

采用 Visual Modflow 研究机场场区地下水渗流场

周 奇¹, 岑国平¹, 冀 鹏², 任韦波¹, 姜向民³, 骆 骏³, 张 磊¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 中国航空港建设总公司, 陕西
西安 710077; 3. 中国人民解放军 94968 部队, 江苏 南京 211100)

摘 要: 针对某机场场区地下水位过高的问题, 在分析场区水文地质条件的基础上, 使用 Visual Modflow 软件对跑道中心线处地下水渗流场进行模拟, 模拟结果和实测结果吻合较好。并对开挖截水沟后, 四种工况下的跑道中心线处地下水位进行了模拟。结果表明, 开挖截水沟后地下水位至少可降低到槽底以下 3.15 m, 完全满足该地区地下水位临界高度的要求; 洪水在短期内对场区地下水渗流场影响很小; 截水沟开挖后 90 d, 场区地下水位可满足工程要求, 建议在土方施工前 3 个月进行截水沟的开挖。

关键词: Visual Modflow 软件; 地下水渗流场; 数值模拟; 截水沟

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)11-0051-04

Study on Groundwater Seepage Field in Airfield with Visual Modflow

ZHOU Qi¹, CEN Guo-ping¹, JI Peng², REN Wei-bo¹, JIANG Xiang-min³,
LUO Jun³, ZHANG Lei¹

(1. School of Engineering, Air Force University of Engineering, Xi'an 710038, China;
2. China Airport Construction Corporation, Xi'an 710077, China; 3. Unit 94968 of PLA,
Nanjing 211100, China)

Abstract: Aiming at the problem of too high groundwater table in an airfield, based on the hydro-geological condition of the airfield, the groundwater seepage field along the center line of the runway was simulated by using Visual Modflow. The simulation result agreed well with the measured result. The groundwater seepage along the center line was simulated under the given four kinds of engineering conditions after excavating the intercepting ditches. The result shows that after excavating the intercepting ditches, the groundwater table drops at least to 3.15 m below the bottom of the pavement, which can absolutely satisfy with the critical groundwater table of this area. The floodwater has little effect on groundwater seepage field of the airfield. The groundwater table can meet the engineering requirements after 90 days of the ditch excavation, so it is recommended that the intercepting ditches should be excavated three months before the earthwork.

Key words: Visual Modflow software; groundwater seepage field; numerical simulation; intercepting ditch

1 机场场区地下水状况

1.1 水文地质状况

某机场飞行区为 4C 级, 主跑道长为 2 800 m、宽为 45 m。场地地形由西北向东南缓倾, 地面标高

在 1 231.07 ~ 1 245.41 m 之间。公路自然区划为 IV_{1a}。场区地下水稳定水位深度为 0.00 ~ 2.20 m, 标高为 1 230.26 ~ 1 244.44 m, 属潜水类型。场区地下水埋藏较浅的原因主要是场区西北部湖水及

灌溉水补给地下水,场区排水沟渠常年流水或积水,流水面、积水面标高和地下水位标高大致相符。地下水总体是由西北流向东南,与地形基本一致。

1.2 危害及处理手段

因为场区地下水位较高,有的接近地表,如不采取适当措施,会对机场道面造成严重危害,如土基承载力下降、冬季不均匀冻胀等。此外,由于地下水位接近地面,去除表面腐殖土后,地下水出露,对土方施工带来很大影响。

根据机场及公路的有关规范,地势设计时应使道基比地下水位高1.6 m以上,跑道中心线处最好比地下水位高2.0 m以上。除了在设计中抬高道基高程外,施工中还要采取临时降水措施,以免过高的水位影响施工。为节省土方量以及考虑环保要求,根据飞行区地形和平面布置要求,在跑道北侧离跑道中心线180 m处修建截水沟,沟深为3 m,以降低地下水位,同时作为机场截洪沟,以防暴雨期间的洪水冲淹机场。

2 场区地下水系统模型的建立

2.1 地下水系统的基本分析

根据研究区域水文地质条件的需要:在平面上,包含场区地下水的直接补给区——湖泊Ⅰ,以及间接补给区——湖泊Ⅱ;地下水的主要排泄区——北干渠;在垂向主要是考虑潜层地下水的影响。

