

海绵城市

## 南方某滨海机场海绵建设策略探索

汤 钟<sup>1</sup>, 张 亮<sup>1</sup>, 俞 露<sup>1</sup>, 乐 征<sup>2</sup>, 牛媛媛<sup>2</sup>

(1. 深圳市城市规划设计研究院有限公司, 广东 深圳 518000; 2. 深圳市机场<集团>有限公司, 广东 深圳 518000)

**摘 要:** 机场属于大面积的硬化地区, 由于航站楼建筑面积、飞行区地面材质等限制, 在海绵城市建设方面很难采用常规的建筑或小区模式。南方某机场位于沿海地区, 具有地下水位低、土壤为填海区下渗能力不足、需防范鸟类聚集等突出的机场特点; 同时, 机场属于排水防涝特别重要地区, 排涝等级及压力高。以该机场为例, 探索了机场的海绵城市建设模式, 一方面通过在机场的具体规划建设中落实海绵理念, 减轻机场本身的排水防涝压力, 并与周边和上游地区排水系统衔接, 另一方面则是对大面积硬化的飞行区、高径流污染的停机坪区等特殊片区的海绵城市建设提出设计指引。从源头减量、过程控制、末端治理整体加强机场水系统全过程管控, 建立“大-中-小”海绵系统, 未来可以进一步在同类机场进行推广。

**关键词:** 海绵机场; 绿色机场; 海绵城市; 滨海机场; 建设策略

**中图分类号:** TU992      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0001-06

## Exploration on the Sponge Construction Strategies of a Coastal Airport in South China

TANG Zhong<sup>1</sup>, ZHANG Liang<sup>1</sup>, YU Lu<sup>1</sup>, LE Zheng<sup>2</sup>, NIU Yuan-yuan<sup>2</sup>

(1. Urban Planning & Design Institute of Shenzhen, Shenzhen 518000, China; 2. Shenzhen Airport Group Co. Ltd., Shenzhen 518000, China)

**Abstract:** Airport is quite difficult to use “conventional building or residential” mode in the construction of sponge city due to its restrictions from large hardened area, the area of terminal building and the surface material of the flight area. An airport in South China, located in the coastal area, is characterized by the low groundwater level, insufficient infiltration capacity of the soil as a reclamation area, and guarding against bird aggregation. At the same time, the airport was especially important for drainage and waterlogging, with high drainage grade and pressure. This article explored the two construction modes of an airport sponge city in the southern coast of China. On one hand, it implemented the sponge concept in specific planning and construction of the airport to alleviate the pressure of the airport drainage and waterlogging prevention, and to connect the drainage system in surrounding and upstream areas. On the other hand, it provided a design guide for the construction of sponge-like cities in special areas such as large-area-hardened flight areas and high runoff-contaminated apron areas. From source reduction, process control, to end governance, the whole process control of the airport water system was strengthened, so as to establish a “large-medium-small” sponge system. The sponge system’s technology can be further promoted in the similar airport in future.

**Key words:** sponge airport; green airport; sponge city; coastal airport; construction strategy

海绵城市体现了尊重自然、顺应自然、保护自然的理念,将“山、水、林、田、湖、草”生命共同体提升到自然规律和系统工程的高度,并与全人类生存繁衍和国家持续发展紧紧联系在一起。因此,海绵城市虽然是以水为切入点,但深意在于城市生态,其本质是城镇化与环境资源的协调发展的重要体现,是推进生态文明建设、转变城市发展方式的重要举措<sup>[1~3]</sup>。

南方滨海某机场综合实力不断增强,正在全力打造包含中部航空及物流核心区、东部住宅区、南部商务区、西部旅游区、北部商贸休闲区的“最具特色航空城”,以及安全领先、智慧、人文、低碳环保的“最具体验式机场”。但从雨水管理、水环境治理、雨水综合利用来看,该机场与我国其他城市及国外的大型机场还有一定差距。开展海绵城市建设,有助于实现该机场水环境优美,提升机场形象,提高社会效益;同时也可节约水资源成本,为生产、经营、管理的高效运转提供支撑,提高经济效益。该机场新建航站楼、卫星厅、第三跑道等均处于前期规划或施工阶段,落实海绵城市建设有时间和空间上的优势。因此,建设海绵机场,可增强机场综合竞争力,为该机场迅速发展成为“海绵机场”、“绿色机场”提供有力保障。

