

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.005

# 珠海机场防洪排涝体系的构建与对策研究

杨国洪, 徐晓明, 付朝晖, 李佳佩  
(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519002)

**摘要:** 2018年突如其来的“8·11”特大暴雨暴露出珠海机场周边区域防洪、排涝体系存在不少薄弱环节,导致珠海机场局部受淹,上万人出行受到不同程度的延误,在社会上造成了一定的负面影响。在大量调查研究的基础上,对洪涝灾害的成因及水敏感区域进行了全面分析,运用水敏感城市设计(WSUD)理念提出了珠海机场所在区域防洪体系的系统性解决方案,从完善山洪截流系统、城市雨水管网与河道等大排水系统到海绵蓄排体系,有序组织城市雨水径流,以降低超标降雨的影响,最终可实现雨水的资源化利用与智慧化管理。

**关键词:** 水敏感城市; 雨洪管理; 水循环; 智能化

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0022-06

## Study on the Construction and Countermeasures of the Flood Control and Drainage System at Zhuhai Airport

YANG Guo-hong, XU Xiao-ming, FU Zhao-hui, LI Jia-pei  
(Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519002, China)

**Abstract:** Many weaknesses in the flood control and drainage system around Zhuhai Airport were explored in the sudden heavy rain on August 11, 2018, which led to the local flooding of Zhuhai Airport, and the travel delay of thousands of people in different level, causing a certain negative impact on the society. On the basis of a lot of investigation and research, a comprehensive analysis of the causes of flood disasters and water-sensitive areas was made, and a systematic solution to the flood control system in the area was put forward with the design concept of WSUD (Water Sensitive Urban Design). From perfecting flood interception system, urban rainwater pipe network and river drainage system to sponge storage and drainage system, urban rainwater runoff can be organized in order to reduce the impact of excessive rainfall, and finally the resource utilization and intelligent management of rainwater can be realized.

**Key words:** water sensitive urban; stormwater management; water cycle; intellectualization

2018年8月11日8:00—20:00,珠海金湾区突降暴雨,平均降雨量为191.3 mm,最大雨量出现在珠海机场,达383.5 mm,造成机场停车场积水深度达1 m、航站楼底层进水、停机坪积水20 cm。当日珠海机场共取消出港航班24班、进港航班20班,并有51个出港航班发生不同程度的延误,造成了较大的社会影响。根据珠海暴雨重现期规律进行分析,按长历时计,暴雨重现期为50年一遇;若按短历时

计,则重现期达到100年一遇。

据调查,珠海机场周边区域防洪体系虽然基本健全,但建设标准偏低、宗地硬化面积较大、天然水库未充分发挥调蓄功能,应对超标降雨的能力明显不足。2018年10月国务院办公厅发布《关于保持基础设施领域补短板力度的指导意见》(国办发[2018]101号),提出聚焦基础设施领域突出短板,保持有效投资力度,促进内需扩大和结构调整,提升

中长期供给能力。结合文件精神,针对珠海市机场现状问题,经过模型核算,对洪涝灾害的成因及水敏感性区域进行了全面分析,运用水敏感城市设计(WSUD)理念提出了珠海机场所在区域排水防涝补短板系统性解决方案,着重解决当前对居民生活生产影响较大的内涝积水问题,并逐步完善排水防涝工程体系建设,供政府决策及相关工程借鉴。

## 1 珠海机场防洪体系现状及问题分析

### 1.1 区域定位与地理特征

珠海机场位于珠海市三灶镇南部,南临南海,北面为拦浪山、海澄村,接金海中路,现有停机坪面积为 $27.7 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、候机楼面积为 $9.16 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。珠海机场周边区域自然资源条件良好,其中拦浪山为整个三灶镇的最高峰,高程为307 m,台地在15~30 m之间,冲积平原在8 m以下。机场周边所在地为典型山前平原,靠山面海,常受山洪冲击影响。金海中路地势以珠海航展馆向东、西两侧逐次降低,最高标高为9.52 m,最低标高为3.7 m。

