

基于仿真模拟的航空器慢车推出运行研究

张 明, 路晓刚, 臧志恒

民航机场规划设计研究总院有限公司, 北京

收稿日期: 2025年9月3日; 录用日期: 2025年9月13日; 发布日期: 2025年10月10日

摘 要

为提高机场机坪区域运行效率, 很多大型机场开始研究实施航空器实行推出开车同步运行的可行性。本文基于AviPLAN仿真模拟软件考虑航空器翼尖净距和尾喷气流两个方面影响因素, 分析不同类型航空器慢车推出时对周边机位保障作业的影响、不同机位航空器同时慢车推出时的相互影响, 并提出符合实际要求的慢车推出运行规则, 确保了航空器保障作业的车辆和人员安全, 又能兼顾机坪滑行道的运行效率, 可为大型机场实施航空器慢车推出运行提供重要技术支撑。

关键词

机坪, 慢车推出, 仿真模拟

Research on Aircraft Pushback Operations at Idle Thrust Based on Simulation

Ming Zhang, Xiaogang Lu, Zhiheng Zang

China Airport Planning & Design Institute Co., Ltd., Beijing

Received: September 3, 2025; accepted: September 13, 2025; published: October 10, 2025

Abstract

To enhance the operational efficiency of airport apron areas, many large airports are researching the feasibility of implementing aircraft pushback at idle thrust operations. Based on the AviPLAN simulation software, this study takes into account two key factors: aircraft wingtip clearance and jet blast, to analyze the effect of pushback at idle thrust by different aircraft types on ground handling operations at adjacent stands, as well as the mutual impact when aircraft at different stands conduct pushback at idle thrust simultaneously. Furthermore, it proposes pushback at idle thrust operational rules that ensure the safety of ground vehicles and personnel during aircraft servicing, while maintaining apron/taxiway operational efficiency. These findings provide crucial technical

support for large airports implementing aircraft pushback operations at idle thrust.

Keywords

Apron, Pushback at Idle Thrust Operation, Simulation Modeling

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在我国民航事业快速发展的背景下，航班的保障资源日益紧张，机场机坪运行安全[1][2]和效率受到持续关注。目前机场机坪区域内，大多数航空器是依靠牵引车顶推出到指定区域或位置后，再继续发动机关车，即“推出后开车”，在机坪某些区域可能会导致保障车辆拥堵，影响其他航班的保障效率，进而影响航班正常率[3]。

为了提高机坪区域内航班运行效率，大兴、西安、海口等机场根据实际运行情况开始研究航空器推出开车同步运行，即航空器发动机在停机位就启动进入慢车状态，再由牵引车推出至指定位置申请滑行，这样可以有效减少航空器占用滑行通道的时间，降低保障车辆在机坪内的拥堵机率。

但是机场实施航空器推出开车同步运行前，并未深入分析航空器发动机在慢车状态的尾喷气流吹袭是否对机务指挥人员、周边机位保障车辆、服务车道上的车辆人员等产生安全影响，是否带来诸多运行风险[4]，因此本文提出利用仿真模拟软件对航空器慢车推出过程进行研究，提出在可接受风险范围内适合慢车推出的机型、机位，以及航空器实施慢车推出的运行规则。

2. AviPLAN 仿真软件介绍

AviPLAN 航空器机动和停机位模拟及可视化软件[5]是一款基于 AutoCAD 的工程设计工具和仿真模拟平台，以其用户友好的界面、直观的工作流程和丰富的对象库而著称，可快速、准确地完成机场空侧规划和设计任务。从分析商用飞机运行轨迹或尾喷轮廓到设计近机位和远机位，AviPLAN 软件均能提供全面支持。其内置了大多数商用飞机及特种用途飞机的数据，主界面如图 1 所示。该平台的主要功能包括：

- 1) 航空器与地面保障车辆模拟：基于速度和转弯角度，模拟航空器及地面保障车辆在机坪和滑行道上的运行流程。
- 2) 航空器推出分析：分别模拟无牵引车和使用牵引车/推杆的推出流程。
- 3) 尾喷轮廓分析：显示并评估各种机型在不同发动机推力水平下的尾喷轮廓及影响范围。
- 4) 安全净距计算：显示航空器的安全净距线及其单独或组合的安全净距边框。
- 5) 动画模拟：在 CAD 环境中直接制作飞机运行的动态模拟动画。
- 6) 停机位设计：支持桥位或远机位设计，结合旅客登机桥、引入线和飞机组合，规划复杂的对接场景并进行模拟。

用户可以通过鼠标操作或路径预设，在系统中“驾驶”飞机或车辆，沿 CAD 绘制的直线和圆弧路径移动。AviPLAN 的精确路径模拟算法支持复杂航空器滑行和等待操作的仿真，为运行流程优化和程序验证提供可靠工具。