## 1 机场海绵建设目标与指标

建设海绵机场,探索空港开发新模式,将海绵城市建设作为支撑“最具体验式机场”和“最具特色航空城”建设目标的重要组成。本次研究的范围为机场用地,面积约为 27.2 km<sup>2</sup> (见图 1),考虑到与周边设施的衔接,实际研究范围将进一步扩大至相关的排水分区,约 50 km<sup>2</sup>。为推进海绵城市建设,落实重点建设任务,考虑机场水环境、水资源、水生态、水安全等方面存在的问题,按照科学性、典型性并体现机场本底特征的原则,依据《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》等国家相关政策要求,参考该地区相关研究成果,确定了机场海绵城市建设指标,具体见表 1<sup>[4]</sup>。

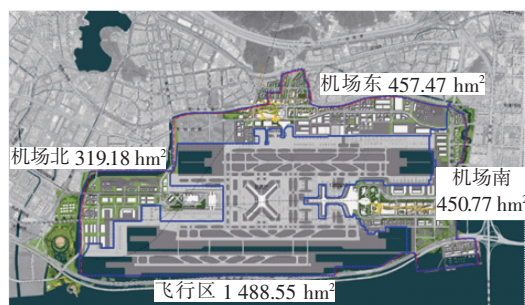


图 1 研究范围

Fig. 1 Research area

表 1 海绵机场建设指标

Tab. 1 Sponge airport construction index

类别	指标	目标值		控制性/指导性
		近期(2020 年)	远期(2030 年)	
水生态	年径流总量控制率	新/改/扩建项目全面按海绵城市要求执行	地块整体达到 65% 控制率	控制性
水环境	地表水体水质标准	蓄水池、河流达到治水提质考核要求	地表水环境质量达标率达到 100%	控制性
	城市面源污染控制	旱季管道不得有污水进入水体	完全分流制排水体制,城市面源污染削减率达到 50%	指导性
水安全	管网及内涝防治标准	管网设计标准按 10 年一遇设计;内涝防治标准按 50 年一遇(通过采取综合措施,有效应对不低于 50 年一遇的暴雨)		控制性
	城市防洪(潮)标准	机场海堤的防潮标准为 200 年一遇,机场外围河道的防洪标准确定为 100 年一遇		控制性

机场建设海绵城市的重要环节是构建机场的低影响开发雨水系统,而低影响开发的核心指标是年径流总量控制率。根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》等上层次

规划及文件,该机场属于 V 区,年径流总量控制率应为:  $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ 。同时考虑机场地区年均降雨总量接近 1 899.3 mm,台风暴雨场次较多,降雨量不均衡等因素,结合机场地区建筑密度等现状特点

适当调整目标,综合确定机场地块年径流总量控制率不低于 65% (不考虑调蓄池的调蓄容积),对应降雨量为 26.9 mm<sup>[5]</sup>。

美国多采用控制 1 英寸(25.4 mm)降雨量作为低影响开发设计标准,对国内部分地区和城市进行指标对比,该机场在不考虑调蓄池情况下对应的设

计降雨量在国内已属前列,65% 的年径流总量控制率是合理的。在考虑调蓄池情况下,该机场几乎全部的雨水得到收纳和控制,水量上可达到 99% 的极高年径流总量控制率(对应降雨量为 156.9 mm)。部分地区的年径流总量控制率指标对比如表 2 所示。

