标准 [S].

[4] 李文艳, 黄力, 李歌清, 孙平, 贾鹏鹏, 魏雪莲, 宋莉莉. 山区航道跨河桥梁通航净空尺度研究 [J]. 水运工程, 2021(07):142-148.

[5] 陈明栋, 陈明, 林巧, 海显盛. 山区河流桥区通航条件和通航安全问题研究 [J]. 水运工程, 2009(08):84-88.

降变形^[4,5]。此外,区域大尺度的含水层非均质特征对地下水流动系统的循环深度具有明显的控制作用,对地下水的流动模式具有重大影响^[6],而后者又会对前者的空间特征塑造具有不可忽视的作用。常规手段掌握大区域大尺度下的机场地下水渗流场特点及工前工后预测存在一定的难度,结合水文地质调查与现场试验的数值模拟技术成为较好的选择^[7],针对机场高水位的状况,采用 Visual Modflow 软件已取得较好的数值模拟效果^[8]。

本文以机场跑道拟建区域作为研究对象,采用水文地质调查、现场试验以及数值模拟等手段,为机场跑道拟建场地的建设以及排水优化方案提供地质依据和技术支撑。

1 地质背景概况

1.1 地形地貌

该机场分布于雅鲁藏布江河谷地带,谷地宽 4 ~ 8 km,海拔高程在 3570m 左右,河谷走向基本呈东西向展布。南北均为海拔 4000m 以上的高山,南侧最高峰为 4762m,北侧最高峰为 4767m,相对高差在 1000m 以上。两侧山体地形陡峻,属侵蚀切割较强烈的高原高山地形,北部山体顶部还可见到现代冰蚀地貌,南部山顶相对比较浑圆。

1.2 地层岩性

经工程地质测绘、地质剖面实测和钻探揭露,机场区内地层主要由第四系全新统耕土层(Q4pd)、人工填土层(Q4ml)和第四系全新统冲洪积(Q4al+pl)层组成,岩土类型主要为耕植土(图1)、人工填土、粉土、粉砂、中砂、圆砾及卵石等。



图1 粉土揭露

1.3 地质构造

在雅鲁藏布江的河谷地段,新构造运动受老断裂的控制,相对持续下降。由于新构造运动的不均匀性,河

谷北侧的阶地发育不够明显,这说明新构造运动在南部山区上升比较强烈,纵观整个上升幅度,有由南向北逐渐减弱的趋势。

2 水文地质条件分析

2.1 地下水类型及赋存条件

机场拟建场区内地下水储量丰富,主要为赋存于第四系砂卵石层中的孔隙潜水,广泛分布于整个场区内。场地内砂卵石土孔隙度高,富水性好,为场区的主要含水层。

2.2 地下水动态变化规律

雅鲁藏布江 I 级阶地地下水位在雨季丰水期埋深 0 ~ 3m,枯水季节水位降低,变幅在 3 ~ 4m; II 级阶地及其上漂石层地下水位在雨季变化不明显,枯水季节下降约 4 ~ 6m,洪积扇前缘下降泉消失。跑道东北端江漫滩中地下水位受江水控制,枯丰两季水位相差约 5m。

2.3 地下水补径排特征

区内地下水主要接受降雨入渗补给、雅江河流侧向补给、南侧山体降雨汇水补给。丰水期降雨汇水、冰雪融水及山内赋存的基岩裂隙水将在重力的作用下顺地势向机场飞行区一侧渗流,侧向补给区内地下水;枯水期降雨和冰雪消融减弱,江水位呈逐步降低趋势,地下水向下游出口排泄。

3 地下水数值模拟分析

3.1 概念模型与边界概化

本模型平面尺寸约为 8000m(东西向最长) × 6900m(南北向最长),模拟范围约 31km²,结合现场实况,将模型剖分为 3 层网格,模拟区划分为 100 行 × 100 列计算,每个单元格 81.02m(长) × 69.17m(宽),边界概化见图 2。