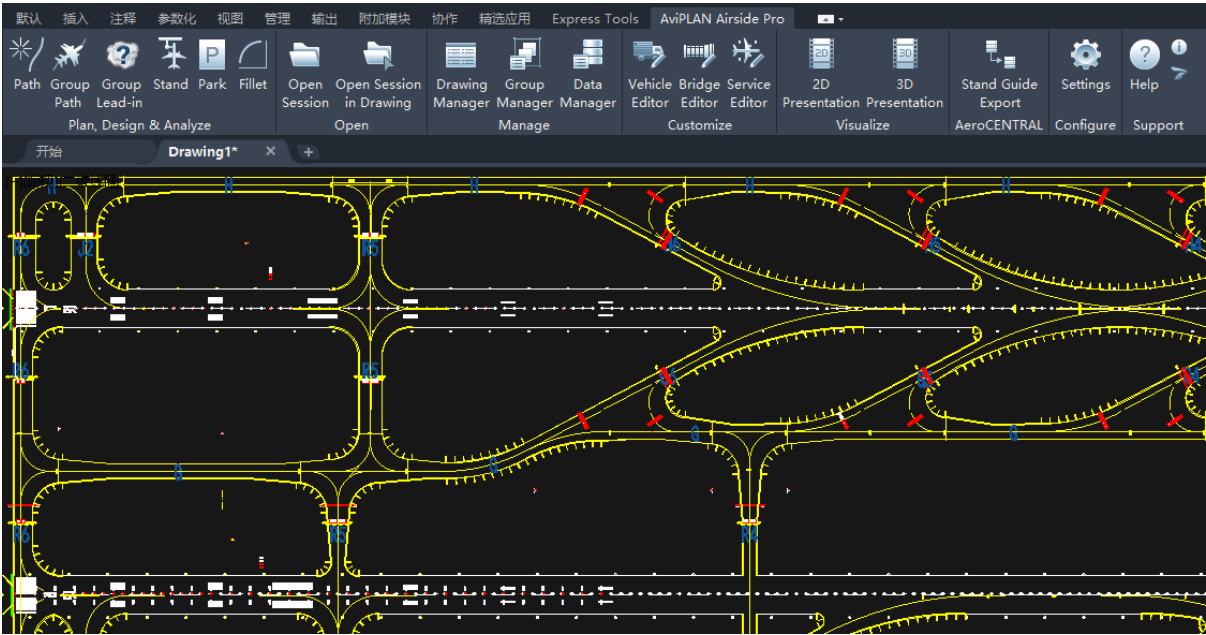


Figure 1. Screenshot of the AviPLAN software main interface
图 1. AviPLAN 软件主界面截图

3. 不同保障车辆承受尾喷气流吹袭的标准研究

停机坪区域运行情况复杂，一方面，停机坪是航空器的主要保障区域，在停机坪上的保障设施种类繁多、活动频繁；另一方面，停机坪区域航空器的滑行通道较窄、彼此间距离较近，保障车辆停放位置和行进路线密度较大，与航空器的安全净距较小，较容易受到尾喷气流吹袭影响。因此航空器在停机位能否实施慢车推车首先应研究不同保障车辆以及设施所能承受尾喷气流吹袭的标准。

根据民航相关行业标准要求，各种特种保障车辆在最恶劣工况条件下的设计可承受风速极限不小于 75 km/h，如表 1 所示。由于仿真模拟软件仅显示各机型 56 km/h 和 80 km/h 两种尾喷气流范围，因此考虑机坪区域航空器在顺风条件的尾喷气流影响，为了保证车辆及其驾驶员、其他操作人员的安全，设定车辆及设备的可承受风速为 56 km/h。

Table 1. Wind speed limits for ground support equipment (GSE)
表 1. 各种保障车辆可承受风速标准

设备名称	可承受风速
飞机集装/散装货物拖车[6]	拖车在最恶劣的工况下，承受 1.2 倍的倾翻力矩时，应能抵抗风速不小于 75 km/h。
飞机清水车[7]	飞机清水车在最恶劣的工况下，且抗倾翻力矩为 1.2 倍的倾翻力矩时，应能承受不小于 75 km/h 的风力冲击。
飞机污水车[8]	飞机污水车在最恶劣的工况下，且抗倾翻力矩为 1.2 倍的倾翻力矩时，应能承受不小于 75 km/h 的风力冲击。
航空食品车[9]	食品车在空载并车厢处于最高位置，且抗倾翻力矩为 1.2 倍的倾翻力矩时，应能承受不小于 75 km/h 的风速。
航空燃油供应系统排放作业车[10]	排放作业车空载时，且抗倾翻力矩为 1.2 倍的倾翻力矩时，应能承受不小于 75 km/h 的风速。

4. 各类机型慢车状态下影响范围分析

停机位根据所能保障的飞机机型最大翼展划分为 C、D、E、F 类，研究每个机位航空器慢车推出的影响应该明确该机位的保障机型，进而确定每类机型在慢车状态下的尾喷气流影响范围。

4.1. C 类机型慢车状态下的尾喷气流范围

常见 C 类机型主要为 A320 系列、B737 系列和 ARJ21-700 等，各机型发动机慢车状态下的尾喷气流影响范围和数据统计如图 2、表 2 所示，C 类机型慢车状态下尾喷气流影响范围按照 ARJ21-700、A319-100 同时考虑，56 km/h 尾喷气流范围为机身中心线两侧各 9 m、鼻轮中心点后方 72 m 的矩形区域。

