



浙江长龙航空·飞行训练与运行安全数字化实践

AI+智慧训练与运行安全赋能

训飞安一体·数据为中枢——AI 赋能训练与运行安全体系建设专题汇报

汇报人：浙江长龙航空 总飞行师
2026 年 10 月 14 日

www.loongair.cn

政策锚点 · “人工智能 + 民航” 实施意见

民航局印发《关于推动“人工智能+民航”高质量发展的实施意见》（民航发〔2025〕24号）——长龙把“人工智能+航司安全”列为首要任务，聚焦三大重点场景

中国民用航空局文件

民航发〔2025〕24号

《关于推动“人工智能+民航”高质量发展的实施意见》

2025年11月19日印发·办文单位：发展规划司

要点

围绕安全、运行、出行、物流、监管、规划建设六大领域系统布局，附件《民航人工智能应用场景参考指引》细化42项应用场景——“人工智能+航司安全”列于航空安全之首，覆盖智慧飞行训练、飞机健康管理、运行风险防控等方向。

2027·融合发展初见成效

2030·广泛深度融合

长龙响应·首要任务

“人工智能 + 航司安全”



01 智慧飞行训练

PART 01·训练赋能

训练全维度数据采集·飞行员能力画像·个性化教案与智能评估——本汇报第一部分逐一展开



02 飞机全生命周期健康管理

航司安全·重点场景

故障提前预测·精准维修——推动维修模式向智能化、主动化升级



03 飞行运行风险智能防控

PART 02·运行与安全

风险前瞻性预警·动态化管控·运控决策智能辅助——本汇报第二部分全面呈现



政策定向、场景落地——“人工智能+航司安全”这项首要任务，落在训练、维修、运行三条线上。

汇报框架

训练与运行两条数据线，汇入 360° 飞行员画像中枢——先分开看，再合起来看

训练赋能 · 学与训

公司级知识库为基座——同源三条管线，AI 直驱两项应用

- **数字基座 · 公司级知识库**
手册通告等飞行技术资料 + CRM与模拟机科目合一
- **数字化课件与 AI 讲评**
基座同源管线 · 手册同源
- **飞行员学习系统**
学练问考一体 · 系统开发完成
- **驾驶舱语音智能处理与模拟话术**
AI 直驱应用 · 真实语音进课堂
- **评语识别与能力映射**
AI 直驱应用 · 3 年评语全录入
- **手册平台与模拟机科目**
基座同源管线 · 规划设计中

运行与安全 · 飞

每一班都被量化——从逐架次监控，到排班与运控的智能决策

- **QAR 风险数字画像 V2.1**
绿色 QAR · 六大风险 · 重着陆预测
- **新 FOQA 品质分析系统**
四大升级 · 台风回溯已验证 · 规划设计
- **机组资源数字孪生**
饱和度 + 韧性度 · 公司级主推
- **运行风险智能感知与管控系统**
T-7 到 T+0 闭环 · 12 月上线试运行

展望 · 360° 飞行员画像

学的、训的、飞的三位一体——按局方 PLM 框架拼出完整的人

- **核心胜任力**
学 + 训 + 飞，证据汇聚到人
- **作风胜任力**
PLM 培训系统 · 电子化签到
- **心理胜任力**
局方框架维度 · 预留接入
- **反哺与推广**
反哺排班与运控 · 推广全员画像



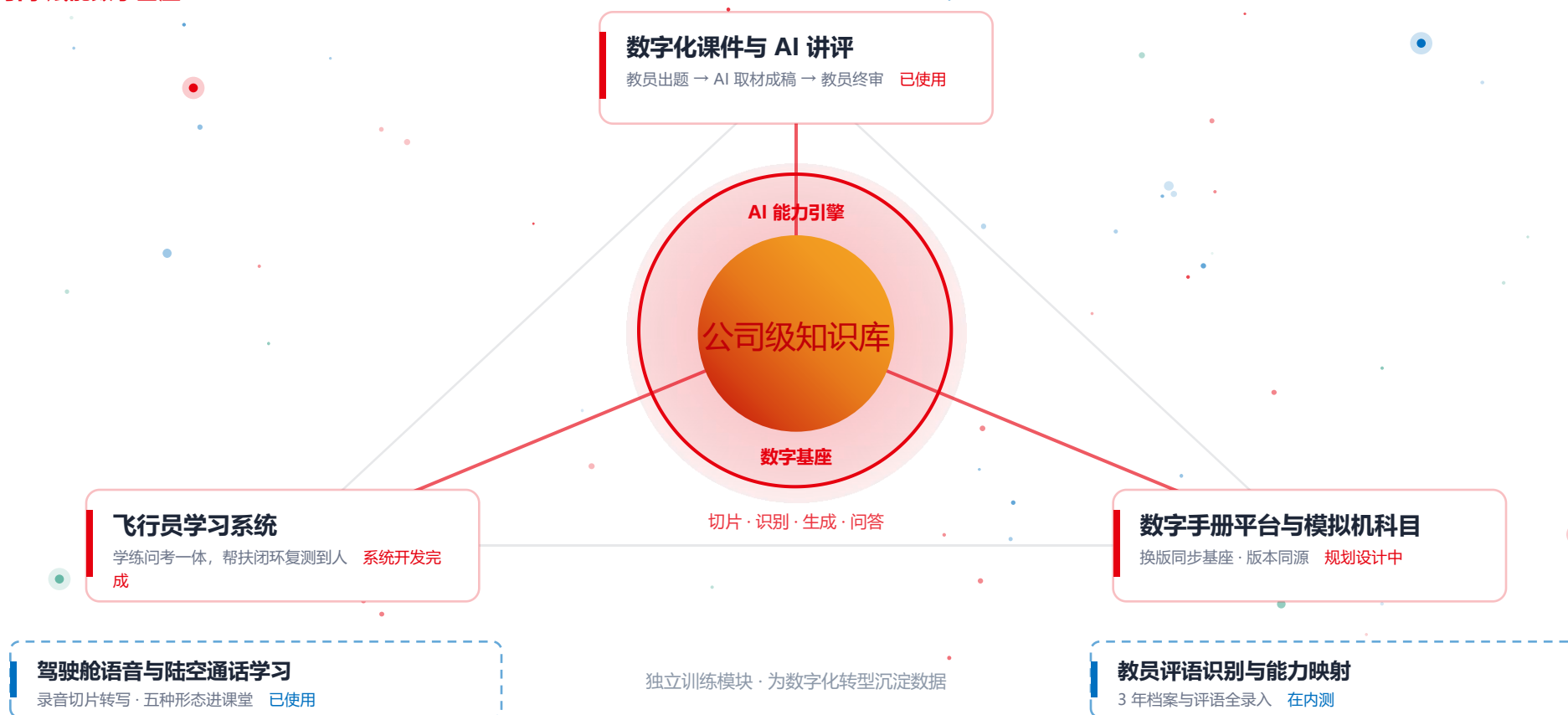
两条线分开建设，在一个中枢汇合——训练管“会不会”，运行管“稳不稳”，画像看“整个人”。

