

民航飞机维修班组的智能化管理系统设计实现

李 伟

四川航空股份有限公司工程技术分公司, 四川 成都

收稿日期: 2026年8月1日; 录用日期: 2026年8月25日; 发布日期: 2026年8月31日

摘 要

针对民航飞机维修班组管理工作中存在的台账信息分散、业务流程执行不统一等问题, 本文设计并实现了一套面向该场景的智能化管理系统。该系统结合民航维修班组建设的实际场景, 围绕核心业务需求进行系统设计, 并引入文本智能解析方法, 从非结构化文本里提取关键信息, 进行结构化处理。本文从功能正确性、流程流转、权限控制和运行稳定性等方面, 对系统进行测试和应用验证。测试结果表明, 系统各模块运行稳定, 业务流程执行顺畅, 能够较好满足民航飞机维修班组管理工作, 并在提升台账资料管理效率、规范业务流程执行及增强管理决策支撑能力方面效果明显, 对推进基层班组管理的数字化与智能化转型具有一定的实践价值。

关键词

民航飞机维修班组, 智能化管理系统, 自然语言处理, 大数据, 可视化分析

Design and Implementation of Intelligent Management System for Civil Aviation Aircraft Maintenance Teams

Wei Li

Sichuan Airlines Technics, Chengdu, Sichuan

Received: August 1, 2026; accepted: August 25, 2026; published: August 31, 2026

Abstract

To address issues such as scattered record-keeping and inconsistent execution of business processes

in the management of civil aviation aircraft maintenance teams, this paper designs and implements an intelligent management system tailored to this scenario. This system is designed around core business requirements, taking into account the practical scenarios of civil aviation maintenance team operations, and incorporates intelligent text analysis methods to extract key information from unstructured text and process it into a structured format. This paper tests and validates the system in terms of functional correctness, workflow, access control, and operational stability. The test results indicate that the system modules are running stably, the business processes are executing smoothly, and they can effectively meet the management needs of civil aviation aircraft maintenance teams. Moreover, it has significant effects in improving the efficiency of ledger data management, standardizing the execution of business processes, and enhancing the support capability for management decisions. It has certain practical value for promoting the digital and intelligent transformation of grassroots team management.

Keywords

Civil Aviation Aircraft Maintenance Teams, Intelligent Management Systems, Natural Language Processing, Big Data, Visual Analytics

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

民航班组属于航空业生产运营体系中的基本单元，它承担着飞机运行、机务维修、地勤保障及培训实施等核心业务职能。班组建设与管理效能，会直接影响到航空运输运行质量与综合安全保障能力[1]。近年来，随着国内民航运输保障业务规模的快速扩张，各航空公司的注册班组数量逐渐增多，而当前仍以人工操作、经验判断及碎片化电子文档为主，这种传统管理模式在信息实时共享、流程闭环管控及管理决策支撑等方面，已明显难以适应运维工作日益增长的实际需求[2]。在民航高质量发展战略和数字化转型的双重驱动下，现代民航管理体系对作业效率、业务标准化程度以及跨部门协同提出了更高要求，这促使基层管理往凭经验管理的模式，逐渐转向依靠数据进行科学决策。在这一转变过程中，如何利用多元化的信息技术手段对班组管理效能进行优化和提升，已成为当前民航基层管理领域核心迫切需求[3]。

现阶段民航维修领域的班组建设与管理普遍面临着以下问题：(1) 飞机维修班组的工作记录同时采用纸质和电子两种方式，这就容易引起信息分散、文件版本不一、数据更新滞后和查找信息效率低等一系列管理弊端。(2) 班组建设涉及的工作日志、会议记录、培训档案、风险评估、监督检查等多类来源相异、结构不同的业务数据，传统依赖人工的管理方法，很难挖掘不同业务数据之间的内在逻辑关联性。(3) 各班组对于台账录入规范、时限要求和流程节点的理解存在差异，这种认知与操作上的不统一，使得班组建设活动在执行过程中容易出现执行标准不一致、流程不闭环等问题。(4) 班组监督检查工作由于依赖人工开展，会存在滞后性与重复劳动等弊端，难以实现对班组日常运行状态的动态监控与风险实时预警。