Table 2. Wake turbulence range for CAT C aircraft at idle thrust
表 2. C 类机型慢车状态尾喷气流范围

C 类机型	翼展/m	56 km/h 尾喷气流范围	
		长度/m	宽度/m
A319-100	34.10	49	18
A320-200	34.09	52	15
A320NEO	35.80	46	15
A321-200	34.10	54	15
A321NEO	35.80	56	15
B737-300	28.89	60	14
B737-400	28.89	64	14
B737-700	34.32	40	12
B737-800	34.32	42	12
B737MAX 8	35.92	56	12
ARJ21-700	27.29	72	9

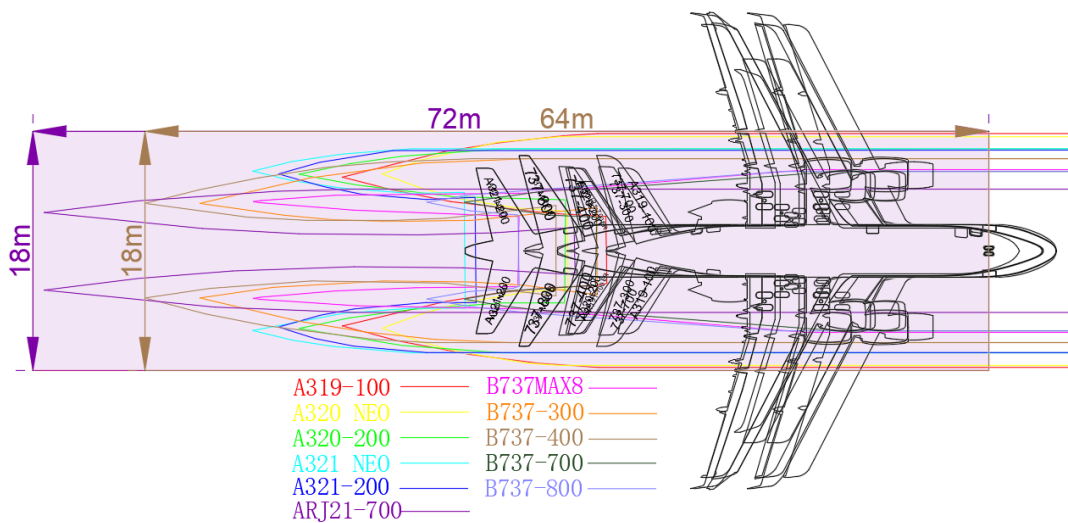


Figure 2. Schematic diagram of wake turbulence range for CAT C aircraft at idle thrust
图 2. C 类机型慢车状态尾喷气流范围示意图

4.2. D 类机型慢车状态下的尾喷气流范围

常见 D 类机型主要为 A300-600F、A310-200F、B757-200PF、B767-300F 和 MD-11F 等，各机型发动机慢车状态下的尾喷气流影响范围和数据统计如图 3、表 3 所示，D 类机型慢车状态下尾喷气流影响范围最大机型为 MD11F，其次为 B767-300ER。由于 MD-11F 仅用于货机，因此货机位尾喷气流影响范围按照 MD11F 考虑，56 km/h 尾喷气流范围为机身中心线两侧各 14.5 m、鼻轮中心点后方 119 m 的矩形区域；客机位尾喷气流影响范围按照 B767-300ER 考虑，56 km/h 尾喷气流范围为机身中心线两侧各 12 m、鼻轮中心点后方 90 m 的矩形区域。

Table 3. Wake turbulence range for CAT D aircraft at idle thrust

表 3. D 类机型慢车状态尾喷气流范围

D 类机型	翼展/m	56 km/h 尾喷气流范围	
		长度/m	宽度/m
A300-600F	44.84	68	22
A310-200F	43.89	76	24
B757-200PF	38.06	89	21
B767-300F	47.57	85	24
B767-300ER	47.57	90	24
MD-11F	51.97	119	29

