咨 询 通 告

中 国 民 用 航 空 局 机 场 司

编　　号：AC-158-CA-2023-01

下发日期：2023 年 2 月 2 日

基于平疫结合的航站楼适应性规划设计

前　言

运输机场是国家经济社会发展重要的交通基础设施，新冠疫情爆发以来，机场航站楼作为旅客汇聚的主要场所，成为疫情防控重要的前沿阵地。为全面落实我国“外防输入、内防反弹”的疫情防控总策略，国务院联防联控机制和民航局陆续发布《新型冠状病毒肺炎防控方案》和《运输航空公司、机场疫情防控技术指南》至第九版。为及时总结我国机场抗疫时期的实践经验，研究探索符合我国实际的“平疫结合”航站楼规划设计方法， 2022 年 5 月，民航局机场司委托华东建筑设计研究院有限公司联合国内主要机场开展了《基于平疫结合的航站楼适应性规划设计》，为更加科学有效应对未来可能的公共卫生事件提供技术参考。

课题组以“外防输入，内防反弹”为主线，聚焦机场业务特点和航站楼规划与适应性设计，以防控新冠病毒为基础并适当涵盖其它同类型流行病，坚持“平时为主、预留疫时、平疫结合”的技术路线，充分收集研究国内外机场防控政策及文献资料，大量调研详实案例，通过数据分析、精细模拟、计算推导，深入研判了新冠肺炎病毒在航站楼内的传播特点，梳理分析了疫情期间机场运营面临的关键问题，提出了区域与模块、韧性和弹性、生态和健康的平疫结合航站楼规划设计要点，强调智慧引领、平疫结合，为未来的可能的突发性事件保留最大的灵活性，为旅客设置平疫兼顾、灵活可变的航站楼公共空间，营造健康生态的航空出行环境。

本研究报告包括十个章节，主要包括研究概述、基于病毒传播机理提出航站楼平疫结合规划设计要点、以“外防输入”为目标的国际到达模块规划与设计、以“内防反弹”为目标的防疫流程的兼容性和韧性化、与生态绿色相结合的健康空港设计、平疫可转的空调系统提升航站楼的“免疫能力”、关注细节的特殊空间防疫设计、无接触等智慧技术应用、既有航站楼模块化改造实例及策略分析、结语。报告对各主要功能流程、模块涉及防疫的相应策略进行了系统梳理，对大型国际枢纽机场航站楼应对公共卫生事件的适应性规划设计提供指导和建议。

本研究报告提供的各类设计管理措施仅作为机场应对疫情时参考使用，各机场进行设计管理实践时，应充分结合自身实际条件及疾控部门要求进行设置。疫时作为一种“非常时”状态，相关举措要找到规划设计与平疫结合相契合的若干关键技术点，必须着眼于航站楼长期发展，避免影响航站楼的流程使用，力求不降低旅客体验，尽可能减少对于航站楼效率、成本和空间效果的影响。

主编单位：华东建筑设计研究院有限公司

参编单位：北京首都国际机场股份有限公司

上海国际机场股份有限公司浦东国际机场

广州白云国际机场股份有限公司

西部机场集团有限公司

深圳市机场(集团)有限公司

湖北机场集团有限公司

主　　编：郭建祥　陆　燕

参编人员：黎　岩　沈列丞　阳　旭　付小飞　荀　巍

郭　安　陈劲晖　孙扬才　王婉馨　李金婕

董诗悦　唐渝洁　吴　珉　周雨彤　申于平

王萍莉　邹　刚　缪　伟　屈　岑　蔡　明

曹　流　陈　颖　张　明　张　轲　雷　刚

周岳嵩　程　峰　李广志　刘荣辉　王健婷

陈进泉　祝永新

主　　审：张光辉　朱文欣

参审人员：西绍波　彭爱兰　刘亚伟　周　鑫　高利佳

赵　莹　林　晨　陈　斌　郭大杰　朱文松

王　东　朱仁义　王亦知　李树栋　方　勇

陈国亮　王福龙　潘　建　吴川辉

目　录

1 研究概述

1.1 研究内容及范围

根据本次课题研究工作任务，课题组会同部分机场管理机构开展了关于疫情防控的初步调研，调研结果显示，目前各机场疫情防控的措施可主要分为三大类别：

第一大类：通过常规管理和政策措施干预满足防疫要求，不涉及具体物理空间和设备的改造；

第二大类：充分利用既有空间和场地，通过管理及采取临时设施改造相结合的方式满足防疫要求，不涉及较大的物理空间和设备改造；

第三大类：管理手段难以解决或者需要进行大量改造才能满足防疫要求，一般涉及旅客流程的较大调整和设施设备的较大改造。

研究范围聚焦机场航站楼规划与适应性设计，重点关注第二、三类，即仅通过管理和政策措施不能完全满足防疫要求，需通过规划设计予以提升的相关举措。研究对象以防控新冠病毒为基础，并适当涵盖其它同类型流行病。

本研究报告提供的各类设计管理措施仅作为机场应对疫情时参考使用，各机场进行设计管理实践时，应充分结合自身实际条件及疾控部门要求进行设置。

1.2 技术路线

鉴于机场航站楼首要的交通功能特性，本课题研究将疫情处置作为航站楼运营中的非常态，相关举措要找到规划设计与平疫结合相契合的关键技术点，必须着眼于航站楼长期发展，不影响航站楼的流程使用、力争不降低旅客体验，尽可能减少对航站楼效率、成本和空间效果的影响。因而，我们提出规划与设计必须充分坚持“平时为主、预留疫时、平疫结合”的技术路线。

1.3 研究方法

课题组运用国内外文献解读、案例调研、模拟计算等方法，对现行相关标准、规范以及国际文献进行了充分解读，学习研读其研究体系与表述方法，以确保名词术语及相关概念的准确性和一致性；对各大机场现状进行充分调研，做好归纳总结和共性问题的提炼，保证课题所提出的措施有针对性和适应性。

（1）充分解读国际文献保障研究前瞻性：基于平疫结合的技术路线要求，对包括世界卫生组织（WHO）国际卫生条例在内的一系列国际、国内资料文献加强分析研究、并与国内防控要求相结合。

（2）系统调研国内各大机场案例夯实课题基础：对目前各大机场的防疫流程和相关措施进行系统梳理，对目前所面临的共性问题进行归纳总结，提出规划设计层面更高效、更具有适应性的系统解决方案。

（3）结合计算机模拟与相关公式建模分析，针对不同空间场景进一步精细化研究分析。

1.4 国内外研究综述

疫情爆发以来，国内外相继对航站楼新冠疫情防控展开研究。SCOTT BROWNRIGG 2020 年 撰写 《COVID-19：The Potential Impact on Airport Terminal Design》（新冠对于航站楼设计造成的潜在影响），报告认为 2m 及以上社交距离的控制是航站楼疫情防控的重点；并提出在入口、值机、安检、登机、行李提取各主要空间通过隔断保障社交距离的安全性（但同时指出这一措施会造成处理容量的降低，影响程度约 40-60%）；报告指出如果考虑兼顾社交距离和旅客流量，需进一步增加楼内功能区面积。

国际机场协会发布（Airports Council International）的《机场运营实践及新冠疫情管理示范》（Airport Operational Practice- Examples for Managing COVID-19 2020）这份文件则主要对楼内的相关管理措施进行了相对宽泛的规定，并未涉及楼内适应性设计相关内容。具体内容包括：

（1）员工防疫规定：包括体温自我监测、限制对控制中心的访问、保证社交距离、增加清洗频率等；

（2）旅客管理规定：包括入口体温筛查、提供洗消措施、高接触区增加洗消频次、入口处增设消毒垫等；

（3）社交距离控制：以 2 米作为合适的社交距离；

（4）设施规划：限制高接触区使用、控制餐饮上座率、增加洗消设施与频次；

（5）安检：尽可能开放更多安检通道、利用设施提高安检效率

国际航空运输协会《后疫情时代的客舱操作指南》（IATA - Guidance for Cabin Operations During and Post Pandemic; Edition 1- 22 April 2020）报告对疫情流行期间客舱人员疫苗、设备、清洁与消毒、航班前检查、社交距离的保证（1 米以上）、航班服务的注意事项、垃圾处理等操作流程进行了系统规定，这些规定仅为措施性，不涉及相关设计内容。

《新冠疫情对于机场运营的影响评估》（EUROPEAN AVIATION Impact assessment of COVID-19 measures on airport performance）报告认为由于疫情防控措施将增加旅客楼内的通行时间，因此在满足相同旅客容量的情况下，航站楼内面积将进一步增加，航站楼达到目标年的时间将延后，具体来说：

预计出发流程增加 10 分钟左右、增加 50%办票区空间、100%安检空间和 35-50%的登机口空间；预计到达流程将增加 5-20 分钟左右、增加 30-50%行李提取区面积。如果必须保证这些面积，则将会相应降低旅客容量。

兰德隆布朗实验室 2020 年-2021 年撰写系列文章，其中 2021 年 4 月 撰写的**《机场的弹性——一种现代的规划方法》**（Airport Resiliency-A Modern Approach）一文中，围绕机场弹性规划展

开，重点分析弹性规划机场的要求，以及如何结合现有设施进行弹性规划，从宏观角度提出了不同的规划考虑因素和建议措施：

（1）规划期间进行机场评估；

（2）楼内空间保障社交距离、国际到达检测和隔离需求；

（3）空间具备灵活划分的可能性；

（4）新技术的运用；

（5）考虑气候变化；

（6）规划时候考虑增加非航收入；

（7）强调机场收入的多样性；

（8）机场应支持城市恢复活力。

兰德隆布朗实验室2021年5月撰写的**《亚太及美洲地区航空市场的回顾与展望》**探讨了新冠对亚太地区和美洲机场的影响，并展望了后续的市场复苏，相关数据表明，在一个阶段内疫情一旦有所控制，民航市场的恢复也十分明显：

（1）2021年3月民航航班已经恢复至疫情前70%；

（2）公务机航班2020年底已经反超；

（3）中国民航航班最先恢复，2020年8月国内航班运力即全部恢复；

（4）美国航班2021年3月开始显著恢复，随着疫苗人数增加恢复至疫情前水平，而商务客比例则有所下降10%-20%；

（5）充分肯定中国显示疫苗的APP和二维码的使用效果，认为提升病毒测试的准确性和加速疫苗接种计划对全球客运量的

回升极为重要。

中国航空规划设计研究院 2021 年在**《城市视野下的当代交通建筑》**一文中针对后疫情时代，提出在宏观规划层面通过设施的分散化和流程的无感化，来减少旅客的交互接触；航站楼功能由机场端向城市端的分散共享，有助于缓解防疫压力；

中南建筑设计研究院 在 2020 年武汉疫情爆发后，在其公众号上发表**《后疫情时代航站楼的设计思路》**，提出了各主要旅客流程针对防疫的初步构想。

西南建筑设计研究院 在 2020 年在**《新型冠状病毒的空气传播风险与室内环境控制策略》**一文中，对新型冠状病毒的空气传播风险与室内环境控制策略进行了初步探讨。

经过对国内外研究成果的整理，总体而言，**国外的相关分析深入度不够。**国外对于新冠防控的研究一般由多家公司或运营主体各自完成，主要针对机场、航班、航站楼等相关方面运营提供优化建议，面铺得较广，但缺乏针对航站楼适应性设计的深入研究，多以管理措施和宏观规划为主，相关内容主要有：

（1）强调了社交距离在疫情防控中的重要性；

（2）强调了管理等措施的重要性；

（3）强调了疫情对于空间使用效率的降低，或者说同等指标下功能区面积的增加；

（4）提出了对于各主要功能空间通过开放更多通道或者设备优化等提高效率；

（5）宏观规划上提出了机场的弹性设计。

国内相关研究则显得系统性不足。国内对新冠防控的相关研究主要基于一个片段，对平疫结合的航站楼适应性规划设计尚未形成体系；相关学术研究主要由设计院和高校发表，未与机场等一线运营单位形成有效合力。

1.5 调研情况概述及小结

课题组自 2022 年 6 月以来开展了近 3 个月的调研，包括：

第一轮总体调研 ：

6 月 10 日上午：深圳机场交流调研

6 月 10 日下午：首都机场交流调研

6 月 15 日下午：上海浦东机场交流调研

6 月 16 日上午：西安机场交流调研

6 月 16 日下午：武汉天河机场交流调研

6 月 18 日下午：广州白云机场交流调研

第二轮专题调研：

8 月 19 日上午：西安机场国际指廊改造交流调研

8 月 26 日下午：首都机场 T3D 改造交流调研

9 月 6 日上午：浦东机场 T2 航站楼国际到达改造交流调研

9 月 9 日下午：南京禄口机场国际到达保障专区交流调研

课题调研工作得到了课题组各成员单位以及相关机场的大力支持与配合，机场各相关部门做了大量的数据整理和工作梳理，

具体调研记录详见附件，基于调研情况，一些主要特点简要概括如下：

（1）国际到达及部分中高风险的国内到达是各大机场防疫重点；

（2）规划层面：国际到达区域如何设置是各大机场面临的共性问题，目前主要的处理方式为设置独立的航站楼或者独立的防疫功能模块；

（3）功能流程层面：主要是在既有楼内流程中插入防疫流程，航站楼设计之初未考虑大规模防疫流程；

（4）自助设施使用层面：由于各地疫情防控政策的不同，存在停用的情况；

（5）不同风险区域空调运行情况：中高风险区空调系统全新风运行，低风险区依据新风尽可能大的原则运行，但室内温度控制困难，能耗较高。

（6）空调系统清洗消毒情况按现有规范和指南执行，根据区域的不同风险等级，制定清洗消毒的频次。

1.6 关键技术点梳理

根据以上开展的总体调研和专题调研情况，**课题研究确定了以下八大关键技术要点：**

（1）基于病毒传播机理提出航站楼平疫结合规划设计原则；

（2）聚焦国际，强调航站楼功能、规划、设计的模块化；

（3）聚焦流程，旅客流程注重防疫流程的兼容性和韧性化；

（4）聚焦健康，与生态绿色相结合的健康空港设计；

（5）聚焦安全，平疫可转的空调系统，提升航站楼的“免疫能力”；

（6）聚焦细节，梳理特殊功能空间防疫设计关键技术；

（7）聚焦科技，无接触智慧技术应用；

（8）聚焦改造，既有航站楼模块化改造的难度及策略分析。

2 基于病毒传播机理提出航站楼平疫结合规划设计要点

自 2019 年底新冠疫情爆发以来，为达到“外防输入、内防反弹、人物同防”的目标，在疫情防控工作方面，全国各大机场根据各自机场现有条件和特点，对不同风险区域在管理和改造上采取了大量的措施，如加强工作人员进入风险区的措施保护，如增加隔断、封堵孔洞、加强消杀等，取得了成效，获得了经验。同时，各大机场也非常希望通过研究与分析，将理论和实际相结合，使防疫工作标准化、体系化，指导未来的防疫工作。

本章节内容主要是梳理问题和提出问题，旨在通过定性研究、文献梳理、调研分析等工作，为航站楼平疫结合的规划设计及改造提供理论支撑。

课题组基于对航站楼建筑防疫的国内外标准规范、规定、导则以及文献的梳理，根据新冠病毒的传播机理、结合航站楼在疫情期间的功能流线和使用特点，提出了不同风险区域的划分等级或划分方法，为后续章节的研究提供基础性依据。同时，结合所完成的各大机场调研梳理和总结，提出了航站楼平疫结合规划设计要点。主要包括以下几个方面：

（1）新冠病毒的传播机理及航站楼内的传播特点；

（2）国内外现有防疫标准规范、规定导则以及文献梳理；

（3）各大机场疫情期间运营面临的问题；

（4）航站楼区域风险等级的划分及航站楼平疫结合规划设计要点；

2.1 新冠肺炎病毒在航站楼内的传播特点

2.1.1 传染病概述

传染病的定义：传染病是由各种病原体引起的能在人与人、动物与动物或人与动物之间相互传播的一类疾病。

传染病的分类：《中华人民共和国传染病防治法》中规定根据传染病的传播方式、速度和危害程度分为甲类、乙类和丙类三类。

传染病的传播：必须具备**三个条件，即传染源、传播途径和易感人群。**这三个条件，形成了完整的**传播链**。

传染病的一般传播方式：消化道传播、接触传播、呼吸道传播、血液传播、飞沫传播、性传播、母婴传播、虫媒传播等。同一种传染病可同时存在多种传播方式。

常见传染病：流脑、猩红热、百日咳、流感等，它们通过飞沫传播，菌痢、伤寒、霍乱、甲型毒性肝炎通过水和食物传播，皮肤炭疽、狂犬病等为接触传播。**新冠肺炎传播途径为飞沫传播、气溶胶传播和接触传播。**

传染病预防：主要可通过三种方式预防传染病的传播，即控制感染源、切断传播途径、保护易感人群。

2.1.2 国际公共卫生事件梳理

自《国际卫生条例（2005)》颁布以来，世卫组织宣布了六次公共卫生应急事件,前五次分别为2009 年的甲型 H1N1 流感、2014 年的脊髓灰质炎疫情、2014 年西非的埃博拉疫情、2015-16 年的“寨卡”疫情，2018 年开始的刚果（金）埃博拉疫情。2020 年 1 月 30 日，世界卫生组织发布新型冠状病毒感染肺炎疫情为国际关注的突发公共卫生事件。

（1）2009 年 H1N1 流感，主要通过飞沫经呼吸道传播，也可通过口腔、鼻腔、眼睛等处黏膜直接或间接接触传播。人群普遍易感，主要的预防措施是保持个人卫生、勤洗手、戴口罩、接种疫苗等。持续时间为 1 年，主要爆发地为美国，美国感染人数为 2200 万人。中国 31 个省份确诊人数约为 12.7 万人。

（2）脊髓灰质炎，主要传播途径为口粪传播，1-5 岁幼儿传播发病率最高，接种疫苗地区可大大降低发病率，且与航站楼防控关系不大。

（3）埃博拉病毒，传染途径包括三种，一、密切接触感染动物的血液、分泌物、器官及其他体液，二、与感染者的血液、体液或其他分泌物(如粪便、尿液、唾液、精液)直接接触，三、接触被病患污染的环境或物品。两次爆发均发生在非洲，未造成全球性影响，且流行时间短，对我国并无影响。

（4）“寨卡”病毒，主要通过蚊虫叮咬传播。国际卫生组织提出“飞机和机场应实施世界卫生组织建议的灭虫标准”，该建

议可通过管理措施解决，不涉及航站楼规划设计要求。

综上所述，除 2009 年 H1N1 流感病毒与新冠肺炎存在相似的传播方式以外，其他传染性疾病由于其传播方式和易感人群等因素，对航站楼的规划设计几乎不造成影响。而 2009 年 H1N1 流感病毒疫情发展，较新冠疫情流行时间短，且我国感染人数仅为新冠感染 1.5%左右（新冠确诊数据截止 2022 年 11 月 7 日）。因此，航站楼的规划设计并未因为 2009 年 H1N1 流感疫情爆发而形成系统性、针对性、长期的防控措施。

2.1.3 新冠肺炎病毒传播方式研究

新型冠状病毒肺炎（Corona Virus Disease 2019，COVID-19），简称“新冠肺炎”，世界卫生组织命名为“2019 冠状病毒病”是指 2019 新型冠状病毒感染导致的肺炎。新冠肺炎在我国属于乙类传染病，采取甲类传染病的预防、控制措施。

新冠肺炎传播途径为飞沫传播、气溶胶传播和接触传播。

飞沫传播：是指新冠病毒感染者通过喷嚏、咳嗽、说话的飞沫，呼出的气体近距离传播，导致易感人群直接吸入病毒颗粒造成感染。世界卫生组织（World Health Organization,WHO）根据颗粒大小，将 > 5 um 且 < 10 um 的颗粒定义为飞沫。根据空气动力学特征，在无湍流条件下飞沫在排出后约 2 m 范围内落到地面，科学家通过实验发现飞沫传播的临界距离约为 2.5 m。**这一研究结论为封闭空间中人流密度，人与人之间的安全距离的**

确定提供了理论支撑。

气溶胶传播：是指带有病毒的飞沫混合在空气中形成气溶胶，易感人群吸入后导致感染。世界卫生组织将颗粒度 < 5um 的颗粒定义为气溶胶。气溶胶在空气中悬浮时间长、漂浮范围距离长，给疫情防控带来极大挑战。

接触传播：是指飞沫沉积在物品表面，易感人群接触污染后，再接触口腔、鼻腔、眼睛等粘膜，导致感染，这种传播方式造成的 COVID-19 传播被认为是较低概率事件，约为十万分之一。目前，未见在常温条件下，在非生命体物表分离出 SARS-CoV-2 活病毒的报道。(数据来源：1. 《人呼出飞沫和飞沫核的运动传播规律》，科学通报 2.《新型冠状病毒传播途径及个人防护措施研究进展》屠鸿薇，甘萍，钟若曦，庄雅丽，朱杰民，何昌云，张萌，陈秋霞，宋铁，广东省疾病预防控制中心)

2.1.4 航站楼内新冠病毒感染源来源及传播特点

课题组将航站楼平疫结合规划设计研究聚焦于新冠肺炎病毒在航站楼内的传播及防控主要基于以下原因：

（1）新冠病毒自 2019 年以来对机场正常**运营产生较大影响，**亟需形成一套完整的平疫结合设计建议，指导今后机场规划设计。

（2）新冠病毒的**传播方式有代表性，**涵盖飞沫传播、气溶胶传播及接触传播，对于新冠病毒防控措施的研究成果可应用于其他病毒的防控。

（3）新冠病毒可通过气溶胶传播，**防控难度较大**，值得讨论。

（4）其他病毒，如血液传播、虫媒传播等传播方式在航站楼内传播概率极低，而接触传播等可以通过增加消毒清洁次数等管理措施来应对，防控工作不涉及场地、建筑、设施设备的改造，疫情防控相对容易。

因此，为应对新冠病毒传播，通过研究，总结归纳出机场航站楼平疫结合规划设计原则，具有普适性意义，可推广应用于其他突发性公共卫生事件。

根据《新型冠状病毒肺炎防控方案（第九版）》提出的“坚持人、物、环境同防，加强重点时段、重点地区、重点人群疫情防控”的要求，通过分析病毒在航站楼内的传播特点和传播途径，可以更好地分析航站楼的防疫的重点，在规划设计阶段做出对应的措施。调研结果显示，机场航站楼内新冠病毒的**主要来源**是入**境旅客及境外冷链货品。**

冷链货品的疫情防控，可以通过加强消杀和增强工作人员的防护措施等管理措施实现，因此**本次研究重点关注与规划设计密切相关的入境旅客流线与空间，分析病毒在航站楼内的传播轨迹和特点，通过规划设计从流程上实现入境旅客的闭环管理，从而控制疫情的传播。**

通过调研分析，我们发现航站楼内病毒传播主要有以下几种传播轨迹和特点：

（1）高风险入境人群中存在染疫人员，非感染旅客在航站

楼内直接与其接触，导致感染；

（2）部分空间相对密闭（如入境指廊、安检区域等），缺乏自然通风条件，病毒气溶胶存在长时间漂浮在空气中的可能性；

（3）现有航站楼设施设备相连，病毒具有通过空调通风管道、卫生洁具排气管/回风管等传播的可能性；

（4）安检、核酸查验等流程中有摘口罩等动作的必要性，存在感染风险。

由此，我们认为**空气传播是新冠病毒在航站楼内的主要传播方式，同时也是航站楼内防疫的重难点。**

2.2 国内外机场防控政策及相关文件的解读

课题组搜集、整理了国内外新冠防疫政策及相关措施的指导文件，并组织进行了充分解读和深入研究，确保课题组对卫生、防疫等学术关键知识内容理解的一致性和准确性，以及课题研究架构的合理性和先进性。通过归纳总结文献中的预防和管理措施，对平疫结合的航站楼规划设计原则的确立提供了支撑。

国内外文件的研读主要从以下三方面展开：

（1）**内容概要：**包括文件的出处、发布时间、适用范围、主要措施。

（2）**主要条款及措施摘录：**摘录文献中与规划设计直接相关的部分，为各大航站楼管理部门采取相应措施提供依据。

（3）**措施及要求的归纳总结：**从规划设计角度，归纳总结文

献中提出的对于航站楼内防疫措施的要求，包括**“场地、建筑空间、功能流线、设备设施、智慧机场”**等5个方面。

①场地：主要针对航站楼外车道边，航站楼入口灰空间，停机坪等航站楼室外区域；

②建筑空间：主要针对航站楼内旅客大厅、等候空间、安检区域、海关查验等室内空间；

③**功能流线：**包括旅客流线、工作人员流线、货物流线；

④**设备设施：**主要考查法规文献内对于机电系统及设备的要求；

⑤**智慧机场：**法规条例中关于机场内的无接触查验以及信息共享等方面的要求。

2.2.1《国际卫生条例（2005)》解读

（1）内容概要

《国际卫生条例（2005）》（International Health Regulations，IHR）是一部具有普遍约束力的国际卫生法，我国是其缔约国。

《国际卫生条例（2005)》为应对全球疾病传播提供了至关重要的法律框架，条例表明：国际港口、机场和地面过境点需要制定有效的应急计划，应对可能构成国际公共卫生的突发事件。

现行的《国际卫生条例（2005)》的目的和范围是“以针对公共卫生风险，同时又避免对国际交通和贸易造成不必要干扰的

适当方式，预防、抵御和控制疾病的国际传播，并提供公共卫生应对措施”。

（2）主要条款及措施建议摘录

通过对《国际卫生条例（2005)》的研读和分析，课题组摘录以下对机场航站楼设计有直接影响的条款，并且根据“建筑空间、功能流线、设施场地、建筑技术、智慧机场”进行分类：

表 2-1“国际卫生条例（2005 年)”与机场规划设计要点梳理（应对国际关注的公共卫生突发事件）

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
1	场地	消杀	第十八条	处理行李、货物、集装箱、交通工具、物品、邮包或骸骨以消除感染或污染源（包括病媒和宿主);
2		消杀	第十八条	如果现有的一切处理或操作方法均不成功，则在监控的情况下查封和销毁受感染或污染或者嫌疑的行李、货物、集装箱、交通工具、物品或邮包
3		消杀	第二十七条	如果根据公共卫生危害的事实和证据发现交通工具舱内存在着临床迹象或症状和情况（包括感染和污染源)，主管当局应当认为该交通工具受染，并可：(1) 对交通工具进行适宜的消毒、除污、除虫或灭鼠，或使上述措施在其监督下进行
5		消杀	附件 1，B，2.5	采取建议的措施，对行李、货物、集装箱、交通工具、物品或邮包进行灭虫、 灭鼠、消毒、除污，或进行其它处理，包括适当时在为此目的特别指定和装备的场所采取这些

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
				措施
6	建筑空间	留观	第十八条	对嫌疑者进行公共卫生观察
7		检查治疗	第十八条	对嫌疑者实行检疫或其它卫生措施
8		隔离	第十八条	对受感染者实行隔离并进行必要的治疗
9		检查治疗	第二十三条	对旅行者进行能够实现公共卫生目标的干扰性最小的非创伤性医学检查
10		检查治疗	附件 1，B，1.1	能利用①当地适宜的医疗服务（包括诊断设施），以使患病的旅行者得到迅速的诊治，并②调动足够的医务人员、设备和场所
11		检查治疗	第二十二条	主管当局的作用：负责监督在入境口岸向旅行者、行李、货物、集装箱、交通工具、物品、邮包和骸骨提供服务的人员，必要时包括实施检查和医学检查
12		检查治疗	第三十一条	与旅行者入境有关的卫生措施：若有证据表明存在危急的公共卫生危害，则缔约国根据其国家法规并出于控制此危害的必要，可强迫旅行者接受或根据第二十三条第 3 款建议旅行者接受： (1) 创伤性和干扰性最小、但可达到公共卫生目的的医学检查； (2) 疫苗接种或其它预防措施；或 (3) 预防或控制疾病传播的其它常用的卫生措施，包括隔离、检疫或让旅行者接受公共卫生观察。

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
13		分区	第十八条	拒绝未感染的人员进入受染地区
14		分区	第十八条	不准嫌疑或受染者入境
15		分区	附件1，B，2.3	提供与其他旅行者分开的适当场地，以便对嫌疑受染或受染的人员进行访视
16		分区	附件1，B，2.4	对嫌疑旅行者进行评估，必要时进行检疫，检疫设施最好远离入境口岸
18		转运	附件1，B，1.2	能调动设备和人员，以便将患病的旅行者运送至适当的医疗设施
19		转运	附件1，B，2.2	评估和诊治受染的旅行者或动物，为此与当地医疗和兽医机构就其隔离、治疗和可能需要的其它支持性服务做出安排
20	**设备**设施	环境安全	附件1，B，1.4	确保使用入境口岸设施的旅行者拥有安全的环境，包括饮水供应、餐饮点、班机服务设施、公共洗手间、适宜的固体和液体废物处理服务和其它潜在的危险领域
21	智慧**机场**	流调	第十八条	追踪与嫌疑或者受感染接触的人员
22		流调	第二十三条	对旅行者：① 了解有关该旅行者旅行目的地的情况，以便与其取得联系； A58/55 21 ② 了解有关该旅行者旅行路线以确认到达前是否在受染地区或其附近进行 过旅行或可能接触感染或污染，以及检查旅行者的健康文件（如果按本条例需要此类文件）

（3）归纳小结

①场地

“消毒”一词在条例中出现八次，建议“采用卫生措施利用化学或物理制剂的直接作用控制或杀灭人体或动物身体表面或行李、货物、集装箱、交通工具、物品和邮包中(上)的传染性病原体”，保证入境交通工具、人和物的安全。消毒是减少病毒接触传播的一种方式。**在机场航站楼的设计当中，需要根据当地卫生防疫要求，预留消杀场地，为突发的公共卫生事件做好准备。**

②建筑空间

《国际卫生条例（2005）》 中涉及航站楼建筑空间的条文共12条，其中关于设置分区的有4条，其余8条均为建议提供留观、隔离以及检查治疗的空间。

“分区”主要针对“染疫者”或“疑似染疫者”与正常旅客的分区，目的是从切断感染源的角度控制疫情传播的可能性，基于该原则，建议在航站楼内针对国际入境航班设置独立区域，并设置独立的核酸检测空间。

③功能流线

《国际卫生条例（2005）》 中对于流线的要求主要涉及**感染人员、动物、以及物品的转运。这是独立于平时机场运营的一条特殊的流线，**需要在兼顾效率和经济性的情况下设计该转运流线。

④设备设施

《条例》中重点提到了入境口岸的卫生间、餐饮设施、饮水

点的安全问题，因此在设计中需重点考虑入境流线中该类设施的防疫设计。

⑤智慧机场

《国际卫生条例（2005）》中共提到“信息”一词76次，包括第一编中关于“个人数据”、“科学依据”的定义，以及关于信息的“监测”、“核实”的建议等。信息的及时公开与共享在面对国际公共卫生事件中承担重要作用。

在机场运营过程中，运用科技手段实现高效的信息共享、传播以及互认对于机场流程效率有积极意义。

2.2.2《世卫组织关于新冠肺炎应对指导文件要览》(A guide to WHO’s guidance on COVID-19)

该《要览》更新发布于2020年7月17日。

出现新冠肺炎以后，世卫组织相关团队与来自世界各地的专家合作制定指导文件。专家们共同审查各国的报告、研究和陈述，分析疫情发展趋势、征询专家组意见，然后商定最佳方法。

指导文件的使用对象为卫生决策者，他们根据本国情况和情景作出调整。

通过《要览》可以得到关于“疫情防范”、“疫情应对”、“管理和终止疫情”、“疫情期间和疫情过后恢复活动”等综合指南和技术指导，包括疫情期间的旅行建议“Travel Advice”。

2.2.3《在新冠肺炎背景下实施基于风险的国际旅行方法的技术考虑》(Technical considerations for implementing a risk-based approach to internatioal travel in the context of COVID-19)

（1）内容概要

发布于 2021 年 7 月 2 日。

随着新冠肺炎大流行的继续蔓延，文件要求会员国应采取适当措施，减少与国际旅行相关的病毒的传播，对国际旅行采取基于风险的识别方法。

这份更新的临时指导文件为国家当局制定国家、地区或次国家区域之间的航空、海运或陆路国际旅行政策提供了关键考虑因素。该文件分为三个主要部分：风险评估、风险缓解和风险沟通。该文件旨在支持各国逐步增加国际旅行量，并且采取积极措施以减少与旅行相关的病毒出口、进口和传播。

（2）主要条款及措施建议摘录

表 2-2 《在新冠肺炎背景下实施基于风险的国际旅行方法的技术考虑》要点

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
1	建筑空间	物理距离	附表1	控制人群数量，入境点保持 1 米物理距离，

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
2		物理距离		增加安检和护照检查亭数量缩短排队时间，充分考虑出发国和到达国的疫情情况。设置宽敞等候空间，对人流进行控制。
3	功能流线	流线独立		建立一个专门的、快速的过境旅客路线，包括长期使用的过境空间和中途转机停留空间。
4	设备设施	通风		确保入境处的通风良好。

（3）归纳小结

该技术小结主要针对建筑空间、功能流线和设施设备提出要求，包括控制人群密度，设置针对高风险入境旅客的专用流线和确保良好通风等方面，控制新冠疫情在国家之间的传播

2.2.4《在 COVID-19 暴发的情况下，入境点（国际机场、海港和地面过境点）的患病旅客管理》（Management of ill travellers at points of entry – international airports,ports and ground crossings – in the context of the COVID-19 outbreak）

（1）内容概要

该管理措施建议发布于 2020 年 2 月 16 日，当时多个国家报

告了本土新冠疫情病理。

根据《国际卫生条例》，国际港口、机场和地面过境点的公共卫生主管部门必须制定有效的应急计划和安排，以应对可能构成“国际关注的突发公共卫生事件”。

文件旨在为在国际机场、港口和地面过境点（包括交通工具上）发现和管理疑似感染 COVID-19 的患病旅客提供建议。建议指出，每个国家应根据防疫重点和能力实施以下措施：

①发现患病旅客

②针对 COVID-19 与患病旅客进行面谈

③报告疑似感染 COVID-19 的患病旅客警报

④疑似感染 COVID-19 的患病旅客的隔离、初始病例管理和转诊

（2）主要条款及措施建议摘录

表 2-3 《入境点（国际机场、海港和地 面过境点）的患病旅客管理》摘录

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
1	建筑空间	社交距离	1. 在国际入境点	工作人员应始终与旅客保持 1 米以上距离
2				旅客在等待通过入境点时互相之间保持 1 米距离
3		隔离		当入境点卫生人员和/或通过温度测量发现显示出疾病迹象的旅客时，或

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
			发现患病旅客	者当出现疾病症状的旅客前来寻求入境点卫生人员的帮助时，有必要建议他/她和他/她的旅伴离开人群，并被护送到入境点的专用设施作进一步评估
4		流调空间	2. 针对COVID-19与患病旅客进行面谈	在入境点附近建立/确定一个设施，以便将患病旅客转至那里等待面谈。确保这一空间足以使等待面谈的患病旅客之间保持至少 1 米的空间间隔。
5		隔离		理想情况下，该设施还应该能够隔离在接受面谈后被怀疑感染了 COVID-19 的患病旅客，让他们在那里等待被送往医疗机构。
		隔离		确保在隔离区为患病旅客提供椅子和/或床。
6		隔离	4. 疑似感染COVID-19的患病旅客的隔离、初始病例管理和转诊	应将旅客安置在专门供疑似感染 COVID-19 的患者使用的通风良好的房间中 （例如，在天气允许的情况下打开门窗）。
7		社交距离		如果有多位 COVID-19 疑似患者被安置在同一个房间中，应确保旅客之间至少有 1 米的距离；

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
9	功能流线	转运	4. 疑似感染COVID-19的患病旅客的隔离、初始病例管理和转诊	制定一个流程，将暴露的旅客（包括怀疑感染COVID-19 的有症状旅客的旅伴）转至医疗机构接受进一步评估和治疗。
10	设备设施	防疫物资	2. 针对COVID-19与患病旅客进行面谈	确保供应足够的手部卫生用品、含酒精成分的免洗洗手液或肥皂和水。
11				确保提供呼吸卫生用品，包括医用口罩（供有呼吸道症状的病患使用）和纸巾。
12		环境安全	4. 疑似感染COVID-19的患病旅客的隔离、初始病例管理和转诊	应将旅客安置在专门供疑似感染COVID-19 的患者使用的通风良好的房间中 （例如，在天气允许的情况下打开门窗）。
13				理想的情况下，应该有一个专用卫生间，只供疑似患者使用；
14	智慧机场	无接触	1.在国际入境点发现患病旅客	如果选择了温度筛查，则应使用非接触式温度计（手持式或热成像摄像机）来确定温度。

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
15			2. 针对COVID-19与患病旅客进行面谈	使用非接触式温度计进行体温测量；

（3）归纳小结

该管理建议着重强调了对于入境疑似新冠病例的管理，**强调了保持物理距离以及设立独立的隔离等候空间的必要性，要求该空间需要有良好的通风，配置独立卫生间。**

同时，该条例中提出对于染疫旅客的转运应设置**一条独立流线**。

管理条例中同样强调了**无接触温度筛查设施**。

2.2.5《世卫组织关于SARS-CoV-2 Omicorn 变体的国际交通建议（B.1.1.529)》(WHO advice for international traffic in relation to the SARS-CoV-2 Omicron variant (B.1.1.529))

发布于2021年11月30日

世界卫生组织（世卫组织）根据病毒进化问题技术咨询小组（下称TAG-VE)于2021年11月26日的建议，将变异型B.1.1.529指定为关注变种（VOC)，名为Omicron。在该组织宣布之后，越

来越多的国家正在采取临时措施以及基于风险的国际旅行管理。

文件提出“各国在根据《国际卫生条例》实施旅行措施时，应继续采用基于证据和风险的方法”、**“出发国、过境国和抵达国的国家当局可采用多层次的风险缓解方法，**以潜在地延迟和/或减少新变种的出口或进口”、“根据 2021 年 11 月 26 日发布的公告，任何与旅行相关的风险缓解措施都应该是国家总体应对战略的一部分”。

文件内建议对出发、中转、到达旅客采取多层次手段防止疾病传播，包括**在出发之前或者到达以后对旅客进行新冠病毒的检测，或对境外旅行者的隔离措施。基于该建议，机场在前期设计中应预留新冠病毒检测场地与疑似病例的隔离场地。**

WHO 文件解读小结：

自 2019 年新冠肺炎爆发以来，WHO 发布了一系列指导性文件，这些文件对“疫情防范”、“疫情应对”、“管理和终止疫情”以及“疫情期间和疫情过后恢复活动”等提供了指导性建议，其中对于**航站楼的规划设计可归纳为以下几个方面：**

建筑空间：

①通过合理设计建筑空间的尺度以及布置隔离设施，确保旅客之间、旅客与工作人员之间的社交距离；

②为疑似染疫人员设置隔离等候空间，等待转运；

③预留新冠病毒检测场地。

功能流线：建立独立的过境旅客流线，即高风险流程需独立运行

设施设备：保障航站楼内良好的通风

智慧机场：建议采用无接触测温技术

2.3 国内防控政策、标准与规范的解读

新冠疫情爆发以来，我国坚持“外防输入、内防反弹”的政策，同时结合疫情的发展情况，及时调整政策、优化措施。进一步提升防控体系的科学性、精准性，最大程度保护人民生命安全和身体健康，最大限度减少疫情对经济社会发展的影响。机场航站楼的设计从满足使用管理的灵活性、兼容性、韧性化出发，才能更从容应对新冠疫情防控的难点和特点。

国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组于2022年11月11日发布

2.3.1《关于进一步优化新冠肺炎疫情防控措施科学精准做好防控工作的通知》

国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组于2022年11月11日发布《关于进一步优化新冠肺炎疫情防控措施科学精准做好防控工作的通知》其中与机场航站楼息息相关的内容包括：

取消熔断机制：（第七条）取消入境航班熔断机制，并将登机前48小时内2次核酸检测阴性证明调整为登机前48小时内1次核酸检测阴性证明。

重点流线独立：（第八条）对于入境重要商务人员、体育团组等，“点对点”转运至免隔离闭环管理区（“闭环泡泡”），开展商务、训练、比赛等活动，期间赋码管理，不可离开管理区。

入境人员阳性判定标准调整：（第九条）明确入境人员阳性判定标准为核酸检测 Ct 值<35，对解除集中隔离时核酸检测 Ct 值 35—40 的人员进行风险评估。

入境隔离期变短：（第十条）“7 天集中隔离+3 天居家健康监测”调整为“5 天集中隔离+3 天居家隔离”；

明确落地检要求：（十五）落实“四早”要求，减少疫情规模和处置时间。各地要进一步健全疫情多渠道监测预警和多点触发机制，面向跨省流动人员开展“落地检”，发现感染者依法及时报告，第一时间做好流调和风险人员管控，严格做到早发现、早报告、早隔离、早治疗，避免战线扩大、时间延长，决不能等待观望、各行其是。

结合课题已经形成的一些研究成果，优化后的防疫措施亦是对本次课题研究内容和成果的一种检验和校核，对航站楼规划设计有三方面的影响：

①熔断机制的取消、隔离期的调整，以及阳性判定标准的调整将**有助于国际旅行和国内旅行的逐步恢复。**航站楼规划设计应通过**空间预留、系统配置、快速通过路径的设置，叠加防控管理措施来**应对未来的客流量的增加。

②重点人员的流线独立，针对国际商务和体育团形成闭环管

理。

③针对“落地核酸”的要求，根据风险动作及风险等级分类，建议航站楼设计中**预留室外场地进行落地核酸检查**。

2.3.2《运输航空公司、机场疫情防控技术指南（第九版）》解读

自 2020 年 1 月以来，根据新冠疫情发展情况，民航局发布了《运输航空公司疫情防控技术指南》共九个版本，随着对于病毒传播肌理的深入了解以及防控过程中总结的经验，技术指南每一版较之前的版本都提出更具体和完善的建议。调研发现，六大机场航站楼根据指南的要求及时调整、不断完善防控方案，通过一些设施的临时性改造和管理措施手段满足防疫要求。

现行针对航站楼防控标准与规范文件主要为《运输航空公司、机场疫情防控技术指南（第九版）》、《创建国际卫生机场》及《国家口岸查验基础设施建设标准》、《口岸负压隔离留验设施建设及配置指南》。本节解读主要针对以上几个文件，从“场地、建筑空间、功能流线、设施设备以及智慧机场”五个方面对于航站楼防疫措施进行小结，并提出建议。

在后续执行过程中，建议机场管理机构应根据国家及所在城市疾控中心要求，针对疫情情况，启动不同等级的应急预案，采取分级管理措施。

（1）内容概要：

《运输航空公司、机场疫情防控技术指南（第九版）》结合前期民航疫情防控经验和有效做法，根据疫情变化趋势，在前八版疫情防控技术指南的基础上，依照国务院联防联控机制综合组印发的《新型冠状病毒肺炎防控方案（第九版）》修订形成。

《指南（第九版）》进一步科学细化、优化、提级疫情防控系列措施。

- 细化了国际航班机组人员驻外管理要求，规范了国内航班机场常态化保障措施及保障人员分类分级、环内环外工作程序。
- 优化机组入境隔离管理、境外防护等方面要求，根据机组人员执勤类型调整集中隔离及健康监测时间要求；对进口物品实施分级分区防控。
- 提级国际航班风险分级标准，通过设立机组人员清洁区、加大盥洗室清洁消毒频次等措施强化机上防控。

（2）主要条款及措施建议摘录

表 2-4 《运输航空公司、机场疫情防控技术指南（第九版）》摘录

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
1	场	分区	5.2	入境客运航班保障措施，行李提取处应设立单独行李转盘或直接由候机楼外直接提取，避免与其他航班旅客共同等候

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
	地			行李提取，减少人员交叉。
2			6.1	对于不同风险和类型的货物，以及货物的转运工具和场所，应区分设置并予以标识
3			6.1	对于冷链货运、高/中风险普货运输，应在货物（集装器）装车转运之前，以及货站分拣区，分别设立专门消杀点
4	建筑空间	隔离	1.5	设置发热隔离区，区域保证通风良好、客流密度低、相对独立、便于封闭管理；体温复测区可采用全封闭式帐篷
5		后勤用房	1.5	设置发热隔离区，储备必要的防控物资，如空气消毒机、医用防护服、医用防护口罩、护目镜、一次性无菌手套、医疗垃圾袋等
6		社交距离	3.3	候机大厅人群控流，告知并引导旅客/相关人员保持 1 米以上距离
7		分区	5.3	为入境航班机组人员设置专门快捷通道进行流行病学调查、核酸检测和查验，采用分区域等待，或分时段入境等方式，避免与同机旅客及其他机组混行。
8		分区	6.1	对于不同货物转运、操作动线的间隔划分，可采取地面划线、围档、栅栏等形式，尽可能做到相互完全物理分离。
9		分区	6.1	冷链货物、高/中风险普货、低风险普货，三类货物 应分不同区域存放
10	功能流线	独立	5.4	入境保障区域的生活垃圾和医用垃圾，消毒后通过专用通道运输转运。如无法设置专用通道转运，应相对固定路线，错峰转运