因此，本文设计并实现了一套面向民航飞机维修班组建设的信息智能化管理系统。该系统融合了人工智能、大数据、云计算和流程引擎技术等多种现代信息技术，来推动班组管理走向智能化、高效化和规范化。该系统基于自然语言处理技术，能够实现对班组日志等文本信息的智能解析和分类，为班组管理提供准确有效的数据支持。借助大数据分析手段，它能挖掘出运行过程中隐藏的规律和变化趋势，从

而帮助班组长提前察觉潜在风险,并提前制定应对办法。在部署方面,系统采用基于云计算的架构,具备较高的可用性与弹性扩展能力,能够满足班组管理的实时需求。同时,流程自动化工具把管理流程进行了标准化和自动化的改造,有效降低了人工介入的频率和操作失误的概率。

2. 相关研究

2.1. 民航信息化管理研究现状

当前,智慧民航建设多集中于运行控制、机务维修、航材管理、安全管理、人员培训和风险评估等核心业务场景,与此同时,随着人工智能技术的发展和民航业智能化转型需求的日益增强,智能化的管理方式已成为提升民航的整体运行效率,增强安全治理方面的能力和优化资源配置结构的关键支撑手段[4]。有学者针对航线维修的具体业务需求,设计了一款民航航线维修管理信息系统,实现了飞机维修保障与控制、人员派工、维修质量管理等功能,并验证了航线维修管理模式的有效性[5]。在航班运行保障方面,航空公司利用现代信息技术和智能化手段开发集数据集成、动态监控与辅助决策于一体的运行控制系统[6]。某机场以智慧机场建设为牵引,通过搭建一体化的数字人力资源平台,构建了一套集人才培养、市场化绩效激励、安全与人才管理融合等创新实践路径[7]。

上述研究和实践已经积累起相对成熟的经验,从而为民航各业务链的规范运行打下了坚实的数据化基础;但专门面向民航飞机维修基层班组建设场景的信息系统研究与应用还比较缺乏,当前针对基层班组的系统大多只是基础台账的电子化形式,它们属于静态信息记录和简单汇总的工具,而且无法对班组建设内容之间的逻辑关联进行有效的组织和呈现,这种状况导致基层班组建设活动与维修工单管理、运动调度等核心业务之间难以实现顺畅衔接,最终也就使得涵盖执行、监控与改进全过程的闭环管理机制难以被构建起来。

2.2. 智能化管理系统研究

将人工智能、大数据、云计算、可视化分析等新兴技术应用于智能信息处理、流程自动化和可视化分析已成为智能管理信息系统研究的有效支撑手段。在智能信息处理方面,自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)技术能够实现对文本信息的智能解析和分类,以BERT[8]、ChatGPT等大语言模型为代表的深度学习算法在文本分类、信息抽取等任务上取得了突破性进展,为班组的多元非结构化文本信息提取提供了技术支持[9][10]。航空大数据正成为民航业提升安全与效率的驱动引擎,利用大数据技术深度挖掘民航运行的海量多源数据,发现运行规律和趋势,将零散的信息转化为业务洞察与预警,帮助从业人员预测潜在问题,并提前做好应对策略[11]。数据分析与可视化技术进而将多源数据进行汇总、统计,通过交互式仪表盘与多维视图进行展示,将隐性的运行规律显性化,为管理者提供更为直观的决策支持[12]。流程管理技术能够将业务节点、责任主体、流转规则和时限要求进行建模,实现业务流程的自动化,在流程标准化、过程留痕和闭环治理方面展现出较高价值[13]。

