
安全专题

飞行员视角下的 跑道侵入风险分析与防控

民航华东地区管理局 吴庭宇

跑道侵入：全球五大高后果事件之一

ICAO《全球航空安全计划》（GASP）2026-2028 版

5

大全球高后果事件类别

G-HRCs · 高致命风险 · 全球优先防控

CFIT

可控飞行撞地

LOC-I

空中失控

MAC

空中相撞

RE

跑道偏出

RI

跑道侵入 Runway Incursion

ICAO 防止跑道侵入框架体系

战略框架 — 行动纲领 — 操作手册，三层闭环

GRSAP 《全球跑道安全行动计划》

行动指南

为各国局方、航空器运营人、机场提供具体建议措施

GAPPRI 《全球防止跑道侵入行动计划》

行动纲领

127 项建议 · 200 余名专家 · 80 余个组织 · 覆盖运营人/空管/机场/制造商/监管机构

Doc 9870 《跑道侵入预防手册》

操作手册 · 2006

定义 · SHELL 模型 · RST 机制 · Hot Spot · 严重程度 A-E 分级 · 驾驶舱/管制/车辆最佳措施（附录 B/C/D）

RST Handbook 《跑道安全小组手册》

机制建设

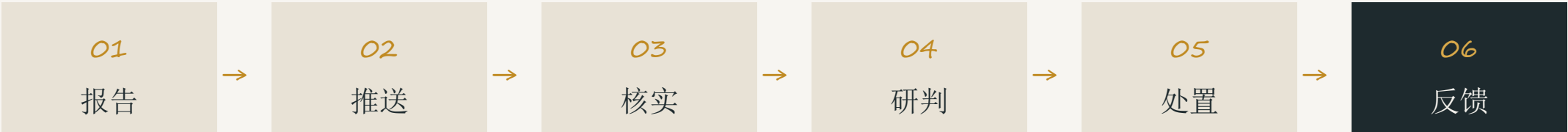
指导机场层面建立和运行跑道安全小组

体系逻辑：GASP 定战略 → GAPPRI 给行动 → Doc 9870 给操作 → RST 落地到机场

云报告：飞行员自愿报告机制（非常准app）

《基于飞行视角的运输机场运行保障能力反馈工作机制实施办法》（民航规〔2026〕17号）

民航局主管 · 航科院收集分析 · 飞友科技平台运营 · 飞行员协会线下收集



01 自愿	02 保密	03 非惩罚性	04 有效
由飞行员主动填报，何时报、报什么由本人决定	报告人身份信息严格管控，不对外披露	不以报告内容作为追责依据，鼓励如实反映	每一条都进入专业处置链路并回复整改结果