### 1.2 降雨特征及水文情势

珠海市为多雨地区,降雨充沛。多年平均降雨量变幅为1 760~2 325 mm,平均年降雨日达130~150 d。短历时降雨过程(雨型)大多呈现出暴雨雨量大特点,同长历时暴雨相比,在对总暴雨的贡献率上呈增加趋势,并呈极端化发展。

机场南侧紧邻南海海域,海域属弱潮区,潮差相对较小;平均潮差为1.2 m,最大潮差为2.99 m。平均高潮位为0.36 m,平均低潮位为-0.73 m。暴雨时,排水渠出口受外海潮位顶托现象较为严重。

### 1.3 水敏感性分析

珠海机场周边区域现有防洪体系基本健全,从拦浪山至外海共设置了三道防线:第一道防线为山体截洪沟,主要截流山洪水,分东、西两侧排入外海;第二道防线为金海中路雨水收集系统,主要收集路面雨水及北侧村场(海澄村)的汇流雨水,经东、西排口直排外海;第三道防线为外海海堤,主要对外海风暴潮进行有效拦挡。尽管如此,由于部分设施建设年代久远,存在建设标准偏低等问题,加之雨洪管理措施不到位,易导致洪涝灾害。

水敏感城市设计(WSUD)对于调节城市环境、控制城市雨洪有着独特的建设理念,它将自然水文循环和城市建设过程相结合(包括规划、设计、建设和维护的各个阶段),旨在将城市发展对水文的环境

影响降低到最小,包括减少洪峰流量、保持水质等方面<sup>[1]</sup>。为此,运用水敏感城市设计(WSUD)的理念,对机场周边的水敏感因子进行了全面分析,包括外部洪水分析、内涝风险分析、生态敏感性分析及水资源利用状况分析,以期解决珠海机场周边的雨水管理问题。

#### 1.3.1 外部洪水分析

机场北部直面拦浪山,山势陡峭,半山腰处建有环山截洪沟,长约8 km,集雨面积为 $2.93 \text{ km}^2$ 。截洪沟原设计标准为25年一遇,设计洪峰流量为 $64 \text{ m}^3/\text{s}$ 。截洪沟沿程截流长度较长,仅东、西两处排口直排外海,且局部存在安全隐患,随着超标降雨的频发,难以对山洪进行有效截流,山洪漫溢造成山下村场和机场水浸现象时有发生。而拦浪山下2座水库(白石公水库及屋头龙水库)雨前不能及时排空,未充分发挥调蓄作用,降雨期间溢洪道排水进入金海中路雨水渠,造成高峰壅水。

拦浪山下台地村场密布,地面设施硬化严重,缺乏有效的雨水收集与截流设施。大面积高密度房屋的修建侵占了绿地,导致原有雨水渗流系统遭到破坏,地面径流量远超以前。同时由于村内雨水系统收水能力不足,路口处又缺乏有效的截流设施,来水易经过金海中路漫流至机场。机场排水系统现状如图1所示。

