



信息通告

中国民用航空局飞行标准司

编 号：IB-FS-OPS-012

颁发日期：2024 年12 月23 日

中国民航循证训练（EBT）数据报告

目 录

1 目的.....	1
2 适用范围.....	1
3 参考资料.....	1
4 缩略语.....	2
5 训练主题.....	4
5.1 训练主题在复训中的排序	4
5.2 训练主题循证.....	6
5.2.1 恶劣天气	6
5.2.2 自动化管理	6
5.2.3 非技术性胜任能力（CRM）	7
5.2.4 合规性	7
5.2.5 复飞管理	8
5.2.6 人工航空器控制	8
5.2.7 不稳定进近	9
5.2.8 飞机系统故障	10
5.2.9 着陆	10
5.2.10 导航	11
5.3 训练主题映射.....	11
5.3.1 引言	11
5.3.2 训练主题映射表	13
6 其他主要发现.....	14

6.1 合规性悖论	14
6.2 意外性	16
6.3 复飞的训练方案.....	17
6.4 技能衰退特点.....	19
6.5 雷击	20
6.5.1 局方年度报告	20
6.5.2 不安全事件报告页	21
6.5.3 绕飞雷雨的问卷调查	21
6.5.4 改进建议	22
6.6 鸟类威胁	23
7 各数据源分析	26
7.1 事故/征候	26
7.1.1 分析方法	26
7.1.2 报告来源——事故/征候调查机构.....	26
7.1.3 分析员	27
7.1.4 EBT 事故/征候分析.....	29
7.1.5 优势与不足	43
7.1.6 差异原因分析	44
7.2 TCS 训练关键性调查.....	49
7.2.1 背景信息	49
7.2.2 分析与结果	50
7.2.3 从训练关键性调查 CAAC TCS-2022 中产生的建议	67

7.2.4 优势与不足	69
7.3 其他数据	71
7.3.1 不安全事件	71
7.3.2 LOSA	71
7.3.3 训练数据	72
7.3.4 复飞数据	74
7.3.5 航线运行故障数据	77
附件 1: 三代/四代机 EBT 定期复训的训练主题表	78
附件 2: 训练主题映射表.....	80
附件 3: TCS 问卷结构	99
附件 4: TCS 数据分析流程	106

1 目的

为完善循证训练（EBT）实施标准文件体系，补充中国民航范围内的循证依据，指导运营人科学的使用各种数据进行 EBT 课程开发，制定本信息通告《中国民航循证训练（EBT）数据报告》（以下简称数据报告）。数据报告以国际航空运输协会（IATA）发布的《循证训练数据报告》框架和方法论为基础，结合中国民航实际情况，深入分析多源数据，调整训练主题频次，修订主题映射列表，优化定期复训内容，提高课程开发质量，梳理训练重点短板，介绍训练分析方法，提出训练策略建议，支持训练效果提升。

2 适用范围

本信息通告适用于经局方批准开展 EBT 训练的 CCAR-121 部运营人（以下简称运营人）、CCAR-142 部飞行训练中心（以下简称训练中心），以及局方授权培训单位。同时为局方监察员实施 EBT 课程审定和监察提供指导。

按照 CCAR-121 部第 N 章制定大纲和实施训练的运营人，可参考本信息通告，调整训练科目重点，改进训练实施方法，提升数据分析能力。

3 参考资料

《空中航行服务程序-培训》（ICAO Doc 9868 Third Edition, 2020）

《循证训练手册》（ICAO DOC 9995）

《Data Report for Evidence-Based Training》(August 2014)

《Data Report for EBT Amendment 2021》

4 缩略语

缩写	英文全称	中文全称
A&I	Accident&Incident Study	事故和征候研究数据
ADREP	Accident/Incident Data Reporting	事故/事件数据报告
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast	广播式自动相关监视
AGL	Above Ground Level	相对于地面的高度
AHP	Analytical Hierarchy Process	层次分析法
ANOVA	Analysis of Variance Method	方差分析法
ANP	Actual Navigation Performance	实际导航性能
AP	Autopilot	自动驾驶
APU	Auxiliary Power Unit	辅助动力装置
APV	Approach with Vertical Guidance	带垂直引导的进近
ASPAC	Asia-Pacific	亚太
AT	Auto-throttle	自动油门
ATC	Air Traffic Control	空中交通管制
CAAC	Civil Aviation Administration of China	中国民用航空局
CAST	Commercial Aviation Safety Team	商用航空安全小组
CBTA	Competency-Based Training and Assessment	基于能力的训练与评估
CDFA	Continuous Descent Final Approach	连续下降最后进近
COM	Communicate	沟通
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication	管制员-驾驶员数据链通信
CRM	Crew Resource Management	机组资源管理
DVE	Visual Environment Degradation	视觉环境降级
EBT	Evidence-Based Training	循证训练
ECAM	Electronic Centralized Aircraft Monitoring	飞机中央电子监控
EGT	Exhaust Gas Temperature	排气温度
ELAC	Elevator Aileron Computer	升降舵副翼计算机
ELT	Emergency Locator Transmitter	应急定位发射机
EPR	Engine Pressure Ratio	发动机压比

EUR	Europe	欧洲
FAA	Federal Aviation Administration	联邦航空局
FD	Flight Director	飞行指引
FMGC	Flight Management and Guidance Computer	飞行管理引导计算机
FMS	Flight Management System	飞行管理系统
FPA	Flight Path Management, Automation	自动航径管理
FPM	Flight Path Management, Manual Control	人工航径管理
FSTD	Flight Simulator Training Device	飞行模拟机训练设备
GADM	Global Aviation Data Management	全球航空数据管理
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
GPWS	Ground Proximity Warning System	近地警告系统
IAF	Initial Approach Fix	起始进近定位点
IATA	International Air Transport Association	国际航空运输协会
ICAO	International Air Transport Organization	国际民航组织
ILS	Instrument Landing System	仪表着陆系统
IMC	Instrument Meteorological Conditions	仪表飞行条件
IOSA	IATA Operational Safety Audit	IATA 运行安全审计
ISIT	IATA Safety Incident Taxonomy	国际航空运输协会安全事故分类
KNO	Knowledge	知识应用
LOSA	Airline Operation Safety Audit	航线运行安全审计
LTW	Leadership and Teamwork	领导力与团队合作
MCDU	Multipurpose Control and Display Unit	多功能控制和显示组件
MCP	Mode Control Panel	方式控制面板
MDH	Minimum Descent Height	最低下降高
MEL	Minimum Equipment List	最低设备清单
MENA	Middle East and North Africa	中东和北非
NAM	North America	北美
ND	Navigation Display	导航显示器
NOTAM	Notice To Airmen	航行通告
OB	Observable Behavior	可观察行为
OEM	Original Equipment Manufacturer	原始设备制造商
PAPI	Precision Approach Path Indicator	精密进近航道指示器

PF	Pilot Flying	操纵飞行员
PLM	Professionalism Lifecycle Management System	飞行员全生命周期
PM	Pilot Monitoring	监控飞行员
PRO	Procedure Application	程序应用
PSD	Problem Solving and Decision-Making	问题解决与决策
QAR	Quick Access Recorder	快速存取记录器
QRH	Quick Reference Handbook	快速检查单
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring	接收机自主综合监控
RNP	Required Navigation Performance	所需导航性能
RRR	Relative Risk Ranking	相对风险排序
SAW	Situational Awareness and Information Management	情景意识与信息管理
SEC	Spoiler Elevator Computer	扰流板升降舵计算机
SEM	Structural Equation Model	结构方程模型
SME	Subject Matter Expert	主题专家
SMS	Safety Management System	安全管理系统
SOP	Standard Operating Procedure	标准操作程序
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	交通警戒和防撞系统
TCS	Training Criticality Survey	训练关键性调查
TE	Training Effect	训练效果分析
TEM	Threat and Error Management	威胁差错管理
TO/GA	Takeoff /Go Around	起飞/复飞
UAS	Undesired Aircraft Status	非期望的航空器状态
VMC	Visual Meteorological Conditions	目视气象条件
WLM	Workload Management	工作负荷管理

5 训练主题

5.1 训练主题在复训中的排序

本数据报告的主要目标是利用数据在安全与训练中的强关联性，通过精细的数据分析，优化飞行员的定期复训内容，以最

大化训练效能，进而提升飞行安全。在数据处理的最后阶段，本数据报告会确保数据和训练主题之间建立直接且相关映射，以支持训练效果的提升。

依托 IATA EBT 数据报告的方法论框架，在局方前期所定义的人为原因事故征候数据的基础之上，进行数据的清洗、校验和分类。专家组采用了一套精细的两步法策略，科学的推导出定期复训中各关键训练主题的占比排序。这一步旨在识别出对飞行安全影响最大的训练领域，为后续训练内容的制定提供依据。

随后，为了构建更具针对性和实效性的训练体系，专家组深入研究了局方近年来发布的权威年度安全报告，该报告全面覆盖了人为因素与其他因素导致的安全事件，为专家组提供了宝贵的参考依据。基于这些深入分析，本数据报告初步拟定了一份针对三代机/四代机飞行员定期复训的训练主题表，并确保训练主题覆盖关键安全领域，同时考虑技术的先进性和飞行员的实际需求。

在构建此训练主题表的过程中，本数据报告严格遵循 IATA EBT 数据报告中提供的映射关系表，以确保中国民航与国际数据的关联性和可比性。

此后，专家团队根据 TCS（训练关键性调查）的分析结论，对初步制定的训练主题频次进行了细致的调整。这一步骤确保了训练内容的科学分配与合理布局。

最终，在全面整合了所有相关数据与专家意见后，本数据报告由 SME（主题专家）进行了终审与微调，确保训练主题表的权威性和实用性。经过这一系列严谨而细致的工作流程，本数据报告得出了符合中国民航运行实际的，针对三代机/四代机飞行员 EBT 定期复训的训练主题表。（参考附件 1）

5.2 训练主题循证

根据 IATA 发布的两版 EBT 数据报告(2014 年第一版和 2021 年更新)，其中定义了训练主题，这些主题是来自所有数据分析得出的综合结果。本部分内容使用 IATA 定义的训练主题分类，基于项目组收集到的中国民航数据进行训练主题循证，旨在为课程开发人员提供中国民航的训练主题数据循证。

5.2.1 恶劣天气

描述：雷暴、大雨、湍流、结冰包括除冰问题，以及高温条件。对防冰和除冰系统的合理使用通常应包含在适当的情景中。

数据：LOSA 数据显示，通过量化分析威胁事件、差错事件及其的管理效能，研究发现环境威胁中的天气变化是航线运行中的最大威胁风险。环境威胁中，天气威胁占 37%。TCS 数据显示，CAAC TCS-2022 中，第三/四代机飞行员所反馈的前四大威胁均聚焦于环境威胁，这体现了飞行员在实际飞行过程中对特定环境条件的敏感度和重视程度。风切变/阵风/尾流、冰雪天气、低能见度以及恶劣天气等环境因素对飞行安全构成严重威胁。复飞数据显示，导致复飞的事件中，天气超标占客观原因复飞的 7%，占主观原因复飞的 14%。安全事件分析数据显示，气象威胁的数量远高于其他威胁，排名第一。

5.2.2 自动化管理

描述：本主题的目的是通过熟练和恰当使用飞行管理系统、制导和自动化装置，包括从一种模式变为另一模式所需要的模式之间的转换、监视、模式意识、警觉和灵活性，鼓励和加强有效的航径管理。本主题包含减少下述差错的方法：错误操作自动飞行系统，模式选择、飞行管理系统和自动驾驶仪使用不当。

数据：不安全事件数据显示，总体差错分布中，自动化设置/选择差错占比 10.2%，排名第三位。

5.2.3 非技术性胜任能力（CRM）

描述：包括沟通、领导力和团队合作、问题解决与决策、情景意识、工作负荷管理。应强调领导力开发，循证训练数据源显示，这是一种在通过提高驾驶员绩效降低风险，并提高安全性方面非常有效的胜任能力。

数据：训练数据显示，实践考试未通过的教员评语分析中，教员评语提及 CRM 能力不足占比 23%，熟练检查考试未通过的教员评语分析中，教员评语提及 CRM 能力不足占比 16%。实践考试通过的教员评语分析中，教员评语提及 CRM 能力不足占比 45%，熟练检查考试通过的教员评语分析中，教员评语提及 CRM 能力不足占比 27%。不安全事件分析数据显示，总体差错分布中，机组间沟通差错占比 16%，机组与外界沟通差错占比 10.2%。LOSA 数据显示，差错事件类型分析中，沟通不当占比 7.9%。

5.2.4 合规性

描述：不合规。不符合运行程序和标准（例如标准操作程序）的后果。这并非要开列一系列情景，但教员应确保在实施整个 EBT 训练方案过程中，将所观察到的不合规情况当作学习机会。在方案的所有模块中，应尽可能将飞行模拟训练装置作为航空器，不合规的情况不应作为灵活处理和暂时偏离等而被接受。

数据：LOSA 数据显示，差错事件中程序执行“错忘漏”是主要类型，占比高达 50.4%，可考虑程序差错增多是否与合规性要求的不断增加有关。训练数据显示，实践考试未通过教员评语分析中，31%的评语提及程序“错漏忘”，熟练检查考试未通过教员评语分析中，40%的评语提及程序“错漏忘”。部分存在故

意违规情况，例如“200ft 以下，飞机位置超过跑道边灯延长线且机组成员喊出复飞后，未复飞且强行着陆”。不安全事件分析数据显示，总体差错分布中，SOP 遵从性/交叉检查差错占比 19.6%，排名第一。

5.2.5 复飞管理

描述：除了实施复飞之外，能导致需要做出复飞决策的任何威胁或差错。应全面拟定复飞情景，以鼓励发挥有效的领导能力和团队合作意识，除此之外，还有问题解决与决策，以及视情使用人工航空器控制或飞行管理系统和自动化装置。场景设计应包括意外性因素，基于情景的复飞不应是可预测的。该主题与机动飞行训练部分列出的复飞机动飞行完全不同，后者的目的仅为运动认知技能和对程序的简单应用。

数据：TCS 数据显示，未执行复飞在第三/四代机相关风险排名中，排名第 10 位。各航空公司不安全事件统计数据显示，中止进近/复飞事件共计 759 起，其中有 172 起威胁导致了差错，且同时导致飞机进入 UAS 中止进近/复飞；334 起威胁直接导致 UAS 中止进近/复飞；253 起差错导致 UAS 中止进近/复飞。复飞数据显示，发生在 2000 英尺高度以上的复飞事件占据了总数的 21%，机组有较为充足的准备时间；所有复飞事件中，主观原因导致的复飞占 66%，客观原因占 34%。

5.2.6 人工航空器控制

描述：保持对航空器的控制，以确保正确执行程序或实施机动飞行。

数据：训练数据显示，实践考试未通过的教员评语分析中，34%的评语提及人工操纵技能不足，相关联科目中，提及最多的四项科目包括单发操纵（中断起飞、起飞、着陆和复飞）、起落

操纵、侧风着陆和航迹控制。熟练检查考试未通过的教员评语分析中，27%的评语提及人工操纵技能不足。实践考试通过的教员评语分析中，31%的评语提及人工操纵技能需要提升；熟练检查考试通过的教员评语分析中，45%的评语提及人工操纵技能需要提升。

事故/征候数据显示，我国人工航空器控制主题训练频次为 B 类，排名处于中间位置，IATA 统计中为 A 类（即一年训练两次）。推测可能的原因为我国一直以来高度重视人工航空器控制的重要性，在模拟机检查/训练以及航线运行中有大量的人工操纵内容，使得该方面的问题较 IATA 的结果低。

5.2.7 不稳定进近

描述：强化稳定进近理念以及遵守规定的各项条件和限制。如果机组成员超过了此类条件和限制，则鼓励实施复飞。制定并维持关于飞机高能量状态管理的胜任能力。

数据：不稳定进近是时有发生的现象，在主观因素导致的复飞数据中，不稳定进近占比最高，为 15%。当检查事件发生率和事件严重程度时，与不稳定进近相关的风险明显增加。不稳定进近后着陆具有更高的风险，随着事件本身风险值变得更高。但是，飞行员遭遇不稳定进近时，部分会选择继续执行着陆，而不是执行 SOP 要求的复飞。在不安全事件分析中，有 56 起事件不稳定进近后未执行复飞。考虑与两个方面相关，一是飞行员没有正确理解稳定进近概念，关于如何理解稳定进近概念，请参考本数据报告 6.3 “复飞的训练方案”；二是飞行员故意违规，关于故意违规部分，请参考本训练报告第 6.1 “合规性悖论”。

事故与征候数据显示，我国不稳定进近主题训练频次为 B 类，而 IATA 统计中为 A 类（即一年训练两次）。推测可能的原因为近些年中国民航高度重视防控不稳定进近风险，并答复提高

稳定进近相关的监控阈值，强调在此种情况下应考虑复飞备降等其他决策，严格执行“八该一反对”。此外，不同航空公司对不稳定进近的标准并未统一，因此一定程度上导致了该主题排名相对后移。

5.2.8 飞机系统故障

描述：对机组成员明显或不明显的任何内部失效，最低设备清单准许的但对飞行运行有影响的任何事项，例如反推装置卡阻，要考虑的故障应具备下列一种或几种特性：即时性、复杂性、航空器控制的降级、主要仪表设备损失、管理后果。

数据：不安全事件分析数据显示，总体威胁分布中，飞机故障是排名第二的重大威胁。系统故障数量排名，航电/仪表、起落架/轮胎、包容性发动机故障、烟/火排名前四位。LOSA 数据显示，航空器威胁占比 2.8%。航线运行故障数据显示，故障率最高的系统是设备/装饰，以及灯光系统，排名靠前的其他系统是：通讯系统、空调系统、起落架系统和导航系统。

5.2.9 着陆

描述：驾驶员应有机会练习以规定频率在严苛环境下着陆。数据显示，着陆问题的根源有多种因素，包括适当决策，如果存在困难环境条件，则还涉及人工航空器控制技术。

数据：不安全事件分析显示，着陆阶段最大的威胁是气象，占比 49.2%。其次是鸟类/外来物威胁，占比 12.9%，飞机故障威胁占比 7.3%。着陆阶段差错分布中，人工操作/飞行控制差错数量最多，占比 26.1%；机组间交流差错占比 22%；SOP 遵从性/交叉检查差错占比 14.1%。着陆阶段 UAS 分布中，非正常接地数量最多，占比 42.5%。复飞数据分析发现，在具体的事件描述中，机组对于不稳定进近的适用范围存在疑义，特别是在长跑道

上的拉平阶段。因此，建议**增加不稳定着陆标准**：飞机从准备拉平到接地后使用反推阶段，出现任意厂家提供的偏差标准喊话后飞机没有回到立即正常状态的趋势，以及拉平过程中任何有可能直接导致场外接地的状态。

5.2.10 导航

描述：外部导航故障。失去或部分失去全球导航卫星系统信号输入，实际导航性能无法达到所需导航性能标准，失去外部导航源。

数据：事故/征候数据显示，导航主题在第三/四代机中排名在中上游位置，但在 IATA 统计数据中，导航主题的训练频次是 C 类（即三年训练一次）。航线运行故障数据显示，A320 和 B737 机型飞行员报告故障数量统计结果中，导航系统数量最多。A320 机型占比 17.9%，常见故障为 ADS-B 或 GPS 故障；B737 机型占比 40.8%，常见监视系统或导航显示相关故障。

5.3 训练主题映射

5.3.1 引言

最初，较多训练科目采用针对“出现严重后果”的事件（典型的事故和征候）进行重复训练的方式。这种方法虽然能够提升飞行员对某些特定情况的应对能力，但无法全面覆盖所有可能的安全风险。此外，随着“新”的事件的不断出现，这些事件被简单的添加到训练场景库中，导致训练科目变得越来越庞大和复杂，最终可能形成了一种“勾选框”式的训练方法，即只要完成了所有规定的训练科目，就被认为达到了安全标准。这是以往典型的基于训练时间和经历的飞行员训练方案。

而 CBTA 的训练目标是要以提升飞行员的九大胜任力为目

标来开展相关的训练，对于基于胜任力的概念中有两个重要的概念。其一为胜任力需要在特定的条件下展示，另一个则是**胜任力可以在一定条件下迁移**。

如何选择训练载体来进行基于胜任力的训练成为了训练的关键。在投入资源固定的情况下，如何确保使训练有效率、有效果和有效益，是当下亟须解决的问题。循证训练方案强调以科学证据为基础来制定训练计划和评估训练效果，能够更准确的识别不同群体的学习需求和技能差距，从而提供更加个性化和有效的训练方案。

人类学习的过程，既是对原有经验的迁移与运用，也是将知识视为原料进行深度加工，以转化为自身能力的过程。这一过程的最终目的是解决各种不确定性问题，特别是在成人学习中更为显著。无论是通过迁移经验还是加工知识，我们都面临着如何高效转化的问题。

人类学习的过程不仅仅是简单的接收和记忆信息，更重要的是能够将已有的知识与新学的知识进行关联、比较和融合，从而构建出更加完整和深刻的理解。关联类比作为一种学习方法，正是基于这样的认知原理，它鼓励学习者寻找不同知识点之间的内在联系，通过类比的方式加深理解，促进知识的迁移和应用。

学习的本质在于不断的用旧的知识去解释新的知识，这是一个动态、持续的过程。在这个过程中，关联类比能够激发学习者的创造力和想象力，促使他们发现新的视角和思路，从而创造出更新、更有价值的知识。同样的，将关联类比融入飞行员训练中，不仅能够提高训练效率，还能够培养飞行员的批判性思维和创新能力，为他们的个人成长和职业发展奠定坚实的基础。

对于飞行员训练来说，将实际面临的运行条件(威胁与差错)精准分类并整合成高效的训练主题，进而构建出贴近实战的训练

场景库，无疑是提升飞行员胜任力和安全绩效的核心策略。基于现有的中国民航 EBT 实施现状，课程开发人员使用现有的 IATA 训练主题，难以有效的开发针对中国运行特点的训练场景。

为此，首先需要厘清并整理好威胁与差错的分类体系，然后分析以飞行员的视角去管理这些威胁和差错需要调用的知识、技能和态度（KSA）。再将相类似的一些知识、技能和态度进行整合形成模块化的训练主题。

这一过程需要特别关注以下两个方面：

(a) 关注威胁与差错的**因子聚类**情况。那些显著聚类的因子在训练中应被视为更为重要，因为它们往往出现在复杂且困难的情境中。这些情境可能要求比简单直接的事件更高的能力水平。具体来说，当某些因子在数据分析或实际情况中紧密相关，并呈现出明显的聚类特征时，这通常意味着这些因子共同影响着某个结果或现象。在训练过程中，关注这些聚类显著的因子，整合成为单独的训练主题，可以帮助飞行员更好的理解和应对复杂多变的挑战。

(b) 可以通过威胁和差错的分类和子类，来确定可以关联类比的训练场景，并整合成为训练主题。例如飞机上的火警或烟雾可能发生的情况有：发动机火警、货舱/客舱烟雾，分为有警告/无警告的情况，还可出现在不同的飞行阶段，而他们都被纳入至火警和烟雾管理主题下。同样的，根据本次报告中提供的数据，有必要为鸟类威胁开辟一个单独的训练主题，并设计相关的场景要素范例。

5.3.2 训练主题映射表

数据报告组形成了训练主题映射表（参考附件 2），此表在 IATA 提供的 TEM 分类法基础上，根据中国民航数据进行了修订，并重新映射了训练主题和子主题。

训练主题映射表内的各训练子主题均对应相关的知识、技能和态度（KSA），样板可在民航局网站“飞行人员信息咨询”(<http://pilot.caac.gov.cn>)“飞行员全生命周期管理”模块中下载。样例见下表 5.1。