与航空安全自愿报告系统、安全信息共享平台联动 · 属地管理 · 机场运营人应统一回复整改结果

从上报到隐患修复：34 小时闭环

云报告处置实效 · T+0 至 T+34 小时

34 小时

从上报到隐患修复闭环

● T+0

飞行员现场拍照，通过云报告提交反馈

● T+40 分钟

信息进入专业处置链路，推送至民航专业科研机构

● 当晚

监管方在线建议关闭病害点位维护，机场完成全厚度修补

● T+34 小时

隐患完成修复，报告人回复：「为机场效率点赞」

3000+

运行两年收集飞行员反馈（条）

5万余名

覆盖全国民航飞行员

2025.05

民航规（2025）14 号将其纳入行业体系

CAAC 法规体系：四层文件框架

顶层规章 → 专项办法 → 技术标准 → 指导意见与专项通知

01 顶层规章

交通运输部令 2025 年第 5 号 · 2026 年 7 月 1 日起施行

《运输机场运行安全管理规定》——第三章专门设立「地面车辆和人员跑道侵入防范管理」，与飞行区运维、外来物防范、目视助航设施等并列为核心内容

02 专项管理办法

参照 ICAO Doc 9870/9981

《运输机场地面车辆和人员跑道侵入防范管理办法》——明确 RST 职责；培训考核：初始培训不少于 16 学时、复训不少于 4 学时

03 技术标准

IB-CA-2025-02

《基于卫星定位的机场地面车辆和人员跑道侵入防范系统技术要求》——为卫星定位防侵入技术提供规范

指导意见与专项通知

《空管防跑道侵入技术应用指导意见》

云报告盘点：1066 条反馈的分布

2026 年 1-9 月 · 与 RI 相关的隐患信息涉及 17 个机场

1066 条

报告总量

24 条

与跑道侵入直接相关

17 个

涉及机场

2.25%

占比，主动报告潜力未释放

问题类型分布（条）

8 等待位置标志

7 停止排灯/警戒灯

6 标记牌/航图

3 指令与判断



跑道标记牌夜间维护作业

环境条件分布

夜间 6 条 · 逆光/眩光 5 条 · 雨雪/道面污染 4 条

华东地区安全表现监测指标（OKR List）

以动态指标衡量辖区安全表现，为安全态势分析、风险研判、监管重点和资源调整提供依据

的监测指标，以动态衡量辖区安全表现，为华东地区安全态势分析、风险研判、监管重点和资源调整提供依据。具体详见下表：

民航华东地区安全表现监测指标（OKR List）			
年度安全目标	目标任务分解	安全表现监测指标（责任原因）	警戒值（次）
——杜绝运输航空重特大责任事故。 ——不发生劫机、炸机案事件，不发生重大空防安全责任事故。 ——运输航空亡人飞行事故率 5 年滚动值不超过 0.212 次/百万架次，亿客公里死亡人数 5 年滚动值不超过 0.0048。 ——运输航空重大以下事故率 5 年滚动值不超过 0.285 次/百万小时。 ——通用航空事故万时率不超过 0.36，其中死亡事故万时率不超过 0.18。 ——民用航空器地面事故万架次率不超过 0.023。（注：地面事故是指机场活动区内非运行阶段发生的民用航空器事故。） ——运输航空征候万时率不超过 0.60，其中机械原因征候万时率不超过 0.12，人为原因征候万时率不超过 0.11，严重征候万时率不超过 0.02。运输航空地面征候万架次率不超过 0.08。 ——空管原因征候万架次率不超过 0.038。机场原因征候万架次率不超过 0.060。油料原因征候万架次率不超过 0.008。	不 发 生 人 为 责 任 原 因 可 控 飞 行 撞 地 征 候	1. 可控飞行撞地危险指数≥75 2. 在着陆过程中，航空器起落架未放到位，且高度下降到机场标高 100m（含）以下 3. 在起飞、着陆或复飞过程中机轮以外的任何其他部位擦地（不含尾撬） 4. C 类及以上跑道侵入。	0 0 0 0
	不 发 生 人 为 责 任 原 因 跑 道 侵 入 征 候	5. 在滑行道，或未指定、关闭、占用的跑道上，仪表进近时从机场标高 300m 至决断高度（高）或最低下降高度（高）复飞；目视进近时从机场标高 150m 至机场标高 60m 复飞。 注：由于前机超出空中交通管制（ATC）正常预期占用跑道（例如：突发机械故障、脱离动作慢、起飞离地晚）导致后机中断着陆或进近的情形除外。 6. 在滑行道，或未指定、关闭、占用的跑道上着陆或尝试着陆。	0 0 0
	不 发 生 人 为 责 任 原 因 冲 偏 出 跑 道 征 候	7. 在滑行道，或未指定、关闭、占用的跑道上起飞或中断起飞。 8. 起飞或着陆中，冲出、偏出跑道或跑道外接地。 9. 航空器超过最大允许起飞重量起飞。航空器超过最大允许着陆重量着陆并导致航空器损伤。	0 0 0
	不 发 生 人 为 责 任 原 因 空 中 相 撞 征 候	10. 为避免航空器相撞或其他不安全情况，应做出规避动作的危险接近。 注：在程序管制区域，垂直间隔和水平间隔同时小于 1/3 但未同时小于 1/5 规定间隔； 在雷达/ADS-B 管制区域，垂直间隔和水平间隔同时小于规定间隔，且危险指数介于 75（含）至 90 之间，尾流间隔小于 1/2 规定间隔。 11. 平行跑道同时仪表运行时，航空器离场爬升或复飞后与周边其他航空器尚未配备雷达管制间隔的初始阶段，机组没有	0 0 0

正确执行离场或者复飞程序导致其他航空器避让，或者管制员错误的离场或复飞指令导致其他航空器避让。	
12. 平行跑道同时仪表运行时，航空器进入非侵入区（NTZ），导致其他航空器避让。	0
13. 区域范围内陆空通信双向联系中断 30 分钟（含）以上；或双向联系中断 20 分钟（含）以上，且导致航空器小于规定间隔。进近或者塔台范围内陆空通信双向联系中断 3 分钟（含）以上，且导致航空器小于规定间隔。	0
14. 误入禁区、危险区、限制区、炮射区或误出、入国境。迷航。	0
15. 航空器未按性能计算结果而设定的起飞构型继续起飞。	0
16. 未取下操纵面夹板、挂钩、空速管套、静压孔塞或尾撑杆等而起飞。	0
17. 在起飞或初始爬升过程中明显未达到预定性能。	0
18. 飞行中，飞行机组成员丧失工作能力，符合下列情形之一的： a) 导致其他飞行机组成员的飞行时间超过《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》（CCAR-121）规定的时限； b) 飞行操作岗位丧失工作能力	0
19. 航空器不能保持安全高度，或出现机组需要使用氧气。	0
20. 飞行中遇有颠簸或机组操纵等原因导致 3 人以下人员轻伤。	0
21. 燃油量或燃油分布需要飞行员宣布紧急状态的情况。	0
22. 导致航空器操纵困难的系统故障、天气现象、飞行超出批准的飞行包线或其他情况。	0
23. 航空器携带其他物体飞行，导致航空器受损或影响操纵。	0
24. 航空器载重平衡计算或输入与实际不符，导致飞行中超出重心限制。	0
25. 由于航空器内货物、邮件、行李、集装器等装载与固定等原因，导致航空器受损，或飞行中超出重心限制。	0
26. 飞行中由于过载，导致航空器受损。	0
27. 飞行中出现失速警告持续 3 s（含）以上（假信号除外）。	0
28. 飞行中遭雷击、电击、冰击、雹击、外来物或其他物体撞击，导致航空器受损。	≤1
不 发 生 人 为 责 任 原 因 飞 行 中 出 现 任 意 一 台 发 动 机 停 车 / 失	≤4