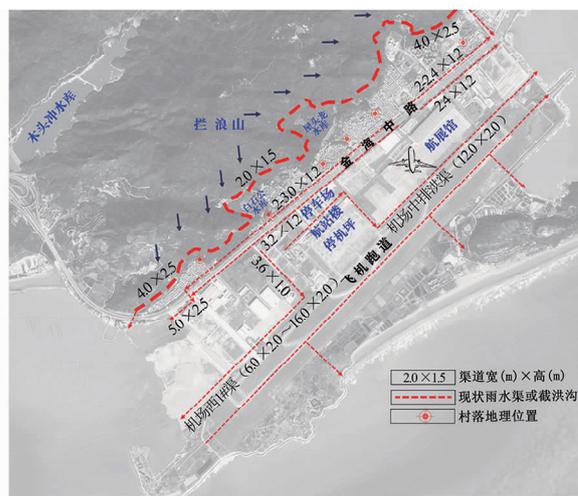


图1 机场排水系统现状

Fig.1 Drainage system status of Zhuhai Airport

#### 1.3.2 内涝风险分析

##### ① 金海中路排水系统

机场周边场地雨水管网系统仅金海东路、金海中路及海澄工业区西侧道路敷设有雨水管渠,其余

地区多为未开发用地(除机场外),无市政雨水管渠。现状雨水管渠设计重现期为2~3年一遇,且路面排水不畅,难以应对30年排涝标准及超标降雨。

金海中路雨水收集系统集雨面积约349 hm<sup>2</sup>,雨水干渠流程长,现状雨水干渠东西长度约5 km,仅有2个集中排口;排口标高较低,且雨水渠多年未进行有效疏浚,存在淤积情况,外海涨潮时易造成水位顶托、排水不畅。而机场候机楼一楼大厅前停车场整体地势低,较金海中路标高低40~60 cm,在金海中路排水不畅的情况下极易造成局部积水。

## ② 机场内部排水系统

机场内部跑道区集雨面积约474 hm<sup>2</sup>,现有两条排水渠,分布在珠海机场跑道和航站楼之间,平行跑道布置,汇集雨水后向东、向西分别排向大海。

机场中排洪渠(排水渠)位于珠海航展馆南侧,东西走向,主要负责收集航展馆及周边地区地面积水,集雨面积约2.0 km<sup>2</sup>,断面尺寸 $B \times H = 2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \sim 10.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ,全长约3.10 km。受管桥及管涵设置数量影响,目前机场中排洪渠存在断面不足及淤堵问题。机场西1#排洪渠位于珠海机场西侧,主要收集珠海机场航站楼、机场货运、中航通飞用地以及核心区西片区部分雨水,由东向西将区内雨水转输入海。排洪渠集雨面积约3.21 km<sup>2</sup>,长度为3400 m,采用矩形断面、浆砌片石挡墙结构,断面尺寸 $B \times H = 6.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \sim 16.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ 。

### 1.3.3 生态敏感性分析

珠海机场周边规划区(核心区一期)总用地为1750.84 hm<sup>2</sup>,现状由城市建设用地、水域及其他用地组成,其中城市建设用地为446.57 hm<sup>2</sup>,占总用地面积的25.51%。而规划城市建设用地调整为1638.05 hm<sup>2</sup>,占总用地面积的93.56%。较高生态敏感性区域主要集中在拦浪山山麓一带,大面积的场地开发,势必造成大量的土方挖填及植被破坏。目前拦浪山下待开发区域受暴雨侵蚀,水土流失严重,大量泥沙进入排水系统造成淤堵。而机场北部村场地基本为全硬化状态,地表污染物缺乏有效的截留净化,也随地表径流进入排水系统造成污染。

### 1.3.4 水资源问题分析

珠海市拥有丰富的客水资源,但是本地水资源较少,储水能力有限。另外,水资源受咸潮影响较大,资源型缺水量和工程型缺水量逐渐增大。珠海机场西北部的木头冲水库为珠海市难得的蓄纳天然

降水的优质水源水库,其现状水质及规划水质均为Ⅱ类,其蓄水量和水质均不受咸潮的不利影响。木头冲水库左侧现有机场截洪沟3.7 km,拦截的承雨面积1.22 km<sup>2</sup>内的雨洪水量白白流入大海,如果建设一条隧洞则可以将该宝贵的雨洪资源引入木头冲水库,充分利用库区内的雨洪资源。

## 2 机场周边防洪排涝工程系统性解决方案

### 2.1 基于水敏感城市设计理念,改善雨洪管理问题

水敏感城市建设的目的是为了解决经济高速发展过程中带来的严重水资源问题<sup>[2]</sup>。基于水敏感城市设计的雨洪管理,首先需要针对土地利用现状及规划进行综合评估,结合自然地理及生态特征对机场周边区域涉及到的水敏感问题进行分析论证,同时运用各种技术及设施来实现水资源的循环,通过管理办法和制度对这一目标进行控制引导<sup>[3]</sup>。具体到工程实际总结为“完善系统、高水高排、低水低排、自排为主、泵排为辅、蓄水利用、增建海绵”的治理方针,统筹山水林田湖草系统治理。

① 针对洪水问题,完善山洪截流系统。珠海降雨量大,降雨天数多,且多发暴雨,短历时降雨强度大。采用加高截洪沟,扩充现有水库容量,实现山洪滞蓄,合理错峰,避免山洪直入城市雨水管网。