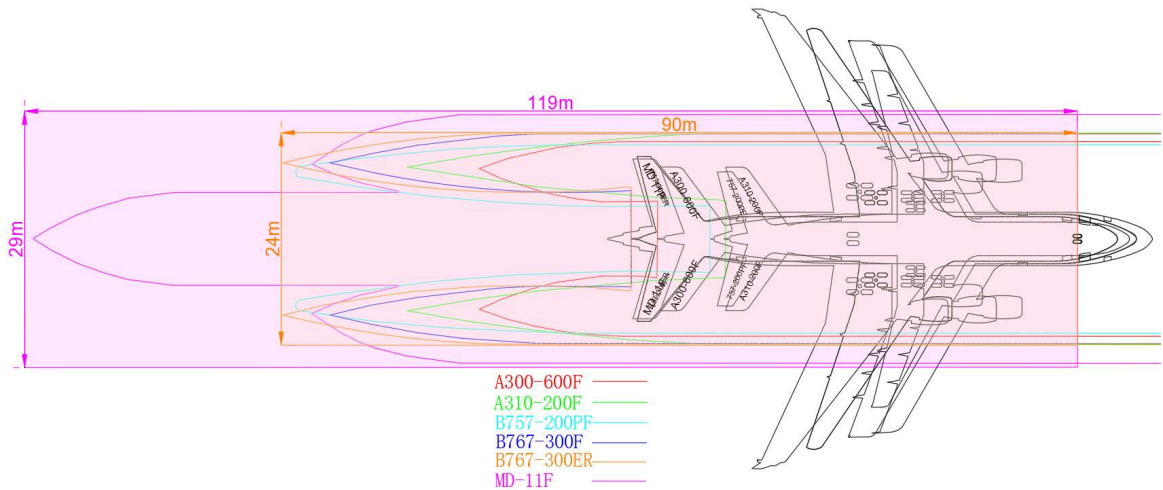


Figure 3. Wake turbulence range for CAT D aircraft at idle thrust

图 3. D 类机型慢车状态尾喷气流范围示意图

4.3. E 类机型慢车状态下的尾喷气流范围

常见 E 类机型主要为 A330、A340、A350 系列和 B747-400、B777、B787 系列，各机型发动机慢车状态下的尾喷气流影响范围和数据统计如图 4、表 4 所示，E 类机型慢车状态下尾喷气流影响范围按照 A340-200/300 考虑，56 km/h 尾喷气流范围为机身中心线两侧各 24 m、鼻轮中心点后方 117 m 的矩形区域。

Table 4. Wake turbulence range for CAT E aircraft at idle thrust
表 4. E 类机型慢车状态尾喷气流范围

E 类机型	翼展/m	56 km/h 尾喷气流范围	
		长度/m	宽度/m
A330-200	60.30	66	23
A330-300	60.30	69	23
A330-900	64.00	82	25
A340-200	60.30	117	48
A340-300	60.30	117	48
A340-600	63.45	81	43
A350-900	64.75	88	27
A350-1000	64.75	88	26
B747-400	64.92	84	45
B747-400F	64.92	84	45
B777F	64.80	105	26
B777-200/200ER	60.93	101	24
B777-300	60.93	106	29
B777-300ER	64.80	111	24
B787-8	60.12	82	33
B787-9	60.12	78	24
B787-10	60.12	91	24

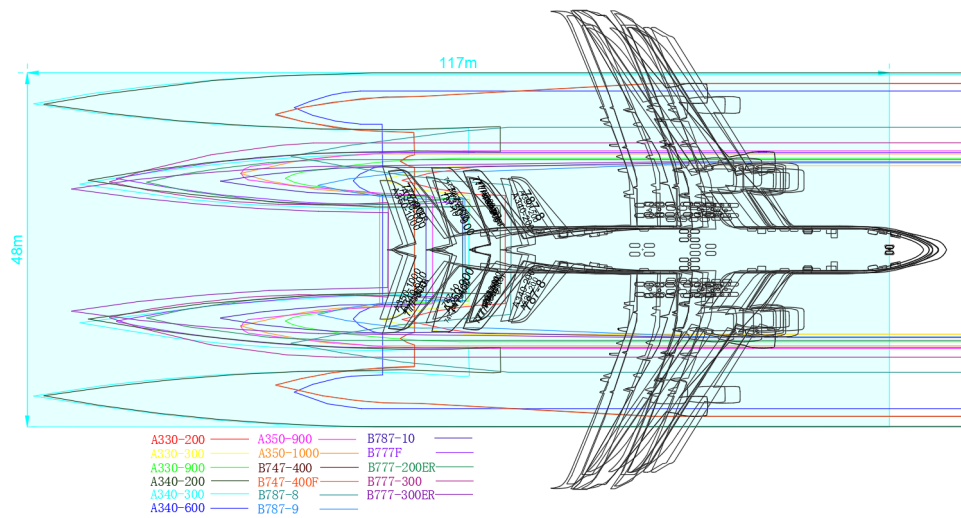


Figure 4. Schematic diagram of wake turbulence range for CAT E aircraft at idle thrust
图 4. E 类机型慢车状态尾喷气流范围示意图

4.4. F 类机型慢车状态下的尾喷气流范围

常见 F 类机型主要为 A380-800 和 B747-8，各机型发动机慢车状态下的尾喷气流影响范围和数据统

计如图 5、表 5 所示，F 类机型慢车状态下尾喷气流影响范围按照 A380-800/GP 考虑，56 km/h 尾喷气流范围为机身中心线两侧各 28 m、鼻轮中心点后方 112 m 的矩形区域。

Table 5. Wake turbulence range for CAT F aircraft at idle thrust
表 5. F 类机型慢车状态尾喷气流范围

F 类机型	翼展/m	56 km/h 尾喷气流范围	
		长度/m	宽度/m
A380-800/GP	79.75	112	56
A380-800/TRENT	79.75	89	56
B747-8/8F	68.40	89	46