训练赋能 · AI 引擎赋能数字基座

PART 01 · AI-EMPOWERED TRAINING

叙述主线：先建课件产出（课件讲评、视频动画），再沉淀数据（学习系统、语音、评语），手册平台收口——换版同步基座，版本同源最新。

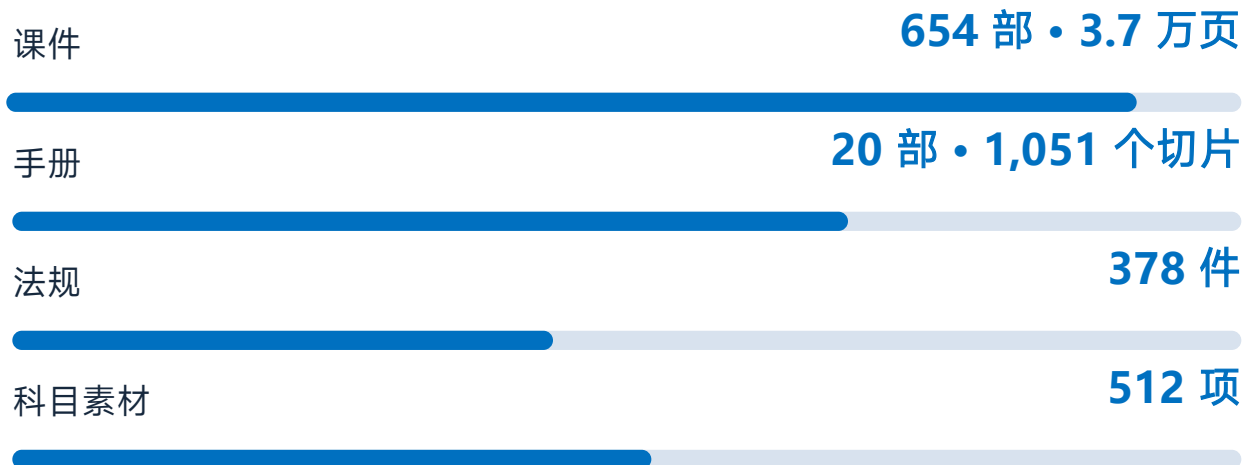
星图三角 · AI 引擎赋能数字基座



数字基座 · 公司级知识库

飞行用的资料库：手册、技术通告等飞行技术资料，与 CRM、模拟机科目等训练资料合流——同一服务器平台、同一套口径，一处更新、多线同源

训练课件家底 · 全部汇入同一知识底座



问答准确率

简单问答 · 公司知识题库

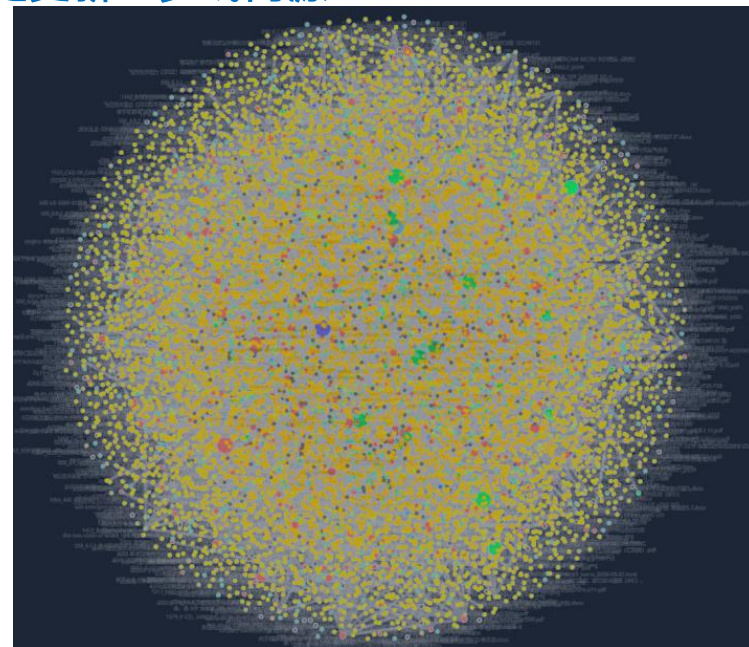
100%

复杂人机问答

95%

同一平台 · 引用可回查 · 0 敏感数据出网

一处更新 · 多线同源



知识库关系图谱实拍 | 3.7 万页切片互链成图 · 每周随库更新



资料库合一的第一步——先同平台，再同口径，最后同一张知识底图。

数字化课件与 AI 讲评

基地同源管线之一：课件与讲评同宗同源——教员终审，判断始终由人做

课件生成管线 · 五步

已落地

- 

教员出题

列科目与要点



AI 生成

按科目要点组织内容素材



按公司格式成稿

问题卡、答案页



教员校对

表述与要点逐页把关

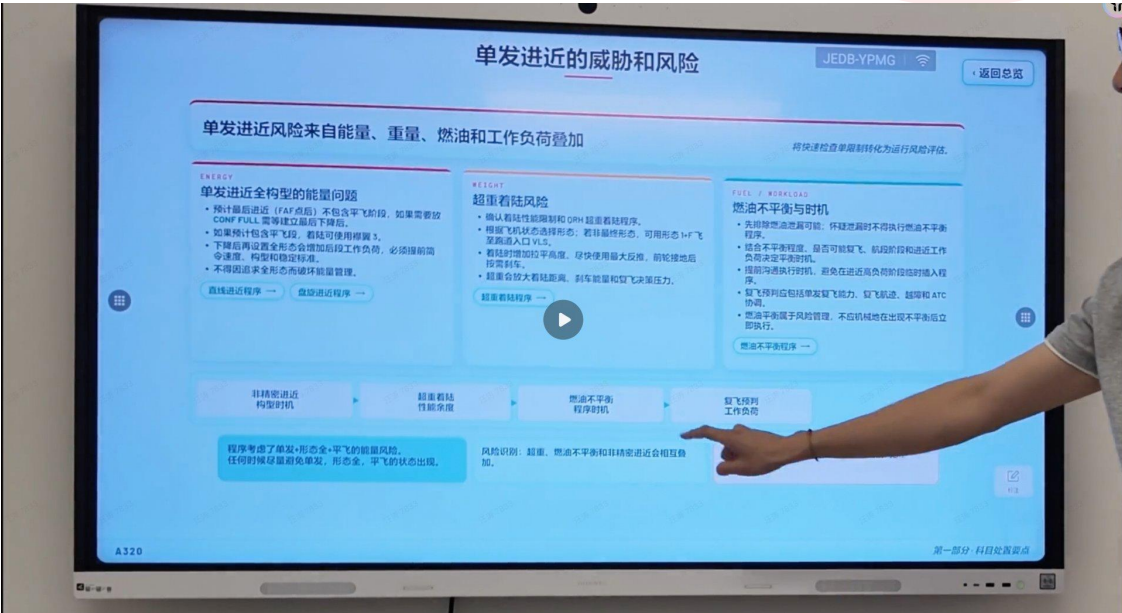


审核交付

审核通过后交付使用