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
11		独立	6.1	货物从卸货到转运至货站分拣区之前，应区分设置冷链货运、普通货运两条转运动线，两类货运地面转运区域相互不交叉。两类货物转运动线所涉及的操作设备、运输车辆，应区分设置，避免混用
12	**设备设施**	空调系统	3.4	根据航站楼结构、布局和当地气候条件，采取切实可行的措施，加强空气流通。气温适合的应开门开窗，采用自然通风。采用全空气空调系统的，可视情全新风运行，并开启排风系统，保持空气清洁。应定期对空调系统进行清洁消毒。
13		社交距离	3.2	在行李提取等候区设立立柱和地面标记，使旅客保持 1 米以上间距，避免旅客聚集
14	**智慧机场**	无接触	1.1	候机楼应配备经过校准的非接触式体温检测设备，对所有进、出港旅客进行体温检测，候机楼入口处设置检查点
15			3.1	提倡自助值机、手机 APP 值机、扫码登机等非接触式登机方式，优化行李领取流程，避免聚集等待，减少人员接触

（3）归纳小结

场地：建议高风险行李单独设置区域，可设置在航站楼室外，并且对于不同风险区的货物需分区设置分拣区和消杀点；

建筑：主要强调了分区，要求高风险人群等候区域、入境区域、核酸查验区域独立分区，高风险货物与其他货物分区存放。

同时提出，**对于防控物资的储存需要一定后勤用房；**

功能流线：强调入境保障区的生活垃圾和医用垃圾通过独立通道运出，不同风险等级货物流线互不交叉；

设备设施：强调空气流通、空调系统消毒的重要性，并且建议在适合的气候条件下采用**自然通风**的方式；

智慧机场：提倡自助值机、非接触测温，减少人员接触。

2.3.3 分管部门及行业规范

《创建国际卫生机场》 于2003年出版，其中规定了在中国境内开展创建“国际卫生机场”工作的步骤、内容、方法和技术要求。其中第五部分提到了“突发公共卫生事件的应对”，主要应对策略与《国际卫生条例2005》及WHO部分文件中所提到的基本相同，包括“隔离”、“留观”、“转运”。具体条文如下表所示：5.1.10.在出入境现场设置受染或受染嫌疑的旅行者暂时隔离的场所，并能安全、迅速地转运至指定医疗机构。

《国家口岸查验基础设施建设标准》于2018年1月1日开始实施，由住房城乡建设部和国家发展改革委联合批准发布，是口岸查验基础设施项目投资决策和建设的重要依据。《标准》“第三章 航空口岸查验基础设施”中包含了对于旅检、货检和交通运输工具查验三类，其中，与航站楼设计息息相关的是对于“旅检”及“货检”部分的要求：

第五十一条根据口岸实际情况,旅检大厅内应按照共享共用

原则划定候检区以及检验检疫、边检、海关查验区,必要时可设置查验缓冲区,布局应符合查验机构相关业务规范。

第五十二条旅检业务技术设施宜靠近相应的查验区;部分业务技术设施可根据实际情况布局在航站楼外。

第五十三条航空货运口岸应设置完全封闭的出入境货物检疫处理区,主要功能是对出入境货物进行检疫处理。出入境货物检疫处埋区应位于航站楼办公、生活区的下风方向。

《口岸负压隔离留验设施建设及配置指南》 发布于2021年,《指南》对于隔离留验的选址、染疫人员单独的隔离区域及隔离流线提出明确要求,并且强调了空调系统的定向气流组织原则,其中具体涉及场地、建筑、流线、设备的相关条文摘录如下:

表2-5 《口岸负压隔离留验设施建设及配置指南》摘要

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
1	**场地**	分区	4.2.1	口岸负压隔离留验设施的选址应符合下列要求: a）应避开污染源，远离易燃、易爆物品的生产和储存区。 b）宜避开居民区或其他人员密集区，如不能避开以上区域时，则其所在区域的位置应处于全 年最多风向的下风方向。 c）靠近出入境人员卫生检疫通道，且方便染疫人或染疫嫌疑人的转运。 d）选址宜在建筑的一端或一侧，应独立设置，自成一区。
2	**建筑**	隔离	4.2.6	对交通工具上发现的需要直接隔离留验的染疫人或染疫嫌疑人，宜设置专

序号	分类	关键词	条例序号	条例要点
	空间			用通道进入隔离室， 不应经旅客卫生检疫通道进入口岸负压隔离留验设施内。
3			4.2.7	口岸负压隔离留验设施宜设置 2 间负压隔离室，至少能同时安置 2 名染疫人或染疫嫌疑人。
4	功能流线	独立	4.2.5	口岸负压隔离留验设施所在区域的工作人员出入口、旅客出入口、染疫人或染疫嫌疑人转运出口应独立设置，各出入口处均应设置缓冲间。
12	设备设施	空调系统	4.4.1	口岸负压隔离留验设施宜采用全新风系统。当采用带循环风的空调系统时，回风需经过高效 过滤器处理，且必要时应可切换为全新风系统。
13		空调系统	4.4.2	口岸负压隔离留验设施气流组织应符合下列要求： a） 所在区域气流应为定向流，从清洁区流向潜在污染区，再流向污染区，最后排出。 b） 室内各种设备的位置应有利于气流由被污染风险低的空间向被污染风险高的空间流动，最 大限度减少室内回流与涡流。 c） 室内宜采用上送下回（排）的方式，送风口和回（排）风口的布置应有利于室内可能被污染 空气的排出。 d） 在生物安全柜操作面或其他有气溶胶产生地点的上方附近不应设送风口。 e） 高效过滤器回（排）风口应设在室内被污染风险最高的区域，不应有障碍。

2.3.4 国内防控政策文献解读小结

经课题组对国内防控文件的研读，我们认为国内防控政策对于航站楼的防疫措施建议大致与 WHO 发布的政策措施一致，**均强调了对于场地预留、建筑空间分区、高风险流程独立、高风险设备系统独立以及无接触测温**等措施，是平疫结合航站楼设计中的重点。

2.3.5 疾控中心及边检政策调研

通过与首都机场、浦东机场、白云机场、西安机场、深圳机场、湖北机场、南京机场等机场管理机构的调研交流，以及“中国政府网”政策发布内容，课题组了解并汇总了各地疫情防控最新政策，我们发现，各地防疫政策所含内容十分全面和细致，不仅包含口岸管理，还包括到达以后的管理措施。根据本课题研究任务，我们主要关注与机场航站楼相关的部分，对各地现行防疫措施梳理摘要如下：

北京：加强机场口岸防疫管理，严格落实入境人员和高风险岗位工作人员全流程闭环管理要求。

上海：“入城口”设置场所码或数字哨兵，实现来沪返沪人员“应扫尽扫”，对于红、黄码人员采取闭环处置，且对核酸报告超过 48 小时的人员进行现场采样。

广州：进站前查验“健康码”，并须正确佩戴好口罩和接受体温检测。有中高风险地区所在地市旅居史的人员就近落实免费

落地核酸。

深圳：所有进站旅客落实三个100%（100%测温、100%健康码亮绿码通行、100%佩戴口罩）、扫场所码并亮码。

武汉：来（返）鄂人员测温、查验健康码、行程卡、48小时内核酸阴性检测证明，并进行落地核酸采样。

西安：进、出站需佩戴口罩、测体温，查验陕西健康码、通信大数据行程卡。

南京：按《关于进一步做好当前新冠肺炎疫情防控工作的通告（第13号)》要求，民航等交通站场要落实通风消毒等防控要求，加强人员引导，避免人员聚集，认真查验旅客信息，旅客进站（港）须测温、验码、戴口罩。

厦门：中、高风险地区入（返）厦人员落地核酸检测。低风险地区入（返）厦人员查验48小时核酸检测阴性证明。按照“愿检尽检”原则，引导所有入（返）厦旅客实施核酸检测“落地检”。

我国坚持 “因时因势优化防控政策”，“统筹疫情防控和积极社会发展”，因此，我国的防控政策具有时效性特征。各地区根据各自不同的疫情发展情况和疫情发展阶段，防疫政策也不尽相同，

因此，在平疫结合的航站楼设计中应**针对不同等级的疫情发展情况，采取相应的改造措施，为分级管控提供可能性。**

2.4 基于六大机场调研总结疫情期间机场运营面临的几大问题

我国现有国际机场的规划设计均在2020年以前完成，即在新冠肺炎病毒爆发以前。按照规范要求，各大机场均设有一定的防疫响应措施，包括设置了医学排查区、负压隔离室等，用于公共卫生突发事件和医疗突发事件的应急响应和处置，但是这些措施局限于应对偶发性、局部的疫情，对于高传染性、大面积爆发的疫情、且可通过气溶胶传播的病毒（如新冠肺炎病毒），航站楼内仅有的负压隔离室，无法控制染疫旅客在航站楼内转运至负压隔离室，过程中病毒的传播链并未及时阻断。同时，调研发现，现有机场在应对新冠疫情时，做出的临时性改造面临以下几个共性问题：

2.4.1 室外场地功能及面积待完善

疫情期间，旅客进入航站楼需查码验证，旅客流程较平时更为复杂。按原有规范和经验值设计的航站楼入口空间面积无法完全满足疫情期间运行的要求，导致人流在航站楼入口处拥堵，增加感染风险。

原有规划设计未考虑室外场地进行核酸检查需求。由于各地疫情防控政策要求，部分机场需要对所有到港旅客实行落地核酸检查，但是核酸检查过程中不仅需摘下口罩，而且人员密集，因此核酸查验区属于高风险区域。因此，未来航站楼规划设计是否

可以适当考虑室外核酸查验场地的预留，以降低感染风险，是下一步研究的内容。

2.4.2 高风险流程建筑空间不独立，空间尺度待优化

机场航站楼作为重要的交通建筑，为实现高效便捷的换乘，平时，在流程规划上会合理设置国际、国内到达以及换乘的流线。同时，在建筑空间上，设计高大的共享空间以提升旅客体验。

恰是航站楼这一流程组织和空间特点，给疫情防控增加了难度。

首先，现有机场航站楼内的通高空间无法设置全封闭式的隔断，临时性的改造措施无法满足国际进港流程空间的彻底独立。

其次，现有航站楼设计未针对高风险国际到港航班设置独立的通道及等候区。不同风险等级区域之间未设置缓冲区、工作人员卫生通过区等。这些连通的空间使得航站楼内高风险区域与低风险区域气流相通，存在新冠病毒传播风险。

第三，由于疫情防控对于排队距离的有较平时更高要求，因此，按原有规范设计的值机区、安检区、行李提取区、出发核验区、到达核验区等存在人员排队距离不足，会造成人员拥堵等问题。

因此，如何在航站楼规划设计阶段考虑高风险区域的独立成区、独立运行，以及区域合理的空间尺度是进一步研究的重点。

2.4.3 重点功能流线待梳理

由于现有机场的临时性改造措施存在一定的局限性，因此存在不同风险等级人员流线交叉的问题，工作人员流线与进出港旅客流线交叉问题。同时，临时性防疫设施的改造，使正常到港进港流程复杂和迂回，通行效率降低，旅客体验感不佳等问题。因此，如何在保障旅客体验与通行效率的同时，满足高风险流程的独立，是航站楼平疫结合设计重点之一。

2.4.4 设备设施需改造

现有的航站楼机电系统设计未根据疫情传播的高中低风险区进行分区设置，无法满足高风险区独立运行的要求。既有设施未能控制气流流向，无法保障气流从低风险区域流向高风险区域，也未针对卫生间、商业区等防疫重点区域进行特殊处理。除此之外，大部分机场设计未考虑自然通风条件或者不具备自然通风条件。如何通过有限代价的设施设备改造，兼顾使用和常态防疫要求，也是各机场管理机构关心的重点内容。

2.4.5 防疫信息不互认

从调研情况看，当前防疫信息的互认存在两个层面的问题。

首先是宏观层面，由于各个城市之间防疫政策不同，信息未能共享而导致机场自助值机设备停用，增加了人工值机的压力，值机口的旅客排队与人员聚集，增加感染风险。

其次是航站楼内部信息互通与互认的问题。自疫情爆发以来，旅客进入航站楼后，需在入口、值机、安检、登机等多处进行反复扫码认证，如航站楼内部可实现信息互认，可有效减少查码验证的流程、提升出行效率，降低感染风险。

基于六大机场调研总结，现有航站楼已经通过改造解决了一部分防疫问题，取得了阶段性的成果，但是仍然有一些无法兼顾或取舍的难点，诸如场地、建筑空间、流线、设施设备、运营管理等各方面的问题对机场决策造成困扰。课题组将对这些问题进行分析，从规划设计层面，提出可实施方案供机场管理机构决策参考，通过优化防疫措施，提升防疫效果。

2.5 平疫结合航站楼规划设计要点

2.5.1 机场风险区域分类与分级研究

基于前期对新冠病毒传播机理的研究、航站楼内风险空间的研究、以及现有航站楼运营期间遇到问题的总结等一些成果梳理，课题组逐渐聚焦课题研究内容的要点，即面对机场航站楼这样一个庞大的建筑体量、复杂的流程体系，应开展分级分区讨论，并制定相应的规划设计原则，满足保障防疫的安全要求，同时避免过度的空间分隔和流程的划分降低旅客体验，避免过渡叠加设施设备配置而降低航站楼经济性。

课题组根据**人员风险等级、气流组织、病毒浓度**三个要素对航站楼内空间风险等级开展分类与分级，**具体原则如下：**

①与国际入境航空器、机组、旅客、垃圾、行李、货物及保障国际航班运行设施、设备、单据票证有直接物理接触，或者与上述人员和设施设备动线存在时空交集（在做好隔离保护措施的车辆内除外）的入境保障地面人员为高风险人员。（运输机场疫情防控技术指南（第九版））；

②高风险航班入境人员途径或逗留的区域为高风险区域，与高风险区域气流组织相通的区域为高风险区域；

③人员密集，且有风险动作产生的区域为中高风险区域，如出发餐饮区、安检区等。

基于以上分类原则，根据航站楼的流程及空间特点，形成**“航站楼风险空间分类分级表”。针对这些风险等级，设计可以从加大新风量、控制气流组织，加强自然通风，控制社交距离，降低病毒浓度等方面开展适应性研究。**

表 2-6 航站楼风险空间分类分级表

航站楼空间	**风险因素**	**风险等级**	**国内外法规条例中建议采取的防疫措施**	**规划设计建议**
车道边	/	低	/	/
值机大厅	人群密集	中低	《世卫组织关于国际旅行的技术性建议》	设置宽敞的等候空间，对人流进行控制。在柜台或窗口采用透明隔离栏，减少直
安检联检	人群密集、脱口罩	中		

航站楼空间	风险因素	风险等级	国内外法规条例中建议采取的防疫措施	规划设计建议
				接接触
国际/国内出发候机区	/	低	/	
出发餐饮区	脱口罩	中	《世卫组织关于国际旅行的技术性建议》	特别要注意通风不良地区，如商店、休息处、卫生间办公室等地方的人群物理距离。
行李提取厅	人群密集	中低	《世卫组织关于国际旅行的技术性建议》	1.引入物理屏障（锥体、绳索、电杆等）或地面标记，以确保人与人之间的距离，特别是在行李提取区域和入境登记处。
国内到达（分流）		中低		
国际到达		高	《国际卫生条例（2005）》提供与其他旅	为国际到达流程设置独立区

航站楼空间	风险因素	风险等级	国内外法规条例中建议采取的防疫措施	规划设计建议
			行者分开的适当场地，以便对嫌疑受染或受染的人员进行访视	域和独立流线
核酸流调区	入境疑似染疫人员聚集区	高	《国际卫生条例（2005）》对嫌疑旅行者进行评估，必要时进行检疫，检疫设施最好远离入境口岸	设置室外核酸查验区
入境联检区		高	《世卫组织关于国际旅行的技术性建议》	设置宽敞的等候空间，对人流进行控制。在柜台或窗口采用透明隔离栏，减少直接接触
国际到达旅客缓冲区（多利用远机位候机厅等）		高		
		高	**《运输航空公司、机场疫情**	设置独立的入境行

航站楼空间	风险因素	风险等级	国内外法规条例中建议采取的防疫措施	规划设计建议
国际到达旅客行李提取（多利用远机位厅或者室外）			防控技术指南（第八版）》在行李提取等候区设立立柱和地面标记，使旅客保持 1 米以上间距，避免旅客聚集	李区，合理设置区域大小，保证社交距离，或者将入境行李提取区设置于室外
国际旅客转运车道边/远机位上客车道边		高		设置合理区域面积，保障社交距离
国际到达卫生间	入境疑似染疫人员聚集区且管道互通	高	COVID-19 的患病旅客的隔离、初始病例管理和转诊理想的情况下，应该有一个专用卫生间，只供疑似患者使用；	设置独立的入境区域卫生间机电系统，加强通风
其它卫生间	管道互通	中高		加强通风

2.5.2 航站楼平疫结合规划设计要点

基于航站楼内风险空间的分区与分级，结合调研总结的国内外防疫措施，课题组针对航站楼总体规划设计、场地设计、建筑空间设计、功能流线设计、设施设备设计、智慧机场设计六个方面，提出平疫结合规划设计的六大原则，作为未来航站楼规划设计的参考和基础。

（1）适应性设计原则：以设计与管理相结合、永久性与临时性措施组合的方式解决机场防疫问题

①在既有航站楼规划设计改造层面，以保障旅客的正常进出港流程和体验为目标，进行平疫结合航站楼规划设计；

②在规划设计层面预留永久性设施，解决临时性管理措施无法满足防疫要求的问题，为疫情期间的安全运行提供路径；

③平疫结合航站楼规划设计应兼顾疫情防控与旅客体验，同时平衡建设规模与投资问题。

（2）场地：为防疫相关功能预留场地

①适当的场地提供航站楼入口的旅客查验；

②适当的场地进行境外行李的消杀、货物消杀；

③适当的区域满足高风险航班室外行李提取；

④为开展室外核酸检查预留可能性，如设置雨棚等遮蔽功能等；

⑤为场地防疫设施预留机电点位，如卫生通过区、消杀区等。

（3）建筑空间：不同风险等级建筑空间独立分区

①高风险（入境）流程设置独立区域，包括独立等候区和流调区，

②独立运行，且区域内保证适当的社交距离；

③针对染疫或疑似染疫人员设置隔离等候区域；

④国际中转厅与国内中转厅分区设置；

⑤国际到达、国际中转、国内行李提取厅分层布置，互相独立；

⑥不同风险区之间合理设置缓冲空间及工作人员卫生通过空间；

⑦不同风险区内设置独立的防疫物资的储存空间；

⑧合理设置公共区域面积，保障适当的社交距离。

表 2-7 关于社交距离的界定建议

WHO 建议	中国疾病预防控制中心 CDC 建议	本研究报告建议
1 米	2 米	考虑到航站楼内人流密集、人员结构复杂等情况，建议按照 1 米社交距离控制，楼内重点部位按照 2m 控制

（4）功能流线：重点人员流线、洁污流线互不交叉原则

①重点航班旅客设置专用区域和通道；

②疑似染疫情人员设置独立等候空间，独立转运通道，实现闭环管理；

③国际机组及保障人员单独通道；

④设置独立的医疗垃圾转运通道，设置专用电梯，动线上与

普通货物运输不交叉。

（5）设施设备：基于风险分区，展开设施设备系统设计

①根据航站楼内空间风险等级，合理划分机电系统；

②高风险区域机电系统应满足独立运行的要求，空调系统应具备加大新风运行的条件，但同时也需兼顾系统能耗与室内温度的保障问题；

③当受条件所限，高风险区域与其他区域无法实现完全物理分隔时，应采取定向气流控制措施，确保空气由低风险区域向高风险区域流动；

④其它如卫生间、餐饮、安检通道等风险相对较高的区域，应加强空调通风等其它机电措施。

（6）智慧机场：信息共享提升出行效率，无接触设计保障出行安全

①实现各地机场信息互通互认，机场内部数据互通，提高出行效率；

②采用无接触设计，降低传播的概率；

③采用辅助系统设备，针对人员聚集、违规穿越、排队间距、空气质量等进行实时监控，提高管理效率。

2.6 总结

三年来，科学家与防疫研究人员不断对新冠病毒及其变异病种进行研究，根据各国疾控中心最新研究发现，新冠病毒变异株

呈现出致病率低而传播率高的特点，如奥密克戎BA.5变异株其R0值为18.6，远远高于新冠初期病毒3.77的R0值，因此，单纯扩大航站楼的物理空间对控制奥密克戎变异株的传播作用有限，这种简单的方式不仅会导致平时运行的空间浪费，长期看更对项目整体的经济性造成不利影响。

课题通过对新冠病毒在机场航站楼楼内的传播特点研究，在总结国内外防疫政策、法规、建议措施以及调研当前我国几大机场采取的防疫措施及面临问题之后，提出对航站楼内风险空间进行分级与分类，明确规划设计“平疫结合”的六大原则：即**规划与管理相结合的适应性原则、预留防疫功能场地原则、不同风险等级空间分区分流原则、基于风险等级的设施设备分区独立原则、以及基于智慧机场建设的效率提升原则等。**

3 以“外防输入”为目标的国际到达模块规划与设计

3.1 国际到达模块概念的提出

外防输入是机场疫情防控的最大压力来源。疫情爆发以来，国外疫情始终处于一个相对高发的状态。随着国内外经贸和人员往来有序恢复，我国外防输入压力不断加大，防范疫情输入任务始终存在，也十分艰巨。外防输入已经成为民航运输面临的最大压力。

《运输航空公司及机场疫情防控技术指南》第九版中，将航班防控风险等级划分为低、中、高三个风险等级。防控指南将所有国际/地区入境航班均评定为高风险航班。

课题研究显示气流的流动是病毒传播的主要途径。随着病毒的传染R0值的增大，简单的社交距离的扩大很难避免国际到达旅客对于其它流程旅客的影响，同一建筑中气流的完全独立也很难实现。

目前，各大机场纷纷针对国际到达设置保障专区。为将高风险航班的干扰降到最低，建议在宏观规划层面独立设置高风险的国际到达功能模块，该模块是保障专区的一种特殊形式，基于有限服务概念实现面积最小化，与正常的航站楼功能相分离， 平时一体正常运行， 疫时独立运作，不影响航站楼主体功能运行。该模块的独立设置不仅可以作为当前新冠病毒的应急处置，未来还可以兼做其他公共卫生事件的应急备份区，实现航站楼在不同

工况下的最大灵活性。

针对国际到达模块---这一特殊时期的设计应对策略，需要规划者和建设者思考并解决以下问题：

第一大类问题：规划类问题

问题 1： 什么样的机场才需要在疫情条件下设置国际到达保障专区？

问题 2： 国际到达保障专区一般设置在哪里？选址上有何特殊要求？

第二大类问题：功能流程类问题

问题 3：基于经济性目标，一个模块服务高峰小时旅客量应如何确定？

问题 4：旅客在模块内的行进流程如何设计？有何特点？

问题 5：涉疫航班是否需要靠桥？

问题 6：模块是否需要考虑空侧、陆侧车道边的接入？

问题 7：核酸检测区放在哪里比较好？有何特殊要求？

问题 8：行李提取一般考虑何种形式？各有何特点

问题 9：国际到达模块行李流程是怎么解决的？

问题 10：国际到达模块内办公区设置有何要求？

第三大类问题：规模类问题

问题 11：一个标准防疫模块面积多少？各功能区面积多少？

问题 12：一个标准国际模块一天保障国际航班的处理能力上限是多少？

问题 13：随着未来国际航班的逐渐恢复，国际到达模块使用的工况应该是怎样的？

问题 14：是否需要设置国内高风险到达模块？模块面积如何？

第四大类：技术类问题

问题 15：国际到达模块设计中结构机电设计有何要求？

3.2 国际到达保障专区规划

3.2.1 机场定位与国际到达模块

根据 2021 年统计数据，我国境内民用运输机场（不含港澳台地区）共有机场 248 个，其中具有国际功能的约 50 个。疫情爆发后，2019 年国际及地区航班约 1700 万人次，2021 年国际旅客量约 300 万人次，疫情爆发后国际及地区旅客量的大幅下降。

建议国际到达模块应主要于北京、上海、广州等主要门户机场，以及各地省会及计划单列市等重要城市机场设置，具体可结合国家防疫需要进行调整。

3.2.2 国际到达模块选址及建设

基于航站楼国际到达独立模块的运行要求，结合各机场运行现状提出以下选址原则和建议：

（1）与航站楼主体功能流程不交叉、物理空间上不重合、保证一定物理距离；同时确保旅客交通可达；

（2）满足一体运作，疫时国际到达模块不会造成其它流程

的运行干扰。

选址 1：独立航站楼或者卫星厅

本身即为多航站楼体系的航站区可选择某一独立航站楼或者卫星厅，将其改造为服务国际到达的功能区；

优点在于空间较大，处理容量上限较高。空间系统、机电系统最为独立，对于其他航站楼功能干扰最小。

缺点在于适配性差，对于既有航站区规划布局要求较高，并非全部机场均具备该条件，且防控运营成本较高。

选址 2：位于旅客流程末端的指廊：选择流程末端指廊作为防疫模块

对于本身不具备改造单独航站楼的机场而言，可选择将机场内某一特定区域（如某一段特定指廊）进行隔离满足独立运行需求。

优点在于：它是不具备多航站楼体系的中型及以上机场的选择方向。缺点在于该指廊或者区域部分空调系统及空间布局需在设计阶段做好预留，保证疫时的相对独立运行，或可经过较大改造满足要求，对机电系统的要求较高，防控运营成本较高。

以上两种选址为设置防疫区域的解决方案，而非基于最小单元的防疫模块。

选址 3：设置标准国际到达模块：适配性最好，经济成本可控。

机场管理机构结合远机位建设可选择最小标准单元的独立

防疫模块，既保证了空间的相对独立，同时可满足相关流程要求。

这种选址的优点在于**适配性最好，经济成本可控，且可根据要求灵活插入卫星厅、指廊等区域。**

标准国际到达模块有三种嵌入方式：

（1）**结合远机位出发大厅设置：**远机位出发大厅空间可满足到达模块需求；远机位普遍具备独立的空调通风系统，可满足疫时设备运行需求；远机位出发大厅规划设计中可预留机电点位及行李空间等。平时状态作为远机位出发大厅，疫情状态可通过封堵上下洞口，将其作为能够独立使用保障国际到达的流线闭环空间，可应对不同场景下的迅速切换要求。该方式立足于平疫结合，避免空间浪费，最为经济。

（2）**结合站坪远机位登机桥+临时方舱搭建作为临时措施：其中卫生间和上下水措施的预留需重点关注。**

（3）**选择机场内合适场地独立建设模块，平时可作为货站等其它空间使用。**

注：针对不同的嵌入机场的方式，应在空间内预留卫生间等设施以满足旅客需求。

国际到达模块的建设方式：

建议优先采用装配式建筑。装配式建筑建设周期短、代价小、恢复快，契合国际到达模块的快速组建需求，模块中各功能区的设置可采用永久性与临时性建筑相结合的设置方式，针对不同类型的国际到达模块嵌入方式建设模式建议如下：

（1）结合远机位出发大厅设置

航站楼结合模数化、体系化概念建设，为后续装配化理念的融入提供条件。远机位出发大厅由平时切换为疫时使用时，所需的临时隔断设施宜采用装配式组件进行设置，此方式灵活可拆分，平时可置于仓储用房，疫时可迅速将各类隔断组件设施进行组合搭建，满足场景迅速切换需求。

核酸检测、办公区等流程性通过空间及临时区域可贴合远机位出发大厅的室外灰空间采用装配式组件设置临时方舱以满足疫时使用需求。

（2）结合站坪远机位登机桥+临时方舱搭建作为临时措施

站坪临时方舱设施可优先采用装配式建筑，宜采用整体式、模块化结构，特殊功能区域和连接部位可采用轻质板材现场拼接，可快速组建以满足场景迅速切换的要求。也可采用集装箱式活动房，其具有整体装配，建造方便的特点，因地制宜，可结合当地材料施工及能力，彩钢板活动房屋、临时帐篷搭建等方式也可满足应急建设要求。站坪临时方舱选址应注意预留空调通风、强弱电点位、卫生间上下水等措施，平时不影响航站区正常运行。

（3）选择机场内合适场地独立建设模块，平时可作为货站等其它空间使用

场内独立建设模块建议采用装配式组件进行搭建，可参考针对前两种类型的建议，设置方式基本一致。

3.3 国际到达基本模块功能

3.3.1 模块的功能定位

国际到达模块各功能区尽可能避免不同航班之间的交叉接触，模块设施应主要考虑在一段时间内一个航班的处理量。目前每个航班处理时间均在 2-3 小时以上，考虑到未来随着防疫流程的优化，航班处理时间应该会进一步缩短。

考虑航站楼防控的经济性要求，防疫模块规模不应强调大而全，应定位于同时服务一个标准国际 E 类机位，考虑到 E 类机位的机型不同，建议其服务单批处理旅客量为 300 人左右。

应采用旅客分批下机的方式减少模块的使用压力和人力投入。根据前期调研，防疫模块处理一个 E 类航班 300 人容量，需要 50 分钟至 60 分钟，建议设计基于每批下客 24 人进行规划。

3.3.2 模块的总体规划要求

国际到达模块建议应包含以下五个出入口：

（1）国际旅客到达进口（可通过摆渡车或登机桥进入模块内部）

（2）国际旅客转运出口（考虑到空侧安防的高标准要求以及部分车辆的灵活调度，在有条件的情况下建议尽量同时具备空侧、陆侧车道边）

（3）行李接入口

（4）工作人员出入口

（5）垃圾转运口

模块所处区位需有足够室外空间供大巴车停靠，以及方舱等临时措施建设，且不影响机场正常运营。

国际到达模块的旅客转运及垃圾清运流程可根据机场实际条件设置单独路由出入航站区，尽量不与正常运送流程产生交会。

国际到达机位应与其余正常停机位保持距离，或使用较为偏远的远机位，由摆渡车送至国际疫情处置模块，降低疫情传播风险。

3.3.3 功能流程及特点

（1）国际到达模块的旅客流程是非常规流程，其组织方式有以下几个特点：

①前后航班尽可能减少重叠：各个区域内尽可能只服务于一个航班；

②有限服务的功能定位：服务功能是有限的，尽可能作为应急状态使用；

③分批下客的旅客组织：为了减少对于海关以及后续行李提取的脉冲式压力，目前机场多采用分批下客模式；可在流调前建设相应一次蓄客区，集中下客至蓄客区后再分批放行。目前防疫模块设计考虑一批次下客 24 人，50 分钟-60 分钟内旅客全部下机。

④分批接驳的旅客转运：与传统远机位集中接驳相比，远机位模块建议为分批接驳；集中发车的模式建议采用随来随走的车辆保障机制。

（2）国际到达模块功能区应主要包括以下内容：

①缓冲等候区

②测温流调区

③核酸检测区

④入境联检区

⑤行李提取区

⑥旅客转运区

⑦员工办公区

基于国际到达模块的流程组织模式，上述各区中，**行李提取区是旅客最可能聚集公共场所，在模块中面积占比应适当增大，其它各个区域考虑分批组织和接驳方式，建筑功能面积的确定应充分考虑经济性。**

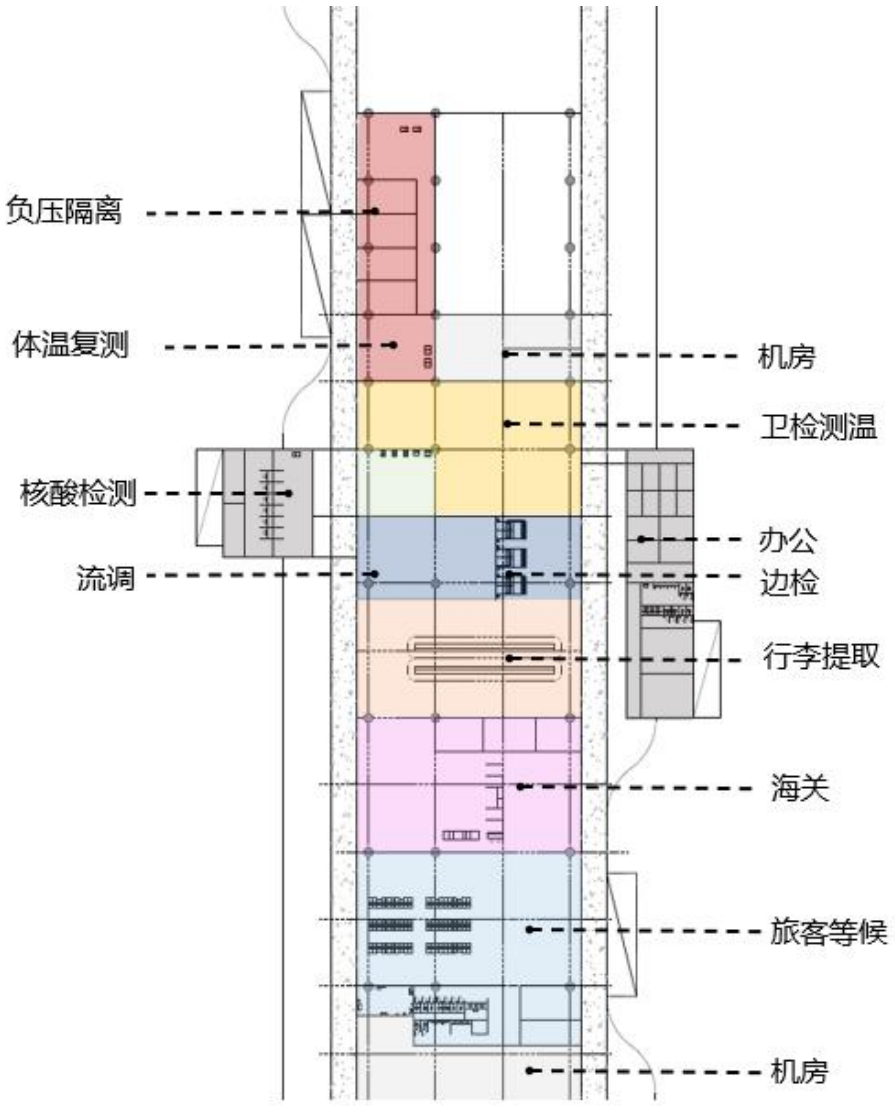


图 3-1 国际到达模块功能区

（3）在当前防疫政策的要求下，国际到达模块的国际到达的正常体温旅客流程组织如下：

飞机停靠机位---海关登临检查---旅客下机---（缓冲等候区 1、非必须）---测温----流调（核酸采样）----入境联检----（缓冲等候区 2、非必须）----行李提取----（缓冲等候区 3、必须）----转运至酒店

（各个机场操作流程存在一定的差异性，上述流程先后顺序可能有所不同）

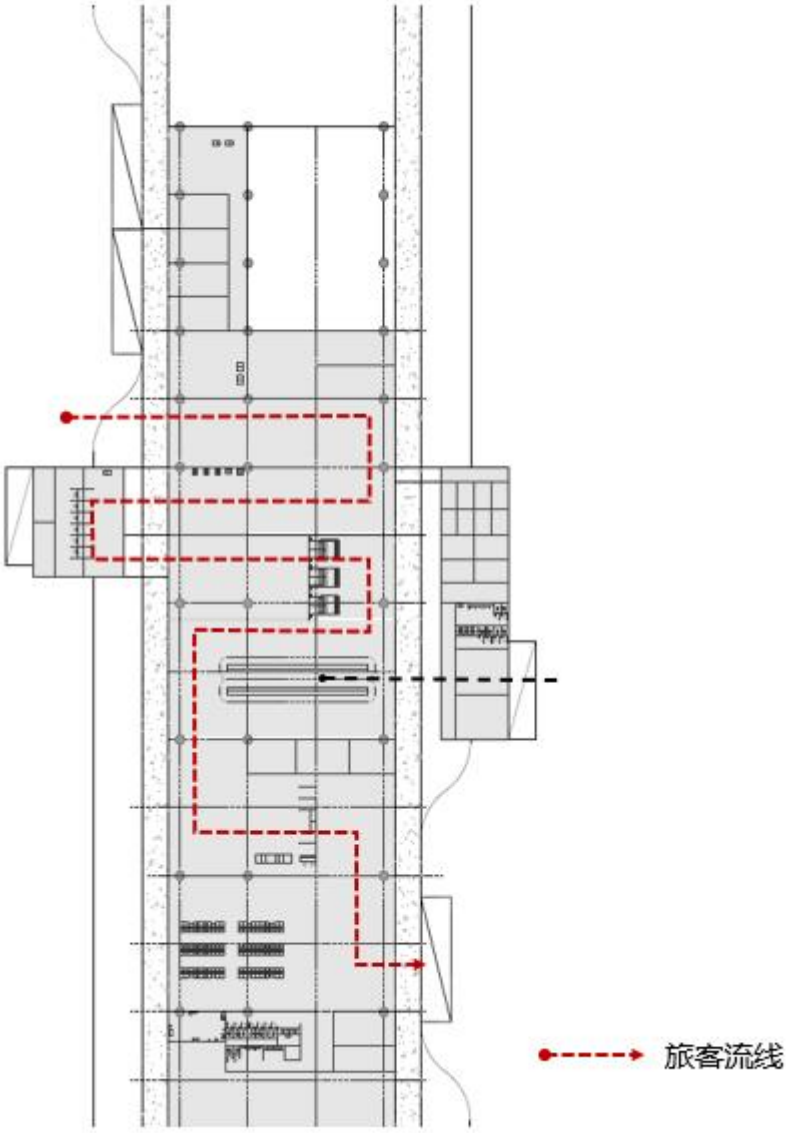


图 3-2 国际到达旅客流程

体温异常旅客流程：飞机停靠机位---海关登临检查---旅客下机---测温异常----负压隔离室内复测---负压隔离室----转运区等候 120 急救室转运至医院

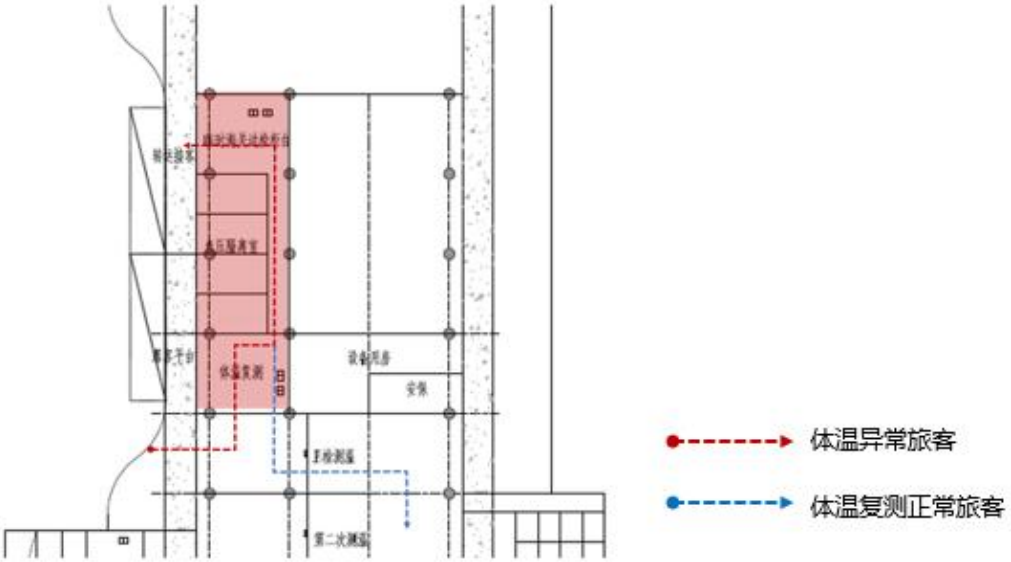


图 3-3 体温检测异常国际到达旅客流程

国际到达旅客的行李流程：行李自机位由站坪临时用房通过海关行李检查后送至模块内行李机房，有问题的行李旅客提取行李后再次通过海关检查。

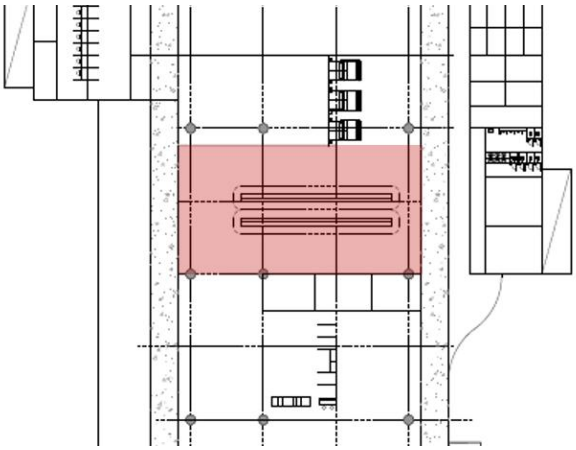


图 3-4 国际到达旅客的行李流程

3.3.4 模块近机位设置

疫情下国际航班接驳登机桥不是必需的，各个机场管理机构

可以根据自身情况选择不同的应对策略。因此，国际到达模块存在两种模式：

（1）**独立近机位：**不建议设置过多近机位，调研结果显示，通常设置满足 1 个 E 类航班近机位的需求即可。该桥位必须与其它流线有所区分，避免相互干扰。近机位的设置能够一定程度上提升旅客体验。

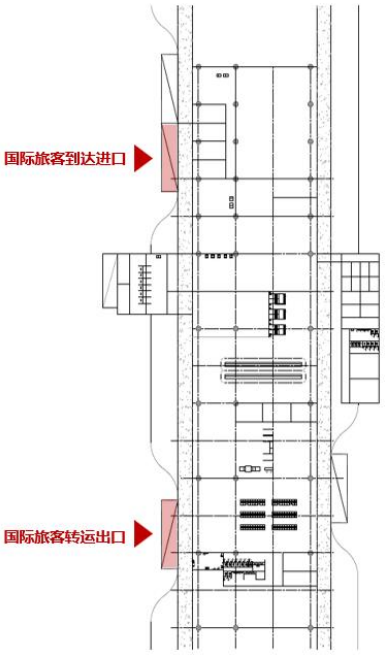
（2）**远机位摆渡车：**考虑到旅客组织采用分批下机的方式，因此远机位利用摆渡车接驳亦可满足要求。

3.3.5 空陆侧车道边与落客平台

国际到达的空侧模块进出两个接口，其中旅客进口主要通过登机桥或空侧摆渡车实现；旅客出口则主要通过空侧摆渡车或者陆侧摆渡车实现。

（1）鉴于转运车辆可以直接进入站坪转运旅客至隔离酒店，陆侧车道边的接入是非必须的。因此模块内旅客出口可设置在空侧车道边，选址需要考虑大巴停靠需求。

（2）受空侧安防的高标准要求以及车辆调度的条件限制，在有条件的情况下建议尽量同时预留陆侧车道边，作为空侧接口的备份。



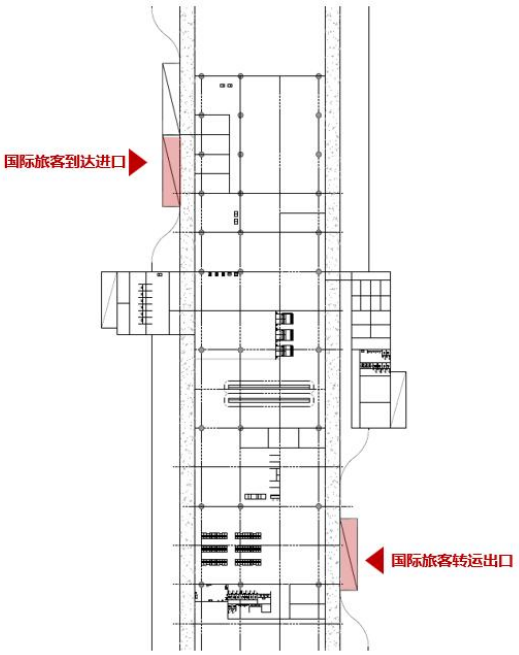


图 3-5 空侧车道边接入　图 3-6：陆侧车道边接入

3.3.6 国际入境卫检区的设置

卫检测温通道进深应满足每批次 24 人，排队间距 1 米的使用空间需求。国际到达旅客自落客平台进入测温区后，测温异常旅客进入负压隔离区隔离后直接转运。

3.3.7 核酸检测、流调区的设置

核酸检测区是国际到达模块的基本功能流程，调研结果显示一般设置于联检流程前或者与联检流程结合设置。

核酸检测区作为高风险区，是楼内主要风险点。其设置应遵循以下几点：

（1）尽可能置于室外方舱，减少对模块、以及机场内其他部分的影响；

（2）平时应在场地预留放舱机电接入点位；

（3）置于室内时需对于该部分区域进行通风加强；

（4）核酸检测中旅客需要脱口罩，是楼内的主要风险点。后续如流程进一步优化，可建议国务院联防联控机制协调海关总署取消通关前的核酸采样环节，与隔离酒店一并设置并实现与地方政府的隔离数据共享，可能会降低这一流程风险。但在目前的国际到达模块仍需要规划此区域，需要重点关注；