② 提高内涝防治标准,完善排水系统。值得注意的是,这里所指的防洪排涝标准的提高不单依靠市政灰色基础设施实现排水,而是统筹山水林田湖的系统治理,合理构建大海绵排水系统,共同实现排水标准的提高。《城镇内涝防治技术规范》(GB 51222—2017)规定,内涝防治设计重现期应根据城镇类型、积水影响程度和内河水位变化等因素,经技术经济比较后按规定取值:人口密集、内涝易发且经济条件较好的城镇,宜采用上限值,超过内涝设计重现期的暴雨,应采取综合控制措施。珠海市香洲区及横琴新区早已将排涝标准由30年一遇提高至50年一遇,而机场周边区域是推动珠海航空产业园发展的最重要核心基地,也应适时将排涝标准提高至50年一遇。

③ 加强积水点整治,合理设置泵排方案。机场航站楼前停车场属于内涝风险点,鉴于停车场占地面积较大,有足够的空间建设地下调蓄池用于削峰排水,同时积存雨水可用于停车场日常洒扫用水。

④ 完善海绵蓄排体系,实现雨洪管理,有序组织城市雨水径流,降低超标降雨影响。小雨时,雨水

进入池塘、湖泊进行调蓄;中到大雨时(低于设计暴雨条件),雨水通过渠道排出片区;超大暴雨时,超出排洪渠泄洪能力的雨水淹没周边地势较低的绿地或广场;遭遇极端暴雨时,除了会淹没河道周边绿地和广场外,会对生活区域造成一定威胁,需采取应急预案措施,降低影响。

⑤ 结合城市双修,进行生态修复。基于生态敏感性分析,划定水系蓝绿空间,提出管控要求。通过选取坡度、高程、林地分布、水源地保护、生态保护红线、水系滩涂等因子进行叠加分析,识别出场地中生态敏感的区域。通过串联山脚绿带、海岸线绿带和主河道,打造郊野型和城市型生态带及生态节点,构建水岸交融、蓝绿交织的水生态空间,实现形态、生态、业态的和谐统一。

## 2.2 完善防洪总体布局,搭建工程防线

通过工程分析,在原有三道工程防线的基础上,通过增设台地村场雨水截流设施、候机楼应急排涝设施及拓宽机场内部排洪渠等措施来完善防洪工程系统布局(见图2)。

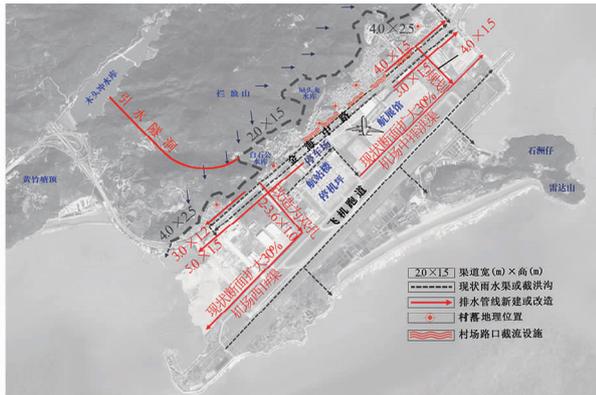


图2 防洪工程布置

Fig. 2 General layout of flood control works

### 2.2.1 抵御外部洪水、防止客水入境

#### ① 完善高水截流系统,防止山水外溢

目前,机场北侧拦浪山山体雨水由2条环山渠收集后分别往东西两侧流出。现状截洪沟设防标准为25年一遇,东侧山体汇水面积约 $155.7 \text{ hm}^2$ ,能应对 $35.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量,西侧山体汇水面积约 $141.7 \text{ hm}^2$ ,能应对 $33.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量。按50年一遇暴雨强度计算,东侧山体洪峰流量约 $46.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,西侧山体洪峰流量为 $44.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,东西两侧截洪沟尚有 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量无法截流。