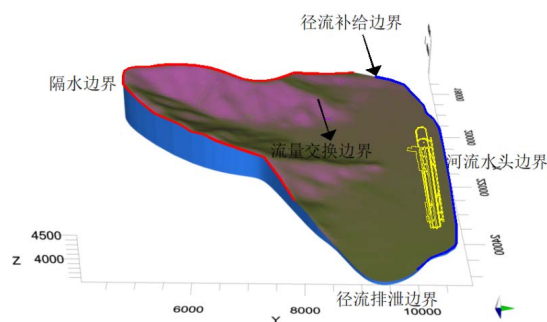


图2 概念模型示意图

3.2 模型分区与参数选取

当模拟域内有水文地质参数存在空间分异时，有必要对模型进行区域划分（图3），尽可能地符合实际情况，模型参数值见表1。

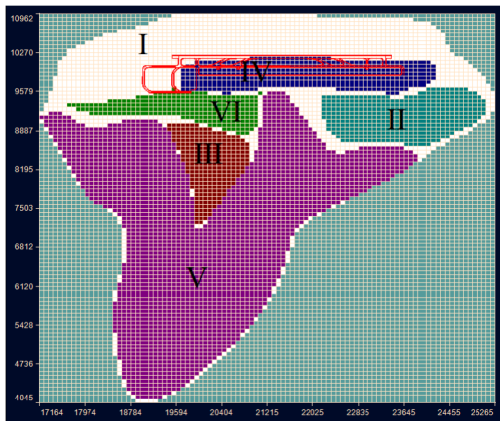


图3 模型分区

表1 模型水文参数取值				
	K_x (m/d)	K_y (m/d)	K_z (m/d)	μ
I	50	50	50	0.1
II	30	30	30	0.1
III	80	80	80	0.2
IV	10	10	10	0.15
V	0.02	0.02	0.003	0.1
备注	K-渗透系数			μ -给水度

3.3 模型识别验证

图4为数值模拟与实际拟合图，与实测数据比较，模拟数据的最大和最小绝对误差分别为2.60m和0.067m，比较17个模拟值与对应点位的实测值，绝对误差小于0.5m的点有15个，占数据总数的88%，符合《地下水资源管理模型工作要求》(GB/T14497-93)中的规定“对于降深小的地区，要求水位拟合小于0.5m的绝对误差结点必须占已知水位结点的70%以上”。

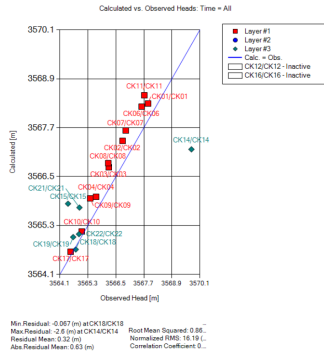


图4 观察水位拟合曲线

3.4 各工况模拟结果分析

工况划分为枯水期低水位、丰水期高水位、百年一遇设计水位3种工况。

(1) 枯水期低水位模拟选取一年中2月份时的现场工况作为模拟条件,此时雅鲁藏布江水位降到最低点。从图5可知，模型北部拟建跑道外围，雅鲁藏布江流域约500m内,等值线间隔较为均匀,每条等值线间距0.17m左右。西端高水位，东端低水位，整体流场流向自西向东，流速较缓。

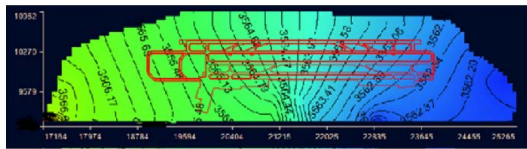


图5 枯水期低水位工况水头等值线图

(2) 场区6~9月为降雨集中的丰水期，结果如图6所示。相比于枯水期，在局部地区，水头等值线不再均匀，水力梯度增大，特别是跑道东部地区，等值线较紊乱，各区域水头空间分布呈现出“不平衡”的特点。在东北角防洪堤所截原雅鲁藏布江水系河道处，经与该区域实际高程比较，水塘深约2~3m。

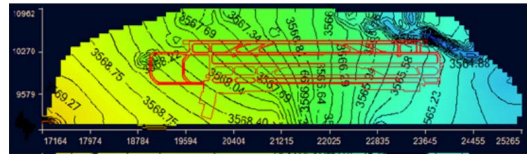


图6 丰水期高水位工况水头等值线图

(3) 百年一遇洪水工况主要是指雅鲁藏布江机场段经历江水百年一遇水位时，场区在极端条件下机场区域的地下水渗流状况，模拟结果如图7。各等值线间距为0.14m时，在整个研究区，特别是机场核心区，等值线极为紊乱，水头空间分布极不平衡，水力梯度方向不定。经与原地面高程比较，现有机场外围至雅鲁藏布江的广大区域，地下水位奇高，部分散布区域处于水位以下，反映该区域已被淹没或已形成一定深度的积水塘，也是造成等值线紊乱的原因。

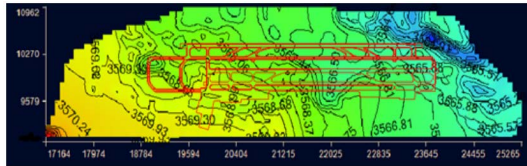


图7 百年一遇水位工况水头等值线图

大断面公路隧道岩溶探测及施工处治技术探讨

贾金晓¹, 王东², 曾知法¹, 秦峰¹

(1. 招商局重庆公路工程检测中心有限公司, 重庆 400000;
2. 四川公路桥梁建设集团有限责任公司公路三分公司, 四川 成都 610000)