表格四列

年度安全目标

目标任务分解

安全表现监测指标（责任原因）

警戒值（次）

三起典型事件

地点 · 时间 · 事件

遵义

2026.08

滑过跑道等待线

新加坡

2024/2025

某航司两次未听清复飞指令第二副驾驶
两次涉及一一前期整改未闭环

墨尔本

2026.06

错误理解指令后起飞

A-SMGCS 全球部署格局 与跑道状态灯应用

华东地区航空安全管理工作平台（EASP）

华东地区航空安全管理平台

East China Aviation Safety Management Platform

系统建议

2026/10/09 09:19:53

华东管理局-吴庭宇

我的主页

核心风险-查看

典型案例-查看

2026年8月3日9C6410遵义新舟-上海浦东航班滑跑跑道等待线事件调查报告.pdf

处置过程分析： 飞杆：10:35:40，飞机从遵义新舟机场06号自滑机位滑出。管制指挥：“按线滑出，A，跑道外等待。”机舱复诵正确。10:38:09，飞机接近A滑行道，准备右转弯滑向19号跑道等待位置。PF喊话：“右转，跑道外等。”PM回答：“证实。”此时飞机地速9节。10:38:15，飞机右转过程中，PM向塔台报告：“塔台，春秋6410，A跑道外等。”此时飞机地速8节。10:38:19，管制：“春秋6410，跑道外等，有起飞。”PM回答：“跑道外等，春秋6410。”PM的话与PF交流：“对，您刚说滑？”PF：“我说不用撤了，（东航）还没起飞”PM：“哦哦，我听错了，我听成您说滑一下”10:38:30，PM提醒：“哎！跑道外等。”此时飞机地速4节，PF逐渐实施制动。10:38:34，飞机停止，地速降至0节。10:38:41，PF设置停留刹车，飞机停止时，前轮位于等待线。10:39:02，塔台询问：“春秋6410，证实等待线以外？”PF在驾驶舱内话中回答：“对的。”PM在内话中表示：“咱们这个线是……”此时，机舱对飞机是否位于等待线以外存在疑问。10:39:10，机舱未对飞机实际位置进行有效核实，PF向塔台回答：“啊时的，等待线以外，春秋6410。”10:39:47，塔台指挥：“春秋6410，原地等待。”同时指挥跑道内航空器等待。10:40:55，塔台告知机舱“飞机头已经越过等待线，并指挥从A滑行道进入跑道，在跑道上时证实前180度掉头后，从A滑行道脱离跑道。10:41:38，飞机从A滑行道进入跑道，实施180度掉头。10:42:56，飞机完成180度掉头，向A滑行道滑行。10:44:04，飞机从A滑行道脱离跑道，塔台随后指挥机舱原地等待，后续，飞机返回停机位并开车。

致因分析 (9):

管(4)

1、 风险管理-风险源库没有更新：遵义机场B滑行道自2026年2月28日起关闭后，A滑行道成为跑道与机坪之间的唯一通道。A滑行道本身短窄，且跑道等待线距离道远，飞机转弯进入时容易对位置产生误判。这一变化发生后，公司未将其纳入危险源动态管理，未组织专项风险评估。现有危险源库虽然列有“跑道侵入”风险，但所列控制措施均为通用内容，没有针对遵义A滑道的具体特点制定专门管控办法

2、 风险管理-风险的可能性被低估：目前公司对机场风险的掌握，主要依靠机舱、航行通告和航线提醒人员的个人经验，缺少现场实地观察、典型事件回溯分析。一线人员对非常规场景的反馈等补充手段。像“A滑短窄导致等待线误判”这类人机交互产生的风险，仅靠纸质资料和间接信息很难充分识别，风险排查的颗粒度不够细致

3、 风险管理-风险没有经控制：公司现有的航线提醒汇总中，虽列有“五防”等通用性内容，但未针对遵义机场A滑行道“短窄、等待线远、易侵入”的具体特点单独作出提示，提醒信息固化，导致一线飞行人员在机舱未能获取有效提醒

4、 组织过程-没有过程监视：飞行干部的“航线提醒”制度在执行中未能落到实处。本次航班机舱确实完成了机舱准备，但指令内容未涉及A滑道运行的运行风险，机舱准备的质量不佳

CRM(2)

1、 OB SAW.3：机长的SAW（情景意识与信息管理）胜任力不足，机长知晓B滑行道等待线距离机坪较近，有滑过等待线的风险。而对于相同类型的A滑行道，未识别出相应的风险。感知、理解信息能力不足，未能监控和评估可能影响运行的整体环境，未准确识别到A滑行道也存在滑过等待线的风险

2、 OB LTW.10：副驾驶的低TW（领导力与团队合作）胜任力不足，未能应用有效的干预策略来解决已发现的偏差，发现机长可能滑错后，没有给出明确的停止滑行指令，也未进行直接干预

环(N/A)

1、 不涉及

机(N/A)

1、 不涉及

人(3)

1、 习惯性违规-指令不充分：机舱准备质量不高，在准备阶段未识别到遵义新舟机场19号跑道等待线相对于大多数机场，等待线位置距离跑道较远；指令中未针对该特点明确等待位置和监控措施，未能提前建立共同情景意识

