

探索人工智能语音转文字技术在空管应急处置中的应用

——面向自动填报与预案匹配场景

范嘉怡

民航甘肃空管分局 甘肃兰州

【摘要】空管应急处置具有突发性强、信息交互密集、处置节奏紧凑的显著特点，同时，信息通报是空管突发事件处置中的核心工作，需要管制员持续完成信息报送任务。传统处置模式下，管制员在开展指挥处置的同时，还要查阅应急处置检查单，持续梳理填报应急信息，多重任务并行会加重席位管制员工作负荷，间接增大运行风险。本文依托已实践的管制语音转文字试验平台，以平台输出文本作为数据基础，重点探索两类业务应用场景：一是基于转写文本关键词，智能匹配相关应急处置场景的应急处置卡；二是基于自动提取“时间戳、地点、事件类型”等关键字段，完成《突发事件信息报告表》等应急管理系统表单的智能预填报工作。

【关键词】空管应急；语音转文字；预案智能匹配；自动填报

【收稿日期】2026年6月12日

【出刊日期】2026年7月15日

【DOI】10.12208/j.jer.20260045

Exploring the application of artificial intelligence speech to text technology in air traffic control emergency response——Targeting automatic filling and contingency plan matching scenarios

Jiayi Fan

Civil Aviation Gansu Air Traffic Control Branch, Lanzhou, Gansu

【Abstract】The emergency response of air traffic control has significant characteristics of strong suddenness, intensive information exchange, and tight response rhythm. At the same time, information notification is the core work of air traffic control emergency response, which requires controllers to continuously complete information reporting tasks. Under the traditional disposal mode, while conducting command and disposal, the controller also needs to consult the emergency disposal checklist, continuously sort out and fill in emergency information, and multiple tasks in parallel will increase the workload of the seat controller, indirectly increasing operational risks. This article relies on a practical controlled speech to text experimental platform, using the platform's output text as the data foundation, and focuses on exploring two types of business application scenarios: one is an emergency response card based on transcribed text keywords, which intelligently matches relevant emergency response scenarios; The second is to automatically extract key fields such as “timestamp, location, and event type” to complete the intelligent pre filling work of emergency management system forms such as the “Emergency Event Information Report Form”.

【Keywords】Air traffic control emergency; Voice to text conversion; Intelligent matching of contingency plans; Automatic filling

1 引言

空管突发事件处置具有突发性强、信息交互密集、处置节奏紧张、多席位多部门协同的典型特征。在应急处置过程中，管制人员的核心任务是专注空中态势并发布精确指令，但在处置突发事件时还需开展事件信息填报、查阅参考应急处置卡以及对外信息通报等工作，多重任务并行会加重席位管制员工作负荷，间接增

大运行风险。

地空通话、电话通报与内部沟通会产生大量语音信息，因此笔者认为语音是空管应急场景中十分重要的信息载体。但语音属于非结构化数据，难以直接被系统检索、调用与复用。通过人工智能语音转文字技术能够将实时管制语音转换为带时间戳的标准化文本，为应急业务智能化改造提供基础数据源。

当前通用语音识别技术已经较为成熟，但面向空管单位管制员语音转文字的垂直应用仍是空白。本文立足于已实践的管制语音转文字试验平台，重点探索转写文本与应急处置过程的深度结合，主要探讨两个方向的应用：一是基于转写内容实现应急预案、处置卡的智能匹配检索；二是基于关键信息抽取，完成应急事件自动填报。通过技术赋能，减少管制员文书类操作耗时，使一线人员可以集中精力开展应急指挥处置，为提升空管应急处置效率提供可行思路。

2 空管应急处置业务痛点与研究意义

2.1 主要业务痛点

当突发事件发生时，开展应急处置的人员在当下就需要具有指导性、参考性的应急预案及处置程序。但在传统运行模式下，管制员同时承担业务处置与文件检索及查阅的双重任务。在高压、节奏紧迫的应急场景下，极易出现检索滞后、慌乱操作导致查阅耗时增加、关键处置要点漏读等情况。同时在应急处置过程中，突发事件要素（例如事件类型、涉及航班号、高度、应急处置措施等信息）需要人工整理并录入信息通报系统。一边指挥处置、一边手工填报，容易出现记录遗漏、信息错写、填报滞后等现象，严重消耗有限的应急处置窗口期。

2.2 本文研究意义

本文依托已实践的管制语音转文字能力，将语音转写输出的结构化文本作为数据基础，探索“语音-文本-业务应用”的转化路径，设计预案智能匹配、应急

信息自动填报两种场景。在实际应用角度看，可有效减少应急处置期间人工检索应急预案、手动表单填报等工作时长，将管制员从繁杂的文书操作中解放出来，集中精力开展应急处置。在技术层面，探索语音转文字技术从“记录工具”向“业务赋能工具”的落地路径，为民航空管应急智能化建设提供参考方案。