代码 Code	威胁/差错/HAS Threats/Errors/HAS	SME 训练主题 Topic	子主题 Subtopic	知识 Knowledge	技能 Skill	态度 Attitude	重点 Key	备注 Remark	主题描述 Training topic Narrative
001-01	天气威胁 Weather threat	恶劣天气 Adverse weather	雷暴/Thunderstorm	1. 了解雷暴天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 3. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 4. 了解雷暴天气的识别和避免方法。	1. 了解雷暴天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 3. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 4. 了解雷暴天气的识别和避免方法。	1. 了解雷暴天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 3. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 4. 了解雷暴天气的识别和避免方法。	1. 了解雷暴天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 3. 了解雷暴天气的识别和避免方法。 4. 了解雷暴天气的识别和避免方法。		
001-02	天气威胁 Weather threat	恶劣天气 Adverse weather	结冰/Icing	1. 了解结冰天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解结冰天气的识别和避免方法。 3. 了解结冰天气的识别和避免方法。 4. 了解结冰天气的识别和避免方法。	1. 了解结冰天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解结冰天气的识别和避免方法。 3. 了解结冰天气的识别和避免方法。 4. 了解结冰天气的识别和避免方法。	1. 了解结冰天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解结冰天气的识别和避免方法。 3. 了解结冰天气的识别和避免方法。 4. 了解结冰天气的识别和避免方法。	1. 了解结冰天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解结冰天气的识别和避免方法。 3. 了解结冰天气的识别和避免方法。 4. 了解结冰天气的识别和避免方法。		
001-03	天气威胁 Weather threat	恶劣天气 Adverse weather	湍流/Turbulence	1. 了解湍流天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解湍流天气的识别和避免方法。 3. 了解湍流天气的识别和避免方法。 4. 了解湍流天气的识别和避免方法。	1. 了解湍流天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解湍流天气的识别和避免方法。 3. 了解湍流天气的识别和避免方法。 4. 了解湍流天气的识别和避免方法。	1. 了解湍流天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解湍流天气的识别和避免方法。 3. 了解湍流天气的识别和避免方法。 4. 了解湍流天气的识别和避免方法。	1. 了解湍流天气系统及其对飞行安全的影响。 2. 了解湍流天气的识别和避免方法。 3. 了解湍流天气的识别和避免方法。 4. 了解湍流天气的识别和避免方法。		

表 5.1 训练主题对应 KSA 映射表

6 其他主要发现

6.1 合规性悖论

合规性在飞行员胜任力维度上主要体现在严格执行规定程序的能力。然而，在深入分析训练评语及 LOSA（航线运行安全审计）观察结果时，数据报告发现了一个明显的矛盾点：尽管航空公司对合规性的要求日益严格，但飞行员在实际运行中偏离标准操作程序（SOP）的情况却依旧经常发生。具体而言，LOSA 报告中揭示的差错中，有高达 50%的比例为偏离程序以及程序的“错忘漏”。尽管航空公司已高度重视管控偏离 SOP 风险，但航段的差错率并未出现显著下降的趋势，这一现象需要我们深入研究。

这一悖论的核心在于，即便不断强化合规性标准，其实际效果却并未能同步提升，飞行员的差错率依然未见显著下降。这促使我们深入研究：是合规性规定的设置存在问题，未能充分应对现实挑战，还是在执行层面遭遇了重大障碍。

进一步分析后，数据报告发现一个错综复杂的状况：尽管航空公司在机组差错管理方面已投入大量资源，试图通过各类措施来提升飞行员在这方面的绩效水平，但过去四年间，某大型航司的 LOSA 报告揭示的机组差错有效管理率却始终徘徊在 20% 左右，未见实质性改善。这一数据与航空公司安全绩效考核的高分表现形成了鲜明对比。安全绩效考核的高位运行，与差错管理效果的停滞不前相悖，进一步加深了我们对合规性执行效力的认知。

为了解开这一悖论，需深入剖析合规性要求的本质、实施过程细节及其产生的实际影响。合规性要求的初衷无疑是提升飞行员的操作规范性，进而增强飞行安全性。然而，在实践中，不合规事件的绝对值却呈现出上升趋势，这确实引发了一个值得深思的问题：是否合规性要求的增加，在某种程度上，反而促成了更多不合规行为的出现。

确实，事实远比表面看起来复杂。需要澄清一个误解：合规性要求的增加，其本身并非不合规事件增多的直接原因。相反，这些要求的提升是出于对飞行安全的高度重视，旨在通过更严格的规范和约束来减少飞行员操作中的潜在风险。

然而，在实际执行过程中，我们面临着诸多挑战，这些挑战可能导致合规性要求的执行效果未达预期。一方面，飞行员可能因培训不足而未能充分理解和掌握新的合规性要求，从而在操作中出现偏差。另一方面，复杂的操作环境、紧急情况下的应急反应等因素也可能影响飞行员的判断力，导致他们偶尔偏离标准操作程序。

因此，我们需要重新审视合规性标准。一方面，合规性要求作为飞行安全的重要基石，其重要性不言而喻，绝不容许有丝毫的松懈。另一方面，我们同样需要密切关注合规性要求的执行效果，确保它们能够切实有效的规范和约束飞行员行为，从而真正

提升飞行安全水平。

6.2 意外性

在深入探讨训练的有效性与实用性时，意外性因素的融入占据了举足轻重的地位，尽管它可能并不总是直接反映在事故及征候的报告中。从传统训练实践来看，教员通过灵活调整训练科目顺序来增加挑战性，以及在 EBT 框架下，学员对于未预设场景的练习反馈出更高的应对需求，均间接凸显了意外性在训练中的不可或缺性。

黑天鹅事件的频繁发生，更是对意外性训练提出了迫切需求。它要求机组在面对突如其来的威胁时，必须展现出超越常规的胜任力与应变能力。若训练内容仅局限于预期之内的事件，那么训练的本质将不可避免地沦为一系列僵化流程的重复，从而丧失了其培养灵活应对能力的核心目的。

进一步细化来看，意外性与惊吓效应虽在某些方面有共通之处，但两者本质上存在显著差异。意外性主要聚焦于情境的非预期性和突发性，它要求个体在未知或非常规情境下迅速做出判断和行动，以此锻炼其适应性和应变能力。而惊吓效应则更多地与突如其来的、强烈的情感冲击相关联，它可能在瞬间吸引注意力，但并不一定能够促进深度的认知处理或实质性的技能提升。

因此，在训练设计的布局中，我们应当精心策划并合理引入意外性元素，而非仅仅追求表面的惊吓效果。这样做的目的在于，通过创造富有挑战性的非预期情境，激发学员的潜能，促使他们在压力之下展现出更加出色的表现，从而真正实现训练成效的质的飞跃。

以不安全数据报告为例，其中记录的 5109 起事件中，导致飞机受损的鸟击事件和雷击事件，都是典型的意外性场景。数据

分析不仅揭示了意外事件的高发性，还详细列出了多种场景要素，为训练提供了宝贵的参考，强调了在实际训练中模拟此类意外情况，以增强机组应对不可预见挑战的能力的重要性。

飞机故障统计：从故障的原始数据描述中，数据报告发现在运行中出现的故障与模拟机训练中的使用故障并完全一致。通过对比 A320 全动模拟机的故障描述与运行中出现的故障描述，结合教员经验，分析得出故障相似度为 65%。所以意外性主题的训练显得尤为必要，在非预期时需要训练沉着冷静的态度，以及应对风险挑战的自信。

6.3 复飞的训练方案

经过对复飞事件中主客观因素的细致对比，发现主观因素占据了 66%，远超客观因素。主观因素在复飞决策中起着至关重要的作用，机组需实时评估当前飞机和环境状态，并依据公司标准来判断是否适合继续着陆。

然而在具体案例中，数据报告发现机组对于不稳定进近，特别是在长跑道拉平阶段的认知存在模糊地带。例如某航司制定的不稳定进近标准，适用于飞机在仪表飞行条件（IMC）下距离跑道入口处高度 1000 英尺至着陆接地区，以及在目视气象条件（VMC）下 500 英尺至着陆接地区。数据显示，该航司一年 126 起复飞中，有 38 起复飞发生在 250ft 以下，更有 15 起在 10ft 以下。深入分析这些低高度复飞，我们发现一个共同点：着陆拉平阶段机组在飞越跑道入口后 1200—1800 米（4000 至 6000 英尺），意识到进近不稳定时选择复飞，这可能源于机组对稳定进近阶段界定认知存在差异。

然而，稳定进近主要适用于进近阶段，其实并不包括着陆拉平阶段。因此数据报告建议为着陆拉平阶段单独设置状态不稳定

时需要的复飞条件。需考虑进一步明确各个阶段的定义，以便机组能够更准确的做出决策。特别是长跑道运行时，长平飘导致的飞机低高度小速度，机组因超过跑道标识接地区外接地风险而考虑复飞的情况，事实上此时复飞擦机尾的风险远高于冲出跑道的风险。

建议修改不稳定进近的适用标准：仪表飞行条件（IMC）下距离跑道入口处高度 1000 英尺至着陆拉平开始或跑道入口高度（通常为 50ft）；目视气象条件（VMC）下 500 英尺至着陆拉平开始或跑道入口高度。

建议增加不稳定着陆标准：飞机从准备拉平到接地后使用反推阶段，出现任意厂家提供的偏差标准喊话后飞机没有回到立即正常状态的趋势，以及拉平过程中任何有可能直接导致场外接地的状态。

此外，在数据的事件描述中还发现机组在主观判断天气条件时，存在与实际标准不一致的情况。例如，某机组在 200 英尺高度仅通过导航显示器（ND）判断风况超过机型限制值的最大着陆顺风，机组直接选择复飞。类似案例提醒航空公司需要加强对机组在天气条件判断方面的理论培训，以确保他们能够准确掌握并应用相关标准。为了解决该问题，需要简化并明确进近、着陆的标准，使其更易于机组在实际运行中应用。由于机组在这个阶段面临较大的工作负荷，他们可能无法使用理性决策模型来完成信息收集、分析判明、方案选择、执行回顾来做出决策。因此，需要通过训练帮助机组建立直觉决策模型的适配条件，使他们能够在关键时刻迅速做出正确的决策。所以需要从组织和培训层面明确进近阶段、着陆阶段分别要考虑的信息点，有任一信息点或信息点的组合达到条件就必须触发复飞决策。信息点的收集可以考虑标准的情景意识雷达的扫描面，即从人一机一环的模型来进

行。

决断高后失去能见的情况虽然仅占复飞事件的 4%，但这一比例依然不容忽视。从数据结果来看，由于传统训练对这方面的重视，机组在面临目视迅速转为仪表飞行并实施复飞的技能上一直保持着较高的水平。这体现了传统训练的有效性，也说明了机组在应对此类突发情况时，具备了较好的专业素养和技能。

从单独复飞报告看，出现不安全事件的复飞超过 50%没有做充分的准备。航空公司在训练中大力倡导机组学会如何简短而有效的进行复飞补充简令，不仅可以帮助机组在复飞关键阶段减少工作负荷，还能确保在紧急情况下能够迅速、准确的执行有准备的复飞程序。通过模拟训练、案例分析等方式，可以帮助机组熟练掌握这一技能，并在实际飞行中灵活应用。

注：其他关于复飞数据分析的结论和建议，可参考本数据报告第 7.3.4 部分。

6.4 技能衰退特点

对于飞行员技能衰退的研究，一直是飞行培训领域研究的重要课题。这一研究方向致力于深入理解飞行员技能如何随时间推移而逐渐衰退的现象，并探索其背后的深层原因、关键影响因素以及有效的干预策略。通过跨学科的方法，结合心理学、生理学、教育学等领域的理论，研究者们力图揭示技能衰退的复杂机制，为制定科学有效的飞行训练体系提供理论依据和实践指导。具体而言，研究不仅关注飞行员操作技能、决策能力、情境意识等核心技能的衰退规律。这些技能直接关系到飞行安全，其稳定性和持续性对于飞行员而言至关重要。同时，研究还深入剖析了年龄、飞行经验、训练频率、心理状态等个体差异如何影响技能衰退的速度，以期为飞行员的职业生涯管理、定期复训制度的优化以及

飞行安全水平的提升提供有力支持。

在 IATA 的数据报告里引入 FAA 的研究报告对于人工航迹控制的研究发现，指出相比其他能力，人工航空器控制在克服时间带来的技能衰减方面表现出更强的韧性。这一发现为理解飞行员技能衰退的多样性提供了新的视角，也强调了不同技能类型在衰退过程中的差异性。

通过对某航司 737 机队三年的飞行品质和部分模拟机训练数据的详细分析，研究揭示了飞行员的起飞与着陆技能在长时间不执行飞行任务或面对不同工作条件时，会展现出一定的稳定性和变化性。成熟的飞行员的技能衰退相对不明显，而新获取型别资质的飞行员则表现出更大的技能波动性。这一发现与“煮开水理论”相呼应——持续投入和不断加热才能将水煮沸，我们发现迅速建立关键技能并保持持续的培训和练习对飞行员技能的稳定性和提升同样至关重要。对于飞行员而言，这意味着在职业生涯中需要不断的学习和实践，以维持和提升自己的技能水平。同时必要的定期培训和最低限度的经历保持也是维持技能水平的先决条件，有助于防止技能因长时间不使用而衰退。

6.5 雷击

6.5.1 局方年度报告

局方年度报告指出：自 2019 年以来，每年雷击导致的征候比例分别为 52/576（2019），50/455（2020），53/554（2021），18/288（2022），28/556（2023）占比比率一直占据第三的位置，成为继鸟击、外来物影响以外从征候结果审视角度看最大的运行威胁。

6.5.2 不安全事件报告页

不安全事件报告页表明,统计的 5109 起事件中雷击事件 119 起,其中飞行前和滑行阶段 77 起占比最多 65%,为航后绕机检查出雷击超标事件;爬升阶段 17 起占比 14%,下降阶段 11 起占比 9%、巡航阶段 10 起占比 9%;进近阶段 4 起占比 3%。事件中体现了机组需要提高管理的雷雨威胁的各种胜任力需求,从这个角度可以明确,使用模拟机进行雷雨绕飞训练是失分必要的,因为尽管雷雨的动态变化在模拟机上的设置比较固定,但是对于绕飞的长期策略和短期战术,以及如何进行简明表达的沟通的技巧,合理的分配的技巧都是可以训练的。

6.5.3 绕飞雷雨的问卷调查

(a) 信心水平: 大多数受访者 (80.62%) 对每一次天气绕飞都有一定信心,其中比较有信心的占比最高 (65.08%),仅有极少数受访者 (2.09%) 完全没有信心,总体上,多数人能够掌握相应的知识,有信心面对雷雨绕飞,但仍需关注少数情况下的低信心问题,结合问卷中的其他数据,可以体现出影响信心的因素主要在于绕飞空域限制、沟通、气象知识了解程度、航空公司对于雷击事件的处理结果。

(b) 知识需求: 雷雨绕飞涉及的知识较广,绝大多数受访者认为绕飞天气最需要的知识是气象雷达功能及其使用 (96.67%) 和气象知识 (92.99%),地形知识 (60.96%),这是在培训环节所注重的。少部分受访者 (12.37%) 认为还需要其他特定知识,其中,管制员的因素是提到的最多的,比如指挥特点、空域和沟通能力等,结合本次调查数据,这同样是飞行员在绕飞时认为面临的最大挑战。

(c) 策略态度: 云外绕飞策略客观来说是一种相对较保守的

策略，有一定的实用性，但也存在局限性，例如夜航，能见度影响。超过半数受访者（57.91%）表示赞成此策略，其中比较赞成的占比最高（34.18%），非常赞成次之（23.73%），不赞成的受访者占比为 14.35%。这表明策略在实际应用中被普遍认可。

(d) 挑战因素：在绕飞天气中，受访者认为最大的挑战是空域限制（93.33%），其次是管制员沟通困难（70.96%）和天气变化快（46.05%）。部分受访者（5.88%）提到了其他挑战因素，最多的是航空公司处罚政策。飞行员普遍认为的挑战，主要涉及的能力是沟通，其次对天气性质的判断，航空公司处罚政策作为一种安全管控手段，也被认为是挑战之一。

(e) 政策执行：航空公司的绕飞政策制定，往往从保障安全的角度出发，大部分受访者（60.94%）认为比较好落实或者一般，13.05%的受访者觉得无法很好的落实。

(f) 雷击事件影响：航空公司对雷击事件的处理可能带来的影响，绝大多数受访者（92.99%）认为会更为保守，少部分受访者（6.95%）表示会不知所措，在受访者（2.94%）提到的其他可能影响中，出现频次比较高的观点是：公司的调查报告和实际情况有出入，雷击应属于意外事件。

6.5.4 改进建议

(a) 安全政策：

(1) 现有的绕飞政策基本上得到了飞行员的认同，但仍有接近半数的人员处于中立到不赞同，所以公司仍需考虑政策的制定是否过于保守的问题，同时考虑绕飞政策的描述是否容易落实。

(2) 对于公司的雷击事件调查和处罚政策，大部分飞行员认为它会使绕飞策略更加保守，甚至出现过度绕飞，占用空域的现象，从某种程度上来说，空域之所以会成为最大挑战，和保守的绕飞策略密不可分。这样形成了一个悖论，飞行员都不愿意遭遇

雷击和强对流天气，所以对于雷击事件，应该从多维度分析，对于事件报告要基于实际情况，而不是简单的归因为雷达使用不熟练。需要更为直接的为所有运行人员提供指引，在类似情况下应该怎样做才能有效的绕飞天气。

(b) 理论培训：

(1) 飞行员对于雷达、气象知识和地形因素等实用性的知识需求比较强烈，飞行员应该理解雷达的使用原理，可以自行判断出核心威胁区和安全区，从而合理绕飞。同时过于保守其实反映出来的更多是对天气判断的不自信，而不自信的主要原因来源于对准确分析天气的知识储备不够。

(2) 问卷中也体现出绕飞雷雨时与 ATC 的交流上的挑战，在沟通胜任力上，可以设计相关课程，结合雷雨绕飞的实际场景，为飞行员提供常用沟通思路、模式和用语等。

6.6 鸟类威胁

局方年度报告指出：自 2019 年以来鸟击在全年征候的比例一直排在第一位，具体占比分别是 306/576 (2019)、250/559 (2020)、335/554 (2021)、169/288 (2022)、385/556 (2023)。

鸟类威胁在 CAAC TCS-2022 中的结果排名第 8，相比于之前 TCS-2011 和 TCS-2020 中的排名大幅提升。

2014 年 IATA EBT 数据报告第一版曾提及，最初 TCS-2011 调查是在哈德逊河奇迹，由于多只鸟摄入发动机导致双发故障导致的迫降事故发生后不久进行的。与 TCS-2020 或 A&I 研究数据相比，TCS-2011 中的飞行员反馈结果得出的鸟类威胁相关风险排名要高得多，这可能是因为鸟类因素在 TCS 调查时是一个热门问题，因而得到广泛关注后造成的影响。

近年来，随着国家整体环境治理力度的加大，机场周边的生

态系统也随之日趋改善。然而，鸟类栖息在机场周边的湿地以及部分维护不到位的机场滑行道周边，确实给机场的正常运行带来了一定的安全隐患。中国的所有机场虽已加强对周边湿地的管理，通过设置围栏、定期清理和维护滑行道周边区域，或是引入先进的驱鸟设备和技术等方式，避免鸟类机场附近的大量聚集，但在运行中飞行员遭遇鸟击的可能性仍然处于高位。

在 CAAC TCS-2022 调查结果中（见下表 6.1），鸟类这个单一威胁在可能性这个维度上，超过半数的受访飞行员选择了“3-中等情况-每 3—5 年发生一次”及以上的选项，最终得分 13.3（三代机）和 13.6（四代机），分值较高，使得鸟类这一威胁在总排名上较为靠前。

CAAC OPERATOR THREAT	CAAC TCS-2022
E04.01 鸟类威胁	风切变/阵风/尾流
E01.03 风切变/阵风/尾流	冰雪天气
E01.01 恶劣天气（雷暴、降水、雨、雪等）	低能见度
E03 ATC	恶劣天气
E08 交通	火警/烟雾
E05 机场设施	地形/障碍物
E06 助航设备（故障，缺失或不可用/未校准）	缺乏目视参考
E01.02 低能见度	鸟类威胁
E02 缺乏目视参考	发动机故障
E04.03 外来物	未执行复飞

表 6.1 CAAC TCS-2022 调查结果

另外鸟类威胁导致发生一般性事件的可能性，在其他数据中也得到较好的印证。在针对中国民航所有航司的日常运行数据进

行统计后发现，鸟类在所有威胁类别中排名第一。此类情况确实充分说明了鸟类成为飞行员较为关切的单一威胁清单中的一项，具有非常合理的原因。

建议机场应加强与相关部门的合作，共同制定并执行鸟类管理计划。这包括与当地环保部门、林业部门等建立沟通机制，共同监测和评估机场周边的鸟类活动情况，以便及时采取风险管控措施，从源头消除或缓解这一威胁造成的风险。

鸟类威胁在 IATA 对应的训练主题为意外性（Surprise），但之前的相关文件并未设置意外性相关的场景要素范例（Example Scenario Elements）。带有鸟类威胁的场景要素范例，只存在于复飞管理主题下，建立目视参考后，低于决断高度时出现大群鸟类。

IATA EBT 小组在 2021 年数据报告修订版中建议将“意外性”作为 EBT/CBTA 总体原则下的一个关键主题，强调了在所有培训模块中整合意外元素的重要性。这表明“意外性”不仅是一个单独的模块，而且是一个需要贯穿整个训练过程核心理念。

为提高飞行员的韧性和应对非预期情况的能力，在训练过程中整合威胁与差错管理以及意外性等元素，确保训练的全面性和有效性，我们有必要为鸟类威胁开辟一个单独的训练主题，并设计相关的场景要素范例。而为了避免飞行员对相同场景的过度熟悉，场景要素设计应强调多样性和变化性，这包括场景类型、发生时间和发生类型的变化。

在这里我们需要重申的是，训练关切的是高风险主题，而高风险不仅仅意味着只具备高可能性，而是应同时关注该类事件对飞行安全的影响程度，以及训练对于改善此类事件严重性的效果。数据报告建议将鸟类作为单独的训练主题，并开发相应的场景进行训练，训练频率为 B（一年一次）。

7 各数据源分析

7.1 事故/征候

7.1.1 分析方法

运用 EBT 分组数据对事故/征候进行分析共分为两个阶段。

第一阶段是案例分析阶段。分析员阅读事故及征候报告，以确定事故/征候涉及哪些因素（威胁与差错）和/或哪些胜任力的问题。此外，分析员还需要评估训练能在多大程度上减轻事故/征候的结果，即 FSTD（飞行模拟机训练设备）训练在防止事故/征候发生或减轻事件严重程度方面的潜在效果。

研究的第二阶段是基于第一阶段的结果，分析范围仅限于三代机和四代机。这一过程通过分析各个因素的风险、聚类以及训练效果三个维度，从机型代际的角度通过训练的有效性来确定训练主题的优先级。

7.1.2 报告来源——事故/征候调查机构

考虑到国内当前运行的机型均为三代机或四代机，初代机和二代机的运行与当前运行的机型运行特性、设计逻辑、机载设备等有较大差距，参考意义有限，因而在本研究中只考虑三代机和四代机的相关案例。机型代际如下：

机型代际	机型列表
第三代喷气式飞机	B737-300/400/500B737-600/700/800(NG) B747-400 B757, B767 ERJ145

	MD11, MD80, MD90 ARJ21
第四代喷气式飞机	A319/A320/A321, A330, A340, A380 B777 ERJ190 C919