对于民航飞机维修班组建设这一基层管理场景来说,目前还缺少成体系的理论探讨,也没有可直接使用的工程实施方案;但在实际工作中,民航班组建设过程里却产生了大量非结构化的文本内容,比如会议纪要、工作日志、问题清单、整改说明和经验总结等,这些文本的数量较多,并且它们所记录的人员信息、时间节点、任务类型、风险因素和整改措施等管理要素之间,也存在着比较明显的相互关联。当前民航信息化领域已有的研究,在文本信息的自动分类、重要信息的提取以及不同信息之间的逻辑关系分析这些方面,投入的关注并不够多,同时,对于监督检查工作里从问题发现到整改落实的在线闭环支持,相关功能还比较有限,在面向管理决策的可视化展示、变化趋势分析和异常状态识别这些方面,现有技术能力也还存在提升的空间。

3. 系统设计与关键技术实现

本文面向民航飞机维修班组管理的实际业务需求，设计并实现了一套集班组信息采集、文本智能解析、流程引擎管控、统计分析与数据可视化分析于一体的智能化管理系统，实现班组管理由分散记录向结构化治理、由人工判断向数据辅助决策的转变。

3.1. 系统总体架构

本系统采用分层架构设计思想，自上而下依次为表现层、业务层、智能处理层、数据层和基础设施层构成，各层之间通过标准化接口进行交互与协同运行。表现层为不同角色(班组成员、班组长、部门管理员及监督检查人员)提供登录认证、台账录入、流程办理、图表查看和消息提醒等 Web 端交互功能。业务层负责飞机维修班组建设的核心业务逻辑，具体覆盖台账管理、监督检查管理、流程流转和统计分析等业务模块，并作为表现层与智能处理层之间的中间枢纽，承担数据与指令的承接与转发职能。智能处理层负责对班组运行的各类文本记录进行清洗、解析、实体识别与自动分类，以及趋势分析与风险识别等任务，是本系统区别于传统电子台账工具的关键环节。数据层可以统一管理用户信息数据、台账数据、流程实例数据、文本解析结果和操作日志等，为上层业务与分析功能提供数据支撑。基础设施层依托云平台完成系统部署、弹性扩展、统一身份认证、访问权限控制及数据备份恢复，为系统的稳定性与安全性提供底层支撑。本系统架构如图 1 所示。

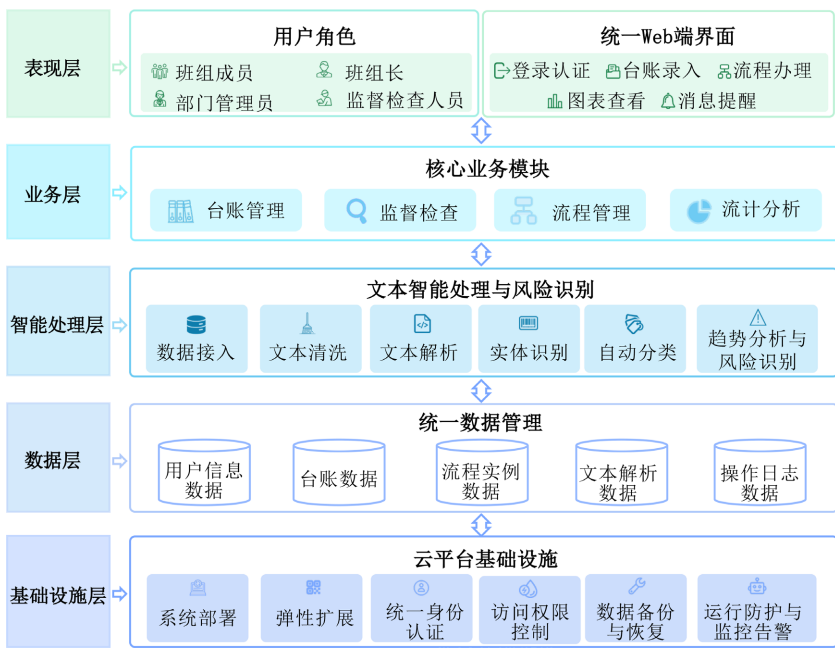


Figure 1. Diagram of the system architecture
图 1. 系统架构图

3.2. 文本信息智能解析实现统总体架构

在民航飞机维修一线班组建设中，工作日志、会议记录、培训总结、检查记录和整改反馈等文本资料，既包含时间、人员、任务、问题等结构化信息，也包含大量非结构化描述内容，具有专业术语密集、表述形式不统一、关键信息隐含于自然语言描述中的特点。传统电子台账虽然能够完成信息留存，但往往只能实现简单存储，难以支持后续的快速检索、问题追踪和趋势分析。为此，本系统在业务层与数据层之间利

