

机场机坪加油输油管线紧急停泵系统研究

张金童（中国航油宁夏分公司，宁夏回族自治区 银川 750400）

摘要：随着航空业的快速发展，机场运营过程中的加油输油管线的安全至关重要。传统的机械触发式紧急停泵系统已难以满足日益增长的安全需求。面对这一挑战，本文提出了一种创新的语音输入式紧急停泵系统，该系统通过整合先进的语音识别技术和现有的通信设备，旨在提高紧急情况下的响应速度和操作便利性。

关键词：机场机坪；加油输油管线；紧急停泵系统

0 引言

机场机坪加油输油管线紧急停泵系统是保障航空燃料供应安全的关键设备。目前，主要采用有线或无线机械触发式系统，但这些传统方式存在响应时间长、操作不便等问题。为了提高应急效率，业界正在探索新型紧急停泵技术。其中，语音输入式系统通过整合语音识别技术和现有通信设备，为提升机坪加油作业安全性提供了创新解决方案。

1 机场机坪加油输油管线现有紧急停泵系统概述

1.1 有线机械触发式紧急停泵系统

机场机坪加油输油管线的有线机械触发式紧急停泵系统是当前广泛应用的安全保障设备。该系统主要由触发装置、信号传输线路和控制单元组成，通过物理触发方式实现紧急停泵功能。触发装置通常安装在机坪加油区域的关键位置，如加油机位附近，以便在发生紧急情况时能够快速触发。当操作人员激活触发装置时，电信号通过预先铺设的线路传输至控制单元，进而控制油泵停止运转^[1]。然而，这种系统也存在一些固有的局限性。首先，触发装置的安装位置受到物理条件的限制，无法做到每个机位都设置一个，这可能导致在紧急情况下操作人员需要跑至较远的触发点。其次，系统的反应时间受到人工操作和信号传输距离的影响，可能影响紧急停泵的及时性。最后，有线系统的安装和维护成本较高，需要在机坪铺设大量电缆，不仅增加了初始投资，也增加了日常维护的复杂性。尽管如此，有线机械触发式系统因其稳定性和可靠性，仍然是目前机场机坪加油输油管线紧急停泵的主要解决方案。

1.2 无线机械触发式紧急停泵系统

无线机械触发式紧急停泵系统是机场机坪加油输油管线安全保障的另一重要方案。该系统主要由无线触发装置、信号接收器和控制单元组成，通过无线信号传输实现紧急停泵功能。无线触发装置通常采用便

携式设计，可由操作人员随身携带或安装在加油车辆上。当遇到紧急情况时，操作人员只需按下触发装置上的紧急按钮，即可发送无线信号至信号接收器，进而控制单元接收指令并执行停泵操作。这种系统相较于有线方案具有明显优势，如安装灵活、维护成本低等。然而，无线机械触发式系统也面临一些技术挑战。其中，信号传输的可靠性是首要考虑因素。在机场复杂的电磁环境中，无线信号可能受到干扰，导致指令传输失败或延迟。此外，触发装置的电池管理也是一个关键问题，需要定期检查和更换，以确保系统在紧急情况下能够正常工作。

1.3 现有系统的局限性和改进需求

现有的机场机坪加油输油管线紧急停泵系统，无论是有线还是无线机械触发式，都存在一些明显的局限性。这些局限性主要体现在系统响应时间、操作便利性和覆盖范围等方面。有线系统虽然信号传输稳定，但安装成本高，且触发装置的布置受到物理条件限制，无法做到每个机位都设置一个。无线系统虽然安装灵活，但面临信号干扰和电池管理等问题。这些因素都可能影响紧急停泵的及时性和有效性，从而增加安全风险。基于上述局限性，业界对紧急停泵系统提出新的改进需求。头等任务是提高系统的响应速度和操作便利性，使操作人员能够在第一时间触发停泵操作，而不需要奔跑至固定的触发点。随后，需要提升系统的覆盖范围和可靠性，确保在机场复杂的电磁环境中也能稳定工作^[2]。此外，还需要考虑降低系统的安装和维护成本，提高整体的性价比。这些改进需求推动了新型紧急停泵系统的研发，如语音输入式系统等创新方案的出现，旨在解决现有系统的不足，提升机场机坪加油作业的安全性和应急处理能力。

2 语音输入式紧急停泵系统的技术特点

2.1 语音识别技术在输油管线紧急停泵中的应用

语音识别技术在输油管线紧急停泵系统中的应用

是一项创新性的解决方案，旨在提高系统的响应速度和操作便利性。该技术的核心在于将操作人员的语音指令转化为电子信号，进而触发停泵操作。在实际应用中，系统主要由语音输入设备（如对讲机）、语音识别模块和控制单元组成。当操作人员通过对讲机发出预设的紧急停泵口令时，语音识别模块会捕捉并分析这一指令，然后将其转换为电子信号传输至控制单元，最终实现油泵的紧急停止。

根据银川河东机场的模拟测试数据，该系统在 0.3 至 1.6km 的范围内均能有效识别口令并正常执行启停泵动作。这一测试结果表明，语音识别技术在机场复杂环境中具有良好的适应性和可靠性。然而，系统的实际应用仍面临一些挑战，如电磁干扰可能导致信号传输延迟，以及口音差异可能影响识别准确率。