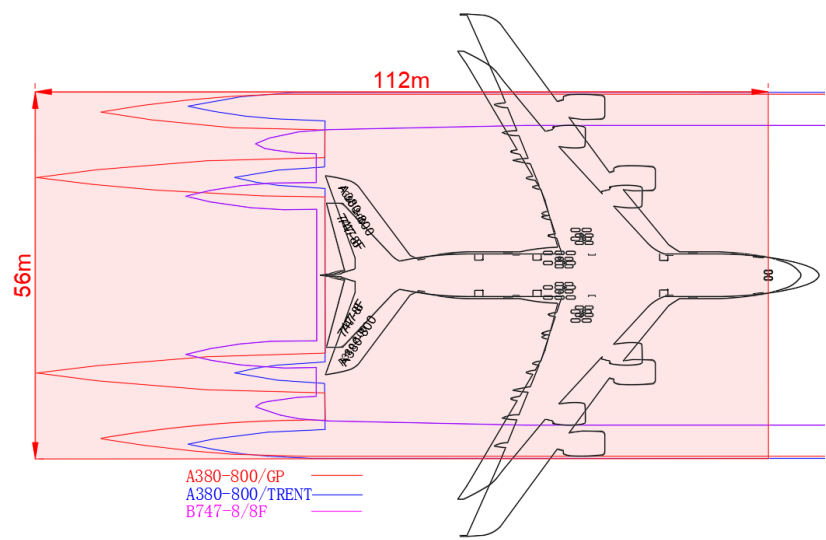


Figure 5. Schematic diagram of wake turbulence range for CAT F aircraft at idle thrust
图 5. F 类机型慢车状态尾喷气流范围示意图

5. 航空器慢车推出仿真模拟研究

5.1. 相关参数与假设条件

5.1.1. 安全净距相关参数

根据 MH 5001-2021 《民用机场飞行区技术标准》[11] 4.13.5 节机坪停放飞机净距的要求，机坪停放飞机的最小净距如表 6 所示。其中 C 类机型按照机翼两侧各 4.5 米考虑翼尖净距，D、E、F 类机型按照机翼两侧各 7.5 米考虑翼尖净距。

Table 6. Minimum safety clearance for parked aircraft on the apron
表 6. 机坪停放飞机的最小安全净距

飞行区指标II	A	B	C	D	E	F
进入或离开机位的飞机与相邻机位上停放的飞机以及邻近的建筑物和其他物体之间的净距(m)	3	3	4.5	7.5	7.5	7.5
机坪服务车道边线距停放飞机的净距(m)	3	3	3	3	3	3

5.1.2. 仿真软件相关假设

根据机坪航空器使用牵引车推出的实际运行经验，使用 AviPLAN 软件仿真模拟的关键参数设置与实际运行经验值基本一致，同时基于保守原则尽量模拟航空器推出过程尾喷气流的最大影响范围，因此设置同时启动双侧发动机，具体如下：

- 1) 推出最大速度为 5 km/h;
- 2) C 类飞机推出转弯半径为 30 m，E 类飞机推出转弯半径为 40 m;
- 3) 推出过程中同时启动双侧发动机并设置至 Idle 慢车状态。

以某大型机场卫星厅港湾机坪为例，基于 AviPLAN 软件的仿真模拟内容如下：

- 1) 分析不同机位的航空器在实施慢车推出过程中，航空器翼尖净空和发动机尾喷气流吹袭对周边机位航空器、地面保障设施设备、周边服务车道的运行安全影响。
- 2) 不同机位航空器同时实施慢车推出时翼尖净距和尾喷气流吹袭的相互影响。

5.2. 港湾机坪机位分布及其分组

某大型机场卫星厅港湾机坪的机位分布如图 6 所示，其进出机位方式均为自滑进、顶推出。实际运行时按照共用推出等待点对机位进行分组，机位分组及其推出等待点位置如表 7 所示。

卫星厅港湾同一分组机位应满足以下运行规则：

- 1) 同一时段原则上只允许一架航空器运行，包括进港、离港。
- 2) 同时包含近机位和远机位的分组(即：北港湾 CN01-CN02、CN05-CN06，南港湾 CS01-CS02、CS05-CS06)远机位有航空器离港，且在航空器到位报告之前，本组范围内禁止其他运行。下列情形允许两架航空器同时运行：
 - ① 近机位有航空器离港时，允许本组远机位航空器入位或者其他组航空器使用本组范围的进港机位滑行通道(即：北港湾 L26、L26A，南港湾 L21、L21A)滑行。
 - ② 远机位有航空器离港时，且在航空器到位报告之后，禁止本组近机位航空器入位，允许本组远机位航空器入位或者其他组航空器使用本组范围的进港机位滑行通道(即：北港湾 L26、L26A，南港湾 L21、L21A)滑行。