3 管制语音转文字试验平台介绍

本文搭建管制语音转写试验平台，实现管制多通道语音采集、语音识别转写、语音-文本存储检索等核心功能，为业务应用提供底层数据支撑。平台的硬件环境与算法模型均采用空管管制语音样本开展测试，能够生成包含时间戳信息的转写文本，为预案匹配、信息抽取、自动填报等业务环节提供原始输入数据。

3.1 硬件搭建

空管记录仪是一套能够不间断、多通道同步采集地空通信、地地通信语音信号的专业管制指挥语音记录设备。平台依托记录仪，按照时间段、通道号、录音文件路径等获取原始语音记录，得到录音文件路径后实现调用文件的功能。语音识别服务器提供实时语音转换文字接口。管制地空通话语音识别终端通过语音文件识别 API（Application Programming Interface）接口显示识别的文字。平台硬件架构见图1 硬件连接图。

平台支持按照时间、通道完成历史通话检索回放，既满足事后复盘需求，也能够为上层业务应用提供实时、历史两种模式的文本输入。

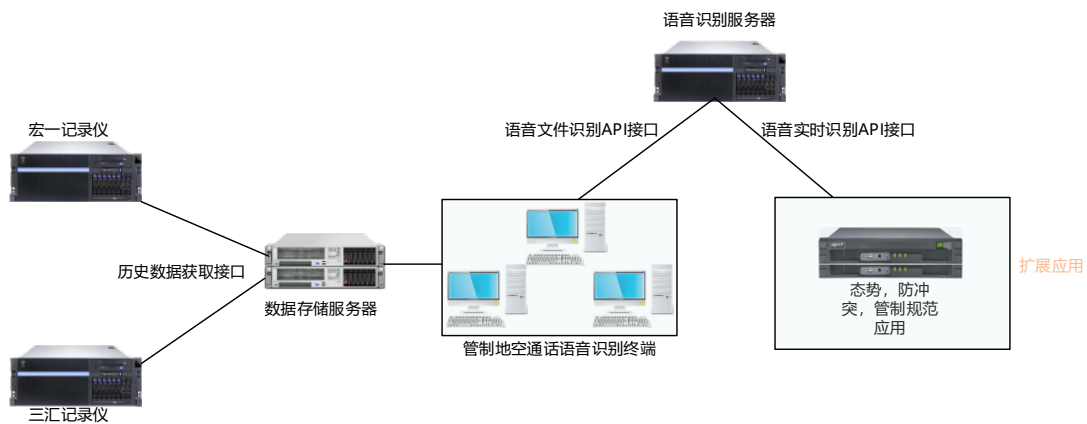


图1 硬件连接图

3.2 语音识别模型算法介绍

本平台采用“语音特征提取模块-序列学习模块-时序分类模块（CNN-BiGRU-CTC）”端到端语音识别架构完成管制语音转文字。首先将原始语音信号处理为16bit、16kHz的PCM（Pulse Code Modulation）音频数

据，并转换为语谱图输入模型。

CNN（Convolutional Neural Network）利用卷积核在时间、频率维度滑动，能同时提取局部时间结构（如音素的发音过渡过程）和局部频率模式（如特定频带的能量起伏），从而从原始信号中高效抽取出有价值的声

学特征。CNN 的权值共享与平移不变性特性,使其对说话人口音、背景噪声、语速波动等复杂扰动具有更强的鲁棒性,表现更接近人类听觉感知^[1]。

经前端 CNN 压缩后的高维语谱特征图,按时间帧序列输入至 BiGRU(Bidirectional Gated Recurrent Unit)模块,该模块由双向门控循环单元组成,旨在捕捉连续语音信号中的长程时序依赖关系与双向上下文信息。BiGRU 模块通过前向 GRU 层与后向 GRU 层堆叠设计,有效模拟了人类在倾听连续语音时依赖前后语境进行综合理解的记忆机制,恰好弥补了 CNN 仅能提取

局部频谱特征而缺乏时序建模能力的局限性。

输入语谱特征经过 CNN 与 BiGRU 处理后, 输出的帧级特征序列长度远大于最终输出的文字标签序列长度, 两者之间缺乏显式的单调对齐关系。为解决这一时序异构难题, 本系统在模型末端引入连接时序分类模块, 实现在无需预先强制对齐标注的前提下, 将帧级后验概率分布自动映射为最优的目标文字序列。

经过空管地空通话真实场景数据集下进行训练与测试,该模型可输出附带时间戳、语音通道信息的文本,可对外输出供上层业务调用。



图 2 管制语音转写结果检索与回放界面截图

4 探索转写文本的业务应用

管制语音原始信号属于非结构化数据,难以直接由计算机处理分析,以往需要管制人员人工整理提炼有效信息。经由语音转写平台处理后,原始语音信号转化为可被机器读取的文本资料,在此基础上可进一步挖掘其在空管应急场景下的智能化应用潜力^[2]。本部分以此为基础开展业务应用探索,主要围绕应急信息智能填报、预案自动匹配两项功能展开研究。