用 NLP 技术引入文本信息智能解析机制,实现对文本信息从“静态资料存储”向“结构化信息管理”转变。

智能化文本处理涵盖数据采集、文本清洗、分词去噪、关键信息提取、文本分类和归档入库等环节。在数据采集方面,用户通过在线表单录入数据、批量导入历史文件及其他业务系统接口接入等多种方式来完成,确保班组管理各类文本来源都能接入处理流程当中。系统进行的文本清洗通过清除格式噪声、冗余字符和非标准化语言表达等操作,以降低其对后续信息识别环节的干扰。系统能够结合民航维修领域术语词库与通用中文分词对文本进行分词处理,降低专业词汇误切分概率,如对“航前检查”“故障保留”“部件拆换”等固定表述予以整体识别,从而提高对岗位名称、设备部件、故障类型和管理术语的识别准确性。在实体识别阶段,系统会重点抽取时间、责任人、问题描述、整改措施及处理状态等要素,并结合关键语义特征提取手段来辅助分类归档;系统将文本自动归入工作日志、检查问题、整改反馈等预设类别,最终生成结构化记录并写入数据层。经过上述分步处理之后,原本分散的自然语言表述被转换为标准化字段,这不仅可以为后续的信息检索、统计分析和流程触发提供统一的数据基础,也能够降低人工整理所花费的成本,同时还能服务于监督检查、问题跟踪以及趋势分析等后续应用场景。

文本信息智能解析处理流程如图 2 所示。



Figure 2. Flowchart of intelligent text information parsing and processing
图 2. 文本信息智能解析处理流程图

3.3. 流程引擎与 workflow 实现

在民航飞机维修班组管理实践中,台账提交、资料审核、监督检查整改及复核分类归档等系列业务活动,对于流程的规范性和时效性要求都比较高;如果缺乏统一的约束条件,就容易出现填报信息不一致、整改措施后续跟踪不到位、责任链条界定模糊等问题。为了解决这些问题,系统在业务层采用流程引擎与 workflow 技术,将典型业务活动转化为标准化节点与流转规则,进而实现流程自动化编排与可视化跟踪的目的。在具体实现中,系统提供了可视化的流程定义工具,让不同用户角色能够设定条件逻辑,并且可以自行定义流程环节、角色分工、执行顺序和审批步骤;每个环节都配置了责任角色、处理时限和输出动作,进而形成能适应不同业务场景的流程模板。系统会按照既定规则自动完成任务的分配、状态流转、进度跟踪和通知提醒,同时也会根据当前任务状态来调度资源,从而保证流程执行的自动化运转;此外,系统内置的规则机制能够智能化预判潜在风险,提前制定应对策略,这有助于增强整体管理流程的稳定性和适应性。

在流程运行阶段,系统可对提交、审核、退回、整改和复核等关键操作进行全过程记录,对临近超时事项自动提醒,对超时未完成事项进行标记和统计,对退回修改内容保留处理意见和修改痕迹,从而保证流程透明、责任明确和结果可追溯。通过流程引擎的引入,系统可以将民航飞机维修班组管理过程中分散、依赖人工协调的管理方式转变为具备规则约束能力的业务执行平台,实现了业务标准的统一固化、执行效率的提升以及人工干预与管理漏洞的减少。