2、 人员精神状态-失去情景意识：管制先后两次指挥机舱在跑道外等待，机舱复诵和口述均正确，表明机舱已接收到管制指令。但PF右转弯进入A滑行道后，误将前方滑行道中识别为跑道等待线，对飞机与跑道等待位置的相对关系判断错误，直到PM进行提醒后，PF才逐渐实施制动。飞机停止时，前轮位于等待线。反映出PF对关键地面标志的识别及飞机位置监控不足

3、 决策差错-紧急情况下处置不当：PM在转弯接近等待线过程中，错误相信PF意图。在与管制报告位置并与PF交流过程中发现机长可能滑错，对飞机运动趋势把握不足，没有给出明确的停止滑行指令，也未进行直接干预

关联核心风险： 跑道侵入

进行隐患分析： 是 经复盘分析不存在隐患

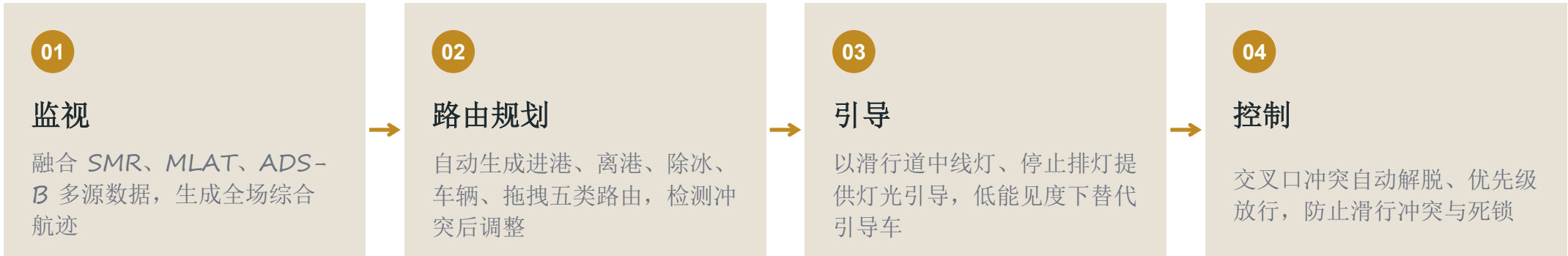
序号	安全隐患名称	安全隐患描述	隐患等级	隐患分类	整改期限	整改进度
1	机舱准备不充分滑行道阶段未识别跑道等待线导致C类跑道侵入	2026年8月3日，9C6410航班机舱在遵义新舟机场滑行道阶段，机舱未识别遵义机...	一般安全隐患	飞行安全	2026-09-30	已整改

08

一、原理与体系

A-SMGCS：把场面从“只看不管”推进到“又看又管”

四大功能：监视 → 路由规划 → 引导 → 控制，逐级递进形成闭环



与 SMGCS 的分界



来源：ICAO Doc 9830 《A-SMGCS 手册》；MH/T 4042—2023

一、原理与体系

五级功能体系：从“看得见”走到“低能见度也能引导”

I	监视	定位与标识，管制员目视观察	基础场面监视
II	告警	场面监视雷达，冲突探测与告警	跑道侵入告警
III	自动路径规划	系统自动规划滑行路径，管制员控制中线灯	路由服务
IV	自动引导	系统自动控制中线灯，航空器跟随灯光滑行	Follow the Greens
V	低能见度引导	$RVR \leq 75$ 米全天候引导，车辆配监视界面与数据链	全球尚无正式投运

来源：ICAO Doc 9830 五级功能框架；MH/T 4042—2023 按功能模块划分 I—IV 级

一、原理与体系

效益：滑行少 3 分钟，告警探测率超过 99.9%

3 分钟

单架次平均减少滑行时间

99.9%

告警探测概率，虚警低于 0.1%

2.5 秒

平均预警时间，由 1 秒提前

01 容量与覆盖

可同时处理航迹 800 批以上，跟踪容量满足 500 架飞机与 300 辆地面运行车辆

03 低能见度保容量

75 米能见度下仍可用灯光引导航空器全场滑行，减少低能见度大面积延误

02 灯光引导规模

控制 309 个停止排灯组、2053 个中线灯光段、17980 个中线灯

04 替代引导车

以灯光引导替代“跟随引导车”，减少机场运行费用与车辆运行风险

来源：董守杰《大兴机场高级场面活动引导系统的总体设计》，民航华北空管局，2021（以上为国内首套 ICAO IV 级系统的项目实测指标）。行业区间另有第三方口径：地面安全事件降低 32%~38%、滑行减少 4~7 分钟/架次、燃油与碳排放降低 8%~12%（Dataintel, 2026-05，调研口径，仅供参考）。

二、全球部署格局

装机近半停在 Level 2, Level 4 只占 8.2%

全球 A-SMGCS 装机等级分布 · 按系统数量占比



存量改造（brownfield）需 18~36 个月，成本比新建高 40%~65%；新建（greenfield）部署 12~20 个月，资本投入低 35%~55%；硬件采购到部署周期 24~36 个月；维护与年经常性收入约为系统价值的 12%~18%。