2.2 水文地质条件概化

根据地下水动力学的基础理论^[1],研究区的边界特性概化如下:湖泊Ⅰ和湖泊Ⅱ(长期水位恒定)概化为第一类边界,北干渠(水位在一定范围内波动)概化为第一类边界,西边界和东边界概化为无穷边界。垂向包含合适的地下水深度(30.26~44.44 m),底部边界为 $Z=0$ m,即海拔1 200 m处。

2.3 Visual Modflow 软件简介

Visual Modflow 软件是由加拿大 Waterloo 水文地质公司在原 Modflow 软件的基础上应用可视化技术开发研制的,其独特的可视化菜单结构允许操作者简单快捷地定义模拟区范围、选择单位,方便地分配模型的属性和边界条件。这个软件包主要包括 Modflow(水流评价)、Modpath(平面和剖面流线示踪分析)、MT3D(溶质运移评价)和 Zone Budget(水量均衡计算)四大模块^[2]。

2.4 单元划分和参数选取

根据 Visual Modflow 用户手册的格式和操作步

骤录入数据,采用长方体单元划分,共分为83 600个长方体单元,基本上每个单元的大小在 X 方向为20 m、 Y 方向上为20 m、 Z 方向为15~25 m(等厚的两层)。建模选择长度单位为m,时间单位为d,土体渗透系数单位为m/d。

模型参数均为实测值。渗流系数取5 m/d,湖泊Ⅰ水位恒定为47 m,湖泊Ⅱ水位恒定为50.4 m,北干渠宽为13 m,灌溉期间的平均水深为2 m,平均坡度为0.5%。在截水沟出水口处渠底高为26.61 m。

3 场区初始渗流场的模拟

目前情况:湖泊Ⅰ、Ⅱ为正常恒定水位;北干渠为灌溉期间正常水位;连接湖泊Ⅰ和北干渠的冲沟水深为0.5 m、平均宽度为2 m。对湖泊Ⅰ、Ⅱ赋予恒定水头边界条件,对北干渠和冲沟赋予排水沟边界条件,应用 Visual Modflow 提供的求解器进行稳定渗流场的数值模拟,将计算后的跑道中心线处的模拟水位和实测水位进行对比,结果见图1(注: X 轴为跑道中心线所在直线,零点为跑道西端端点; Z 轴为相对海拔高度,零点的海拔为1 200 m)。可以看出,在跑道西端模拟水位与实测水位有较大偏差,原因是西端地形起伏大,边界条件不明确,造成计算误差;另外,东端的实测水位波动较大,主要是因为该处有很多南北向排水沟,机场开工典礼时,跑道中心线附近进行了平整处理,使这些排水沟堵塞,导致局部地下水位升高。

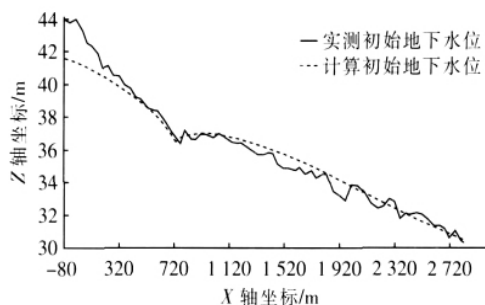


图1 跑道中心线处计算水位和实测水位对比
Fig. 1 Comparison of calculation and observation values
along center line of runway

与实测数据比较,模拟数据的最大和最小绝对误差分别为2.60和0.01 m。比较73个模拟值与对应点位的实测值,绝对误差 <0.5 m的点有56个,占数据总数的77%,符合《地下水资源管理模型工作要求》(GB/T 14497—93)中的规定“对于降深

小的地区,要求水位拟合小于 0.5 m 的绝对误差结点必须占已知水位结点的 70% 以上”。局部渠道的堵塞导致实测地下水位有局部波动,这是导致部分数据绝对误差大于 0.5 m 的原因,但考虑到影响范围不大,所以可以认为对初始水位的模拟符合实际的要求。模拟结果表明,模型是可靠的,可以用于研究区地下水位的预测。

4 开挖场区截水沟后地下水渗流场的模拟

综合地形条件后,在场区北侧设截水沟来降低跑道地下水位,同时应用 Visual Modflow 的排水沟边界条件,对开挖截水沟后的地下水渗流场进行模拟。针对截水沟和北干渠可能的水位变化,模拟 4 种工况下场区地下水位的变化,工况设置见表 1。