（5）核酸检测区点位计算依据：依据目前核酸检测点位处理时间数据，单个核酸点处理量为 60s/人（排队 30s,采样 30s），故建议核酸检测区应至少可容纳 6 个核酸采样点位以满足每批次 24 名旅客的处理需求。

3.3.8 国际入境联检区

国际到达防疫模块应具备国际入境联检功能，空间设置应满足一批次 24 名旅客的使用需求，避免拥堵发生。

（1）边检区空间设置建议

模块内设置 3 个边检柜台、6 条通道，单边检通道处理量为 60s/人，4min 左右可处理完成一批次旅客 24 人。

边检排队空间进深遵循 1M 健康间距原则，排队空间进深大于 4 米。

（2）海关空间设置建议

出于模块设置经济集约的考虑，以及疫情作为突发事件具有

临时性的特征，建议大件行李在机坪上完成海关查验，业务用房可采用机坪设置临时方舱等方式予以解决，海关查验设置在行李提取厅出口交运行李及手提行李均可在此过检。

3.3.9 行李流程与提取厅设置

（1）尽可能缩短行李流程时间，实现行李等人。建议在机坪上就近消毒、转运，过关，不进入主楼行李机房。

（2）常规行李提取方式包括自提行李和设置行李转盘两种方式，对行李提取厅面积要求不一样。疫情模块的设计基于临时使用性以及经济集约的考虑，不设置行李转盘，新建机场若有条件可预留行李转盘空间及管线点位，在投资允许的情况下设置行李转盘提升处理效率。

（3）若新建模块设置行李转盘，行李接入口空间尺度需放大，为行李车提供停车区域并为行李装卸提供操作平台。

（4）自提行李方式的行李分区堆放在行李提取厅，分批下机旅客虽然分批前往领取行李，但仍有成为流程堵点的风险。

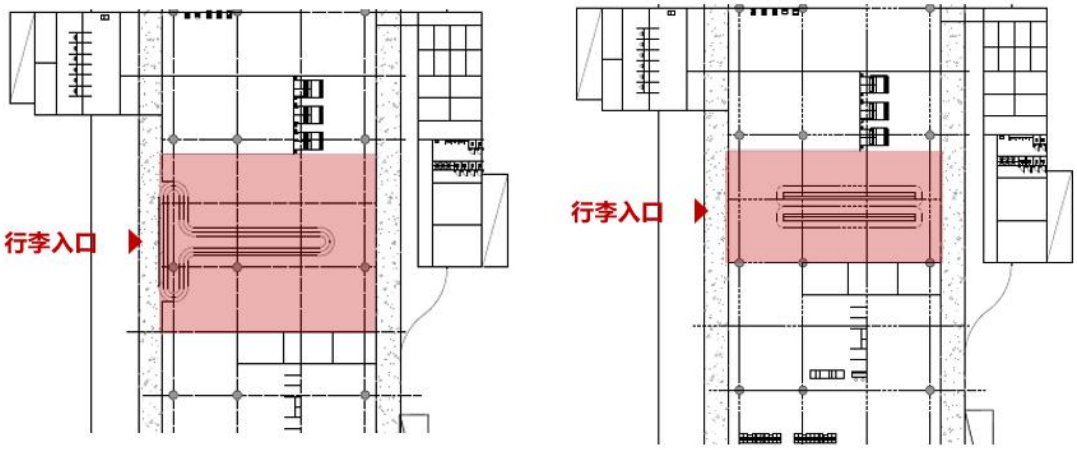


图 3-7：行李转盘及自提行李图示

（5）行李提取厅面积计算建议：

①行李放置：工作人员应将行李码放整齐方便旅客寻找。假设国际到达旅客行李为 28 寸大尺寸行李箱，面积为 0.47×0.3=0.14㎡，故旅客行李提取厅所占面积为：0.14×500=70.5㎡，需按此最低标准预留。

②旅客通道：行李背靠背放置，留有 1 米人行通道供旅客寻找行李（参考首都机场行李排列方式），考虑到可能出现的拥挤及旅客等候情况，通道尺度可放大。

课题调研过程中，各机场普遍反应现状条件下行李提取厅较为拥堵、风险较高的情况。建议国际到达模块内行李提取厅面积可放大至 500 至 600㎡，为旅客额外提供等候空间避免拥堵。

3.3.10 旅客等候区设置

课题调研结果显示，各个机场国际旅客通关流程不同，存在主要三种场景需要设置等候区。

飞机停靠机位---海关登临检查---旅客下机---（缓冲等候区 1、非必须）---测温----流调（核酸采样）----入境联检----（缓冲等候区 2、非必须）----行李提取----（缓冲等候区 3、必须）----转运至酒店。

（1）缓冲等候区 1：主要服务于旅客下机时等待后续海关的分批放客，建议通过分批组织旅客下机的方式取消此区域。

为应对多个航班同时到达，防止旅客在机上等待时间过长的

情况，若室内空间较为宽裕，可增设第一个等候区。结合各大机场的实际条件，利用室外空间、采用装配式模块设置临时等候方舱也可满足旅客等候需求。临时等候区的设置应考虑空调通风、强弱电点位、卫生间上下水措施的预留，平时不影响机场正常运营。

（2）缓冲等候区 2：主要服务于行李提取厅，行李提取采用自提方式时需要设置该等候区，避免行李提取厅的拥挤产生风险。如行李提取采取行李转盘方式时，可通过适当放大行李提取厅面积，取消行李提取厅前等候区。

（3）缓冲等候区 3：主要服务于旅客提取行李后等候转运。结合转运车辆即满即走的特点，该缓冲区的最小容量以满足 50 人等候面积即可。

（4）旅客等候区面积计算建议：

按等候区最小服务旅客量（50 人，70%有座率）进行考虑，所需面积约为 70㎡，考虑间隔就座等管理需求所造成的座椅数量需求增加，等候区旅客通道以及卫生间及更衣室等服务设施的配备，建议放大等候区面积至 700㎡。

3.3.11 国际模块办公区

（1）办公区内部空间应严格按照污染区--缓冲区---清洁区设置；

（2）不同区域之间应严格分界并设置明显标识；

（3）作为临时措施可适当降低现场办公用房服务标准，考虑利用室外空间建设临时方舱设置办公用房；

（4）平时应在场地预留放舱机电接入点位；

（5）办公区需设置卫生通过区，工作人员按脱防护服---淋浴（非必须）---更衣流程回到办公休息区；

（6）工作人员离开现场流程见下图；

（7）清洁区应设置工作人员卫生间等基本设施；

（8）办公区入口处应设置员工安检区域，进入空侧临时办公区前需进行安检；

（9）国际模块办公区计算建议：基于各机场调研情况及各区域功能需求经验，办公区建议面积为 350 ㎡ 。

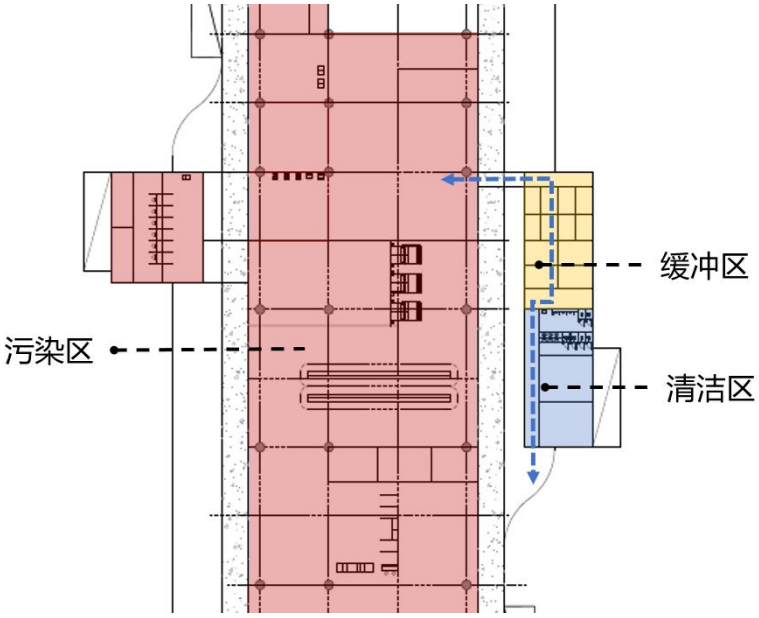


图 3-8：工作人员流程图示

3.4 国际到达模块规模容量

3.4.1 基本模块图示与面积

功能区	建议面积	备注
测温区	540㎡	
负压隔离区	380㎡	
核酸检测及流调区	300㎡	
联检区	580㎡	
联检办公区	60㎡	
行李提取区	560㎡	
转运等候区（包含卫生间、更衣室）	700㎡	
设备机房及附属用房	530㎡	
办公区	350㎡	
合计	**约 4000㎡**	**其中包含室外方舱约 600㎡**

注：上述面积为基本面积建议，考虑到服务的灵活性，各机场可因地制宜根据实际情况进行。

（1）模块内旅客流程描述

旅客分批下机后由短驳车送至楼内 —— 进卫检测温 （一次测温异常直接进入临时隔离区进行管控转运）—— 进行二次测温 —— 室外方舱核酸检测 —— 流调 —— 边检—— 行李提取厅—— 海关—— 等候区等待转运 —— 转运

（2）模块内旅客流程图示

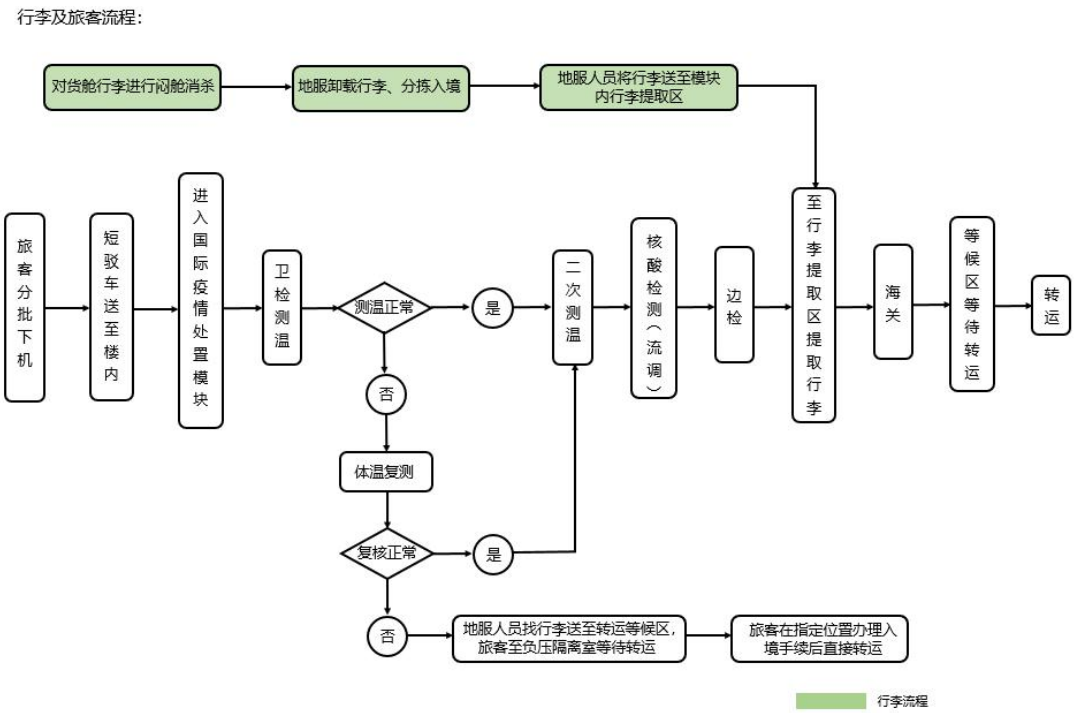


图 3-9：行李及旅客流程图示

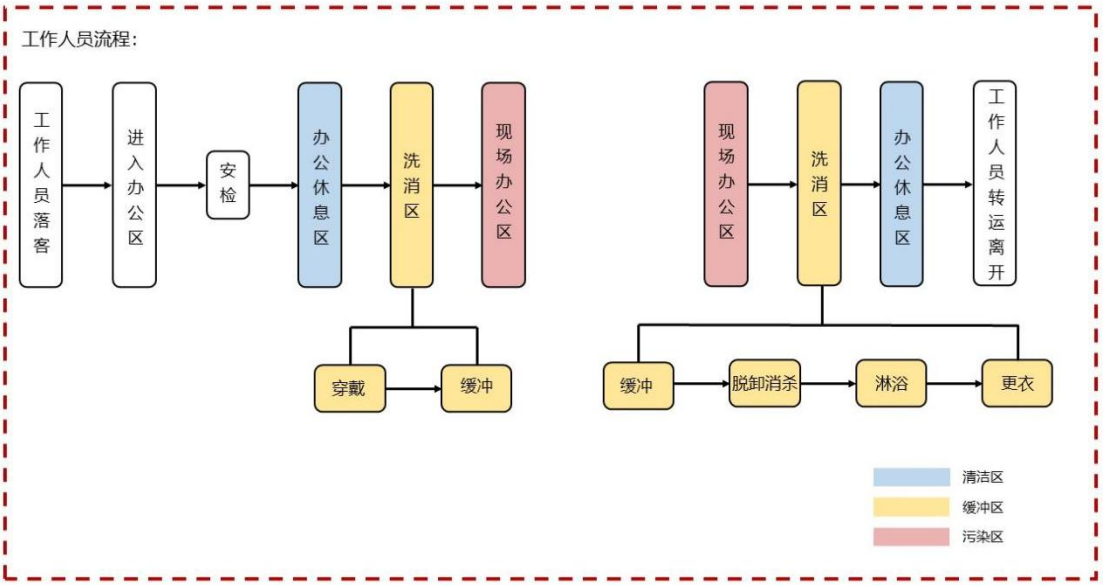


图 3-10：工作人员流程图示

国际到达模块内机组人员流程同旅客流程，并为其设置单独的柜台及通道，与旅客流程相对分离、快速入关。该通道可兼作为入境重要商务人员、体育团组通道。

3.4.2 处理能力上限与模块数量

（1）一个标准国际到达模块一天处理航班理论值为 3-5 班。当行李提取不成为其制约因素的前提下，可通过相关流程的进一步优化提升至每天 10 班航班。

（2）在现状条件下，各大机场建设一个标准模块即可满足防疫使用需求。未来枢纽机场的国际旅客量进一步增长，可通过增加国际模块数量或者放大面积来实现。

（3）国际到达模块处理能力的上限更受制于其所在城市的国际旅客接待能力：

①假定模块每天处理四个航班，每个航班按照 250 人计算，按照 14+7 计算，至少需要提供 14000 间符合隔离要求的客房；

②假定模块每天处理四个航班，每个航班按照 250 人计算，按照 5+3 计算，至少需要提供 5000 间符合隔离要求的客房；

上述要求对城市隔离酒店处理能力带来了较大的压力。常态化防控状态下，除了正常商旅的客房需求外，这部分隔离客房需求，对城市配套资源带来挑战。后续国际到达模块的处理能力计算还需根据相关疾控政策的调整进行动态更新。

（4）随着未来国际旅客量的进一步恢复和疫情常态化管理，简单的防疫模块化处理将无法满足容量需求。在这样的情况下，可以考虑将国际和地区旅客进行分级，**即来自低风险国家及地区的旅客依然选择正常的国际到达流程，部分高危国家或地区或者疫情局部爆发地区则选择停靠防疫模块。在疫情未完全平稳之前，**

依然要基于模块化设计思维，对正常国际到达流程中相应区域预留空间与系统，同时强调管理手段的引入尽可能减少流程交叉与干扰，考虑其兼容性措施。包括且不限于：

①旅客可利用靠近国际远机位到达的若干桥位，使用国际远机位到达流程；

②核酸查验区结合远机位到达区域设置于室外；

③旅客进入国际远机位到达流程通过联检区进入国际行李提取大厅；

④国际行李提取大厅与国内行李提取大厅之间保持完整的物理分隔。国际行李提取大厅与国内行李提取大厅之间保持安全距离；

⑤国际旅客进入迎客厅保证与国内到达旅客流线的相对分离；

⑥国际旅客到达流线所涉功能区域，参照高风险区空调通风系统、排水系统的，尽可能独立设置与设计；

⑦尽可能减少和节约流程时间，通过管理措施减少楼内感染风险。

3.5 国内特殊情况处置区使用国际模块

从现状调研结果看，当国内出现聚集性疫情局部爆发时，一般通过停飞当地航班来控制当地疫情外溢；但依然存在部分情况需要执飞该地航班，该部分旅客流线需相对独立，可以临时使用

国际到达模块作为国内特殊情况处置区使用。

3.6 机电系统与结构设计要求

3.6.1 空调系统设置

防疫模块具有高风险属性，模块内的空调通风系统设计应遵循以下原则：

（1）系统划分设计原则

①防疫模块空调冷热源可与航站楼其他区域空调冷热源合用，但应考虑模块独立运行时，负荷需求与冷热源容量调节能力相匹配。

②防疫模块空调水系统宜与航站楼其他区域空调水系统相独立，建议采用独立环路设置方式。

③防疫模块空调通风系统应独立于航站楼其他区域空调通风系统。

④服务于该模块内的核酸采样区、边检区空调通风系统**应**与该区域内的其它空调通风系统相互独立设置。

⑤服务于工作人员配套用房空调通风系统**应**与该区域内的其它空调通风系统相互独立设置。

（2）系统设计方案原则

①防疫模块公共区内的空调系统应采用全空气空调系统形式，留有可全新风运行的条件，并配置相应排风设施，区域排风总量应大于新风总量。

②配套用房的空调系统可采用风机盘管（或多联机）加新风系统形式，并宜增大配置的新风风量；工作人员使用的办公用房应维持正压，旅客使用的用房应设置排风并维持负压；工作人员卫生通过区可参照方舱医院设计导则中的相关内容进行设计。

（3）机房与管线设计原则

①从高风险区域设备独立管理的角度出发，服务于防疫模块的空调通风设备应设置在独立的机房内，避免与其它区域的空调通风设备设置在同一机房内。

②服务于防疫模块各功能区的风管管线不宜穿越航站楼内其它区域，卫生间、核酸采样区的排风风管正压段不应穿越航站楼内其它区域。

（4）气流组织设计原则

①防疫模块内空调系统的送、回风口不应跨区进行设置，航站楼内其他区域的回风口不得设置于防疫模块范围内。

②防疫模块内空调系统宜采用顶送下侧回的气流组织方式，送风口应均匀布置，回风口宜均匀布置。

③防疫模块内应形成各功能区之间的定向气流组织，核酸采样区、检疫与边防查验区应加大排风，以实现其它功能区的气流向这二个区域流动。

3.6.2 给排水系统设置

（1）防疫模块给水水源可与航站楼其他区域合用泵房，但

需要独立计量；不可引入中水对防疫模块内卫生间进行冲厕；

（2）防疫模块内卫生间排水管应独立设置，并预留排水消毒设备；排水通气管应独立设置，伸顶部位考虑消毒设施；

（3）模块内卫生间可不设置排水地漏；洁具选用感应冲水；大便器建议选用坐便器。

3.6.3 强弱电点位设置

（1）国际到达模块应按照海关和边防等单位业务需求，设置强弱电点位；

（2）旅客流线上应布置摄像监控点位。

3.6.4 结构体系要求

（1）国际到达模块宜独立设置，建筑屋面应相对平直，便于切分，幕墙、柱网等应保持统一的标准模数体系；

（2）鉴于防疫处置的时效性要求，结构应考虑预制化、模块化组装需求，可快速完成搭建，满足最短工期要求。

3.7 总结

（1）建议国际到达模块应主要于北京、上海、广州等主要门户机场，以及各地省会及计划单列市等重要城市机场设置，具体可结合国家防疫需要进行调整。

（2）国际到达专区保障选址应秉持“与航站楼主体功能流程不交叉、物理空间上不重合、保证一定物理距离；同时确保旅

客交通可达。

根据各机场自身的不同条件，选址一般有三种方案：

选址 1：有条件设置独立航站楼作为国际到达防疫模块；

选址 2：选择流程末端指廊作为国际到达防疫模块；

选址 3：结合远机位布置国际到达防疫模块。该方式兼顾了平时和疫情两种不同工况，降低运营成本，是经济性最优方案。

（3）**国际到达防疫模块嵌入有三种不同方式，建议优先采用装配式建筑的建设方式。**装配式建筑建设周期短、代价小、恢复快，契合国际到达模块的快速组建需求，模块中各功能区的设置可采用永久性与临时性建筑相结合的方式，核酸检测及办公区等临时空间建议结合远机位的室外灰空间设置室外方舱以满足疫时临时使用需求，临时设施建议采用装配式建筑，室内临时隔断等设施宜采用装配式组件。

（4）**考虑航站楼防控的经济性要求，国际到达模块规模不应强调大而全，**应定位于同时服务一个标准国际 E 类机位，考虑到 E 类机位的机型不同，建议其服务单批处理旅客量为 300 人左右。

（5）在**国际到达模块空间采取集约设计、提供有限服务的前提下，建议对旅客采取分批下客的管控模式，**降低模块等候空间需求、尽可能减少疫情在楼内传播风险。

（6）**一个标准国际到达模块单元建议控制规模 3000-4000 ㎡左右**（含室外方舱），可通过空侧预留方舱场地应对临时的区

域面积扩大要求，从而减少模块面积。

（7）结合各地机场现状设施条件，上述**模块可灵活嵌入航站楼、卫星厅合适部位**；根据建筑柱网、尺度要求因地制宜；在满足模块基本要求的前提下，进一步细化设计并适当放大规模。

（8）在目前防疫政策要求下，功能流程主要为飞机停靠机位---海关登临检查---旅客下机---（缓冲等候区 1、非必须）---测温----流调（核酸采样）----入境联检----（缓冲等候区 2、非必须）----行李提取----（缓冲等候区 3、必须）----转运至酒店；后续如流程进一步优化，建议国务院联防联控机制协调海关总署取消通关前的核酸采样环节，与隔离酒店一并设置并实现与地方政府的隔离数据共享。

（9）**国际到达机位靠桥不是必须的**，各个机场管理机构可以根据自身情况选择模块近机位设置，亦可通过远机位摆渡旅客进入模块。

（10）**陆侧车道边的接入不是必须的**，转运车辆可以直接进入站坪转运旅客至隔离酒店。但鉴于空侧安防的实际要求较高，在有条件的情况下建议尽量同时预留陆侧车道边作为空侧接口的备份。

（11）**前置的旅客等候区不是必须的**，该功能与旅客组织流程有关。**建议通过分批组织旅客下机的方式取消此区域**。各机场可结合实际客流量需求及室内空间条件，在室内或室外区域临时搭建方舱增设前置旅客等候区。

（12）**核酸检测区应尽可能减少对于其它功能区的影响**，并通过联防联控机制探讨置于隔离酒店的可能性。

（13）**行李提取区是最有可能发生旅客聚集的区域，在模块中面积占比应适当增大**，并根据自提和转盘的不同方式预留空间。

（14）**办公区应设置独立流程，且应严格按照清洁-缓冲-污染区设置**。疫情状态下，应适当降低现场办公用房的服务标准，并结合室外设置，各地机场根据自身条件考虑工作人员安检区域的设置。

（15）**一个标准国际到达模块一天处理航班理论值为 3-5 班**。当行李提取不成为其制约因素的前提下，可通过相关流程的进一步优化提升至每天 10 班航班。国际到达模块处理能力的上限更受制于其所在城市的国际旅客接待能力，而这一能力与当地隔离政策有关，需结合防疫政策更新。

（16）**在现状条件下，各大机场建设一个标准模块即可满足防疫使用需求**。未来枢纽机场的国际旅客量进一步增长，可通过增加国际模块数量或者放大面积来实现。

（17）**随着未来国际旅客量的进一步恢复和疫情常态化管理，可以考虑将国际和地区旅客进行分级处置**，即来自低风险国家及地区的旅客依然选择正常的国际到达流程，部分高危地区或者疫情局部爆发的国家则选择停靠防疫模块。

（18）**国内出现疫情局部爆发时，可参照国际到达模块概念，结合国内远机位厅设置国内特殊情况处置区**；处置措施还可直接

停靠固定远机位，结合机坪临时措施搭建临时核酸检测方舱，将旅客直接转运至隔离酒店。必要时可将国际到达模块临时作为国内特殊情况处置区使用。

（19）国际到达模块的机电系统应保持独立，独立设置、独立运行或独立计量，避免与正常流程交会；结构应考虑预制化、模块化组装需求，可快速完成搭建，满足最短工期要求。

（20）室外方舱区域应预留相应的机电系统条件。

4 以“内防反弹”为目标的防疫流程的兼容性和韧性化

4.1 内防反弹与兼容性、韧性化概念的提出

民航坚持“外防输入、内防反弹”总策略，筑牢疫情防控民航屏障。课题报告第三章国际到达模块的研究主要针对“外防输入”，**本章则着眼于如何防止和控制风险等级相对较低地区的国内旅客和国际出发旅客，以及偶发性病例经过民航途径的传播。**

与国外疫情较为严重的情况相比，国内大多为中低风险区，高风险地区局部爆发疫情时通过管理措施干预已停飞当地航班，通过民航传播和扩散的可能性较小。由于疫情传播具有隐秘性及散发性等特征，民航管控始终不能松懈，需采取适当的手段进行防范和控制。**相较国际到达流程所采取的各类严格措施，国内各流程不应过度设计，疫情防范作为机场未来常态化管理的一部分，流程设计和运营管理必须具备“兼容性”。**

“兼容性”概念确立了平疫结合的航站楼设计的方向，旅客流程及所需空间应兼顾平时、疫时的不同工况需求，为平疫结合的航站楼常态化运行管理提供路径。

在常规的航站楼流程设计中，旅客流程强调便捷进出，各种功能流程尽可能简化，楼内空间强调效率性和连续性。疫情爆发后，基于防疫需求功能流程发生了一定的变化。通过调研及分析，防疫要求所增加的相关流程在执行中受限于既有条件，造成流程不畅、效率低下的问题，给管理带来困难。

从源头入手，**航站楼设计要从设计初始阶段预留空间，为今后应对各类疫情事件的处置提供空间改造和流程改造的可能性，为疫时管理措施的调整留有空间，即为设计“韧性化”。**

为实现兼容性和韧性化要求，关于平时流程和疫时流程，课题组梳理并聚焦到以下重点问题：

疫时国内出发流程和国际出发流程发生了哪些变化？

疫时国内到达流程有哪些变化？

疫时是否增加了其他特殊流线？

针对上述变化，空间节点有哪些需特殊处理？

4.2 流程梳理

通过对旅客及工作人员流程的梳理分析，以及航站楼平时模式及疫时状态下旅客流程对比，梳理疫时状态下需要增加的流程点及楼内各空间相较平时需额外满足的使用需求。

4.2.1 出发旅客流程

国内出发旅客进入航站楼室内空间前，机场增设入口健康码查验、测温流程，值机时增设行程码及核酸证明的查验流程，安检新增脱口罩风险行为，部分地区要求在登机前增设目的地健康码查验流程。

国际出发新增流程及危险行为与国内出发流程基本一致。

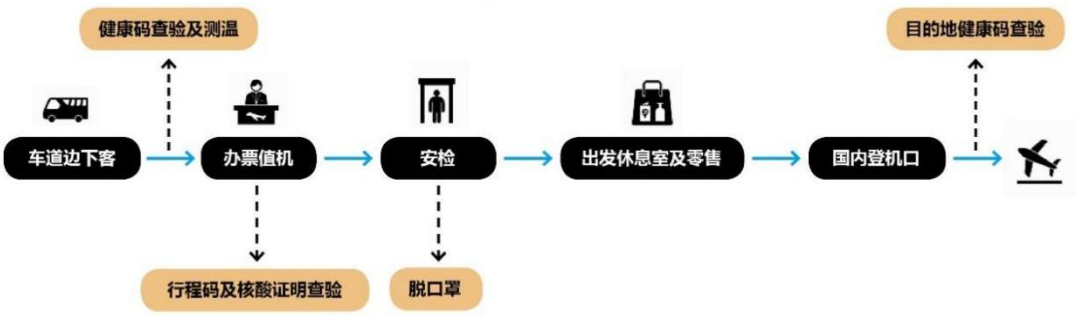


图 4-1 国内出发旅客流程图示

4.2.2 返流旅客流程

国际出发可能会出现的出境航班旅客登机后返流等特殊流程，机场可结合实际条件为此类旅客设置单独处置区域。

4.2.3 到达旅客流程

国内行李提取厅前后节点新增健康码查验流程，某些地区机场可能额外增加落地核酸流程。针对需要进行健康码查验的旅客，应将查验流程放置在行李提取前完成，设计应预留空间以应对疫时需求。

国际到达流程需单独考虑，第三章已进行详细介绍。

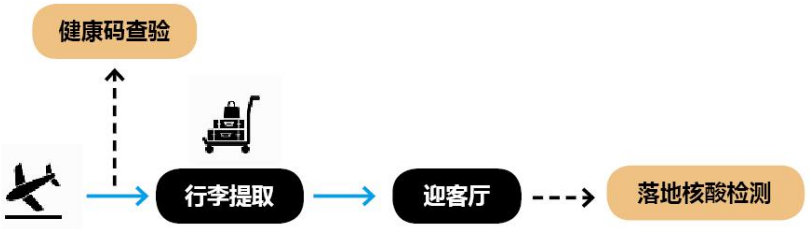


图 4-2 到达旅客流程图示

鉴于核酸检测结果的非即时显示，落地核酸流程安排至楼外或结合城市防控落实。

4.2.4 重点地区国内到达旅客流程

根据疫情风险等级提示，高风险地区局部爆发疫情时已经通过管理措施干预已停飞当地航班，但仍有一些必须执行的高风险地区或重点地区航班，机场需增加重点地区国内到达旅客流程：

（1）重点地区国内到达旅客流程应与正常国内到达旅客在到达通道、行李提取厅及迎客厅等室内空间区域采用设立临时隔断等方式进行分隔，避免其与正常国内到达旅客流程交叉；针对服务此类旅客的工作人员在其汇入正常工作人员办公休息区前设置卫生通过区；

（2）局部地区疫情爆发时，针对此类旅客应通过国内特殊保障措施为此类旅客提供独立到达区域，参考国际到达模块流程，国内高风险区及重点地区旅客流程可结合远机位空间考虑，设置核酸检测及行李提取等设施空间，或直接于登机桥及远机位处进行隔离转运。

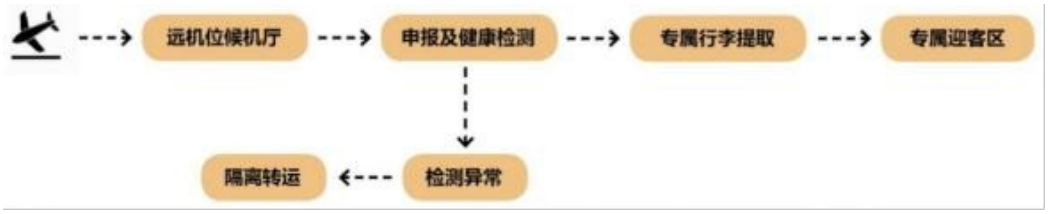


图 4-3 重点地区到达旅客流程图示

4.2.5 中转流程

中转流程按照各地防疫政策执行。**中转流程应关注来自重点地区及高风险区的国内旅客中转**，此类国内旅客到达后流程同

4.2.4 重点地区国内到达旅客流程。

调研结果显示，重点地区及高风险地区旅客通过在第三方机场中转至最终目的地实现机场数据与城市数据平台的共享，中转旅客相关数据与目的地地方政府实时共享更新，减少防控风险。

4.2.6 解除隔离旅客流程

部分机场设有解除隔离旅客流程，适用于国际到达旅客自境内隔离期满后，由机场中转至国内其他地区。主要有三种方式

（1）通过车辆自隔离酒店送至飞机全程闭环；

（2）楼内设置相对独立的流程；

（3）与常规流程相同。

基于简化流程提高管理效率的考虑，建议通过管理措施实现其流程相对闭环（如通过车辆设置相对独立闭环流程），不建议在楼内设置独立流程。

4.3 流程梳理小结

（1）旅客流程

①国内出发到达旅客疫时新增出发到达健康码查验、安检流程新增脱口罩风险行为及部分机场新增落地核酸检测流程；国际出发与国内出发新增旅客流程及风险行为基本一致。

②国内重点地区到达旅客需与常规国内到达旅客流程适当分隔；当局部地区疫情爆发时，可通过前文提到的国内特殊保障

措施设置独立流线或直接于登机桥及远机位处进行转运。

③解除隔离旅客流程建议通过管理措施实现相对闭环，如通过车辆设置相对独立闭环流程，不建议在楼内单独设立流程。

（2）非旅客流程

①工作人员流程：国内工作人员应按涉疫风险及岗位业务等分等级进行管理，针对不同种类工作人员，对流程及办公区域等加以区分。

②机组人员流程：此处机组人员一般指国际进港机组人员，应通过空间设计结合管理措施与旅客流程进行区分，应考虑其独立流程。经调研总结：

- 国内航司国际任务进港机组与外航进港机组通道应分开设置；
- 针对外航过夜机组，以及部分未隔离期满执行任务的国内航司国际任务机组，认定其存在防疫风险，建议设置专用出港路径及保障通道，闭环转运至机组通道直接处境，以降低风险；
- 针对国际不入境机组在航空器消毒期间休息问题，建议结合实际条件为此类机组人员设置临时休息点，休息点应为独立空间，空间内空调系统、给排水系统按参照国际到模块独立运行。

4.4 基于流程分析的各场景韧性化建议

基于“平疫结合”的设计要求，充分利用现有设计条件，通

过各空间节点的灵活组织管理，以及设计留白空间的灵活使用来满足疫情防控状态的韧性需求是十分重要的。

（1）新增危险区域梳理及防疫对策：

①因脱口罩危险行为出现而产生的楼内中风险区

- 国内出发安检及国际出发联检有脱口罩要求，属于风险行为，造成此处传播风险增大，建议在脱口罩行为发生处保持 2 米安全距离。

②因人流聚集或发生近距离交流行为而产生的楼内中风险区

- 值机办票及安检、联检区等排队区为人流聚集区，建议排队区旅客应保持 1 米健康间距。
- 旅客于值机办票区与柜台工作人员发生交流行为同样会增加传播风险，建议此处保持 2 米安全距离。
- 餐饮区为同时发生人流聚集及脱口罩行为的危险区域，应在此处通过各类管理措施控制人流密度，降低传播风险。

③因工作人员涉疫风险较大而新增的工作人员卫生通过区

- 对于涉疫风险较大的工作人员，此类人员一般集中于到达流程，建议在行李厅健康码查验节点附近增设卫生通过区以提供防护服穿脱空间，完成洗消后汇入正常工作人员流程及空间。

（2）韧性空间预留需求梳理：

通过对各类新增流程及危险行为的梳理，建议在以下流程、

功能和节点适度放大、预留空间，为疫时切换管理模式提供条件。主要包含：

①车道边近楼侧人行道：满足入口查码及落地核酸检测需求。

②安检及联检排队区：降低人员密度，疫时切换排队管理模式提供空间。

③商业及餐饮区：降低人员密度。

④登机口：降低人员密度，满足登机前查码需求。

⑤行李提取区：放大行李提取厅前或提取厅后节点满足落地查码需求。

4.4.1 车道边

车道边为低风险区。但疫时国内及国际出发旅客进入出发大厅前均需通过健康码查验及测温流程。新增流程不仅对于航站楼出发车道边近航站楼侧人行通道增加了使用压力，也带来了消防疏散上的问题。

疫时部分对机场国内到达旅客新增落地核酸检测需求，建议此流程可移至室外，利用到达车道边人行道设置核酸检测点。

具体建议如下：

（1）平时模式下车道区域作为旅客进出港使用，车道并无任何功能性的划分，疫时可细分车道功能使用，划分为健康码查验人行道、普通车行道、转运隔离车道、救护车道等便于疫时使用。

（2）结合规划设计条件，可放大航站楼车道边近楼侧人行道宽度，目前国内航站楼出发车道边人行通道宽度区间多为5-8m不等，在条件允许的前提下，**建议出发车道边人行通宽度取上限8m及以上**，预留疫时健康码查验需求空间。

（3）到达车道边阈值区域较大，考虑到核酸检测点及排队区的布置（核酸检测操作空间一般为10㎡左右），**建议到达车道边人行通道宽度取大值10米及以上。**

机场航站楼车道边人行道空间案例分析：

机场名称	出发车道边近航站楼侧人行通道宽度	到达车道边近航站楼侧人行通道宽度
首都T1	4.3M	6.4M
首都T2	8M	
首都T3		6.8M
浦东T1	5M	10M
浦东T2	7.2M	16.7M
白云T1	8.4M	10.8M
白云T2	8.4M	18M~24M
虹桥T1	3M	12.5M
虹桥T2	5.2~36M	15.5M
咸阳T2	5.2M	8M
咸阳T3	7M	12.4M~18M
禄口T2	6.6M	17.5M
天河T3	8.4M	20M

武宿 T1	4.5M	4.5M~7M
武宿 T2	6.6M	9.2M
济南遥墙	3.5M	6.65M
福州长乐	4.5M	7.7M

表 4-1：车道边宽度表

4.4.2 值机办票

值机办票区为中低风险区。与平时相比，疫时的值机办票旅客流程无明显变化，但由于健康码不互认等问题造成自助设备停用，而**增加了人工柜台的健康码查验程序，办票时长增加。**

调研显示，目前旅客量未完全恢复，办票值机区域尚未出现旅客堆积拥挤等情况发生，该区域风险较低。**未来随着旅客量逐步恢复，健康码查验造成办票时长增加仍可能造成拥堵。**

具体建议如下：

（1）调研结果显示大部分机场在疫时的自助设备处于停用状态。建议管理引导自助值机及托运，鼓励线上值机托运，缩短柜台时间，提高流程效率，降低交互风险；

（2）提高排队模式灵活度，降低排队区的人员密度。设计应预留部分通道以应对疫时需求；

（3）旅客在排队区应保持 1 米健康间距，在办票柜台处应保持 2 米间距，避免因与工作人员近距离交流所带来的传播风险增加；

（4）自助设备使用提升、排队模式切换足够满足疫控模式

需求的情况下，不建议放大值机办票大厅尺度。

（5）排队模式参考：

①采取多排队通道模式，队列和柜台前方之间提供额外区域，以提供侧向出口的安全距离，并为所有通道提供防护隔断。保持社交距离和隔离距离的措施会造成排队区容量降低，若条件允许，应为疫时预留空间缓解压力。

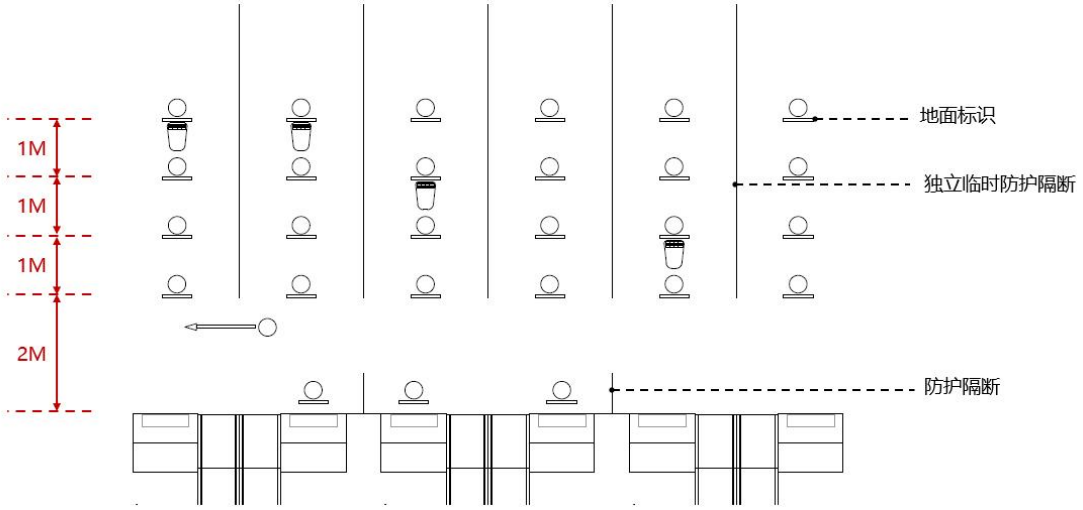


图 4-4：多通道排队图示

②采取单排队通道方式，控制通道间隙，保持社交距离和隔离距离的措施可能会造成排队区容量降低，若条件允许，应为疫时预留空间缓解压力。

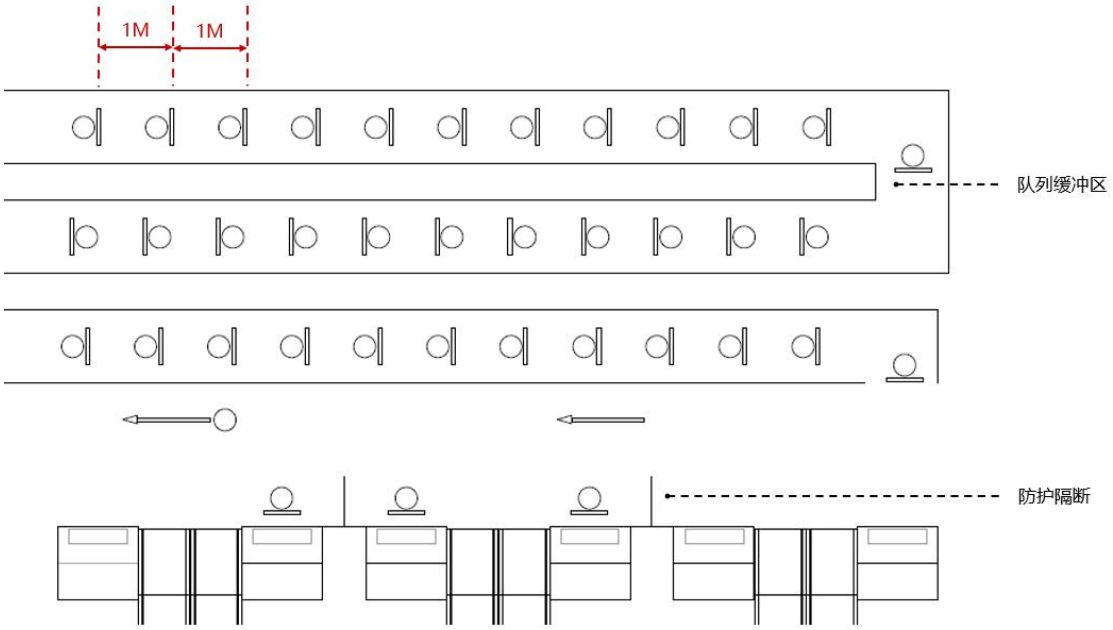


图 4-5：单通道排队图示

4.4.3 安检及联检

安检及联检区为中风险区。与平时相比，虽然疫时的旅客安检及联检流程无明显差别，但旅客的集中仍造成了近距离接触的情况，易产生人际传播，且安检及联检新增的脱口罩危险行为更加剧了传染风险，**应适当放大通道宽度及排队区进深，并在脱口罩行为发生区预留足够的空间以避免人际传播。**

具体建议如下：

（1）在安检及联检区在条件允许的情况下在原有通道宽度为 1M 的基础上可考虑**适当放大通道**。

（2）安检及联检出港流程均为单向流程，在流程尾部设置手部消毒设施，消毒设施采取单一、同向设置。

（3）有条件的情况下，设计应**适当放大安检及联检排队区**

进深。

（4）在脱口罩危险区域建议保持 2 米间距。

（5）提高排队模式灵活度，降低排队区的人员密度。设计应预留部分通道以应对疫时需求。

（6）排队模式参考：

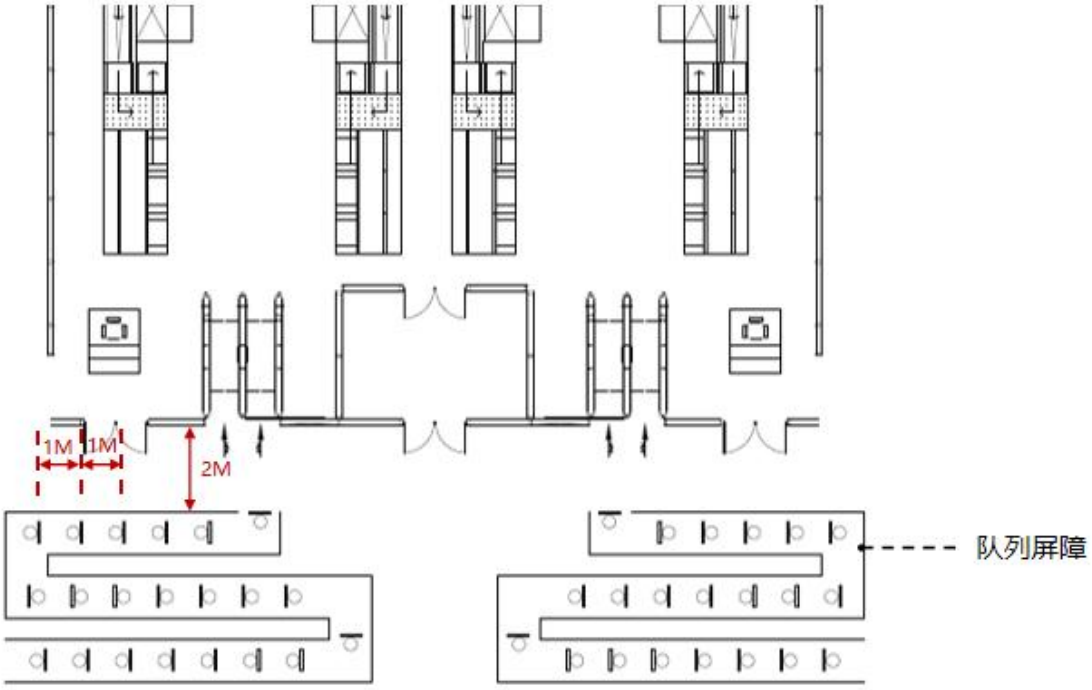


图 4-6：安检通道排队图示

（7）在安检及联检查验通道增设防护隔断可限制气流流动、降低传染风险。

机场航站楼安检联检区案例分析：

机场名称	安检排队区进深	联检排队区进深
昆明 T1	23M	73M
昆明 T2	25M	57M
大兴机场	18M	39M
虹桥枢纽	20M	
浦东 T2	17M	32M