结合截洪沟下的2座水库(白石公水库、屋头

龙水库),在利用水库调蓄库容的前提下,对截洪沟局部欠高部分加高50 cm,可应对北侧山体50年一遇暴雨强度。同时,为了实现雨水综合利用,补充淡水,后期考虑打通拦浪山隧洞(尺寸约 $4.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$ ,长约2 km),将区域汇集的雨水排入木头冲水库,变水害为水利。

#### ② 完善村场雨水收集系统,防止雨水外泄

金海中路北侧村场(海澄村)现状地面基本为硬化状态,径流系数大,但是村内现状雨水管渠原设计断面偏小,雨水口多为单算雨水口,且淤积情况严重。北侧村落与金海中路地势落差大,因此,村内雨水未经有效截流直排金海中路造成路面水浸。通过完善村内雨水收集系统,新建雨水算增加地面收水能力,加强管渠的管养维护;同时沿北侧山脚增设截水沟系统,有效收集台地汇流雨水,以防雨水外溢。

#### ③ 改造金海中路雨水渠,增大排水能力

对金海中路原有雨水收集系统(雨水口及连接管)进行改造,同时对东西两侧尾渠出口端进行拓宽,西侧尾渠北侧出口端新建 $3 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$ 单孔暗渠,长度约1 km,西侧尾渠南侧出口端新建 $5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 单孔暗渠,长度约2.5 km;东侧尾渠出口端北侧新建 $4 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 单孔暗渠,长度约1 km,东侧尾渠出口端南侧新建 $3 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 单孔暗渠,长度约1 km,以增大雨水收集能力。同时,增设分流排水通道,将机场西南侧单孔 $3.6 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 雨水渠改造为双孔,并将金海中路现状排水管渠接通;改造下游现状机场西1#排洪渠,扩大行洪断面。机场东北侧按规划管位新建 $4.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 雨水渠,对机场中路排洪渠进行改造拓宽,扩大行洪断面。

### 2.2.2 完善机场内部区域排水体系,降低内涝风险

#### ① 增设截水沟及应急排涝泵站

机场候机楼一楼大厅前停车场整体地势低,考虑在路口设置连续性钢格板截水沟,将雨水有效截流至东侧新建排涝泵站(应急备用),泵站规模为 $4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。同时设置双向控制阀,分别往金海中路和机场中路排洪渠进行排水。

#### ② 完善机场内部排洪渠改造,扩大行洪断面

对现状机场西1#排洪渠及机场中路排洪渠进行改造拓宽,迁改对阻水有影响的给水管,以扩大行洪断面。同时,对机场内部现状渠道进行清淤维护。

### 2.2.3 构建抵御外海防洪潮体系,有效应对风暴潮

结合风暴潮位,合理设置挡潮闸及泵站。机场

周边区域位于小林联围内,由堤防和水闸组成联围,即形成防洪(潮)的封闭系统。小林联围现已按50年一遇防洪(潮)标准完成加固达标建设,现状堤顶防洪墙高程均为4.5~4.6 m;但现围内已基本完成城镇化建设,联围的标准已滞后于城市的发展。根据复核,若按100年一遇防洪(潮)标准设防,设计最高潮位3.74 m(三灶水文站),按允许部分越浪设计,机场所所在的三灶湾大堤防洪墙标高应按5.00 m控制,总体欠高40~50 cm。海堤的加固达标可结合城市防洪及景观要求按生态堤防设计。设计遵循自然规律,从堤身及护岸的结构、材料等方面满足滨水动植物生长和繁殖要求,营造城市亲水平台和优美滨海环境。

### 2.3 模型校正评估

采用InfoWorks软件进行内涝积水风险评估,通过计算机模拟设计降雨获得雨水地面漫流态势、洪峰径流方向、地面积水面积和积水时间等信息,具体模型搭建步骤如图3所示。