4.1 应急处置信息自动填报

采用大语言模型（Large Language Model, LLM）对转写文本进行语义分析，实现航班号、高度层、报高点、事件发生时间、应急处置内容等关键信息的自动化结构化提取。在获取结构化信息的基础上，运用自动化填报与执行技术（Robotic Process Automation, RPA），通过API接口完成与信息填报系统的联动，实现数据向系统表单的自动录入，最终生成预填报表单。管制员不再承担信息搜集与手动填报环节，只需针对系统输出的自动

填报信息进行复核校验，提升事件处置的工作效率。

4.2 应急预案智能匹配

应急处置过程中, 实时转写的管制语音文本包含事件关键线索, 例如“座舱失压”“发动机故障”“鸟击”“空中劫持”等事件关键词。系统对文本进行持续扫描, 识别关键词, 提取突发事件类型。以识别得到的事件标签作为检索条件, 自动检索本地预案数据库。将匹配到的应急预案序列推送至席位终端, 供管制员人工确认选用, 省去人工检索及翻阅文件的操作。

5 应用落地面临的挑战与对策

管制语音转文字的识别准确率是人工智能语音识别引擎最核心的性能指标, 直接决定后续关键词抽取、语义理解和自动填报等全流程功能的可靠性与准确性。试验表明, 即使采用目前的深度学习模型, 实际应用中仍存在一定概率的识别误差。尤其在专业场景中, 报告点名称、地理名称、航空公司呼号等专业术语极易出现

误识别、漏识别问题^[3]。此类识别缺陷会直接降低关键词匹配与关键信息抽取的精准度,大幅影响应急信息结构化处理效果,最终制约空管应急处置全自动化流程的落地应用价值。针对这一问题,可构建“数据采集处理—人工审核校正—模型增量训练”的闭环迭代优化机制。该机制首先以大量席位地空通信语音数据为基础训练素材,通过语音识别引擎完成音频数据的初步识别与文本预标定,随后将预识别结果统一推送至人工审核界面,由专业人员逐段核对语音内容,修正识别错误、补齐遗漏信息。经审核校验无误后,标准化语音文本数据统一入库,构建高质量、专业化的空管语音标注数据集^[4]。当标注数据积累至一定规模后,即可对语音识别引擎开展增量训练,持续优化模型参数,稳步提升空管场景下的语音识别准确率。需要注意的是,该优化机制对已覆盖的专业术语识别效果提升显著,但对于训练数据中未涵盖的新型词汇,包括新增报告点、新增航司呼号等内容,仍存在识别失效问题。此外,当出现航路航线调整,原数据将出现适配性不足的问题,需要针对性补充标定语音数据,并重新完成模型训练,才能持续保障识别引擎的适配性与准确性。因此,在系统实际部署与落地应用过程中,需持续扩充专业词库,形成长效优化机制,保障管制应急场景下语音转写的稳定性与精准性。

当前空管系统的应急预案与应急处置卡均以非结构化文档形式存储,机器无法直接进行解析与匹配^[5]。为实现本文所研究的业务功能,需针对预案开展结构化改造。通过对应急预案及处置程序实施结构化、标签化处理,为各类突发事件配置对应的事件标签与关键

词集合,构建可检索的知识库,为预案自动匹配功能提供支撑。

6 结论

本研究目前底层语音转写模块已经完成试验验证。空管应急处置场景下,人工智能语音转写技术不应当仅仅实现语音到文字的转换。本文基于已经完成试验验证的管制语音转写平台,围绕预案智能匹配、应急台账自动填报两大业务方向开展应用探讨。预案智能匹配、自动填报属于方案探索,后续通过原型开发、模拟场景测试、知识库结构化改造,该思路有潜力在空管应急指挥工作中发挥实际赋能作用。

参考文献

- [1] 梁阳,人工智能驱动的计算机语音识别技术研究【J】.中国宽带,2025,(05):148-150.
- [2] 朱硕,基于深度学习的人工智能写作机器人方法【J】.中国科技信息,2025(04):96-99.
- [3] 张志霞,韩慧莲,薛宏伟.语音识别技术分析【J】.电脑开发与应用,2008(12):33-35.
- [4] 张伟,刘明琦,李亚林,等.矿山公共信息与应急广播系统设计【J】.煤矿安全,2018,49(12):115-117.
- [5] 赵子威,覃美满,寇向宇,等.矿区可视化应急指挥管理系统设计及关键技术研究【J】.采矿技术,2024(09):255-260.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS