

浅析HDPE排水管在机场不停航施工中的应用

黄玲玲, 王 伟

(上海民航新时代机场设计研究院有限公司, 上海市 200335)

摘 要: 介绍软土地区机场飞行区排水工程不停航施工中HDPE双壁缠绕塑料排水管的实际应用, 对设计及施工有关问题进行分析、探讨。

关键词: 软土地区机场飞行区不停航施工; HDPE塑料排水管; 应用分析

中图分类号: TU991

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)01-0211-05

Brief Analysis on Application of HDPE Drainage Pipe in Airport Non-stop Construction

HUANG Lingling, WANG Wei

(Shanghai Civil Aviation New Era Airport Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract: The practical application of HDPE double-wall winding plastic drainage pipe in the continuous navigation construction of the airfield drainage project in soft soil area is introduced. The related problems in the design and construction are analyzed and discussed.

Keywords: soft soil area airfield no-stop construction; HDPE plastic drainage pipe; application analysis

0 引 言

投入运营后的机场飞行区跑道、滑行道及机坪系统等的改扩建工程基本都是在不停航条件下实施。不停航施工是指在运输机场不关闭或部分区域、部分时段关闭, 并按照航班计划接收和放行航空器的情况下, 在机场飞行区内实施工程施工。根据民航局的相关要求, 需制定严格的不停航施工方案及制度以确保施工期间的安全。因此需从经济、技术、安全、工期等多角度充分考虑不停航施工的实际情况、采用有效的施工措施及方案以确保不停航施工的合理可行。

国内机场飞行区排水系统主要通过沟渠的方式进行雨水收集并排放, 断面型式一般有梯形、矩形明沟、盖板暗沟、箱涵等。排水系统横穿道面区域多采用钢筋混凝土结构, 施工工艺包括开挖沟槽、基础处理、支模、混凝土浇筑、养护、拆模、回填等, 工期一般用时较长, 这往往不能满足机场飞行区每天航后仅仅4~6 h或更少的不停航施工时限要求, 因此机场

飞行区排水系统的改造方案在整体不停航施工中是重要环节。

HDPE双壁缠绕塑料排水管属于柔性管材, 特点是耐腐蚀、耐老化性能强, 排水性能优越且施工安装工艺相对便捷快速, 其管-土共同作用机理及柔性接口连接方式, 非常适用于土质较差、容易产生不均匀沉降的软土地基。

笔者通过多例从设计到施工到投用多年的工程项目的实践经验, 对HDPE塑料排水管应用于软土地区机场飞行区排水工程的适应性、选材及技术要求等作出分析总结, 希望能为设计和建设单位提供参考。

1 典型工程实例

1.1 上海浦东国际机场扩建工程第三跑道系统工程

上海位于长江三角洲入海口东南前缘, 属三角洲冲积平原, 浦东国际机场区域由海陆变迁成陆, 属于典型的软土地区。

2006年5月完成了本项目的施工图设计, 其中现有一跑道与新建三跑道间、新建联络道区域的现有砌石排水明沟采用钢筋混凝土盖板暗沟和箱涵进

收稿日期: 2024-08-30

作者简介: 黄玲玲(1974—), 女, 学士, 高级工程师, 从事机场场道设计工作。

行改造。由于本项目改造和新建的部分排水系统距一跑道中心线最近距离仅60 m。民航局规定有飞行活动期间,跑道中心线75 m以内区域禁止任何施工作业,因此这部分排水系统的建设只能在每天航班结束后的晚上实施。且按照运输机场不停航施工的相关要求,在机场航空器起飞、着陆前半小时应当完成清理施工现场的工作,包括填平、夯实沟坑及其他等效措施,并将人员、机具、车辆全部撤离施工区域。施工车辆及人员进出路线穿越航空器开放使用区域的,应及时清洁道面污染^[5]。实施钢筋混凝土结构的排水沟根本无法满足每天不停航施工时限、安全等要求。

同年11月,结合浦东机场一跑道每天通航时刻安排,经多方论证后,对一跑道周边排水系统改造方案进行了设计优化,对一跑道不停航施工区域穿越新建联络道的部分排水沟最终采用HDPE双壁缠绕A型塑料排水管替代钢筋混凝土排水暗沟予以实施,见图1。