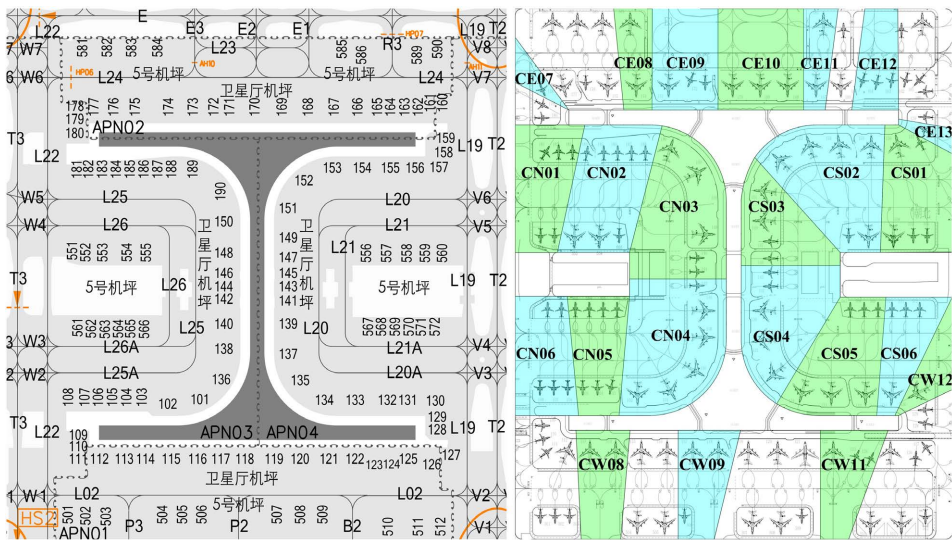


Figure 6. Satellite terminal stands layout
图 6. 卫星厅机位分布图

Table 7. Special pushback holding points on the north and south bay aprons of satellite terminal
表 7. 卫星厅南北港湾机坪特殊推出等待点位置表

分组命名	包含机位	推出等待点位置	机头朝向
CN01	181、182、183、551、552	L22 滑行线南侧 65.1 米，L25 滑行线上	朝北
CN02	184、185、186、187、188、553、554、555	183 机位推出线与 L25 滑行线切点南侧 54.7 米，L25 滑行线上	朝北
CN03	146、148、150、189、190	150 机位引入线西侧 1.4 米，L25 滑行线上	朝东
CN04	101、102、136、138、140、142、144	138 机位引入线西侧 14.5 米，L25 滑行线上	朝西
CN05	103、104、105、563、564、565、566	106 机位推出线与 L25A 滑行线切点南侧 54.7 米，L25A 滑行线上	朝北
CN06	106、107、108、561、562	L22 滑行线南侧 77.0 米，L25A 滑行线上	朝北
CS01	156、157、558、559、560	L19 滑行线北侧 75.4 米，L20 滑行线上	朝南
CS02	152、153、154、155、556、557	557 机位推出线与 L20 滑行线切点北侧 11.6 米，L20 滑行线上	朝南
CS03	145、147、149、151	149 机位引入线西侧 1.4 米，L20 滑行线上	朝东
CS04	135、137、139、141、143	139 机位引入线西侧 11.0 米，L20 滑行线上	朝西
CS05	132、133、134、567、568、569	132 机位推出线与 L20A 滑行线切点北侧 2.7 米，L20A 滑行线上	朝南
CS06	131、570、571、572	L19 滑行线北侧 66 米，L20A 滑行线上	朝南

5.3. 航空器慢车推出对周边机位的影响

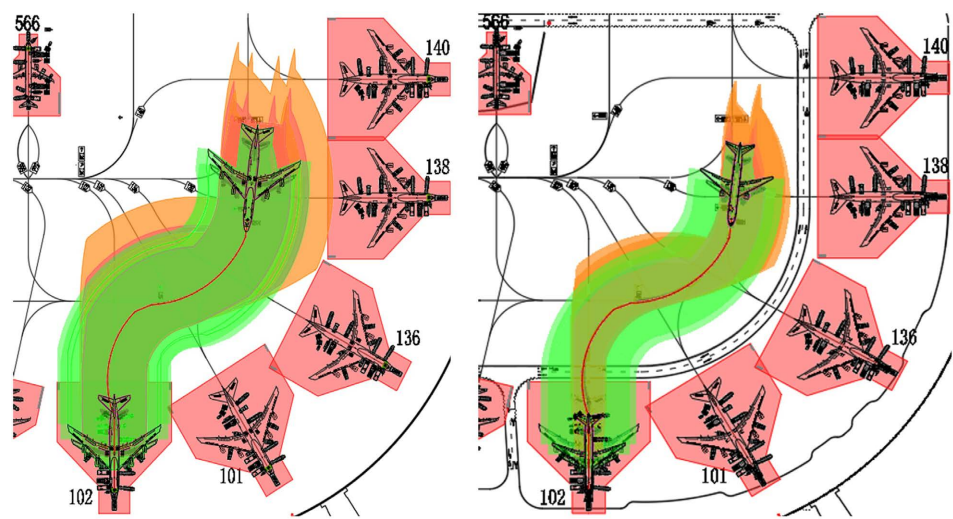


Figure 7. Wake turbulence during pushback at idle thrust for aircraft at stand 102: CAT E (left) and CAT C (right)
图 7. 102 机位 E 类机型(左图)和 C 类机型(右图)慢车推出过程尾喷气流影响范围