表 2 部分地区的年径流总量控制率指标对比

Tab. 2 Comparison of annual runoff total control rate in partial districts

规划区域	年径流总量控制率/%	对应降雨量/mm	备注
本次规划机场	65	26.9	不考虑调蓄池
本次规划机场	99	156.9	考虑调蓄池
深圳市后海中心区	60	23.2	第二批试点城市
深圳市前海片区	65	26.9	第二批试点城市
西咸新区空港新城	75	13.5	第一批试点城市
青岛胶东机场	75	27.4	第二批试点城市
深圳市	70	31.3	第二批试点城市
上海市	80(新建)/75(改造)	26.7/22.2	第二批试点城市
珠海市	70	28.5	第二批试点城市

2 机场海绵单元管控及目标确定

基于机场高精度 DEM 数据,采用 ArcGIS 分析机场雨水汇流流向,在此基础上,提取出自然汇水的潜在路径,根据潜在的汇水途径对自然汇水分区进行划分。在自然汇水分区的基础上,结合机场道路规划布局、排水分区设置等,对流域边界进行调整。根据遥感解析得出的不透水率和机场雨量站的典型年分钟降雨数据,对现状基底进行 SWMM 建模,评估得到机场现状年径流总量控制率为 51.13%,对应的控制降雨量为 17.56 mm<sup>[6]</sup>。

根据机场地形数据解析自然汇水流域,结合机场控制性详细规划及市政详细规划,将机场分为

11 个海绵城市建设管控单元(见图 2),按各单元建设条件评估结果,机场管控单元可分为 6 个级别,各级别特点如表 3 所示。

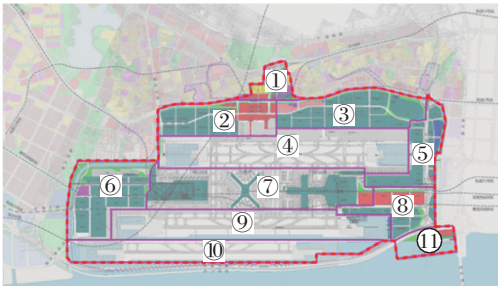


图 2 机场管控单元划分

Fig. 2 Management unit division

表 3 机场海绵城市管控单元分级

Tab. 3 Sponge city control unit classification in airport

控制单元 分级	控制目 标/%	控制降雨 量/mm	管控单元	特点
一级	58	21.79	④、⑨	已建飞行跑道区,面源污染严重,不透水面积大,排水防涝标准高
二级	62	24.61	⑩	规划飞行跑道区,面源污染严重,不透水面积大,内涝风险高
三级	66	27.75	③、⑪	货运区及码头区,面源污染严重,不透水面积较大,建设强度较大,水质污染较大,土壤渗透性较差
四级	68	29.46	⑤、⑦	航站楼及货运区,可开发空间大,不透水面积较大,排水防涝标准高
五级	70	31.29	①、⑧	居住区及保障区,可开发空间大,环境要求较高,土壤渗透性差
六级	72	33.24	②、⑥	可开发空间大,环境要求较高,有自然调蓄空间