咸阳 T5	25M	40M

表 4-2 安检联检区案例分析

4.4.4商业及餐饮区

餐饮区为中风险区，具有同时发生人流聚集及脱口罩行为的危险。考虑到餐饮及商业区域人员密度较大不利于控制疫情传播，建议降低店内外摆座椅区的密度，或采用间隔就座等管理措施达到对人流密度的控制，商业空间及人流聚集区的尺度也可结合室内商业广场节点设计适当放大，餐饮场所扫码区域可适当扩大，并在可能的条件下增加监控，减少人员聚集。

4.4.5 登机口及座椅区

出发候机区为低风险区。但与平时相比，部分机场在国内旅客登机前新增目的地健康码查验流程对登机口空间及座椅区带来了风险控制压力。

平时已经拥挤混乱的排队秩序不仅增加了疫情传播的风险同时也为查验流程带来了运行上的困难。部分登机口的自助登机设备需旅客脱口罩进行识别也增加了疫情传播风险。

具体建议如下：

（1）登机口节点空间的放大可能会影响座椅区使用面积，座椅数量可适当减小，登机口附近的座椅应可灵活拆除以释放排队空间；

（2）根据旅客座位号进行分区管理登机，避免因同一时间

登机而造成的人员局部密度过大；

（3）登机口的排队模式可采取单通道、蛇形排队模式，队列保持 1M 安全距离减少风险，增设隔离带分隔队列，对地面或立柱标识来帮助排队区内乘客保持所需的社交距离，规范排队秩序；

排队模式参考：

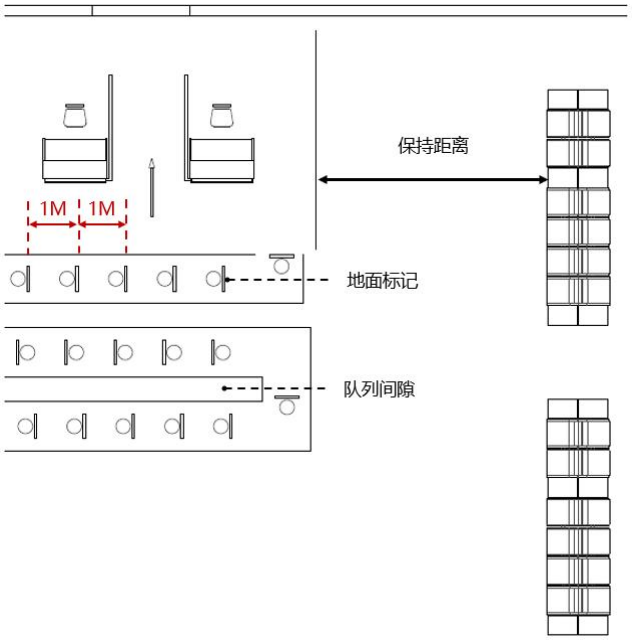


图 4-7：登机口空间图示

（4）根据实际机型人员数量的不同适当放大登机口节点尺度，预留充足的排队空间。

（5）登机口排队区尽头放置手部消毒设施，确保旅客在登机前完成手部消毒。

（6）座椅区通过间隔就座等管理措施控制旅客密度。

4.4.6 行李提取

行李提取厅为中低风险区。与平时相比，**新增的健康码查验流程对行李提取厅前后节点空间带来了压力。**

为缓解空间压力，同时为旅客提供便利，建议对旅客进行分区域管理，区分低风险及无风险地区国内到达旅客，分别设置到达通道并采用隔断进行分隔。

针对需要进行健康码查验的旅客，建议将查验流程放置在行李提取前完成，避免旅客提取行李后拥堵聚集，设计应预留空间以应对疫时需求。

4.4.7 工作人员流程与办公区

国内工作人员应按涉疫风险及岗位业务等分等级进行管理，针对不同种类工作人员，对流程及办公区域等加以区分。一线岗位中旅客与楼内工作人员可采用透明隔断。

存在涉疫风险的国内工作人员主要为现场服务人员，风险主要集中于航站楼入口处以及服务国内旅客到达的工作人员，此类工作人员是接触旅客的第一人，存在较大涉疫风险，需按防护要求穿着隔离衣，应为此类工作人员设置独立区域进行隔离衣的穿脱。

服务突发疫情事件及国内重点地区到达旅客的工作人员是高风险岗位，此类工作人员需按防护要求穿着防护服，建议针对此类工作人员增设卫生通过区以提供防护服穿脱空间，完成洗消

后汇入正常工作人员流程及空间。

针对高风险岗位设置卫生通过区，机电排水设计要求如下：

（1）独立空调通风系统设置要求：穿衣流程空间与脱衣服流程空间的空调通风系统相互独立设置；

（2）有效的压力梯度控制要求：通过调整相应功能空间的送、排风量，控制压力梯度；

（3）房间内气流组织要求：上送风、下排风；

（4）送排风采用直流方式（直送、直排）要求：排风经亚高效过滤器过滤后排至室外，宜高位排放，或与敏感区（新风取入口、人员停留区）保证20m及以上的水平距离；

（5）区域内污、废水系统独立设置要求，经集中消毒处理后排放。

4.5 总结

通过流程调研的结果梳理，国内国际旅客出发流程及国内旅客到达流程相较于平时运行总体无明显差别，但流程中增加了相关防疫管理节点和措施，疫时新增了解除隔离旅客流程及国内风险区旅客流程，这些流程的具体差异有：

（1）**旅客出发流程：**新增健康码查验及测温流程，安检及出发联检流程新增脱口罩风险行为，登机口新增目的地健康码查验流程；

（2）**国内旅客到达流程：**新增健康码查验及测温流程、部

分机场新增落地核酸检测流程，鉴于核酸检测结果的非即时显示，建议此流程安排至楼外或结合城市防控落实；

（3）**新增解除隔离旅客流程：**该流程应与其他流程有所区分，出于流程高效考虑，建议通过管理措施实现该流程相对闭环（如通过车辆设置相对独立闭环流程），不建议在楼内设置独立闭环流程；

（4）中转流程按照各地防疫政策执行。中转流程应关注来自重点地区及高风险区的国内旅客中转，此类国内旅客到达后流程同 4.2.4 重点地区国内到达旅客流程；

（5）**重点地区国内到达旅客流程：**应与正常国内到达旅客在到达通道、行李提取厅及迎客厅等区域分隔，可采用设立临时隔断等方式。国内局部地区疫情爆发时，该地区旅客流程应单独考虑，可参考国际到达模块流程，建议结合国内远机位到达独立设置，形成相对闭环流线或直接结合站坪进行旅客转运，针对服务此类旅客的工作人员在其汇入正常工作人员办公休息区前设置卫生通过区。

（6）**工作人员流程及机组人员流程：**应分级管理，对非旅客流程应与正常旅客流程进行区分。

通过对旅客及工作人员流程的梳理分析，以及航站楼平时模式及疫时状态下旅客流程对比，**以内防反弹为目标的航站楼主体流程设计应以管理措施为主，尽可能减少其对于楼内的影响，对部分危险区域及节点空间主要通过管理措施进行防疫管控，设计**

上采用空间留白、适度放大的方法满足灵活管理需求，达到“韧性化”目标。

课题组基于疫时状态下各流程增加的流程节点，及楼内功能空间较平时需额外满足的防疫使用需求，梳理了危险区设计策略和韧性化设计建议如下：

（1）针对脱口罩、近距离交流等危险行为的区域保持 2 米安全距离；

（2）旅客排队区等人流聚集区域保持 1 米健康间距；

（3）针对风险等级较高工作人员工作区增设卫生通过区，完成洗消后汇入正常工作流程，此区域需设置独立的空调通风及污水处理等系统；

（4）航站楼出发到达车道边人行通道应适度放大以满足新增健康码查验测温流程及落地核酸的需求；

（5）办票值机区通过管理引导自助值机及托运，提高流程效率，降低交互风险；出于经济性考虑，未来自助设备使用提升、排队模式灵活切换足够满足疫控模式需求的情况下，不建议放大值机办票大厅尺度；

（6）安检及联检排队通道可进行适当拓宽及并做数量上的预留，排队区进深适度加大；

（7）商业餐饮区由于人流密度较大，传播风险较高，可采取间隔就座的管理方式控制旅客密度；

（8）登机口空间尺度应适度增大，座椅区数量可适度减少

并采取间隔就座的管理方式控制旅客密度，前排区域采用灵活可拆除的座椅设施可释放排队空间；

（9）健康码查验流程建议放置在行李提取厅前节点空间，设计应做好预留；

（10）结合人流模拟情况，主要人流聚集点的空间面积适当放大。

5 与生态绿色相结合的健康空港设计

5.1 健康空港与自然通风的关系

航站楼超大空间、超大进深、超大人流密度的特性使得其健康属性显得尤其重要。后疫情时代下，航站楼建筑设计更要着眼于健康空港的概念，打造生态绿色导向下的健康空港。

航站楼空间模式可以分为两种，一种为一体式巨构空间：所有的空间位于同一穹顶之一；另一种则为组合式分体空间：将原本位于同一穹顶下的大空间划分为若干个组合式的小空间。

通过适当划分，将一体式空间转化为恰当的空间序列，能够更加有利于健康空港的建设，组合式立体空间为这种灵活的分区提供了更多可能。

大空间或空间序列中植入庭院鼓励自然通风：不同分区中适当庭院的插入可以有效缩短通风路径，尤其是可以显著改善位于航站楼中部区域的自然通风。

鼓励自然通风、降低病毒浓度、减少感染概率：在航站楼健康空港的营造中，自然通风的引入显得尤为重要，根据空气动力学特征，在无湍流条件下飞沫排出后约 2m 范围内落到地面；而受感染的气溶胶可在空气中悬浮，并能传播 1 米以上距离，因此拥挤和通风不良的环境会加剧染疫风险。改善室内通风、促进空气流通可有效稀释病毒浓度，降低病毒在室内传播的风险。

结合计算机模拟的精细化开窗方式与比例计算：应结合航站

楼所在地理条件和计算机建模，对于航站楼内不同功能空间进行精细化模拟，对于不同功能空间的开窗方式、比例及换气次数进行定量分析。

5.2 气流组织原则

5.2.1 自然通风目标

在过渡季节等条件适合的时候采用自然通风是绿色建筑中常见的被动式节能措施，以上海气候条件为例，航站楼建筑每年的自然通风可及时间约为 2520 小时，节能潜力达 20~40%。在疫情防控常态化的背景下,规划设计鼓励采取自然通风措施，通过充分的通风稀释作用，将病毒浓度控制在目标范围内，可以应对偶发性疫情情况。

大量对密接者流行性病学调查的统计数据表明，在与染疫者同处一个空间且短时停留情况下的感染率约为 2~6%，通过经济可行的措施将感染率控制在 1%以内，可有效减少 50%~80%的感染人数。因此，采用自然通风措施控制的目标为**人员逗留 1~2 小时情况下，感染概率不超过 1%。**

5.2.2 气流组织形式

航站楼建筑空间及功能较为复杂，空间高度与进深直接影响自然通风的方式及防疫所需通风量。应充分结合空间特性，灵活运用对流通风、热压通风的形式，设计通风策略，并评估通风量

与通风效果。

（1）**对于大进深空间，优先利用热压通风，**热压通风较风压通风更易实现且更为稳定；当建筑高度有限，无法形成良好的热压通风效应时，可考虑在空间中加设中庭以增强自然通风效果；

（2）**对于小进深空间，优先利用侧面风压通风；**当空间高度可形成热压时，亦可考虑采用热压通风作为辅助。

5.3 空间组织原则

5.3.1 空间高度的原则

（1）**空间高度直接影响热压通风的效果。**空间高度越高、室内外温差越大时热压效果越明显，通风效果越好。

（2）**空间高度越高，越有利于稀释病毒浓度，降低感染概率，空间高度与空间内防疫所需换气次数成反比（图 5.1）。**当空间高度小于 20m 时，提升空间高度能显著降低所需换气次数；当空间高度大于 20m 时，提升空间高度的效果不大。但空间高度的最终确定要综合空调能耗、空间尺度等多种因素综合确定，不能一味强调空间的高大。

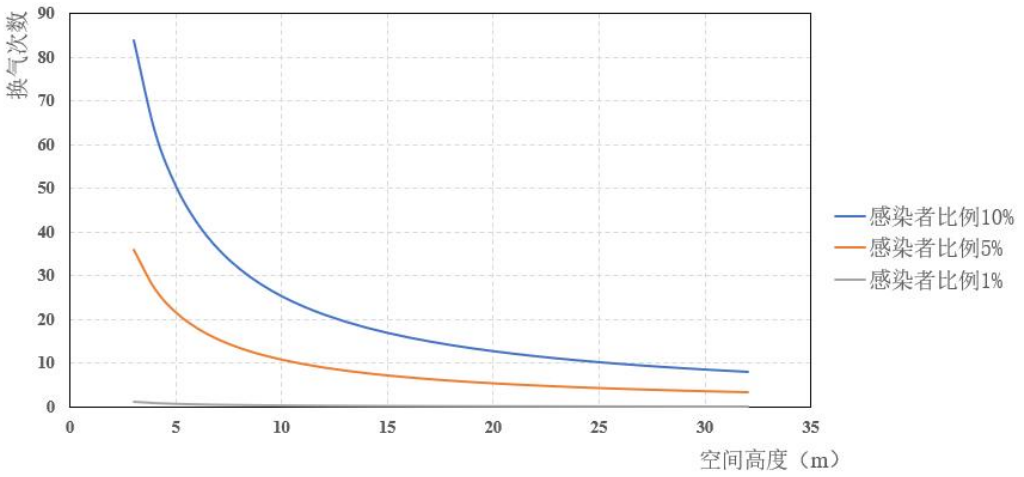


图 5.1 感染概率不超过 1%时不同空间高度需达到的换气次数

5.3.2 空间进深的原则

（1）建筑空间进深是影响对流通风效果的主要因素。进深越大，对流通风效果越差。

（2）当空间容纳人员数量一定时，空间进深的增加带来人员密度的降低，有利于稀释病毒浓度，降低感染概率（图 5.2）。对于安检等需摘下口罩的空间，应降低人员密度或采取更多的通风强化措施。

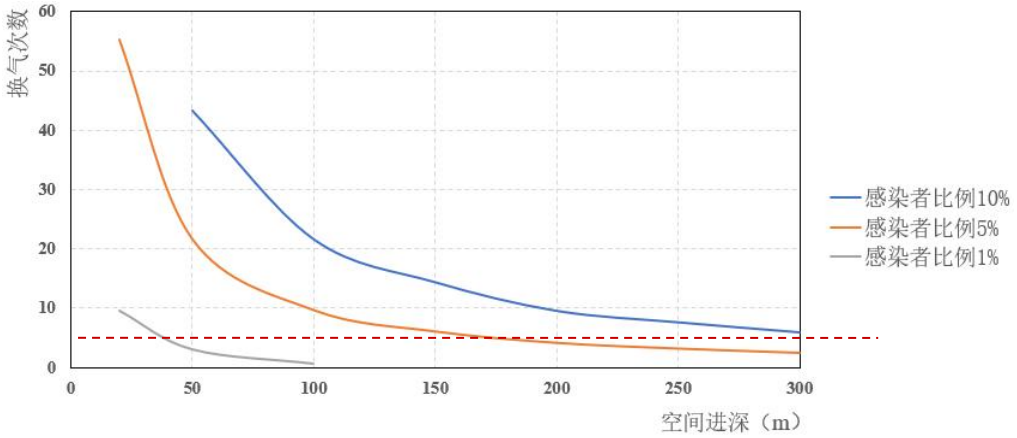


图 5.2 感染概率不超过 1%时不同空间进深需达到的换气次数(人员数量一定)

当人员密度一定时，空间进深的改变并不会改变单位面积病毒产生速率，也因此不会改变单位面积所需通风量及换气次数。

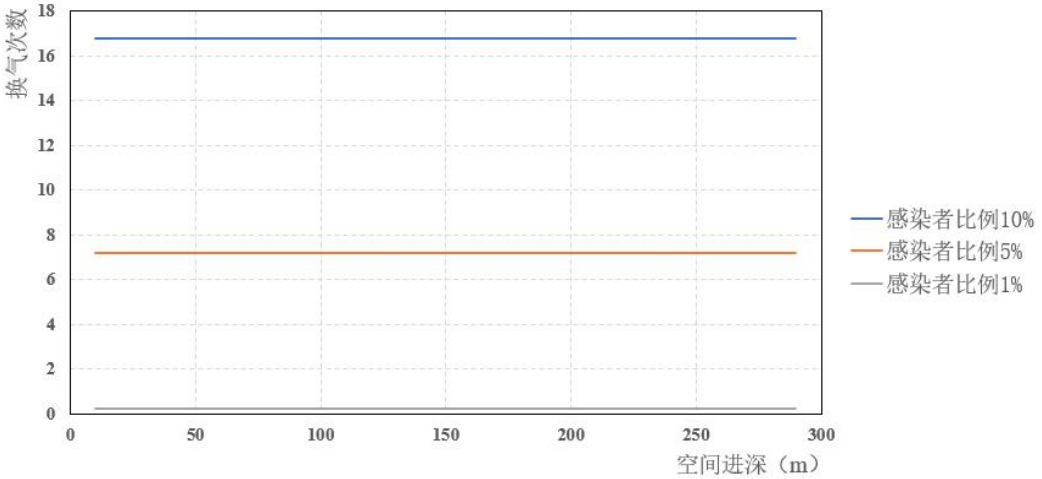


图 5.3 感染概率不超过 1%时不同空间进深需达到的换气次数(人员密度一定)

5.4 空间尺度与防疫通风需求的关系

5.4.1 基于参数化模拟的通风开口形式分析

根据 CIBSE Guide，空间高度制约着对流通风在水平进深上的有效影响范围：

当空间深度小于 8H（H 为空间高度）时，可通过对流通风完成自然通风目标。

当空间深度大于 8H 时，仅对流通风难以完成自然通风目标，**应结合热压通风**，通过顶部开口实现“先对流、再上升”的通风效果，**或在建筑布局上配合中庭设计以增强通风效果。**

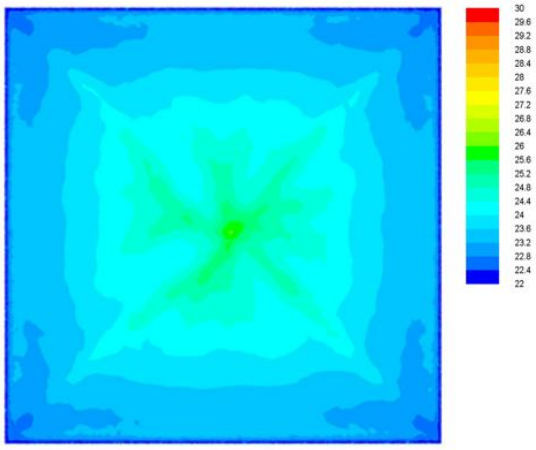
本研究基于计算流体模拟分析方法（CFD），计算并验证了大进深空间分别在何种场景下需采用顶部开口或需加设中庭，并对

插入中庭的推荐尺寸进行模拟分析（CFD 软件模拟平台为 Fluent）。

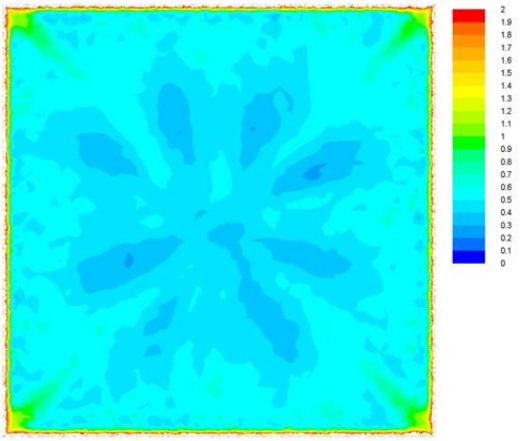
（1）大进深空间不同开口形式模拟验证

①高度 15 至 25m 的高大空间

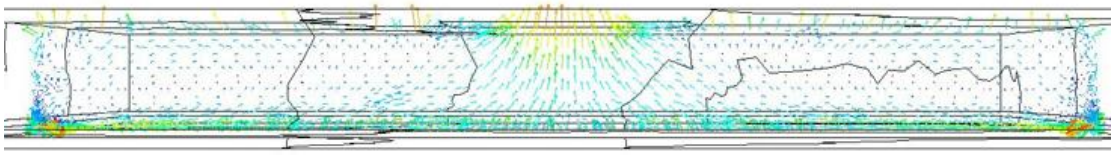
高大空间热压通风效果较好，通过幕墙低侧进风，中部天窗排风，可使大空间内部获得有效的通风环境。图 5.4 为净高 20m、进深 200m 高大空间 CFD 模拟结果，幕墙开窗 2%（开口面积与所在幕墙面积之比为 2%，下同），顶部开口 2%，通过自然通风换气次数可达到 9.2，满足中低风险空间换气次数要求，空间内部人员活动平面温度分布均匀。



（a）人员活动平面温度分布



（b）人员活动平面风速分布



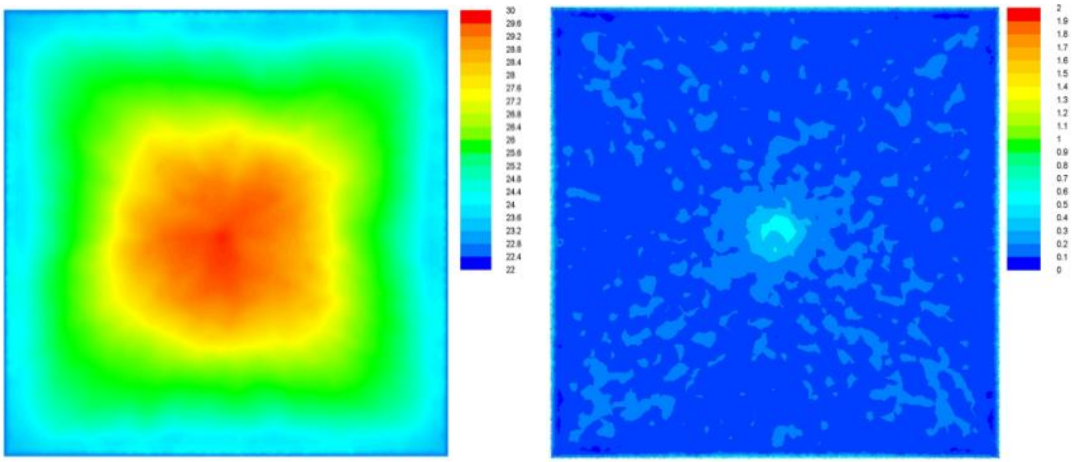
（c）剖面矢量图

图 5.4 净高 20m、进深 200m 高大空间 CFD 模拟结果

②高度小于 10m 的大空间

空间净高较低时，热压通风效果较差。图 5.5 为净高 6m、

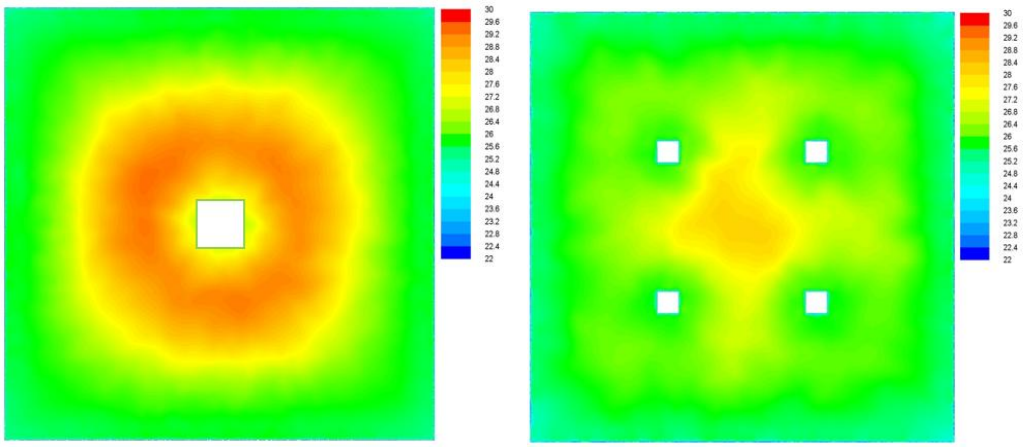
进深 200m 大空间 CFD 模拟结果，幕墙开窗 10%，顶部开口 5%，通过自然通风可达到的换气次数仅 1.4，气流难以到达空间中部区域，形成明显热量集聚现象，整体流通性差，虽能满足低风险区防疫换气次数要求，但低于绿建标准中推荐的自然通风换气次数。**应在空间内部加设中庭以改善通风效果。**



（a）人员活动平面温度分布 （b）人员活动平面风速分布

图 5.5 净高 6m、进深 200m 高大空间 CFD 模拟结果

对于大进深空间，需设置多组中庭。图 5.6 为净高 6m、进深 200m 大空间加设中庭后的 CFD 模拟结果，幕墙开窗 10%，中庭开窗 10%。工况 1 空间内部仅设置一个中庭空间，空气流通效果较差，通过自然通风可达到的换气次数为 0.8，新风难以到达空间内部，不满足防疫要求；工况 2 空间内部每隔 8H 设置一个中庭空间，空气流通效果较好，通过自然通风可达到的换气次数为 3.5，可达到低风险区域防疫要求且室内温度分布均匀。



（a）工况 1 人员活动平面温度分布（b）工况 2 人员活动平面风速分布

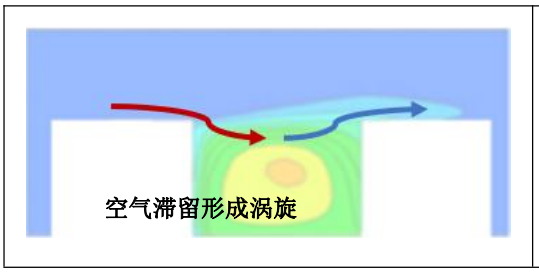
图 5.6 净高 6m、进深 200m 高大空间插入中庭 CFD 模拟结果

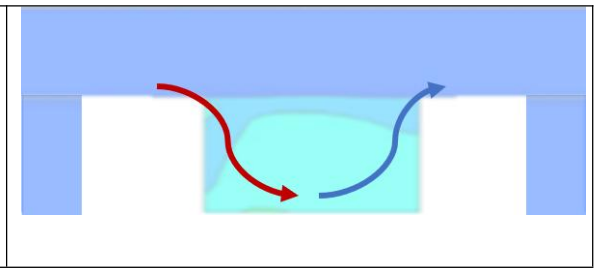
（2）插入中庭尺寸模拟验证

为确定插入中庭大小，课题对不同尺寸中庭对应气流组织形式进行了 CFD 模拟验证，模拟结果如表 5.1 所示，其中蓝色代表空气滞留程度低，红色代表空气滞留程度高。当中庭宽度较小时，室外气流组织难以到达中庭底部，中庭内空气滞留形成涡旋；当中庭宽度大于 0.8 倍空间高度时，中庭内通风效果好，基本无空气滞留。基于模拟结果，**推荐插入中庭尺寸应大于 0.8 倍空间高度**。

表 5.1 不同中庭尺度下气流滞留程度

中庭宽度＜0.8 空间高度	中庭宽度＞0.8 空间高度

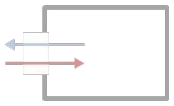
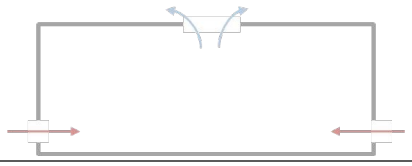
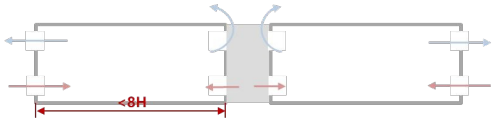




（3）不同空间尺度对应开口形式推荐

结合 CIBSE Guide 与 CFD 模拟结果，不同空间尺度对应开口形式推荐汇总如表 5.2 所示。

表 5.2 不同空间尺度推荐开口形式

空间尺度	推荐开口形式	图示
<3	单侧进出风，单排窗	
	单侧进出风，双排窗 单侧立面低侧进风，高侧出风	
3<<8	风压通风为主，热压通风为辅 双侧立面低侧进风，高侧出风	
8<<10	热压通风为主 幕墙低侧进风，中部天窗排风	
>10	加设中庭，侧面进出风，中庭间隔小于 8 倍空间高度	

5.4.2 不同空间尺度防疫通风量要求

（1）计算模型

课题组基于空气传播的传染病预测模型，对于不同工况下人员的感染率进行预测。影响感染概率的输入参数包括：

①建筑基本参数（面积、空间高度等）

②通风量

③人员密度（以及感染者密度）

④逗留时间

⑤病毒释放速率

⑥人员活动强度（体现为单位人员的呼吸量）

⑦口罩佩戴程度

其中，空间越低、通风量越小、人员密度越大、逗留时间越长、人员活动强度越高以及口罩佩戴比例越低都会导致感染率增大。

（2）计算参数

计算时假定的输入参数包括：

人员逗留时间	出发相关功能区 2 小时、到达功能区 1 小时
人员密度	值机大厅 3.0 m2/人 候机区 3.0 m2/人 行李提取厅 3.0 m2/人 到达通道 4.0 m2/人 安检区 1.5 m2/人
病毒释放速率	172 quanta/h（奥米克荣）
单位人员呼吸量	0.72m3/h

口罩效率	感染者 0.4；易感人群 0.65（均佩戴普通外科口罩）

（3）计算结果

计算结果显示，不同空间尺度下，为达到人员停留 1-2h 时感染率低于 1%对应所需的自然通风换气次数，如表 5.3 所示，不同风险区域通风要求差异大，其中：

①低风险区域（感染人员比例 1%）防疫所需换气次数靠常规自然通风即可满足；

②中风险区所需换气次数在 4 次/小时-22 次/小时，当空间高度达到 10m 以上时，可以通过自然通风达到防疫需求；当空间高度低于 10m 时，难以采用自然通风达到防疫目标，推荐采用机械通风；

③高风险区所需换气次数在 10 次/小时-50 次/小时，当空间高度低于 25m 时，难以采用自然通风达到防疫目标，推荐采用机械通风。

表 5.3 空间尺度对应所需换气次数

空间高度	低风险区	中风险区	高风险区
5m	0.72 ACH	21.60 ACH	50.40 ACH
10m	0.36 ACH	10.80 ACH	25.20 ACH
15m	0.24 ACH	7.20 ACH	16.80 ACH
20m	0.18 ACH	5.40 ACH	12.60 ACH
25m	0.15 ACH	4.32 ACH	10.08 ACH
30m	0.12 ACH	3.60 ACH	8.40 ACH

5.4.3 幕墙通风开口比例

基于5.4.1节中针对四类不同尺度空间推荐的开口形式，结合5.2节计算得出的防疫所需通风量，可确定四类典型空间通风开口形式对应所需开口比例，该比例指幕墙（或顶部）有效开窗面积与所在幕墙（或顶部）面积之比。计算结果如表5.4所示。

表5.4 典型空间通风开口形式与比例

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>低风险区域</th><th>中风险区域</th><th>高风险区域</th></tr>
<tr><td rowspan="2"><3</td><td>通风形式</td><td>单侧进出风，单排窗</td><td>单侧进出风，双排窗
单侧立面低侧进风，高侧出风</td><td rowspan="8">所需换气次数较高，建议采用机械通风</td></tr>
<tr><td>开口比例</td><td>单排窗3-5%</td><td>双排窗共5-10%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3<<8</td><td>通风形式</td><td colspan="2">风压通风为主，热压通风为辅，双侧立面低侧进风，高侧出风</td></tr>
<tr><td>开口比例</td><td>双排窗共3-5%</td><td>双排窗共5-10%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">8<<10</td><td>通风形式</td><td colspan="2">热压通风为主，幕墙低侧进风，中部天窗排风</td></tr>
<tr><td>开口比例</td><td>幕墙与顶部均3-5%</td><td>幕墙与顶部均5-8%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">>10</td><td>通风形式</td><td colspan="2">加设中庭，侧面进出风，中庭间隔小于8H</td></tr>
<tr><td>开口比例</td><td>幕墙5%，中庭20%</td><td>幕墙5-10%，中庭20-25%%</td></tr>
</table>

5.4.4 通风措施原则

（1）通风方式原则

结合航站楼建筑的空间特点，四类典型建筑空间自然通风方式推荐如下：

①高度 15 至 25m、宽度 200m以上的高大空间，推荐以热压通风为主，幕墙低侧进风，中部天窗开启进行排风，使大空间内部获得有效的通风环境。若在难以进行顶部开窗的情况下，建议设置中庭提供内部通风条件。

②高度 10 至 15m、宽度 45m以内的空间，推荐以侧面风压通风为主，热压通风为辅，在立面低侧进风，高侧出风。

③高度 10m以内、宽度 200m以上的空间，由于热压效应通风效果有限，推荐采用侧面进出风并设置中庭，为内部空间提供通风条件。

④高度 4m以内的空间，适宜侧面进出风，以立面人行区开窗达到自然通风防疫需求

（2）开窗布置原则

①为确保人员活动区安全，建议采用高侧开窗（1.5m以上），或高低两排窗，仅保持高侧窗开启。

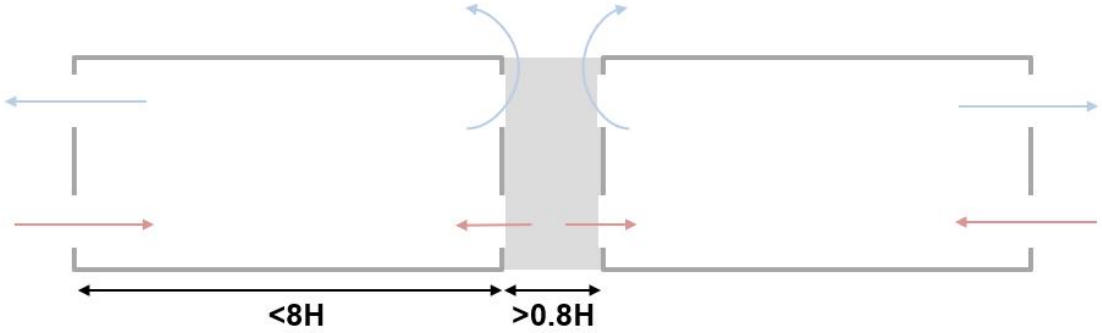
②对于单侧开窗方式而言，单排窗高度及双排窗间的上下间距对通风量影响较大。仅开一排窗时，窗扇高度越大，所需开窗比越小；开两排窗时，窗上下间距越大，所需开窗比越小。对于双侧开窗方式而言，窗高度与窗间距对通风量影响可忽略。

③有效开窗面积受开窗角度影响较大，窗扇开启推荐角度为30°-60°，有效开窗面积应满足整体开窗比要求。

（3）庭院布置原则

①对于进深较大的空间，适当布置中庭可有效消除室内自然通风的死角。考虑到中庭对内部空间布局影响较大，需最大化利用中庭的通风效果，优化中庭布置间距。

②建议大空间每隔8H(H为空间高度)设置一组通高中庭，中庭尺寸应大于0.8H(H为空间高度)：



5.5 基于防疫的健康空港设计

基于“平疫结合”的设计要求，课题针对航站楼建筑空间特点开展了防疫需求相关的气流组织模拟和计算，建议以下各主要功能区域满足以下设计参数：

（1）值机大厅

建议的高度/宽度：17-25米/200-300米

风险等级：低

建议换气次数：2 ACH

建议通风方式：以热压通风为主，幕墙低侧进风，中部天窗

开启进行排风

建议开窗比：幕墙 5%，顶部 5%

（2）安检联检

建议的高度宽度：15-20 米/200-300 米，不同机场结合自身情况综合考虑。

风险等级：中

建议换气次数：7.5 ACH

建议通风方式：以热压通风为主，幕墙低侧进风，中部天窗开启进行排风

建议开窗比：幕墙 8%，顶部 8%

（3）国际/国内出发候机区

建议的高度宽度：12-15 米/30-42 米

风险等级：低

建议换气次数：2 ACH

建议通风方式：以侧面风压通风为主，热压通风为辅。立面低侧进风，高侧出风

建议开窗比：3%

（4）行李提取厅

建议的高度宽度：4-8 米/150-250 米

风险等级：中低

建议换气次数：**20 ACH（建议结合机械通风）**

建议通风方式：侧面进出风，建议设置中庭，为内部空间提

供通风条件，中庭间隔 50-80m

建议开窗比：幕墙 10%，中庭 20%

（5）国内到达

建议的高度宽度：通道层高不低于 3 米，大厅 2.7-4 米/6-8 米

风险等级：中低

建议换气次数：**20 ACH（建议结合机械通风）**

建议通风方式：侧面进出风，以立面人行区开窗达到自然通风防疫需求

建议开窗比:10%

（6）国际到达 （通道）

建议的高度宽度：通道层高不低于 3 米，大厅 2.7-4 米/6-8 米

风险等级：高

建议换气次数：**60 ACH（建议结合机械通风）**

建议开窗方式：侧面进出风，以立面人行区开窗达到自然通风防疫需求

建议开窗比：20%

（7）出境联检区

建议的高度宽度：15-20 米/200-300 米

风险等级：中

建议换气次数：7.2 ACH

建议开窗方式：以热压通风为主，幕墙低侧进风，中部天窗开启进行排风

建议开窗比：幕墙 8%，顶部 8%

（8）入境联检区

建议的高度宽度：2.7-4 米/200-300 米

风险等级：高

建议换气次数：**60 ACH（建议结合机械通风）**

建议开窗方式： 侧面进出风，建议设置中庭，为内部空间提供通风条件，中庭间隔 40m

建议开窗比：幕墙 15%，中庭 35%

5.6 结论

后疫情时代下，基于“平疫结合”的航站楼常态化防控目标，设计应着眼于健康空港的概念，打造生态绿色导向下的健康空港。以下设计策略、重点内容及参数可供参考执行：

（1）**航站楼应加强自然通风**，稀释室内病毒浓度，降低感染效率。

（2）**航站楼建筑应充分结合建筑空间特性，灵活运用对流通风、热压通风的形式，设计通风量及通风策略。**

（3）**空间高度的加大**有利于稀释病毒浓度，但空间高度的最终确定要综合空调能耗、空间效果、建设成本等多种因素。

（4）**对于进深小于空间高度 3 倍的空间：以单侧风压通风**

为主，热压通风为辅；

（5）对于进深小于空间高度 8 倍的空间：以双侧风压通风为主，热压通风为辅；

（6）对于进深大于空间高度 8 倍的空间：分情况布置开口

①净高大于 10m：推荐顶部开口，利于通风效率并使大空间内部也可进行充分的自然通风。考虑到顶部开口可能引起漏水问题，实际运行中可能以侧窗开启替代顶部开窗，因侧窗通风效率低于顶部开口，该情况下需增加侧窗开启面积约 1/3；

②净高不超过 10m：需引入中庭以改善通风效果，中庭的水平间隔建议不超过 8 倍空间高度。

（7）插入中庭尺寸推荐不小于 0.8 倍空间高度。

（8）中风险区空间高度 10m 以下、高风险区空间高度 25m 以下所需通风量大，难以通过自然通风满足防疫需求，推荐采用机械通风。

各功能区根据不同的感染风险和空间特点，建议的空间布局和通风方式见下表：

功能区	常规宽度	常规高度	感染风险	建议换气次数	建议开窗比	备注（气流组织方式）
值机大厅	200m-300m	17-25m	低	2	5%	双侧幕墙低侧进风，高侧出风
安检联检	200-300m	15-20m	中	7.5	8%	幕墙低侧进风，中部天窗排风

国际/国内出发候机区	30-42m	12-15m	低	2	3%	单侧幕墙低侧进风，高侧出风
行李提取厅	150-250m	4-8m	中低	20	推荐机械通风	
国内到达（分流）	6-8m	2.7-4m	中低	20	推荐机械通风	
国际到达	6-8m	2.7-4m	高	60	推荐机械通风	
出境联检区	200-300m	15-20m	中	7.2	8%	幕墙低侧进风，中部天窗排风
入境联检区	200-300m	2.7m-4m	高	60	推荐机械通风	

备注：开窗比指幕墙有效开窗面积与所在幕墙面积之比。

6 平疫可转的空调系统，提升航站楼的“免疫能力”

6.1 平疫结合下空调通风系统设计与运行问题

新型冠状病毒主要传播途径为经呼吸道飞沫和密切接触传播，在相对封闭的环境中也可经气溶胶传播，因此航站楼建筑空调通风系统的设计与运行受到了业内外的关注。结合对传播机理的剖析、运行指南的解读、机场情况的调研，课题组认为在系统设计与运行层面，有以下 5 个问题亟待研究：

问题 1：为满足疫时运行的要求，空调通风系统该如何进行分区设计？

问题 2：面对疫情，关闭回风采用全新风运行的模式有没有必要？是不是可行？

问题 3：对于独立的国际到达防疫模块，空调通风系统该如何设计和运行？

问题 4：对于高风险区与低风险区无法实现全面物理分隔的情况，空调通风系统该如何设计和运行？

问题 5：空气消毒技术该如何选择？需要关注哪些内容？

6.2 基于风险识别的空调通风系统分区设计

6.2.1 分区设计意义

目前国内外尚无新冠病毒通过空调系统传播而引起人员感染的实证案例，但对于可能通过气溶胶方式传播疾病，应从源头

上避免病毒通过空调通风系统在不同风险区之间进行扩散传播的可能性。另一方面，高风险区域的空调系统在过滤器等级、消毒装置、风机配置、最大新风比等方面的要求均高于低风险区域空调系统，且在疫情时期，不同风险区空调系统的运行模式也会存在较大差异。

因此，基于不同风险区对空调系统进行分区设计具有以下三方面的意义：

（1）**切断系统传播途径；**

（2）**降低系统设备投资；**

（3）**简化系统运行要求。**

6.2.2 风险分区情况

结合前文中确定的风险区域分类分级表，本节对航站楼内各功能区的风险因素进一步做了细化，用于确定不同分区的空调通风系统设计要求。

表 6-1 各功能区的风险等级及风险因素

功能流线	功能区域	风险等级	风险因素		
			人员风险【注 1】	作业风险【注 2】	空间风险【注 3】
国际到达流线/国内重点区域到达	到达通道	高	√		
	流调与核酸检验区	高	√	√	
	国际到达边检查验区	高	√	√	√

流线	转运等候区	高	√		
	旅客卫生间	高	√	√	√
其它国内到达流线	到达通道	低			
	行李提取厅	低			
	迎客厅	低			
国内/国际出发流线	值机办票大厅	低			√
	安检联检区	中		√	√
	国际/国内出发	低			
	餐饮区	中		√	√
其它	其它旅客卫生间	中		√	√
	高风险区工作人员防护服脱除区	高	√	√	√

【注 1】 “人员风险”指存在出发地来自高风险地区的旅客，或存在需要接触高风险旅客、行李以及航空器的工作人员；

【注 2】 “作业风险”指存在旅客或工作人员在作业过程中需脱下个人防护用品（如口罩）的情况；

【注 3】 “空间风险”指空间低矮狭小，人员密度高。

6.2.3 分区设计要点

航站楼建筑空调通风系统通常是依据功能分区、防火分区、服务半径三大要素进行划分，而从防疫设计的角度出发，需增加上述风险分区的相关要求，对空调通风系统的划分进行重新审视。经梳理，系统分区设计的要点如下：