为了保证飞机在进出机位过程中对机位停放的地面设施、车辆和行人具备符合规定的安全净距，每个机位均应考虑在此机位停放的最大飞机机型、喷气发动机附近构成的安全区域等因素划设机位安全线。航空器慢车推出的影响分析具体如下：

1) 由于执行保障作业的车辆和设备均在机位安全线区域内作业，且划设机位安全线时已充分考虑航空器翼尖净距的安全因素，因此航空器慢车推出过程中，其翼尖净距对相邻机位的航空器、执行保障作业的车辆和设备没有安全影响；

2) 对每个机位航空器慢车推出过程进行尾喷气流吹袭影响区域仿真模拟，得到推出机位航空器尾喷气流吹袭区域是否侵入周边机位的机位安全线，是否对周边机位的保障车辆和设备、作业人员等产生安全风险。

如图 7 所示，以 102 机位为例，其机位类型为 E 类，仿真模拟时考虑尾喷气流最大影响机型 A340-300，得到其慢车推出过程的尾喷气流已侵入 138 和 140 机位安全线，对该两个机位的正常保障作业产生影响；而 102 机位限制为 C 类机型时，其慢车推出时的尾喷气流对周边机位没有影响。因此 102 机位的 E 类机型不允许实施慢车推出，或将其限制为 C 类及以下机型实施慢车推出。

按照上述方法对港湾机坪的机位逐个模拟慢车推出过程，得到表 8 中实施慢车推出时对周边机位保障作业有影响的机位，需要禁止其实施慢车推出或者限制 C 类机型实施慢车推出；港湾机坪其余机位可以实施慢车推出，且不影响周边机位的保障作业。

Table 8. List of stands affected by aircraft wake turbulence during pushback at idle thrust
表 8. 航空器慢车推出尾喷气流影响机位表

机坪	推出机位	尾喷气流影响机位	推出机位	尾喷气流影响机位
港湾机坪	102	138, 140	133	135
	134	135, 137	152	149、151
	153	149~151	154	152

5.4. 航空器同时慢车推出的相互影响

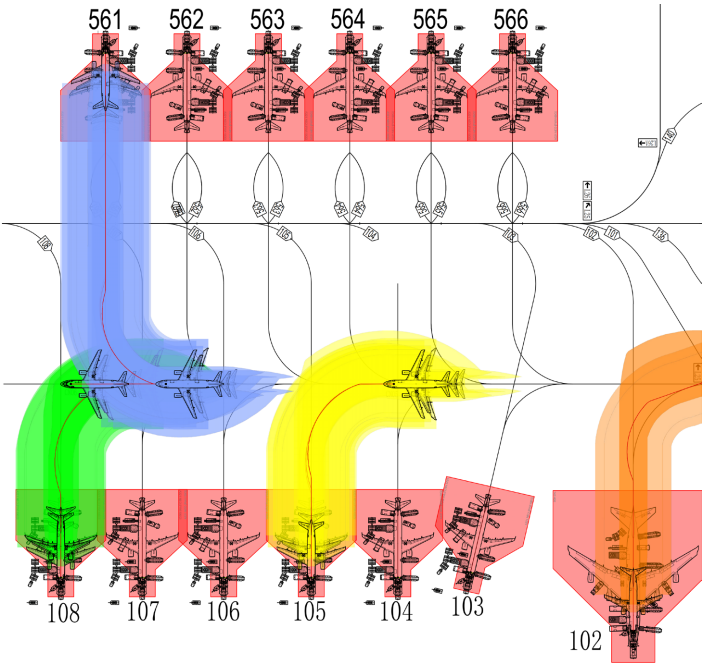


Figure 8. Wake turbulence during simultaneous pushback at idle thrust between stand 105 and adjacent stands
图 8. 105 机位与周边机位同时慢车推出过程尾喷气流相互影响范围

为有效提高机坪运行效率，分布在机坪不同位置的机位航空器可能同时推出，选取可实施慢车推出的机位进行同时慢车推出模拟仿真，分析不同机位的航空器之间同时慢车推出可能存在的翼尖或尾喷气流方面的相互影响，在保证机坪运行安全的基础上得到不同机位航空器可以同时进行慢车推出的机位组合。

如图 8 所示，以 105 机位为例，其慢车推出时，同一分组 CN05 的 104、103、563、564、565、566 机位不允许同时运行；相邻分组 CN06 的 106、107、562 机位慢车推出时尾喷气流影响 105 机位，故不允许推出，108、561 机位可以同时慢车推出；相邻分组 CN04 的 102、101、136、138、140、142、144 机位可以同时慢车推出。

按照上述方法对北港湾机坪 CN05、CN06 分组的机位逐个模拟同时慢车推出过程，研究其相互影响关系，得到表 9 中的每个机位可同时实施慢车推出的机位组合。

Table 9. Approved simultaneous pushback configurations at idle thrust for bay aprons
表 9. 港湾机坪可同时慢车推出的机位组合