讲评节奏：出问题卡引导讨论 → 翻转看答案要点 → 处置详情核对任务

口径始终一致，不再各讲各的版本



课堂实拍 | 数字化课件在讲评现场使用 · 在用



课件常新、讲评有据——教员的精力，回到飞行员身上。

训练视频批量生产与自研动画

从 3D 数字机长出镜、一键批量成片，到公司自研教学动画——训练画面供给能力自主可控

70+

部 已量产

覆盖规章、性能、气象、通讯与各系统教材

PPT 一键成片 · 一条流水线走完

切片



口播



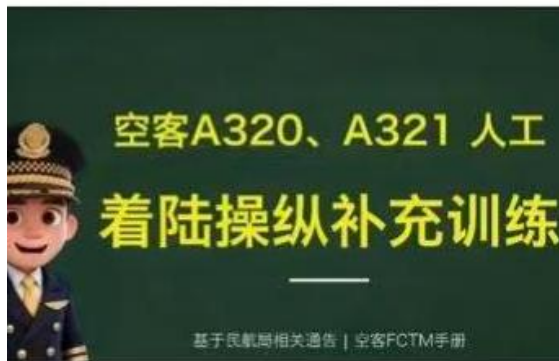
配音



字幕



合成



3D 数字机长出镜 · 补充训练课件



教学视频 · AI+ 本地化索引

3D 数字机长出镜系列 | 《A320 / A321 人工着陆操纵补充训练》等课程

公司自研教学动画 | 《注意力分配》《目视分区》《复飞决策时间线》——构想到入库以天计

训练内容的供给，从「等教员制作排期」变成「——供给能力自主可控，比多几部片子更重要。」



训练画面供给能力自主可控——动画与视频，量产在自己手里。

飞行员学习系统 · 学员端与教员端

基座同源管线之二：学习与手册同源——学员端学练问考一体，教员端把知识掌握具象化到人

学员端 · 会学、会练、会考

查证	中英双语检索，回答绑定手册章节、版本、页码——证据不足时拒答，不硬编
理解	系统卡片 + 驾驶舱探索，把组件知识放回真实面板位置
练习	自测、错题本、口试模拟，薄弱点到期复习
衔接	模拟机科目、SOP、限制值速查联动——从理论走向座位上的动作准备