（1）单个空调系统不得服务于不同等级的风险区；

（2）服务于高风险等级区的单个空调系统服务范围不宜大于 500m^2；

（3）国际入境流程上各功能空间的空调系统宜按功能区进行划分，其中核酸采样区、边检查验区的空调系统应独立设置；

（4）空调系统的回风口应设置于对应的服务区域内，不得跨风险区进行设置；

（5）高风险等级区与其它风险等级区的卫生间排风系统应相互独立设置；

（6）高风险等级区内的各卫生间排风系统宜相互独立设置，如无独立设置条件，应在各卫生间排风总支管上采取防倒流措施。

（注：上述要点中“空调系统”均指空调系统的送回风侧）

6.3 全新风模式运行的必要性与可行性分析

疫时状态下，空调系统采用关闭回风的全新风运行模式，可避免室内回风中可能存在的感染源通过空调系统再次被释放到空调区域中，进而引发人员感染的可能性。

从原理上讲，在实现相同风量的前提下，全新风运行模式是疫时最为安全和保守的空调运行模式。但是，一方面由于全新风运行模式在夏季和冬季需要消耗更多的能量，运行成本高；另一方面该运行模式会导致室内温度无法保证、能耗高、舒适度差。

因此，本节将对疫情期间全新风运行模式的必要性与可行性进行分析和研究。

6.3.1 标准与指南相关要求梳理

2019 年新冠疫情爆发以来，国内外相关部门与组织针对空调系统的运行方式颁布了相关标准与指南，对于其中是否采用全新风运行模式的相关要求梳理如下：

表 6-2 各标准与指南中关于全新风运行问题的梳理

国家/地区	颁布部门/组织	标准/指南名称	相关要求	要求解读
中国	中国民航局	《运输机场疫情防控技术指南（第九版）》【6-1】	1.如机场所在县（市、区、旗）发生聚集性疫情，应关闭回风；在回风口（管路）或空调箱使用中高效及以上级别过滤装置、或安装有效消毒装置的，可关小回风。 2. 空调通风系统。应定期进行清洁消毒，卫生质量、卫生学评价、清洗消毒、运行管理应符合《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）、《新冠肺炎疫情期	1.视机场所在地区的疫情情况，考虑是否关闭回风；允许在进行回风过滤或消毒的情况下，使用部分回风 2. 对于空调通风系统的运行要求指向了 WS 696-2020

国家/地区	颁布部门/组织	标准/指南名称	相关要求	要求解读
			间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理卫生规范》（WS 696-2020）、《公共场所集中空调通风系统卫生学评价规范》（ WS/T395-2012）、《公共场所集中空调通风系统清洗消毒规范》（WS/T396-2012)的相关要求。	，该标准中5.1.2.1条的相关要求
中国	中华人民共和国国家卫生健康委员会	《新冠肺炎疫情期间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理卫生规范》（WS 696-2020）【6-2】	5.1.2.1 低风险地区应以最大新风量运行,并尽量关小回风；中、高风险地区应关闭回风,如在回风口（管路）或空调箱使用中高效及以上级别过滤装置,或安装有效的消毒装置，可关小回风。如具有混风结构,开启前应关闭系统的混风组件,停止混风模式。	分类实施。低风险地区可利用回风；中高风险地区应关闭回风，或在回风采用高效过滤或消毒装置时，允许利用部分回风
中国	中国物业管理协会	《新型冠状病毒肺炎疫情防控期间公共建	3.5 全新风运行、防止回风污染根据GB50365《空调通风	要求采用全新风运行模式，

国家/地区	颁布部门/组织	标准/指南名称	相关要求	要求解读
		筑空调通风系统运行管理技术指南》（T/CPMI009-2020）【6-3】	系统运行管理标准》要求,在疫情期间空调通风系统宜按全新风工况运行,防止回风带来的交叉污染。	不使用回风
欧洲	欧洲暖通空调协会（REHVA）	REHVA COVID19 GUIDANCE version 4.1【6-4】	“4.5 No use of central recirculation”(4.5 不使用集中回风)	要求采用全新风运行模式，不使用回风
美国	美国采暖、制冷和空调工程师协会（ASHRAE）	ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases【6-5】	“improved particle filtration for central air handlers”（改进空调箱回风颗粒物过滤措施）；“the ability to quickly and temporarily increase the outdoor air ventilation rate in the event of an infectious disease outbreak”（具备在疫情事件爆发时快速和临时性增加室外新风量	提高过滤等级，允许采用回风，在疫情爆发时具有加大新风的能力

国家/地区	颁布部门/组织	标准/指南名称	相关要求	要求解读
			的能力）	
日本	日本空气调和卫生工学会（ISHRAE）	ISHRAE COVID-19 Guidance Document for Air Conditioning and Ventilation【6-6】	It is advisable to provide a MERV 13 or higher filter fitted on the Air Handling Unit.（建议在空气处理机组上安装MERV 13及以上的空气过滤器。）A minimum fresh air volume of 5cfm per person and 0.06 cfm per sq ft is recommended. The recommendation is to maximize supply of outside air within the limits of the system.（建议最小新风量为每人8.5m^3/h，以及每1.2 m^3/h；且建议将系统新风设置到最大运行。）	允许在设置过滤的前提下采用回风，并建议将新风开至最大

综上所述，各标准（指南）对于是否可以利用回风的要求并不完全一致，中国物业管理协会与欧洲暖通空调协会（REHVA）基于最低风险原则，提出了需采用全新风运行（不可使用回风）

的要求，其他组织则提出在设置有效过滤和消毒措施的前提下，可有条件采用回风。

6.3.2 机场空调系统新风运行情况调研

疫情时期，机场空调系统的运行管理主要遵循《运输机场疫情防控技术指南（第九版）》中相关要求，在条件许可的前提下，从安全可靠角度出发，仍然遵循空调系统新风引入“能大则大”的原则。

各机场空调系统新风运行调研情况汇总如下：

表 6-3 机场空调系统新风运行情况调研汇总表

机场	空调系统新风运行情况	室内温度实际情况	运行能耗情况
浦东机场	1）中高风险区域全新风运行 2）低风险区域最大新风量运行，尽量关小回风	1）夏季室内温度范围 26~28℃ 2）冬季室内温度范围 16~18℃	增加约 20%
首都机场	1）高风险区域全新风运行 2）低风险区域提高新风比运行	1）夏季室内温度范围 27~28℃ 2）冬季室内温度范围 17~18℃	增加 15~20%
西安机场	全新风运行	1）夏季最热日室内温度 28~30℃ 2）冬季最冷日室内温度 14~16℃	增加 10~20%
白云机场	1） 原则要求所有区域保证全新风运行 2） 部分区域由于机房布局或无法完全关	1）夏季最热日室内温度 23~27℃ 2）冬季最冷日室内温度 17~21℃	增加 40%

	闭回风，保证新风开至最大		

调研情况显示，各机场对于高风险区均考虑采用全新风运行模式，低风险区则尽可能提高运行新风量；在全新风运行模式下，室内温度与舒适性温度相比存在较大偏离；在空调系统实际开启区域减少的情况下，运行能耗也均有较大程度的增加。

6.3.3 不同新风比下室内感染率预测

航站楼内全空气系统的回风循环使用是否安全，是否必须采用全新风运行的模式的问题与室内空间大小、空调系统风量、新风比、回风过滤等级、染疫人员数量、人员停留时间、是否佩戴口罩与口罩类型等诸多因素相关。

为定量研究该问题，课题组基于**空气传播的传染病预测模型 Wells-Riley 方程**，针对典型高风险国际到达模块，对不同工况下的人员感染率进行了预测计算。

（1）计算原理

Wells-Riley 方程为基于空气传播的传染病预测模型，该方程表示为：

$$P = \frac{C}{S} = 1 - e^{-\frac{I \cdot q}{Q}} \qquad （式 1）$$

式(1)中：P 为感染概率； C 为感染人数，人；S 为易感人数，人；I 为染疫者人数，人；q 为一个染疫者的病毒释放速率

（即 quanta 值），q/h；p 为呼吸通风量，m^3/h；t 为暴露时间，h；Q 为空间通风量，m^3/h。

课题组基于上述原理进行计算，对区域内人员感染概率及病毒浓度以时间为变量进行动态预测。

（2）研究对象与边界条件

①研究对象

以典型国际到达防疫模块为研究对象（如图 6-1 所示），该模块仅为国际到达旅客服务，与航站楼内其它功能区分隔独立。国际到达旅客分批下机后通过摆渡车接至旅客入口处，后分别通过一次测温—>二次测温—>核酸检测—>流调—>边检—>行李提取—>海关—>等候等流程空间，最后被转运车辆运送至隔离点。

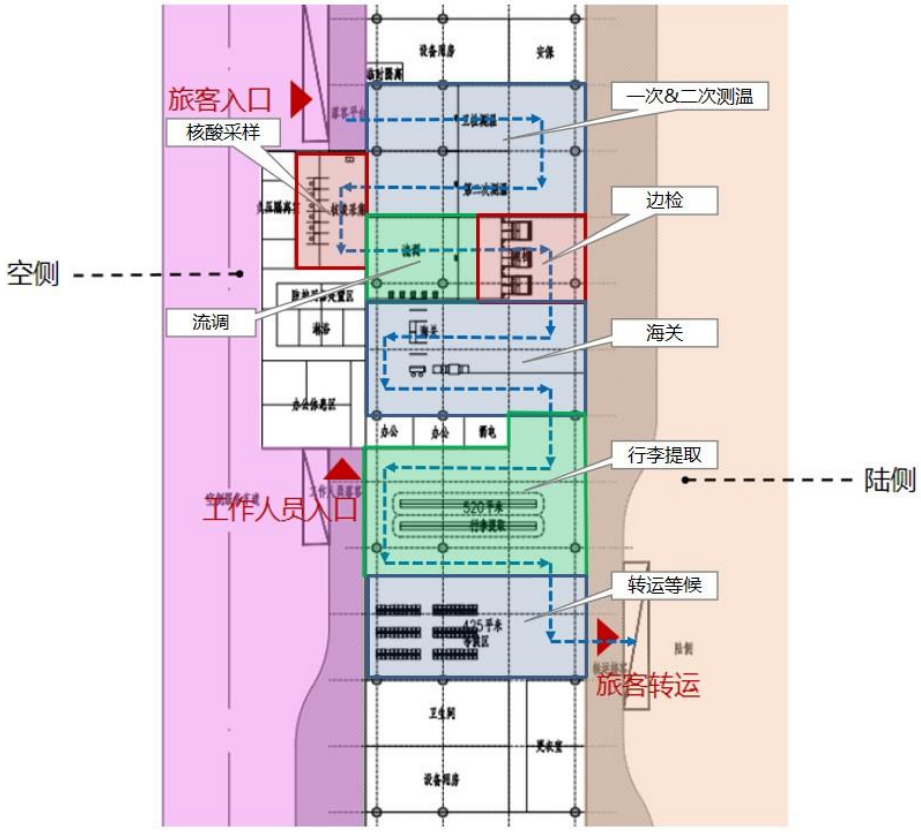


图 6-1 典型国际到达防疫模块

②计算边界条件

基于空气传播的传染病预测模型的计算边界条件如下表所示：

表 6-4 计算边界条件汇总表

边界条件类型	数值选取	备注
建筑条件	图 6-1 中的建筑信息	
室内净高 m	3	依据类型项目情况估算
同时进入旅客人数 人	每批次 24 人	根据前文分析，本模块每批次处理人流量为 24 人，模块内各流程采用压碴式服务保障模式，即模块内每个流程内同时存在 24 为旅客
旅客在空间内停留时间 min	一次与二次测温：4 核酸检测：2 流调：2 边检：2 海关：2 行李提取：4 等待：8	从旅客角度出发，每个流程停留的时间
工作人员空间内停留时间 h	4、8、12、16	从工作人员角度出发，测算每日不同停留时间下可能出现的感染情况
染疫人员比例 %	10	根据 2020.6.11-2022.4.21 期间熔断

边界条件类型	数值选取	备注
		航班确诊病例数据的统计，单个航班上确诊病例人数最多为 32 人，依据单个国际航班人数为 300 人左右考虑，可折算出单个国际航班上染疫人员比例约 10%
单位建筑面积风量指标 $m^3/h/m^2$	30、35、40、45	3m 吊顶高度下，换气次数分别为 10 次/h、11.6 次/h、13.3 次/h、15 次/h
病毒释放速率 q q/h	一次与二次测温、行李提取、等待：172（轻运动口呼吸） 核酸检测、流调、边检、海关：350（站立说话）	取值说明详下文
口罩防护效率 %	医用外科口罩：65（呼出）、50（吸入） N95 口罩： 90（呼出）、90（吸入）	取值参考文献【6-7】；核酸检测与边检流程处考虑旅客无口罩防护；工作人员考虑始终佩戴 N95 口罩
回风过滤效率 %	20、50、75、85、95	取值说明详下文
人员呼吸速率 m^3/h	核酸检采样工作人员、边检节点工作人员：0.288（静坐时的呼吸速率） 旅客、其它区域工作人员：0.72（轻运动时的呼吸速率）	不同状态下人员的呼吸速率不同

边界条件类型	数值选取	备注
就地设置自循环高效空气净化装置	不设置；设置	考虑到核酸采样、边检节点处风险高、但传播风险点位置明确，可考虑于工作人员工位处设置就地自循环高效空气净化装置的方式来作为加强措施，装置循环风量为350m^3/h，过滤效率为95%

③过滤器等级确定

空调系统是否可采用回风，取决于采用的过滤器是否能够实现对携带病毒气溶胶的有效过滤。

染疫者通过呼吸道释放且能够进行远距离传播的气溶胶粒径主要分布在0.25-1.0μm【6-8】，因此需对过滤器在该粒径范围内的过滤效率进行研究，然而常见的过滤器标准（如，国标GB14295-2019、欧标EN779、EN1822）中对不同等级过滤器的过滤效率并是不针对0.25-1μm这一粒径范围，仅有美国的ASHRAE 52.2【6-9】中给出了过滤器分级下分段粒径范围（0.3-1.0μm、1.0-3.0μm、3.0-10.0μm）的过滤效率（如表6-5所示）。

结合各标准下过滤器等级的等效梳理，表6-6近似给出了用于分析气溶胶过滤效率的过滤器等级对照情况。

表 6-5 ASHRAE 52.2 中对于不同等级过滤器分段粒径范围下的过滤效率要求

Standard 52.2 Minimum Efficiency Reporting Value (MERV)	Composite Average Particle Size Efficiency, % in Size Range,			Average Arrestance, %
	Range1 (0.3-1.0)	Range2 (1.0-3.0)	Range3 (3.0-10.0)	
1	n/a	n/a	E_3 20	A_{avg} 65
2	n/a	n/a	E_3 20	65 A_{avg} 70
3	n/a	n/a	E_3 20	70 A_{avg} 75
4	n/a	n/a	E_3 20	75 A_{avg}
5	n/a	n/a	20 E_3	n/a
6	n/a	n/a	35 E_3	n/a
7	n/a	n/a	50 E_3	n/a
8	n/a	20 E_2	70 E_3	n/a
9	n/a	35 E_2	75 E_3	n/a
10	n/a	50 E_2	80 E_3	n/a
11	20 E_1	65 E_2	85 E_3	n/a
12	35 E_1	80 E_2	90 E_3	n/a
13	50 E_1	85 E_2	90 E_3	n/a
14	75 E_1	90 E_2	95 E_3	n/a
15	85 E_1	90 E_2	95 E_3	n/a
16	95 E_1	95 E_2	95 E_3	n/a

表 6-6 用于分析气溶胶过滤效率的过滤器等级对照表

GB14295-2019	EN779、EN1822	ASHRAE 52.2	0.3-1.0μm 过滤效率 %
中效 2 Z2	F6	MERV12	20
中效 3 Z3	F7	MERV13	50
高中效 GZ	F8	MERV14	75

	F9	MERV15	85
亚高效 YG	H10	MERV16	95

④病毒释放速率 quanta（q）值的确定

采用 Wells-Riley 方程对感染率进行测算中，病毒释放速率 quanta 的取值对计算结果存在较大影响，国外研究人员对该值的选取开展了深入研究，文献【6-10】、【6-11】给出了人员静坐口腔呼吸状态下，病毒释放速率的基础 quanta 值为 18.6q/h，且对不同人员行为进行了修正，并考虑了 Omicron BA.2 的变体的修正系数，本课题算例中不同场景下的染疫人员病毒释放速率 quanta（q）值的计算确定如下：

表 6-7 不同场景下的染疫人员病毒释放速率 quanta（q）值

基础 quanta 值（q/h）	人员行为	行为修正系数	Omicron BA.2 变体修正系数	Quanta 修正取值（q/h）	对应典型场景
18.6	轻度运动口腔呼吸	2.8	3.3	172	测温区、行李提取厅
	静坐说话	4.7		288.5	餐饮
	站立说话	5.7		350	流调区、海关区
	轻度运动说话	13.2		810.2	边检区
	站立口腔呼吸	1.2		73.7	等候区

⑤人员呼吸速率的确定

EPA（美国环保协会）手册[6-12]中给出了不同年龄段及行为方式下人员的呼吸效率值：人员轻度运动状态下，呼吸速率值为 0.72m^3/h；静坐状态下，呼吸速率值为 0.288m^3/h。

（3）计算结果与分析结论

①入境旅客感染概率情况预测

以入境旅客为研究对象，分析计算入境旅客在通过整个国际到达模块下可能出现的染疫风险。

在单位面积空调风量指标为 40m^3/h/m^2的情况下，图 6-2~图 6-6 为在不同回风过滤效率、不同口罩佩戴情况、以及不同运行新风比下的旅客感染概率预测情况。

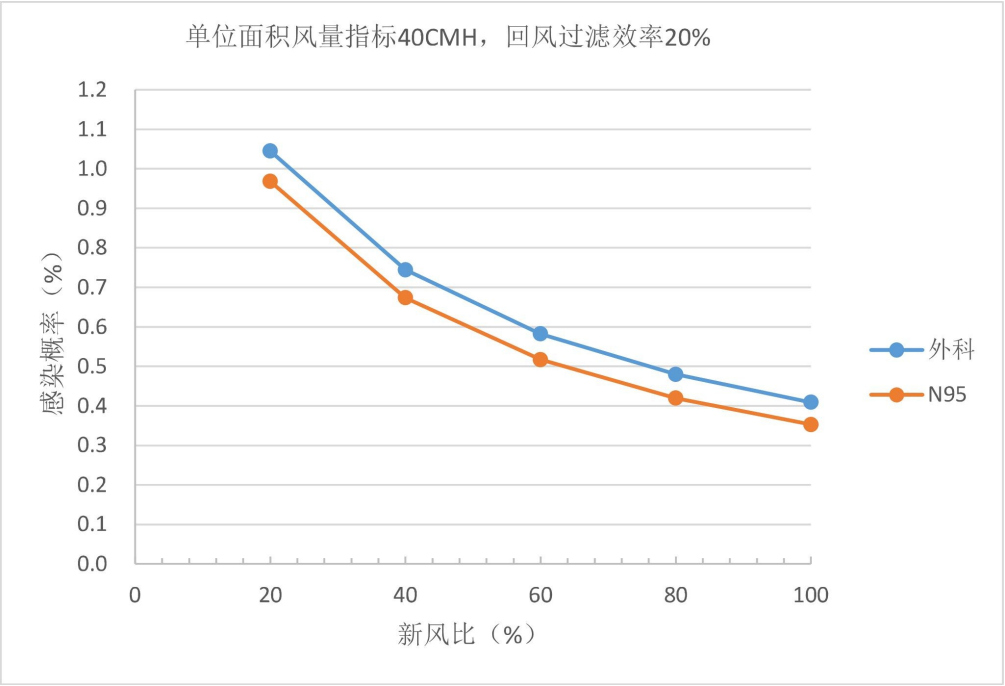


图 6-2 “单位面积风量指标 40m^3/h/m^2\回风过滤效率 20%”下旅客感染概率

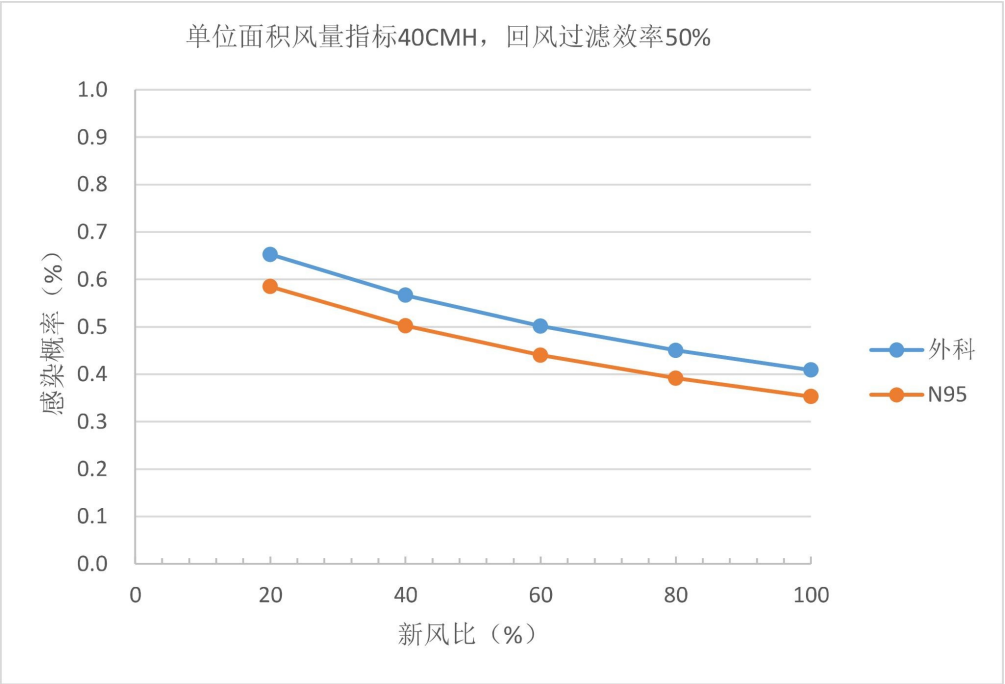


图 6-3 “单位面积风量指标 40m^3/h/m^2\回风过滤效率 50%”下旅客感染概率

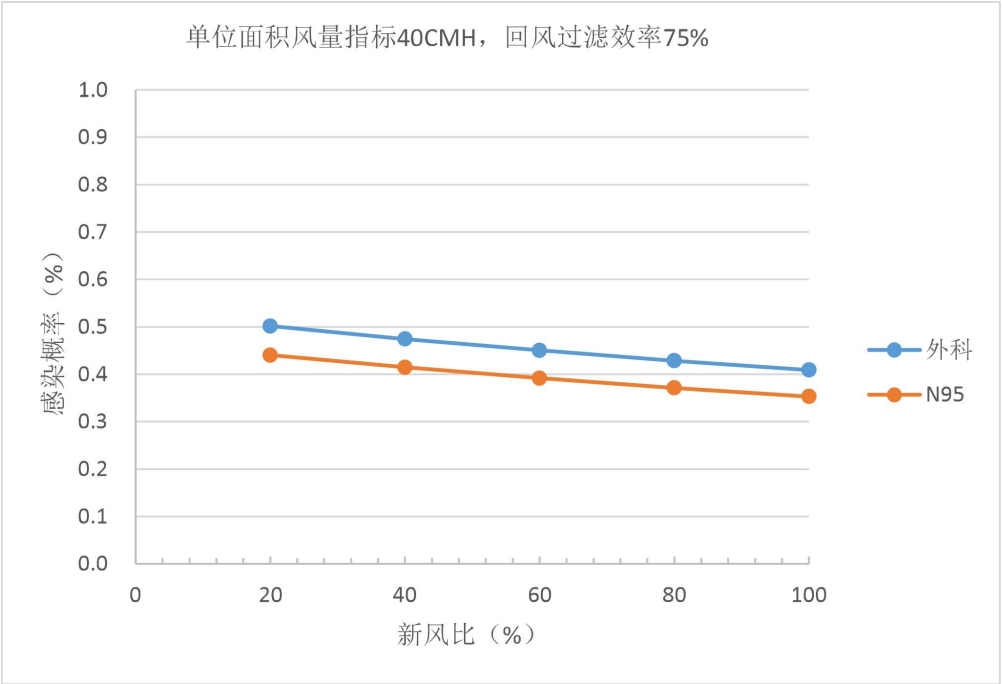


图 6-4 “单位面积风量指标 40m^3/h/m^2\回风过滤效率 75%”下旅客感染概率

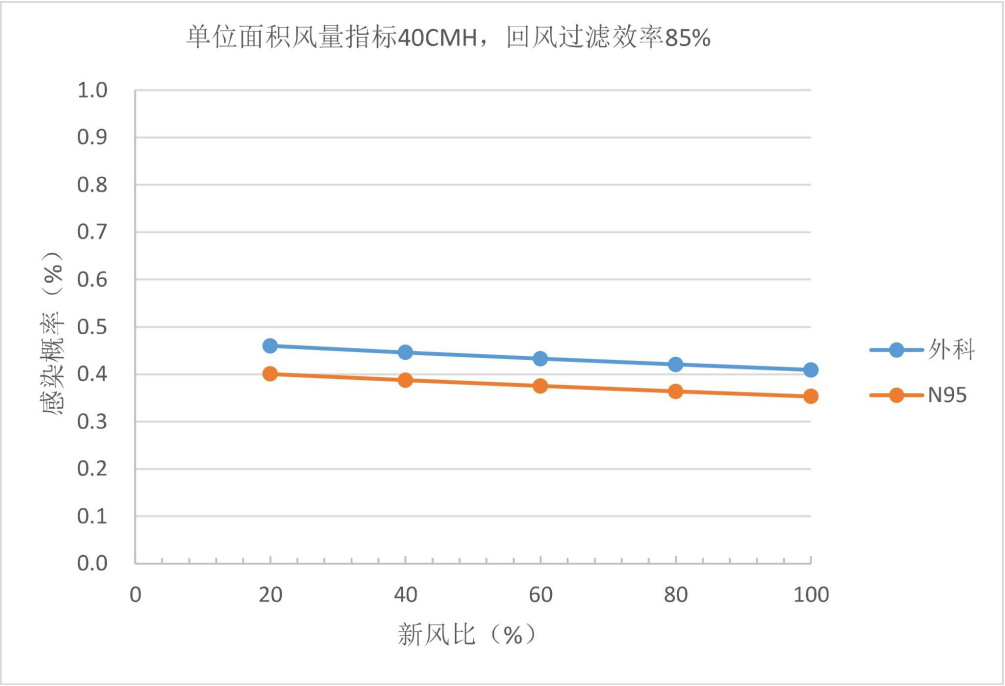


图 6-5 “单位面积风量指标 40m³/h/m²\回风过滤效率 85%”下旅客感染概率

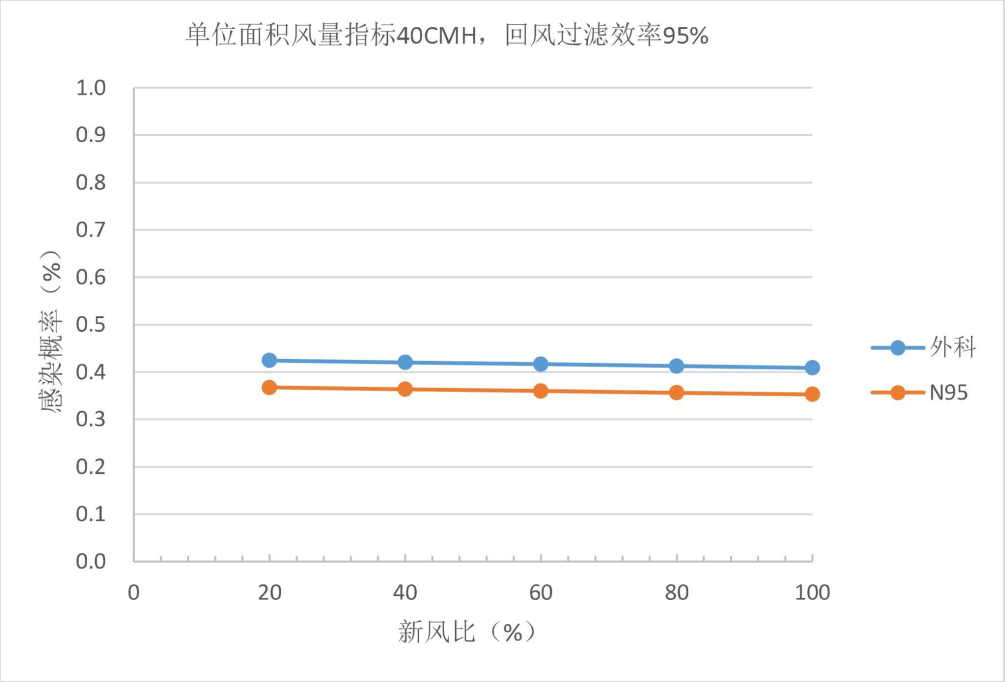


图 6-6 “单位面积风量指标 40m³/h/m²\回风过滤效率 95%”下旅客感染概率

以上入境旅客在国际到达模块下算例结果，可得到以下结论：

- 在回风过滤效率为 20%的情况下，运行新风比的提高，对降低感染概率有较大作用，100%新风比与 20%新风比相比，感染风险可降低 60%；
- 随着回风过滤效率提高，运行新风比的提高对于降低感染概率的作用越来越小，当回风效率为 85%时，运行新风比的变化对感染概率几乎无影响；
- 佩戴 N95 口罩与佩戴外科口罩相比，感染风险可降低约 10%。

进一步，当设定图 6-7 的回风过滤效率 50%，在室人员佩戴 N95 口罩，单位面积空调风量指标分别为 30$m^3/h/m^2$（10 次/h）、35$m^3/h/m^2$（11.6 次/h）、40$m^3/h/m^2$（13.3 次/h）、45$m^3/h/m^2$（15 次/h）情况下，分析不同新风比对感染概率的影响。

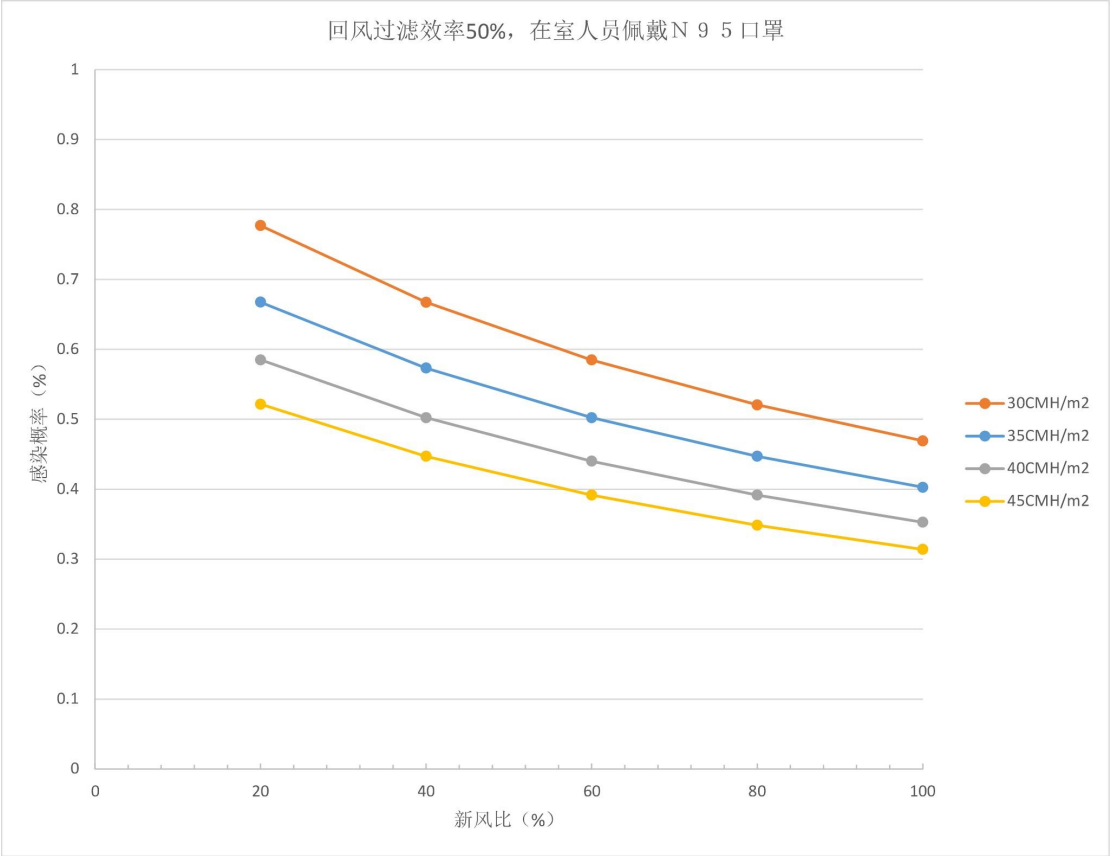


图 6-7 “回风过滤效率 50%\在室人员佩戴 N95 口罩”下旅客感染概率

分析上述算例结果可得以下结论：

- 单位面积空调风量指标的提高有利于降低感染概率；
- 单位面积空调风量指标越大，提高新风比对降低感染概率的贡献度就越小。

②工作人员感染概率情况预测

以工作人员为研究对象，分析在该功能区的环境下，工作人员可能出现的染疫情况。考虑到不同的工作属性，按核酸采样工作人员、边防检查工作人员、其它区域工作人员 3 类情况进行分析，工作人员在工作时间内均佩戴好 N95 口罩。

图 6-8~图 6-12 为核酸检测区域、边防检查区域与其它区域的工作人员的感染概率情况预测（单位面积空调风量指标取为 40m³/h/m²，空调系统回风过滤效率为 75%的条件下）。

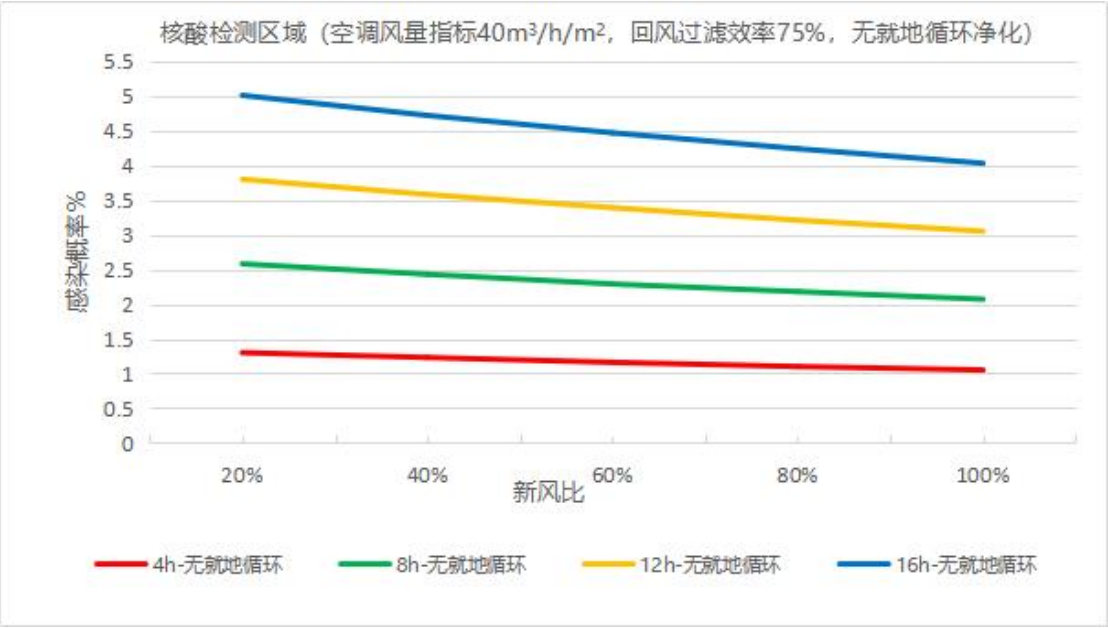


图 6-8 “核酸检测区域\无就地自循环空气净化装置”下工作人员感染概率

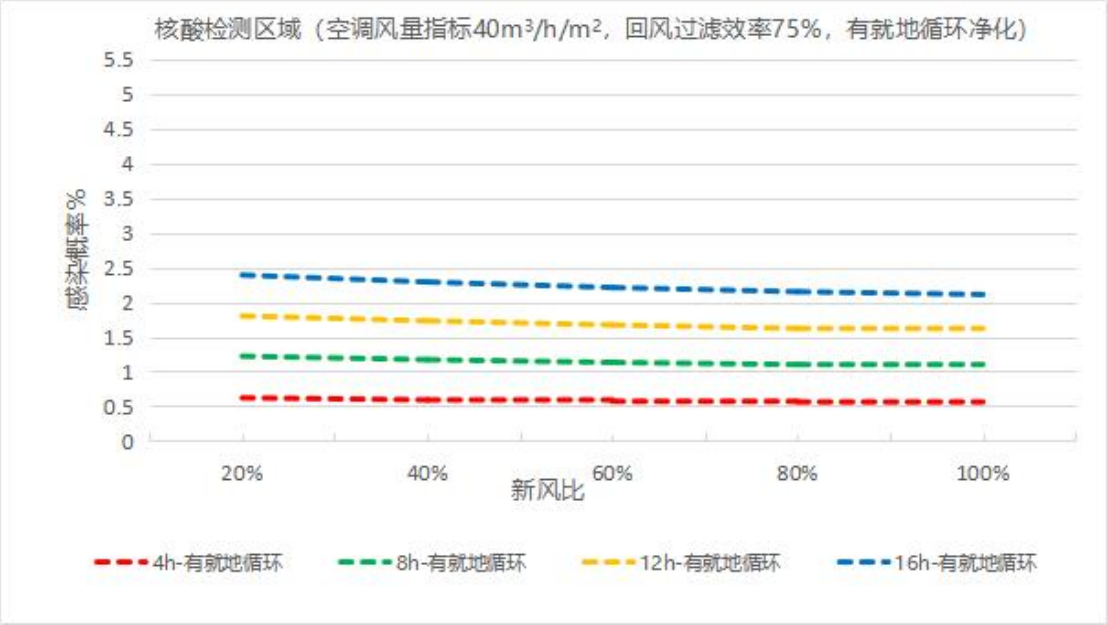


图 6-9 “核酸检测区域\有就地自循环空气净化装置”下工作人员感染概率

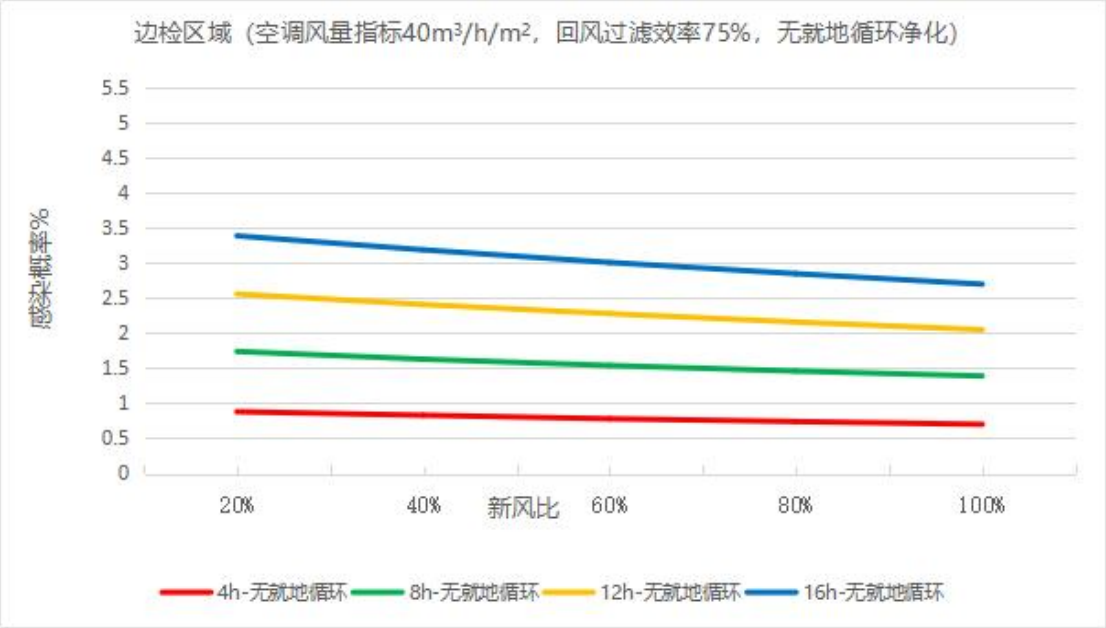


图 6-10 “边检区域\无就地自循环空气净化装置”下工作人员感染概率

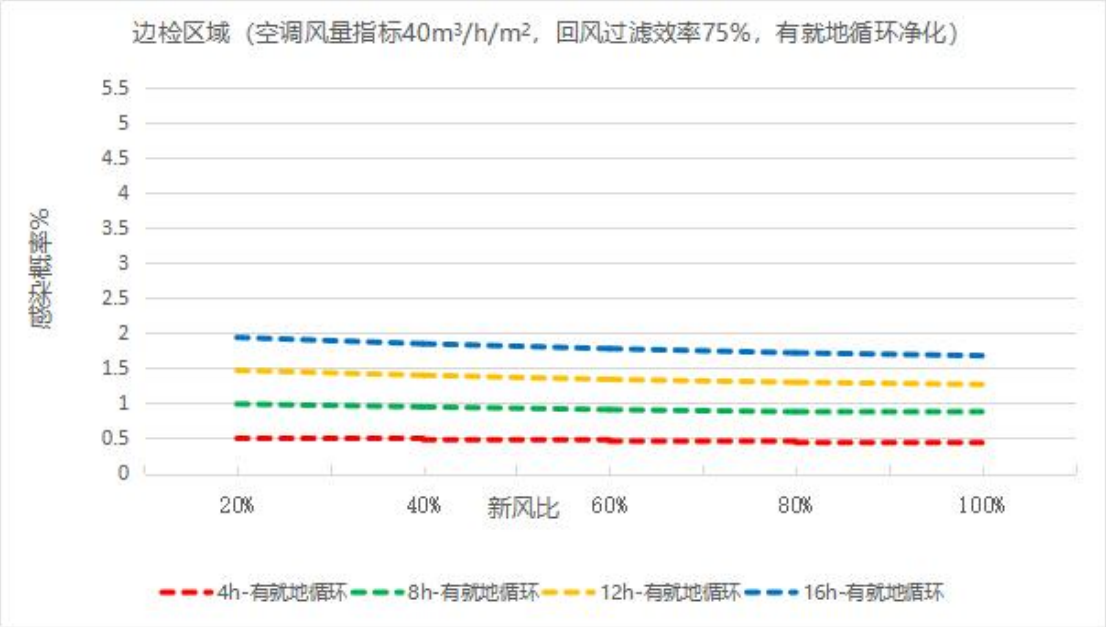


图 6-11 “边检区域\有就地自循环空气净化装置”下工作人员感染概率

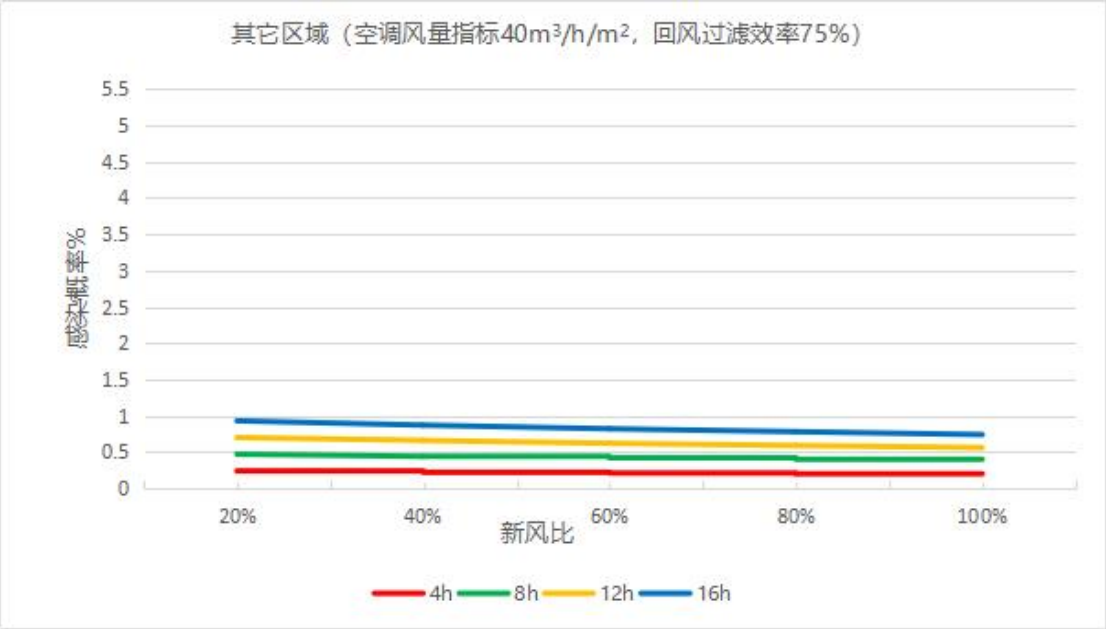


图 6-12 “其它区域”下工作人员感染概率

以上工作人员在国际到达模块下算例结果，可得到以下结论：

- 由于工作人员在室内停留时间长，即使在带好 N95 口罩的情况下，感染概率通常也高于旅客，尤其在核酸检测区与边防检查区，由于存在染疫旅客脱口罩的情况，长期停留在该区域内的工作人员感染风险较高；
- 工作人员的感染概率与其在该区域内停留的时间呈现强相关，建议核酸检测区与边防检查区工作人员的工作时长不超过 4h,其它区域工作人员的工作时长不超过 8h；
- 提高空调系统运行新风比，对降低感染风险有作用，但不显著；
- 对于风险明确且工位固定的核酸检测区与边防检查区，建议在旅客脱口罩的位置设置就地自循环空气净化装置，可有效降低感染风险（感染概率可降低约 50%）。