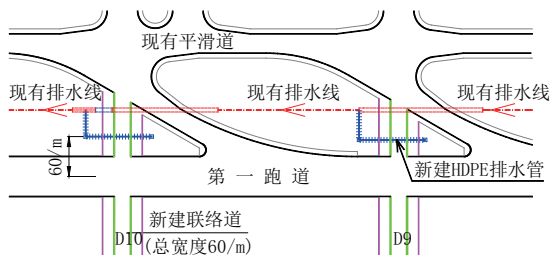


图1 浦东机场一跑道不停航施工范围示意图

本项目是国内软土地区机场首次将HDPE双壁缠绕塑料排水管应用于飞行区排水系统不停航施工区域的改造中,项目实施至今运行状况良好。

1.2 温州永强机场飞行区改扩建工程

温州永强机场(现更名为温州龙湾国际机场)位于瓯江入海口南岸、濒临东海,属浙东南沿海滨海平原,软弱地基土。本次改扩建项目拟在现有跑道东侧新建跑道及滑行道系统,并将现有跑道改为平滑道使用。根据整场的地势设计方案,需在现有跑道东侧距其中心线40 m处修建平行于跑道的通长排水系统。该排水系统位于跑道有飞行活动期间禁止施工作业区,只能每天航后对穿越新建联络道的部分逐一实施。

2011年12月根据现状跑道不停航施工方案的调整情况,为了满足每天晚上航后施工的时限、工期等要求,将现状跑道东侧距其中心线75 m范围内穿越新建联络道道面区的钢筋混凝土排水沟涵调整为HDPE双壁缠绕A型塑料排水管,部分位置采用多孔

管的形式以满足排水需求。排水沟不停航施工区域见图2。项目实施至今运行状况良好。

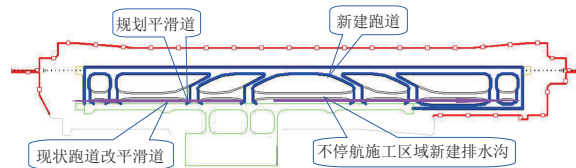


图2 温州永强机场飞行区平面图(2010年)

2 管道结构计算

按照《埋地塑料排水管道施工通用图集》(04S520)中相关要求对管道进行主要控制指标计算。下面以浦东机场项目穿越道面下管道的荷载条件为例进行说明。

2.1 道面结构厚度

管道上部自上而下的覆土情况如下:

- (1)20 cm厚沥青混凝土面层;
- (2)25 cm厚碾压水泥混凝土上基层;
- (3)25 cm厚碾压水泥混凝土下基层;
- (4)50 cm厚山皮石垫层。

2.2 管道基本条件

管道孔径DN1000 mm,壁厚80 mm,覆土厚度范围约为0.7~1.1 m。采用开槽埋管施工,管侧采用中粗砂回填,压实度不小于95%(重型)。

2.3 外荷载条件

浦东机场最大使用A380-800F型飞机,其最大滑行全重 $G=592$ t,主起落架单轮重28.2 t,轮胎压力1.358 kPa,飞机荷载动力系数按1.2取值。

飞机主起落架构型见图3。

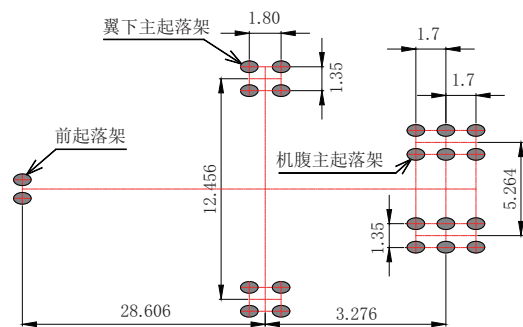


图3 A380-800F型飞机起落架轮架构型(单位:m)

2.4 管道变形计算

正常使用极限状态:组合荷载作用下,埋设管道最大竖向变形不应超过 $0.05D_0$,其计算方法采用《埋地塑料排水管道施工通用图集》(GJBT-778,图集号04S520)中公式^[1]进行计算。

$$W_{d,max} = D_l K_d (F_{av,k} + \psi_q q_{vk} D_0) / (8S_p + 0.061E_d)$$

多排轮压下综合影响传递的竖向压力按照《埋地塑料排水管道工程技术标准》(DG/TJ 08-308—2018)计算: $q_{vk}=163\text{ kN/m}^2$;

每延长米管道管顶的竖向土压力标准值为: $F_{av,k}=17.5\text{ kN/m}^2$;

管道的计算直径: $D_0=1.08\text{ m}$;

管材的环刚度选取: $S_p=12\text{ kN/m}^2$;

管测土的综合变形模量: $E_d=7\text{ 000 kN/m}^2$;