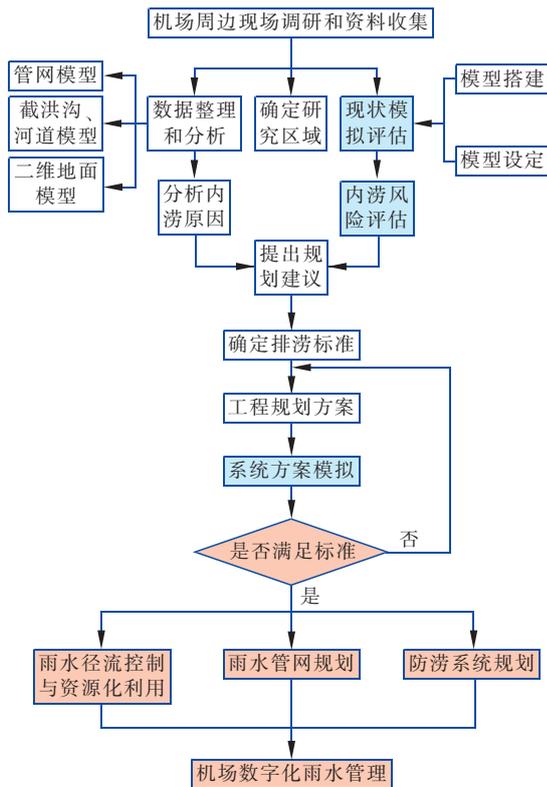


图3 模型搭建流程

Fig.3 Flow chart of model building

① 研究区域及方案的确定。根据机场周边地形条件,机场北部拦浪山为三灶镇最高峰,工程研究区域主要集中在拦浪山以南区域,山下台地标高在

15~30 m之间,机场周边冲积平原标高在8 m以下。

② 现场踏勘,数据收集与前处理。收集管网拓扑数据、下垫面数据、河道水工条件及边界数据等,同时结合现场踏勘情况对数据进行修正处理。

③ 搭建现状洪涝模型、模型率定和验证。根据收集的数据,搭建管网拓扑模型、河道模型及二维地面模型,最终进行模型耦合。根据2018年8月11日发生的山体截洪沟溢流情况及机场停车场受淹50 cm作为模型率定和验证条件,采用当日实测降雨条件对相关参数进行修正,以确保搭建的现状模型能够与当日受浸情况相符。

④ 方案计算与分析。在现状洪涝模型基础上,按照前述防洪工程系统性解决方案,对现状排水管渠断面进行优化,最终对方案效果进行分析评估。

根据《珠海市城区排水(雨水)防涝综合规划(2013—2020)》,将50年一遇设计降雨和5年一遇外海潮位作为边界条件,加入到规划改造方案中对模型进行评估,结果见图4。经评估,改造方案可行。