结合上述研究与分析，对于典型国际到达防疫模块的空调系统设计、运行与管理，建议如下：

（1）空调系统配置风量换气次数≥12 次/h，回风过滤效率≥75%，系统预留加大新风比运行的条件。

（2）要求进入到该区域内的工作人员应佩戴好 N95 口罩，建议旅客宜佩戴好 N95 口罩。

（3）在满足上述条件的前提下，空调系统可采用带回风运行的模式，但应充分重视过滤器更换与处理时的安全防护要求。

（4）应重点关注国际到达防疫模块内工作人员的染疫风险，对于风险较高的工作岗位（核酸检测、边防检查）的工作时长建议控制在 4h 及以内，其它工作岗位的工作时长建议控制在 8h 及以内；对于风险较高，但工位固定的区域，建议设置就地自循环空气净化装置，可有效降低感染风险。

（5）在判断入境航班风险较高（染疫旅客比例大于 10%）、回风过滤器效率配置较低、系统运行风量不足的情况下，可考虑采用提高运行新风比作为补强措施。

6.3.4 不同新风比下室内温度保证与系统能耗研究

前文分析了不同新风比下对于室内人员感染概率的影响程度，在人员密度高、个人防护措施较差的情况下，通过增大空调系统的运行新风比，对改善空气质量有一定帮助，因此在极端情况下仍需考虑采取这一“补强措施”。

本节将对不同新风比运行下的室内温度保证与能耗情况展开相关分析。

（1）研究手段

本节拟采用美国能源部(Department of Energy，DOE)和劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory，LBNL)共同研发的能耗模拟软件EnergyPlus进行分析计算。

（2）研究对象与边界条件

本节以上述典型国际到达防疫模块为研究对象，利用能耗模拟软件建模，研究该模块在哈尔滨、北京、上海、广州4个气候区内，在不同运行新风比模式下，室内温度情况与系统运行能耗情况，并考虑如采用新排风间接换热的热回收技术下，对于室内温度与系统运行能耗的改善程度。

该模型中设定的边界条件如下表所示：

表6-8 能耗测算设置边界条件

类型	内容	参数选取	备注
室内参数	温湿度	夏季干球温度25℃、相对湿度55% 冬季干球温度20℃、相对湿度40%	供冷工况下，当室内干球温度高于28℃时，认定为供冷不满足温度；供热工况下，当室内干球温度

			低于 16℃时，认定为供热不满足温度具体讨论详下
	人员	300 人	
	灯光	8W/m^2	
	设备	5W/m^2	
围护结构	热工性能	热工性能参数按研究所在区域的气候区节能规范限值取定	
系统方式	冷热源	冷源：冷水机组；热源：燃气热水锅炉	设备容量程序计算确定
	末端	定风量全空气系统	设备容量程序计算确定
使用时间	运行时段	8：00-24：00	

（3）关于室内温度保障限值探讨

当空调系统采用加大新风比运行，甚至在全新风运行的情况下，室内温度难以维持舒适性标准。

但从保障人员基本健康需求的角度出发，实际运营仍应满足相关卫生学指标与限值要求，下表给出了对我国相关规范的梳理情况：

表 6-9 卫生学指标与限值要求梳理

规范名称	颁布机构	相关条文要求	评述

规范名称	颁布机构	相关条文要求	评述
《公共场所卫生指标及限值要求》（GB37488-2019）【6-13】	中华人民共和国国家卫生健康委员会	4.1.1 室内温度 ……，其他公共场所**冬季**采用空调等调温方式的，室内温度宜在16℃~20℃之间；公共场所**夏季**采用空调等调温方式的，室内温度宜在26℃~28℃之间。	对设有空调系统的公共场所，规定了温湿度控制的限值要求
《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）【6-14】	原 中华人民共和国卫生部	3.2 集中空调系统送风温度的设计宜使公共浴室的更衣室、休息室**冬季**室内温度达到25℃，其他公共场所在16℃~20℃之间；**夏季**室内温度在26℃~28℃之间。	对设有空调系统的公共场所，规定了温湿度控制的限值要求

可见，从卫生学指标与限值要求角度出发，室内温度保障限值夏季为28℃（考虑到工作人员身穿防护服，服装热阻较大，建议针对工作人员长时间停留的区域设置局部降温空调设施，保障温度为26℃）、冬季为16℃。

（4）计算案例

变量	取值
城市	哈尔滨、北京、上海、广州
新风比	20%、40%、60%、80%、100%
是否有热回收	无、有（热回收效率50%）

（5）研究结果与分析

图 6-13~图 6-16 分别为哈尔滨、北京、上海、广州 4 个城市在不同系统新风比下，在是否设置热回收措施下的全年能耗（折算电耗）情况。通过分析，可得到以下结论：

①随着空调系统运行新风比的增加，各城市的空调能耗均有显著增加，且随着城市的北移，能耗增量的绝对值增大。

②除了广东以外，其它各城市采用热回收措施可有效降低运行能耗，采用热回收措施下 40%运行新风比的能耗与不采用热回收措施下 20%运行新风比的能耗几乎相同。

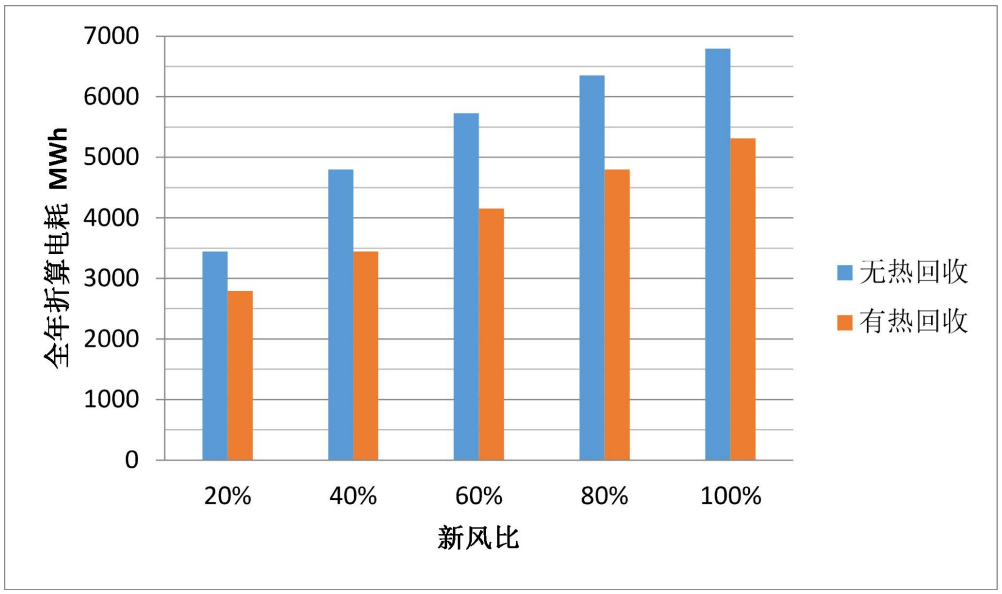


图 6-13　哈尔滨市不同新风比与有无热回收情况下全年能耗情况

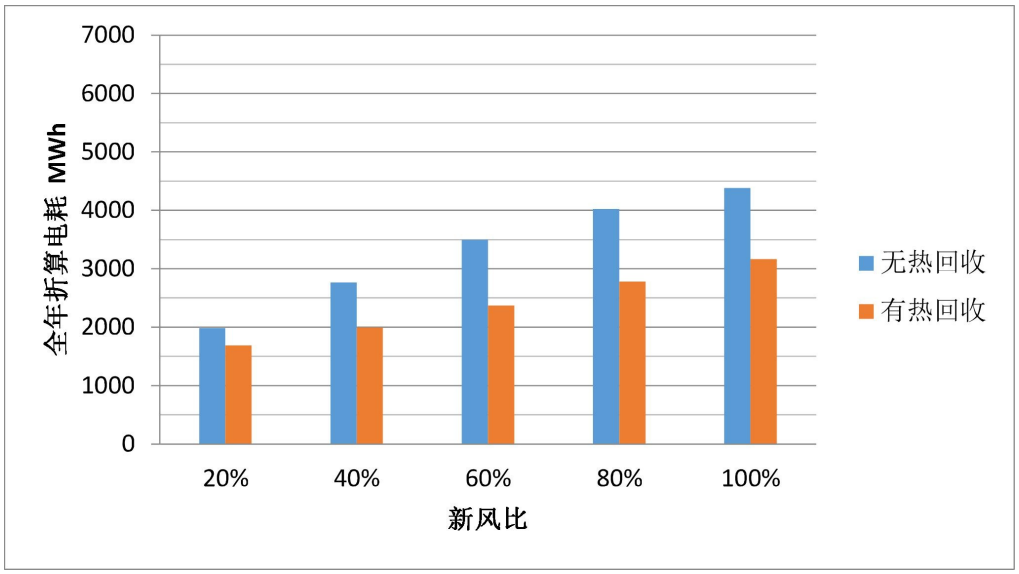


图 6-14 北京市不同新风比与有无热回收情况下全年能耗情况

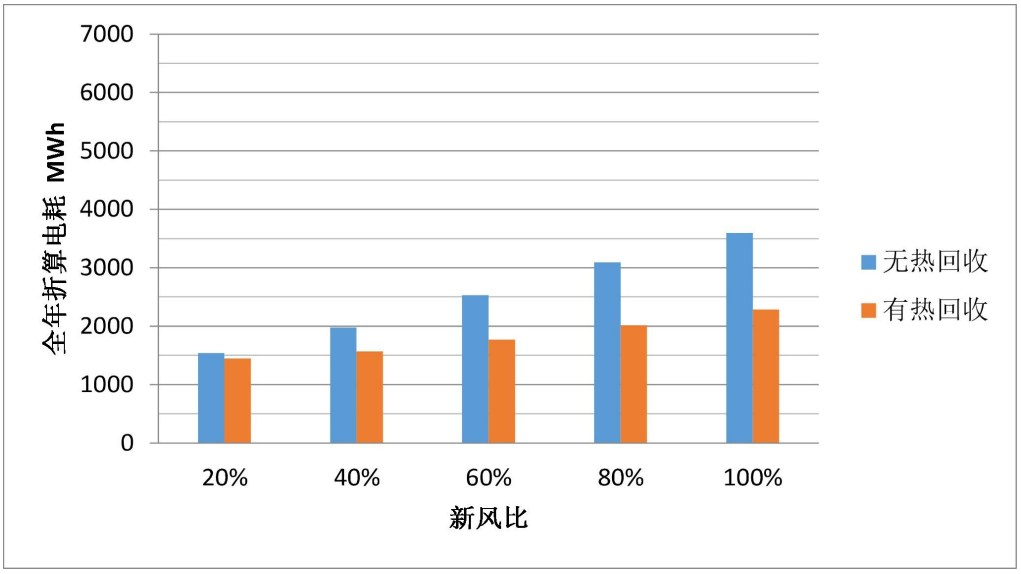


图 6-15 上海市不同新风比与有无热回收情况下全年能耗情况

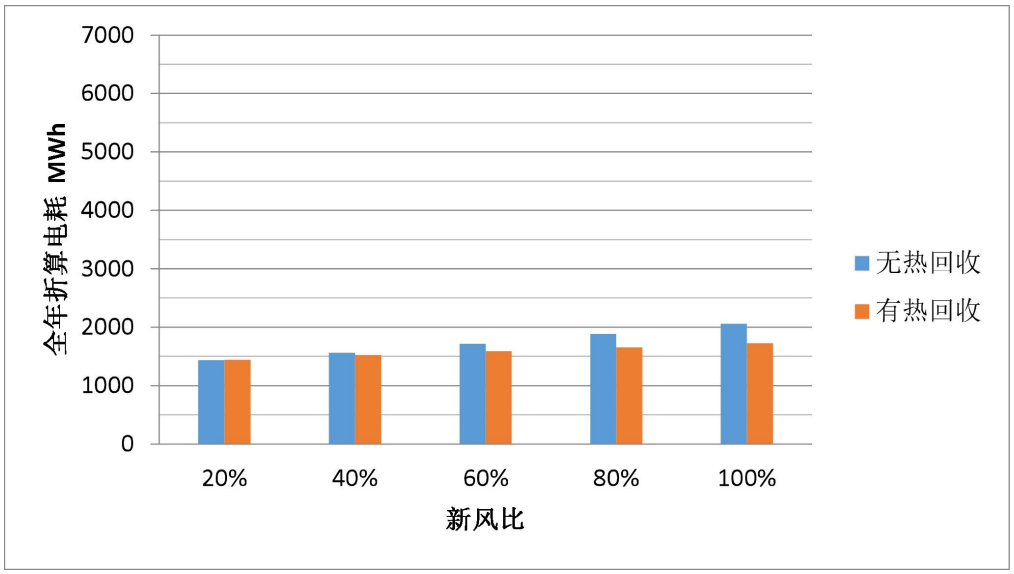


图 6-16 广州市不同新风比与有无热回收情况下全年能耗情况

图 6-17~图 6-20 分别为哈尔滨、北京、上海、广州 4 个城市在不同系统新风比下，对于是否采用热回收措施下的全年供冷、供热不保证小时数的情况。通过分析，可得到以下结论：

③随着空调系统运行新风比的增加，各城市的室内温度不保证小时数均会增加。

其中：哈尔滨的供热工况下室内温度不保证小时数会急剧增加，但对供冷工况影响不大；北京的供热工况和供冷工况下的室内温度不保证小时数都会增加，对供热工况的影响要大于对供冷工况的影响；上海的供热工况和供冷工况下的室内温度不保证小时数都会增加，对供冷工况的影响要大于对供热工况的影响。广州仅供冷工况下室内温度不保证小时数会增加。

③采用热回收措施，可有效减少运行新风比增大情况下的室内温度不保证小时数，且对于供热工况的影响要大于对供冷工况的影响。

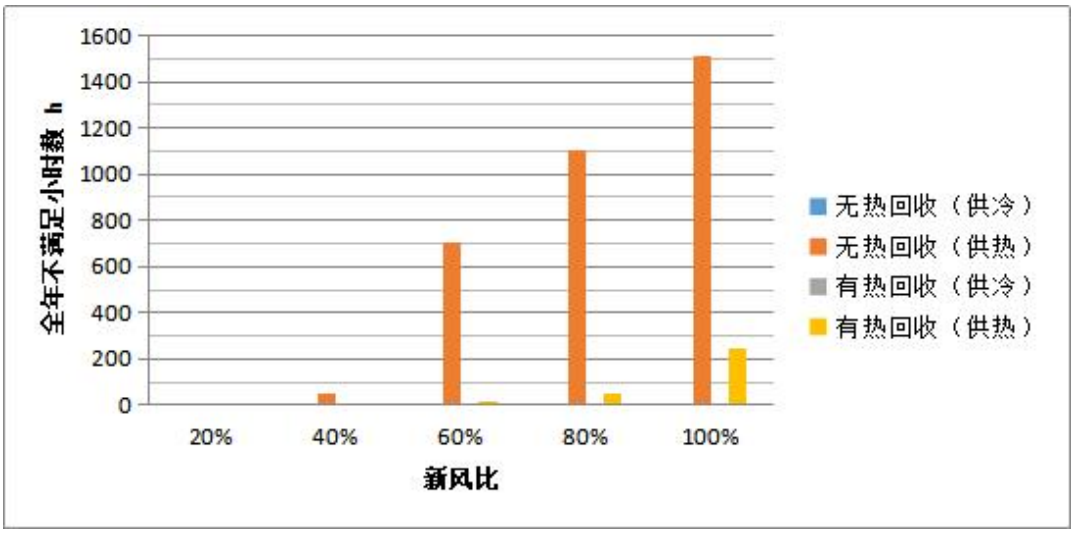


图 6-17 哈尔滨市不同新风比与有无热回收情况下供冷与供热不保证小时数情况

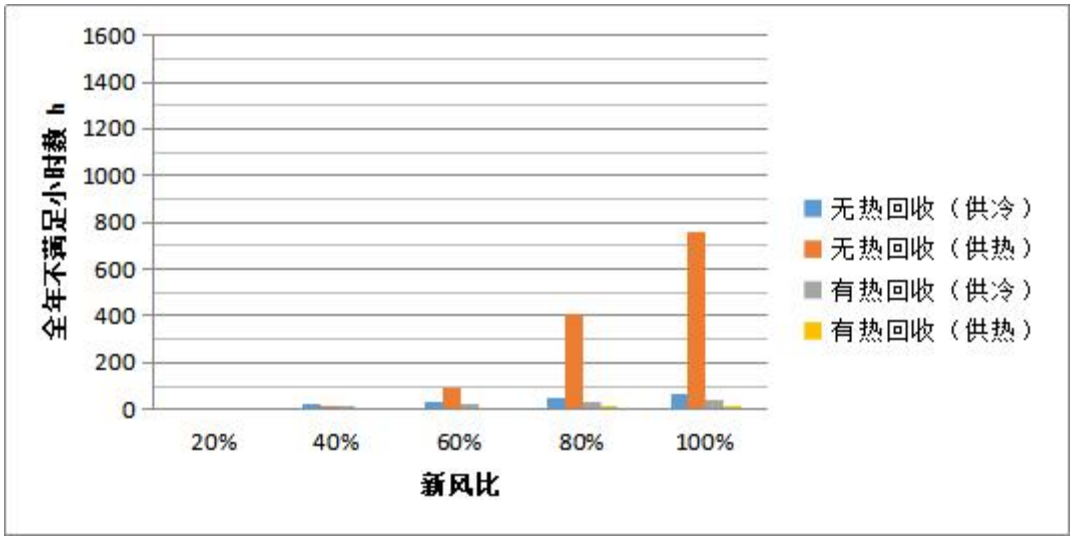


图 6-18 北京市不同新风比与有无热回收情况下供冷与供热不保证小时数情况

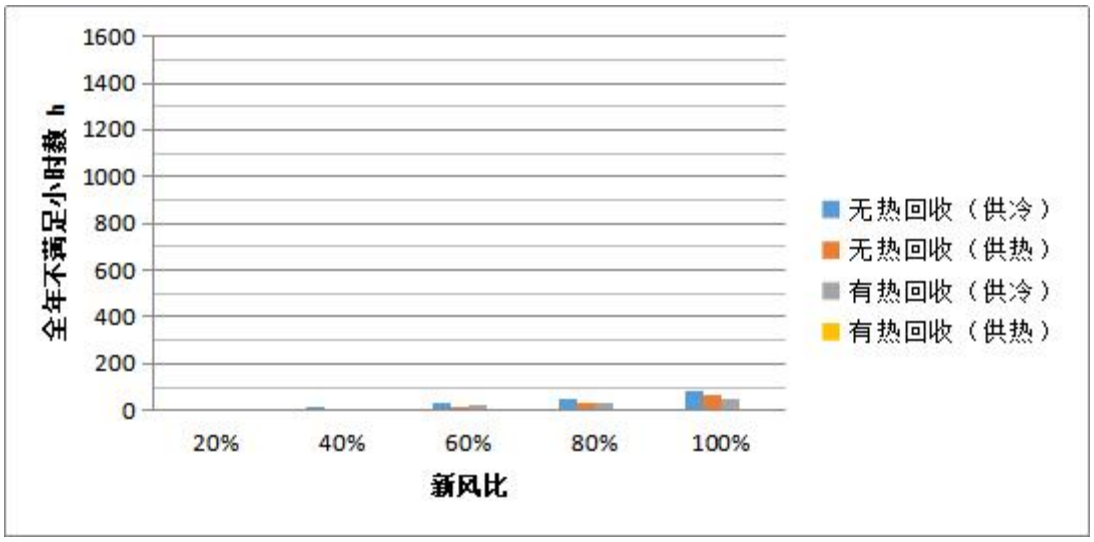


图 6-19 上海市不同新风比与有无热回收情况下供冷与供热不保证小时数情况

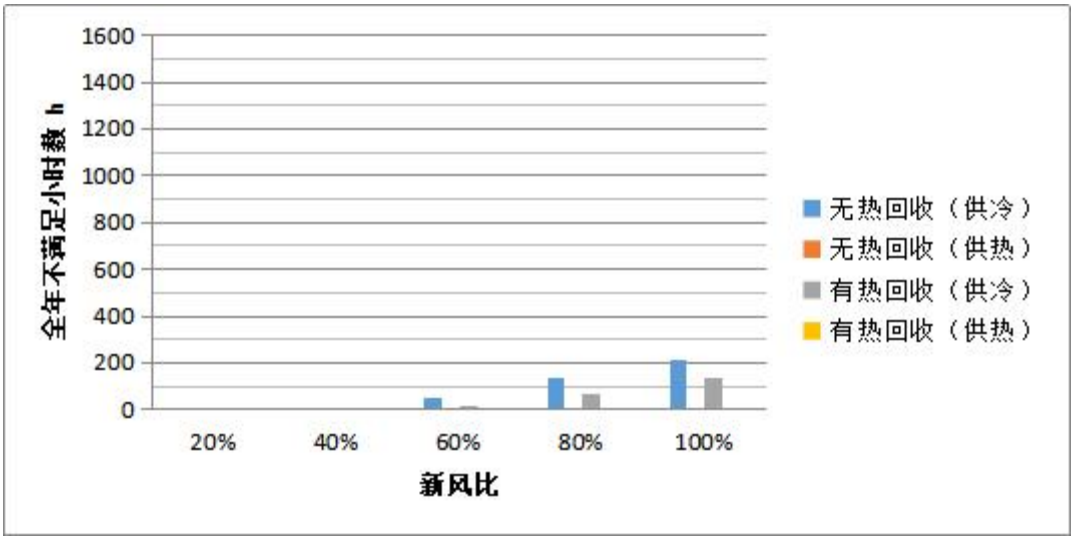


图 6-20 广州市不同新风比与有无热回收情况下供冷与供热不保证小时数情况

6.3.5 小结

通过上述算例对不同空调系统运行新风比对室内感染率、室内温度与系统能耗的研究，我们可得到以下结论：

（1）提高空调系统运行新风比对降低室内感染概率有一定

的帮助，但在人员做好个人防护（佩戴N95口罩）、空调系统通风良好（换气次数≥12次/h）、空调系统回风采取有效过滤措施（F8及以上）时，关小回风、加大新风量的运行模式对进一步降低感染概率的作用有限，采取全新风运行模式的必要性不大。对于一些感染风险比较大的区域(如国际到达模块的核酸采样区、边防检查区)，可设置就地自循环高效空气净化装置来降低感染率。

（2）提高空调系统运行新风比会导致运行能耗大幅提高，且即使以室内温度基本保障限值为目标，仍存在较多室内温度不保证小时数，对于严寒地区，在冬季工况下，采用全新风运行模式的可行性很低。

（3）对于一些疫情风险特别大，且其它防疫条件比较差的情况，可考虑采用提高新风比运行（甚至采用全新风运行）的加强措施，但应设置可完全避免空气交叉的间接式热回收措施，以降低运行能耗，提高室内温度保证率。

6.4 气流定向流动控制技术

高风险的国际到达模块与航站楼内其他功能区域之间采用严格的物理分隔，以实现空气隔离是重要的疫情防控理念，但对于一些现状航站楼，受既有建筑空间和资源的限制，难以分隔出一个可以实现彻底空间独立的高风险国际到达模块，导致此类高

风险区域与一些低风险区域存在空间上的联通与交织，无法实现空气隔离。

针对这种情况，建议**采用“低风险”向“高风险”的气流定向流动技术来降低由于空气互通而引起的风险。**对于某特定的建筑空间，也需要考虑采用合适的气流组织方式，来减少带有病毒气溶胶的扩散，或可将其快速稀释。

6.4.1 气流定向流动组织方法

（1）区域间风量平衡计算

风量平衡计算是区域间气流定向流动组织的基础，应结合风险分区、各分区内送、回、排风口的布置情况，开展风量平衡计算工作，并复核不同风险区交接处敞开口部的平均迎面风速，参考《生物安全实验室建筑技术规范》（GB50346-2011）中对于生物安全柜工作口平均进风速度的基本要求，建议不同风险区交接处敞开口部平均迎面风速控制在 0.38m/s 及以上【6-15】。

风量平衡计算方法如下：

①高风险区的送风量、回风量、排风量分别为 G_S、G_R、G_E。

②假定与高风险区联通的其它风险等级区域共有 N 个，其与高风险区间交接处的敞开口部面积分别为 S_1、S_2、……S_N，这些区域向该高风险区的风速分别为 V_1、V_2、……V_N。

③基于高风险区风量平衡理论，得：$G_R+G_E-G_S= S_1*V_1+S_2*V_2+\cdots\cdots+S_N*V_N$

（2）典型航站楼建筑剖面形式下的设计要点

①典型剖面一 —— 上海浦东机场 T2 航站楼

上海浦东机场 T2 航站楼国际到达通道层位于 8.4m，国内出发到达层位于 4.2m，二个空间之间采用玻璃隔断分隔（不到顶），为进一步分隔国际到达旅客与国内出发到达空间之间的距离，在 8.4m 设置了临时硬质隔断，国际到达旅客在该硬质隔断内侧通道通过，但由于国际到达通道层消防设施需要，硬质隔断不到吊顶，二个空间在吊顶下的范围内存在空气相通的情况。

针对该情况，疫情期间运行应在高风险区与低风险区之间形成定向气流，该气流风量 G_D 需够满足在该敞开断面处 0.38m/s 及以上的空气流速，根据区域风量平衡关系，可得到以下空调系统运行风量公式：$G_{R1}-G_{S1}\geqslant G_D=G_{S2}-G_{R2}$。

图 6-21 典型剖面一室内实景

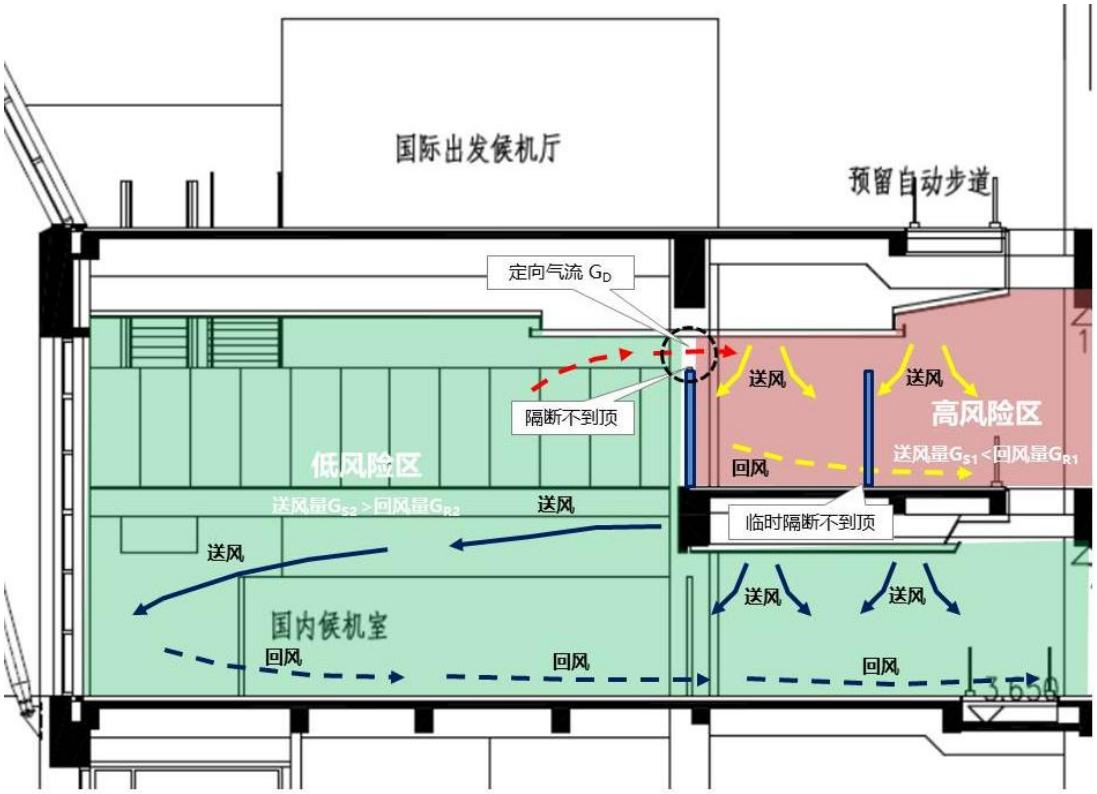


图 6-22 典型剖面一的气流组织方式

②典型剖面二 —— 上海浦东机场卫星厅

上海浦东机场卫星厅国际到达通道位于 4.0m，国内出发到达层位于 6.9m，二个空间之间采用玻璃隔断分隔，但吊顶采用格栅吊顶形式，二个空间在吊顶范围内存在空气相通的情况。

针对该情况，疫情期间运行应在高风险区与低风险区之间形成定向气流，该气流风量 G_D 需够满足在该敞开断面处 0.38m/s 及以上的空气流速，根据区域风量平衡关系，可得到以下空调系统运行风量公式：$G_{R1}-G_{S1} \geqslant G_D=G_{S2}-G_{R2}$。

图 6-23 典型剖面二室内实景

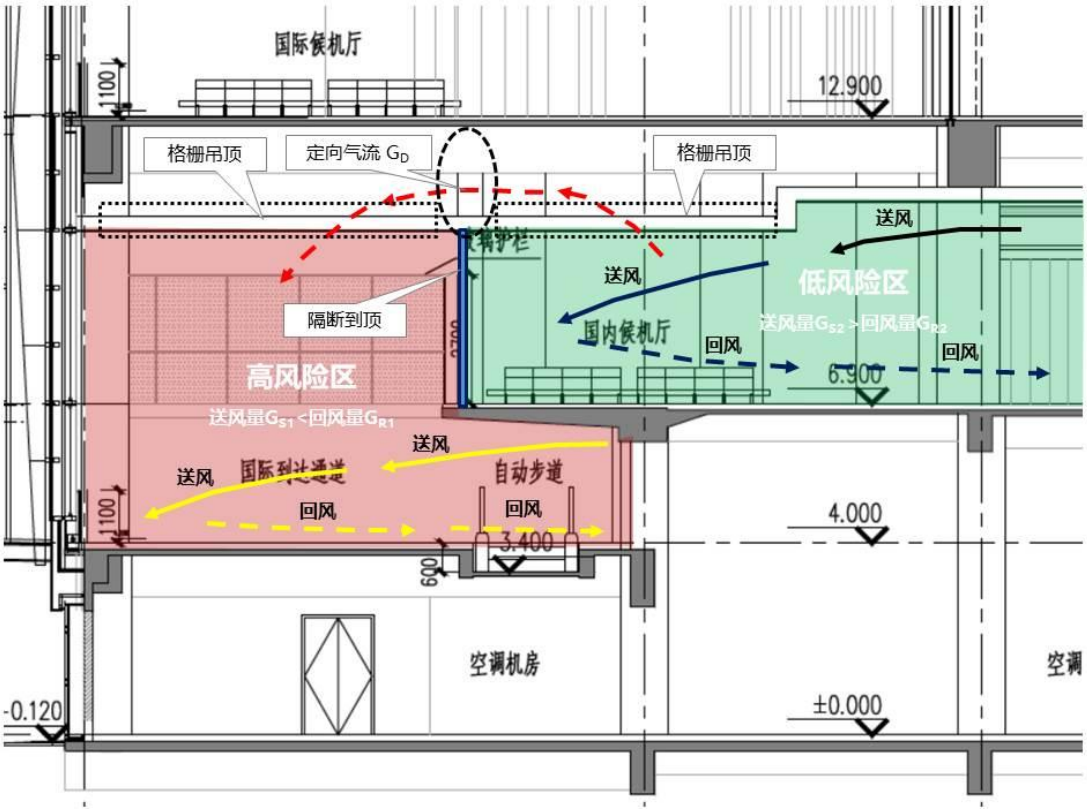


图 6-24 典型剖面二的气流组织方式

③典型剖面三——山西太原武宿机场 T3 航站楼

山西太原武宿机场 T3 航站楼的国际到达通道位于 10.5m，国内出发到达层位于 6.0m，二个空间之间采用玻璃隔断分隔，但由于隔断仅到吊顶底，二个空间在吊顶范围内存在空气相通的情况。

针对该情况，疫情期间运行应在高风险区与低风险区之间形成定向气流，该气流风量 G_D 需够满足在该交接缝隙处 0.38m/s 及以上的空气流速，根据区域风量平衡关系，可得到以下空调系统运行风量公式：$G_{R1}-G_{S1} \geqslant G_D=G_{S2}-G_{R2}$。

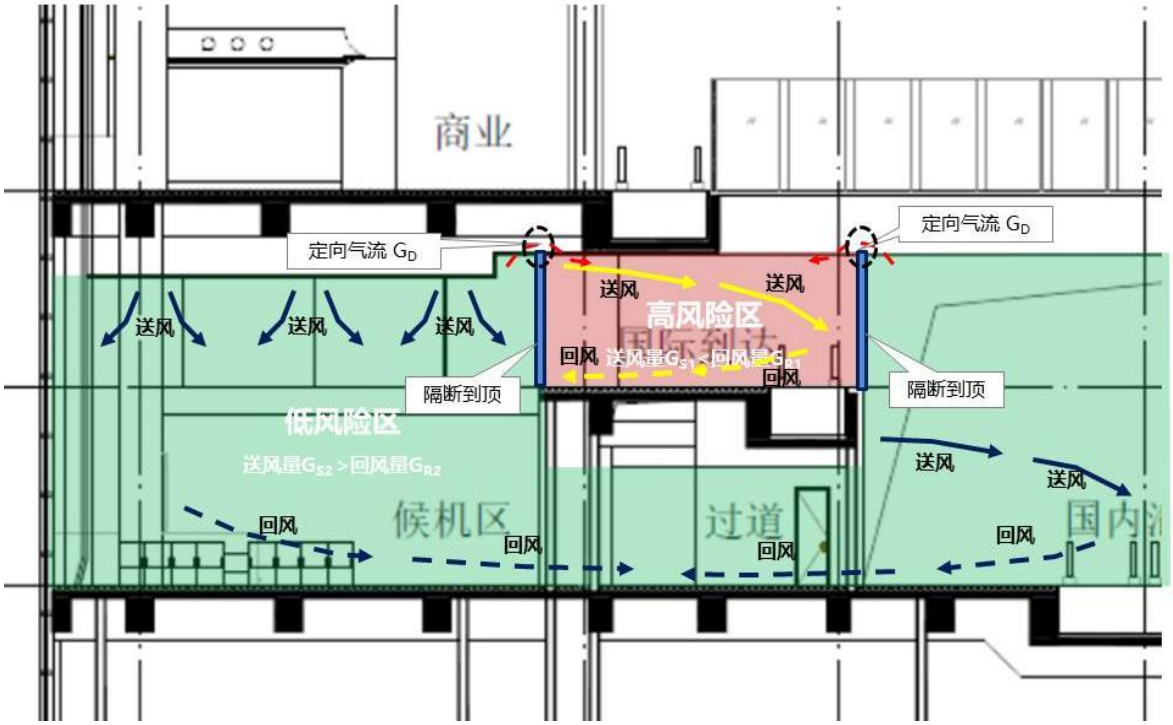


图 6-25 典型剖面三的气流组织方式

6.4.2 平疫转换要求下多通道空调设备研发

（1）功能需求梳理

基于前文分析与研究，用于高风险区的空调设备除了需实现常规功能以外，还宜具备以下特殊功能：

表 6-10 高风险区空调设备需实现的特殊功能

功能名称	功能描述	功能作用
平疫转换	运行新风比进行切换 正负压状态进行切换 回风（排风）的过滤方式进行切换	疫情工况下，空调系统处于“高消耗”的运行状态，当无疫情时，空调系统宜可切换至“低消耗”运行状态，因此此类空调设备应具备“平疫转换”的功能
过滤提升	平时工况：可实现回“排”风的基本过滤要求 疫时工况：可实现对回“排”风过滤要求的提升	疫情工况下，可实现进一步提高回“排”过滤效率的功能
可变新风	实现 0~100%的可变新风比	疫情工况下，可实现提高运行新风比的功能
正负压控制	平时工况：排风量小于新风引入量，可使服务区域保持相对正压 疫时工况：排风量大于新风引入量，可使服务区域保持相对负压	疫情工况下，可实现高风险区的相对负压，以保证区域间形成 “低风险区”向“高风险区”的定向气流流向
热回收	冬夏季时，新风与排风可通过间接式热回收装置，进行热交换 过渡季时，新风与排风	疫情工况下，当处于冬夏季时，当运行新风比增加，会导则室内温度难以保证，以及能耗增

功能名称	功能描述	功能作用
	可旁通过间接式热回收装置，不进行热交换	加等问题，间接式热回收技术可以在避免新排风交叉污染的前提下，实现能量的回收，以改善温度保障和能耗增加的问题

（2）设备形式研发

根据上述功能需求，课题组与合作企业共同研发了“多通道平疫转换型热回收空调机组”，可实现上述相关功能，并获实用新型专利（ZL202221592257.7）。

6.5 空气消毒技术

针对病毒对气溶胶的依附关系，采用过滤措施可对室内空气进行净化，降低感染概率。然而，“空气消毒”的规范要求是什么？市场上涌现的各种技术是否有效？该如何选择？课题组就此进行了专题研究。

6.5.1 相关规范要求

（1）《运输机场疫情防控技术指南》中的相关要求

表 6-11 对各版《运输机场疫情防控技术指南》中空气消毒的相关要求进行了梳理。通过对上述文件的解读和分析，可得到以下二点结论：

①自然通风对空气进行“消毒”的机理是稀释，被各版《指

南》认可为有效的“空气消毒”措施。

②对于采用化学药剂对空气进行喷雾消毒的方法，**各版《指南》中所持观点是经历了变化的，从“建议”→“不明确要求”，直至“不建议”。**

表 6-11 各版《运输机场疫情防控技术指南》对于空气消毒的相关要求

版本	相关要求	要求解读
第一版 2020.01.23	加强空气通风及日常清洁消毒	
第二版 2020.02.12	**空气消毒：**条件允许时可**自然通风；**……采用 250~500mg/L 含氯消毒剂或 250mg/L 二氧化氯等喷雾消毒作业，作用 30min 以上，或可考虑重点区域采用过氧化氢超低容量**喷雾作业**。消毒完成后应注意通风换气。	自然通风作为空气消毒措施；**对重点区域采用化学药剂对空气进行喷雾作业**
第三版 2020.03.04	同前一版	同上
第四版 2020.03.31	……（同前一版），或可考虑重点区域采用 2%过氧化氢，10ml/m3 的量超低容量**喷雾法**，作用 60min。……（同前一版）	同上
第五版 2020.06.18	**空气消毒：以自然通风为主，**……。	自然通风作为空气消毒措施；**取消了采用化学药剂对空气进行喷雾作业的方法**

第六版 2020.11.26	同前一版	同上
第七版 2021.02.09	同前一版	同上
第八版 2021.09.24	同前一版	同上
第九版 2022.08.03	**空气消毒：**气候条件适宜情况下，以**自然通风为主，不建议采取化学消毒。**	自然通风作为空气消毒措施；**否定了对空气进行化学消毒的方法**

（2）其它规范要求

表 6-12 梳理出其它规范对于空气消毒的相关要求，**明确了以化学药剂为空气的消毒手段只能在无人条件下使用；紫外线不得直接照射于人员，且需控制紫外线和臭氧泄露量。**

表 6-12 其它规范对于空气消毒的相关要求

相关规范	条文要求	要求解读
《空气消毒剂通用要求》(GB27948-2020)	8.1 产品标签和说明书应符合消毒产品标签说明书有关规范和标准的要求，并应注明只能用于无人条件下进行空气消毒。	明确了以化学药剂为空气的消毒手段只能在无人条件下使用。
	8.2 消毒时，应密闭门窗；消毒操作完成后，操作人员应尽快离开；消毒结束后应待室内消毒剂降低至对人无影响时，方可进入，情况允许时可开窗通风。	
《紫外线消	3.4 紫外线空气消毒器：利用紫外	明确了紫外

相关规范	条文要求	要求解读
毒器卫生要求》(GB28235-2020)	线灯、过滤网、风机和镇流器组合成的达到空气消毒目的的一种紫外线消毒器。 3.5 平层紫外线空气消毒器：安装于室内墙壁上端或顶端，离地≥2.1m，紫外线平行于地面射出，达到空气消毒目的的紫外线空气消毒器。	线空气消毒器的二种形式：封闭式处理空气、高于人员高度的照射式
	5.1.6.1 紫外线泄漏量：上平层紫外线空气消毒器在 2.1m 以下安全区域内紫外线泄漏量应≤5μW/cm^2。其他紫外线空气消毒器距消毒器周边 30cm 处，紫外线泄漏量应≤5μW/cm^2。	对紫外线、臭氧泄漏量有要求
	5.1.6.2 臭氧泄漏量：紫外线空气消毒工作时，在有人条件下，室内空气环境的 1h 平均容许臭氧浓度为 0.1mg/m^3。	
《关于下发办公楼宇等十个重点场所预防性消毒技术要点（修订版）的通知》(沪疾控传防【2022】21号）	公共场所空气消毒技术要点： 1）消毒方式与要点 a.开窗自然通风，每日至少 2 次，每次 30min 以上。 b.不能开窗通风或通风不良的，可以使用电风扇、排风扇等机械通风方式。 c.必要时使用循环风空气消毒机消毒，应持续开机消毒。 2）消毒剂及浓度 循环风空气消毒机建议杀菌因子为纳米或等离子	通风方式作为消毒措施，或采用纳米或等离子循环风空气消毒机

6.5.2 业内现有技术

从原理上而言，过滤与自然通风都是通过物理手段降低空气中的病毒浓度，而无直接杀灭病毒的作用。目前业内现有的空气消毒”技术，在原理上具备杀灭病毒的作用，一些产品也是一种或多种技术的组合。

表 6-13 为目前业内常见的一些“空气消毒”技术。

表 6-13 其它常见空气消毒技术梳理

技术	原理	检测情况	应用方式
某特定波段远紫外光	1）破坏病毒的 RNA 分子结构 2）臭氧排放量较低	国内某高校 BL-3 实验室，SARS-CoV-2 照射实验（培养皿距离紫外灯 50cm），0.5min，57%灭活率；3min，93%灭活率；10min，98.3%灭活率；30min，99.9%灭活率	设置于消毒空间内
微静电、驻电极	1）拦截、电离作用 2）相较其它静电，电压等级高，臭氧少	**微静电：**美国某实验室，针对 SARS-CoV-2 USA-CA1/2020 毒株，一次通过效率 99.99%；**驻电极：**某省微生物分析检测中心，针对人冠状病毒（HCoV-229E），30min 循环 99%以上	风管式、空调箱内、就地自循环式
静电+催化板	1）拦截、电离作用 2）高压静电	无针对性报告	风管式、空调箱内、就地自循环

技术	原理	检测情况	应用方式
	3）产生臭氧，采用催化板分解		式
纳米光子	光触媒在紫外照射催化产生羟基自由基、超阴氧离子自由基和活性氧，具有强氧化能力	某省微生物分析检测中心，针对**人冠状病毒**（HCoV-229E）,60min 循环 99%以上	风管式、空调箱内、就地自循环式
电凝并	1）释放自由电子 2）荷电的凝并后沉降	传染病诊治国家重点实验室生物三级实验室 **普通冠状病毒毒株** OC43，30min 对表面病毒灭活 83%	风口型、就地自循环式

注 1：上表中“检测情况”为参考了相关技术典型生产企业提交的检测报告，并不代表所有相关生产企业均符合上述检测情况。

通过对常见空气消毒技术的梳理，我们可以得到以下结论：

（1）目前业内常见的空气消毒技术主要集中于紫外和静电二大类，考虑到相关产品需要在有人环境下使用，**技术带来辐照、臭氧等对人体有害的副作用问题仍有待各类产品予以解决**。

（2）相关技术在原理上对新冠病毒有一定的作用，但由于目前国内对相关实验的限制，并未找到权威机构对相关效果给出有效证明，且从检测情况来看，**大部分检测条件与实际应用场合存在较大差异**，实际应用中应更加关注“可在有人环境下使用（人机共存要求）”、“测试病毒毒株类型”、“实验中的设备配置强度”、“空气中病毒的灭活率”、“一次通过效率”五个方面的情况。

6.5.3 小结

除空气过滤与自然通风技术以外，化学药剂对空气进行直接喷雾消毒的方式不应在有人的场合下使用；以紫外和静电为基本原理的各项空气消毒技术对杀灭新冠病毒有一定的效果，但在工程应用中是否能起到决定性的作用，目前并无有力实证，建议仅作为辅助手段，不可替代空气过滤与自然通风措施。

对空气消毒技术的相关产品选用建议保持相对谨慎的态度，并重点关注对相关产品可能引起的其它负面作用。

6.6 结论

后疫情时代航站楼空调系统运行的安全性尤为重要，课题组根据病毒传播机理和特点，从空调通风系统的分区设计、全新风运行以及气流组织、空气消毒分析等方面，运用文献调研、模型计算和案例分析等方法，形成以下主要结论：

（1）空调通风系统的划分原则应增加“风险分区”这一维度，不同风险等级的区域其空调通风系统应独立设置。

（2）提高空调系统运行新风比对降低室内感染率有一定的帮助，但在人员做好个人防护（佩戴 N95 口罩）、空调系统通风良好（换气次数≥12 次/h）、空调系统回风采取有效过滤措施（F8 及以上）时，关小回风、加大新风量的运行模式对进一步降低感染概率的作用有限，采取全新风运行模式的必要性不大。

（3）提高空调系统运行新风比会导致对运行能耗大幅提高，

且即使以室内温度保障限值为目标，仍存在较多室内温度不保证小时数，对于严寒地区，在冬季工况下，采用全新风运行模式的可行性很低。

（4）对于一些疫情风险特别大，且其它防疫条件比较差的情况，可考虑采用提高新风比运行（甚至采用全新风运行）的加强措施，但应设置可完全避免空气交叉的间接式热回收措施，以降低运行能耗，提高室内温度保证率。

（5）对于一些无法设置独立国际到达防疫模块的既有航站楼建筑，高风险区域与低风险区之间存在空气联通的交接敞开口部，相关口部如无法实现完全封闭，作为“补偿性措施”，建议从空调通风系统的气流组织方面，实现由“低风险”向“高风险”的定向气流流动，通过区域风量平衡计算，通过系统改造设计或运行策略调整，以保证定向气流在口部断面的平均风速≥0.38m/s。

（6）空气消毒方面，不应在有人的环境下采用化学药剂对空气进行直接喷雾消毒的方式，以紫外和静电为基本原理的各项空气消毒技术，对杀灭新冠病毒有一定的效果，但在工程应用中是否能起到决定性的作用，目前并无有力实证，不可替代空气过滤与自然通风措施，且应在相关产品选择的过程中持相对谨慎的态度。

7 关注细节，梳理特殊功能空间防疫设计

航站楼内除主要的大空间以外，还存在一些空间较小、人员密度较高、污染物传播可能性较大的功能空间（如：卫生间、餐饮区域、安检通道），同样存在较大的疫情传播风险，因此需重点关注此类空间，并逐一梳理相关防疫关键技术，最大程度减低传播风险。

第一大类问题：卫生间防疫关键技术

问题 1：地漏是否有设置的必要，如何防止地漏返臭气?