3.4. 数据分析与可视化实现

本系统设计了数据分析与可视化看板模块,用于对人员结构、培训执行、问题分布和整改进展等多

类业务数据进行统计分析可视化呈现，以支撑班组管理由经验判断向数据辅助决策转变。系统可分析的数据主要包括人员结构数据、培训记录数据、检查问题数据、整改完成情况、任务执行情况以及与维修运行相关的基础统计数据等。为了解决不同来源数据在字段命名、文件格式和统计口径上的结构差异，系统先把数据统一汇集起来，并进行标准化处理；随后按照班组归属、岗位职责、时间周期和问题类别这些划分标准，系统分别进行统计分类和趋势变化分析，同时借助图表和看板工具，结果被直观地展示出来；这种处理方式既完整保留了原始数据中的细节信息，也能够从整体上呈现出班组的总体管理状况，为后续判断发展态势提供了数据基础。图3所示为飞机维修班组综合能力的对比分析。

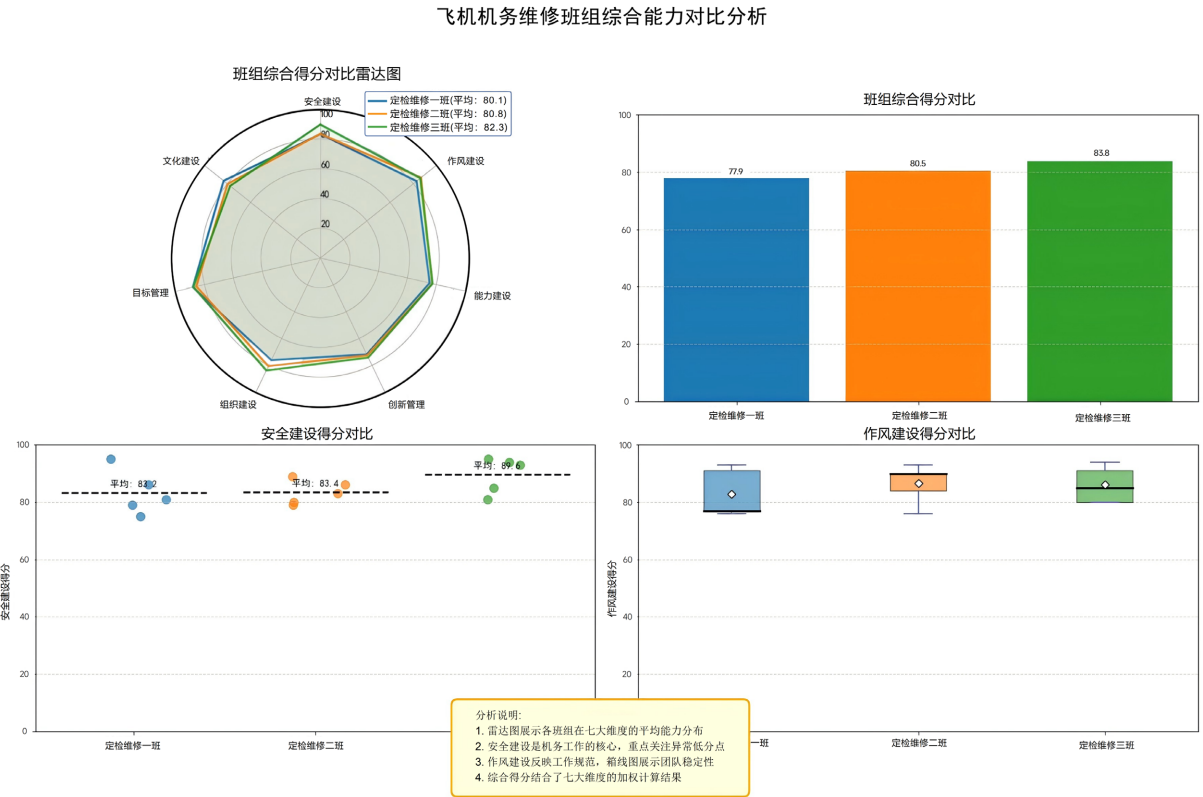


Figure 3. Comparative analysis of the comprehensive competencies of aircraft maintenance teams
图 3. 飞机维修班组综合能力的对比分析