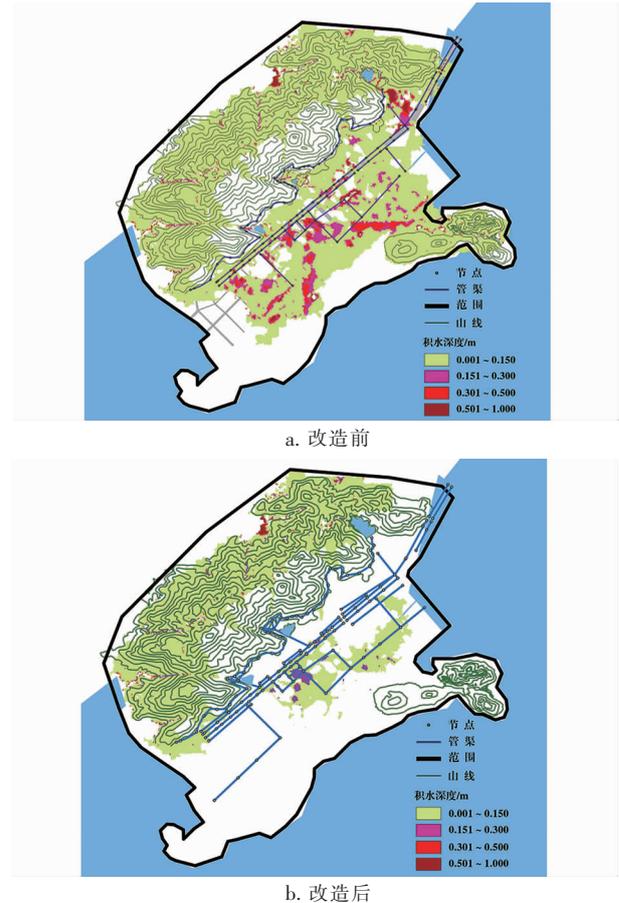


图4 最大积水深度分析

Fig.4 Analysis of the maximum accumulated water depth

## 2.4 智能化管理,实施机场数字化雨水管理

### 2.4.1 总体设计

在全面普查摸清现状排水管线的基础上,建立机场排水管网信息化管控平台,从项目的建设、运行、管理的实际技术需求出发,排水系统智能管理和控制系统应该考虑以下业务需求:①实现设施资产有效记录和管理;②提升城市整体应急、联动及反应能力;③提高排水设施养护的精细化水平;④建立排水设施在线监测与异常报警机制;⑤对设施进行联合调度,以充分发挥整体运行效能;⑥实现治理工程全生命周期管控;⑦建立公众监督的良性互动机制。

### 2.4.2 系统构成

建设内容包括数据管理系统(CS)、资产管理系统(BS)、管网巡查养护系统、防汛应急系统、排水用户管理系统、投诉管理系统、险情预警及在线监测管理系统等功能模块。其中三维防汛指挥调度系统主要突出的功能为:三维GIS和三维管网、水位和雨量遥测、远程监控泵站和闸门、水流动态运算、排涝方案决策支持、人员和车辆指挥调度(见图5)。

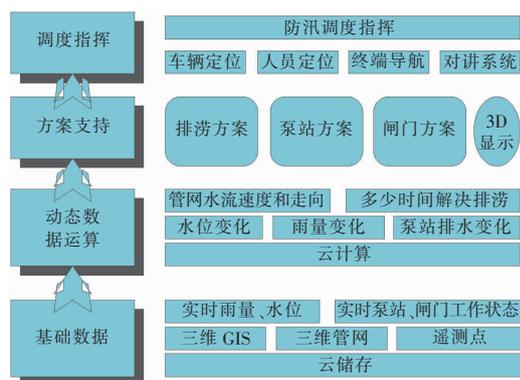


图5 城市防汛调度指挥系统

Fig.5 Urban flood control dispatching command system

## 3 结语

随着城市化进程的不断发展,极端天气的频发出现,洪涝灾害日趋严重。根据水敏感城市设计要点,结合珠海机场地形地势,对机场周边区域雨洪管理实行“完善系统、高水高排、低水低排、自排为主、泵排为辅、蓄水利用、增建海绵”的治理方针,统筹山水林田湖草系统治理。从完善山洪截流系统、城

市雨水管网与河道等排涝系统以及海绵蓄排体系,有序组织城市雨水径流,以降低超标降雨的影响,实现雨水的资源化利用。同时,修复裸露地被,完善水土保持措施,减少水土流失造成的径流污染。最后通过构建机场数字化雨水管理系统,可实现应对突发事件的快速响应能力,综合实现雨水数字化管理的时效性、可视性、智能性及共享性。

### 参考文献:

- [1] 王思思,张丹明. 澳大利亚水敏感城市设计及启示[J]. 中国给水排水,2010,26(10):64-68.  
Wang Sisi,Zhang Danming. Water sensitive urban design in Australia and its enlightenment[J]. China Water & Wastewater,2010,26(10):64-68(in Chinese).
- [2] 王锋,何包钢. 水敏感城市治理模式与实践:澳大利亚的探索[J]. 城市发展研究,2017,24(10):86-93.  
Wang Feng, He Baogang. Water sensitive urban governance model and practice: Exploration in Australia[J]. Urban Development Studies,2017,24(10):86-93(in Chinese).
- [3] 高姿辉,杨泽. 水敏感城市设计在住区规划中的探索[J]. 中华民居,2011(11):35-37.  
Gao Louhui, Yang Ze. Exploration of water sensitive urban design in residential area planning[J]. China Homes,2011(11):35-37(in Chinese).



作者简介:杨国洪(1988-),男,四川成都人,硕士,工程师,主要从事给水排水设计工作。

E-mail:245593075@qq.com

收稿日期:2019-03-04