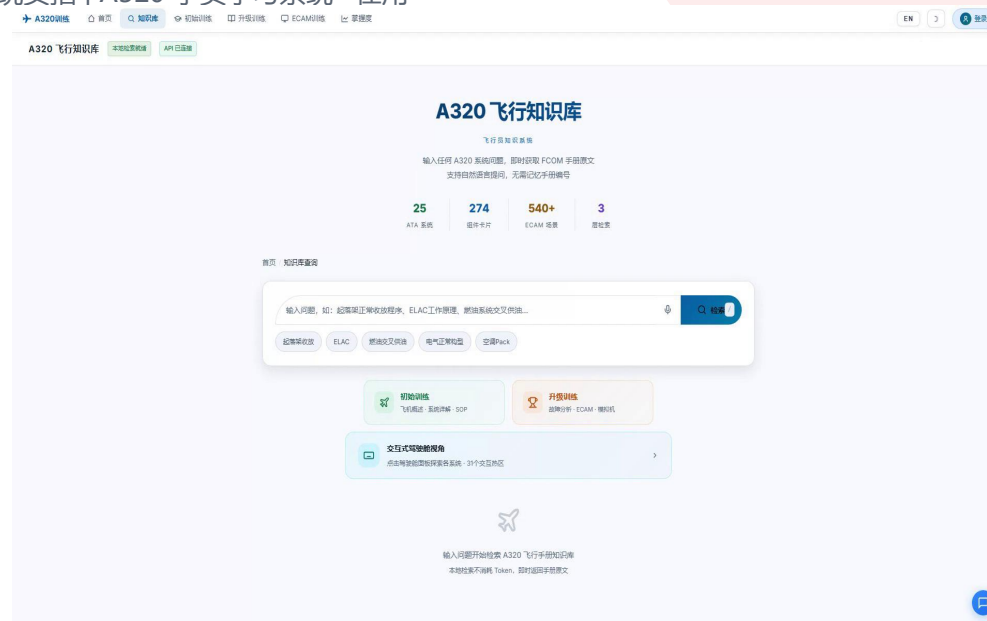
教员端 · 看清每个人，帮扶有落点

画像	主题级掌握度、近期重复错误，到人到主题
任务	AI 归集证据、固化基线、推荐帮扶任务——任务可执行、也可被拒绝
复测	显式录入通过 / 未通过，禁止默认通过
复核	教员采纳、修正或退回，全部留档——AI 生成建议，不生成训练结论

手册证据底座 · 约 17 万 2 千条核心知识切片

FCOM/FCTM/SOP/QRH/DDG 语义切片，引用可回查、构型差异显式化

系统实拍 | A320 学员学习系统 · 在用



帮扶案例（演示口径）：从总分到主题级证据

学员掌握度 46%——中断起飞高速段决策、非 CDFA 最低标准调整连续错 2 次，系统优先派发两项高风险任务；复测通过后教员采纳关闭，全程可回溯。

第一事实来源是手册与局方认可文件——高风险不允许静默关闭，必须进入教员队列



学员有系统、知识有证据、教员有闭环——知识掌握，第一次具象化到人。

驾驶舱语音智能处理与模拟话术

AI 直驱应用之一 · 陆空通话学习：真实运行的声音成为训练资源——AI 批量加工、教员逐句复核，练的就是每天飞的

AI 批量加工链 · 真实语料

已落地

- 1 录音切分**
大规模录音自动分段
- 2 通话转写**
语音识别生成文本
- 3 时间轴对齐**
对齐录音与文本、可定位回听
- 4 阶段指令分类**
按管制阶段、指令类型与口音分类

保留真实运行特征

真实语速、信道噪声与连续指令——原始录音可随时回听

真实语料

真实 CVR 原声覆盖国际航班的各个阶段——存量航班录音经 AI 加工与教员复核，形成可持续迭代的训练资源。

同一批真实语料 → 多种训练形态

把分散录音转化为结构化、可检索、可复用的训练资源

五种训练形态 · 已在 CBT 教室安装

- 逐句精听**
熟悉真实通话语速与环境
- 数字抄收**
数字、航向、高度等关键信息
- 整段复诵**
提升陆空通话复诵能力
- 错题本**
错句回炉、反复强化
- 日韩口音专项**
适应日本、韩国管制口音