3 飞行控制区管控及设计指引

机场飞行控制区主要包括跑道、滑行道、停机坪、飞行区草地、航站楼等,是机场的核心区域,飞行

控制区不同于常规的城市建设区,在排水系统、鸟类吸引等方面有特殊要求。下面以飞行跑道区域为例进行说明。



① 主要目标:保证机场的排水防涝安全,面源污染 TSS 削减率 $\geq 50\%$ ,控制油污废水。

② 主要技术路径:机场跑道区域雨水径流处理技术路径见图3。

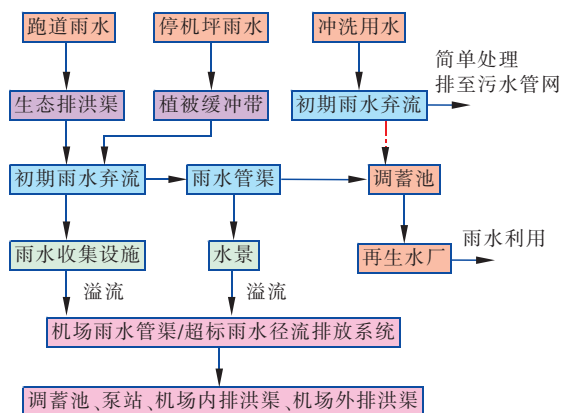


图3 机场跑道区域雨水径流处理技术路径

Fig.3 Technological route of runoff treatment in airport runway area

③ 规划建设指引:a. 机场跑道和停机坪的建设按照相关行业规范执行,以保证排水防涝安全为第一要务。以“排”、“净”措施为主,慎用“渗”、“滞”措施,必须使用时需要进行专项论证研究。b. 机场跑道和停机坪雨水初期污染较大,在进入市政管网系统前需要进行初雨弃流处理。c. 排洪渠需要考虑地基防水要求,不得影响跑道及停机坪的正常运行。d. 在机坪内进行航空器维护、添加润滑油和液压油及其他保障工作时,不得影响机位的正常调配和机坪内其他保障工作的正常运行,并应当采取有效措施防止对机坪造成污染和腐蚀。对机坪造成污染和腐蚀所发生的治理费用由造成污染的单位承担。维修结束后,维修部门应及时清理现场。

表4 机场“大海绵”系统排水分区

Tab.4 Drainage zone of “big sponge” system in airport

排水分区	承接雨水区位	排水出路	调蓄池	调蓄池调蓄容积/ $10^4 \text{ m}^3$
1 片区	现状站坪区北半部以及附近广生村、下十围村部分雨水	福永河	无	无
2 片区	一跑道北半部以及一、二跑道之间区域东侧北半部的雨水	福永河、2#调蓄池	2#调蓄池	45.65
3 片区	承泄现状站坪区南半部、机场外排渠以西区域、一跑道南半部以及一、二跑道之间区域东南半部的雨水	机场外排渠、3#调蓄池	3#调蓄池	13.29(南池) + 45.55(北池)
4 片区	承泄一、二跑道之间区域中线西侧雨水,远期将扩建三跑道区域也纳入本片区	珠江口、4#调蓄池	4#调蓄池	248.5

未来机场的防水防涝压力主要来自于第三跑道

e. 各类油料、污水、有毒有害物及其他废弃物不得直接排在机坪上,严禁将易燃液体直接倒入垃圾罐或排水沟内,以及油料地井栓或阀井。f. 易燃液体应当用专用容器盛装,不得倒入机坪排水系统和机坪垃圾桶内。g. 对机坪内或油井中的漏油、溢油须定期检测、清理,航空器燃油(检验回收专用容器盛装)应及时清运出机坪。

#### 4 机场海绵系统规划

##### ① 以调蓄池系统为核心的“大海绵”系统

排水安全是机场水系统的核心要求,根据设计标准,机场三跑道外海堤防潮标准为200年一遇,外围河道防洪标准为100年一遇。排涝标准为50年一遇涝水不上岸。机场内涝防治设计重现期为50年,即通过采取综合措施,有效应对不低于50年一遇的暴雨。明确内涝灾害的标准为:机场飞行区等重要地段不允许发生积水,机场道路至少有一条车道积水时间不超过30 min,积水深度不超过15 cm;下凹桥区积水时间不超过30 min,积水深度不超过27 cm。