综合以上数据代入公式计算: $W_{d,max}=0.031\text{ m}<0.05D_0=0.054\text{ m}$,满足要求。

按照最新的上海市工程建设规范《埋地塑料排水管道工程技术标准》(DG/TJ 08-308—2018)中变形率($\Delta \leq 3\%$)复核: $\Delta=2.9\%$,也满足要求。

2.5 管道环截面稳定性计算

$F_{cr,k}/F_{vk}=10>2$,满足要求。因此浦东机场项目最终选用环刚度 $S_p>12\text{ kN/m}^2$ 的管材。

温州机场项目根据不同的埋深及荷载情况,通过计算最终选用了环刚度 S_p 为 12~16 kN/m^2 的管材。

3 管型选取

HDPE 双壁缠绕塑料排水管有 A 型管和 B 型管两种型式。

A 型管采用螺旋中空的结构壁,见图 4。具有“工”字钢形的加强结构,在外压作用时结构稳定。这种管材结构内外壁光滑、平整,易于施工回填密实,更好的体现管-土共同作用。可采用承插式+橡胶圈密封进行连接,属于柔性接口,见图 5。这种单向承插连接方式提高了管材连接的密封性、耐久性和安装的快捷性,非常适用于易产生不均匀沉降的软土地基及不规范施工的情况。

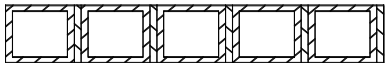


图 4 A 型管结构

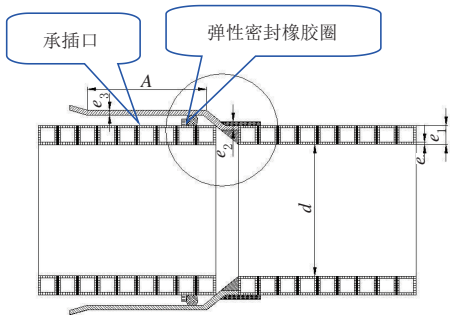


图 5 A 型管承插式双壁缠绕管、管件连接剖面图

B 型管结构特征是内壁光滑、平整,外壁为包覆有 PE 的中空波纹肋,见图 6。外壁的不平整使得管材在施工过程中不易回填密实,不能很好的体现管-土共同作用。一般采用热熔、焊接、热收缩套等刚性接口连接。这种连接方式对实施环境要求高、每个接头的连接时间较长,在地下水位较高的软土地基条件下不适用。



图 6 B 型管结构

综上,不同结构管材的使用区域不同。A 型管适合在地质条件差、埋深较深或地基承载力低的软土地基使用;B 型管适合在地上、埋深浅或地基承载力高的条件下使用,也可以采用混凝土包覆等特殊处理后使用。

因此,结合软土地区机场地下水位高,地基易发生不均匀沉降等地质特点,多例机场飞行区排水沟改造项目均选用 A 型管。

4 施工工艺选取

软土地区天然地基土强度、沉降等无法满足机场道面的要求,机场道面实施前须对天然地基土进行深层或浅层处理。在软土地区民用机场中,飞行区场道工程的深层地基处理主要采用堆载预压法、真空预压法和水泥土搅拌法等;浅层处理主要采用山皮石粒料等进行换填。根据地基处理工艺并结合机场不停航施工对机械、人员每天及时撤离、场地每天恢复的相关要求,加之飞行区排水管孔径一般都在 600 mm 及以上,因此飞行区内穿越道面部分的排水管涵基本都采用反开挖的方式敷设。

5 典型管基结构

某机场飞行区排水工程中的典型 HDPE 双壁缠绕塑料排水管管基结构见图 7,回填压实要求见图 8。

6 安装工艺

HDPE 双壁缠绕塑料排水管施工包括开挖沟槽、基础处理、铺设管道、回填压实、检测等工序,施工快速便捷。华东某机场项目验证了其实施时间能够满足飞行区每天航后不停航施工的时间、安全等要求。

(1) 安装工艺及大致航后施工时间线

本项目不停航施工大致时间线:当日航班约凌

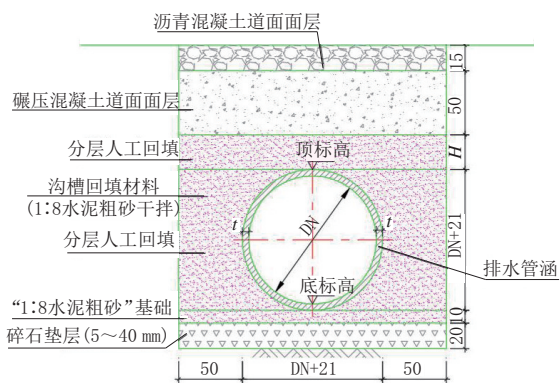


图7 管涵基础结构图(单位:cm)