数据分析和可视化功能的价值，不只是把统计结果呈现出来，还能帮助管理人员从大量分散的记录里，快速找出异常和规律，并为确定监督检查重点、配置培训资源和优化流程提供决策参考。在具体应用中，班组长可以通过可视化图表快速找到培训薄弱的环节，识别问题经常发生的业务区域，并做出整改推进落后的具体事项。部门管理人员和监督检查人员能根据统计结果调整检查重点，优化管理资源的配置，及时发现数据里显示的异常变化趋势。

4. 系统应用与效果分析

4.1. 应用场景与部署情况

本系统面向民航飞机维修班组管理场景进行设计与实现，以班组台账管理、培训记录、检查记录、整改反馈、归档管理与统计分析等核心业务需求为班组成员、班组长、部门管理员及监督检查人员等不同用户角色提供智能化的业务管理功能。应用单位下设多个专业维修班组，承担航线维修、定检维修、

部件修理等生产任务，业务点多、面广，对班组建设标准化管理提出较高要求。系统覆盖应用单位下属130多个班组，采用企业内部私有化部署模式，依托单位内部信息化平台搭建，通过企业内网访问，并与既有账号体系系统一对接，符合行业对敏感数据本地化管理的基本要求。

随着系统的上线，原本多以纸质记录与分散电子文档存储的班组建设资料可以利用系统进行台账录入、审核、检查与整改等线上操作完成，并实现资料集中、过程留痕和责任可追溯。系统预置流程与既有管理制度中的岗位职责、检查频次及整改时限要求基本对应，主要通过信息化手段固化既有管理流程，推广适配成本较低。

4.2. 系统测试结果

为验证系统可用性与稳定性，本文从功能性、兼容性、稳定性、权限及流程流转五个方面对系统进行测试。测试内容主要包括：用户登录、台账录入与查询、检查问题登记、整改反馈提交、流程审批、统计结果生成及可视化展示等模块，并对日常台账处理流程和监督检查闭环流程执行全过程流转验证。功能测试是依据业务操作场景来设计测试用例，重点测试表单录入、数据保存、条件查询、附件上传和数据统计生成等操作是否符合预期。系统在不同阶段的状态变更、待办提醒、超时预警以及处理过程记录等功能，被测试人员通过模拟信息录入、审核提交、退回整改和复核归档等常见操作路径来加以验证，测试结果显示出各项机制均能正常运行；同时，多种角色如班组成员、班组长、管理员和监督检查人员等被设置出来，这些角色被交替登录系统，每个角色的菜单可见范围和可访问数据边界被逐一核对，核对结果与原先设计保持一致；此外，系统在常用办公电脑和不同浏览器环境下的显示效果、交互响应速度和持续运行表现，也被测试人员重点观察。测试结果表明，系统各功能模块能够按照设计要求稳定运行，查询与统计响应速度满足日常班组管理需要。具体测试项目与结果见表1。

Table 1. System testing content and results
表 1. 系统测试内容与结果

测试类型	测试内容	典型测试项/用例	预期结果	测试结果
功能测试	系统各功能模块是否满足飞机维修班组建设需求	用户登录、台账录入、信息保存、条件查询、附件上传、监督检查、整改反馈、统计结果生成、可视化展示	各项功能可正常使用，输入输出正确，数据可保存并准确展示	通过
流程流转测试	业务流程闭环执行情况	班组台账流程、监督检查闭环流程；录入、提交审核、退回整改、复核归档等路径	流程节点流转正确，状态变化准确，处理留痕功能正常	通过
权限测试	不同角色的功能访问范围与数据权限控制	班组成员、班组长、管理员、监督检查人员交叉登录测试菜单权限、功能权限及数据访问边界	各角色菜单可见范围、操作权限及数据访问范围符合设计要求	通过
兼容性测试	系统在不同终端和浏览器环境下的适配能力	常见办公终端、主流浏览器下登录、录入、查询、审批、统计展示等操作	页面显示正常，交互逻辑一致，主要功能均可稳定运行	通过
稳定性测试	系统持续运行能力及运行可靠性	持续运行状态下进行登录、录入、查询、审批、统计等重复操作	系统运行平稳，无明显异常或崩溃，响应满足基本业务需求	通过