来源：Dataintelto《A-SMGCS 市场研究》2026-05、Emergen Research 2026-09。以上为第三方市场研究口径，装机占比与投资区间为调研估算，仅用于判断趋势，不作为项目立项依据。同类第三方研究对市场规模的估算差异可达数倍，本页仅取其中一组，正式使用前应以报告原文核对。

二、全球部署格局

Level 4 只在少数枢纽，Level 3 刚开始铺开

Level 4 · 自动引导 (Follow the Greens)

北京大兴 PKX 中国大陆 2019-09-25 投运即达 Level 4，全球首个全场、全天候灯光引导
仁川 ICN 韩国 Level 4 运用较充分的机场之一，韩国正计划合作实施 Level 5 项目
迪拜 OMDB · 阿布扎比 OMAA 阿联酋 阿勒马克图姆 OMDW 同属阿联酋，2016—2017 年已实施 Level 4
素万那普 BKK 泰国 有报道称正计划由 Level 2 升级至 Level 4

Level 3 · 自动路径规划

伊斯坦布尔 IST 土耳其 2022 年激活路由服务，较早应用该级别功能的机场
阿利坎特 ALC · 伊维萨 IBZ 西班牙 马拉加 AGP 同属该报告口径，达到 Level 3
判断：欧洲大型枢纽多走“Level 2 + 专项增强 (RWSL / A-CDM)”，而不是直接上 Level 4。

Level 4 落地偏少的四个制约（综合公开资料整理）

- 01 硬件改造成本巨大
- 02 监视源可靠性门槛高
- 03 安全逻辑与流程须重构
- 04 新建机场更具备条件

来源：ICAO 部署情况资料；土耳其、西班牙机场等级引自 2026 年行业报告口径。素万那普为“计划升级”表述，尚未确认投产。

二、全球部署格局

Level 2 是主流，Level 1 仍在补盲

Level 2 · 安全支持与告警

德国 杜塞尔多夫 DUS · 法兰克福 FRA · 慕尼黑 MUC 杜塞尔多夫 Level 2 系统自 2019 年 8 月起运行
英国 伦敦希思罗 LHR · 爱丁堡 EDI · 纽卡斯尔 NCL 希思罗与爱丁堡已实施 Level 2
瑞士 日内瓦 GVA · 苏黎世 ZRH 运行名为 SAMAX 的 Level 2 系统
中东 开罗 HECA · 多哈 OTBD · 哈马德 OTHH 根据 ICAO 报告已实施 Level 2
法国 巴黎戴高乐 CDG · 奥利 ORY CDG 2003 年起、ORY 2009 年起运行 Level 2

Level 1 · 监视

白俄罗斯 明斯克-2 MSQ Level 1 系统于 2016 年 9 月投运
哈萨克斯坦 阿拉木图 ALA · 努尔苏丹 NQZ 已安装 Level 1 系统
以色列 本-古里安 TLV 已实施 Level 1
德国 柏林舍讷费尔德 SXF 已安装并全面运行 Level 1
俄罗斯 多莫杰多沃 DME · 普尔科沃 LED 谢列梅捷沃 SVO 等亦已部署，部分配备 MLAT

欧洲与中东是 Level 1 / Level 2 最密集的区域。巴黎两大机场都停在 Level 2，靠跑道状态灯与 A-CDM 做能力补强，而不是升级到 Level 3 / Level 4。

来源：ICAO 各国 A-SMGCS 实施情况资料汇编；瑞士 SAMAX 系统信息来自机场运行方公开资料。以上等级为该轮资料口径，实际状态以各机场最新公布为准。

二、全球部署格局

首都与大兴达到 IV 级

机场	等级	现状与关键事实
北京首都 ZBAA	东区IV / 西区 II	2007 年投用，2021-12-21 升级为天枢-2000
北京大兴 PKX	IV	2019-09-25 投运即达；2021-08-29 获国内首个IV级正式许可证
杭州萧山 ZSHC	II → III	新建 MLAT 与北场监雷达，升级场监融汇处理系统
上海浦东 ZSPD	跑道状态灯	A-SMQCS 工程含跑道状态灯，覆盖 5 条跑道，两阶段
上海虹桥 ZSSS	跑道状态灯	跑道状态灯试运行
和田 / 拉萨	跑道状态灯	跑道状态灯已完成建设



图：北京大兴国际机场航站楼与机坪。大兴是国内首套 ICAO IV 级 A-SMQCS 的工程标杆。

来源：民航局《跑道状态灯适用性研究报告》2022；首都、大兴、杭州、浦东项目公开资料。建成不等于投运，和田、拉萨为已完成建设口径。

中小机场更现实的路径是“Level 1 / 2 监视告警 + 按需加装跑道状态灯”。

RWSL：不经过管制员的自动安全网

四个基本问题

- 01

由谁研发

美国联邦航空局（FAA）自 2005 年起研发，全球已有 20 余个大型枢纽机场应用
- 02

由什么组成

跑道进入灯 RELs 与起飞等待灯 THLs 两套灯具，可各自单独安装
- 03

依据什么标准

2016 年 7 月 ICAO 附件 14 第 I 卷第七版增加跑道状态灯技术要求
- 04

怎么运行

全自动运行，不需要管制员介入，也不受天气条件影响

数据与硬件特征

数据来源

主要来自塔台管制的场监融汇系统，整合空管一、二次雷达、场面监视雷达、多点相关定位与 ADS-B

建设特点

建设不需要额外大量基础设施；灯光控制链路 与 A-SMGCS 引导灯光（中线灯、停止排灯）硬件相互隔离

灯光直接给飞行员和车辆驾驶员，跳过语音通信链路，规避复诵错误。

成本：国内项目已有中标数据可查

7047.61 万元 · 上海浦东 A-SMQCS 工程（跑道状态灯）建安造价概算	2650.03 万元 · 深圳二跑道新增跑道状态灯建设中标金额	1116.06 万元 · 昆明长水助航灯光与单灯监控系统估算	634.87 万元 · 长沙西跑道增设停止排灯中标总价
---	---	--	---