AI 切片、转写、对齐、分类——教员逐句复核、把关练习答案
在研：自动评分——判别问题源于发音还是用语规范



真实通话进课堂——练的，就是每天飞的。

教员评语识别与能力映射

AI 直驱应用之二：3 年内所有训练档案与评语全部录入，机队训练评价自此有了基石——逐条识别、归并相近表述、标注置信度并建立证据索引，映射 CBTA 九项能力。

三年评语 · 全量在库

3 年内所有训练档案与评语均已录入——机队训练评价的基石

过去没法统计、没法比较、没法汇聚成规律——现在逐条识别、总结相近表述，标注置信度并建立证据索引

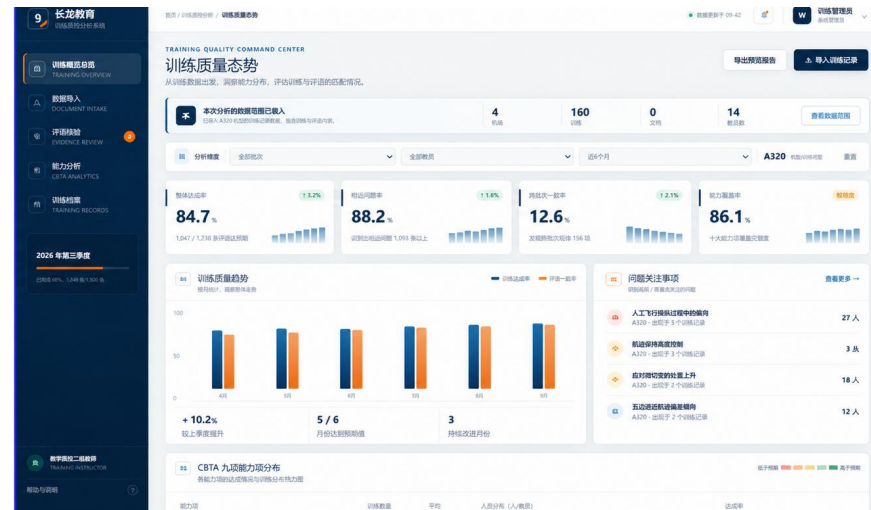
3 年评语全录入 · 逐条识别



自动归类 · 相近表述归并



胜任力映射
训练规律可见



系统实拍 | 训练质量态势看板——达标率、相近问题率、覆盖率一屏看完 · 在用

输出四类洞察

薄弱项 · 能力结构 · 课程共性 · 训练路径——哪类问题在哪个训练阶段集中出现，过去靠教员印象，现在看数据

人工复核红线

低置信度内容与关键结论保留人工复核，原始页码与评语证据可回查——人员评价由专业人员确认，AI 只做识别和归并，不做裁判



只做识别归并、不做裁判——未来，航线与训练中的主观评语都将成为飞行员评价最扎实的客观数据。

数字化手册管理平台与模拟机科目生成·规划设计中

版本比对·冲突提示·换版差异整理——手册换版即同步更新基座，关联系统始终获得最新公司版本；基座同源管线之三，规划设计中

数字化手册管理平台

规划设计中

统一登记·版本留痕

局方文件到公司手册统一登记在册——每一次修订全程留痕、可核验

版本比对·冲突提示

新手册入库逐条比对——自动提示二级手册哪些条款冲突、建议如何修改

换版差异·同步更新

换版差异自动整理——波及课件、卡片与题库，不留旧版死角

审核生效·反哺基座

手册分部审核批准后生效——持续反哺知识库，学员学到的始终现行有效

模拟机科目生成

规划设计中

同源资料

科目所需资料与手册框架来自同一数据库——资料库换版，科目池同步更新

AI 测算

按训练目标测算情景组合与难度——候选条件只取当前有效且已审核的资料

人工审核

科目由教员审核确认后使用——AI 测算、人审定，无来源内容不选用

原型实拍 | 航空知识智能指挥中心·规划设计中



从知识资料到培训课件，让每一步有据可循。

数字化手册管理平台的应用

1. 解决同编同修的痛点
2. 解决更新不及时和不准确的痛点
3. 提升修订手册的效能
4. 提升审计审定工作的准确度和效能
5. 反哺公司知识库



2

PART 02 ✈️

运行与安全

OPERATIONS & SAFETY

安全上：每一班航班的风险都被量化；效率上：每一份机组资源都被排足——从逐架次监控，到排班与运控的智能决策。

飞行员数字画像 V2.1



在用 · 两项国家发明专利

新 FOQA 品质分析系统



规划设计中 · 台风回溯已验证

机组资源数字孪生



为高饱和运行提供最佳人效比 · 规划设计中

运行风险智能感知管控



T-7 到 T+0 闭环

12 月上线试运行

飞行员画像六大核心风险 · 逐架次量化监控

画像 V2.1 的深化：六大核心风险新建 59 项监控事件，逐架次量化、自动识别分级、按角色亮牌

画像 V2.1 · 绿色 QAR 数字画像 落实民航局《绿色 QAR 实施方法指南》，五阶段 39 项绿色参数逐班打分

绿黄红三档亮牌（90–100 绿 · 60–90 黄 · < 60 红）· 关注人员名单自动生成 **数据仅用于训练帮扶与职业发展，不作处罚依据**



起飞擦机尾

抬轮速率与俯仰姿态

逐架次量化



着陆擦机尾

接地俯仰角监控

逐架次量化



重着陆

垂直载荷分级

逐架次量化



冲偏出跑道

进近稳定性判读

逐架次量化



可控撞地

地形接近与剖面

逐架次量化



空中失控

能量状态与姿态

逐架次量化

校企联合 · 预测式安全

 西安电子科技大学杭州研究院 · 联合研发

70%

重着陆人因预测准确率

内部数据验证口径 · 已获国家发明专利授权

双技术路线：着陆操纵测量值（5ft 下降率、接地俯仰变化率、推杆量、平飘时间、低空风等）+ 1000ft 以下全过程 LSTM 时间序列——航后验证走向航前预判，提前一个月给出名单，归因区分偶发型 / 持续型倾向

分级预警 · 分级处置



提示

一级响应

纳入趋势观察，按月追踪



预警

二级响应

讲评提示，重点跟进



严重

三级响应

专项复核，闭环管理

✓ 风险从“年度统计”变成“每一班都在看”——干预先于事件发生。

两项国家发明专利·已授权

FOQA体系两项核心成果获国家发明专利授权——画像 V2.1 重着陆人因预测已落地，品质评估方法支撑下一代品质分析系统



画像 V2.1 · 重着陆预测

重着陆风险预测方法及其模型训练方法、系统及电子设备

专利号 ZL 2026 1 0536956.6
授权公告日 2026-09-08



品质系统 · 评估方法

飞行技术品质评估方法、系统及电子设备

专利号 ZL 2026 1 0553118.X
授权公告日 2026-08-18

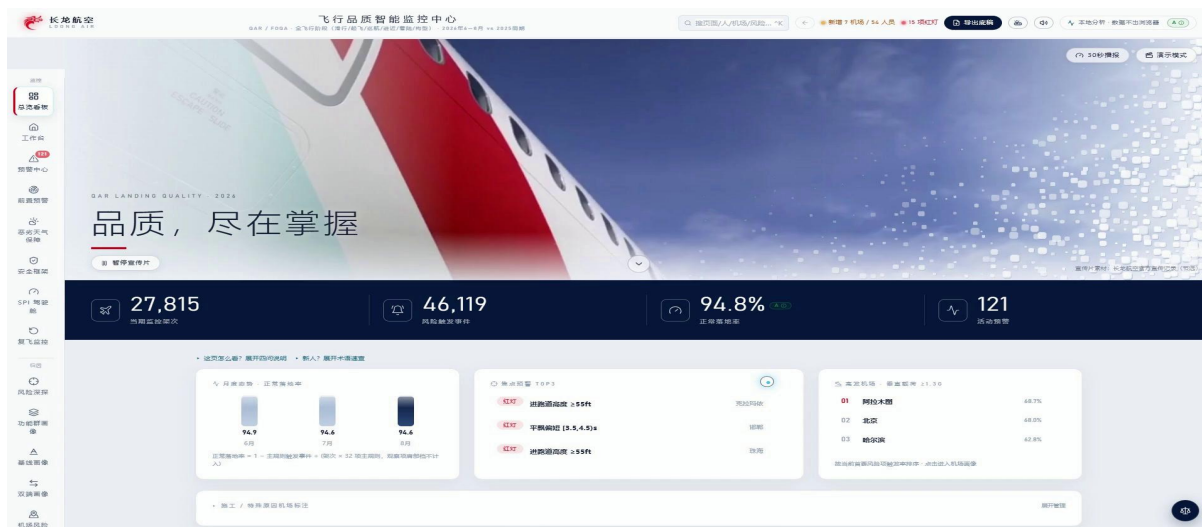


一项已落地、一项育新机——FOQA 体系的技术底座，证书原件如上图。

新 FOQA 品质分析系统—— 规划设计中, 系统初步开发完成

在 V2.1 之上再进一步: 把飞行数据、天气、机场特点和通告、飞机型号特点一起喂给系统——, 从人、机、环多维度分析, 最后给出整个机队和个人的品质和风险判断

原型实拍 | 监控中心总览看板 · 自主开发, 规划设计中



 设计底线: AI 能力全部内网部署, 运行数据不出网, 对外仅脱敏统计摘要

1 输入 · 喂给系统四类数据

6
类飞行风险
擦机尾、重着陆等, 逐架次量化

飞机
飞机构型差异, 故障清单

天气
实况 + 预报
天气差, 标准自动收紧、提前提醒

机场特点和通告
施工与关闭
跑道施工关闭即时纳入, 口径不滞后

2 产出 · 设计自动生成, 不再人工扒数

监控看板
逐班红黄绿评分, 趋势一屏

帮扶名单
自动生成, 到人到主题

30 秒简报
每日风险提示自动生成

月度品质分析
月报自动产出, 口径统一

最终形态: 实现人、机队、机场、天气、飞机维修等多维度的品质分析
打造全方位的风险管理、能效优化、节能减排与绿色飞行体系

 让品质管理像安全管理一样, 每天自动运转。

机组资源数字孪生·为什么现在做

长龙现状四点叠加，催生这套系统——公司级主推项目，自研、16 个月

机组资源量化·公司级主推

长龙现状·四点叠加



发展快·人手相对少

发展速度在民航居前，机队航线持续扩张——人员相对紧张，资源更要精打细算



机长队伍年轻

机长年龄结构相对年轻——经验积累期与快速扩张的运力需求叠加



飞机利用率高

飞机利用率相对较高——机组出勤天数长，排班弹性小



机场环境复杂

运行机场环境相对复杂——对机组资质与搭配的要求更高

叠加的结果·催生这套系统



叠加 → 机组资源的浪费

四点叠加，排班靠人工管理，资源利用不充分——排班周期超 3 天、手工调整占 100%，突发扰动响应超 2.5 小时



需求 → 把有限的人用出最大效能

机组资源要量化、排班要合理——让有限的人员，进入高效的运行环节



解法 → 数字孪生

在系统里模拟现实的运行环境，让 AI 学习现实中的资源环境、给出调配方案——达到人工达不到的高人效比，这就是“数字孪生”名字的由来



四点叠加，人工排班必然有浪费——数字孪生，把有限的人用到最高效的环节。

机组资源数字孪生·双轴指标体系

饱和度回答“机组忙不忙”，韧性度回答“运行抗不抗造”——双轴四象限，行业首创

饱和度·资源利用的标尺

$\text{占用总人天} \div \text{可用总人天} \times 100\%$

五个维度：合规（疲劳与执勤时限）、总量、结构、效率、均衡——区分“有效饱和”与“无效饱和”，杜绝忙闲两极分化