4.3. 量化效果评估

为进一步验证系统在实际应用中的价值，本文在完成功能测试后，对系统上线前后运行情况进行了

初步量化对比，评估的重点主要从任务处理效率、流程规范性和数据检索效率等三个方面进行评估。评估方法主要采用系统上线前后对比分析的方式，以单位内部维修班组在相近管理周期内的台账处理、检查整改和资料查询数据为基础，选取具有代表性的指标进行统计。系统上线前后量化效果对比如表 2 所示。

Table 2. Systematic quantitative effectiveness evaluation comparison
表 2. 系统量化效果评估对比

评估维度	指标名称	指标说明	上线前	上线后	变化趋势	评价说明
任务处理效率	台账平均处理时长	台账从提交到审核完成的平均耗时	5 小时	0.5 小时	缩短	反映资料录入、审核、归档衔接效率提升
	检查问题平均处理周期	问题登记至整改完成的平均耗时	2 天	0.5 天	缩短	说明问题处理流程更顺畅
流程规范性	超时任务率	超过规定办理时限的任务占比	10%	0	下降	体现提醒与预警机制有效
	流程退回修改次数	单位周期内被退回修改的平均次数	4	1	下降	说明填报规范性和流程一致性提高
	整改闭环完成率	已完成“登记 - 整改 - 复核 - 归档”全流程的问题占比	87%	100%	上升	体现监督检查闭环支撑能力增强
信息检索效率	特定问题记录查询耗时	查询某类历史问题记录的平均耗时	4 小时	0.2 小时	缩短	反映结构化检索效率提升
	历史资料调取完整率	一次性成功调取完整资料的比例	60%	98%	上升	体现资料集中化管理效果
	查询准确率	检索结果与目标资料匹配的比例	92%	99%	上升	说明结构化处理改善查找质量
决策支持能力	问题高发类别识别时长	管理人员识别主要问题类别所需时间	6 小时	0.5 小时	缩短	支撑快速定位管理重点

从表 2 可以看出，系统上线后，台账提交至审核完成的平均处理时长明显缩短，而且线上的流转方式减少了线下传递与重复沟通成本。在流程规范性方面，超时任务的发生率和被退回修改的次数都有所下降，同时整改闭环的完成率也得到了提升，这说明系统对于固化流程标准、提供时限提醒以及落实责任等方面，确实起到了积极的作用。而在数据检索方面，依靠结构化存储和条件查询的功能，历史问题记录、整改资料以及培训档案的查询耗时明显减少，资料调取的完整性和准确性也都得到了改善。总体来看，系统在提升班组资料管理效率、规范流程执行和增强管理支撑能力等方面取得了较为明显的阶段性成效。

需要说明的是，因为受到样本周期和统计口径的限制，本文所做的量化评估目前还只是一个初步的验证，后续还可以结合更长周期的运行数据建立更完善的评价指标体系。

5. 结论

本文针对民航飞机维修班组管理实践中存在的信息资料分散、业务流程执行标准不统一、监督检查环节的闭环跟踪机制不完善以及既有信息资源的开发利用程度偏低等现实问题，设计并实现了一套面向民航飞机维修班组场景的智能管理系统。该系统以台账管理、流程流转、监督检查、问题整改、统计分析和权限控制等核心业务为主线，构建了集信息采集、流程控制、结果记录和多维度图形展示于一体的

整体框架。在系统开发过程中,引入自然语言处理技术,对班组日志、会议记录文本、整改说明材料等非结构化文本进行关键信息提取和统一格式处理,同时借助流程管理工具,将常规业务活动转化为标准化的操作流程,从而增强了班组管理的规范性和闭环性。