表 1 模拟工况设置

Tab. 1 Simulation working conditions

项目	工况说明	北干渠水深/m	截水沟水深	分析时间
工况一	非灌溉季节时北干渠对跑道中心线处地下水位的影响	0.5	0.5 m	恒定流
工况二	灌溉季节时北干渠对跑道中心线处地下水位的影响	2	0.5 m	恒定流
工况三	普通洪水时,沟内水位在 3 d 内升降 0.5 m 对场区地下水位的影响	2	1.0 m 保持 3 d, 然后降为 0.5 m	103 d
工况四	特大洪水时,沟内水位在 1 d 内升降 2 m 对场区地下水位的影响	2	2.5 m 保持 1 d, 然后降为 0.5 m	103 d
注: 在洪水对场区地下水位的影响分析中,点(1 420, 0)和(1 240, 0)分别为工况一和二中截水沟开挖前后在跑道中心线处水位降幅最大的点。				

工况一和二的模拟结果表明:由于截水沟的设置,跑道中心线处的地下水位得到明显降低(见图 2)。在工况一中,槽底设计标高至降低后地下水位距离最大为 5.11 m、最小为 3.84 m、平均为 4.42 m,在工况二中这三个值分别为 4.92、3.15、4.12 m。根据土基临界高度要求,该地区地下水位的临界高度为 2.0 m,所以截水沟在降低场区道基处地下水位方面达到了设计要求,并有降低道基高程的余地,可进一步对跑道纵坡进行优化,以减小土方工程量。其次,当截水沟水位不变时,北干渠水位对场区内的地下水位有一定影响,尤其是东端,离北干渠较近,其截水沟出口部分受北干渠水位顶托,北干渠水位变动对场区地下水位有明显影响。

工况三和四的模拟结果表明:截水沟水深的升

降对场区地下水位有一定影响,随着截水沟水位的上升,场区地下水位也上升,反之亦然;截水沟水深的短期变化对场区地下水渗流场的影响范围是有限的,而且随着与截水沟距离的增加,这种影响是降低的;总体上看,截水沟水深在 3 d 内保持 1 m 和 1 d 内保持 2.5 m 对场区地下水位没有太大影响。普通洪水导致跑道中心线处地下水位最大涨幅约为 0.02 m;在特大洪水期间,虽然截水沟水位涨幅较大,但是因为时间很短,所以对场区地下水位的影响比正常洪水还要小。

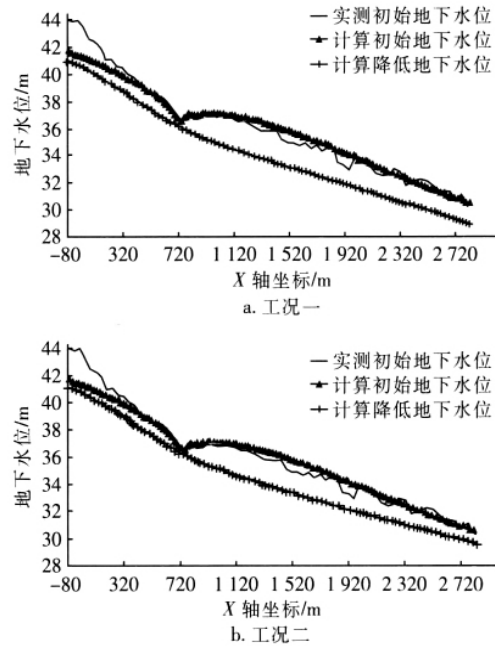


图 2 跑道中心线处水位降低效果模拟

Fig. 2 Groundwater table decrease effect simulation along center line of runway(working condition No. 1 and No. 2)

综上所述,洪水期间截水沟内水位的短暂变化对跑道地下水位的影响很小,可以忽略不计。

5 截水沟降低场区水位历时计算

要评价截水沟降低地下水位的能力,还需考虑达到最终状态所用的时间。由于洪水对场区地下水位影响很小,所以用正常条件下截水沟降低场区地下水位的过程作为历时分析对象。笔者对两种工况下载水沟降低场区地下水位和时间的关系进行模拟,其中,工况一选择在跑道中心线处地下水位降幅最大的点(1 420, 0),降幅最终为 2.28 m;工况二选择在跑道中心线处地下水位降幅最大的点(1 240, 0),降幅最终为 2.43 m。