< 80% 低效 · 80-90% 最优 · 90-95% 警戒 · > 95% 高危

韧性度·抗扰动的弹性

$\text{可调度冗余人天} \div \text{可用总人天} \times 100\%$

四个维度：基础冗余、负荷弹性、扰动应对、结构保障——量化“看不见”的应急能力，微小异常不再引发连锁反应

< 5% 薄弱 · 5-10% 一般 · ≥ 10% 优秀

行业首创

双轴评估体系——饱和度 + 韧性度，主流航司与供应商均无此指标看板

突发事件仿真推演——全行业缺失的闭环能力

自然语言写规则、AI 自动转化——行业首创

四象限运行管控模型·饱和度 + 韧性度

理想区

策略：维持配置，持续监控

低效区

饱和度 < 80% + 韧性 < 5%

策略：优化任务串接，释放冗余价值

警戒区

饱和度 > 90% + 韧性 5-10%

策略：主动降负荷，恢复安全缓冲

高危区

饱和度 > 90% + 韧性 < 5%

策略：强制干预，切断非关键任务

实施路径

2026.06 项目启动

2027.01 初版上线

2027.04 求解优化

2027.06 智能体对话

2027.10 完全替代



忙与稳从此都有刻度——排班决策第一次有了统一的量化语言。

运行风险智能感知与管控系统 · 为什么做

用 AI 识别常态化风险与运行情况突变——整个运行风险的综合防控

为什么要建这套系统



风险数据 · 分散在各系统

人、机、环、管的数据分散在十几个业务系统——综合判断靠人工拼接、靠经验，拼不出一张完整的风险图



两类风险 · 相互叠加

常态化风险（机组、机场等固有因素）与突变风险（天气突变、临时通告）相互交织——单看任何一类，都看不全真实风险



风险关口 · 需要前移

过去偏重事后统计与复盘——识别和评估要推到航前与运行当日，让防控跑在风险前面

这套系统管什么 · 与画像、排班的分工



常态化 · 固有风险

机组搭配、机场特点、能力差异等固有因素——排班层已在管：360° 画像与机组数字孪生持续供数



突变 · 临时风险

天气突变、临时通告、流控限制等运行情况突变——运行当日的综合评估与应对，是这套系统的重心



叠加 · 综合防控

固有与突变叠加后的综合风险——数据进平台，产出风险识别、预警与处置建议，进入业务处置场景



常态化风险有人管、突变风险有系统接——运行风险从“分段看”到“综合防”。

运行风险智能感知与管控系统 · 怎么干

上游数据接进技术平台、产出风险应用——QAR 与 360° 画像等自家数据，放在最前面





数据进、风险出——3 月立项、9 月业务贯通，12 月上线试运行，运控这一环落地。



3

PART 03 ✈️

未来展望

OUTLOOK

学、训、飞汇入 360° 画像中枢——安全与效率两条主线，在这里合流

360° 画像中枢



三位一体 · 证据汇聚到人

局方 PLM 框架
核心·作风·心理



局方官方三维框架

反哺排班与运控
效率答案显性化



安全兜底 · 效率增量

全员画像推广
公司级风险管控



乘务 · 机务 · 地服

360° 飞行员画像 · 三位一体

学的怎么样、训的怎么样、飞的怎么样——三条数据线，汇到同一个人



学的怎么样

学习系统 · 数字 手册平台



训的怎么样

主观训练评语和打分 · 模拟机数据



飞的怎么样

新QAR 品质分析系统 · 教员评语和评价



3 线 - 人 - 机队

三条数据线，汇到同一个人

核心胜任力第一次完整可见

360° 画像

核心胜任力证据中枢
飞过什么 · 练过什么 · 懂什么