全球资本投入参考 · 第三方研究口径，仅作区间参考

3500 万 ~ 6500 万美元 Level 1—2 · 以监视与告警为目标系统	6000 万 ~ 1.1 亿美元 Level 3 · 比 Level 2 高 40%~50%，含自动路径规划	1.2 亿 ~ 1.8 亿美元 Level 4 · 含全场自动灯光引导与冲突解脱
---	--	--

口径说明：大陆四项覆盖范围不同——浦东含五条跑道两阶段、深圳为第二跑道单项、昆明为助航灯光与单灯监控、长沙为停止排灯专项，不可直接横向类比；全球区间取自第三方市场研究，非官方数据。

来源：民航局招标投标管理系统、深圳机场电子采购平台、全国公共资源交易平台公开招标与中标公告；全球区间数据来自 Dataintel 市场研究（2026）。

工期：单项补强 2 个月起，全场级 2—3 年

大陆 · 公开招标口径

- 61 天
深圳第二跑道新增跑道状态灯，2026-09-01 至 2026-10-31
- 303 + 60 天
浦东 A-SMGCS 工程（跑道状态灯）第一阶段 303 天，2025-07-30 竣工；第二阶段 60 天
- 1860 天
昆明长水东二跑道助航灯光与单灯监控三阶段，阶段三实现全场 IV 级运行
- 专项实施
长沙西跑道增设停止排灯以机场专项组织实施

来源：民航局招标投标管理系统、深圳机场电子采购平台、全国公共资源交易平台公开招标与中标公告；全球工期与成本区间来自 Dataintel 市场研究（2026），属第三方估算口径。

全球 · 第三方研究口径

- 18 ~ 36 个月
存量改造（brownfield）：成本比新建高 40%~65%
- 12 ~ 20 个月
新建（greenfield）：资本投入低 35%~55%
- 24 ~ 36 个月
硬件采购到部署周期，通常构成关键路径

工期判断：跑道状态灯单品补强约 2—3 个月即可完成；全场级 A-SMGCS 从开工到投运需 2—3 年，硬件采购周期往往才是关键路径。

三、跑道状态灯 RWSL

数据上依赖，运行上独立：RWSL 不是 A-SMQCS 的附属

对比维度	RWSL 跑道状态灯	A-SMQCS IV 级引导灯光
作用范围	仅跑道入口与穿越道口	停机位—滑行道—跑道入口全场滑行路径
触发逻辑	自动感知跑道占用即点亮红灯，只做风险警示	依规划滑行路由自动开闭，用于引导滑行、阻拦闯入
人工干预	完全自动，不需要管制指令	穿越跑道的停止排灯不自动熄灭，必须人工解锁
服务对象	飞行员与车辆驾驶员，跳过语音链路	管制员操作，机组跟随灯光滑行

工程纠偏：RWSL 并非必须绑定 A-SMQCS。部分 FAA 原版站点直接接入场监雷达原始数据；接口设计应预留原始监视传感器旁路输入通道。

模式 A · 欧美老旧大型枢纽

Level 2 告警安全网 + RWSL，如巴黎 CDG、法兰克福

模式 B · 大陆新建标杆

Level 4 全场自动灯光引导，可叠加 RWSL，如大兴、仁川

模式 C · 中小型机场

Level 1 / 2 监视告警，按需单独加装 RWSL

来源：民航局《跑道状态灯适用性研究报告》2022；FAA 跑道状态灯项目资料。对比维度与三种技术路线组合由本报告依据公开资料整理。

四、成本 · 工期 · 供应商

供应商：大陆新建项目由电科莱斯体系承担

国际 · 欧美存量改造市场

- **Indra · 西班牙**
2024-04 获选改造巴黎 CDG；2025 年签克里特岛新机场合同
- **Saab · 瑞典**
A3000 全球 40+ 站点；2024-03 完成韩国蔚珍、务安机场项目
- **ADB Safegate · 比利时**
2022-07 阿布扎比落地 Level 4 与 Follow the Greens
- **Frequentis · 奥地利**
为阿联酋民航总局提供扎耶德国际机场 A-SMGCS
- **其他厂商**
Thales、Leonardo、Honeywell、ERA、Terma、Searidge、uAvionix

国内 · 新建项目主力

- **中国电科 · 中电莱斯（南京莱斯）**
产品：天枢-2000（Dubhe-2000）
大兴：2016 年底开始建设，2019-09-25 支撑开航
2021-08-29 获民航局正式使用许可证，成为大陆首个获正
式使用 IV 级许可证的 A-SMGCS 系统
首都机场：2007 年投用，2021-12-21 升级为同版本
- **华北空管局与南京莱斯联合开发：大兴 A-SMGCS 已进行大版本升级 27 次。**