从系统应用测试和实际运行结果来看,该系统与班组实际业务场景较为契合,经过功能模块验证、流程模拟测试、用户权限场景检验以及系统稳定性负载评估等多种测试手段,系统在信息录入、流程流转、数据查询和统计展示等方面的可用性得到了验证,系统正式上线运行之后,在提升维修资料整理效率和信息检索准确性、统一班组内部管理操作标准、强化监督检查过程中问题发现与后续整改跟踪的闭环能力,以及辅助管理人员及时掌握班组运行整体状态等方面,都体现出了积极效果。

尽管该系统在实际场景应用中取得较好效果,但本文仍存在一定局限。在文本处理的相关工作中,当前 NLP 技术实现的实体识别与分类工作,大多依靠既定规则和词库优化的方式实现,主要基于规则与词库增强,但在面对结构复杂的语句、新出现的专业术语以及格式不规范的文本内容时,往往会出现识别不准确的问题。在效果验证方面,当前分析大多依托系统试运行阶段的直观观察得出,尚缺乏长期运行、多组样本的量化对比数据,研究得出的相关结论,还需要通过更多验证来证明其普遍适用性。除此之外,该系统当前更侧重于后期数据统计和全过程的管理工作,在风险预测、趋势研判和资源优化方面的智能化能力仍有很大的进步空间。

针对以上梳理的各类问题,后续的相关研究可以从三个不同角度进一步完善和推进。第一,可以搭建适配民航维修工作场景的语义分析模型,以此提升系统对各类文本内容的解析精准程度。第二,可以搭建长期运行数据的收集体系,持续记录系统落地应用前后的各项核心指标变化情况,同时结合用户满意度调研的方式,完成全方位的量化验证工作。第三,可以加入预测性的分析手段,让系统的风险提前预警水平得到提升。除此以外,还可以推动本系统和维修工单、生产调度等工作系统的深度融合,探索适配的学习运行机制,进一步提升整套系统的实际应用价值和推广价值。

参考文献

- [1] 张晗. 安全文化赋能民航基层班组建设的内在逻辑及实践路径[J]. 民航管理, 2026(1): 54-57.
- [2] 曹闪, 乐美龙, 张茜, 等. 基于班组的现代民航信息智能运维管理实践分析[J]. 互联网周刊, 2024(22): 12-15.
- [3] 李伟杰, 王浩锋, 刘冰, 等. 人工智能在民航安全治理中的综合应用研究[J]. 民航管理, 2026(6): 59-63.
- [4] 姜磊. 数字化转型赋能民航安全管理的实践探析[J]. 中国设备工程, 2024(9): 92-94.
- [5] 王蔚宁. 民航飞机航线维修管理信息系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [6] 刘曦东. 电子信息技术在民航业中的应用研究[J]. 通讯世界, 2026, 33(6): 31-33.
- [7] 何策策. 数字化转型下甘肃省民航机场集团人力资源管理创新实践研究[J]. 民航学报, 2026, 10(3): 248-251.
- [8] Devlin, J., Chang, M., Lee, K. and Toutanova, K. (2019) BERT: Pre-Training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North, Minneapolis*, 2 June-7 June 2019, 4171-4186. <https://doi.org/10.18653/v1/n19-1423>
- [9] 车万翔, 窦志成, 冯岩松, 等. 大模型时代的自然语言处理: 挑战、机遇与发展[J]. 中国科学: 信息科学, 2023, 53(9): 1645-1687.
- [10] Cai, D., Wang, S., Wu, Y., Gu, H., Duan, Y., Fan, L., *et al.* (2026) Resource-Efficient Federated Fine-Tuning for Privacy-Preserving NLP Applications. *Science China Information Sciences*, **69**, 509-510. <https://doi.org/10.1007/s11432-025-4859-8>
- [11] 赵学武, 吴宁, 王军, 等. 航空大数据研究综述[J]. 计算机科学与探索, 2021, 15(6): 999-1025.
- [12] 张金杰. 面向大数据可视化的航班延误分析系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2022.
- [13] 王思阳. 工作流引擎技术分析及在项目管理系统中的应用实践[J]. 数字技术与应用, 2023, 41(9): 96-98.