摘要: 广西某三车道高速公路隧道在施工过程中遭遇了丰富的岩溶地质灾害, 利用地质雷达进行连续剖面探测对岩溶构造的前端进行精准定位, 并确定超前钻探布孔方案; 采用地质雷达及超前钻探的组合方式, 同时利用无人机探测技术对地质雷达预报异常区附近地表区域地质情况进行详细探测, 能够准确的探明岩溶构造的位置、规模、填充物特征等, 为隧道顺利施工跨越岩溶区提供指导, 并能达到防灾、减灾的作用。

关键词: 大断面公路隧道; 岩溶; 地质雷达; 超前钻探; 无人机探测

中图分类号: U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0121—04

广西地区喀斯特地貌异常发育, 为该区域工程施工造成极大困扰。如何精准的对岩溶构造进行探测对隧道施工安全及施工进度至关重要。目前, 超前地质预报的主要方法有地质调查法、地震波法、瞬变电磁、地质雷达法及超前钻探。隧道地质超前预报所采用的方法中, 地质雷达基于其高效、简便、精确度高、采集环境要求低等优点具有显著优势, 适合推广^[1]。刘坤、巨能攀等

对地质雷达频谱图件特征分析, 总结出从主频值、频谱图峰值特征和频谱图高频吸收情况 3 个方面的分析结果, 为推测不良地质体提供依据^[2]。文献^[3-5]已对某些区域典型的不良地质体的主频范围和频谱图曲线特征做了相关的研究, 如地质雷达 100MHz 的天线对介质水的主频值为 14MHz, 对湿润土壤的主频值为 17MHz。如何准确的探明岩溶构造的位置、规模、填充物特征等,

4 结论与建议

本文全面掌握研究区水文地质单元划分、场区地下水的补径排关系, 在概念模型的基础上建立数值模型, 并加以识别验证。分别模拟计算出枯水期低水位、丰水期高水位以及百年一遇洪水水位下研究区的渗流场特征, 得出以下结论:

(1) 枯水期时等值线间隔较为均匀。地下水位西高东低, 流场流向自西向东与雅江相符, 符合雅江对研究区影响占主导因素特点。

(2) 丰水期时等值线间隔局部不均匀。在东北角所截雅江水系河道处, 经与原地面实际高程计算, 该区域为水塘, 深度约在 2 ~ 3m, 符合真实情况。

(3) 丰水期工况与枯水期工况做比较时, 现有跑道区域地下水分析时变化幅度为 2.7 ~ 2.89m, 拟建跑道区域地下水分析时变化幅度为 2.69 ~ 2.77m。

(4) 百年一遇洪水工况与枯水期工况做比较时, 现有跑道区域地下水变化幅度为 3.86 ~ 4.05m, 拟建跑道区域的变化幅度为 3.83 ~ 3.97m。

(5) 场区中下游地下水枯水期补给雅江, 丰水期则由雅江反向补给, 且地下水位变化幅度较大, 建议在已建防洪堤一定范围内填筑渗透性较好的粗粒料, 外侧开挖取土, 防止渗透变形发生; 避开洪峰季节施工。

参考文献:

- [1] 杨裕云, 杨红刚, 吴有才. 与地下水作用有关的地质灾害[J]. 水文地质工程地质, 2003(S1):1-7.
- [2] 王军辉, 韩煜, 周宏磊. 城市地铁运营期间对地下水环境影响分析[J]. 工程地质学报, 2013, 21(03):408-415.
- [3] 张灿虹, 钱亚俊, 钟启明, 王保田. 竖向及水平向渗流作用下粉砂渗透特性研究[J]. 岩土工程学报, 2020, 42(S2):163-167.
- [4] 李攀峰, 刘宏, 张倬元. 某机场高填方地基的地下水问题探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005(02):136-139.
- [5] 刘宏, 张倬元, 刘亚波. 九寨—黄龙机场地基软弱土工程地质特性研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003(02):41-45+51.
- [6] 张俊, 刘天罡, 董佳秋, 王晓勇, 查元源, 唐小平, 尹立河, Andrew J.Love. 含水层层状非均质对地下水流系统的影响[J]. 中国地质, 2020, 47(06):1715-1725.
- [7] 张祥伟, 竹内邦良. 大区域地下水模拟的理论和方法[J]. 水利学报, 2004(06):7-13.
- [8] 周奇, 岑国平, 冀鹏, 任韦波, 姜向民, 骆骏, 张磊. 采用 Visual Modflow 研究机场场区地下水渗流场[J]. 中国给水排水, 2011, 27(11):51-54.