

# 沿海湿润地区大型机场项目水土保持设计探究

杨贺菲<sup>1</sup>, 张长伟<sup>1</sup>, 张旭<sup>2</sup>, 牛俊<sup>1</sup>, 李建明<sup>1</sup>, 李力<sup>1</sup>

[1. 长江水利委员会 长江科学院, 湖北 武汉 430010;

2. 湖北省生态环境科学研究院(省生态环境工程评估中心), 湖北 武汉 430079]

[关键词] 水土流失; 水土保持设计; 机场项目; 沿海湿润地区

[摘要] 机场工程施工扰动面积大、扰动时间长, 动土石方总量大, 临时堆土较多, 扩建需求和安全标准较高, 因此水土保持设计难度较大。通过分析沿海湿润地区大型机场项目水土保持设计难点, 提出机场项目水土保持设计时应遵循水土保持措施与已有主体工程相结合, 永临结合兼顾防风蚀水蚀, 植物措施要因地制宜配置并与飞行安全相结合, 水土保持设计理念要适度超前等原则, 并以广州白云国际机场三期扩建工程为例, 分析沿海湿润地区大型机场项目水土保持措施设计, 包括表土保护、蓄排水工程、透水砖铺装、临时排水和沉沙措施、植物措施。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.09.015

[引用格式] 杨贺菲, 张长伟, 张旭, 等. 沿海湿润地区大型机场项目水土保持设计探究[J]. 中国水土保持, 2024(9):42-45.

交通是现代化城市建设的基础和先导, 机场作为重要战略性大型公共交通基础设施, 承担着推动区域经济发展的关键作用。2021 年 12 月, 中国民用航空局、国家发展和改革委员会、交通运输部联合印发了《“十四五”民用航空发展规划》, 提出预计到 2025 年, 我国民用运输机场数量达到 270 个以上, 同时对机场建设绿色发展理念提出更高的要求。沿海湿润地区大部分城市为我国经济发展的龙头城市, 是带动我国经济腾飞的先行示范区。近年来随着沿海湿润地区城市化进程进入饱和阶段, 城市用地越来越紧张, 大型生产建设项目不得不“削峰填谷”“吹填造地”, 由此引发的水土流失和生态环境破坏也更加严重。习近平总书记强调“把绿色发展理念贯穿于经济社会发展全过程各方面”, 绿色是高质量发展的底色, 新质生产力本身就是绿色生产力, 如何在新时期利用先进的水土保持经验和践行绿色发展理念, 是水土保持工作者面临的新挑战。

目前, 在大型机场项目水土保持方案编制中, 水土保持任务更多地依赖于主体设计中设置的具有水土保持功能的工程措施, 而绿化任务更多地依赖于专业的园林绿化公司。同时, 配合主体设计的相关水土保持工程措施、施工过程中的临时措施, 以及兼顾水土保持和园林绿化功能的植物措施, 存在技术手段落后、理念不符实际等问题。因此, 本研究以广州白云国际机场三期扩建工程水土保持方案编制实践为例, 探讨沿海湿润地区大型机场项目水土保持措施设计思路, 以期同类型地区和项目水土保持方案编制提供参考。

## 1 机场项目建设特点

1) 施工扰动面积大, 扰动时间长, 土石方总量大。

统计数据显示, 我国机场建设项目平均占地面积为 247 hm<sup>2</sup>, 平均土石方挖填量为 947 万 m<sup>3</sup>, 建设期平均扰动地表时间为 28 个月, 造成的水土流失量平均为 3.73 万 t<sup>[1]</sup>。随着经济发展, 近年来大型机场项目平均占地面积达 2 000 hm<sup>2</sup> 或以上, 可比拟一个小型流域。经济发达地区机场占地范围更广, 建设工期更长, 挖填土石方量更大。例如, 北京大兴国际机场占地面积 2 942.88 hm<sup>2</sup>, 工程建设期土石方挖填总量约 3 935.14 万 m<sup>3</sup>, 建设工期约 40 个月; 广州白云机场占地面积 2 094.20 hm<sup>2</sup>, 三期扩建工程增加占地面积 1 559.7 hm<sup>2</sup>, 扩建工程土石方挖填总量 2 892.12 万 m<sup>3</sup>, 建设工期 51 个月。建设期间, 原有的土壤和植被资源遭到破坏, 在降水和地表径流的影响下, 极易造成大量水土流失、土壤结构破坏和肥力损失, 进而引起区域内生态系统破坏等诸多环境问题。

2) 剥离表土及绿化覆土较多, 有大量临时堆土。沿海湿润地区机场工程占地面积大, 地形比较平坦, 占地类型主要为耕地、园地、林地、草地等, 表土资源比较丰富, 需要将表土进行剥离并集中堆存保护。剥离堆存的表土一般用于施工结束后机场绿化区域的绿化覆土, 而临时堆存的松散表土在沿海地区强降水和大风的影响下极易造成次生水土流失。

3) 扩建需求高。随着城市快速发展, 机场运量日益增长, 为了配套经济发达城市的交通发展战略, 机场后期通常需要进行改扩建, 原有的水土保持措施将无法满足不同需求, 甚至丧失防风固土的功能, 原有土壤、植被遭到破坏, 水土资源流失严重。随着机场后期不断改扩建, 非渗水占地面积比例不断增大, 导致排水设施功能衰减, 加剧了飞行区雨季洪涝现象<sup>[2]</sup>。

4)安全标准高。相较于常见的生产建设项目,机场工程的安全设计标准较高,特别是有消防要求和防鸟撞的需求。其中防鸟撞问题是世界性难题,鸟撞的原因较为复杂,包括机场及其周边地区环境吸引鸟类进入机场取食、栖息、繁殖和休息,机场位置处于鸟类迁徙路线上,恶劣天气迫使鸟类进入机场等<sup>[3]</sup>,因此大型机场工程设计时需要考虑多方面安全因素。

## 2 沿海湿润地区大型机场项目水土保持设计难点

1)沿海湿润地区降水和风力较大。一方面,沿海地区雨量丰沛,季风性气候影响强烈,降水有季节性特点,雨季集中,瞬时降水强度高,台风、热带风暴等短历时强降水容易造成洪涝灾害。另一方面,沿海地区风力较强,时伴有台风天气,一次短暂的大风过程足以发生强烈的风蚀现象<sup>[4]</sup>。因此,机场项目水土保持设计时一方面要做好蓄渗排水措施,另一方面要做好剥离表土资源的抗风蚀措施。

2)机场扩建带来的排水压力大。机场改扩建工程中新建航站楼及扩展机坪等工程导致场内沟渠汇水量增加<sup>[2]</sup>,增大了飞行区排水设施的排水压力;扩建的硬化道路增加了非渗水地表面积,原有的排水设施无法满足排水需求。因此,机场项目的水土保持设计不能仅参照前期的设计标准,需要考虑到扩建工程的特殊性。

3)水土保持植物措施要求高。机场建设工程有较高的安全设计标准,水土保持设计时要充分考虑消防要求,同时要考虑避免种植会吸引鸟类的植物,这对植被种类的选择、乔灌木搭配方式等提出了更高要求。

4)海绵城市建设对水土保持设计提出了新要求。由于传统机场建设布设大面积硬化飞行区,带来的内涝积水等问题影响机场的安全运行,因此许多城市在新建、改扩建机场时引入海绵城市理念<sup>[5]</sup>。2015年10月,国务院办公厅发布《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发〔2015〕75号),要求到2020年城市建成区20%以上的面积达到海绵城市目标要求,到2030年城市建成区80%以上的面积达到目标要求。沿海湿润地区大型机场项目一般位于经济发达城市,通常响应“海绵机场”建设要求比较超前。“海绵机场”即针对机场工程建设特点,以保障机场排涝安全为基本原则,通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术手段,实现有效提高机场防涝排涝能力、减少径流污染、提高雨水资源化利用率、降低工程建设对周边环境的影响、改善区域内微气候等建设目标<sup>[6]</sup>。因此,机场项目水土保持设计应以绿色发展理念为先导,配置科学合理、生态友好的水土保持措施体系。

## 3 水土保持设计原则

### 3.1 水土保持措施与已有主体工程相结合

按照水土保持工程界定原则(即主导功能原则、责任区分原则、试验排除原则),对主体设计中的水土保持工程进行界定,并将主体工程中具有水土保持功能的相关工程纳入水土保持措施体系,对不足部分提出改进建议,以形成科学完备的水土保持措施体系。机场工程主体设计中的排水设施、雨水管网、蓄水设施、透水砖铺设等均可界定为水土保持措施,但是这些工程措施还不足以构成完善的水土保持措施体系,需要在此基础上补充表土保护、土地整治等水土保持措施,同时应验算排水沟、蓄水池等主体工程中已有措施的工程量是否满足水土保持的需求。