机位编号	可同时慢车推出的机位组合
103	107、108、561、562、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
104	107、108、561、562、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
105	108、561、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
107	103、104、565、566、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
108	103、104、105、564、565、566、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
561	103、104、105、564、565、566、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
562	103、104、565、566、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
564	108、561、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
565	107、108、561、562、101、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555
566	107、108、561、562、136、138、140、142、144、146、148、150、181、182、184~190、551、552、554、555

5.5. 航空器实施慢车推出运行规则

- 综合以上卫星厅港湾机坪慢车推出仿真模拟分析过程，总结航空器慢车推出运行规则如下：
- 1) 同一分组同一时段原则上只允许一架航空器运行；
 - 2) 同时包含近机位和远机位的分组，近机位有飞机离港时，允许本组远机位飞机入位或者其他组飞机使用本组范围的 L26/L26A(北港湾)、L21/L21A(南港湾)滑行；远机位有飞机离港，且在飞机到位报告

之前, 本组范围内禁止其他运行; 远机位有飞机离港, 且在飞机到位报告之后, 禁止本组近机位飞机入位、允许本组远机位飞机入位或者其他组飞机使用本组范围的 L26/L26A (北港湾)、L21/L21A (南港湾) 滑行;

3) 相邻分组的两架航空器(含相邻机位)同时慢车推出, 前机到达共用推出等待点并报告之后, 即可允许后机推出; 相邻分组的两架飞机一进一出时, 原则上进港飞机避让离港飞机, 离港飞机慢车推出到达共用推出等待点并报告之后, 即可允许进港飞机入位。

6. 结论与建议

6.1. 结论

本文以大型机场港湾机坪为研究对象, 利用 AviPLAN 航空器机动和停机位模拟及可视化软件对机位航空器实施慢车推出运行进行仿真模拟研究, 在航空器翼尖净距和尾喷气流两个方面分析不同类型航空器慢车推出时对周边机位保障作业的影响、不同机位航空器同时慢车推出时的相互影响, 并根据分析结果提出符合港湾机坪实际需求的慢车推出运行规则, 以确保机位航空器保障作业的车辆和人员安全, 并且兼顾机坪滑行道运行效率, 为大型机场实施航空器慢车推出运行提供重要参考和技术支撑。同时本文研究还存在一定的局限性, 首先航空器慢车推出路径是严格按照机位推出线进行的仿真模拟, 尚未考虑牵引车驾驶员或机务引导员等人为因素对推出路径的影响; 其次未考虑机坪区域内较小范围的天气对航空器慢车尾喷气流的影响。未来将在本文研究基础上, 进一步研究考虑人员、设备、环境、管理等因素对航空器慢车推出运行影响的风险评估, 并提出合理的风险缓解措施。

6.2. 建议

航空器实施慢车推出运行时建议按照分区域分机型分步骤的思路逐步推进。首先, 航空器慢车推出运行需要机坪管制人员、机组人员、机务人员、牵引车驾驶员、运行指挥人员等相关保障单位和人员共同参与协作, 应制定运行保障方案并严格执行; 其次, 建议在指定机坪区域指定 C 类机型实施内侧单台发动机慢车推出, 推出到位后再启动另一台发动机; 最后, 待运行保障方案相对完善、保障人员熟悉保障流程后, 全面推广至所有机坪区域可慢车推出机型实施单侧发动机慢车推出运行。

参考文献

- [1] 中国民用航空局. CCAR-140-R2 运输机场运行安全管理规定[S]. 北京: 中国民用航空局, 2022.
- [2] 中国民用航空局. AP-140-CA-2022-07 运输机场机坪运行管理规则[S]. 北京: 中国民用航空局, 2022.
- [3] 吴兴. 关于航空器地面边推出边开车的风险研究和解决措施分析[J]. 科学与信息化, 2020(17): 119.
- [4] 中国民用航空局. MH/T3011-2006 民用航空器维修地面安全[S]. 北京: 中国民用航空局, 2006.
- [5] Transoft Solutions, AviPLAN. 航空器机动和停机位模拟及可视化[EB/OL]. <https://www.transoftsolutions.com/zh-hans/aviation/software/airport-design-operations/aviplan/>, 2025-08-27.
- [6] 中国民用航空局. MH/T 6006-2020 飞机集装/散装货物拖车[S]. 北京: 中国民用航空局, 2020.
- [7] 中国民用航空局. MH/T 6014-2018 飞机清水车[S]. 北京: 中国民用航空局, 2018.
- [8] 中国民用航空局. MH/T 6015-2014 飞机污水车[S]. 北京: 中国民用航空局, 2014.
- [9] 中国民用航空局. MH/T 6016-2017 航空食品车[S]. 北京: 中国民用航空局, 2017.
- [10] 中国民用航空局. MH/T 6121-2020 航空燃油供应系统排放作业车[S]. 北京: 中国民用航空局, 2020.
- [11] 中国民用航空局. MH 5001-2021 民用机场飞行区技术标准[S]. 北京: 中国民用航空局, 2021.