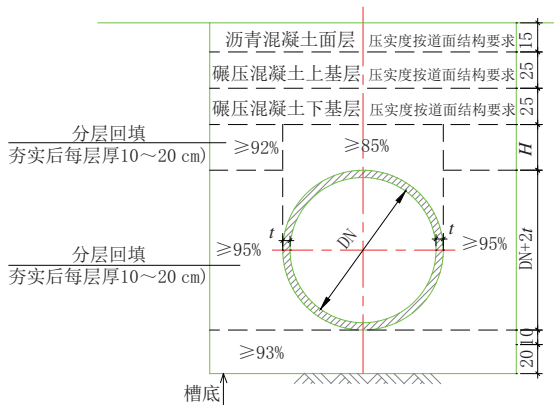


图8 沟槽回填重型压实要求示意图(单位:cm)

晨1:30结束→施工人员及机械设备等安检进场→5:40左右完成管道敷设、回填并清理施工现场、撤出人员及机械设备→6:00左右机场开始巡场→准备开放机场交通(见图9至图12)。



图9 开挖沟槽



图10 沟槽处理



图11 敷设管道



图12 回填处理

(2)沟槽回填压实及管材接口细节(见图13至图17)



图13 管侧壁底部回填材料



图14 管侧壁沟槽回填压实处理

(3)施工中重点事项

为了保证工程质量,管道安装的各项施工工艺均需认真控制,严格按照设计及相关规范要求执行,根据笔者经验主要如下。

a. 开挖沟槽时,应严格控制基底高程,不得扰动



图 15 管顶回填压实处理



图 16 管材接口细节 1



图 17 管材接口细节 2

基面。

b. 开挖中,保留基底设计标高以上 0.2 ~ 0.3 m 的

原状土,待铺管前用人工开挖至设计标高。如果局部超挖或发生扰动或槽底为不良土质情况,需换填粒径 10 ~ 15 mm 天然级配的砂石料或 5 ~ 40 mm 的碎石,整平夯实。

c. 沟槽开挖时应做好排水措施,防止槽底受水浸泡。

d. 管道基础应夯实平整。管道基础在接口部位的凹槽,宜在铺设管道时随挖随铺,接口完成后,凹槽应随即回填密实。

e. 需重视沟槽回填所用材料及压实度要求,建议粒径小于 40 mm,细粒土含量不大于 12%;压实后的干重度不小于 16 kN/m³。

f. 管道安装时需重视接管要求,为防止接口合拢时已排设管道轴线位置移动,需采取稳管措施。

g. 雨季施工应采取防止管材漂浮措施。

7 结 语

经过多个机场项目的应用检验,HDPE 双壁缠绕承插式 A 型塑料排水管能较好适应软土地基,能满足机场飞行区荷载及排水的需要,且具有施工安装快捷、综合造价尚可的特点,因此可作为机场不停航施工措施方案的选项。

参考文献:

[1] GJB7-778,埋地塑料排水管道施工通用图集(图集号 04S520)[S].
[2] GB/T 19472.2—2004,埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统:第 2 部分[S].
[3] DG/TJ 08-308—2018,J 10185—2019,埋地塑料排水管道工程技术标准[S].
[4] 运输机场运行安全管理规定[Z].北京:交通运输部,2022.
[5] AP-140-CA-2003-03,运输机场不停航施工管理办法[S].

(上接第 197 页)

[5] 邵文文.潭耒高速公路旧水泥路面共振破碎施工技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2013.
[6] 史仍超.旧水泥混凝土路面板固有频率及其在共振碎石化技术中的应用研究[D].西安:长安大学,2016.
[7] 史仍超,支喜兰,张叔林,等.旧水泥混凝土路面共振碎石化施工参数研究[J].公路交通科技(应用技术版),2015(12):88-90.
[8] 杨先健,茅玉泉.关于“:交通运输车辆引起的地面振动特性和衰减”一文的讨论[J].建筑结构学报,1987(5):77-80.
[9] 交通部公路科学研究院.公路冲击碾压应用技术指南[M].北京:人民交通出版社,2006.
[10] GB 10070—1988,城市区域环境振动标准[S].
[11] GB/T 10071—1988,城市区域环境振动测量方法[S].