### 3.2 永临结合兼顾防风蚀水蚀

机场工程建设工期长,通常跨越几个雨季。施工期基础开挖会形成非稳定人工边坡,同时扰动地表、破坏原地貌植被,是水土流失的高发期,需要采取永临结合的方式防治水土流失。此外,大量剥离的表土集中堆放在临时堆土区,应考虑布设永临结合的排水沉沙、临时拦挡等防护措施,同时用密目网进行苫盖,起到防水防风的作用。

### 3.3 植物措施要因地制宜配置并与飞行安全相结合

机场工程的水土保持植物措施需要优选适地树种草种,充分考虑树种的抗逆性和栽植区域的特点,以达到固土、防护功能与生态效益有机结合。除此之外,还要充分考虑飞行安全,尽量减少种植容易吸引鸟类的浆果类植物,避免种植枝繁叶茂的落叶乔木等适合鸟类栖息的树种;为保证净空的要求,机场周围防护林带的植物应选择低矮灌木<sup>[7]</sup>。由于飞机在起降过程中,喷气所产生的温度较高,会对草坪造成强烈的热伤害,因此要求跑道两侧草坪的草种具有较强的耐热性<sup>[8]</sup>。

### 3.4 水土保持设计理念要适度超前

为使现代化大型机场在未来较长时间内满足需求,机场设施设备需达到世界领先水平,这就要求水土保持措施设计必须具备超前的设计理念。例如,在全球变暖的影响下极端降水事件频发,结合后期机场改扩建的需求,降水蓄渗、给排水等工程要适当提高防洪标准等设计标准,精准验算蓄排水设施是否能满足中长期发展需求;绿化措施应根据实际情况考虑机场建设后期及运行期的修剪养护,适当补植,加强管护。

## 4 典型机场项目水土保持设计

### 4.1 项目概况

广州白云国际机场三期扩建工程建设目标年为

2030 年,扩建后机场将满足年旅客吞吐量 1.2 亿人次、年货邮吞吐量 380 万 t、年飞机起降量 77.5 万架次的需求。项目新建飞行区等级为 4E,扩建工程建设内容包括机场工程(飞行区、航站区、货运区和综合工作区工程)、供油工程和空管工程。工程占地面积为 1 566.48 hm<sup>2</sup>,全部为永久占地。工程挖方总量 2 892.12 万 m<sup>3</sup>,填方总量 3 102.58 万 m<sup>3</sup>,外借土方 210.46 万 m<sup>3</sup>,无废弃方,外借土方来自其他项目的多余土石方。工程于 2020 年 10 月开工,预计 2024 年 12 月完工,总工期 51 个月。项目区属亚热带季风气候区,多年平均气温 21.5 ℃,多年平均降水量 1 739.1 mm,雨季降水量占全年降水量的 80%以上,台风过境时风力一般为 6~9 级,风速 10.8~24.4 m/s,最大风速为 35.4 m/s。

#### 4.2 水土保持措施设计

##### 4.2.1 表土保护

施工前,对各分区进行表土剥离,并集中堆放在指定的临时堆土区;施工过程中采取临时袋装土拦挡、密目网苫盖、排水沉沙等防护措施;施工结束后,进行土地整治并回覆表土,植草绿化。工程共剥离表土 265.84 万 m<sup>3</sup>,一般临时堆土堆高控制在 3 m 以内,坡比为 1:2。场内临时堆土区域面积约 119.16 hm<sup>2</sup>,空管工程(场外部分)临时堆土区域面积约 0.79 hm<sup>2</sup>。临时堆土区防治措施布局见图 1。

##### 4.2.2 蓄排水工程

沿海湿润地区机场工程的蓄排水工程是极为重要的水土保持措施,本项目主体工程设计了较为完善的蓄排水设施。经计算,蓄排水工程投资估算费用为 11.89 亿元,此项费用占水土保持措施费用(工程、植