在开始分析前，案例已经过局方初步筛选，提供的所有案例为由于机组原因导致的事故/征候。本阶段的事故/征候案例共 206 个，均为民航局发布的调查报告。案例所在时间分布为 2001 年至 2021 年，其中公司内部上报案例 1 件，重复案例 1 件，组内判定不适用（与飞行机组无关）案例 4 件，二代机 4 件，最终可用分析案例共 196 件。鉴于三代机与四代机的差异，在数据统计方面分别进行统计分析，其中三代机案例共 110 件，包括事故 2 起、严重征候 58 起、一般征候 50 起；四代机案例共 86 件，包括事故 1 起、严重征候 38 起、一般征候 47 起。

7.1.3 分析员

(a) 分析员设置要求

分析员分为分析小组和协调小组。每个小组由 3 名分析成员组成，包括 1 名组长。所有组员均为具备或曾经具备相应型别资质或具备相同代际飞机型别资质的飞行员，以确保小组成员熟悉机型的系统、操作和性能等。由分析小组对案例分析确定相关因素，分析结果上传相应的统计工具。针对组内无法达成一致的项目，在全员会议中探讨典型的分歧点，之后小组继续内部讨论；仍无法达成共识的，案例提交协调小组审核仲裁。由于国内已不再运行 MD11、MD80、MD90 系列飞机，考虑到其作为三代机

的特性，其相关案例（共 8 起）由当前具备同为三代机的波音 737 系列机型资质的飞行员进行分析。

(b) 分析员标准化培训

所有分析小组、协调小组成员及相关数据统计人员需参加标准化培训，以确保数据分析质量。培训内容包括：

(1) 威胁与差错管理（TEM）模型，以及在 TEM 模型中，对以飞行员胜任力为风险管控措施的正确认识；

(2) 清晰的事故/征候分析引导，特别是如何识别事故/征候报告中的影响因素（威胁、差错、有缺陷的对策）；

(3) 实际操作以验证分析员的分析能力；

(4) 获取和记录事故/征候报告分析后的数据。

注：上述标准化培训由 IATA 开发，其长期目标是通过协调安全和培训分类，采用更科学准确的数据收集方法。对于安全方面的 UAS、威胁、差错和聚类，全球民航已经达成共识，但并未就机组人员的风险管控措施达成一致。在 EBT 项目中，飞行机组的风险管控措施是胜任力。这些专题的内容允许更好的理解 TEM 模型和飞行员胜任力，以应对威胁和差错，避免 UAS。

(a) 以下是已开发并提供给分析员的标准化材料、程序和参考文件工作手册。

标准化材料
分析人员接受了标准化培训，包括三个标准化专题： 专题 1：事故/征候分析标准化 专题 2：案例分析 —— 阿姆斯特丹鸟击 专题 3：填写分析员工具
程序和参考文件工作手册
制作并向分析员提供了“分析员指南（Guidance for Analysts Booklet）”

7.1.4 EBT 事故/征候分析

(a) EBT 事故/征候分析-第一阶段

(1) 因素分析

在分析中，因素被定义为该起事故/征候中飞行机组需要应对的环境或状态。

为确保因素分析的准确性，纳入分析的标准是该因素在报告中直接提及，或经分析小组讨论后达成一致，认定基于报告本身可推测该因素的存在。

为确保因素分析的客观性，案例中呈现的所有因素都将纳入后续的分析，在部分报告中，部分提及的因素可能并不是导致事故或征候发生的直接原因，但都应当认为与事件的发生存在关联。

征候数据分析小组决定使用 IATA 安全报告中定义的 68 个威胁和差错分类，并使用飞行员胜任力集作为机组人员的风险管控措施。

注：本信息通告事故/征候数据章节中如无具体说明，通常使用 TEM 分类法，分类法可参考《数据驱动的循证训练（EBT）课程研发指南》（IB-FS-OPS-007）附件 1。

安全分类法与训练分类法保持一致至关重要，特别是对于 EBT 研究和训练关键性调查（TCS），可以有效的把事件分析结论转化为训练需求，与目标胜任力训练顺畅衔接。建议航空公司可采用本章介绍的 TEM 分析方法，统一安全管理部门和训练部门的风险分析方法，对公司不安全事件开展分析，确保分析规范标准全链条贯通。

IATA EBT 威胁与差错分类	
E: 环境威胁	H: 飞机操纵错误
E01 气象	H01 人工操作/飞行操纵
E02 缺乏目视参考	H02 地面导航（机场导航设备）
E03 空中交通服务	H03 自动化（设置/选择）
E04 鸟击/外来物	H04 系统/无线电/仪表（设置/选择）
E05 机场设施	H99 其它
E06 导航（故障，缺失或不可靠/未校准）	P: 程序错误
E07 地形/障碍物	P01 SOP 遵守/交叉检查
E08 交通	P02 检查单
E99 其它	P03 喊话
A: 航线威胁	P04 简令
A01 飞机故障	P05 文件记录
A02 MEL 项目（影响运行的）	P06 不稳定进近未复飞
A03 运行压力	P99 其它
A04 客舱事件	C: 交流错误
A05 地面事件	C01 机组与外界的通讯
A06 放行/书面文件	C02 飞行员 - 飞行员交流
A07 维修事件	C03 CPDLC
A08 危险品	
A09 手册/航图/检查单/程序/数据库	
A99 其它	
B: 心理/生理威胁（医疗）	
B01 疲劳	

B02 视觉错觉/看错	
B03 空间定向障碍和空间/躯体重力错觉	
B04 机组失能	

(2) 胜任力分析

ICAO 将胜任力定义为人的表现的一个维度，用于可靠的预测机组在工作上的绩效表现。胜任力是通过调动相关知识、技能和态度，在特定条件下开展活动或任务的行为来表现和观察的。ICAO 认为胜任力是机组个人和/或团队应对威胁和差错的对策。即，机组可以通过胜任力识别并管理威胁与差错，以降低威胁与差错导致 UAS 的可能性，并及时识别 UAS 并进行管理，将安全关口前移，在威胁、差错、UAS 产生结果（例如征候或事故）之前及时管理，避免产生不可接受的后果。胜任力的缺失可能导致无效管理。

基于此模型，所有的事故/征候报告还被进一步分析是否存在某一项或多项胜任力的缺失或不足导致了事件的发生。

(3) 分析员工具

为尽量减少分析员记录分析结果时存在的差错风险，项目组开发了一个在线工具以记录事故/征候分析报告。分析小组在案例分析达成一致后，适用在线工具填入并提交相应的数据。

在 EBT 报告中被记录并分析的其他参数包括：

- 日期
- 来源（各地区管理局）
- 事件等级（一般征候、严重征候、一般事故、重大事故）
- 飞行阶段
- 机型代际
- 相关因素

➤ 缺失/未表现出的预期胜任力

此类数据上传后经过整合汇总，最终得到如下统计表：

时间	来源	事件编号	事件等级	阶段	代级	C01.04	C01.05	C02 Cor	C03 Cor	知识应	程序应	自动航
2003-04-23	华东地区管理局	B1-201	一般征候	着陆 (从高出:第3代				1			1	
2005-08-29	华北地区管理局	B1-202	一般征候	着陆 (从高出:第3代		1					1	
2007-08-10	中南地区管理局	B2-127	严重征候	着陆 (从高出:第3代							1	
2008-02-29	西北地区管理局	B2-128	严重征候	着陆 (从高出:第3代						1	1	
2022-08-22	东北地区管理局	B2-129	严重征候	飞行前和滑行第3代				1		1	1	
2022-08-22	华东地区管理局	B2-130	严重征候	进近 (第一个:第3代				1		1	1	
2022-08-22	中南地区管理局	B2-131	严重征候	着陆 (从高出:第3代				1		1	1	1
2022-08-22	中南地区管理局	B2-132	严重征候	进近 (第一个:第3代				1		1	1	
2022-08-22	华东地区管理局	B2-133	严重征候	着陆 (从高出:第3代				1				
2022-08-22	西南地区管理局	B2-134	严重征候	进近 (第一个:第3代				1		1	1	1
2022-08-22	中南地区管理局	B2-135	严重征候	巡航 (从爬升:第3代						1	1	
2022-08-22	华东地区管理局	B2-136	严重征候	进近 (第一个:第3代				1		1	1	
2022-08-22	西南地区管理局	B2-137	严重征候	着陆 (从高出:第3代				1		1	1	1
2022-08-22	华东地区管理局	B2-138	严重征候	着陆 (从高出:第3代				1			1	

(b) EBT 事故/征候分析-第二阶段

第二阶段分析的目的是使用第一阶段的结果来分析每一机型代际飞机以及所有同一机型代际飞机的事故/征候。该过程从机型代际的角度，以风险、聚类分析和训练效果的维度，通过训练有效性来确定训练主题的优先级。

(1) 相对风险排序（Relative Risk Ranking，简称为 RRR）

RRR 是一种可以对威胁、差错进行优先排序的算法，它是算法中用于确定训练主题优先级和确定训练重要性的重要来源，可以将数据转换为训练需求。具体来说，RRR 是每一机型代际飞机中给定因素（在第一版 EBT 数据报告中）、威胁、差错和能力（在本数据报告中）的风险排序。其中“相对”一词表示所得值仅相对于计算该值的某一代有效，由于三代机和四代机的理念差异，各个要素的 RRR 值不应跨代进行比较，除非按顺序或排名进行比较。

给定的威胁和差错的频率（可能性）乘以另一个基于严重程度（致命的、非致命的、征候）的数据，得到最后的相对风险排序（RRR）。

筛选给定的风险项，并分别统计包含该风险项的事故、严重征候、一般征候事件的数量。分别除以事件总量，可得到风险项的频率。

为了在排序过程中保持一致性，使风险与训练关键性调查（TCS）的范围相同，在此将百分比数值进行标准化，使其最终数值在 0 到 5 之间。只需将百分数乘以 5，小数点左移两位即可。

由于风险是笼统的使用可能发生的次数乘以严重程度计算所得，需要给严重程度定义一个数值，从而能够计算 RRR。再次，项目组决定为其选择一个五分制，以与 TCS 保持一致。严重程度数值由该因素所涉及的事件的严重性来定义，分别为：

等级	风险系数
事故	5
严重征候	3
一般征候	1

表 7.1 事件等级对应的风险系数

注：此外，有 1 起事故为重大事故，考虑到其在总事件中的占比，RRR 计算中统一将一般事故和重大事故的风险系数作为 5。

计算公式如下：

风险值 = 风险项发生频率 × 5 × 风险系数

其中，

风险项发生频率 = 包含该风险项事件数量 ÷ 该代际总事件数量

然后将每个因素的可能性和严重程度相乘，并将风险值相加，以提供对于给定一代飞机的因素的总风险。在比较不同代际、飞行阶段的风险时，这个排名非常重要，并且它能够关联其他包含

相同因素的风险排名集合或子集。**RRR** 不仅仅是一个因素的排名，它同样也是某一因素在同一代际（或与之相关）飞机的常规风险概念中的重要性的相应代表。下表为四代机 **RRR** 程序计算示例。

威胁或差错	频率									频率×严重程度			总风险
	事件数量			事件占比%			(0.01) %×5			分别×三种严重程度等级			
	事故	严重征候	一般征候	事故百分比	严重征候百分比	一般征候百分比	事故定额权重	严重征候定额权重	一般征候定额权重	事故(5)	严重征候(3)	一般征候(1)	
P04 Procedural Errors Briefings	1	15	10	1.16%	17.44%	11.63%	0.06	0.87	0.58	0.29	2.62	0.58	3.49
P03 Procedural Errors Callouts (error in callout or omission of callout)	1	22	9	1.16%	25.58%	10.47%	0.06	1.28	0.52	0.29	3.84	0.52	4.65
H01 Manual Handling/ Flight Controls	1	24	5	1.16%	27.91%	5.81%	0.06	1.40	0.29	0.29	4.19	0.29	4.77
C02 Communication Errors Pilot-to-Pilot	1	25	13	1.16%	29.07%	15.12%	0.06	1.45	0.76	0.29	4.36	0.76	5.41

表 7.2 RRR 程序示例

以 P04 程序差错 - 简令为例：

四代机总事件数量为 86

$$\text{事故风险} = 1 \div 86 \times 5 \times 5 = 0.29$$

$$\text{严重征候风险} = 15 \div 86 \times 5 \times 3 = 2.62$$

$$\text{一般征候风险} = 10 \div 86 \times 5 \times 1 = 0.58$$

因此，

$$\text{总风险 RRR} = 0.29 + 2.62 + 0.58 = 3.49$$

对三代机和四代机分别统计，并对总风险大小排名，基于训练资源的有限性以及所得排名图中的自然拐点，将所得风险项划分为三个等级并按所属区间分别赋值 3、2、1。

结果如下图所示，在风险排序中可以看到以颜色为基准的拐点。经 SME 讨论后，对该拐点进行调整，部分下一等级的风险项可能会被调整到更高的等级。

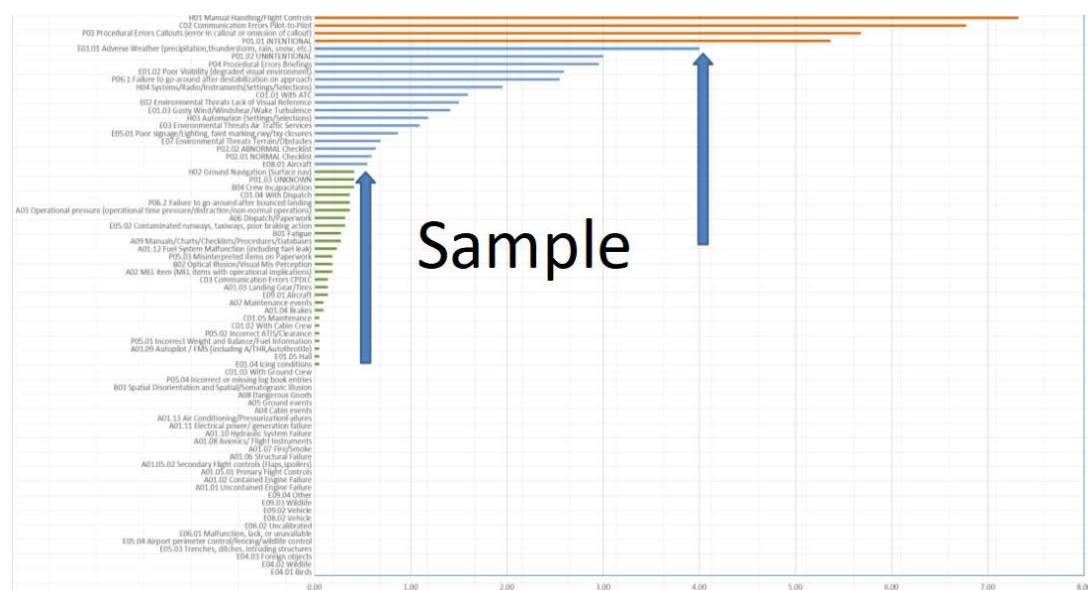


表 7.3 三代机 RRR 排序

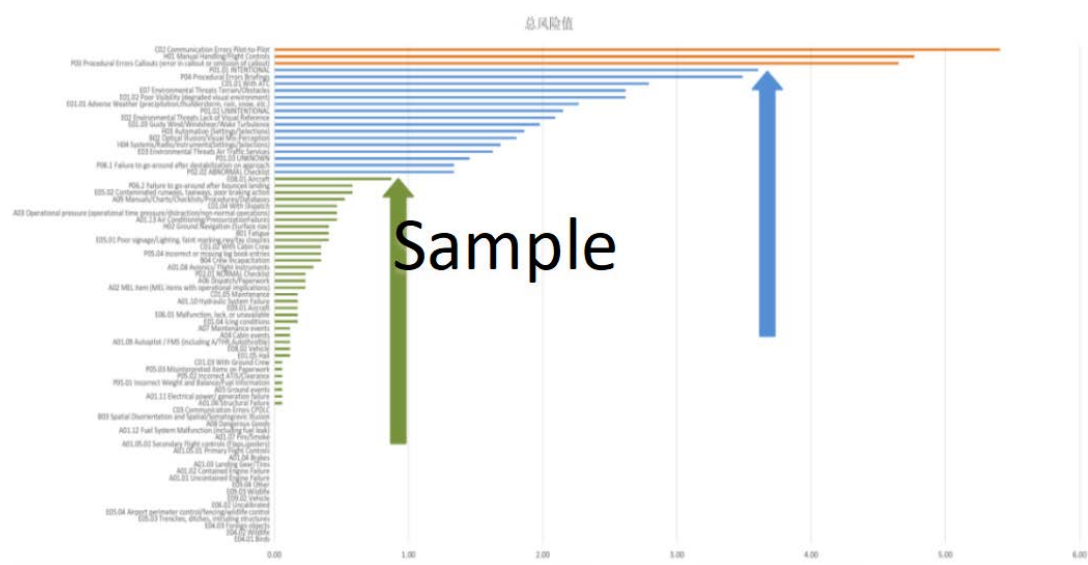


表 7.4 四代机 RRR 排序

注：颜色变化部分为基于自然拐点得到的等级划分。箭头为根据后续数据调整的新的等级划分。

风险是优先级排序中的一个重要因素，但不是唯一的考虑因素，因为具有以下限制：分别关注单独因素，假定各因素间无交互作用，也无组合影响。仅强调应解决的问题，而未涉及到飞行员培训在解决问题过程中的效率。因此，在确定优先顺序的过程中还应包括两个额外的分析结果：各个因素的聚类分析和训练效果。

(2) 聚类分析

从训练的角度来看，一个因素与其他因素的聚类程度是重要的。显著聚类的因素可被认为在培训中更重要，因为它们出现在复杂和困难的场景中，与更简单和更直接的事件相比，可能需要更高的能力水平。

对于给定风险项，首先计算包含该风险项的案例总数。计算每个案例总包含的风险项的数目并加权，得到风险总数。

计算公式如下：

聚类分析指数 = 风险总数 ÷ 包含该风险项的案例总数。

以 C01.02With Cabin Crew 为例：

筛选包含风险项 C01.02 与 With Cabin Crew 的案例。

事件编号	事件等级	阶段	代级代	C01.02 With Cabin Crew	total
A2-044	一般征候	起飞	第4代	1	9
B2-198	事故	着陆	第4代	1	10

包含该风险项的案例有 2 个。这 2 个案例中涉及的所有风险项个数分别为 9、10。

故该风险项的指数 = (9 + 10) ÷ 2 = 9.5

事件个数	total	指数
C01.02 With Cabin Crew 2	19	9.50

表 7.5 聚类分析指数计算

聚类分析中经过 SME 回顾数据，检查原始聚类数据，进一步核查各个威胁和差错之间的关联性。聚类数值越高，代表该风险项与其他风险项的关联越高。SME 需要审查这些风险项的数值排序，如果该风险项呈现异常低值，则认为该项数据不可靠，其可能的原因是在先前的数据清洗时未能排除不相干因素。该类数据在聚类分析中赋值为 0，不纳入数据分析的最终参考，即引入过滤程序，SME 认为该数据可靠的，标记为 1；不可靠的数据则标记为 0。

聚类分析的最高数值为 15，因而可将所得数据分别赋值，即 10-15 赋值为 3；5-9.99 赋值为 2；0.1-4.99 赋值为 1。

Clustering				
Threats or Errors	Raw Cluster	Filter	Clustering	分级
E06.01 Malfunction, lack, or unavailable	15.00	1	15.00	3
E01.04 Icing conditions	12.00	1	12.00	3
E02 Environmental Threats Lack of Visual Reference	9.83	1	9.83	2
P01.03 UNKNOWN	5.82	1	5.82	2
C01.01 With ATC	5.57	1	5.57	2
A05 Ground events	4.00	1	4.00	1
C01.03 With Ground Crew	4.00	1	4.00	1
E08.02 Vehicle	4.00	1	4.00	1
B04 Crew Incapacitation	2.00	1	2.00	1
E04.01 Birds	0.00	1	0.00	0
E04.02 Wildlife	0.00	1	0.00	0
E04.03 Foreign objects	0.00	1	0.00	0

表 7.6 聚类分析

(3) 训练效果分析（Training Effect - TE）

训练效果用来衡量训练对事故和征候的缓解能力。在确定训练在某个场景中的重要性的时候，不仅要确定需要解决什么问题，还要确定培训补救措施对这种情况的有效性。

训练效果分析的目标是获取飞行员在运行中遭遇威胁或差错时的响应或管理，以及通过训练缓解威胁与差错影响的严重程度。例如，安全数据表明“恶劣天气”是一个重大威胁，训练效果分析使我们能够评估飞行员是否也认为这是飞行安全中的重大威胁。

尽管运行中可能会有多个威胁或差错，并且可能会与事件的发生有直接或间接关联，在分析中，为了能够生成更好的训练主题场景，只考虑最关键飞行阶段（即事件发生前或发生时）的威胁和差错管理。对于给定风险项，统计包含该风险项的案例中机组九项能力有欠缺的能力个数，以及假设可以通过模拟机训练提升机组的胜任力。例如，该事件发生不涉及任何胜任力的缺失（尽管这种情形极端少见），则认为通过训练无法对此类事件的发生起到改善作用，即模拟机训练对该类威胁或差错无效。为确保后续数据统计的一致性，对该项数据以 5 分制赋值，如表 7.7 所示。

胜任力缺失个数	模拟机训练效果	赋值
0	无效	0
1-3	差	1
4-6	中	3
7-9	好	5

表 7.7 模拟机训练效果赋值

TE 数据分析与聚类分析方法相同，通过筛选数据总表中的风险项，根据效果分析的赋值结果，将赋值总数除以对应的案例个数，即可得到训练效果。

TE 指数 = 训练效果求和 ÷ 事件个数

	事件个数	训练效果求和	指数
C01.02 With Cabin Crew	2	8	4.00
E02 Environmental Threats Lack of Visual Reference	12	40	3.33
E01.02 Poor Visibility (degraded visual environment)	15	47	3.13
P03 Procedural Errors Callouts (error in callout or omission of callout)	32	100	3.13
P04 Procedural Errors Briefings	26	80	3.08
P01.01 INTENTIONAL	30	92	3.07
E06.01 Malfunction, lack, or unavailable	1	3	3.00

表 7.8 四代机 TE 指数

在 TE 分析中，为确保后续数据统计的一致性，对该项数据以 5 分制赋值。将数字 5 分为 3 个等级，可得到风险项的最终赋值：

数值范围	等级/赋值
3.33-5	3
1.67-3.32	2
0.1-1.66	1

Training effect		
Threats or Errors	Training effect	分级
C01.02 With Cabin Crew	4.00	3
E02 Environmental Threats Lack of Visual Reference	3.33	3
E01.02 Poor Visibility (degraded visual environment)	3.13	2
C01.05 Maintenance	1.67	2
P05.04 Incorrect or missing log book entries	1.50	1
A04 Cabin events	1.50	1
E08.02 Vehicle	0.50	1

表 7.9 四代机训练效果 TE 赋值

(4) 总风险值计算

为确保最终结果的客观性，将模拟机训练主题与风险项相匹配，考虑到模拟机训练资源的有限性，对 RRR 以及最终结果数据等级调整，将风险项的 RRR 分析、聚类分析、训练效果分析所得的数值相加，可得到给定风险项的总值。每个风险项的总值（Rank Value）在 0-9 之间。总值 7-9，训练优先级为高（A）；总值 4-6，训练优先级为中（B）；总值 0-3，训练优先级为低（C）。

与此同时，还应考虑到风险项在模拟机上的训练效果，模拟机能否真实还原该风险项。真实性越高，训练效果越好。根据在模拟机上可以还原包含该威胁场景的程度，每个风险项由 SME 讨论后划分为 a、b、c 三个等级。其中 a 表示能够在模拟机上的还原程度最高，b 表示还原程度有一定偏差，c 类的还原程度更