问题 2：蹲便器和坐便器在疫情防控方面有何优劣?

问题 3：卫生间排水管网设计上有哪些优化措施?

问题 4：卫生间排风措施应该如何加强？

第二大类问题：餐饮区域防疫关键技术

问题 6：餐饮区域的疫情传播风险有多大？影响因素有哪些？

问题 7：可采取哪些技术或管理措施，降低餐饮区域的疫情传播风险？

第三大类问题：安检通道防疫关键技术

问题 8：安检通道内的疫情传播风险有多大？影响因素有哪些？

问题 9：可采取哪些技术或管理措施，降低安检通道内的疫情传播风险？

7.1 卫生间

7.1.1 风险识别

与大空间相比，航站楼内卫生间空间相对较小，到达流线上的卫生间存在旅客集中使用的特点，人员密度很高，如有染疫旅客在卫生间内进行便溺时，容易形成病毒快速扩散，增加了同一空间内的人员感染风险。

7.1.2 排水地漏的设置

（1）规范要求梳理

规范标准	相关条文	解读
《建筑给水排水设计标准》GB50015-2019	地漏应设置在有设备和地面排水的下列场所： 卫生间、盥洗室、淋浴间、开水间。	机场卫生间正常的运行情况下不会有地面的排水需求，洗脸盆的溅水、卫生间地面保洁用水或局部的管道检修漏水均可通过拖把等工具清理；只有当卫生间内给水管道断裂或排水主管堵塞导致大量排水返溢时才会使用地漏排水，地漏的排水频率非常低
《综合医院建筑设计规范》GB51039-2014	卫生间有可能形成水流的房间宜设置地漏。	医院已经有较高的卫生需求，不再强制设置地漏
《洁净厂房设计规范》GB50073-2	6级洁净实验室不宜设置地漏，6级以上的洁净实验室不应设置地漏	当其他需求超过地漏排水需求时，可以考虑不设置地漏

规范标准	相关条文	解读
013		
《方舱医院设计导则》	当地漏附近有洗手盆时，宜采用洗手盆排水给地漏水封补水的措施	

上述规范要求地漏的设置需要综合考虑运维和场所的卫生需求，对于医院和其他洁净需求更高的场所，地漏并不是必需的。

因此，从疫情防控角度出发，不建议在航站楼高风险区域卫生间设置地漏。

（2）地漏水封干涸的风险分析

有对新冠病毒的研究表明，可从人类粪便中分离出了活病毒和高病毒载量，且能通过卫生间立管进行传播：感染的病人冲洗厕所后，由于水力相互作用，垂直排水系统产生了大量气溶胶。马桶冲洗时会引起排水立管和通气立管内的气压波动，或当排水管中的空气与卫生间中的空气之间的温度不同时，会产生“烟囱”效应，引起管道内空气可以垂直上升或下降，当水封薄弱或被破坏时，管道内的气溶胶会进入卫生间内，带来传染的风险。

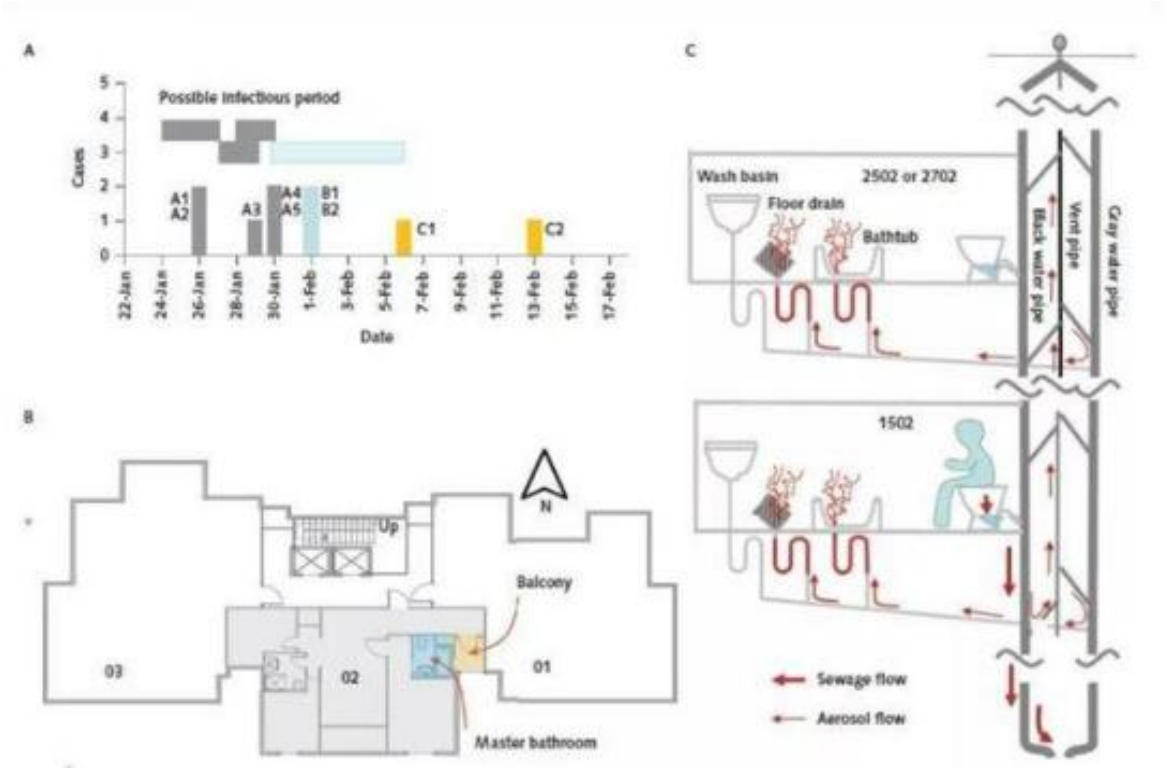


图 7-1 气溶胶在卫生间排水管内的传播【7-1】

卫生间排水管仅通过伸顶通气帽通大气，因此排水管内的气溶胶无法迅速排除，因此如果要降低由于粪便引起的气溶胶传播可能性，存水弯应有足够的水封深度来抵抗管道内的气压波动，这就需要采取相应的措施保证地漏和洁具水封不干涸。

（3）调研结果分析

从调研结果看，各大机场运行中已充分关注了地漏水封保护的重要性，对地漏均采取了每天人工定时补水的措施（如首都机场和西安机场均采用每日 1~2 次的人工注水防止地漏干涸），以确保地漏水封不干涸。

对既有航站楼，存在楼内改造导致排水管和排水通气管调整的情况，很难有效地梳理排水管在楼内的路由。而疫情期间航班

量降低，会存在大量较低使用频率的卫生间，即使人工对水封进行补水，也难免存在“漏网之鱼”。

卫生间地漏的设置虽然方便检修，但日常如需人工补水也会造成运维压力，疫情期间地漏确实成为了病毒传播风险点，对于国际到达等高风险区域的卫生间更是如此。

（4）地漏设置的优化建议

根据上述规范要求和调研结果梳理，综合机场的运维需求和疫情防护需求，对地漏设置建议如下：

①国际到达等高风险区域的卫生间，宜不设置地漏；当机场出于运维考虑确实有设置排水地漏的需求时，可将地漏设置于洗脸盆下方，并采取系统自动补水加强对于地漏水封的保护；

②对于低风险区域的卫生间，宜减少卫生间地漏的设置数量，并将地漏设置于洗脸盆下方，并采取系统自动补水加强对于地漏水封的保护：

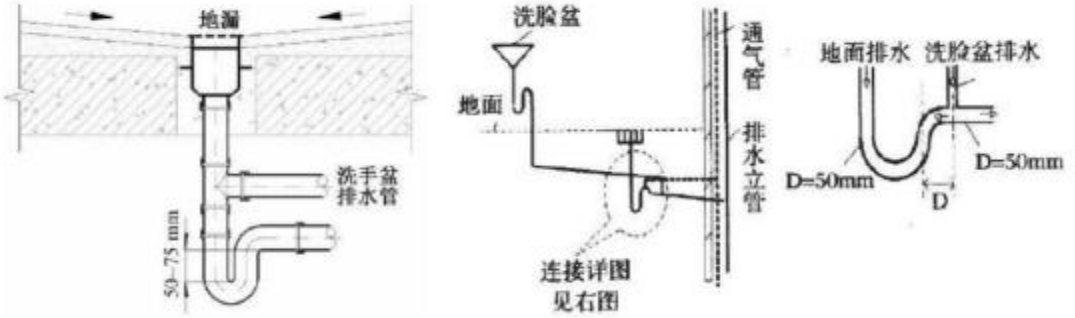


图 7-2 地漏水封自动补水示意图

③除了蒸发干涸外，排水系统的水压波动（洁具排水水流压缩或抽吸排水管内空气、卫生间内的大功率排风引起的风压差等）也会造成地漏水封破坏。需要限定通气管长度，确保通气管压力

损失不超过 25mmH_2O压差；采用器具通气+环形通气+伸顶通气的方式，均衡排水管内压力波动；在保证排水自清流速的前提下，放大排水和通气管管径也有助于减少排水系统内的压力波动，保护地漏和洁具水封不被破坏。

④对于已经设置地漏的现状航站楼卫生间洁具和地漏，应及时人工补水。而对于疫情期间暂停使用的卫生间，需对地漏采用硅胶垫、胶带等材料进行临时加盖封堵。

7.1.3 蹲便器和坐便器的选择

在洁具选型上，非直接接触的感应式洗脸盆龙头和便器冲洗阀等应用较为广泛，可以有效的杜绝接触传播；在大便器的选择上，蹲便器和坐便器往往会根据机场的使用和管理需求以及旅客的生活习惯按照一定配比来设置。

从控制疫情传播的角度，对于国际到达等高风险区域的卫生间，蹲便器和坐便器的选择还需要结合病毒传播和疫情防控要求。

坐便器会产生与人体的直接接触，因此其接触性传染的风险高于蹲便器；但随着机场管理水平的日益提高，洁具清洁和消毒措施到位后，坐便器的接触传染风险可以大幅度的降低。

相比于接触传染，冲洗马桶时产生的气流旋涡，会导致污染物在整个卫生间范围内的扩散性传播，带来更高的病毒传染风险；而坐便器冲洗时污染物的扩散程度要低于蹲便器，如坐便器冲洗时如将盖板放下，会大幅度的降低污染物在卫生间内的传播；有

研究表明，蹲便器冲洗后被检测到的污染物浓度是坐便器盖盖冲洗的 12 倍[7-2]。对于国际到达等高风险区域卫生间，采用坐便器能更有利于控制疫情传播。

7.1.4 卫生间排水管和通气管的优化

卫生间排水管和通气管，常规设置方式均为上下楼层的卫生间合用排水管，由于航站楼屋顶造型的原因，较难保证排水管直接出屋面伸顶通气，因此存在较多的卫生间合用排水通气管的问题。

根据现行的疫情防控相关规定（《新冠肺炎传染病应急医疗设施设计标准》、《医学隔离观察设施设计标准》、《大型隔离场所建设管理卫生防疫指南（试行）》），对于可能存在病毒的卫生间排水需要进行消毒后排放，该卫生间的排水通气管也需要进行过滤或消毒后高空排放。

基于上述原因，对于国际到达等高风险区域卫生间，需要将卫生间排水管和通气管与卫生间一对一对应独立设置，彻底隔绝病毒从高风险卫生间进入低风险区域卫生间的可能，同时可有针对性地为高风险区域卫生间排水和通气管设置相关的消毒和排放措施；对于低风险区域的卫生间，可按照常规设置方式实施，不设置消毒措施。

当无法明确高风险区域时，建议为所有的公共卫生间均单独设置排水管和排水通气管。

7.1.5 卫生间排风系统设计关键技术

航站楼内国际到达流线与国内重点区域到达流线上的卫生间定义为高风险等级区，其它区域卫生间定义中低风险等级区，其排风系统的设计需遵循以下原则：

表 7-4 基于防疫要求的航站楼卫生间排风系统设计原则

关键技术	高风险等级卫生间	中低风险等级卫生间
系统划分	① 与其它区域卫生间排风应相互独立设置系统 ② 区域内各卫生间排风宜独立设置系统，当无法独立设置时，不应采用各卫生间设置分散式排风机汇入同一排风总管的方式，且应在各个卫生间的排风总管上设置止回阀	当多个卫生间排风合用一套系统时，不应采用各卫生间设置分散式排风机汇入同一排风总管的方式
风量取值	≥20 次/h	≥15 次/h
气流组织	① 排风口**应**均匀布置 ② 应于座便区设置下排风口，使污染物不经人员呼吸区就直接排出	① 排风口**宜**均匀布置 ② 宜于座便区与蹲便区设置下排风口，使污染物不经人员呼吸区就直接排出
排出方式	① 室外排风口不应邻近人员活动区，宜采用高位排放方式 ② 排风口与新风取风口水平距离不应小于 20m，当水平距离不足 20m 时，排风口应高出进风口不小于 6m	① 室外排风口不应邻近人员活动区 ② 排风口与新风取风口水平距离不应小于 10m

	③ 排风应经亚高效过滤器处理后排出	
其它措施	① 宜设置就地自循环的高效过滤装置	——

同时，建议所有卫生间内坐便或蹲便区的隔断封闭至吊顶，减少隔断间的空气流通口部，并通过排风措施使隔间内形成负压。

7.1.6 其它措施

建议在卫生间入口处增加相关信息显示引导系统，减少由于旅客在卫生间内排队聚集而引起的疫情传播风险。

7.2 餐饮区域

7.2.1 风险识别

航站楼内餐饮区域为重要的旅客服务设施，常布置于出发候机区、出发办票大厅、迎客厅等区域。由于旅客在餐饮区域内用餐时，会脱下口罩等个人防护用品，一旦存在染疫人员时，区域内容易产生疫情传播风险。

7.2.2 基于模型的感染概率测算

（1）研究方法

采用 Wells-Riley 方程，以某典型餐饮空间为研究对象，测算在对不同条件下的在室人员感染概率。

（2）研究对象

研究以某一空间尺度为 10x10x3m（H）的典型餐饮空间为对

象，该空间面向公共区设有敞开店面。

（3）计算边界条件

计算边界条件如下表所示：

表 7-5 计算边界条件汇总表

边界条件类型	数值选取	备注
建筑空间净高 m	10x10x3（H）	典型餐饮空间
人员密度 人/m^2	0.5、0.25、0.125	0.5 为餐饮区设计人员密度，其它为进行用餐人员密度控制下的情况
人员空间内活动时间 min	20、30、40	航站楼内餐饮人员停留时间相对较短，经调研航站楼内餐饮旅客停留时间 85%在 30min 以内，平均停留时间为 22min
染疫人员数量 人	4、2、1	对应不同的人员密度，染疫人数分别设定为 4、2、1 人
空调系统形式	风机盘管+新风	航站楼内餐饮的典型空调系统形式，不考虑风机盘管过滤装置对病毒污染物的过滤效率
运行新风量 m^3/h	1250、2500	1250 为该餐饮设计工况下的新风

边界条件类型	数值选取	备注
		量取值（人均25CMH）,2500为运行新风量扩大2倍下的工况
运行排风量 m^3/h	1250（新风补风）、2500（新风补风）、5000（新风+大空间补风）、7500（新风+大空间补风）	利用大空间补风工况下，认为大空间补风病毒污染物浓度为0，餐饮内换气次数分别为4次/h、8次/h、16次/h、32次/h
病毒释放速率 q q/h	288.5	按静坐说话修正计算得到
口罩防护效率	0	用餐人员不佩戴口罩
人员呼吸速率 m^3/h	0.288	静坐时的呼吸速率

（4）计算结果与分析

图7-4~图7-6显示该典型餐饮空间在不同人员密度情况下的感染概率。

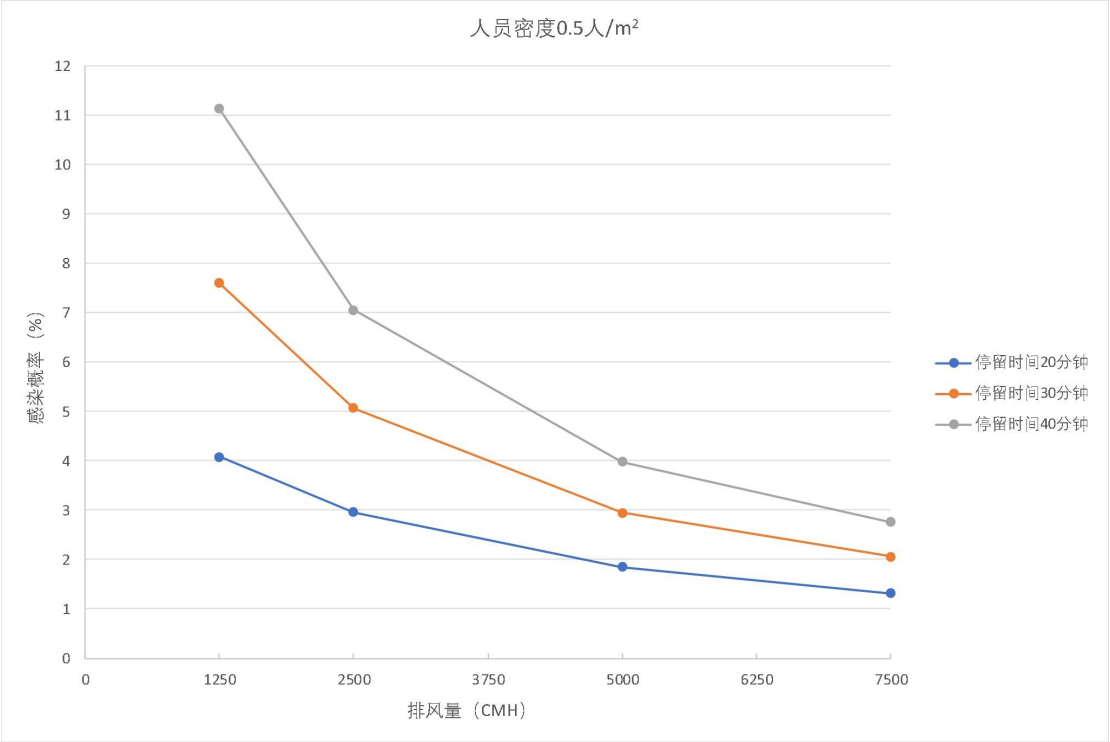


图 7-4 “人员密度 0.5 人/m^2\染疫人数 4 人”下人员感染概率

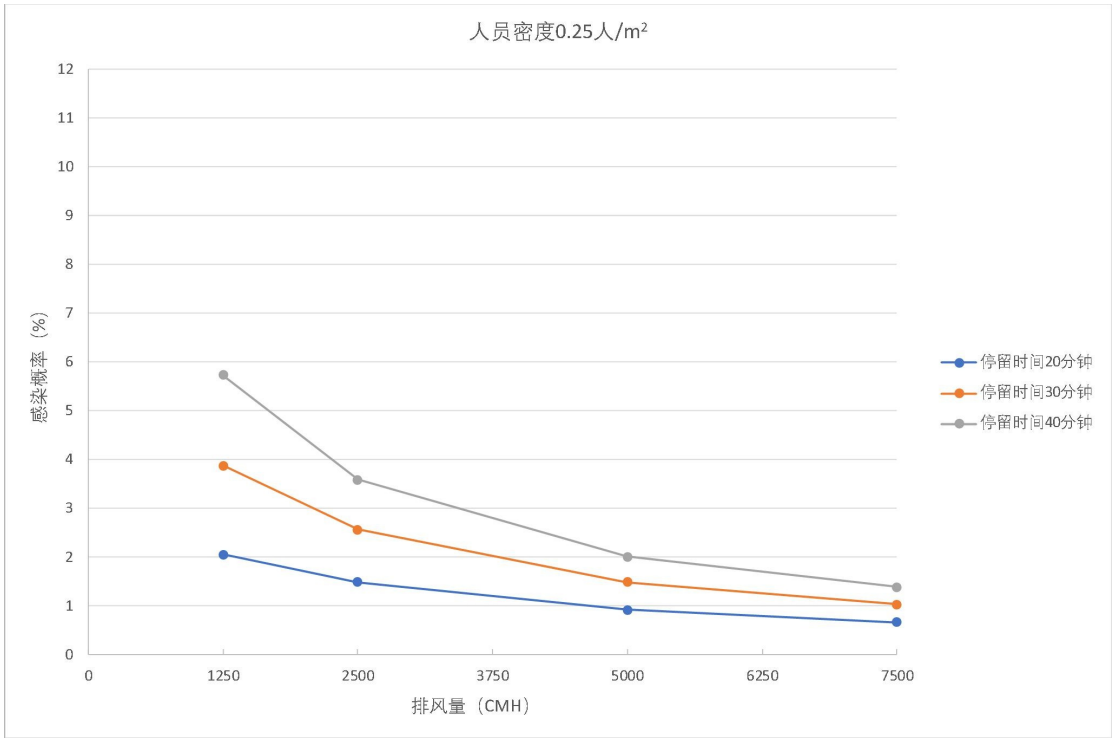


图 7-5 “人员密度 0.25 人/m^2\染疫人数 2 人”下人员感染概率

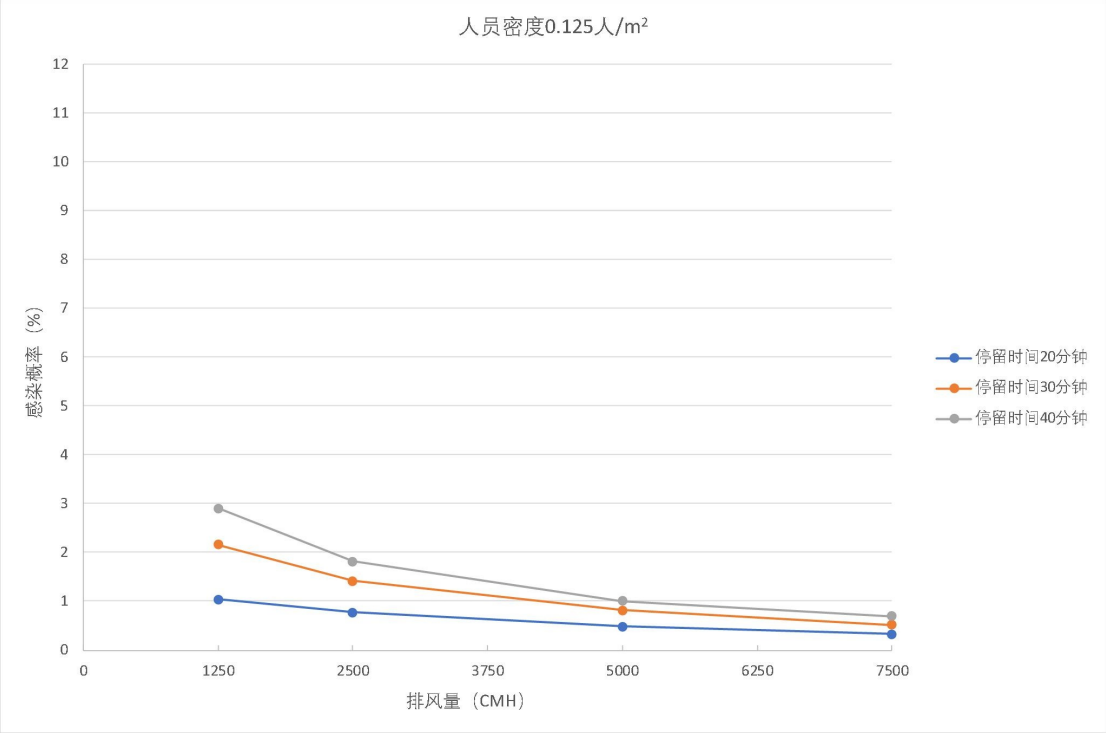


图 7-6 “人员密度 0.125 人/m²\染疫人数 1 人”下人员感染概率

（5）结论和建议

①由于餐饮区域空间较小，在室人员均不带口罩，且停留时间较长，当餐饮区域内存在染疫人员时，在室人员的感染概率较高。

②随着人员密度的降低，在室人员的感染概率会下降。从管理角度出发，建议尽可能降低就餐人员密度，对进入人员的健康状况做好复核工作，执行间隔入座要求，就餐桌上采取设置透明隔断等措施。

③随着就餐人员停留时间的降低，感染概率也会等比下降，建议采取一些措施鼓励用餐人员缩短用餐时间（建议≤30min），在用完餐后尽快离开或戴上口罩在餐厅内等候。

④室内换气次数与感染概率存在强相关性，对于餐饮区域内

常见的风机盘管加新风系统，建议在餐饮区域设置排风系统（排风换气次数≥15 次/h），当存在聚集性疫情时，开启排风系统，可较大程度降低感染风险。

7.2.3 小结

对于餐饮区域，由于空间较小、人员就餐时不带口罩、且停留时间较长的特点，建议对餐饮区域内的人员密度进行控制，执行间隔入座要求，就餐桌上增设透明隔断，鼓励就餐旅客缩短用餐时间，并对餐饮区域内设置排风系统，可在疫情高发时期大幅提高换气次数，进而降低在室人员的感染风险。

7.3 出发安检通道

7.3.1 风险识别

航站楼内出发安检通道，空间较为狭小，空调通风效果易受安检通道隔断影响，旅客在安检时会被要求脱下口罩进行安全检查，因此当旅客为染疫人员时，该行为可能造成疫情传播。

7.3.2 基于模型的感染概率测算

（1）研究方法

采用 Wells-Riley 方程，以某典型安检通道单元为研究对象，测算在对不同条件下的旅客感染概率。

（2）研究对象

本研究对象抽象为一典型安检通道单元，空间尺度为20x5x3m（H），由于旅客通过安检通道的时间较短，主要风险在于染疫旅客在交付随身行李后在停留点进行安检搜查时，被要求脱下口罩进行检查，携带病毒的气溶胶释放后未及时扩散稀释（考虑仅停留在周边1.5x1.5m范围之内），当染疫旅客离开该位置后，又有后续普通旅客进入该停留点，同样脱下口罩进行检查，此时存在吸入携带病毒的气溶胶可能性，进而存在感染风险。

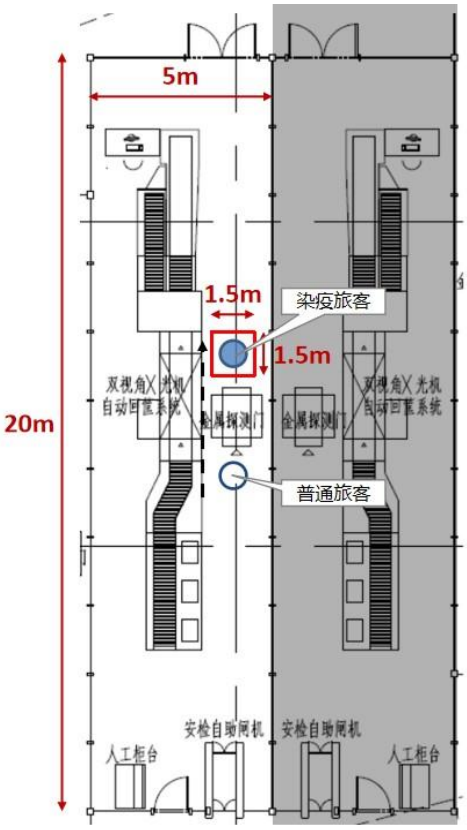


图 7-7 典型安检通道单元

（3）计算边界条件

计算边界条件如下表所示：

表 7-6 计算边界条件汇总表

边界条件类型	数值选取	备注
空间条件 m	1.5x1.5x3（H）	停留区的空间尺度
人员空间内活动时间 min	1	染疫人员在停留空间滞留 1min 后离开，后续旅客进入该停留空间同样停留 1min
染疫人员数量 人	1	考虑一名染疫旅客通过
空调换气次数 次/h	0、5、10、15	0 次/h（0m^3/h/m^2）代表通风差的安检通道 5 次/h（15m^3/h/m^2）代表通风不佳的安检通道 10 次/h（30m^3/h/m^2） 代表通风一般的安检通道 15 次/h（45m^3/h/m^2） 代表通风良好的安检通道
病毒释放速率 q q/h	810.2	按轻运动说话修正计算得到
口罩防护效率 %	染疫旅客 0,后续普通旅客 0（考虑在停留空间内均不带口罩）； 染疫旅客 0，后续普通旅客 30（考虑染疫旅客在停留空	对于在停留区内进行安检搜查时，染疫旅客和后续普通旅客口罩佩戴的 3 种不

	间不带口罩，普通旅客在停留空间佩戴医用外科口罩30s，另30s脱下口罩接受检查）； 染疫旅客30，后续普通旅客30（考虑染疫旅客与普通旅客在停留空间佩戴医用外科口罩30s，另30s脱下口罩接受检查）	同情况进行测算
人员呼吸速率 m^3/h	0.72	轻运动时的呼吸速率
就地设置自循环高效空气净化装置	不设置；设置	考虑到安检通道内传播风险点位置明确，可设置就地高效空气净化装置的方式来作为加强措施，装置循环风量为350m^3/h，过滤效率为95%

（4）计算结果与分析

下图为该典型安检通道，旅客感染概率的预测情况：

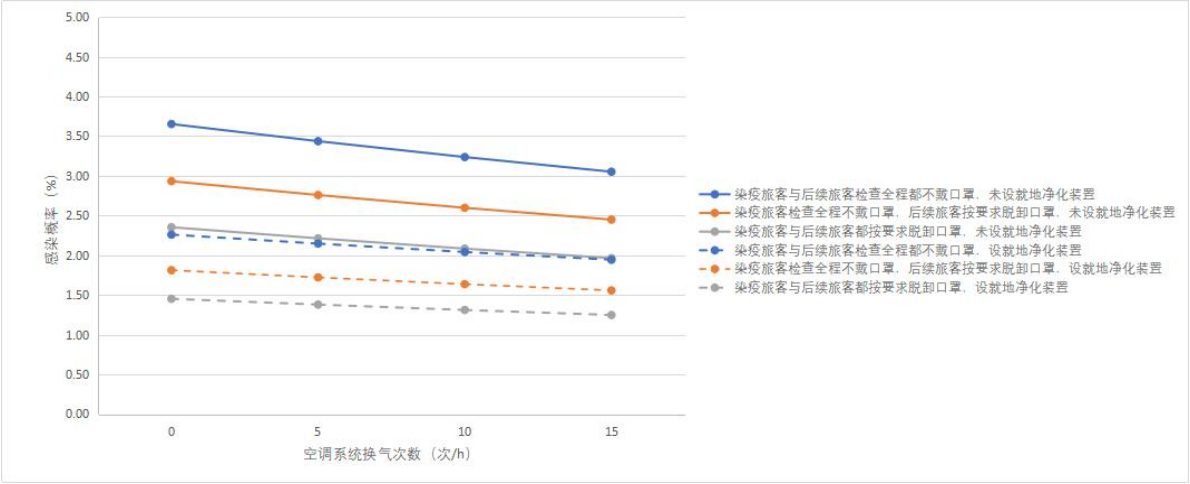


图7-8 典型安检通道内旅客感染概率预测

（5）结论和建议

①由于安检通道内存在染疫旅客脱口罩进行检查的情况，且空间狭小，因此存在一定的感染风险。

②在旅客进行人身安检阶段，佩戴口罩的时间与感染概率密切相关，人身安检阶段缩短脱口罩的时间，感染风险可降低35%。

③提高安检通道内的空调送风量，对降低感染概率有效，空调配置完善且气流组织均匀的安检通道与空调配置较差且气流组织不佳的安检通道相比，感染风险可降低15%。

④考虑到安检通道内传播风险点位置较为明确（旅客脱口罩所在位置明确），可考虑在人身安检工位附近设置自循环高效空气净化装置，来改善局部环境，设置自循环高效空气净化装置可降低感染风险约38%。

7.3.3 小结

以上研究可得，机场应要求旅客在安检时缩短脱卸口罩时间，加强区域内空调送风（换气次数满足15次/h）并提高气流组织均匀性，同时建议在旅客停留检查处增设就地自循环高效空气净化装置，以此来降低该区域的感染概率。

7.4 总结

航站楼内一些空间较小、分散布置的区域，由于人员密度较高、使用频率高，存在着较大的疫情传播风险，防控难度较大，

经梳理研究形成以下结论：

（1）卫生间区域

①从疫情防控角度，国际到达等高风险区卫生间宜不设置地漏；中低风险区域卫生间宜减少地漏数量，并采取人工补水、系统自动补水等措施避免地漏干涸。

②高风险区域的卫生间建议优先选用坐便器的形式，并提倡盖盖冲洗。

③高风险区域卫生间排水管和通气管应与卫生间一对一独立设置，卫生间排水和排水通气管应经消毒处理后排放。

④高风险区域卫生间排风系统与其他区域卫生间排风系统应相互独立设置，排风换气次数≥20 次/h，排风应经亚高效过滤器处理后排出，室外排风口与新风取风口应保证水平≥20m 的距离要求。

⑤卫生间坐便和蹲便区的隔断应封闭至吊顶，减少隔断间的空气流通口部，并通过排风措施使隔间内形成负压。

（2）餐饮区域

①餐饮区域内由于空间较小，旅客就餐时不带口罩，且停留时间较长，当区域内存在染疫人员时，疫情传播的风险较大。

②从管理角度出发，一方面应做好餐饮区域内的人流密度控制，对进入人员的健康状况做好复核工作，执行间隔入座，就餐桌上安装透明隔板等措施；另一方面建议鼓励用餐人员缩短用餐时间（≤30min），在用完餐后尽快离开或戴上口罩在餐厅内等候。

③从措施角度出发，建议可在餐饮区内设置排风系统，排风量按换气次数≥15 次/h 进行配置，在疫情风险较大时，排风系统可全部开启。

（3）安检通道

①安检通道由于空间狭小，在人身安检阶段存在旅客脱口罩的情况，因此具有一定的疫情传播风险。

②从管理角度出发，建议要求旅客在满足安全检查的前提下，尽可能缩短脱卸口罩的时间。

③从措施角度出发，建议确保该空间的空调换气次数≥15 次/h，保证区域气流组织的均匀性，且宜于人身安检工位附近就地设置自循环高效空气净化装置。

8 无接触智慧技术应用

8.1 调研中发现的主要问题

结合各地机场运营情况的调研，课题组认为在防疫数据发布、收集和共享方面并没有实现有效数据实时互通，防疫查验程序重复、流程效率较低，主要有以下 4 个问题：

问题 1：通关流程上反复查码，降低通关速度、旅客体验不好。

问题 2：自助设备停用，强制人工柜台值机。

问题 3：人脸验证设备需旅客脱口罩，增加了感染风险。

问题 4：疫情流调工作量大、难度高、信息共享程度低。

8.2 问题产生的原因分析

（1）通关流程上反复查码，降低通关速度、旅客体验不好的原因分析

疫情期间，各地推出了各自的健康码、机场通常要验证旅客的健康码、行程码、核酸情况等各类防疫健康信息，此外还要测体温、进行身份验证等，流程复杂、内容重复。

表 8-1 旅客通关环节验证内容表

查验内容 流程节点	身份证明	人脸对比	体温	本地健康码/场所码	目的地健康码	行程码	查核酸记录	核酸检测	登机牌

出发航站楼入口			√	√		√	√		
值机柜台	√				√	√	√		
自助值机	√								
海关边检验证	√	√	√	√			√		√
安检排队区入口				√		√	√		
安检验证柜台	√	√							√
安检验证闸机	√	√							
贵宾休息室				√					√
登机口					√	√			√
目的地出口					√	√		√	

旅客全程需要接受验证的节点有：进入出发地航站楼，值机柜台、安检排队区入口、安检验证柜台或闸机、休息室、登机口、下飞机后出目的地航站楼前等多个节点。需要经过验证的信息非常多，包括身份验证、防疫验证，机场可能会对上表中打勾内容中的大部分内容进行验证，各机场根据当地防疫政策及管理需要有些许不同。

可见，疫情期间旅客必须接受的查验，主动出示各种证明信息环节非常多，繁琐的验证环节也为机场带来很大负担，给旅客的出行带来不好的体验。旅客在出行过程中，随时需要打开各种码，如行程码、本地健康码或扫场所码、目的地健康码，由于每个地区的健康码不互通，查询、扫码、确认、查验耗时较长，造

成人员聚集，带来防疫风险。

（2）自助设备停用，强制人工柜台值机的原因分析

调研中发现，很多机场的自助值机设备在疫情期间停用。

自助值机设备作为旅客自助选座、打登机牌的高效终端，在机场中普遍设置，能够大大缓解值机柜台的排队压力，提高旅客通关速度。

自助值机设备的停用，强制旅客在人工柜台值机，即便是在疫情管控期间航空旅客数量大大降低的情况下，仍然造成人工值机柜台前面的人员堆积，增加了旅客在值机环节的滞留时间，加大染疫风险。

自助设备可以大大减少旅客与工作人员的接触，并且可以有效分流人工柜台的排队，所以尽量采用自助设备是无接触通关和快速通关的重要一环。

自助设备停用、强制人工柜台值机的原因分析：

①疫情当中，航空公司普遍需要按照政策要求验证旅客的健康码、行程码、核酸时限等信息，这些信息目前在自助值机设备上是无法进行验证的，造成部分自动化通关设备使用困难；

②各地方政府作为疫情防控的主体单位，分别制定了本地的疫情防控政策，各地区防疫政策有所差异，而且政策随疫情的发展而变化，这使得自助值机设备难以跟进和应对这些防控政策对旅客的查验要求。

综上，各地防疫政策不统一、也没有统一发布平台可以直接

对接，自助设备本身的验证手段也有限，造成停用。

（3）人脸验证设备需旅客脱口罩，增加感染风险的原因分析

在旅客流程中，需要摘取口罩的环节有：

①安检验证柜台或安检验证闸机处

②通过安检金属门之前

③登机口自助登机闸机处

需要摘口罩的几个原因有：

①安检验证柜台或安检验证闸机处：摘口罩是为了通过人工及视频图像设备进行人脸信息比对，与身份证件核对确定旅客身份，排除旅客的出行受限属性、将旅客与出行航班对应。在这里摘口罩是全脸验证确认身份的必要步骤。

②通过安检金属门之前：此处摘口罩是对藏匿危险物品可能性进行的安全检查，此处摘口罩是必要步骤。

③登机口自助登机闸机处：此处为登机前对旅客的最终确认，用于核对人、票对应性，但是确认方式不一定摘取口罩。

（4）疫情流调工作量大、难度高、信息共享程度低的原因分析

对机场航站楼内的流调，通过电话问询只能了解大概时段和大概位置，精确度不高；若借助视频监控系统，需要监控人员在数百甚至数千台摄像机情况下查找疑似人员，非常困难，需要大量的时间和人力，而且准确度不高。所以在机场航站楼内进行疫情回溯和流调难度非常大，信息准确度、及时性、全面性都有待提升，需要更高效的辅助工具来实现。

8.3 主要问题的解决策略

针对以上问题及原因分析，反复查码和自助设备停用问题可归纳为数据的共享与利用问题，人脸验证和流调问题可归纳为进一步挖掘视频分析技术问题。针对这两类问题，建议策略如下：

（1）防疫政策底层数据的打通和实时推送；

（2）视频分析（人脸识别、结构化分析）提升机场无接触技术能力。

8.3.1 防疫政策底层数据的打通和实时推送

根据对各地防疫政策、个人健康信息（健康码、行程码、核酸检测情况等）的底层数据的共享程度不同，分为以下三种模式或情况：

模式一：全国范围的信息互通共享

模式二：民航行业范围内的信息互通共享

模式三：单一机场或机场群范围内的信息互通共享

（1）模式一：全国范围的信息互通共享

全国范围的防疫政策及个人健康信息统一平台如果建立，机场只需要利用原有信息平台经授权获取旅客的健康码、行程码、核酸检测时效等防疫信息，以及该旅客飞行目的地的防疫政策要求（如需要行程码中不包含哪些地区、核酸检测时效是多少小时等），只需要在航站楼出发层入口或者安检验证时验证旅客身份证件，便从全国统一信息平台抓取到旅客防疫信息，并自动比对

是否满足目的地防疫政策要求，由验证设备自动给出结果。

此模式下，由于可在航站楼入口处一次验证所有防疫信息，在后续流程中安检、航空公司等部门因为可以同样授权获取统一平台的旅客防疫信息，就可以不再重复验证；同时，统一平台的建立将促成各地健康码统一互认，以及健康码、行程码、核酸检测时效、身份信息“四证合一”，并进一步与身份证绑定实现刷身份证即可获取所有个人防疫信息，验证设备预留与国家防疫统一信息平台以及中航信的信息接口，实现读取旅客身份信息便同时获取个人防疫信息及飞行目的地信息、自动分析比对旅客个人防疫信息与目的地防疫政策的匹配性，如匹配则放行，不匹配则提示劝退，遇红码人员则向机场发出警报，及时处置，并联动视频监控便于后续流调使用。

此模式下，可以最大程度提高旅客通关效率，减少人力投入，优化旅客体验，减少人员堆积降低传播风险。

此模式下建议机场配置：

在入口处设置一体化验证闸机，通过读取身份证件将健康码、行程码、核酸检测时效、身份信息“四证合一”同时验证，并集成无接触体温检测，实现快速通过。

设备空间预留：可按每条通道 1.2m*3m 预留。

机电条件预留：AC220V 电源（UPS）、4 芯光缆。

其他：机场信息平台要增加与统一防疫信息平台的数据接口、信息安全软硬件设施等。

（2）模式二：民航行业范围内的信息互通共享

如果民航建设行业内的目的地防疫政策发布平台，用于实时收集各地的健康防疫管理政策，及时明确以目的地为导向的核验标准，例如在流程上的某部位必须进行哪些码/证明的核验等。对落实无接触防疫要求和提高通行效率均有实质性的提升。

应对策略：此平台作为防疫情报收取和发放机构，可分步骤实现其自动化：

①初级阶段，人工收集、自动化发布。由工作人员收集各地政策，迅速整理汇编，形成各机场、航司可统一使用的动作指令；此时，有条件的机场可以安排专班，实时根据平台信息刷新值机柜台和自助值机的核验要求；

②中级阶段，在第一步基础上总结归纳、逐渐建立标准指令集，工作人员只需要根据各地政策变化调整指令集后下发即可，提高平台效率和机场、航司调整核验动作的机动性；此时，大部分机场可以安排专员，实时根据平台信息刷新值机柜台和自助值机的核验要求；

③高级阶段，在积累了足够的指令集的基础上建立标准的数据对接格式，各地政策不再需要人工收集，实现民航核验政策平台与地区健康/防疫平台的数据对接，大大提高机场、航司调整核验动作的效率和准确率；此时，可以实现自动值机核验政策的自动更新（同时进行自助值机的适应性改造）、甚至实现对同一核验政策的值机柜台进行自动归类。