向外反哺

排班数字孪生 · 运行风险管控

意义

未来以人为本的大数据中枢——以此画像为核心上游数据，支撑多系统运行：① 运行核心风险防控系统 ② 机组资源排班系统 ③ CBTA 理念的 EBT 训练

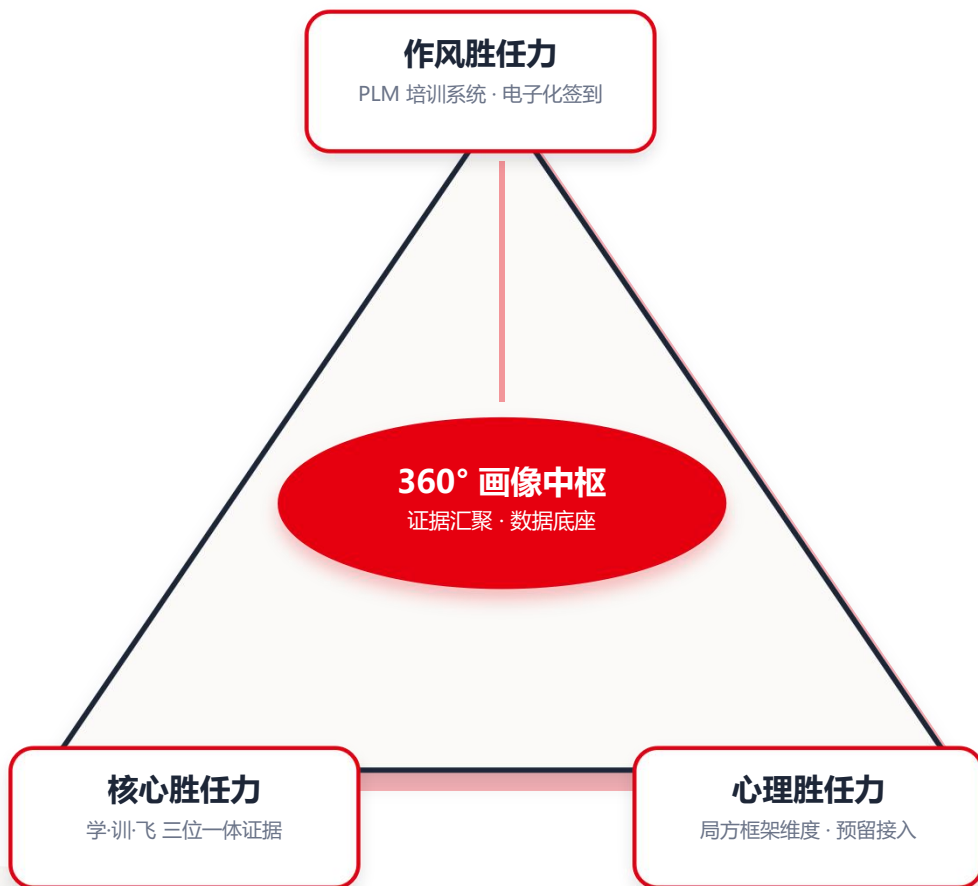
AI 赋能

大量的数据需要 AI 进行汇总分析，实现客观数据 + 主观管理相结合的方式



对齐民航 PLM 框架 · 三个维度

民航局飞行员技能全生命周期管理（PLM）：岗位胜任力 = 核心胜任力 + 心理胜任力 + 作风胜任力



核心胜任力

研发

三位一体：“学的怎么样”，“训的怎么样”，“飞的怎么样”——

作风胜任力

研发

关注人员管理制度和系统——数据可直接汇入画像

心理胜任力 · 预留

预留

局方 PLM 官方框架的独立维度——画像中枢预留接入位置，随局方心理测评体系建设同步纳入

反哺与推广 · 从飞行员画像到全员画像

画像数据回流运行决策——排班选出最优机组、效率刻度先于瓶颈，运控拿到人因数据、安全先于风险

反哺 · 画像数据回到运行一线

反哺排班 · 选出最优解

数字孪生

排班自动化 60%→90%，周期数
天→小时

画像接手

给出候选机组胜任力数据

最优化解

人选匹配风险，化解在前

反哺运控 · 人因数据给齐

运控发现风险

气象、流控、机场变化——风
控系统感知

调取画像

机组人因数据基本给齐

辅助决策

处置建议有据可依——对接风
控大屏

推广 · 从飞行到每一位员工

飞行

已起步

360° 画像中枢 · 三位一体证据已贯通

乘务

可推广

同架构复制：学习、训练、运行数据汇聚到人

机务

可推广

同架构复制：维修记录与资质数据汇聚到人

地服

可推广

同架构复制：保障作业数据汇聚到人

每一位员工的画像拼起来，就是公司级风险管控系统的底座——先看人，再看系统，最后看全局。



画像不是终点——安全管控的地基、效率提升的引擎，都是它。

四条启示与同行共勉

从多年的实践里，我们沉淀出四条启示，奉献给各位同行——安全、数据、场景、人才

01

安全是第一原则

人在闭环终点

所有 AI 应用都必须以不降低安全标准为前提——AI 的定位是辅助增强，绝不是替代；关键判断、最终责任始终由专业人员承担，这就是我们反复强调的「人在闭环终点」。

02

数据是核心资产

本地化部署

飞行、训练、维修数据的积累和治理是 AI 落地的地基，数据质量直接决定 AI 效果。调用大模型要保证数据安全：最佳方案是本地化大模型 + 本地化数据知识库系统，折中方案是本地化数据知识库 + 安全防火墙 + 外部大模型访问调用。

03

场景化是关键路径

小步快跑

AI 不能脱离业务空谈技术，必须紧扣飞行里最痛的点，以业务为导向，小步快跑。看准了就先跑起来，AI 发展的速度可能比你想的要快得多。

04

人才是根本保障

自主培养

既懂飞行标准、又懂 AI 的复合型人才是行业最稀缺的资源——设备可以买、模型可以调，但既懂AI又懂飞行的人必须自己培养。



与同行共勉

设备可以买、模型可以调——既懂AI又懂飞行的人，必须自己培养。

四条启示：安全 · 数据 · 场景 · 人才



从两年的实践里来、到一线的运行中去——把安全守住，把数据治牢，把场景做深，把人培养出来。

结语 · 长龙人的回答

//

再先进的 AI 技术，也替代不了有温度的传授与交流——人，始终是飞行技术传递的最后一座桥梁。

—— AI 赋能 · 训安一体 ——



长龙航空 · 杭州萧山国际机场



工具会迭代、模型会更新——长龙人的回答，写在每一个系统里，也写在队伍里。

Q&A