低。

例如风险项 P05.02 Incorrect ATIS/Clearance，在训练中只要给出错误的 ATIS 或者许可即可，与实际飞行中该风险项带来的影响几乎没有差别。

若能够还原部分场景要素，则划分为 b，例如 A01.13

Air Conditioning/Pressurization Failures，在模拟机上无法还原由于空调或增压失效带来的缺氧不适等影响。

如果在模拟机上只能还原一小部分场景要素，则划分为 c，该风险项仍可在模拟机上训练。

如果不能在模拟机上还原这些场景要素，那就不能训练，例如风险项 B01Fatigue 的总值为 5，然而在模拟机训练中我们无法还原机组的疲劳状况，在模拟机上训练疲劳并不能改善飞行员处在疲劳场景下的表现。

Level	Threats or Errors	Comb Score
A	C02 Communication Errors Pilot-to-Pilot	7b
	P03 Procedural Errors Callouts (error in callout or omission of callout)	7a
	E02 Environmental Threats Lack of Visual Reference	7a
	H01 Manual Handling/Flight Controls	7a
B	P04 Procedural Errors Briefings	6b
	E01.01 Adverse Weather (precipitation, thunderstorm, rain, snow, etc.)	6b
	B01 Fatigue	5
	P02.01 NORMAL Checklist	5a
	B02 Optical Illusion/Visual Illusions/Perception	5b
	E05.01 Poor signage/Lighting, faint marking, rwy/twy closures	5
	E05.02 Contaminated runways, taxiways, poor braking action	5b
	P05.02 Incorrect ATIS/Clearance	5a
	A01.09 Autopilot / FMS (including A/THR, Autothrottle)	5a
	B04 Crew Incapacitation	3a
C	E08.02 Vehicle	3c
	A05 Ground events	3c
	C01.03 With Ground Crew	3c

表 7.10 四代机风险项训练优先级排序（总风险值+还原程度）

(5) 模拟机训练主题映射

为了确定模拟机训练主题，下一步是建立映射表，分析风险项与训练主题之间的关系。然后根据映射关系计算训练主题的总

风险值，根据其数值大小确定训练的优先级。

(i) 映射表（Mapping）

映射表的目的是整合证据，归类整合第一阶段分析中得出各项要素，运用多种搜索和过滤方式来识别与特定主题及其重要性的相关信息，根据管理威胁和差错的知识技能态度聚类来形成一定的主题要素，建立威胁与训练主题的映射关系。

该过程首先要建立事件分析表格，然后确定最关键的训练主题。

每个训练主题都有一个特定的支持列表区域，列明所有相关的证据陈述以及概要。证据陈述还与 EBT 事故及征候研究中定义的适当因素以及相关胜任力有联系，提供后续的分析支持。

这些证据陈述会由分析员二次过滤，确保证据陈述与主题相关。

此处引入 IATA 的威胁和差错与训练主题对应表：

Threats and Errors	Code	SME Mapping to EBT Training Topic
A01.01 Uncontained Engine Failure	A01.01	Engine failure
A01.02 Contained Engine Failure	A01.02	Engine failure
A01.03 Landing Gear/Tires	A01.03	Aircraft system malfunction
A01.04 Brakes	A01.04	Aircraft system malfunction
A01.05.01 Primary Flight Controls	A01.05.01	Aircraft system malfunction
A01.05.02 Secondary Flight controls (Flaps,spoilers)	A01.05.02	Aircraft system malfunction
A01.06 Structural Failure	A01.06	Aircraft system malfunction
A01.07 Fire/Smoke	A01.07	Fire and smoke management
A01.08 Avionics/ Flight Instruments	A01.08	Aircraft system malfunction
A01.09 Autopilot / FMS (including A/THR,Autothrottle)	A01.09	Automation management
A01.10 Hydraulic System Failure	A01.10	Aircraft system malfunction
A01.11 Electrical power/ generation failure	A01.11	Aircraft system malfunction
A01.12 Fuel System Malfunction (including fuel leak)	A01.12	Aircraft system malfunction
A01.13 Air Conditioning/Pressurization Failures	A01.13	Aircraft system malfunction
A02 MEL item (MEL items with operational implications)	A02	Aircraft System management
A03 Operational pressure (operational time pressure/distraction/non-normal operations)	A03	Workload, distraction, pressure
A04 Cabin events	A04	Competencies non-technical (CRM)
A05 Ground events	A05	Workload, distraction, pressure
A06 Dispatch/Paperwork	A06	Managing loading, fuel, performance errors
A07 Maintenance events	A07	Cannot be trained in an FSTD
A08 Dangerous Goods	A08	Managing loading, fuel, performance errors
A09 Manuals/Charts/Checklists/Procedures/Databases	A09	Compliance
B01 Fatigue	B01	Cannot be trained in an FSTD
B02 Optical Illusion/Visual Mis-Perception	B02	Upset recovery
B03 Spatial Disorientation and Spatial/Somatogravic Illusion	B03	Upset recovery
B04 Crew Incapacitation	B04	Pilot incapacitation
C01.01 With ATC	C01.01	Competencies non-technical (CRM)
C01.02 With Cabin Crew	C01.02	Competencies non-technical (CRM)
C01.03 With Ground Crew	C01.03	Competencies non-technical (CRM)
C01.04 With Dispatch	C01.04	Competencies non-technical (CRM)
C01.05 Maintenance	C01.05	Competencies non-technical (CRM)
C02 Communication Errors Pilot-to-Pilot	C02	Competencies non-technical (CRM)
C03 Communication Errors CPDLC	C03	Competencies non-technical (CRM)

E01.01 Adverse Weather (precipitation,thunderstorm, rain, snow, etc.)	E01.01	Adverse weather
E01.02 Poor Visibility (degraded visual environment)	E01.02	Approach, visibility close to minimum
E01.03 Gusty Wind/Windshear/Wake Turbulence	E01.03	Windshear recovery
E01.04 Icing conditions	E01.04	Adverse weather
E01.05 Hail		Adverse weather
E02 Environmental Threats Lack of Visual Reference	E02	Adverse weather
E03 Environmental Threats Air Traffic Services	E03	ATC (E03 Air Traffic Services)
E04.01 Birds	E04.01	Surprise
E04.02 Wildlife	E04.02	Cannot be trained in an FSTD
E04.03 Foreign objects	E04.03	Cannot be trained in an FSTD
E05.01 Poor signage/Lighting, faint marking,rwy/txy closure	E05.01	Cannot be trained in an FSTD
E05.02 Contaminated runways, taxiways, poor braking action	E05.02	Runway or taxiway conditions
E05.03 Trenches, ditches, intruding structures	E05.03	Cannot be trained in an FSTD
E05.04 Airport perimeter control/fencing/wildlife control	E05.04	Cannot be trained in an FSTD
E06.01 Malfunction, lack, or unavailable	E06.01	Navigation
E06.02 Uncalibrated	E06.02	Navigation
E07 Environmental Threats Terrain/Obstacles	E07	Terrain (E07 Terrain/Obstacles)
E08.01 Aircraft	E08.01	Traffic
E08.02 Vehicle	E08.02	Traffic
E09.01 Aircraft	E09.01	Traffic
E09.02 Vehicle	E09.02	Surprise
E09.03 Wildlife	E09.03	Cannot be trained in an FSTD

表 7.11 风险项与训练主题匹配

来源：Data Report for EBT - Amendment 2021

此外，在映射过程中，考虑到实际分析所得的数据特性，在参照 IATA 映射表的同时，SME 对所得数据进行了额外的分析研究，认为部分威胁与差错风险项可以映射到其他训练主题。

(ii) 确定模拟机训练主题

为提高飞行员复原力，ICAO Doc 9868 (PANS-TRG) 第 7 次修订版明确了 CRM 培训、飞行员胜任力和 TEM 模型之间的关系，并为 CBTA 课程设计和开发 TEM 与惊吓元素的整合提供指导（来源：EBT 数据报告 2021 修订版）。即，以下训练主题与飞行员胜任力直接相关，是 EBT 项目的基本组成部分，不应单独作为主题训练：

- Competencies non-technical (CRM)
- Compliance
- Workload, distraction, pressure
- Monitoring and cross-checking
- Surprise
- Aircraft system management

此外，不利的风、着陆两个主题未被列入 EBT 与主题的对应图。在 IATA 的分析过程，SME 一致认为不利的风这一主题与“Gusty wind / Windshear / Wake turbulence”威胁有较高的关联性；着陆这一主题则与不利的风有较高的关联性。建议将这两个主题训练频次划分为 B 类。

Training Topic	Score	Training Topic	Score
Aircraft system malfunction	24	Adverse weather	26
Adverse weather	23	Aircraft system malfunction	15
Traffic	13	Go-Around management	13
Automation management	11	Automation management	13
Navigation	11	Error management	11
Error management	10	Traffic	11
Managing loading, fuel, performance errors	10	Managing loading, fuel, performance errors	9
Go-Around management	9	Unstable Approach	8
FSTD limited value	9	Terrain (E07 Terrain/Obstacles)	7
Unstable Approach	7	Approach, visibility close to minimum	7
Terrain (E07 Terrain/Obstacles)	7	Manual Aircraft Control	7
Approach, visibility close to minimum	6	Upset recovery	6
Windshear recovery	6	Runway or taxiway conditions	6
Upset recovery	5	ATC (E03 Air Traffic Services)	6
Runway or taxiway conditions	5	Navigation	6
ATC (E03 Air Traffic Services)	5	FSTD limited value	6
Pilot incapacitation	3	Windshear recovery	5
Surprise	0	Pilot incapacitation	3
Engine failure	0	Engine failure	0
Fire and smoke management	0	Fire and smoke management	0

表 7.12 三代机（左）和四代机（右）训练主题与风险项对应关系
及总风险值排名

7.1.5 优势与不足

在以往的分析中，通常只考虑直接导致事故/征候发生的因素，更侧重分析机组的技术性胜任力，对于非技术性胜任力缺少探讨。本次分析通过运用 TEM 方法，能够客观的分析机组在事件发生前/发生时所处的外界环境和运行环境状态，考虑这些因素带来的直接或间接影响。同时深入分析非技术性胜任力，从更广的维度寻求提升机组表现的方法。

这些数据从局方提供的结果到分析小组的重新整理，得以从不同角度对许多问题进行深入研究。研究的过程是透明的，可重复的，并对不同代飞机有相应的优化。其分级评分赋值机制具备

灵敏度，并且会经过 **SME** 的校准。这次研究尝试显示了收集足够运行和训练数据的可能性，发展必要的方法分析数据，以及通过最终结果对训练科目的训练频次客观评级。同时，通过对关键参数的排序来进行优化，可以发现每一机型代际飞机的不同和共通性。

与 **IATA** 的 **EBT** 事故/征候分析相比，本次分析所有分析员都经过案例培训并了解 **TEM** 知识，能够良好的运用 **TEM** 的方法分析案例并将各因素归类，确保分析结论的准确性。在分析的第二阶段由 **SME** 二次筛选数据，严格遵守风险项与训练主题的映射关系，得到更为客观和符合中国民航运行实际的训练主题排名。

该分析最大的缺点在于数据源本身的缺陷。早期的报告缺乏关于人为因素以及非直接原因的相关因素。长久以来对事故/征候的分析，在关于飞行机组的分析更聚焦在机组的操纵上，即机组做了不合理的操纵或者未能正确响应系统的状态导致了不安全事件的发生，分析的结论通常只聚焦于机组未遵守 **SOP**、操纵水平不足等方面。在九项胜任力的理念推广之前，非技术性胜任力的欠缺往往被笼统描述为“**CRM** 不足”“情景意识不足”，缺乏对事件本身潜在的因素的分析探讨，这直接导致事故/征候分析的因素分析可靠性降低。其次，分析使用的案例事前经过筛选，民航局将事故/征候的分类成人为原因和非人为原因，此次分析的事件仅为人为原因导致的事故/征候，仅对提供的 200 个案例（实际纳入数据分析的案例为 196 个）进行分析，因而其客观性不足，个别训练主题由于缺乏数据驱动，最终的风险呈现出异常低值。

7.1.6 差异原因分析

将中国民航 **EBT** 数据报告结果与 **IATA** 的 **EBT** 统计计算结

果（见下表）对比，可以发现：

EBT/CBTA Overarching Principles (A frequency)					
Generations 3 & 4 Jet Training Topics	➤ Pilot Competencies ➤ Compliance ➤ Monitoring and cross-checking			➤ Surprise ➤ Workload, distraction, pressure ➤ Aircraft system management	
	A	Adverse weather	Adverse wind	C	ATC
		Automation management	Aircraft system malfunction		Engine failure
		Go-Around management	Approach, visibility close to minimum		Fire and smoke management
		Manual aircraft control	Landing		Managing loading, fuel, performance errors
		Error management, mismanaged aircraft state	Runway or taxiway condition		Navigation
		Unstable approach	Terrain		Pilot incapacitation
			UPRT		Traffic
			Windshear recovery		*Operations or type specific

7.13 IATA 推荐的模拟机主题训练周期矩阵

A 类：每 6 个月训练一次；B 类：每 12 个月训练一次；C 类：每 36 个月训练一次

(a) 三代机和四代机在飞机系统故障这一主题的统计数据有较大差异，分别为 15、24，在所有主题中分别排名第 2、1 位，IATA 的统计中则为 B 类。

(b) 交通在三代、四代机中分别排名第 6、3 位，处于上游位置，管理载重、燃油、性能以及导航均处于中上游位置，在 IATA 统计中这些主题均为 C 类。

(c) 四代机导航所得数值较高。

(d) 不利的天气、复飞管理、自动化管理、差错管理这些主题在国内与 IATA 的计算中都占据了较高的位置。ATC、发动机失效、火警和烟雾管理、机组失能统计结果类似，均处于下游位置。其它主题的排名基本相当。

(e) 不稳定进近和人工飞机操纵这两个主题位于中游，IATA 统计中为 A 类。推测可能的原因为近年国内对于不稳定进近的宣贯严格，强调在此种情况下应考虑复飞备降等其他决策，严格

执行“八该一反对”；此外，不同航司对不稳定进近的标准划分较为宽泛，因此一定程度上导致了该主题排名相对后移。国内较为强调人工飞机操纵的重要性，在模拟机检查/训练以及航线运行中有大量的人工操纵内容，使得该方面的问题较 IATA 的结果低。

(f) 在映射到训练主题时（风险项训练优先级排序），表中惊吓的最终数据为 0。但这并不代表机组应对惊吓的能力（或者说复原力/韧性）高低对飞行安全没有影响。这是由于以往的事故/征候报告中并未提及惊吓这一要素，尽管在大量的不安全事件中，系统的失效、语音警告等实际上使机组产生惊吓效应，从而产生短时的僵直、不合理的操纵（包括过量和未响应）、错误的判断故障等，但为了避免分析小组主观臆测产生不可靠数据，因而在最初分析时，若案例没有明确提及惊吓，则不勾选惊吓因素。这导致惊吓的最终数据呈现异常低值。实际上，在 2021 年的 EBT Data Report Amendment 中，认为惊吓这一要素与胜任力直接相关，不应作为单独主题培训。

(g) 表中发动机失效、火警和烟雾管理的数据为 0，其训练优先级与 IATA 一致，均为 C 类。但是如前文所述，国内事故/征候的分析基于人为因素的不安全事件，非人为原因的发动机故障导致的事件没有进行分析统计，例如部分事故/征候中包含发动机失效这一主题，但其原因是机务因素或者鸟击，而非机组的人为原因关车，则该事件提前被筛选排除，并未出现在本次分析中，因而该项数据缺乏原始数据驱动。如果将分析的案例扩展到所有发动机失效相关案例，其所得的结果必然不为 0。

(h) 通过数据分析与 IATA 结果对比也能够发现分析存在的不足。首先是样本范围的局限性。本次分析仅包含征候及以上的事件，但并未覆盖近年所有事故/征候，仅对提供的 200 个案例

（实际纳入数据分析的案例为 196 个）进行分析。如图所示，有多个年份存在分析的样本中严重征候数量超过一般征候的数量，这与实际运行中二者的大小关系存在差异，有大量一般征候（特别是 2006 年之前的案例）未纳入此次分析。而在相对风险排序（RRR）中一般征候和严重征候中涉及的威胁与差错的风险系数不同（分别为 1 和 3），这可能会影响 RRR 的准确性。

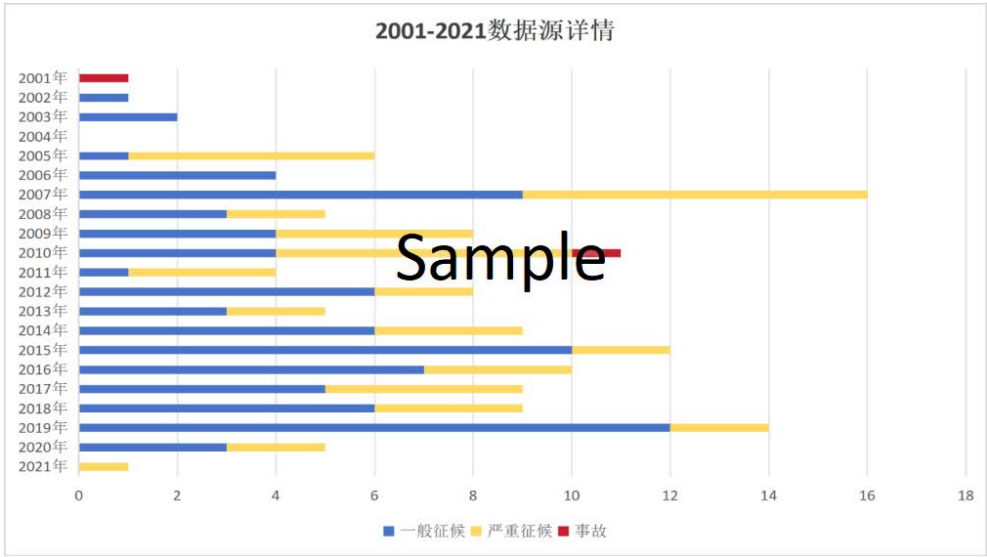


表 7.14 纳入分析的案例数量及等级分布情况

(i) 同时，由于未将未构成事故/征候的不安全事件纳入分析，因此有些未造成严重后果的威胁或差错可能无法在计算结果中体现。因而在训练效果分析（TE）中可能会出现直觉上可通过模拟机训练改善的事件在此次分析结果中呈现“无效”的状况（如图所示），这会对最终的总风险值产生影响。

Training effect			Training effect		
Threats or Errors	Training effect	分级	Threats or Errors	Training effect	分级
E04.01 Birds	0.00	0	E04.01 Birds	0.00	0
E04.02 Wildlife	0.00	0	E04.02 Wildlife	0.00	0
E04.03 Foreign objects	0.00	0	E04.03 Foreign objects	0.00	0
E05.03 Trenches, ditches, intruding structures	0.00	0	E05.03 Trenches, ditches, intruding structures	0.00	0
E05.04 Airport perimeter control/fencing/wildlife control	0.00	0	E05.04 Airport perimeter control/fencing/wildlife control	0.00	0
E06.01 Malfunction, lack, or unavailable	0.00	0	E06.02 Uncalibrated	0.00	0
E06.02 Uncalibrated	0.00	0	E09.02 Vehicle	0.00	0
E08.02 Vehicle	0.00	0	E09.03 Wildlife	0.00	0
E09.02 Vehicle	0.00	0	E09.04 Other	0.00	0
E09.03 Wildlife	0.00	0	A01.01 Uncontained Engine Failure	0.00	0
E09.04 Other	0.00	0	A01.02 Contained Engine Failure	0.00	0
A01.01 Uncontained Engine Failure	0.00	0	A01.03 Landing Gear/Tires	0.00	0
A01.02 Contained Engine Failure	0.00	0	A01.04 Brakes	0.00	0
A01.05.01 Primary Flight Controls	0.00	0	A01.05.01 Primary Flight Controls	0.00	0
A01.05.02 Secondary Flight controls (Flaps,spoilers)	0.00	0	A01.05.02 Secondary Flight controls (Flaps,spoilers)	0.00	0
A01.06 Structural Failure	0.00	0	A01.07 Fire/Smoke	0.00	0
A01.07 Fire/Smoke	0.00	0	A01.08 Avionics/ Flight Instruments	0.00	0
A01.08 Avionics/ Flight Instruments	0.00	0	A01.10 Hydraulic System Failure	0.00	0
A01.10 Hydraulic System Failure	0.00	0	A01.11 Electrical power/ generation failure	0.00	0
A01.11 Electrical power/ generation failure	0.00	0	A01.13 Air Conditioning/Pressurization Failures	0.00	0
A01.13 Air Conditioning/Pressurization Failures	0.00	0	A04 Cabin events	0.00	0
A04 Cabin events	0.00	0	A05 Ground events	0.00	0
A05 Ground events	0.00	0	A08 Dangerous Goods	0.00	0
A08 Dangerous Goods	0.00	0	B03 Spatial Disorientation and Spatial/Somatogravic Illusion	0.00	0
B03 Spatial Disorientation and Spatial/Somatogravic Illusion	0.00	0	P05.04 Incorrect or missing log book entries	0.00	0
P05.04 Incorrect or missing log book entries	0.00	0	C01.03 With Ground Crew	0.00	0
C01.03 With Ground Crew	0.00	0			

表 7.15 三代机（左）和四代机（右）TE 分析结果为 0 的威胁与差错

(j) 调查报告自身存在的问题可能会导致分析的偏差。最典型的是报告的不一致和缺乏标准化。早期的报告缺乏关于人为因素以及非直接原因的相关因素。部分调查报告仅描述事件经过、QAR 译码，并未包含舱音记录以及调查笔录信息，因此无法明确判断导致不安全事件的根本能力。此外，部分调查报告中明确提及“缺乏情景意识”“未严格执行某程序”“机组分工不明确”

“决断意识差”等定性表述，在分析过程中，为确保结果的一致性，避免主观臆测，以调查报告展现出的信息为准，因而分析得出的与任力弱项可能与实际情况存在偏差。

(k) 尽管项目组仅分析了机组因素导致的不安全事件，然而无论是机组原因还是非机组因素的事件，一旦事件发生，都需要机组运用各项胜任力处置。胜任力不仅仅是在机组原因导致的案例中需要，在非机组导致的案例中同样重要。胜任力缺失或不足在特定条件下会导致事件，然而无论是否为机组原因导致，在事件发生后，都需要机组运用胜任力管理，及时发现非正常的状况并做出合理的管理。在 TEM 分析的理念中，安全是一个动态的过程，是以核心胜任力为对策，管理威胁、差错、UAS，以避免或减轻后果的过程。包含了机组因素的事故/征候，尽管从结果

上来说可能很严重，但不代表场景发生时机组的对该情况的处置和管理不当。同样，非机组原因导致的不安全事件，不代表在事件的处置过程中不包含人为原因，机组核心胜任力的欠缺可能导致事件恶化或产生更严重的结果。因而在事故/征候分析中，后续期望能够获得范围更广的数据，对不安全事件，无论是否为机组原因导致，都应纳入分析，获得更全面、可靠的源数据。

7.2 TCS 训练关键性调查

7.2.1 背景信息

训练关键性调查（TCS）是支撑循证训练（EBT）体系的数据源之一，TCS 使用问卷调查的形式开展，主要目标是获取飞行员在日常运行中遇到的威胁与差错。

TCS 允许在运行和训练中有经验的飞行员，根据他们的经验、预测和他们对风险的直接感知，按飞行阶段评估威胁和差错，通过数据统计和归纳，从而识别对飞行安全至关重要的培训主题，确保飞行员在这些领域获得足够的训练，以提高日常运行安全绩效。通过确定哪些培训主题对飞行安全最为关键，航空公司和培训机构可以更有效的设计和实施其培训课程，提高整体的培训效果和效率。

TCS 在国际航空运输协会（IATA）公布的两版 EBT 数据报告中——2014 年 EBT 数据报告第一版（EBT Data Report 1st Edition）与 2021 年 EBT 数据报告修订版（Data Report for Evidence-Based Training Amendment），均占有相当重要的位置。IATA 为 EBT 数据报告第一版开发的 TCS（TCS-2011）针对的是飞行教员，共有来自世界各地多家航空公司的 167 名飞行教员完成了调查。EBT 数据报告修订版对 TCS（TCS-2020）的问卷结构进行了重新制定，不仅仅是飞行教员，而是面向所有飞行员，

最终 563 名飞行员完成了调查。

中国民航为加强飞行员技能全生命周期管理，持续优化训练政策，已于 2022 年 6 月 22 日-7 月 31 日，面向运输航空飞行员开展培训关键性调查。中国民航 TCS（CAAC TCS-2022）项目聚焦于 CCAR-121 部运输航空飞行员这一关键目标群体，通过云桌面系统成功收集了大量问卷数据。从 40263 份原始问卷中，经过严格的清洗流程，剔除了不符合要求或存在问题的数据，最终获得了 39723 份有效数据。这一数据清洗过程确保了后续分析的准确性和可靠性。

上述有效数据不仅数量庞大，而且质量较高，为项目组提供了深入洞察飞行员实际飞行经验和威胁感知的宝贵机会。通过对这些数据的深入分析，可以更准确的了解飞行员在飞行过程中面临的各種威胁和差错，以及他们对此的感知和反馈。

同时，TCS 数据也将成为中国民航改进飞行训练、提升飞行安全水平的重要依据。通过对比不同飞行员的反馈，可以发现其中的共性和差异，进而制定出更加符合实际需求的训练计划和安全措施。

注 1：TCS 问卷结构可参考附件 3。

注 2：TCS 数据分析流程可参考附件 4。

7.2.2 分析与结果

本数据报告同之前的 EBT 数据报告一样，最重要的原则之一是确保对任何单一数据采用保持审慎的态度，所有的发现和结论都基于数据驱动，基于证据和事实。对于一个数据源的分析结果需要通过分析其他数据源的结果来证实，以确保结果的有效性，并由此产生对 EBT 训练主题或场景的建议。

TCS 的目标是获取飞行员在日常运行中遇到的威胁与差错，然后通过数据统计和归纳，从而识别对飞行安全至关重要的培训

主题，确保飞行员在这些领域获得足够的训练，以提高日常运行安全绩效。

(a) 训练关键性调查（CAAC TCS-2022）问卷结果

CAAC TCS-2022 在投放调查问卷时，将目标群体定为云桌面系统内注册的 CCAR-121 部运输航空飞行员，具备较好的平台优势，为问卷的填写和回收带来了极大的便利。CAAC TCS-2022 的受访者来自中国民航七个管理局所辖区域的 99 家运行单位，驾驶着第二、三和四代喷气机的 17 种不同机型（自选项未做统计）。最后共计回收问卷数量 40263 份。执行完清洗流程中的步骤后，最终得到有效数据为 39723 份。

您现在驾驶什么机型？	回收问卷 (百分比)	参与人数	机型代际
A318/A319/A320/A321	43.73%	17607	4J
B737-600/700/800 (NG)	35.14%	14149	3J
A330	5.91%	2379	4J
B777	4.23%	1704	4J
B787	3.01%	1213	4J
A350	2.23%	896	4J
B757	1.25%	502	3J
B737-300/400/500	0.94%	380	3J
Bombardier CRJ Series	0.69%	278	3J
Embraer E170/E175/E190/E195	0.51%	207	4J
B747-400	0.44%	178	3J
B747-8	0.19%	78	3J
Bombardier C Series	0.10%	39	4J

B767	0.04%	18	3J
A340-200/300	0.04%	15	4J
B737-100/200	0.02%	8	2J
A340-500/600	0.01%	3	4J
B747-100/200/300	0.01%	1	2J
Embraer ERJ 135/145	0	1	3J
MD90	0	1	3J
B717	0	1	3J
Other (please specify)	1.5%	605	Unknown

注：此颜色背景机型代表未做统计分析数据。

相较之下，IATA 发布的 2014 年 EBT 数据报告第一版未采纳 TCS-2011 的结果，因为它总共只有 167 名受访者；2021 年 EBT 数据报告修订版（2021 AMD）总共完成了 563 份 TCS-2020 调查问卷，从统计学的角度，结果被认为足以纳入该修正版的最终结论和建议；而 CAAC TCS-2022 回收了足量的来自第三代和第四代喷气式飞机飞行员的调查问卷，足以进行数据分析和结果输出。

有 9 份问卷为第二代喷气式飞机（B737-100/200 和 B747-100/200/300），由于样本量相对总回收问卷数量比例过低，因而未做统计分析。

飞机代次	完成问卷数量
第 4 代喷气式飞机	24063 / 40263 = 59.77%
第 3 代喷气式飞机	15586 / 40263 = 38.71%
第 2 代喷气式飞机	9 / 40263 = 0.02%
其它	605 / 40263 = 1.5%

以下为 IATA TCS-2011（IATA 为 EBT 数据报告第一版）、TCS-2020(EBT 数据报告修订版)以及 CAAC TCS-2022 一览表。

	TCS-2011	TCS-2020	CAAC TCS-2022
飞行阶段	多选	单选	单选
调查对象	教员	全体飞行员	云桌面系统内注册的 CCAR-121 部运输航空飞行员
有效问卷数量	167	563	39723
分类法	40 个因素	IATA 安全分类法（68 类威胁与差错）	IATA 安全分类法（68 类威胁与差错）
飞行员胜任力	无相关提问	要求受访者选择关键胜任力作为改善事件严重程度的对策	要求受访者选择关键胜任力作为改善事件严重程度的对策
分析结果用途	由于数据样本少和机型代际对称性不足，未用于总体数据分析 and 结论	结果被认为足以在整体数据分析中加以考虑	结果被认为必须在整体数据分析中加以考虑

相比之下，在 CAAC TCS-2022 中，受访者在当前运行机型上的经历时间相比 TCS-2020 更为丰富，数据显示 TCS-2020 中多于 5000 小时飞行经历的受访飞行员为 0。

在 CAAC TCS-2022 中，受访者更丰富的飞行经验意味着飞行员对飞机的性能、操作特点以及飞行环境有了更深入的了解。这一优势使得飞行员在填写 TCS 调查问卷时能够更加准确 d 描

述他们所遇到的威胁与差错，以及这些威胁与差错对飞行安全的影响。同时，丰富的飞行经验也使得飞行员能够更好地理解问卷中的问题和选项，从而提供更加有价值的反馈。项目组期待在未来的飞行安全工作中，能够继续收集和利用这些宝贵的数据资源，为提升飞行安全水平做出更大的贡献。

为了保持与 IATA 发布的 EBT 数据报告第一版和修订版的一致性，CAAC TCS-2022 采用了相同的方法论来进行相关风险分析。这种一致性的保持对于确保分析结果的准确性和可靠性至关重要，它使得不同版本之间的数据可以进行有效的比较和验证。

以下为 CAAC TCS-2022 排名前 10 的相关风险排名数据。

第四代喷气式飞机		
排名	威胁与差错分类	RRR 结果
1	风切变/阵风/尾流 Windshear/Gusty conditions/Wake turbulence	54.971
2	冰雪天气 Icing conditions	54.805
3	低能见度 Poor visibility	54.252
4	恶劣天气 Adverse weather	53.821
5	火警/烟雾 Fire/Smoke	52.090
6	地形障碍物 Terrain/Obstacle	51.409
7	缺乏目视参考 Lack of Visual Reference	50.607
8	鸟类 Birds	50.082
9	发动机故障 Engine Failure	49.776
10	未执行复飞 Failure to Go-Around	49.663

第三代喷气式飞机		
排名	威胁与差错分类	RRR 结果
1	风切变/阵风/尾流 Windshear/Gusty conditions/Wake turbulence	55.724
2	冰雪天气 Icing conditions	55.318
3	低能见度 Poor visibility	55.261
4	恶劣天气 Adverse weather	54.077
5	火警/烟雾 Fire/Smoke	51.708
6	地形障碍物 Terrain/Obstacle	51.555
7	缺乏目视参考 Lack of Visual Reference	51.036
8	鸟类 Birds	50.380
9	发动机故障 Engine Failure	49.998
10	未执行复飞 Failure to Go-Around	49.934

在进行相关风险分析及排名之后，CAAC TCS-2022 与 TCS-2020 的原始结果一致，支持维持当前推荐的第三代和第四代喷气式飞机的复训评估和训练主题矩阵与训练频率。

第三或第四代机训练主题	EBT/CBTA 必要训练主题 (训练频率 A)					
	1.非技术胜任力		4.意外性			
	2.合规性		5.工作负荷、分心、压力			
	3.监控和交叉检查		6.飞机系统管理			
	A	恶劣天气	B	不利的风	C	ATC
		自动化管理		飞机系统故障		发动机故障
		复飞管理		进近，能见度接近最低标准		火警和烟雾管理
		人工航空器控制		着陆		管理配载、燃油、性能差错
		差错管理，飞机状态管理不当		跑道或滑行道道面状况		导航
		不稳定进近		地形		飞行员失能
				*复杂状态的预防和改出		航空器冲突
				风切变改出		*特定运行或机型

例如，CAAC TCS-2022 中，第三/四代机飞行员所反馈的前

四大威胁均聚焦于环境威胁，这体现了飞行员在实际飞行过程中对特定环境条件的敏感度和重视程度。风切变/阵风/尾流、冰雪天气、低能见度以及恶劣天气等环境因素对飞行安全构成严重威胁，因此飞行员对这些情况的反馈具有高度的实践指导意义。

值得注意的是，这些反馈与当前的 EBT 训练主题矩阵形成了良好的契合。EBT 训练主题矩阵以 A 或 B 的频率强调对这些天气相关威胁的训练，确保了飞行员在面对这些实际飞行中可能遇到的环境威胁时，能够具备充分的应对能力和熟练的操作技巧。

由于飞行员在归类威胁与差错时可能受到其专业知识和经验的限制，会根据自己的直觉和经验进行判断，可能导致归类的不准确或主观性。但这并不意味着飞行员的观察和分析没有价值。相反，他们作为直接暴露在这些威胁与差错环境中的专业人士，其经验和见解对于训练和改进是至关重要的。

因此，在利用这些数据源时，需要采取一种综合和包容的态度。一方面，应该充分利用飞行员的观察和反馈，将其作为改进训练和操作的重要参考；另一方面，也需要结合其他数据源和专业知识，对飞行员的反馈进行验证和补充。

例如 IATA 通常采取的数据分析策略是将各类数据源结果关联起来，形成一个综合且强大的分析工具，为专业分析提供深入的洞察。这样的综合数据不仅能够展现威胁与差错的全面图景，还能揭示其背后的复杂关系和潜在模式。

通过这种方法，可以构建一个既基于实践经验又符合专业知识的综合分析框架。这样的框架不仅能够提供对威胁与差错的深入理解，还能为未来的训练和操作提供有针对性的建议和改进方向。

(b) 训练关键性调查数据源对比

以下表格为 TCS-2011、TCS-2020 与 CAAC TCS-2022 数据

参照表。

第四代喷气式飞机			
排名	TCS-2011	TCS-2020	CAAC TCS-2022
1	恶劣天气/结冰	风切变/阵风/尾流	风切变/阵风/尾流
2	飞机状态管理不当	冰雪天气	冰雪天气
3	合规性失败	恶劣天气	低能见度
4	人为因素和 CRM	地形/障碍物	恶劣天气
5	ATC	低能见度	火警/烟雾
6	工作负荷/干扰/压力	交通冲突	地形/障碍物
7	低能见度	跑道滑行条件	缺乏目视参考
8	交接操纵不当	未执行复飞	鸟类
9	疲劳	运行压力	发动机故障
10	其他系统管理不当	人工操纵	未执行复飞

第三代喷气式飞机			
排名	TCS-2011	TCS-2020	CAAC TCS-2022
1	恶劣天气/结冰	风切变/阵风/尾流	风切变/阵风/尾流
2	飞机状态管理不当	低能见度	冰雪天气
3	合规性	恶劣天气	低能见度
4	人为因素和 CRM	地形/障碍物	恶劣天气
5	ATC	冰雪天气	火警/烟雾
6	工作负荷/干扰/压力	跑道滑行条件	地形/障碍物
7	低能见度	未执行复飞	缺乏目视参考
8	交接操纵不当	交通冲突	鸟类
9	疲劳	ATC	发动机故障
10	其他系统操作不当	运行压力	未执行复飞

注：红色字体代表该威胁在三次 TCS 调查中均排名在前 10 位，琥珀色字体代表该威胁在 TCS-2020 和 CAAC TCS-2022 中均出现。2014 年 EBT 数据报告中的 TCS-2011 和后续 A&I 研究采用 40 种因素分类法，与本数据报告和 2021 年 EBT 数据报告修订版采用的 IATA 68 类威胁与差错分类法有较大的差异，因而后续如有数据，仅做展示，但不再进行数据比照。

经比对 RRR 排名后，CAAC TCS-2022 与 TCS-2020 有较多共同的威胁与差错类别，例如低能见度、恶劣天气、冰雪天气、风切变/阵风/尾流、地形/障碍物、未执行复飞等 6 种。剩下的 4 种则存在显著差异，他们是火警/烟雾、缺乏目视参考、鸟类威胁以及发动机故障。这 4 种威胁与差错在 CAAC TCS-2022 第三和第四代机排名一致，但在 TCS-2020 中第三/四代机排名中，排名均处于较后的位置。

威胁与差错	TCS-2011 GEN3	TCS-2011 GEN4	TCS-2020 GEN3	TCS-2020 GEN4	CAAC TCS-2022
火警/烟雾	21st	21st	15th	12th	5th
缺乏目视参考	/	/	13th	14th	7th
鸟类威胁	16th	16th	22nd	23rd	8th
发动机故障	24th	29th	26th	27th	9th

(1) 火警/烟雾

火警/烟雾在 CAAC TCS-2022 中，RRR 总排名第 5。相比之下，IATA TCS-2020 对于第三代和第四代喷气式飞机的 RRR 排序中，火警/烟雾并没有如此靠前的排名。这一差异表明，CAAC TCS-2022 的受访者更在意火警和烟雾事件。

对于火警/烟雾事件的相关风险排名的深挖数据分析显示，这类事件的发生可能性较低，但其严重性和训练效果都相对较高。具体而言，从发生可能性的角度来看，三/四代机均有 74% 以上的受访人员选择了“1 - 极少 - 在职业生涯中仅发生一次甚至未发生过”，使得火警/烟雾事件在发生概率上排名倒数第一，显示其发生的可能性极低。然而，在严重性方面，这类事件的数值排名第一。三/四代机均有 60% 左右的受访飞行员选择了“5 - 灾难性的 - 重大财产损失或人员伤亡”，强调了这类事件的高度

严重性。

此外，CAAC TCS-2022 数据显示，火警/烟雾事件的训练效果计算值排名第二，仅次于发动机故障的训练效果。这表明虽然火警/烟雾事件发生的概率不高，但它们被视为可以通过有效训练显著改善的关键安全领域。在中国民航飞行员的年度熟练检查和模拟机训练中，火警/烟雾一般都是作为重点难点科目进行，程序和决策上的复杂性通常会让飞行员从中收获良多，并在其认知中留下深刻的印象。

最后，在日常运行中，出现飞机火警/烟雾事件时，往往会得到整个民航业甚至普通民众的广泛关注，而且在短期内业界会针对此类事件在安全关切的各个方面进行一系列研讨，这无疑会对飞行员对此类事件的回应上产生一定的影响。

(2) 缺乏目视参考

CAAC TCS-2022 数据中，缺乏目视参考在可能性这个维度上，三/四代机的计算结果分别为 11.8 和 11.6，同时排在了第 9 的名次；而严重程度和训练效果这两个维度来看，三/四代机的计算结果排名居中上游。可能性这个单一维度较高得分提高了最后排名，最后结果在 RRR 结果中总排名第 7。

缺乏目视参考在 IATA 68 类威胁与差错分类法里的基本定义为：黑暗/黑洞效应，可能导致空间定向障碍的环境状况。但如果不仔细分辨，很容易和 CAAC TCS-2022 调查结果排在第 3 位的低能见度以及排名 34（三代机）/37（四代机）的机场设施产生混淆。

其中低能见度的基本定义为：任何视觉环境降级（DVE）对机组人员表现构成威胁的情况，包括着陆时的“白化”（雪地）/“棕化”（沙尘）错觉（whiteout/brownout）。但在 CAAC TCS-2022 设计的问卷中，低能见度标题下的说明为：任何情景下，环境可

视性下降（DVE）对机组人员表现构成威胁的情况，包括着陆时的“白洞效应”/“黑洞效应”。这可能引导一部分受访飞行员进行了不同的选择。

另外在机场设施这个威胁下，子类别 E05.01 标识/照明不良，标记模糊，跑道滑行道关闭。同时注明有：对飞机滑出至起飞等待点、着陆至滑入关车阶段，包括滑行时，在飞机移动时对机组或飞机造成影响的威胁。但在 CAAC TCS-2022 设计的问卷中，注明信息被移动至机场设施这个标题层级之下，可能给问卷填写带来了一定的影响，从而改变了某些威胁与差错类别的排序。

最后值得注意的是，CAAC TCS-2022 的调查对象为 121 部运输航空飞行员，受访者和运行区域决定了数据采集主要集中在中国大陆地区。中国大陆的气候特征虽具有显著的多样性和复杂性，但总体来说，典型气候以温带季风气候为主。因而缺乏目视参考这一问题的调查结果可能受到中国大陆典型气候环境影响。而 IATA TCS 数据采集当中受访者地理位置分布较广，受运行环境、较大差异的气候特征的影响相对分散，可能导致对该项目结果的差异。

(3) 鸟类威胁

鸟类威胁在 CAAC TCS-2022 中的结果排名第 8，相比于之前 TCS-2011 和 TCS-2020 中的排名大幅。基于此数据对于后续进行中阶 EBT 的训练的航司，专家组提出将鸟击列为 B 频次训练主题。并列如下列鸟击相关场景要素。

训练主题	频次	飞行阶段	说明	期望效果	场景要素范例	PRO	COM	FPA	FPM	LTW	PSD	SAW	WLM	KNO
鸟击	B	GND	通过设计	预测鸟	视情况起飞前的鸟类活动		X				X			

类 场 景		TO	基于鸟类威胁的适用场景，可以提高机组人员的程序运用、决策能力和应变能力，从而确保飞行安全。在场景设计中，应充分考虑意外因素、惊吓因素以及机组人员的反应和风险管理措施，以模拟真实飞行中可能遇到的鸟类威胁情况。	类活动为可能存在或已知（NOT AM）的鸟类活动做预案，识别鸟击产生的后果，采取适当措施，正确使用适当程序，保证航空器控制。	起飞过程中鸟类活动造成空速停滞或发动机故障，或无异常，但离地后出现干扰信息如“NAV RNP AR CAPABILITY DOWNGRADED”（导航 RNP AR 能力降级）和“NAV ADR3 TAT REJECTED BY WING A-ICE”。	X			X		X					
					V1 时鸟击导致发动机 EGT 超温，客舱机组报告闻到焦糊味	X	X					X				
					抬轮时鸟击导致发动机失速	X					X		X			
					收轮时或进近至低高度鸟击导致空速不一致，或空速指示不可靠，产生超速和风切变警告。		X				X	X				
					起飞爬升时鸟击导致襟缝翼结构损伤，触发大翼漏气故障，随后襟缝翼收放卡阻，客舱机组报告听到巨大的撞击声	X								X	X	
					增速后鸟击，随后爬升时雷达倾角调节失效,ND 右下角显示红色 WX ANT 信号旗无雷达图像。航路上有危险天气。落地后机务报告发现雷达罩鸟击，鸟击区域有一个凹坑。											
					爬升过程中鸟类活动，前风挡加温跳开关跳开，不在关键阶段时，乘务员进入驾驶舱发现驾驶舱前风挡裂纹											
					下降过程中，鸟击导致空速不一致											
					前机报告鸟击，机场临时检查跑道，塔台要求机组复飞或中止进近											
					建立目视参考后，低于决断高度时出现大群鸟类											

注：此颜色背景文本代表该范例有日常运行数据支持。

(4) 发动机故障

发动机故障在 CAAC TCS-2022 结果中的 RRR 排名第 9，但在以往的 TCS 或 A&I 研究数据中，排名都相对靠后，在训练频次上为 C，即 3 年只需训练一次。

发动机故障在 ICAO Doc9995 文件中训练主题下的说明是造成推力损失或下降，影响性能的任何发动机故障或失效。并同时指出与机动飞行培训部分所述的发动机停车机动飞行不同，后者仅为了练习心理运动技能并强化管理发动机故障的程序。

在 CAAC TCS-2022 设计的问卷中，发动机故障标题下的说明为包含或不包含发动机失效，这可能给问卷填写带来了一定的影响。TCS 问卷中该说明实际应翻译为包容性或非包容性发动机失效（Contained or Un-contained engine failure）。

在 IATA 68 类威胁与差错分类法中，发动机失效的威胁同样分为两种：A01.01 非包容性发动机失效和 A01.02 包容性发动机失效（包括过热和螺旋桨失效）。

它们之间的区别在于：包容性发动机故障指的是发动机部件仍然保持在发动机机匣或整流罩内的情况，尽管发动机内部可能有严重损坏。在这种情况下，发动机机匣和周围的飞机结构设计用于容纳碎片，防止其进入飞机客舱或损坏其他关键系统。故障通常通过异常的发动机参数指示，如推力减少或振动增加，机组人员可能能够关闭受影响的发动机并安全地继续飞行。而非包容性发动机故障是一种更加严重的事件。在这种情况下，发动机部件（如涡轮叶片或其他大型组件）发生灾难性故障并被从发动机机匣中抛出，可能对飞机结构和系统造成重大损坏。非包容性发动机故障极为罕见，但后果可能是毁灭性的，包括损坏飞机机身、控制面和其他关键系统。在这种情况下，继续安全飞行的能力通常会大大降低，机组人员可能需要执行紧急程序以尽快降落飞机。

根据 CAAC TCS-2022 数据，分开来看发动机故障各维度下的得分。首先是可能性，三/四代机分别有 68.4%/66.8% 的受访者认为发动机故障发生的可能性“1 - 极少 - 在职业生涯中仅发生一次甚至未发生过”。但 65.7%/63.1% 的受访者认为严重程度为

“4 - 主要 - 航空器损害和/或人员受伤”或“5 - 灾难性的 - 重大财产损失或人员伤亡”。同时 76.1%/75%的受访者认为训练效果是“H - 效果显著 - 没有有效的训练就不可能得到安全的结果”。最终发动机故障这个威胁 RRR 得分值为 49.998/49.776，在两代机中均位列第 9 名。

(5) 未执行复飞

CAAC TCS-2022 问卷中，程序差错下的复飞失败，说明文字为不稳定进近后的复飞失败和着陆弹跳后的复飞失败。该题组实际应翻译为未执行复飞（Failure to go-around）。IATA 68 类威胁与差错分类法现实未执行复飞有两个子类别：P06.01 不稳定进近时未执行复飞（Failure to go-around after destabilization on approach）和弹跳着陆时未执行复飞（P06.02 Failure to go-around after a bounced landing）。这一翻译问题可能同样造成未执行复飞数据的收集发生偏差。