机场目前已经形成以三大调蓄池为基础的排水防涝体系,系统布局见图4及表4。

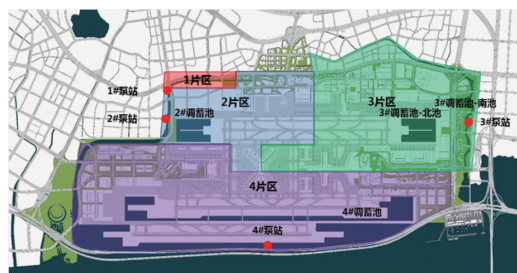


图4 机场“大海绵”系统

Fig.4 “Big sponge” system in airport

扩建。机场“大海绵”系统的主体结构将由“四排水

分区 + 三调蓄池 + 四泵站”构成。经模型验证足以抵御设计标准的排水防涝压力。且随第三跑道扩建机场调蓄池系统将进一步扩建,调蓄池系统会进一步完善,三大调蓄池可提供约  $352.99 \times 10^4 \text{ m}^3$  调蓄空间。为提高高水位下的排水能力,建立了 1#、2#、3#、4#泵站的抽排系统,主要任务是当机场范围发生暴雨面临受淹并且碰到珠江口海水发生涨潮,导致机场内调蓄池的蓄水无法自排时,泵站将启动泵站机电设备将收集在调蓄池中的雨水强排至河道流入大海,避免机场发生内涝,影响机场的飞行区正常运行<sup>[7,8]</sup>。

## ② 以管网及雨水处理厂为核心的“中海绵”系统

机场属于特别重要地区,需按照 10 年一遇标准进行管网设计,设计时可以利用水力模型(如 EPA SWMM、MIKE URBAN 等)评估、设计、计算排水主干管渠,并结合风险区治理,开展雨水主干管渠完善规划,保障排水网络系统排水能力充足,确立规划区各个片区排水管渠系统。

本机场再生水系统水源来自于调蓄池,主要用作杂用水(绿化、冲厕、道路清扫、汽车)、航站楼用水(中央空调冷却系统的冷却用水)、环境用水(新建航站楼及机场内水体观赏性景观环境用水)。近期再生水厂一期已投入使用,设计规模为  $1.0 \times 10^4$

$\text{m}^3/\text{d}$ ,其中雨水处理工程规模为  $0.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,应急水源工程规模为  $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,远期为  $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。远期,随机场卫星厅、T4 航站楼等片区的开发建设,现状设计规模不能满足使用要求,规划在 T4 航站区新建雨水处理厂,服务对象是机场东片区、近期机场扩建部分、卫星厅及 T4 航站区,为其提供中水水源,新建雨水处理站规模为  $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

## ③ 以 LID 系统为核心的“小海绵”系统

海绵城市建设指标的分解是落实年径流总量控制率的重要环节,是将总量控制目标分解至排水分区、开发地块及海绵设施等不同层次的设计和控制指标的关键步骤,分解后的指标能够有效地指导机场海绵城市设施具体的建设和实施,同时也为后期实施方案的考核评估提供了数据依据。

使用 SWMM 模型对 11 个管控单元进行指标分解,通过 SWMM 模型的径流模拟,确定机场各地块的年径流总量控制率目标,以及海绵设施的建设指标,包括绿地下沉比例、绿色屋顶覆盖比例及人行道、停车场、广场透水铺装比例和不透水下垫面的径流控制比例,其中年径流总量控制率为控制性指标,其余四项指标为建议性指标。核算后机场地块年径流总量控制率为 65.16%,对应控制降雨量为 27.05 mm,达到规划目标要求。部分地块的海绵指标如表 5 所示。

表 5 机场部分地块海绵城市建设指标

Tab.5 Sponge city construction indicators for partial districts in airport

地块编号	建设状况	用地类型	年径流总量控制率/%	绿色屋顶覆盖比例/%	人行道、停车场、广场透水铺装比例/%	绿地下沉比例/%	不透水下垫面的径流控制比例/%
B01-03	新建	G1	76	0	60	60	80
BY-D06-U5-02	已建	U5	34	0	0	0	0
BY-DU05-S112-02	新建	S112	59	15	50	50	60
BY-DU06-S113-07	新建	S113	58	15	50	50	60
BY-DU06-S113-09	新建	S113	58	15	50	50	60
D02-06	新建	G1	75	0	60	60	80
D02-08	新建	G1C1	60	45	55	65	60
.....							
注: S11 系列用地为按照机场用地设置的机场小类用地代码。							

对于机场飞行区,机场跑道和停机坪的建设按照相关行业规范执行,以保证排水防涝安全为第一要务。以“排”、“净”措施为主,慎用“渗”、“滞”措施,必须使用时需要进行专项论证研究。机场跑道和停机坪雨水初期污染较大,在进入市政管网系统