来源：DSNA 与 Indra 官方发布；Saab、ADB Safegate、Frequentis 企业公开信息；中国电科与中电莱斯公开资料。以上为公开信息整理，不代表完整供应商名录。

三、跑道状态灯 RWSL

RWSL 已在四个国家落地，美国规模最大

美国 · 全球最大部署网络

FAA 计划内的 20 座机场已全部完成部署（截至 2019 年），是美国规模最大的防跑道侵入技防网络。

奥兰多 MCO · 凤凰城天港 PHX · 拉斯维加斯麦卡伦 LAS · 芝加哥奥黑尔 ORD · 夏洛特 CLT · 明尼阿波利斯 MSP · 华盛顿杜勒斯 IAD · 休斯敦 IAH · 西雅图 SEA · 洛杉矶 LAX · 纽约肯尼迪 JFK · 旧金山 SFO · 纽瓦克 EWR · 波士顿 BOS · 达拉斯沃思堡 DFW · 底特律 DTW · 拉瓜迪亚 LGA · 巴尔的摩 BWI · 劳德代尔堡 FLL · 圣地亚哥 SAN

启示：美国用十余年时间分批推进，先在流量最大的枢纽铺开、再按需扩展；新增站点均不要求先把 A-SMGCS 升级到更高等级。

法国 · 欧洲首个

戴高乐 2016-10-24 在北内侧跑道 09R/27L 首次部署，2017-05-23 在南内侧跑道 08L/26R 启用

日本 · 起步早、推进快

福冈 2013-04 为日本首个；新千岁、伊丹、那霸陆续部署。2024 年羽田事故后计划推广至羽田、成田、关西、中部，目标 2030 年度全面投运

中国大陆 · 试点与建设并行

民航局已发布《跑道状态灯适用性研究报告》；上海虹桥试运行，和田、拉萨已完成建设

来源：民航局《跑道状态灯适用性研究报告》2022；FAA 跑道状态灯项目资料；日本、法国机场部署信息引自公开报道。中国机场进度为报告口径。

效果有数据支撑，基础件与风险背景同样不能忽视

效果：两组实测数据



口径：52% 为 FAA 报告的 15 座机场跑道侵入率平均降幅；70% 为达拉斯机场安装后的统计口径，属单点数据，不适用于全国推算。

局限 · 装了不等于用好

大陆调研 25 个大型机场的停止排灯安装使用情况，使用良好的仅占 20%。设备建成只是起点，运行管理决定实际效果。

来源：民航局《跑道状态灯适用性研究报告》2022；民航新型智库《防跑道侵入技防能力发展现状分析》2021。

风险背景：为什么必须防

41 起

2015—2020 年大陆因机场责任原因造成的跑道侵入事件

+140%

流量每增加 20%，跑道侵入风险可能增加的幅度

>80%

2019 年由航空器驾驶员与机动车驾驶员造成的跑道侵入事件占比

跑道侵入已从设施问题转向人的执行问题，技防必须与人因管理同步推进。

管制员因素：短时遗忘排在第一位

最常见的行为

- a) 短时遗忘：航空器、跑道关闭、跑道上的车辆、已发出的许可
- b) 间隔计算错误
- c) 管制员之间协调不足
- d) 穿越许可是由地面管制员而不是塔台管制员发出
- e) 对航空器或其位置识别错误
- f) 管制员未正确复诵另一管制员的指令
- g) 未能确保复诵与发出的许可一致
- h) 通信错误
- i) 过长或复杂的指令
- j) 使用不标准用语
- k) 因承担岗位培训工作，所在席位的反应时间缩短

其他常见因素

- a) 注意力分散
- b) 工作量
- c) 经验水平
- d) 培训不足
- e) 塔台视线不够清晰
- f) 人/机界面
- g) 管制员之间移交不正确或不充分

确定容易发生错误的环境——例如在夜间，或管制员同时在两个以上的管制席位工作——有利于制定可行的缓解措施。

车辆驾驶员与机场设计：两类可控诱因

空侧车辆驾驶员因素

- a) 未获得进入跑道的许可
- b) 没有遵照 ATC 指令
- c) 向 ATC 报告的位置不准确
- d) 通信错误
- e) 空侧车辆驾驶员培训不足
- f) 没有无线电通信设备
- g) 没有进行无线电通话培训
- h) 对机场布局缺乏了解
- i) 不了解机场标记牌和标志的含义
- j) 车辆上缺少可供参考的机场图

机场设计因素

- a) 机场布局较复杂
- b) 平行跑道之间间距不足
- c) 离场滑行道与使用跑道交叉角度不正确
- d) 跑道端没有环形滑行道以避免穿越

机场设计复杂或不适当，都会很大程度地增加跑道侵入发生的可能性。很多研究显示，跑道侵入发生的频率与穿越跑道次数和机场布局的特点有关。

加拿大运输部报告（2000 年 9 月）：引起跑道侵入持续上升的因素，是交通流量、容量提高程序和机场设计。

机组出错，多源于位置判断与许可理解

多数机组因素，是由于疏忽而未遵照 *ATC* 许可。根源通常是无线电通话失误或情境了悟失败：飞行员认为自己在某个位置（如某条滑行道或交叉路口），而实际上在别处；或者认为许可允许进入跑道，而实际上并不允许。