从 IATA GADM1 事故数据库提取到的数据，2012 年至 2016 年的五年间发生的 375 起商用飞机事故中，其中 10% 的事故，未执行复飞是一个重要的因素。在 2016 年至 2020 年的五年间发生的事故，未执行复飞这一因素占比 11%。

与冲偏出跑道关联的诸多事故，机组差错仍是未执行复飞。在 2015 年至 2019 年期间，不稳定进近因素占所有事故的 11%，但有 6% 的机组未执行复飞。

未执行复飞对应的训练主题为复飞管理，当前的训练频率为 A，目前所有的数据都支撑它当前在训练矩阵中的位置。

(c) 训练关键性调查与 A&I 研究数据对比

2021 年 EBT 数据报告修订版中使用两种数据源，根据 IATA 68 类威胁与差错分类法进行分析统计。首先分析的数据源是事故和征候事件报告（2008—2017 年），这些分析的结果产生了

EBT 事故与征候事件（A&I）研究报告。然后，将这项研究的结果与 GADM ADX 数据分析（针对相似的时间段）进行比较，以确定两个数据源结果之间的一致性 or 差异。中国民航在 2022 年对中国民航历史上发生的事故与征候事件，同样使用 IATA 68 类威胁与差错分类法进行分析统计。

第四代喷气式飞机				
事故和征候研究数据				训练关键性调查
2014 1 st REPORT	2021 AMD A&I Study	2021 AMD GADM ADX Analysis	CAAC 2022 A&I Study	CAAC TCS-2022
恶劣天气/结冰	H01 人工操纵/飞行控制	H01 人工操纵/飞行控制	C02 机组间的交流	风切变/阵风/尾流
CRM	P03 标准喊话	P01.01 故意违反 SOP	H01 人工操纵/飞行控制	冰雪天气
合规性	C02 机组间的交流	E01.03 风切变/阵风/尾流	P03 标准喊话	低能见度
飞机状态管理不当	P01.01 故意违反 SOP	P06 未执行复飞	P01.01 故意违反 SOP	恶劣天气
人工操纵	P01.02 非故意违反 SOP	P03 标准喊话	P04 简令	火警/烟雾
跑道滑行条件	H03 自动化(设置/选择)	C02 机组间的交流	C01.01 和 ATC 的交流	地形/障碍物
火警	P06 未执行复飞	E01.01 恶劣天气(雷暴、降水、雨、雪等)	E01.02 低能见度	缺乏目视参考
系统失效	E03 空中交通管制服务	E06 地基导航设施故障或不可用	E07 地形/障碍物	鸟类威胁
系统操作不当	E02 缺乏目视参考	E01.02 低能见度	E01.01 恶劣天气(雷暴、降水、雨、雪等)	发动机故障

工作负荷/干扰/压力	E01.02 低能见度	P01.02 非故意违反 SOP	P01.02 非故意违反 SOP	未执行复飞
------------	-------------	------------------	------------------	-------

以下表格为 CAAC TCS-2022 与 A&I 研究数据参照表。

第三代喷气式飞机				
事故和征候研究数据				训练关键性调查
2014 1st REPORT	2021 AMD A&I Study	2021 AMD GADM ADX Analysis	CAAC 2022 A&I Study	CAAC TCS-2022
飞机状态管理不当	H01 人工操纵/飞行控制	H01 人工操纵/飞行控制	H01 人工操纵/飞行控制	风切变/阵风/尾流
人工操纵	C02 机组间的交流	P01.01 故意违反 SOP	C02 机组间的交流	冰雪天气
CRM	P03 标准喊话	P06 未执行复飞	P03 标准喊话	低能见度
系统失效飞机状态管理不当	P01.02 非故意违反 SOP	E01.02 低能见度	P01.01 故意违反 SOP	恶劣天气
恶劣天气/结冰	P01.01 故意违反 SOP	E01.03 风切变/阵风/尾流	E01.01 恶劣天气(雷暴、降水、雨、雪等)	火警/烟雾
合规性	E01.01 恶劣天气(雷暴、降水、雨、雪等)	A07 维护事件	P01.02 非故意违反 SOP	地形/障碍物
低能见度	P06 未执行复飞	C02 机组间的交流	E01.02 简令	缺乏目视参考
火警	B01 疲劳	A03 运行压力	E01.02 低能见度	鸟类威胁
系统操作不当	E02 缺乏目视参考	A01.03 起落架/轮胎	P06 未执行复飞	发动机故障
地形	E01.03 风切变/阵风/尾流	E01.01 恶劣天气(雷暴、降水、雨、雪等)	H04 系统/无线电/仪表(设置/选择)	未执行复飞

注：红色字体代表该威胁或差错有多重数据源支持。2014 1st REPORT 为第一版 EBT 数据报告 A&I 研究数据，2021 AMD 为 EBT 数据报告修订版数据，包含两类数据：A&I 研究和 GADM ADX Analysis（下文同）。

低能见度、恶劣天气、未执行复飞三种威胁与差错，被多种数据源证实为优先训练类型。

下表将对火警/烟雾、缺乏目视参考、鸟类威胁、发动机故障四种威胁与差错在各数据源之间进行交叉比较。

第四代喷气式飞机									
	2021 AMD A&I Study			2021 AMD GADM ADX Analysis			CAAC 2022 A&I Study		
威胁	总数量	事件类型	RRR/排名	总数量	事件类型	RRR/排名	总数量	事件类型	RRR/排名
火警/烟雾	3/184	0/2/1	0.20/28	7/563	0/1/6	0.261/17	0/1080	0/0/0	0/68
缺乏目视参考	12/184	3/6/3	1.04/9	10/563	1/1/8	0.463/12	12/1080	1/10/1	2.09/11
鸟类威胁	0/184	0/0/0	0.00/67	5/563	0/0/5	0.145/27	0/1080	0/0/0	0/68
发动机故障	3/184	0/2/1	0.20/29	6/563	0/1/5	0.232/18	0/1080	0/0/0	0/68

第三代喷气式飞机									
	2021 AMD A&I Study			2021 AMD GADM ADX Analysis			CAAC 2022 A&I Study		
威胁	总数量	事件类型	RRR/排名	总数量	事件类型	RRR/排名	总数量	事件类型	RRR/排名
火警/烟雾	4/184	2/2/0	0.57/26	9/563	2/1/6	0.673/19	0/1080	0/0/0	0/68
缺乏目视参考	17/184	2/9/6	1.52/9	12/563	6/1/5	1.346/13	13/1080	0/10/3	1.50/13
鸟类威胁	0/184	0/0/0	0.00/67	19/563	1/0/18	0.637/21	0/1080	0/0/0	0/68
发动机故障	1/184	1/1/1	0.11/50	6/563	1/0/5	0.354/32	0/1080	0/0/0	0/68

注：表中事件类型分为致命事故（Fatal accidents）/非致命事故（Non-Fatal accidents）/征候事件（Incidents）。

以上数据再一次证实了缺乏目视参考这一威胁与差错的排

序，在恶劣天气主题下，缺乏目视参考应与其他子主题，诸如雷雨、低能见度、结冰条件以及冰雹等类型受到同等的重视。场景要素范例可以是夜航、昏暗环境并且无中线灯或接地区灯光、无PAPI灯或者环境灯光比跑道灯光更亮的情况。

火警/烟雾和发动机故障对应的训练主题可保持当前训练频率。

7.2.3 从训练关键性调查 CAAC TCS-2022 中产生的建议

在航空业中，由于各种操作和事件的复杂性，安全数据的准确性和标准化至关重要。通过使用像 ISIT (IATA Safety Incident Taxonomy)、ADREP (Accident/ Incident Data Reporting) 分类法以及 CAST (Commercial Aviation Safety Team) 和 ICAO 通用分类小组 (CICIT) 等通用分类法，航空界能够更高效的收集、分析和共享安全数据。

这些分类法不仅为数据提供了结构，还确保了不同组织之间能够使用相同的术语和定义来讨论和解决问题。这不仅减少了误解和混淆的可能性，还提高了行业内部和与监管机构之间的沟通效率。

此外，这些分类法还可以用于开发标准化的安全数据报告系统，帮助航空公司和其他利益相关者更有效地监控和应对安全事件。通过使用这些系统，航空公司可以更快地识别潜在的安全风险，并采取措施来减少事故和事件的发生率。

通过使用标准分类法和支持定义对安全数据进行分类，可以确保数据以有意义的术语被获取和存储。这种通用的分类法和定义建立了一种标准语言，不仅提高了信息和通信的质量，还极大地增强了航空界关注安全问题的能力。

因此，共享通用分类法和定义对于航空界的安全和持续发展至关重要。这些标准不仅有助于改进信息和通信的质量，还有助

于提高整个行业的安全性能。

中国民航的 EBT 训练（基于能力的训练）正处于全面推进阶段，通过对数据的整理，以及从日常运行和训练的观察，从飞行员、教员、检查员，以至管理人员及负责数据收集和分析的人员，对于威胁与差错（TEM）分类法和胜任力整体框架的掌握都需要进一步加强，以实现安全数据与训练数据的有效集成，从而促进整体安全运行水平的提升，以下是建议的步骤：

(a) 培训与教育：为相关人员提供关于 EBT 训练原理、分类法和胜任力框架的培训。这包括强调 TEM 分类法和胜任力对策框架在 EBT 训练中的重要性，以及它们对于提高飞行安全和训练效率的贡献。需要明确的是 TEM 不再单单是一个概念，而是一个具象化的实体，是一个能够有效提升安全运行水平的工具。

(b) 数据收集与分析：在 EBT 训练过程中和日常运行中，加强数据的收集和分析工作，特别需要引起重视的是需要建立统一的 TEM 分类法，然后才能使用该分类法和胜任力框架对收集到的数据进行分类和整理，以便更好地了解训练效果和飞行安全状况。目前收集的训练数据多停留在第 2 级（可观察行为指标），应制定鼓励政策促使训练机构或运营人收集第 3 级（TEM 指标）。如可能，可考虑建设一套飞行员报告系统，利用标准 TEM 分类法和胜任力对策整体框架，并激励飞行员对日常运行中碰到的问题进行报告。

EBT 训练分级指标示例
第 0 级（胜任指标）：飞行员能/不能胜任
第 1 级（胜任力指标）：记录由胜任力评分反映的绩效水平（例如 1 到 5）
第 2 级（可观察行为指标）：按法规或组织要求记录可观察行为
第 3 级（TEM 指标）：记录威胁、差错或由组织预定义的安全裕度下降

(c) 反馈与改进：根据数据分析结果，为飞行员、教员和管理人员提供有针对性的反馈，不仅仅是帮助他们改进训练方法和

技能，还可以不断收集来自各方的意见和建议，对分类法和胜任力框架进行持续改进和优化，并加强该类人员对 TEM 分类法的了解。

(d) 建立合作与交流机制：加强与国际民航组织、其他国家和地区民航部门以及航空公司的合作与交流，学习借鉴先进的 EBT 训练经验和做法。积极参与国际航空安全领域的会议和研讨会，分享中国民航在 EBT 训练方面的成果和挑战。

(e) 政策与标准制定：结合中国民航的实际情况，制定和完善与 EBT 训练相关的政策和标准，确保训练质量和飞行安全。目前中国民航 EBT 数据多集中于第 2 类数据（A&I 研究）和第 3 类数据（TCS），对于第 1 类数据（例如飞行数据分析、训练数据分析、LOSA 数据、专题研究、IATA 和 ICAO 年度安全报告等）较少涉及。因而鼓励和支持行业协会、研究机构 and 高校等参与 EBT 训练的研究和实践工作是非常有现实意义的，可成为推动中国民航 EBT 训练的持续发展的源动力。

通过以上步骤的实施，中国民航可以逐步过渡到以上提到的目标，实现安全数据与训练数据的有效集成，以及提高 TEM 分类法和胜任力框架的掌握程度。这将有助于提升飞行员的岗位胜任力，提高本质安全水平。

7.2.4 优势与不足

(a) TCS 的优势：

(1) 数据量大且质量高。CAAC TCS-2022 项目成功收集了 39723 份有效问卷数据，这些数据不仅数量庞大，而且经过严格清洗，确保了后续分析的准确性和可靠性。大量的高质量数据为深入洞察飞行员实际飞行经验和威胁感知提供了宝贵机会，有助于更准确地了解飞行员在飞行过程中面临的各种威胁和差错。

(2) 问卷结构灵活且便于参与。TCS-2020 和 CAAC

TCS-2022 均采用了在线问卷形式，缩短了问卷长度，使飞行员能够在较短时间内完成填写，提高了数据收集的效率。CAAC TCS-2022 还通过云执照平台收集数据，允许飞行员分多次填写，增加了数据回收的完整性和参与者的便利性。

(3) 数据连续性和可更新性。TCS 作为 EBT 体系的数据源之一，具有数据连续性的优势。通过定期的调查（建议每 3 年进行一次），可以持续更新和补充数据，为训练政策的优化提供实时反馈。TCS 使用的数据比较与分析方法稳健，可用于将来进一步开展调查，确保数据的持续性和可更新性。

(4) 多源数据协同与关联。TCS-2020 和 CAAC TCS-2022 沿用了与 EBT 事故和征候研究数据一致的威胁与差错分类法及胜任力对策框架，实现了多源数据的协同和关联。这种协同和关联有助于更全面地了解飞行员面临的实际情况，为制定更加有效的训练计划和安全措施提供依据。

(b) TCS（训练关键性调查）不足（Weaknesses）：

(1) 存在客观偏差。CAAC TCS-2022 虽然样本量较大，但数据主要集中在第 4 代喷气式飞机上，存在代际偏差，可能影响对整体飞行安全状况的全面评估。尽管对异常值进行了校正，但校正的必要性表明问卷结构在某些方面仍有改进空间。

(2) 结果未充分融入报告结论。CAAC TCS-2022 的数据虽然更为丰富，但由于较为复杂的因素，其结果也未完全融入报告结论，主要用于数据支撑和相关性分析。

(3) 数据收集与处理的复杂性。大规模的数据收集和处理需要投入大量的人力、物力和时间成本，增加了项目的复杂性和难度。数据清洗和校正过程需要高度专业的技能和经验，以确保数据的准确性和可靠性。

综上所述，TCS 作为 EBT 体系的重要数据源之一，在数据

量大、问卷结构灵活、数据连续性和可更新性等方面具有显著优势。然而，存在的客观偏差以及数据收集与处理的复杂性等问题仍需进一步改进和完善。通过不断优化调查方法和数据处理流程，可以进一步提高 TCS 的准确性和可靠性，为飞行训练提供更加有力的支持。

7.3 其他数据

7.3.1 不安全事件

不安全事件的分析方法与本数据报告 7.1.4 类似，具体分析流程和样例可参考《基于训练需求的 TEM 分析指南》（IB-FS-OPS-014）。

7.3.2 LOSA

(a) 分析方法

本研究采用定量分析方法，对五年来的 LOSA 数据进行统计和分类处理。首先，对威胁事件和差错事件进行频次统计和类型划分；其次，计算威胁管理率和差错管理率等指标，以评估机组的管理效能；最后，结合 ICAO 的相关文件和指导原则，对数据分析结果进行解读和讨论。

(b) 数据来源

本研究的数据来源于某大型航空公司自 2019 年至 2023 年期间的 LOSA 统计数据。这些数据覆盖了超过 986 个航班段的观测结果，涵盖了威胁事件、差错事件及其机组对威胁差错管理的能力分类的信息。

(d) 结论

通过对某大型航空公司五年来的 LOSA 数据进行深入分析，本研究得出以下主要结论：

(1) 最大威胁风险识别：环境威胁中的天气变化是航线运行中的最大威胁风险，对飞行安全构成严重威胁。

(2) 差错率逐步减少：飞行员在自我能力提升减少的差错的发生几率，但仍有提升空间。

(3) 程序差错占比突出：程序差错在差错事件中占据较大比例，反映出飞行机组在执行标准操作程序时存在的合规性问题。

(4) 合规性与程序差错关系：合规性要求的增加、理解差异及负担过重可能是导致程序差错增多的原因；然而不合规行为并未直接导致 UAS 增加，提示现有合规性要求可能需调整。

后续要加强 UAS 的统计准确性，需要在 TEM 模型的基础上更好的理解 UAS 是过渡状态而非结束状态。

(e) LOSA 数据收集建议

(1) 每次进行 LOSA 观察明确本次 LOSA 观察的目标。观察目标可以针对往期的情况进行回顾和审视，使得到的数据有参照性和对比性。

(2) LOSA 观察员需要不断的在岗培训，从而加强 LOSA 观察输出质量。

(3) 从不同的使用者来明确 LOSA 观察中的关键参数。对于训练而言关注对于威胁、差错和 UAS 的管理率；对于安全管理者而言关注威胁和差错相关联的最终状态。

7.3.3 训练数据

(a) 分析目标

查看大量训练数据样本，对近五年内训练数据进行统计分析，分析国内民航飞行训练现状，并对知识和技能保持的情况进行定量/定性分析。确定在飞行训练以及在航线中需要学习的地方，以及在不同训练类型和机型方面，表现是否相似或不同。确定哪些学习目标给飞行员带来了困难，以及在不同训练类型和机型方

面，表现是否相似或不同。

(b) 优势与不足

(1) 优势

项目组对超过 20 家国内航空公司提供的训练数据进行了重新整理，从训练通过率和教员评语两个方面分析。数据分析过程和结论均经过至少两位数据分析人员交叉校准，提升分析结论的可信度。

(2) 不足

由于航空公司提供的训练数据内容不完整，导致部分数据无法使用，一定程度上减少了用于分析的数据样本量。未进行飞行阶段、训练科目、不同代际机型、核心胜任力等数据详细分析，未对应培训主题。

(c) 训练数据分析结论

训练通过率数据显示，实践考试通过率低于熟练检查，升级训练通过率最低，考虑与公司政策、考试标准不明确、训练效能不足有关。教员评语分析结果显示：

(1) 实践考试未通过时，初始训练教员评语提及比例最高的是操纵技能和程序执行，升级训练是操纵技能和非技术胜任力，转机型训练是程序执行能力，转教员训练是知识和操纵技能。

(2) 无论训练类型，未通过训练时，教员评语占比最高的是操纵技能和程序执行，教员更关注技术能力。通过训练时，教员评语 CRM 的占比上升，教员关注技术能力的同时，关注到学员的非技术能力。

(3) 人工操纵技能不足，相关科目提及最多的是单发。人工操纵技能不足的原因不确定，考虑与科目难度、训练效能、人工操纵技能衰退有关。

(4) 程序执行能力不足，对程序不理解、执行错漏忘、有意

违规，不足的原因考虑与机型知识欠缺和规章意识薄弱有关。

(d) 训练数据收集建议

(1) 随着训练的深度广度不断扩大，电子训练记录的需求成为必然，电子化记录才能使得训练数据的使用成为可能。

(2) 训练数据收集需要明确训练目标的达成情况，尽可能用统一的评分体系，如果不一样，必须确定一个标准的评估体系，然后在使用时说明该评分体系与标准间的差异。

(3) 评语需要统一性和个性化，统一性利于数据整理，个性化利于学员的自我成长。建议教员使用 TEM 的框架来描述问题。为了更好的服务于 CBTA 训练，TEM 应结合条件描述才能更为准确的对胜任力进行画像。

7.3.4 复飞数据

(a) 数据收集

针对复飞报告格式不统一的问题，为了方便训练部门收集相关数据以开展针对性的培训，需要在组织层面上考虑建立一套标准化的数据收集机制。建议对于每一起复飞事件，机组都应填写一份无惩罚的、格式统一的复飞报告。这份报告应至少包含以下关键信息点：

(1) 复飞动机：机组需明确复飞是出于主观原因还是客观原因。对于主观原因，建议机组详细描述其决策过程和考虑因素，以便后续分析和改进。

(2) 复飞时飞机 AGL 高度及对应阶段：记录复飞发生时飞机相对于地面的高度（Above Ground Level, AGL），有助于分析不同高度、阶段下复飞的特点和影响因素。

(3) 飞机形态：记录复飞时飞机的构型状态，如襟翼、起落架等的位置，有助于了解飞机在复飞前的构型情况。

(4) 是否有 10 秒以上时间进行复飞补充简令：机组应说明在

复飞前是否有足够的时间（至少 10 秒）进行复飞补充简令。这一信息对于评估机组在紧急情况下的准备程度和应对能力至关重要。

通过收集上述关键信息，训练部门可以更加深入的了解复飞事件的实际情况，从而制定更加具备针对性的有效培训计划。同时也有助于提升机组的安全意识和应对能力，确保飞行安全。

(b) 分析及训练建议

(1) 复飞阶段

通过对复飞事件进行了高度分类的统计，发现发生在 2000 英尺高度以上的复飞事件占据了总数的 21%。在这个高度范围内，飞机通常正处于建立着陆构型的过程中。由于此阶段复飞所对应的处理方式相对多样，这可能导致飞行员在执行复飞程序时难以保持统一，进而增加操作风险。此外，高度变化和飞机构型的快速调整也可能导致飞行员对当前飞机状态和构型的判断出现偏差。

为了应对这一问题，建议在训练中加强对飞行员在不同飞行构型下执行复飞程序的培训，特别是在 2000 英尺高度以上的阶段。应明确不同构型下复飞的最佳程序选择，包括速度控制、襟翼和起落架的配置等，以确保飞行员在紧急情况下能够迅速、准确的做出反应。

(2) 关键沟通

在涉及由客观原因导致的复飞情况中，机组通常只需要按照既定程序执行，无需进行过多的分析决策。但这种情境下也隐藏着一定的风险。管制员的语音语调有时可能使机组产生应激反应，进而影响其情景意识出现注意力固着，导致对飞机状态的监控出现疏忽，转而过度关注沟通和后续管理。

为了应对这一问题，在训练中应特别强调机组在特定条件下

的自我管理能力和复原力。机组应学会在紧张或复杂的情境中保持冷静，不被外界因素干扰，确保始终保持良好的情景意识。此外，我们还应该注重机组之间的沟通协作能力。在复飞等紧急情况下，机组之间的有效沟通至关重要。通过训练，应使机组成员能够在合适的时机，清晰、准确、高效的信息共享。

(3) 工作负荷管理

从复飞的准备情况来看，可以明显看到不同高度下的复飞所需准备时间存在差异。在 2000 英尺以上，机组通常有较长的时间进行复飞准备；而在 MDH（最低下降高度）以上，准备时间则相对较短；到 MDH 以下，机组几乎没有时间进行准备。这意味着在大部分情况下（约 60% 以上的复飞事件），机组是有一定时间进行复飞前准备的。

以 10 秒为例，一般情况下 10 秒的时间飞机将损失 120ft 的高度，在这 10 秒内机组至少可以明确 PF/PM 的分工状态、接通自动驾驶（AP）和自动油门（AT）、明确复飞航迹，起始复飞高度等，初步的建立好情景意识和工作负荷管理。这样可以显著减少复飞时出现惊吓效应和短时间内时间压力的影响，使机组能够更专注于复飞的标准程序操作。以往复飞出现较多的 QAR 问题，比如复飞程序错误，多数是因为机组在复飞时既关注复飞航路、绕飞天气、复飞高度、无线电通讯等，同时随着推力的增加，造成驾驶舱噪音的提升和人脑前庭感知错觉，进一步加大了短时间内的的工作负荷。此外，如果时间允许进行简短的复飞任务回顾也是非常必要的，它可以帮助机组快速回顾复飞的步骤和要点，提高复飞期间的决策效率和执行准确性。

因此，在训练中应倡导机组学会如何简短而有效地进行复飞补充简令。这不仅可以帮助机组在复飞关键阶段减少工作负荷，还能确保在紧急情况下能够迅速、准确的执行复飞程序。通过模