该模式的最优结果是：在民航行业内实现防疫健康信息与旅客乘机信息打通，实现一码或一证、一脸通行，大大提高通行效率，减少人员堆积和频繁接触的防疫风险。平台建成并实现自动化后，将成为各机场对我国各地方、各类健康防疫政策的落实的基础性工具。其功能、效果在民航行业内与模式一的全国平台等同。

（3）模式三：单一机场或机场群范围内的信息互通共享

在无全国平台和民航行业平台的情况下，机场能做的事情是：利用现有验证手段在航站楼入口处将旅客的健康码、行程码、核酸检测时效、身份信息“四证合一”逐一验证并保存，将健康码、行程码、核酸检测时效信息与旅客身份信息进行绑定后打包，将此信息包上传机场信息平台，授权给航空公司、安检、联检等单位调用，后续通关流程上的各个验证节点（见表 8.2.1 ）实现信息互认，不再重复验证。

此模式下建议机场配置：

在入口处设置一体化验证闸机，集成健康码、行程码、核酸检测时效、身份信息的读取、验证设备，并集成无接触体温检测。

设备空间预留：可按每条通道 1.2m*3m 预留。

机电条件预留：AC220V 电源（UPS）、4 芯光缆。

其他：机场信息平台要增加与航司、联检单位的数据接口、信息安全软硬件设施等。

8.3.2 视频分析（人脸识别、结构化分析）提升机场无接触技术能力

（1）对人员行为的智能分析，自动预警

对人员行为的智能分析主要应用在：

①异常聚集、人员堆积：在值机岛、安检排队区、登机口、扶梯/电梯/楼梯口等部位设置专用高清摄像头，分析人员聚集度，及时向运控中心发出预警，处置异常聚集，降低防疫风险。

②防疫标准动作的规范：智能分析、提示防疫工作人员的穿脱、消杀不合规行为；

主要通过在相应部位设置高清摄像头，在后台设置智能分析软件实现。

（2）流调协助、重点人员轨迹回溯

基于AI算法的人脸识别，快速、高准确率的实现流调跟踪、行动轨迹、密接人员，流调时可与旅客信息打通确认身份，帮助快速查询选定目标在任一时间点的所处位置，以及周围密接人员情况。

主要通过在相应部位设置高清摄像头，在后台设置智能分析软件实现。

（3）无需脱口罩即可完成自助验证程序的流程优化

建议采用具备口罩面相识别能力、准确率达到机场管理要求的人脸识别终端，在航站楼入口闸机、自助登机闸机等环节不再摘脱口罩，以降低因摘脱口罩带来的病毒传播风险。

需要选取配置了高准确率（尤其对带口罩人脸识别）视觉分析软件的闸机，同时要注意摄像头的设置角度尽量避免逆光。

安检环节分为身份验证和危险品检查环节，其中身份验证由于需要与身份证照片进行比对所以一般必须摘掉口罩进行验证，后续的危险品检查环节，在安检部门许可前提下，可按需要设置准确率高的毫米波门。

8.4 总结

针对防疫工作面临的大量查验程序，导致人员聚集并产生危险行为的状态，我们建议平疫结合的航站楼设计应进一步整合信息，提高无接触技术。

（1）改变多码、多次验证的现状，可以从三个层次开展“信息融合”工作：

①采用多码合一的自助验证设备；

②机场内部信息互通，一次验证全场通行；

③多政府部门之间数据互通信息互认从而实现统一的防疫信息来源，在机场只需扫身份证即可获取航班及各类防疫信息。

（2）通过视觉人工智能技术手段替代流调中间需要的大量人力，使流调效率大大提升。

（3）尽可能优化自助验证设备的视频识别能力，提高不脱口罩验证的准确率。

（4）从技术手段来看，不同地区和不同流程之间健康码数

据壁垒的打通具有可行性，建议应加大政策层面的协调，使旅客出行信息与健康防疫信息数据互通、并且各部门互认，真正实现旅客出行环节的一码通行，实现旅客的便利出行、提高机场通行效率、减少人员堆积带来的防疫风险。

9 既有航站楼模块化改造实例及策略分析

9.1 概述

正如前文提到，目前各大机场针对高风险国际到达流程进行了改造以满足疫情防控需求。改造中各运营单位往往需要回答两个问题：

（1）改哪里：合理的区位选择才能即满足国际到达专区的防控要求同时尽可能地减少对于运营的要求。

（2）怎么改：基于平疫结合的基本原则，改造中有哪些问题和经验能够供其他机场进行借鉴参考。

根据调研结果，各大机场改造按照防疫模块基本要求作为改造前提，根据自身建设条件因地制宜进行了改造，呈现了一定的差异性。此外，由于国际到达模块功能要求和机场运行的特点，又往往呈现出较多共性。

9.2 首都机场案例

（1）国际保障专区区位选择

疫情发生后，首都机场选择 T3D（独立卫星厅，之前作为国内航站楼运行，缺少国际流程必须的海关、边检、中转设施）作为国际进港保障专区，将原有国内出发候机楼 T3D 改造成为国际进港（除澳门）专用航站楼。机组旅客在楼内进行核酸检测、不用等结果闭环则转运至酒店隔离。该区域相对独立，减少了对于

其他正常旅客流程的干扰。

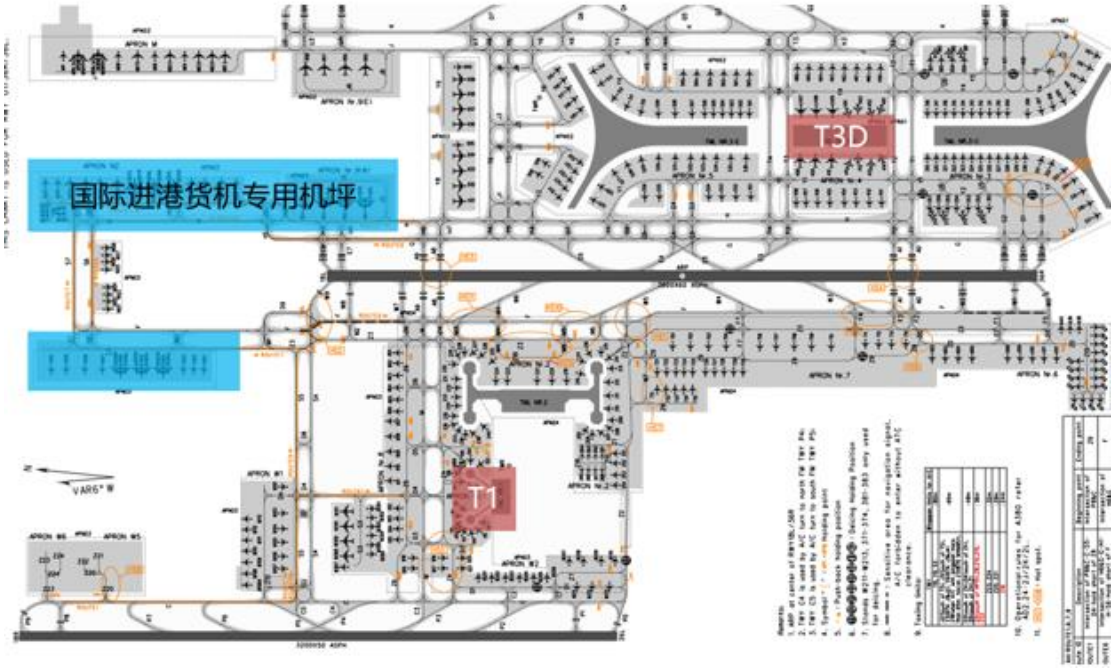


图 9-1：国际到达保障专区示意图

（2）楼内功能流程改造

改造过程中未对于建筑结构做更多改动，主要为室内装修及分割调整：

其中三层改为:健康申明卡填报区、重点旅客流调采样区；

其中海关需求应为国际防疫模块改造设计重点，根据海关需求进行了多次灵活调整。按照功能分区分为**有症人员(R 区)、A、B、C、D** 共五类处置专区，对应设置采样工位，实现对国内航司机组、国外航司机组、外交等入境人员的分区处置，最大化降低交叉感染风险。

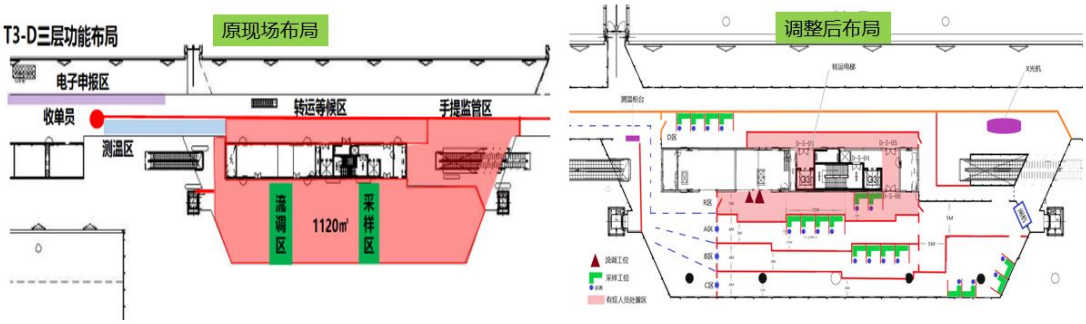


图 9-2：国际到达保障专区三层改造示意

二层改为：等候分流区、采样区；

①拆除二层原有海关工位，改建为旅客采样等候区；

②对采样区进行整体扩容，采样工位增至 36 个，保障冬奥期间现场通关效率；

③预留二层东西侧旅客蓄存区，视后续航班保障情况及防疫工作要求确定蓄存区面积。

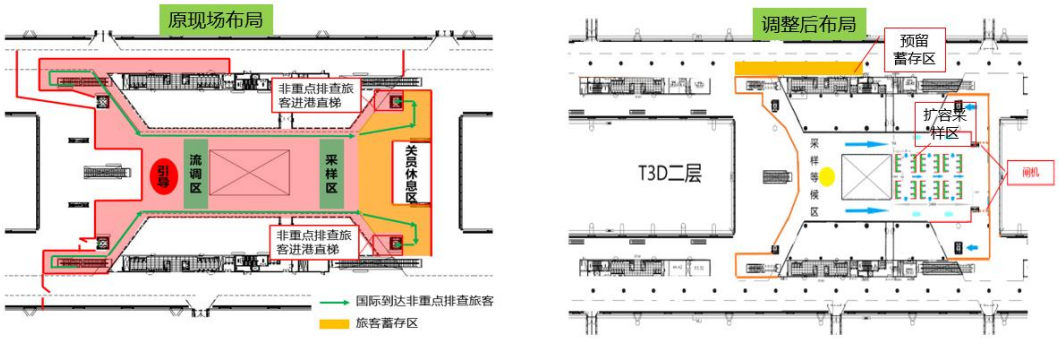


图 9-3：国际到达保障专区二层改造示意

一层改为：安检/海关检查、行李提取区与上客区，旅客在首层手提行李后乘坐摆渡车前往隔离酒店；

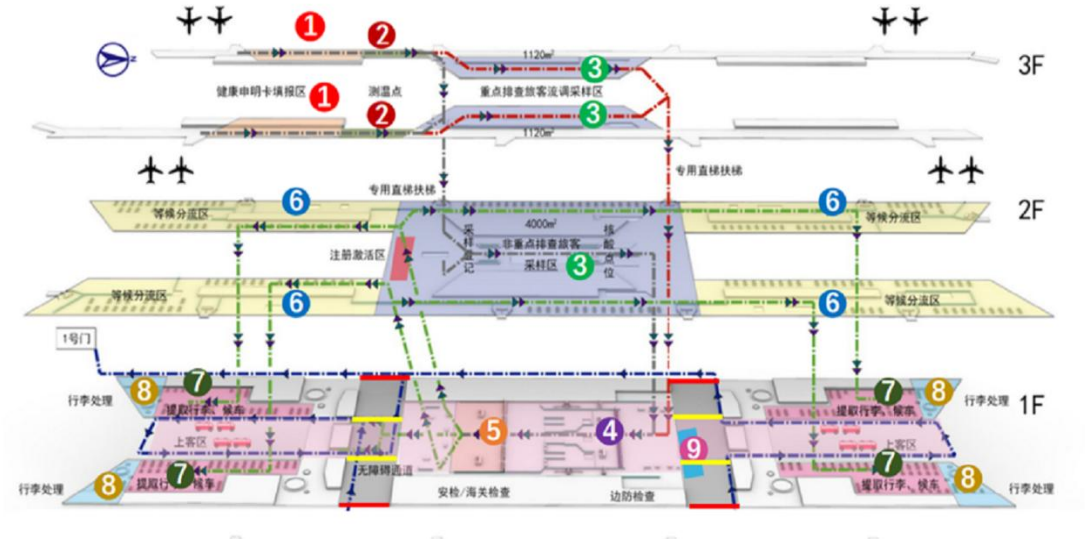


图 9-4：国际到达保障专区功能流程示意

（3）行李提取区域

改造首层为行李提取区。考虑到旅客提取行李需求，将首层拆除一层行李提取区域内非必要墙体，整合区域，扩充行李提取厅的可用空间，方便行李安置与提取。

为提升行李提取效率，改造完成后首都机场对于行李提取区进行了运行优化：

①分区规划行李存储区域，将行李提取厅划分三个区域，按照国别、场馆、有/无标签等形式摆放行李，相关区域增加地面标识及拉带，引导旅客前往不同区域认领行李；

②增加旅客及行李的分流措施，根据行李标签对旅客、行李进行分流；

③优化旅客乘车模式，旅客提取行李后乘车环节由集中发车的模式采用随来随走的车辆保障机制。

（4）机电相关点位

T3D 设计之初即预留了相关国际进境弱电点位。为改造提供了极大的便利。

（5）工作人员办公区

结合原有楼内空间设置工作人员办公区。在各个出入口增设门禁设备，各单位需要提前进行人员信息备案，授权完成后方可进入，避免非闭环人员误入，动态管理闭环人员信息。**按照清洁区-缓冲区-污染区顺序规划人员进入路由**，整个路由为单项闭环，杜绝人员逆行。**设置员工防护用品脱除区，**安排专人专岗 24 小时不间断监督员工脱除流程，发现问题通过具备双向对讲的语音系统进行提示。

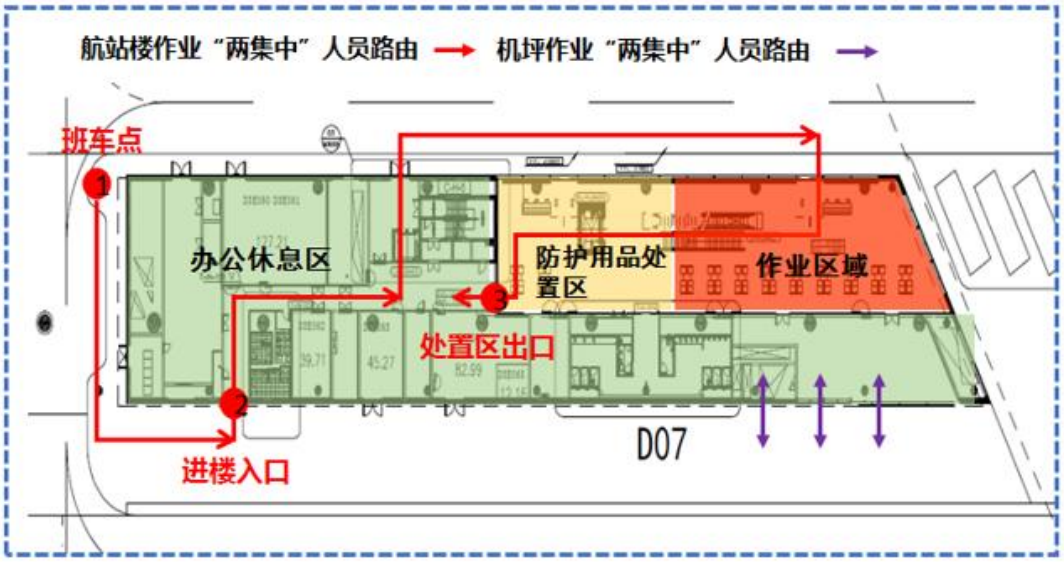


图 9-5：国际到达保障专区工作人员办公区

（6）消防评估

首都机场于 2020 年 7 月及 2021 年 9 月先后两次对 T3D 防疫专区进行消防安全评估，并按照评估要求落实相应安全措施。

（7）卫生间、核酸通过区、隔断相关设施

候机区等公共区域采取关闭回风，最大新风量运行。核酸查验区位置依据旅客流程及联检检查需要设置，根据目前流程，旅客核酸查验后进行入境流程（后续入境流程均在航站楼内），考虑流程连贯性、疫情防控需要、机坪安全管理等因素，查验区设置在室内， 该区域采取关闭回风，最大新风量运行。

空间的隔断避免空气流通：冬奥会保障专区硬隔断按照防疫主管部门要求，**搭建高 2.5 米、间距 1.5 米的双层硬隔断。**

隔断不同危险等级区域卫生间排水管和排水通气管组织：目前单卫生间排水管和通气管均汇入排水主管、通风主管中。

卫生间排水消毒：卫生间内排水消毒目前采用在洁具内侧喷洒消毒液方式对洁具进行消毒处理。

9.3 西安机场案例

（1）国际到达保障专区选点

西安机场主要选择对于原有国际指廊区域进行改造，将其改造为国际到达保障专区。其中出发层依然作为国际出发功能使用。

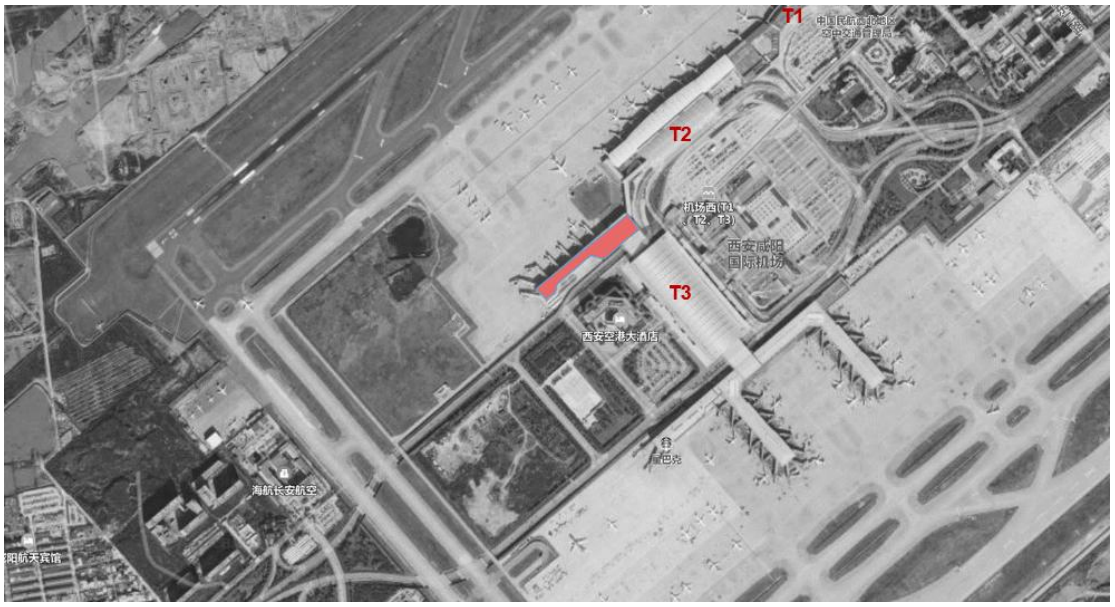


图 9-6：西安咸阳机场国际到达保障专区规划设计

（2）楼内流程调整优化

对于原有二层国际到达流程未作较多改动。保留了原有国际进港流程。增设了相应流调采样区。对于国际到港进入航站楼主楼行李提取厅空间进行硬隔断，引导旅客进入远机位区。

首层对于原有远机位出发进行了功能调整，将其作为旅客转运等待以及提取行李的等候区，旅客沿车道边提取行李。室外搭建方舱作为工作人员洗消通道。

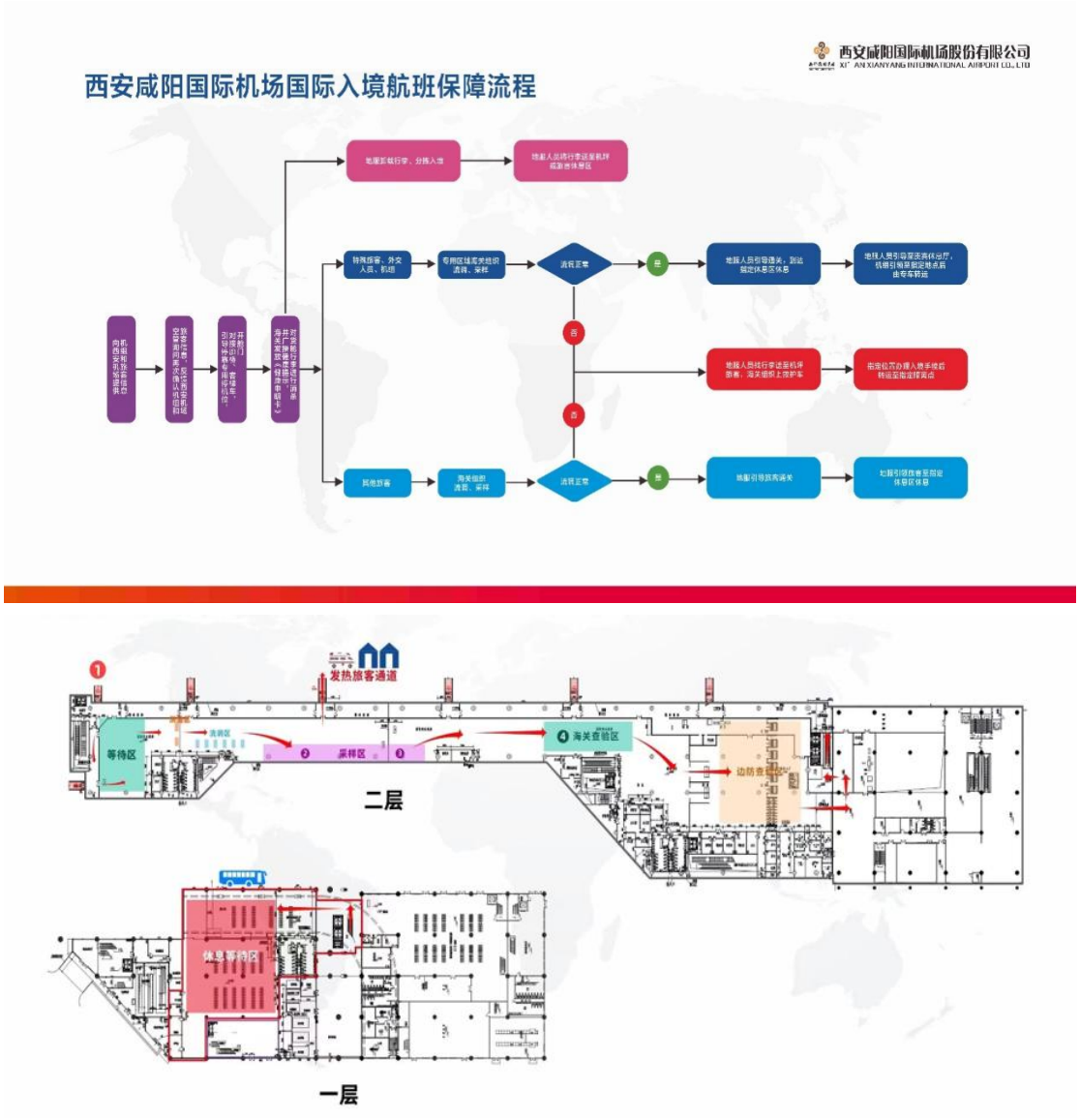


图 9-7：西安咸阳机场国际入境航班保障流程

（3）对于空间联通处进行封堵

由于改造处应为原远机位，原有电扶梯空间格局使得其上下空间存在相互流通处。这也是目前改造中遇到的共性问题。

前期，T3 航站楼 E 区远机位作为旅客等候区，三楼电扶梯处存在区域空气流通，区域扶梯采用密闭围挡进行物理封堵，并对四周进行压条压边加胶密封。2022 年旅客等候区迁移至 T3 航站楼 E 区西侧 F 区，为避免国际到港区域空气外溢，将旅客等候

区通往三层的扶梯、直梯采用能阻隔住 80nm-120nm 微分子的软性密封材料进行物理封堵，并对四周进行加胶密封，避免气流组织经过建筑连通区域流动。

拆除国际进出港区域建筑墙体中的铝单板面罩，将幕墙玻璃与建筑墙体缝隙采用发泡剂结构胶填充，对玻璃幕墙自身缝隙及与铝单板的接缝处，同样采用发泡胶、结构胶进行封堵

（4）对于国际到达区机电特殊处理

为避免国际到港区域空气外溢，在国际到达层 E18 登机口附近加装两台排风机，额定风量合计 42000m³/h。旅客等候区东侧卫生间排风直排室外，将排风量从 4800m³/h,增加至 21000m³/h，对 19 个国际采样间进行改造，加装高效或亚高效空气过滤。

卫生间：T3 航站楼 E 区远机位卫生间增加 4 组排风机，确保卫生间空气加速流通。

图 9-8：T3 航站楼 E 区远机位卫生间改造

9.4 浦东机场案例

（1）国际到达保障专区选点

作为国内最大的出入境航空口岸，浦东机场承担了极大的入境旅客压力。2021 年，浦东机场入境旅客量 85.69 万人次。 浦东机场由于存在着多航站楼格局，目前将所有国际入境航班集中在浦东机场 T2 航站楼。

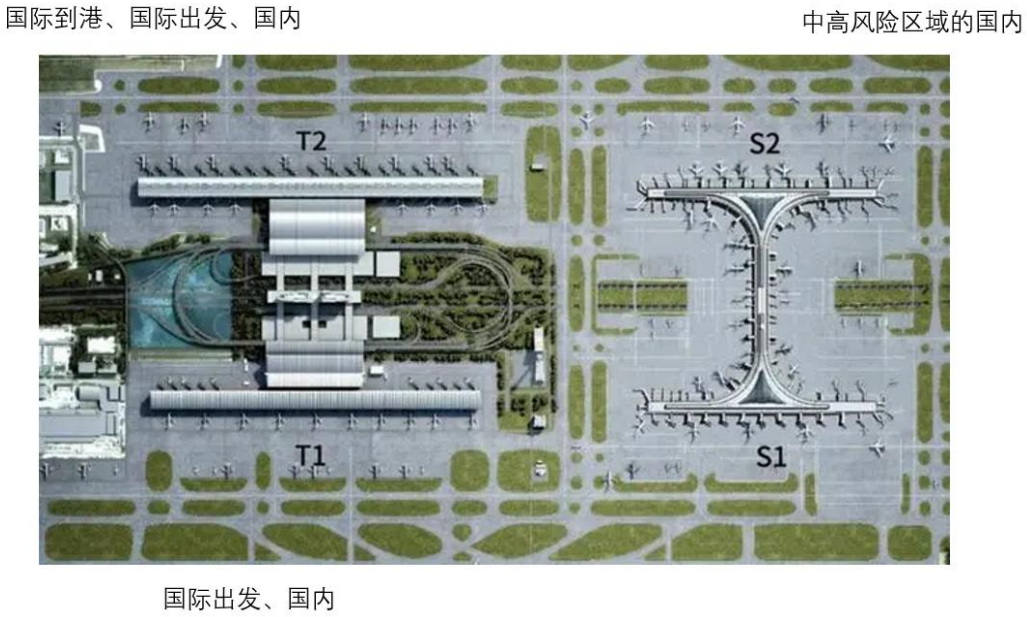


图 9-9：浦东机场国际保障专区总图示意

（2）楼内流程改造

在浦东机场 T2 航站楼国际到达保障专区的改造中，浦东机场则选择了尽可能地利用原有功能流程和行李提取大厅，在楼内国际到达通道中增设海关流调、登机取管处，并在站坪加设核酸检验方舱，旅客在室外完成核酸检测后回到楼内，依次完成入境手续后按照不同目的地分为不同区域。

T2 航站楼国际远机位到达至 230 远机位机坪区域增设室外方舱：大型核酸采样室 1 间、洗消室 2 间、物料室 2 间。总面积约 800 ㎡ 。

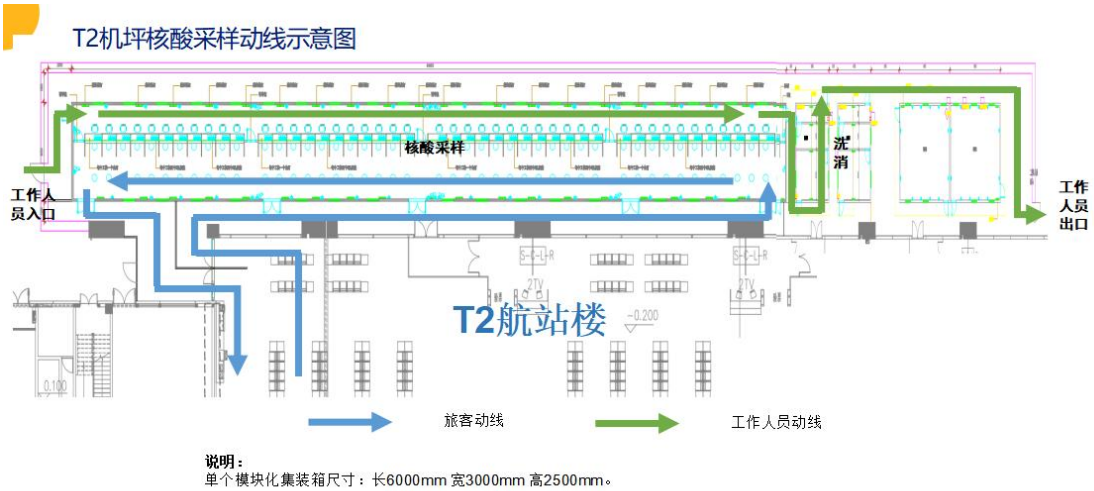


图 9-10：浦东机场 T2 航站楼室外方舱平面

与首都机场、西安机场不同，目前浦东机场依然是使用了原有行李提取转盘。浦东机场旅客提取行李操作时间平均约 3 分钟，当前航班量情况下通过与海关沟通安排单用转盘方式提升行李提取效率，同时针对重点航班加以视频监控，发现托运行李迟上转盘情况及时联系航司跟进。

（3）空调系统改造

通过加装紫外线消毒灯的方式，对空调机组、滤网进行不间断消毒。对于服务于高风险区域的空调机组，除安装紫外线消毒灯外还实施了以下加强做法：

①提高过滤器更换频率，将原有一年更换四次初效、两次中效过滤器提升为一年六次初、中效过滤器。

②采用一定适应性改造，通过对国际到达相关高风险区域增

加排风、调整空调系统运行方式、对现有空调风管进行局部改造等措施，使该区域排风大于送风，整体呈“负压”状态，降低国际到达区域对其他区域的影响。

- 对于采用双风机空调系统的区域（如 T2 国际到达长廊、国际到达联检），通过调整设备运行方案的方式实现全新风运行并保证排风大于新风，即关闭零点调节阀（阀 3），关小新风阀（阀 1），全开排风阀（阀 2）。

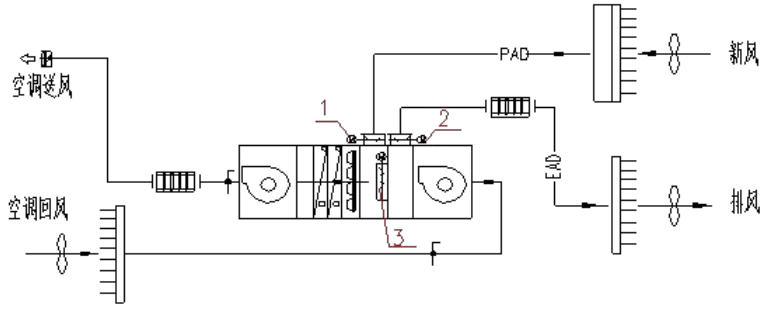


图 9-11：双风机空调系统改造示意

- 对于无法新增排风机，且为传统单位风空调机组的区域（如 T2 主楼），通过改造原有空调系统，将部分空调机组改为排风机。即新增排风管，并关断空调送风阀（阀 2）和新风阀（阀 1），利用空调回风管和新增的排风管，将室内空气排出室外。

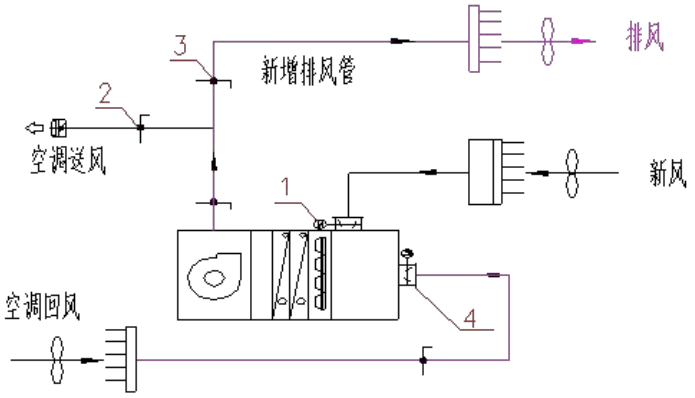


图 9-12：传统单位风空调机组改造示意

③对不同风险区域共用同一套新风管系统，为防止气流短路串联的风险，在空调机组新风管上安装止回阀。

（4）污水处理

浦东机场 T1、T2 候机楼内的污水经由污水管网分别排入 3#、2#污水泵站。根据民用机场总体规划规范以及防疫相关要求，在污水泵站内设有消毒设施，对纳入 2#、3#污水泵站的污水通过加药泵加注 10%浓度次氯酸钠，在搅拌器充分搅拌消毒处理后，排放至市政污水管网。

此外 2#、3#污水泵站还担负航空污水车排污的任务，其中 2#污水负责接收疑似疫情航班污水，3#接收常规污水。

2#污水泵站每日上午定时开放接收疑似疫情航班污水，根据当日待处置疑似疫情航班污水信息，由泵站内污水处置员核实到站的航空污水车信息（包括航班号、车牌号、进入时间以及车内污水是否根据要求浓度消毒足够时间），填写污水排放操作票，并对污水车进行喷洒消毒后，污水车根据要求进站通过倒粪口排放污水。

自第一辆污水车排放污水起，泵站集水池内，持续投加含氯消毒剂（10%浓度次氯酸钠），待所有污水车排放完毕，根据污水液位、加氯时间对照表，加至污水有效氯含量达到 40mg/L 以上，停止加注，开始静置消毒。

疑似疫情污水混合静置消毒 1.5 小时后，开泵排入市政管网。

9.5 总结

（1）案例小结

①各地机场国际到达保障专区改造选点根据各自情况特点因地制宜，改造各不相同，均能满足国际到达模块运行要求；

②国际到达保障专区改造由于时间较紧，减少对于主体结构空间的调整，尽量以调整室内分隔为主；

③流程改造时充分满足防疫流程需求，实现国际到达流程的闭环运行及相对独立；

④充分征集海关、疾控部门意见，预留海关查验空间和行李提取场地；

⑤工作人员区域应加设卫生通过区，可考虑设置于室外方舱；

⑥对于上下口部可能存在联通处应进行封堵；

⑦对于卫生间、核酸检测区等区域进行通风加强处理；

（2）改造策略建议

①国际到达保障专区建设中合适的区位选择至关重要；区位的选址应基于以下考虑：

- 充分考虑模块运行需求，满足模块改造条件；
- 充分分析国际旅客量需求，确定合适的区位规模；
- 区位选址应相对独立，不影响对于航站楼主体流程的正常运行；
- 模块内能够形成独立的闭环流程；
- 机电系统应方便布线、尽可能减少改造工程量、空调通风系统、污废水系统相对独立，减少对于主系统的干扰；

②改造前应做好改造方案和应急预案，并预留相关条件，不影响平时运行，公共卫生事件发生时可迅速响应，并做功能切换；

③受限于不同机场既有条件，改造时候强调管理与物理空间改造相结合，通过管理手段的引导弥补改造的局限性；

④改造前应与当地疾控部门、卫健委充分沟通，取得当地卫健委等相关部门认可，应通过其专项评估；

⑤根据旅客流线的变化情况增加消防评估、对于可能影响消防安全的问题予以改造；

⑥若涉及结构部分改动或结构加固需进行结构评估；

（3）改造的技术要求

改造由于时间较紧，往往要尽量减少对于主体结构空间的调整，各功能区的设置可采用永久性与临时性建筑相结合的设置方式，尽量以调整室内分隔为主，室内临时隔断等设施宜采①用装配式组件进行设置；

②需要增设工作人员穿/脱防护服卫生通过区；

复核并加强区域内全空气系统过滤效率，过滤效率不应低于 F8；

③对于安检区、核酸检测区工作人员工位附近增设就地空气自循环高效过滤装置；

④对于卫生间、核酸检测区、卫生通过区等区域予以特殊处理：

- 对于上述区域应进行通风加强，新设或改造为独立排风系统，排风应通过高效过滤及杀菌等措施后排至室外非敏感区；
- 保障卫生间水封气密性；高风险区卫生间建议坐便为主；
- 加强对洁具表面消毒防止接触传播；排水可设置室内的消毒设备或室外总体集中消毒。

10 总结

课题研究围绕“一个中心、一个维度、两个基本点、一套机制”的研究思路，坚持实践与理论相结合、加强智慧引领、探索适应我国国情和政策要求的航站楼规划设计之路，塑造从宏观到微观的航站楼健康环境，构建适宜、高效、健康的枢纽生态系统。

一个中心：以平疫结合为中心

充分尊重交通建筑特性，以平疫结合为基本思路，航站楼建筑规划充分满足平时使用，适当预留疫时设施，通过管理切换满足疫情特殊工况需求。

一个维度：以健康空港为维度

机场规划设计引入公共卫生事件的健康维度，强调前瞻设计和系统思维。

两个基本点：以“外防输入、内防反弹”为两个基本点

设立国际到达模块，构建平疫结合体系，平时一体运作避免浪费，疫时迅速切换，相对独立运行，避免对主体流程干扰；

强调国内流程和正常国际出发流程高风险节点空间的放大或预留可能，赋予建筑使用和改造韧性，既满足平时需求，也为疫时管理提供物理条件。

一套机制：做好公共卫生事件的应变机制

机场管理应未雨绸缪，基于自身条件因地制宜做好公共卫生事件的应对预案、应变机制和管控体系，公共卫生事件发生时迅

速果断切换运行模式。

课题研究工作在广泛听取专家意见、深入调研各机场疫情下的运营管理状态的基础上，基于病毒传播机理，提炼了平疫结合的航站楼常态化防控的适应性规划设计几个关键词，包括：

区域与模块：区域与模块的概念不仅应体现在国际到达保障专区的建设中，更贯穿于整个航站楼系统的设计、建设和运营中，为未来可能的突发性事件保留最大的灵活性。

韧性与弹性：由于航站楼远期发展存在不确定性。航站楼设计一定要对这种不确定性提供灵活应对的可能。航站楼空间与功能设计要坚持韧性和弹性，为旅客设置平疫兼顾、灵活可变的机场公共空间。

生态与健康：作为以场站为核心的高密度建筑集群和大流量旅客的集散地，不能简单基于防疫去谈防疫，而要将其上升到健康建筑的概念，为旅客营造健康生态的出行环境。

环境与防疫：基于航站楼环境防疫特点与要点，采用计算机模拟的精细化研究手段与分析方法，对不同场景下的空调通风系统设计与运行提出了相应建议，提升航站楼的防疫能力。

节点与细节：基于系统的流程梳理，针对楼内防疫风险较高的节点空间，在细节上提出针对性的设计策略。

科技与体验：综合利用大数据、AI 视觉分析、物联网等新技术、结合运行管理手段，使旅客在各流程环节尽量减少与人员接触，最终实现提升运营效能、提升旅客舒适度、降低疫情传播

风险，助力旅客服务品质提升。

适应与适宜：基于模块化改造策略，根据各地机场实际情况，提出针对性的适应性设计策略，以适度适宜为原则，提出因地制宜的精细化改造方案。

航站楼作为超大规模人流汇聚的交通枢纽，是经济社会发展的重要基础设施。新冠疫情以及未来可能发生的其他公共卫生事件对航站楼规划设计提出了更高的要求，各相关方要深刻认识到疫情防控进入常态化阶段，要始终坚持平疫结合理念，通过本课题的研究，对各地机场航站楼的适应性设计与改造提供技术路径和方法指导。

参考文献

第一章

【1-1】S COVID-19: The Potential Impact on Airport Terminal Design, COTT BROWNRIGG , 2020

【1-2】Airport Operational Practice- Examples for Managing COVID-19, ACI (Airports Council International) 2020.

【1-3】Guidance for Cabin Operations During and Post Pandemic; Edition 1- 22 ,IATA,April 2020.

【1-4】 Impact assessment of COVID-19 measures on airport performance EUROPEAN AVIATION,2020.8.

【1-5】Feasibility of Reducing Operator-to-Passenger Contact for Passenger Screening at the Airport with Respect to the Power Consumption of the System, Energies 2021

【1-6】Airport Resiliency-A Modern Approach,L&B,2021.4

第二章

【2-1】《国际卫生条例（2005)》

【2-2】A guide to WHO’s guidance on COVID-19, WHO, 2020.07.17

【2-3】Technical considerations for implementing a risk-based approach to internatioal travel in the context

of COVID-19, WHO,2021.07.02
【2-4】Management of ill travellers at points of entry – international airports,ports and ground crossings – in the context of the COVID-19 outbreak, WHO, 2020.02.16
【2-5】WHO advice for international traffic in relation to the SARS-CoV-2 Omicron variant (B.1.1.529), WHO, 2021.11.30
【2-6】《运输航空公司、机场疫情防控技术指南（第九版)》，民航局，2022.08.03
【2-7】《创建"国际卫生机场"规程(SN/T 1269-2003)》
【2-8】《国家口岸查验基础设施建设标准》（建标 185-2017）
【2-9】《口岸负压隔离留验设施建设及配置指南》（SN/T 5296-2021）
【2-10】新型冠状病毒传播途径及个人防护措施研究进展，屠鸿薇，甘萍，钟若曦，庄雅丽，朱杰民，何昌云，张萌，陈秋霞，宋铁. [J/OL]. 中国公共卫生.,2022.05.24

第六章

【6-1】 中国民用航空局. 运输机场疫情防控技术指南（第九版）. 2022.08：2
【6-2】 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新冠肺炎疫情期间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理卫生规范：WS 696-2020 [S]. 2020：3

【6-3】中国物业管理协会. 新型冠状病毒肺炎疫情防控期间公共建筑空调通风系统运行管理技术指南：T/CPMI009-2020 [S]. 2020：4

【6-4】REHVA. REHVA COVID19 GUIDANCE version 4.1. 2021.04: 13-14

【6-5】 ASHRAE.ASHRAE Position Document on Airborne Infectious Diseases. 2020.01: 15

【6-6】 ISHRAE. ISHRAE COVID-19 Guidance Document for Air Conditioning and Ventilation. 2020.04: 6

【6-7】 Liu Y, Zhao B. Size-dependent filtration efficiencies of face masks and respirators for removing SARS-CoV-2-laden aerosols[J]. Infection Control & Hospital Epidemiology, 2021:906.

【6-8】 Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. Yuan Liu, Zhi Ning, Yu Chen. Nature, 2020, 582

【6-9】 ASHRAE. ASHRAE Standard 52.2-2017[S]. 2017: 29.

【6-10】 Z.Peng, A.L. Pineda Rojas, E. Kropff. Practical Indicators for Risk of Airborne Transmission in Shared Indoor Environments and Their Application to COVID-19 Outbreaks[J]. Environmental Science & Technology, 2022:1129, S7.

【6-11】 Frederik Plesner Lyngse, Carsten Thure Kirkeby,

Matthew Denwood, et al.Transmission of SARS-CoV-2 Omicron VOC subvariants BA.1 and BA.2: Evidence from Danish Households. medRxiv, 2022.01:10.

【6-12】 EPA. Exposure Factors Handbook Chapter 6—Inhalation Rates[M].2011:4-5.

【6-13】中华人民共和国国家卫生健康委员会.公共场所卫生指标及限值要求:GB37488-2019[S]. 2019:2

【6-14】中华人民共和国卫生部.公共场所集中空调通风系统卫生规范：WS 394-2012[S].2012:1

【6-15】中华人民共和国住房和城乡建设部.生物安全实验室建筑技术规范：GB50346-2011[S].2011:15

第七章

【7-1】 M Kang, J Wei, J Yuan, J He, Y Li, N Zhong. Probable Evidence of Fecal Aerosol Transmission of SARS-CoV-2 in a High-Rise Building. Annals of internal medicine[J]. 10.7326.m20-0928

【7-2】 毛怡心，丁培，孙宗科.马桶冲水行为与微生物气溶胶传播. 微生物学报[J]. 2018.58（12）