物、临时措施合计费用)的 80.7%。

1)排水工程。以飞行区为例,施工后期需要完善的场地排水设施包括排水箱涵、浆砌石盖板沟、浆砌石

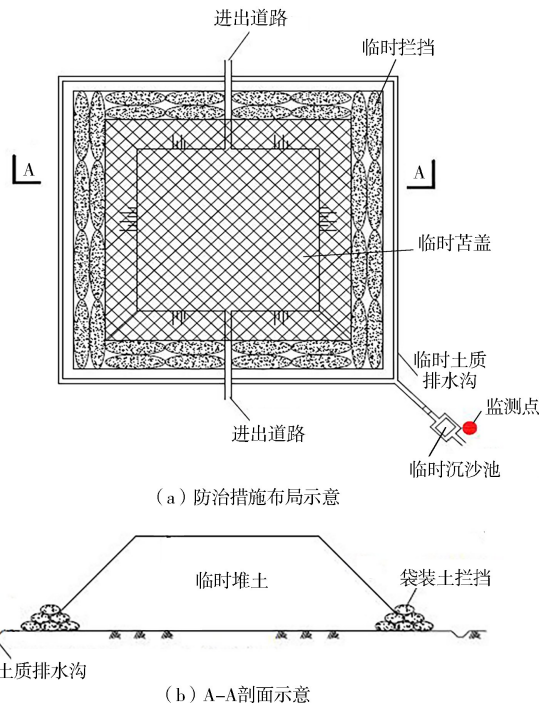


图 1 临时堆土区防治措施布局

矩形明沟、混凝土预制块 V 形沟、雨水管、调节蓄水池等,其中飞行区拟建各类排水沟总长约 89.91 km(排水沟布设情况见表 1)。根据洪峰流量计算公式和明渠均匀流水力计算公式,验算排水沟的排水能力是否满足排水要求。从表 1 过流能力计算结果可见,排水沟过流能力满足排水要求。

2)蓄渗措施。主体工程设计在西南绕滑区域、北

表 1 飞行区排水沟布设情况及过流能力计算结果

类型	长度/m	所在区域	规格/(长×宽,m×m)	汇流量/(m <sup>3</sup> /s)	设计流量/(m <sup>3</sup> /s)
飞机荷载盖板暗沟	11 581	穿越道路路面	1.6×1.4	10.127	15.054
特种车荷载盖板沟	4 048	穿越服务车道处、远机位机头减薄区	1.4×1.4	10.127	12.430
汽车荷载盖板沟	34 889	跑滑系统内土面区、台站保护区	1.6×1.6	10.127	17.747
浆砌片石矩形明沟	35 760	围界附近土面区	1.6×1.6	10.127	18.319
浆砌片石矩形明沟(出水口)	1 260	围界附近土面区出水口处	1.6×1.6	10.127	18.319
混凝土预制块 V 形排水明沟	2 370	快滑两侧土面区的尖角部位	1.5×1.5	10.127	15.003

绕滑区域、西北绕滑区域、东南绕滑区域、东北绕滑区域、东三跑道北端和西中端区域各建设 1 座调节蓄水池,共设置 7 座调节蓄水池,飞行区雨水经调节蓄水池后直接排入外围河道。

##### 4.2.3 透水砖铺装

为响应“海绵城市”的要求,打造“海绵机场”,尽量减少机场内硬化场地,在保障机场运行安全的前提下,人行道、广场、停车场等硬质地面宜采用透水

砖铺设,以起到促进降水蓄渗、控制水土流失的作用。另外,砖缝中撒播草籽,起到固土保水作用的同时满足绿化需求。

##### 4.2.4 临时排水和沉沙措施

1)临时砖砌沉沙池。工程施工期间排水所含的泥沙量较大,为了沉降径流泥沙,降低水流流速,减少水土流失,根据地形特点和临时排水沟的布置情况,在临时排水沟出口处布设简易沉沙池。沉沙池采用砖砌

结构,尺寸为长3.0 m×宽2.0 m×深1.5 m,设计每500 m设置1处临时砖砌沉沙池,共布置119座。临时沉沙池设计见图2(a)。

2)临时土质排水沟。为避免施工期泥沙随雨水流出场外,做到场内有序排水,在机场跑道两侧迫降场地、跑道、平行滑行道之间的平地区周边等区域布设临时土质排水沟,临时排水沟结合主体设计的浆砌石明沟,后期改为永久排水明沟。根据《防洪标准》(GB 50201—2014)和《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)中有关规定,临时土质排水沟的设计防洪标准按照5 a一遇最大1 h降水量。设计临时土质排水沟断面形式为梯形,底宽0.4 m、深0.5 m,沟坡比为1:1,见图2(b)。依据径流系数、设计频率最大1 h降水强度和汇水面积,计算得到排水沟的最大洪峰流量为 $0.938 \text{ m}^3/\text{s}$ ;依据水流有效断面面积、粗糙系数、水力半径、水力坡度,计算得到排水沟的过流能力为 $1.124 \text{ m}^3/\text{s}$ ,满足排水要求。工程共设置临时土质排水沟约35 760 m,土方开挖量34 330  $\text{m}^3$ 。