拟训练、案例分析等方式，可以帮助机组熟练掌握这一技能，并在实际飞行中灵活应用。

7.3.5 航线运行故障数据

(a) 分析目标

查看大量航线运行故障数据样本，对近五年内故障发生率进行统计，分析故障发生率高的系统，并对常见故障进行分析。

统计飞行员报告的故障发生率，分析故障发生率高的系统，并对常见故障进行分析，确定不同机型方面，表现是否相似或不同。

(b) 结论

考虑所有故障报告来源时，数据显示，故障率最高的系统是设备/装饰，以及灯光系统；排名靠前的其他系统包括：通讯系统、空调系统、起落架系统和导航系统。仅考虑飞行员报告故障时，数据显示：

(1) A320 机型飞行员报告的故障中，占比靠前的系统是导航系统、空调系统、自动飞行系统、起落架系统。最常见故障是：ADS-B 故障、GPS 故障、AIR PACK1 RIGUL FAULT、CAB PR SYS1 FAULT、VENT AVNCS SYS FAULT、FCU 1 FAULT、FMGC 故障、MCDU 闪烁/黑屏/失效、刹车温度指示异常。

(2) B737 机型飞行员报告的故障中，占比靠前的是导航系统、自动飞行系统、空调系统、飞控系统。最常见故障是：TCAS FAIL、气象雷达失效/显示异常、TERR POS、自动驾驶失效/未正确控制飞机、自动油门无法接通、增压座舱升降率异常、襟缝翼系统故障。

附件 1：三代/四代机 EBT 定期复训的训练主题表

三代机训练主题列表	
Training Topic	Score
Compliance	A
Competencies non-technical (CRM)	A
Adverse weather	A
Automation management	A
Go-Around management	A
Error management	A
Surprise	A
Monitoring	A
Unstable approach	A
Traffic	B
Approach, visibility close to minimum	B
Manual Aircraft Control	B
Aircraft System management	B
Terrain	B
Windshear recovery	B
Upset recovery	B
Runway or taxiway conditions	B
ATC	B
Aircraft system malfunction	B
Fire and smoke management	B
Adverse wind	B
Landing	B
Managing loading, fuel, performance errors	C
Pilot incapacitation	C
Workload, distraction, pressure	C
Navigation	C
Engine failure	C

四代机训练主题列表	
Training Topic	Score
Competencies non-technical (CRM)	A
Compliance	A
Aircraft system malfunction	A
Adverse weather	A
Automation management	A
Error management	A
Surprise	A
Unstable approach	A
Monitoring	A
Traffic	B
Go-Around management	B
Aircraft System management	B
Navigation	B
Manual Aircraft Control	B
Approach, visibility close to minimum	B
Windshear recovery	B
Landing	B
Adverse wind	B
Pilot incapacitation	C
Workload, distraction, pressure	C
Managing loading, fuel, performance errors	C
Terrain	C
Upset recovery	C
Runway or taxiway conditions	C
ATC	C
Engine failure	C
Fire and smoke management	C

注：黑色粗体标注的频次由人为原因事故征候数据直接得出，考虑到之前安全管理分类中还有大部分的其他原因的事故征候分别都与系统故障、发动机失效、着陆能力、意外雷击、不稳定进近强相关，结合 TCS 数据反馈的烟雾火警威胁的靠前排序，专家组根据 IATA 提供的现有的 28 个训练主题进行了补充及排序。

附件 2：训练主题映射表

威胁/差错/UAS Threats/Errors/UAS	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
E - 环境威胁 Environmental Threats	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
气象条件 Meteorology		
雷暴 Thunderstorms	恶劣天气 Adverse weather	雷暴 Thunderstorms
冰雹 Hail	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
结冰条件 Icing conditions	恶劣天气 Adverse weather	结冰条件 Icing conditions
寒冷天气 Cold Weather 包含：雪 snow、雨夹雪 sleet (rain and snow mixed)、冻雨 freezing rain、冻毛毛雨 freezing drizzle、低高度冰晶 low-level ice crystals、低温 low temperature	恶劣天气 Adverse weather	寒冷天气 Cold Weather
高温天气 Hot weather	恶劣天气 Adverse weather	高温天气 Hot weather
火山灰（空中或机场地面沉积） Volcanic ash (airborne or deposited at the aerodrome)	恶劣天气 Adverse weather	火山灰 Volcanic ash
沙 SA 或尘 DU（或由此产生的沙尘暴 DS/SS） sand or dust (including dust storms or sandstorms)	恶劣天气 Adverse weather	沙尘 Sand or dust conditions
大/暴雨（非雷暴或强对流） Heavy rain (not due to thunderstorm or convection)	恶劣天气 Adverse weather	强降水 Heavy precipitation
低能见度 Low visibility/IMC	目视参考障碍 Visual reference difficulty	低能见度 Low visibility
阵风 Gusty condition	不利的风 Adverse wind	阵风 Gusty condition

侧风 Crosswind	不利的风 Adverse wind	侧风 Crosswind
顺风 Tailwind	不利的风 Adverse wind	顺风 Tailwind
有警告风切变 Windshear with warning	风切变改出 Windshear recovery	
无警告风切变 Windshear with no warning	风切变改出 Windshear recovery	
尾流 Wake Turbulence	颠簸 Turbulence	尾流 Wake Turbulence
高空激流/CAT Clear air turbulence	颠簸 Turbulence	云外颠簸 Clear air turbulence
云中颠簸 In-cloud Turbulence	颠簸 Turbulence	云中颠簸 In-cloud Turbulence
太空天文事件 Space astronomical event	导航 Navigation	空中导航 Air navigation
空中交通服务 Air Traffic Services		
难以完成的指令/限制 Difficult to comply with instructions/restrictions	ATC Air Traffic Control	
更改跑道、离场、航路 Reclearance	ATC Air Traffic Control	
语言沟通困难 Language communication difficulties	ATC Air Traffic Control	
非标准通讯用语或语言障碍 Use of non-standard phraseology or difficulties comprehensive	ATC Air Traffic Control	
难以建立联系 Difficult to establish contact	ATC Air Traffic Control	
管制员差错 Controller errors	ATC Air Traffic Control	
未能提供足够的间隔（空中/地面） Failure to provide separation (air/ground)	ATC Air Traffic Control	
相似航班号 Similar callsign	ATC Air Traffic Control	

度量单位及非常规的气压基准转换（场压/米，保持低高度离/进场） Different unit of measurement and non-standard barometric reference conversion procedure (QFE/METERS, maintaining low altitude departure/approach)	ATC Air Traffic Control	
无语音 AITS 或无 D-ATIS Non-verbal AITS or non D-ATIS	ATC Air Traffic Control	
机场设施 Airport Facility		
标识/照明不良，标记模糊，跑道滑行道关闭 Poor signage/lighting, faint markings, RWY/TXY closures 注：从飞机滑出至起飞等待点、着陆至滑入关车阶段，包括滑行时，在飞机移动时对机组或飞机造成影响的威胁。Note: Threats that affect the crew or aircraft during aircraft movement from push back to takeoff holding point, and from landing to taxi-in and shut-down, including during taxiing. Runway or taxiway condition	跑道或滑行道道面状况	
污染的跑道/滑行道，刹车效应差 Contaminated runways, taxiways, poor braking action Runway or taxiway condition	跑道或滑行道道面状况	
沟、渠、侵入式结构 Trenches/ditches, intruding structures	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
机场边界管控/围栏/野生动物控制 Airport perimeter control/fencing / Wildlife control	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
跑道末端安全区域不足 Inadequate Runway End Safety Areas (RESA)	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	

助航设施缺乏或不可用（机组已察觉） Lack of or unavailable navigation aids (crew has detected)	导航 Navigation	空中导航 Air navigation
助航设施故障或未校准（导航设备工作不正常，机组未察觉） Navigation aids malfunctioning or uncalibrated (navigation equipment malfunctioning, undetected by the crew)	导航 Navigation	空中导航 Air navigation
复杂的地面导航程序 Complex ground navigation	导航 Navigation	地面导航 Ground navigation
机场施工 Airport construction	导航 Navigation	地面导航 Ground navigation
鸟类 Birds	鸟类/外来物 Birds/foreign objects	鸟类 Birds
跑道外来物 Foreign Object (FOD) on the Runway	鸟类/外来物 Birds/foreign objects	外来物 Foreign objects
地形/障碍物 Terrain/Obstacles		
机场周边或进离场区域中存在高地形/障碍物 High terrain/obstacles in the vicinity of the airport or in the arrival/departure area	地形 Terrain	
由于地形产生了地形警告 Terrain warning triggered by obstacles	地形 Terrain	
航路上存在高地形/障碍物 High terrain/obstacles enroute	地形 Terrain	
高台机场 Highland airport 注：机场位于山顶或五边下方地势显著低于跑道入口	地形 Terrain	
斜坡 Slope	目视参考障碍 Visual reference difficulty	
黑暗/黑洞效应 Darkness/black hole effect	目视参考障碍 Visual reference difficulty	
可能导致空间定向障碍的环境状况	目视参考障碍	

Environmental situation, which can lead to spatial disorientation	Visual reference difficulty	
交通 Environmental threats - Traffic		
与其他飞机碰撞或冲突（跑道以外的任何位置） Aircraft striking other aircraft - anywhere except on the runway	交通 Traffic	TA/RA
与地面车辆碰撞或冲突（跑道以外的任何位置） Collision or conflict with ground vehicles - anywhere except on the runway	交通 Traffic	
跑道侵入-飞机 Runway incursion-Aircraft	交通 Traffic	跑道侵入 Runway incursion
跑道侵入-车辆 Runway incursion-Vehicle	交通 Traffic	跑道侵入 Runway incursion
跑道侵入-野生动物 Runway incursion-Wildlife	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
其它-无人机，气球，飞艇等 Other - UAV, Balloons, Bins, etc.	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
其他环境威胁 Other Environmental threats that clearly fall outside the categories mentioned above		
A - 航线运行威胁 Airline Threats	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
飞机故障：非动力装置系统/部件失效或故障 Aircraft Malfunction: SCF-NP		
起落架/轮胎 Landing gear/tires	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	起落架/轮胎 Landing gear/tires
刹车 Brakes	飞机系统故障	刹车 Brakes

	Aircraft system malfunction	
主飞行控制 Primary flight controls	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	主飞行控制 Primary flight controls
辅助飞行控制（襟翼、扰流板） Secondary flight controls (flaps, spoilers)	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	辅助飞行控制 Secondary flight controls
结构损坏 Structural Failure 因颤振、过载造成的损伤；腐蚀/疲劳；发动机分离 Failure due to flutter, overload; Corrosion/fatigue; Engine separation	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	结构损坏 Structural Failure
航电/飞行仪表 Avionics, Flight Instruments 除自动驾驶仪和飞行管理系统（FMS）外的所有航电设备；仪表显示，包括备用仪表；ACAS/TCAS 故障，应答机故障，ADS-B, GPS；仪表缺损或不可用。 All avionics except autopilot and the Flight Management System (FMS); Instrumentation, including standby instruments; ACAS/TCAS Failure, Transponder Failure, ADS-B, GPS; Lack or unavailable of such instruments	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	航电设备 Avionics
自动驾驶仪/FMS（含自动推力，自动油门） Autopilot/FMS (Including A/THR, Auto throttle)	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	自动化 Automation
液压系统故障 Hydraulic system failure	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	液压 Hydraulic system
电气系统故障 Electrical system Failure 失去所有供电（含电瓶），导致飞机部分或完全失去控制 Loss of all electrical power, including battery power leading to limitations in/or total loss of aircraft control	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	电气 Electrical system
燃油系统故障（含燃油泄漏） Fuel System Malfunction (including fuel leak)	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	燃油 Fuel system

空调/增压故障 Air Conditioning/Pressurization Failures	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	空调 Air conditioning system
其他系统故障 Aircraft Malfunction System - Other	飞机系统故障 Aircraft system malfunction	
飞机故障：发动机失效-动力装置系统/部件失效或故障 Aircraft Malfunction: Engine Failure/SCF-PP		
非包容性失效 Uncontained engine failure	发动机故障 Engine failure	
包容性失效 Contained engine failure	发动机故障 Engine failure	
运行压力 Operational Pressure		
运行时间压力（如航班正点需求） Operational time pressure	非常见运行 Unusual operations	运行压力 Operational Pressure
复飞/备降/返航 Missed approach/diversion	非常见运行 Unusual operations	运行压力 Operational Pressure
其他非正常运行事件 Other non-normal operations	非常见运行 Unusual operations	运行压力 Operational Pressure
客舱事件 Cabin Events		
客舱人因事件（例如，受伤、醉酒、闹事乘客） Cabin incidents (e.g., injuries, intoxicated passengers, unruly behavior)	非常见运行 Unusual operations	客舱 Cabin
客舱设备失效（例如，厕所、厨房/娱乐系统） Cabin equipment failure (e.g., restroom, galley/ entertainment systems)	非常见运行 Unusual operations	客舱 Cabin
客舱机组差错 Cabin crew errors	非常见运行 Unusual operations	客舱 Cabin

分心/打断 Distractions/interruptions	非常见运行 Unusual operations	客舱 Cabin
维修事件 Maintenance Events		
飞机地面维修 Aircraft repairs on ground	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
维修日志问题 Maintenance log problems	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
维修差错 Maintenance errors	非常见运行 Unusual operations	维修 Maintenance
对运行产生影响的 MEL/CDL 项目 Minimum Equipment List (MEL) / Configuration Deviation List (CDL) items with operational implications	非常见运行 Unusual operations	维修 Maintenance
地面事件 Ground Events		
代理机构干扰 Agent interruptions	非常见运行 Unusual operations	地面支持 Ground support
地面支持不当 Improper ground support	非常见运行 Unusual operations	地面支持 Ground support
除防冰不当 Improper deicing/anti-icing	非常见运行 Unusual operations	地面支持 Ground support
飞机配载地面事件（影响飞行性能） Aircraft loading events (affecting performances)	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
勤务加/注油差错 Fueling Errors	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
签派/文件 Dispatch/Paperwork		
签派/文件问题（包括但不限于舱单、通告、天气、放行） Dispatch/paperwork issues including but not limited to load sheet errors, NOTAM, WX, Dispatch release	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	

延迟的变更或错误 Paperwork changes delay or errors	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
机组排班 Crew scheduling events	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
手册/检查单/航图/飞行程序/数据库 Manuals/Checklists/Charts/Procedures/Databases		
手册缺陷：技术或布局，冲突或遗漏。不完整，不恰当，设计欠佳的图表或检查单；数据库不是最新，缺少信息或包含编码错误 Deficiency within Manuals: technical or layout, conflict or omission. Incomplete, inappropriate, poorly designed charts or checklists; Databases not up-to-date, missing information or containing coding Errors	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
电子飞行包 Electronic Flight Bags 机组正确输入数据，但系统运行不符合预期，如软件漏洞 The flight crew applies the correct input, but the system does not perform as required, example software bugs.	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
飞机火警/烟雾（驾驶舱/客舱/货舱） Aircraft Fire/Smoke (Cockpit/Cabin/Cargo)		
由飞机系统或其他原因引起的失火 Fire caused by aircraft systems or other reasons	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
驾驶舱和航电设备 Cockpit and E&E (electronics equipment)	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
货舱 Cargo	火警和烟雾管理	

	Fire and smoke management	
客舱和机组休息区 Passenger Cabin and Crew Rest area	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
发动机和 APU Engine and APU	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
轮舱 Landing gear	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
地面服务车辆和/或设备 External service vehicles and/or equipment	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
移动式 EFB/锂电池设备 Portable EFB/lithium battery devices	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
危险品 Dangerous Goods 运输危及健康、安全或财产的物品或物质 Carriage of articles or substances capable of posing a significant risk to health, safety or property when transported by air	火警和烟雾管理 Fire and smoke management	
其他运行威胁 Airline Threats - Other 明显不属于以上类别范围的航线运行威胁 Not clearly falling within the other airline threats		
高海拔机场 High elevation airport	非常见运行 Unusual operations	
非常用进近方式（例如 RNP，下滑航径非 3°） Non-standard approach procedures (e.g., RNP, glide path not 3°)	非常见运行 Unusual operations	
不常用的着陆形态 Unusual landing configuration	非常见运行 Unusual operations	

其他 Others		
B - 心理/生理威胁 Psychological/Physiological Threats	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
疲劳 Fatigue 由于疲劳影响到机组履职 Crew member unable to perform duties due to fatigue	FSTD 不可训练 FSTD not trainable	
视错觉/错误感知 Optical illusion/visual misperception 视错觉导致对图形产生与客观事实不相符的错误感觉 (跑道宽窄、道面材料颜色、缺乏参照物或自身生理因素) Visual illusions causing incorrect perceptions of graphics compared to objective reality	目视参考障碍 Visual reference difficulty	
空间定向障碍与空间/躯体重力错觉 Spatial disorientation & spatial/ Somatogravic illusion 躯体重力错觉是一种前庭错觉, 普遍存在于当飞行员没有清晰的目视参考, 且飞机快速加速/减速期间 The somatogravic is a vestibular illusion which is prevalent during high accelerations/decelerations when a pilot has no clear visual reference.	复飞管理 Go-Around management	
机组成员因身体或心理障碍不能履行职责 Crew member unable to perform duties due to physical or psychological impairment		
驾驶员部分失能 Partial incapacitation of the pilot	机组失能 Crew Incapacitation	
驾驶员完全失能 Pilot Incapacitation	机组失能 Crew Incapacitation	
H - 控制类差错 Aircraft Handling Errors	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
人工操纵/飞行控制 Manual Handling/Flight Controls		

人工飞行导致的垂直，横向或速度偏差； Vertical, lateral, or speed deviations caused by manual flight	机型熟练性 Proficiency	人工飞行控制 Manual aircraft control
主动选择的进近偏差（如：刻意低于下滑道） Deliberate approach deviations (e.g., intentionally below the glide path)	机型熟练性 Proficiency	人工飞行控制 Manual aircraft control
不正确的襟翼/减速板/自动刹车/反推/推力设置 Incorrect flaps/speed brake/auto-brake/thrust reverser/power settings	机型熟练性 Proficiency	人工飞行控制 Manual aircraft control
H02 自动化（设置/选择）Automation (settings/selections)		
不正确的高度、速度、航向、自动推力（自动油门）设置、模式执行或输入 Incorrect altitude, speed, heading, auto-throttle (auto-throttle) settings, mode execution, or inputs	机型熟练性 Proficiency	自动化管理 Automation management
通过自动化系统控制飞行航径时，未合理使用飞行管理引导系统 Improper use of the flight management guidance system when controlling the flight path through automation systems	机型熟练性 Proficiency	自动化管理 Automation management
系统/无线电/仪表（设置/选择） Systems/Radios/Instruments		
包括但不限于不正确空调、高度表、发动机主电门，或无线电通讯面板 Including but not limited to incorrect operation of the air conditioning, altimeter, engine master switch, or radio communication panel	机型熟练性 Proficiency	飞机系统操作 Aircraft system operations

错误的高度表拨正值 (QNH, QFE, STD) incorrect altimeter setting (QNH, QFE, STD)	机型熟练性 Proficiency	飞机系统操作 Aircraft system operations
地面导航 Ground Navigation (Surface NAV)		
滑行时未按要求等待或试图转向错误的滑行道/跑道/停机位 Failure to hold or attempt to taxi onto the wrong taxiway/ runway/gate during taxiing	导航 Navigation	
滑行超速 taxiing at excessive speed	导航 Navigation	
其他控制类差错 Aircraft Handling Errors - Other 明显不属于以上类别范围的控制类差错 Not clearly falling within the other aircraft handling errors		
P - 程序类差错 Procedural Errors	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
SOP 遵守/交叉检查 SOP Adherence/Cross-Verification		
故意 Intentional	机型熟练性 Proficiency	程序执行
非故意 Unintentional	机型熟练性 Proficiency	程序执行
未知 Unknown	机型熟练性 Proficiency	程序执行
检查单 Checklist 凭记忆执行或遗漏检查单; 错误的检查单问答和回应; 过晚执行或在错误的时机执行检查单; 遗漏检查单条目; Checklist performed from memory or omitted; Incorrect checklist challenge and response; Checklist performed late or at wrong time; Checklist items omitted		
正常检查单 Normal Checklist	机型熟练性 Proficiency	检查单

非正常检查单 Abnormal Checklist	机型熟练性 Proficiency	检查单
喊话 Call outs 遗漏/错误执行标准喊话 Omitted/Incorrect call out(s)	机型熟练性 Proficiency	标准喊话
简令 Briefings 遗漏/不完整的执行离场、起飞、进近，交接飞机简令； 简令对预期的状况无针对性 Omitted departure, takeoff, approach, or handover briefing; items missed; Briefing does not address expected situation	沟通差错 Communication errors	简令
文件 Documentations		
不正确的载重平衡/燃油信息输入 Incorrect weight and balance information/ fuel information	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
不正确的 ATIS/放行指令抄收 Incorrect Automatic Terminal Information Service (ATIS)/ clearance	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
错误解读文件 Misinterpreted items on paperwork	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
不正确的飞机记录本填写 Incorrect completion of aircraft logbook	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
未执行复飞 No Go Around		

不稳定进近后未执行复飞 No go around after an unstable approach	复飞管理 Go-Around management	
着陆弹跳后未执行复飞 No go around after a bounced landing	复飞管理 Go-Around management	
ATC 指令复飞后未执行复飞 No go ground after instructed by ATC	复飞管理 Go-Around management	
未执行复飞-其他情况 No go ground - Other		
告警响应 Crew Response		
对警告/警戒无响应或确认 Lack of response or acknowledgement to warnings and/or alerts	机型熟练性 Proficiency	程序执行
对警告/警戒响应不足 Inadequate response to warnings and/or alerts	机型熟练性 Proficiency	程序执行
电子飞行包 Electronic Flight Bag 电子飞行包工作正常，但飞行机组误用 EFB 提供的信息或输入错误信息 The system is working correctly, but flight crew misapplies EFB provided information or incorrect inputs.	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
不正确的性能计算 Incorrect performance calculation from flight crew	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	

不正确地运用 MEL Incorrect application of MEL	管理文件、配载、燃油、性能差错 Managing document, loading, fuel, performance errors	
偏离岗位职责 Deviation from responsibilities 例如：下降定点后换座或离开跑道前进行教学工作 For example, seats change after the descent point or conducting instructional work before vacating the runway	机型熟练性 Proficiency	程序执行 Procedure execution
其他程序类差错 Procedural Errors - Others 明显不属于以上类别范围的程序类差错 Not clearly falling within the other procedural errors		
C - 沟通类差错 Communication Errors	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
机组和外界之间的交流 Crew to External Communication		
与 ATC With Air Traffic Control	沟通差错 Communication errors	与 ATC 沟通
与客舱机组人员 With Cabin Crew	沟通差错 Communication errors	与客舱机组沟通
与地面工作人员 With Ground Crew	沟通差错 Communication errors	与地面工作人员沟通
与签派人员 With Dispatch	沟通差错 Communication errors	与签派人员沟通
与机务维护人员 With Maintenance	沟通差错 Communication errors	与机务维护人员沟通
机组之间的交流 Pilot to Pilot Communication		
同一架飞机上的飞行员之间的交流 Pilot to Pilot from the same aircraft	沟通差错 Communication errors	
与其他飞机上的飞行员交流 Pilot to Pilot from different aircraft	沟通差错 Communication errors	