其他常见因素

- a) 标记牌和标志不全，特别是看不到跑道等待位置线
- b) 管制员在航空器着陆滑跑过程中发出指令，此时机组工作量大、驾驶舱噪音大
- c) 飞行员被迫采取低头姿势操作，情境了悟程度下降
- d) 因使用复杂程序和容量提高程序，造成飞行员忙乱
- e) 机场设计复杂，存在交叉跑道
- f) 滑行路线不完整、不标准，或处于关闭状态
- g) *ATC* 临时改变滑行或离场路线

四、核心问题

航司层面缺少指导

机场、空管体系完整，航空公司却没有一份专项文件

层面	已有专项文件	覆盖情况
机场	运行安全管理规定第三章 · 防范管理办法 · 跑道安全小组机制	体系完整，有具体操作要求
空管	技术应用指导意见 · 防止跑道侵入指导手册 · 管制员通告	体系完整，有培训考核要求
航空公司	无专项文件	仅原则性提及，无具体操作指导

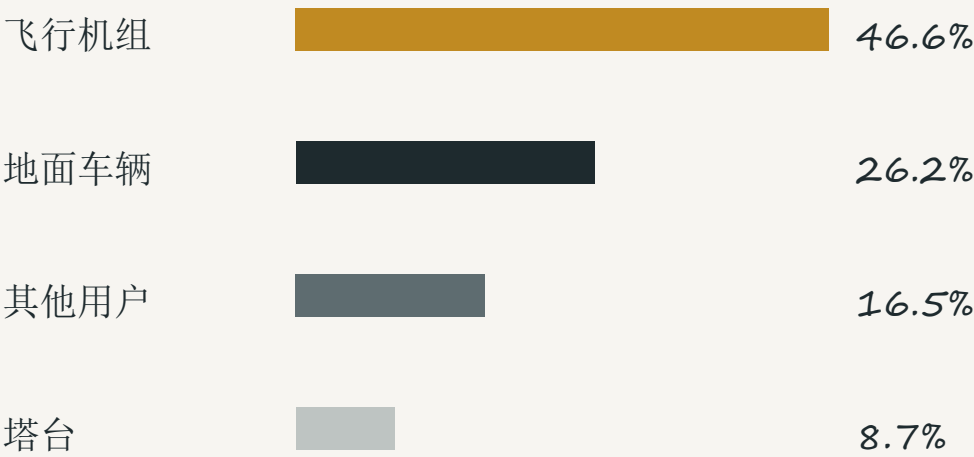
46.6%

飞行机组是跑道侵入最高频责任主体。

误区：跑道侵入事件中航司和飞行员处于被动地位

跑道侵入责任主体分布 · 飞行员典型差错与高风险场景

责任主体占比



飞行员典型差错

情景意识下降
注意力分配不当
低空复飞意识薄弱
通讯监听失效
复诵错误
PM 未干预

高风险场景

滑行 · 进跑道 · 穿越跑道 · 脱离跑道 · 低空复飞 · 境外运行

对飞行员：提倡的做法

1. 除非应急程序特别允许，穿越和进入跑道时禁止越过亮着的红色停止排灯
2. 不应接受从斜角滑行道进入或穿越跑道的 *ATC* 指令
3. 进入跑道后等待超过预计离港时刻 90 秒以上，应通知 *ATC* 等待情况
4. 进近过程中、收到起飞或着陆许可时，应打开航空器的着陆灯
5. 穿越跑道时，飞行员应打开频闪灯
6. 收到许可或指令后如有任何疑问，应在执行前立即向 *ATC* 澄清
7. 对场面某一确切位置有疑问时，联系 *ATC* 并遵循相关 *ICAO* 程序
8. 地面运行中保持“抬头”姿势，以便进行连续的观察

通信与运营人：先用标准，再谈习惯

改进通信

- 1. 所有涉及跑道运行的通信，都使用完整呼号
- 2. 使用 *ICAO* 规定的标准通话用语
- 3. 飞行员、车辆驾驶员、管制员定期自查标准用语
- 4. 与机动区内车辆通信时，使用规定的复诵程序
- 5. 按 *ICAO* 陆空无线电通话用语规定进行通信联络
- 6. 穿越跑道通信使用该跑道起降航空器的同一频率
- 7. 在 *ATC* 的通信中使用简短的信息

附录 A 强调：通信问题通常是导致跑道侵入事件的起因和影响因素；使用 *ICAO* 标准的用语和发音，是提高运行安全水平的关键。

对航空器运营人

- 1. 就机场标志、标记牌和灯光对飞行员进行彻底的培训
- 2. 穿越跑道前要获得明确的许可，包括穿越不用的跑道
- 3. 在飞行员计划地面运行的过程中，提倡最佳的实践做法
- 4. 滑行过程中采用无干扰驾驶舱理念

手册特别强调第 2 条：穿越不用的跑道，同样要取得明确许可，并且要把这个程序纳入驾驶舱程序。



谢谢

汇报人：吴庭宇