前需要进行初雨弃流处理。

## 5 结语

通过梳理机场现状基础条件及未来机场建设需求,确定机场以水安全、水环境、水生态、水资源联合治理为主,从源头减量、过程控制、末端治理整体加

强机场水系统全过程管控。建设以调蓄池系统为核心的“大海绵”系统+以管网及雨水处理厂为核心的“中海绵”系统+以LID系统为核心的“小海绵”系统。机场新建航站楼、卫星厅等大型建筑、新建机场道路、机场内外水务工程等建设项目,必须严格按照海绵城市要求进行规划、设计和建设。未来可以进一步研究机场飞行区海绵城市建设措施、机场LID设施避免鸟类研究等,为我国其他机场进行海绵城市建设提供参考。

### 参考文献:

- [1] 车伍,赵杨,李俊奇,等. 海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J]. 中国给水排水,2015,31(8): 1-5.  
Che Wu,Zhao Yang,Li Junqi,*et al.* Explanation of *Sponge City Development Technical Guide*:Basic concepts and comprehensive goals[J]. China Water & Wastewater,2015,31(8):1-5(in Chinese).
- [2] 廖朝轩,高爱国,黄恩浩. 国外雨水管理对我国海绵城市建设的启示[J]. 水资源保护,2016,32(1):42-45,50.  
Liaw Chaohsien,Gao Aiguo,Huang Enhao. Enlightenment of rainwater management in foreign countries to sponge city construction in China[J]. Water Resources Protection,2016,32(1):42-45,50(in Chinese).
- [3] 任欣欣,汤伟真. 海绵城市年径流总量控制率等指标应用初探[J]. 中国给水排水,2015,31(13):105-109.  
Ren Xinxin,Tang Weizhen. Application of capture ratio of total annual runoff volume in spongy city[J]. China Water & Wastewater,2015,31(13):105-109(in Chinese).
- [4] 余路,张青磊,申瑞娜,等. 上海机场关于绿色机场与可持续发展的战略与实践[J]. 中国产经,2013,(8):46-47.  
Yu Lu,Zhang Qinglei,Shen Ruina,*et al.* Shanghai airport's strategy and practice on green airport and sustainable development[J]. Industry of China,2013,(8):46-47(in Chinese).
- [5] 葛惟江,宋肖肖,路海峰. 海绵机场建设的实践——以北京新机场为例[J]. 中国勘察设计,2015,(7):56-59.  
Ge Weijiang,Song Xiaoxiao,Lu Haifeng. The practice of sponge airport construction—Taking Beijing new airport as an example[J]. China Exploration & Design,2015,(7):56-59(in Chinese).
- [6] 任欣欣,汤伟真,李建宁,等. 水文模型法辅助低影响开发方案设计案例探讨[J]. 中国给水排水,2016,32(17):109-114.  
Ren Xinxin,Tang Weizhen,Li Jianning,*et al.* Case study on low impact development design based on hydrology model[J]. China Water & Wastewater,2016,32(17):109-114(in Chinese).
- [7] 张宝月. 深圳机场扩建工程雨洪利用工程工艺介绍[J]. 中国农村水利水电,2009,(8):102-102,105.  
Zhang Baoyue. Introduction of rainwater utilization engineering technology for Shenzhen airport expansion project[J]. China Rural Water and Hydropower,2009,(8):102-102,105(in Chinese).
- [8] 胡先琼,李艳. 深圳机场扩建工程雨洪利用可行性研究[J]. 中国农村水利水电,2008,(5):17-19.  
Hu Xianqiong,Li Yan. Feasibility study on rain flood utilization of Shenzhen airport expansion project[J]. China Rural Water and Hydropower,2008,(5):17-19(in Chinese).



作者简介:汤钟(1991-),男,安徽舒城人,硕士,工程师,主要从事海绵城市、市政规划工作。

E-mail:tangz@upr.cn

收稿日期:2018-04-11