CPDLC	沟通差错 Communication errors	
UAS - 非期望航空器状态 Undesired Aircraft States	SME 训练主题映射 SME training topic mapping	子主题 Subtopic
飞机控制类 Aircraft Handling		
垂直、横向或速度偏差 Vertical, lateral or speed deviations		
飞机超出运行包线 Operation beyond the aircraft envelope		
不稳定进近 Unstable Approach		
高、飘、跳，偏离中心线，过大交叉角、大坡度接地， 海豚跳 Long, Floated, Bounced, Off center-line, Canted, Porpoised Landing		
V1 后中断起飞 Rejected takeoff after V1		
有 CFIT 警告 Controlled flight into terrain		
飞机进入 UPRT 状态 Aircraft upset condition (Roll over, Spin, Stall, etc.)		
其他飞机控制类 UAS Other Undesired Aircraft States		
地面导航类 Ground Navigation		
错误进入滑行道、机坪、停机位或等待点 Wrong taxiway, ramp, gate or hold spot		
跑道/滑行道侵入 Runway/Taxiway incursion		
非正常飞机移动 Abnormal Ramp movements, including when under marshalling		

在地面上失去飞机控制 Loss of aircraft control while on the ground		
其他地面导航类 UAS Other Undesired Aircraft States by ground navigation	UAS 管理 Undesired Aircraft States management	地面导航 Ground Navigation
空中导航类 Air Navigation		
在目的地机场向错误的跑道进近 Approach to the incorrect Runway at the destination Airport		
试图在滑行道上起飞/着陆 Attempt to Land/Take-off on/from Taxiways		
非必要的天气穿越 Unnecessary Weather Penetration		
进入未授权的空域 Unauthorized Airspace Penetration		
其他空中导航类 UAS Other Undesired Aircraft States by air navigation	UAS 管理 Undesired Aircraft States management	空中导航 Air Navigation
不正确的飞机构型 Incorrect Aircraft Configuration		
自动刹车、扰流板 Auto Brakes, Ground Spoilers		
系统状态（燃油、电气、液压、气源、空调、增压和仪表） Systems (fuel, electrical, hydraulics, pneumatic, air conditioning, pressurization/instrumentation)		
起落架 Landing Gears		
飞行控制/自动化 Flight Controls/Automation		
发动机 Engine		
载重平衡 Weight and Balance		

其他飞机构型造成的 UAS Other Undesired Aircraft States by aircraft configuration	UAS 管理 Undesired Aircraft States management	飞机构型 Aircraft configuration
--	--	-----------------------------

附件 3：TCS 问卷结构

TCS-2011 以 Excel 电子化表格形式完成信息收集，调查问卷涉及 3 个部分，40 种因素（Factor），总计 161 个问题。调查使用的因素与训练相关，为各飞行阶段设定，并由 EBT 项目组专家审核确定。

TCS-2020 初始引入 6 个背景问题（所在国家、区域、岗位等等），后续设置 47 个分组的问题，涉及在运行中常产生的威胁与差错，以及飞行员认为可以管理这些威胁和差错的关键胜任力对策。TCS-2020 缩短了调查问卷的长度以使飞行员能够在 1 小时内完成填写，同时改为使用在线问卷形式进行，这些形式上的变化旨在方便飞行员完成调查，利于收集更丰富的数据。

CAAC TCS-2022 通过民用航空器驾驶员电子执照（云执照）平台收集调研问卷，同时设置有多个模块，允许飞行员可灵活安排时间，分多次填写完成，有利于数据回收的完整性。

1、背景调查

CAAC TCS-2022 置顶个人背景调查设有包含职位（机长/副驾驶）、职务（教员/管理岗）、运行区域、商用航空飞行年限、所驾驶机型、机型经历、所属运营人是否使用胜任力进行绩效评判等 7 个问题。后续设置 47 个分组的问题，涉及如威胁差错与管理不当最能对飞行安全造成影响的飞行阶段、需要人工干预的可能性、评价威胁与差错的潜在严重程度、训练对于改善此类事件严重性的效果、可能会降低或缓解严重性的胜任力对策等等方面的内容。

个人背景

您的职位？

选择一项。

您担任的其他职务？

选择一项。

您在哪个地区运行？

选择一项。

您的商用航空飞行经历？

选择一项。

您现在驾驶什么机型？

选择一项。

基于上一个回答，您在该机型的飞行经历？

选择一项。

您的运营人是否使用胜任力进行绩效评判？

选择一项。

填写您的组织名称（非必填）

为识别运行中遇到的最高风险威胁和差错，调查中要求受访者指明他们目前运行的飞机类型，TCS-2011 是按航空器代际进行相关性分析，这有助于更好地理解不同类型和代际的飞机在面对威胁和差错时的特点。但 TCS-2011 由于数据总量小，未能达到可接受的容差范围。在按飞机代际对相关风险进行检视后，更是凸显了这一劣势。TCS-2020 与 CAAC TCS-2022 沿用了按飞机代际的分析方法和分类表。CAAC TCS-2022 回收的数据显示，受访者运行的飞机类型以第 3 代（以 B737NG 系列机型为代表）和第 4 代（以 A320 系列机型为代表）喷气式飞机为主。

机型代际	
第 4 代喷气式飞机	A318/A319/A320/A321, A330

	A340-200/300, A340-500/600, A350, A380
	B777, B787
	Bombardier C Series
	Embraer
	E170/E175/E190/E195
第 3 代喷气式飞机	A310, A300-600
	B737-300/400/500
	B737-600/700/800 (NG), B757
	B767, B747-400, B747-8
	B717, BAE146, MD11
	MD80, MD90, F70, F100
	Bombardier CRJ Series
	Embraer ERJ135/145
第 3 代涡桨式飞机	ATR 42-600, ATR 72-600
	Bombardier Dash 8 Q Series
第 2 代喷气式飞机	A300 (except A300-600)
	BAC111, B727, B737-100/200
	B747-100/200/300
	DC9, DC10, F28, L1011
第 2 代涡桨式飞机	ATR42, ATR72 (all series except-600)
	Embraer EMB-120
第 1 代喷气式飞机	DC8, B707

由于数据规模的问题，2014 年 EBT 数据报告第一版仅仅利用其数据与事故和征候研究数据（ACCIDENT&INCIDENT STUDY，下文使用缩写 A&I 研究）进行了比对分析，报告中的输出结论并未使用 TCS 数据。但是通过 TCS-2011 的引入，可以提供较为专业的视角，具有数据连续性，且易于更新等特点，是其他数据获取方法无法取代的优势。它使用的数据比较与分析方法，为数据提供稳健性，可用于将来进一步开展调查。

从 2021 年的 EBT 数据报告修订版开始，TCS-2020 同 EBT 事故和征候研究数据一样，采用一致的威胁与差错分类法（安全分类法）和胜任力对策（训练分类法）框架。为验证该整体框架的实用性，推进全球范围内训练、执照、运行和 A&I 研究等领域数据采样一致性。CAAC TCS-2022 继续沿用了此框架下的分

类法，从而允许与多源数据结果（例如 EBT A&I 研究）进行协同和关联。

TCS 与 A&I 研究数据一样，利用数据中单类威胁与差错的风险计算得出的数值，并进行排名，可以确定威胁与差错的优先级排序。正如前述已展示的数据，CAAC TCS-2022 回收数据总量和主体机型分布有助于相关风险分析，对于 A&I 研究数据能提供足够的数据支撑。

2、飞行阶段

CAAC TCS-2022，要求飞行员只选择一个飞行阶段，即他们认为如果管理不善，威胁或差错可能对飞行安全产生最大影响的阶段。这种方法旨在直接识别关于威胁和差错管理最关键的飞行阶段，以生成更优的培训主题场景。

飞行阶段（单项选择。请选择一个飞行阶段，您认为在此阶段如果管理不当，恶劣天气最能对飞行安全造成影响）

- ☐ 飞行前/滑行 - 从飞行前准备到进跑道
- ☐ 起飞 - 从调置起飞推力到襟缝翼收回
- ☐ 爬升 - 从襟缝翼收回到爬升顶点
- ☐ 巡航 - 从爬升顶点到下降顶点
- ☐ 下降 - 从下降顶点到襟缝翼放出或通过起始进近定位点
- ☐ 进近/复飞 - 从襟缝翼放出或通过起始进近定位点到 AAL 15 米（50 英尺），包括复飞
- ☐ 着陆 - 从 AAL 15 米（50 英尺）至达到滑行速度
- ☐ 滑行/飞行后 - 从达到滑行速度到发动机关车

3、威胁与差错评估

TCS 按照发生的可能性、对飞行安全的影响程度、训练对于改善此类事件严重性的效果等三个维度，对已定义的威胁与差错

进行评估。

下表列出的是 CAAC TCS-2022 所使用的参数。在“可能性”“严重性”和“训练效果”同 TCS-2020 保持一致，而与 TCS-2011 稍有差别。考虑到调查对象为全体飞行员，而不是仅仅是飞行教员，CAAC TCS-2022 在“训练效果”设置的选项里，将之前的高度相似“显著”和“关键”整合成为“效果显著”，另增加一个“未知”选项，这样就仍然保持了 5 个选项。

可能性：飞行员遇到需要人工干预的威胁与差错的可能性。

- ☐ 1 - 极少 - 在职业生涯中仅发生一次甚至未发生过
- ☐ 2 - 很少发生 - 职业生涯中很少的次数
- ☐ 3 - 中等情况 - 每 3—5 年发生一次
- ☐ 4 - 时常发生 - 大约每年发生一次
- ☐ 5 - 特别常见 - 每年发生超过一次

严重性：假设飞行员没有经过训练而在遇到此类事件时最可能产生的后果。

- ☐ 1 - 微不足道 - 对安全的影响极小
- ☐ 2 - 细微 - 降低了安全裕度（但没有显著影响）
- ☐ 3 - 中等情况 - 安全受影响或安全裕度大大降低
- ☐ 4 - 主要 - 航空器损害和/或人员受伤
- ☐ 5 - 灾难性的 - 重大财产损失或人员伤亡

训练效果：培训在改善此类事件严重性方面的效果。

- ☐ U - 不知道 - 未知
- ☐ N - 没效果 - 训练没有效果
- ☐ L - 效果很低 - 训练可改善管理此类事件的表现
- ☐ M - 一般效果 - 如果不进行培训将会危害安全性
- ☐ H - 效果显著 - 没有有效地训练就不可能得到安全的结

果

4、飞行员胜任力对策

飞行员的胜任力（Competency）是用来有效预测和评价飞行员工作绩效水平的一个重要维度，能够通过特定条件下运用相关知识、技能和态度执行活动或任务的行为予以显现和观察。

自从国际民航组织（ICAO）在 2013 年批准 EBT 训练，并发布 Doc 9995《循证训练手册 Manual of Evidence-based Training》文件后，多个运营人开始使用胜任力指标来进行绩效评判。因而在 TCS 调查中，要求受访者选择他们认为有助于改善事件严重性的胜任力是具有现实意义的。

受访者如认为有必要可以在(1)模块中可以选择尽量多的胜任力选项，但在(2)模块中则只能最多选择两项胜任力。背后的原因是让受访者选择改善事件严重性的关键胜任力作为对策，可以避免泛化胜任力用途的倾向。

胜任力（选择可能会降低或缓解严重性的选项）

(1) 选择所有符合的选项：

☐ 知识应用（展示对相关信息、操作指令、飞机系统和运行环境的知识和理解）

☐ 程序应用和遵守规章（根据已发布的操作说明和相关规章，确定并应用适当的程序）

☐ 自动航径管理（通过自动化控制飞行航径）

☐ 人工航径管理（通过人工控制飞行航径）

(2) 最多选择两项：

☐ 沟通（在正常和非正常情况下，通过适当的方式在操作环境中进行沟通）

☐ 领导力与团队合作（影响他人以实现共同的目标。合作完成团队的目标）

☐ 问题解决与决策（识别征兆、减轻问题；并做出决策）

- 情景意识与信息管理（感知、理解和管理信息，并预判其对运行的影响）
- 工作负荷管理（使用合适资源，适当地制定优先级并分配任务，以保持可用的工作负荷裕度）

附件 4：TCS 数据分析流程

1 数据筛选

数据筛选的目的，是为从民用航空器驾驶员电子执照（云执照）平台 TCS 问卷模块收集的大量问卷数据中，提取出有效的 TCS 数据和信息。在数据收集的数据中存在多项数据缺省、重复、命名重复的问题，为减少数据错误和不一致性带来的偏差以及提高在后续分析环节的数据质量，对 TCS 数据进行进一步分析和建模之前，需要对收集到的数据进行预处理。通过数据筛选，去除无效和冗余数据后，可以更好的理解 TCS 数据特征以及与 IATA 数据报告中数据差异，并作为后续研究的重要理论支撑。本次数据预处理主要包含处理缺失值、处理重复值、数据类型转换、数据规范化、数据保存等步骤。

2022 年 9 月共从局方收到 5 张 EXCEL 表格，命名分别为“1.背景.xls”“第一.xls”“第二.xls”“第三.xls”“第四.xls”。其中“1.背景.xls”共包含 42934 条数据，“第一.xls”共包含 41868 条数据、“第二.xls”共包含 40493 条数据、“第三.xls”共包含 39996 条数据、“第四.xls”共包含 39822 条数据。每一个数据集中有一个数据特征识别列可以作为数据融合的关键参数。在背景-所属组织中由于该条需要填写文本信息，且多数量表在该项为空缺值。因此该列包含大量非标准、空缺的信息，予以剔除，完成重复值处理。

2 数据清洗

在收集的数据集中存在多项数据缺省、重复、命名重复的问题，为减少数据错误和不一致性带来的偏差以及提高在后续分析环节的数据质量，对 TCS 数据进行进一步分析和建模之前，需要对收集到的数据进行清洗。

步骤一：基于特征识别码将“1.背景.xls”“第一.xls”“第

二.xls” “第三.xls” “第四.xls” 等 5 个数据集进行列合并。

步骤二：由于在数据中包含多个“Other”项作为每一个风险威胁的信息补充，然而该信息补充没有标准的文本语言，存在文字不标准、缺省项导致不能进行分类。并且由于缺乏适用于TCS的中文语言库，不能转换为数据向量进行训练，因此将每一个风险威胁的“Other”列删除。

步骤三：数据集中存在“你认为的其他风险”的风险威胁项，对于统计而言该风险威胁存在非标准的文本语言，因此对于该项以及该项涉及的严重性、可能性、训练有效性、飞行阶段、胜任力、其他等都进行删除。

步骤四：在数据集中将列明中“FLIGHT”字符替换为“飞行阶段”字符、“POSSIBILITY”字符替换为“发生可能性”字符、“SEVERITY”字符替换为“潜在严重程度”字符、“TRAIM”字符替换为“训练改善情况”字符、“COMPETENCEA”字符替换为“胜任力 A”字符、“COMPETENCEB”字符替换为“胜任力 B”字符。

步骤五：将列名从英文转换为 TCS 问卷中的中文字符"COMMUNICATE"， "OWNERADD"， "BADWEATHER"， "LOWVISIBILITY", "GALE", "ICESNOW", "LACK", "TRAFFIC", "BIRDS"， "BASICS"， "RUNWAY"， "GROUNDOPS"， "NAVIGATION", "TERRAIN", "AIRCRAFT", "FATIGUE", "MCONTROL"， "GNAVIGATION"， "AUTOCONTROL"， "SYSTEMREDIO", "SOPERR", "CHECKLIST", "SHOUT", "BRIEFING", "DOCUMENT", "GOAROUND", "ENGINE", "LANDINGGEAR", "BRAKE", "FLTCONTROL", "FIRE", "INSTRUMENT"， "AUTOPILOT"， "HYPRESSURE"， "ELECTRICAL", "FUEL", "AIRCONDITIONING", "MEL",

"PRESSURE", "CABIN", "GROUNDEVENT", "DISPATCH",
"REPAIR" , "DANGEROUS" , "MANUAL" ,
"PCCOMMUNICATEP", "CPDLC"替换为"飞行机组与外部的沟通", "其它", "恶劣天气", "低能见度", "大风天气, 风切变, 尾流", "冰雪天气", "缺乏目视参考", "空中交通管理服务", "鸟类", "基础设施", "跑道滑行条件", "地面操作", "导航", "地形, 障碍物", "其他航空器", "疲劳, 错觉, 空间迷失, 飞行员能力丧失", "人工控制", "地面导航", "自动控制(设置, 选择)", "系统, 无线电, 仪表(设置, 选择)", "标准操作程序(SOP)符合性", "检查单", "喊话", "简令", "文档", "未执行复飞", "发动机故障", "起落架, 轮胎", "刹车", "主, 次级飞控系统", "火警. 烟雾", "电子, 飞行仪表", "自动驾驶 FMS", "液压系统故障", "电气系统故障", "燃油系统故障(包括燃油渗漏)", "空调, 增压故障", "MEL 项目", "运行压力", "客舱事件", "地面事件", "签派, 文书相关事件", "维修事件", "危险品事件", "手册, 图表, 检查单, 程序, 数据库的不足", "飞行员之间的沟通", "CPDLC".

步骤六: 将人员背景信息由 1, 2, 3, 4 转换为对应的文本字符。

步骤七: 将风险威胁的发生可能性、潜在严重程度、训练改善情况、飞行阶段等项由“TCS-FLIGHT-02”等类型字符变为纯数字以便后续计算。风险威胁胜任力由于是多选, 且在同一单元格表示, 例如“TCS-COMPETENCEB-04”, “TCS-COMPETENCEB-05”, 需要将其拆分并重新归类。

步骤八: 步骤七导出的表格中有部分特征识别码重复出现多次, 最多重复次数为 192 次, 将重复的特征行进行删除并保留第一个识别的重复特征码。

执行完清洗流程中的步骤后，最终得到有效数据为 39723（99.8%），将该数据保存作为后续分析使用。

3 计算方法

威胁与差错根据发生的可能性、对飞行安全的影响程度、训练对于改善此类事件严重性的效果等三个维度，赋值均为 1 至 5 分。相关参数见下表。

计算系数	可能性	严重性	训练效果
1	极少	微不足道	未知
2	很少发生	细微	没效果
3	中等情况	中等情况	效果很低
4	时常发生	主要	一般效果
5	特别常见	灾难性的	效果显著

对威胁和差错三个维度赋值进行计算并加总，最后得到 TCS 该类威胁或差错的总相关风险分析结果。下述示例为乱流/风切变/尾流的 TCS 调查数据。

选择风切变/阵风/尾流发生的可能性 (您遇到需要人工干预的风切变/阵风/尾流的可能性)	
问题选项	选择占比
1 - 极少 - 在职业生涯中仅发生一次甚至未发生过	14.24%
2 - 很少发生 - 职业生涯中很少的次数	27.47%
3 - 中等情况 - 每 3—5 年发生一次	27.86%
4 - 时常发生 - 大约每年发生一次	20.42%
5 - 特别常见 - 每年发生超过一次	10.02%
可能性总和	14.227
评价风切变/阵风/尾流的潜在严重程度 (该类事件对飞行安全的影响程度)	
问题选项	选择占比
1 - 微不足道 - 对安全的影响极小	1.17%
2 - 细微 - 降低了安全裕度 (但没有显著影响)	7.99%

3 - 中等情况 - 安全受影响或安全裕度大大降低	42.46%
4 - 主要 - 航空器损坏和/或人员受伤	29.6%
5 - 灾难性的 - 重大财产损失或人员伤亡	18.78%
严重性总和	17.8415
训练改善情况（训练对于改善此类事件严重性的效果）	
问题选项	选择占比
U - 不知道 - 未知	1.51%
N - 没效果 - 训练没有效果	0.86%
L - 较低效果 - 训练可改善管理此类事件的表现	5.84%
M - 中等效果 - 如果不进行培训将会危害安全性	26.24%
H - 效果显著 - 没有有效地训练就不可能得到安全的结果	65.55%
训练效果总和	22.673
RRR 结果	54.7415

以下为示例计算方法，先对可能性进行计算：

$$(14.24\% \times 5) \times 1 + (27.47\% \times 5) \times 2 + (27.86\% \times 5) \times 3 + (20.42\% \times 5) \times 4 + (10.02\% \times 5) \times 5 = 14.227$$

括号中的第一个数值为每一种可能性的百分比，计算方法为先乘以 5，然后乘以相关系数（1-5），得出可能性总和。严重性和训练效果计算方式同上，最后将三个维度的计算结果加总得到最后的相关风险数值（RRR-Relative Risk Ranking）。示例中乱流/风切变/尾流最终 RRR 结果为 54.7415。

对 TCS 中每一种威胁与差错进行同样的计算后即可以得到排名表。

4 计算方法比较

CAAC TCS-2022 采用的 RRR 计算方法与 2021 年 EBT 数据报告修订版中 TCS-2020 RRR 计算方法相同，以此来定义需要训练需优先关切的威胁与差错类别。作为参照，在 2014 年 EBT 数据报告第一版中提到的 TCS-2011 相关风险排名计算方式（RRR = 可能性 × 严重性 × 训练效果）。不过以上提到的两种方法都综合考虑了风险事件的可能性、严重性以及训练效果，通过这三个

维度的乘积或总和来进行风险等级排名。

而 A&I 研究中，风险计算方式则更加关注风险事件本身的可能性和严重性，通过二者的乘积来评估风险等级。训练效果和聚类分析以其他维度形式体现。对每种威胁与差错类别所造成的事件等级分开计算再加总，事件等级被细分为致命事故（Fatal accident）、非致命事故（Non-fatal Accident）以及征候事件（Incident）三个级别，这有助于更精确地了解风险事件的性质和潜在影响。这种 A&I 研究中使用的计算方式在两版数据报告得到沿用。

A&I 研究计算方法的特点如下：

首先，模型在分配特定的严重性系数时，基于一系列假设，例如致命事故比非致命事故更严重，事故比征候事件更严重。这种假设虽然在一定程度上符合常识，但却可能忽视了实际情况中风险因素的复杂性和多样性。不同的事件或事故，其严重性可能受到多种因素的影响，而不仅仅是事件本身的性质。因此，这种假设可能导致模型在某些情况下无法准确反映风险的实际情况。

其次，模型的排序结果在很大程度上依赖于数据的分布情况。当数据变得非常稀疏时，排序可能会发生改变。这意味着模型的稳定性可能受到数据质量的影响。如果数据存在偏差或不足，模型的排序结果可能会出现偏差，从而影响到风险管理的决策。

此外，模型还依赖于一个假设，即与一个因素相关的严重程度取决于事件本身的严重程度。换句话说，在更严重的事件中出现更频繁的因素具有更大的风险。然而，这种关系并非总是成立。有时，一些因素虽然与事件相关，但其本身并不直接决定事件的严重性。因此，这种假设可能导致模型对某些风险因素的评估存在偏差。另外的可能是，在导致事故的因素中出现的一系列经常聚集在一起同时出现的威胁与差错类别，才是事故的根本原因，

这是 A&I 研究中聚类这个维度分析必要性的体现。

当然我们也要看到，这些风险计算方式各有侧重点，适用于不同的风险管理场景。在实际应用中，可以根据具体需求和情况选择合适的风险计算方式，并结合其他风险管理工具和方法，全面、系统地评估和管理风险。同时，随着风险管理理论和实践的不断发展，也需要不断更新和完善风险计算方式，以适应新的风险挑战和需求。

最后，值得特别关注的是，这些不同的风险计算方式虽然各有特色，但它们共同指向了一个核心目标：强调通过训练来提升应对风险的能力，这充分体现了训练在风险管理中的不可或缺的作用。

无论是 TCS 中综合考虑可能性、严重性和训练效果的计算方式，还是 A&I 研究中关注可能性和严重性的方法，它们都在试图通过科学、系统的方式来量化风险，从而更准确地识别和管理风险。而训练效果作为其中一个关键维度，其重要性不言而喻。

通过评估训练效果，组织能够更精确地识别出哪些训练主题对于降低风险最为关键。这不仅有助于组织合理分配训练资源，确保资源投入到最需要、最能产生效益的领域，同时也能有效提升飞行员在应对潜在风险时的能力和信心。