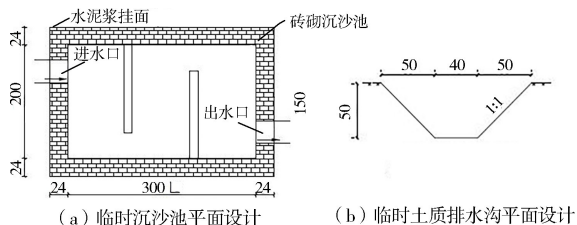


图2 临时砖砌沉沙池和临时土质排水沟设计(单位:cm)

#### 4.2.5 植物措施

植物措施应满足机场工程安全、景观、水土保持和生态保护等多种功能的要求,选用当地园林树种和草种进行配置。根据机场净空和防鸟撞的特殊要求,飞行区不宜种植高大乔木,工程设计为植草绿化。由于飞行区飞机起降温度较高,会对跑道周边草坪产生损害,因此要选取耐热、固土效果好、耐盐碱的草种。工程选取具有抗二氧化硫和氟化氢等气体的性能,且生命力强、耐盐碱、抗病虫能力强的野牛草。在航站区、空管工程区、货运区、综合工作区等分区,依据园林景观绿化标准,同时兼顾机场运行安全和水土保持需求,采用草本植物和低矮灌木进行绿化,辅以乔木进行点缀,打造落叶与常绿交叉、多彩树种与各种开花植被融合的机场绿地精品,选用的树种和草种为细叶榕、鱼尾葵、白兰、桂花、大王椰、红背桂、杜鹃、含笑花、龙船花、结缕草等。

## 5 结束语

综合分析来看,沿海湿润地区大型机场工程水土

保持工作考虑的最重要因素就是降水量,无论从设计理念还是措施手段上都应结合当地自然地理特征和气候变化的特点通盘考虑、超前谋划。值得注意的是,在气候变化加剧的大背景下,随着全球变暖,大气环流模式的改变将进一步提升中高纬度地区和高海拔地区极端降水事件的频率和强度。因此,不仅是长江中下游的沿海地区,而且我国北方地区特别是华北地区,都将面临降水量变化带来的严峻考验,这也是机场工程水土保持工作需要提前考虑的重要因素。

#### [参考文献]

- [1] 张俊,张滕,解刚.大型机场工程水土保持创新与实践[C]//中国环境科学学会环境工程分会.中国环境科学学会2021年科学技术年会——环境工程技术创新与应用分会场论文集(三).天津:中国环境科学学会,2021:775-781.
- [2] 赵方冉,苏守韬,曹元兵.基于飞行区改扩建需求的排水工况动态分析[J].中国民航大学学报,2022,40(3):30-34.
- [3] 马良福.福州机场草坪植物月动态特征及与鸟情关系研究[D].福州:福建农林大学,2015:3.
- [4] 方祖光,谢皎如.福建沿海地区干燥度和风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].福建师范大学学报(自然科学版),1997,13(3):96-103.
- [5] 冯兴学,吕永鹏,凌语珍,等.“海绵机场”建设思路探索:以广州白云机场三期为例[J].城市道桥与防洪,2022(11):110-114.
- [6] 路海锋,葛惟江.北京大兴国际机场全场雨水系统构建设计[J].给水排水,2020,56(12):93-98.
- [7] 汤胜林.南京禄口国际机场管理中的绿化问题探析[J].现代园艺,2012(12):174.
- [8] 颜艳,凌禄珍,黄家总.南方机场飞行区草地建植技术研究[J].广州大学学报(自然科学版),2004,3(6):523-526.

收稿日期:2024-02-02

基金项目:武汉市知识创新专项(2022020801020386);国家自然科学基金项目(42107353);长江科学院基本科研业务费项目(CKSF2023340/TB)

第一作者:杨贺菲(1988—),女,湖北武汉人,高级工程师,硕士,主要从事水土保持设计与研究工作。

通信作者:张旭(1986—),男,湖北武汉人,工程师,博士,主要从事自然生态保护与修复工作。

E-mail: 180389068@qq.com

(责任编辑 李佳星)