初始地下水位为无截水沟时的模拟地下水位,

模拟在设截水沟后的365 d内地下水位随时间的变化曲线,时间步长为5 d。模拟结果表明:在截水沟起作用的365 d内,工况一和二中所选点的地下水位都未达到开挖截水沟后最终的地下水位,说明要达到最终状态需要很长时间。从使用上来看,没有必要也不可能等到地下水位最终稳定才开始施工,只要在一个合适的时间内,通过现有的截水沟使场区的地下水位降到符合要求的高度就可以了。

在工况一中,在点(1 420 ρ)处开挖截水沟后的第90天,地下水位从36.32 m降到34.32 m,降低了1.88 m,为最终稳定降幅的82.25%。在工况二中,在点(1 240 ρ)处开挖截水沟后的第85天,地下水位从36.11 m降到34.10 m,降低了2.01 m,为最终降幅的82.37%。

综上所述,现行的设置截水沟方案可以有效降低场区地下水位,建议工程单位在场区施工前90 d进行截水沟的开挖,使场区地下水位在施工时能达到相关规定的要求。

6 结论

数值模拟是一种研究复杂条件下机场道基水分

运动的有效手段。Visual Modflow 软件的模拟结果表明,机场场区开挖的截水沟可以有效降低场区地下水位;截水沟在降低场区道基处地下水位方面达到了设计要求,并有降低道基高程的余地,可进一步对跑道纵坡进行优化,以减小土方工程量;截水沟水位在短时间内的涨幅对道基地下水位没有太大的影响,建议在场区土方施工前90 d开挖截水沟。

该机场于2008年1月开始挖截水沟,地下水位已达到使用要求。2008年5月开始土方施工,9月完成全部场道工程施工,当年就开通了航线,创造了民航机场建设的奇迹。目前,机场运行状况良好。

参考文献:

- [1] 朱学愚,钱孝星.地下水水文学[M].北京:中国环境科学出版社,2005.
- [2] 丁继红,周德亮,马生忠.国外地下水模拟软件的发展现状与趋势[J].勘察科学技术,2002,(1):37-42.

E-mail:642387158@qq.com

收稿日期:2010-11-12

• 会讯 •

IWA 将于2011年9月在西安举办 Technologies for Integrated Urban Water Management 国际会议

由国际水协会(IWA)主办,西安建筑科技大学、国家自然科学基金委员会、陕西省科技厅和陕西省环保局承办的IWA国际会议——Technologies for Integrated Urban Water Management 将于2011年9月15日—18日在西安人民大厦召开,会议主要围绕城市水环境系统构建、污水处理技术、再生与回用、水环境改善等议题,为来自国内外水行业的行政管理人员、专家学者和专业技术人员提供良好的交流平台。此次会议依托我国“水体污染控制与治理”科技重大专项,将是我国城市水污染控制和水环境改善成果的一次集中展示。

大会已邀请到国际水协会前主席 Norihito Tambo 教授、前主席 David Garman 博士、现任主席 Glen Daigger 博士、中国工程院曲久辉院士、美国 Paul Brown 博士、德国 Peter Comel 教授、挪威 Hallvard Ødegaard 教授、美国 Steve Moddemeyer 博士、墨西哥 Oscar Armando Monroy Hermosillo 教授、印度尼西亚 Tjandra Setiadi 教授等国内外著名学者在会议期间做10余场主题报告。

会议组委会诚挚邀请我国高等院校、科研院所及相关企业的有关人员踊跃参会并撰写会议论文(会议论文全文提交时间为2011年2月15日—6月15日),会议论文经专家遴选后将在《Water Science and Technology》(SCIE 源刊)、《Frontiers of Environmental Science & Engineering in China》(SCIE 源刊)和《Journal of Xi'an University of Architecture and Technology》(《西安建筑科技大学学报》,CSCD 收录期刊)选登。

欲了解更多内容,请登录 www.cof-xian2011.com。

(西安建筑科技大学 供稿)