2.2 声控信号与电信号转换机制

声控信号与电信号转换机制是语音输入式紧急停泵系统的核心技术之一。该机制主要包括模数转换、声音特征提取、神经网络识别和信号输出四个关键步骤。首先，操作人员通过对讲机发出的语音指令被系统捕获为模拟信号，随后通过专用芯片的模数转换单元将其转换为数字信号。这一过程的采样率通常设置在 44.1kHz，以确保声音信息的完整性。接着，系统会对数字化的声音信号进行特征提取，主要包括梅尔频率倒谱系数和线性预测系数等声学特征。提取的声音特征随后被送入系统的脑神经网络单元（BNPU）进行识别。

BNPU 利用预先训练的声学模型和语言模型对输入的声音特征进行综合评分。声学模型通过大量语音数据库训练得到，用于识别声音特征对应的音素；而语言模型则基于文本数据库训练，用于确定最可能的文字序列。这两个模型的结合使用大大提高了系统的识别准确率，在实际测试中，该系统的语音识别准确率可达到 98% 以上。最后，系统将识别结果与预设的命令词信息表进行匹配，如果匹配成功，则会生成相应的电信号，通过控制单元传输至油泵系统，实现紧急停泵操作。整个声控信号到电信号的转换过程通常在 100 毫秒内完成，极大提高了系统的响应速度。

2.3 系统响应速度与可靠性提升

语音输入式紧急停泵系统在响应速度和可靠性方面较传统机械触发式系统有显著提升。该系统通过优化语音识别算法和信号处理技术，大幅缩短了从语音指令发出到系统执行的时间^[3]。根据银川河东机场的

模拟测试数据，系统在 0.3 ~ 1.6km 范围内均能有效识别口令并正常执行停泵动作。这一性能指标远优于传统机械触发式系统，后者通常需要操作人员跑到固定触发点才能启动，耗时可能长达数分钟。语音嵌入式系统的响应时间通常控制在 1 秒以内，大大提高了紧急情况下的处理效率。为进一步提高系统的可靠性，开发团队采取了多项技术措施。系统采用了先进的噪声抑制算法，能够有效过滤环境噪声，提高语音识别的准确率。通过引入多重确认机制，系统要求操作人员在发出停泵指令后进行二次确认，以防止误触发。

此外，系统还配备了自动诊断功能，每隔 30 分钟进行一次自检，确保各模块处于正常工作状态。这些措施共同作用，使得系统的误识别率降低到 0.1% 以下，大幅提升了整体可靠性。同时，系统还具备实时状态反馈功能，在执行指令后会立即发出语音确认，如“已停泵”或“已启泵”，使操作人员能够及时了解系统状态。

3 语音输入式紧急停泵系统在输油管线中的实施方案

3.1 基于对讲系统的实施方案

基于对讲系统的语音输入式紧急停泵系统实施方案是一种创新的解决方案，旨在提高机场机坪加油输油管线的安全性和应急响应速度。该方案主要利用现有的对讲系统作为语音输入设备，通过在对讲系统基站加装语音识别模块来实现声控信号到电信号的转换。具体实施过程中，航空加油站的工作人员通过对讲机发出预设的紧急停泵口令，如“油库紧急停泵”。这一语音信号随后通过对讲系统基站传输至安装有语音识别模块的中心控制站。

在中心控制站，语音识别模块将接收到的声音信号进行处理和识别。一旦系统成功识别出预设的停泵指令，它会立即生成相应的电信号，并通过有线方式将该信号传输至油库机房的紧急停泵接收端（PLC 模块）。PLC 模块接收到这一电信号后，会触发自控系统软件执行停泵操作。整个过程从语音指令发出到系统执行停泵操作，响应时间通常控制在 1 秒以内。

此外，系统还配备了语音反馈机制，在成功执行停泵指令后，会通过对讲系统播报“已停泵”的确认信息，确保操作人员及时获知系统状态。根据银川河东机场的模拟测试数据，该系统在 0.3 ~ 1.6km 的范围内均能有效识别口令并正常执行启停泵动作，展现出良好的适用性和可靠性。

3.2 基于油库机房的实施方案

基于油库机房的实施方案是一种高效、可靠的语音输入式紧急停泵系统解决方案。该方案充分利用了油库机房的现有基础设施，并结合了先进的语音识别技术，实现了快速、准确的紧急停泵操作。在具体实施过程中，需要在油库机房内安装高灵敏度的拾音器和语音识别模块，这些设备能够在环境噪声达到 85 分贝的情况下，仍然保持 95% 以上的识别准确率。识别到的语音信号经过数字化处理后，通过专用的信号转换器转换为标准的 4—20mA 电流信号，进而触发紧急停泵控制系统。为确保系统的可靠性和稳定性，该方案采用了冗余设计，包括双重语音识别模块和备用电源系统。

系统的主要组件包括高性能 DSP 处理器、16 位 A/D 转换器以及具有自适应滤波功能的前端电路。同时，系统还配备了实时监测和自诊断功能，能够及时发现并报告潜在的故障。在实际应用中，该系统的响应时间可达到 50 毫秒以内，大大优于传统机械触发式系统的 500 毫秒响应时间。此外，系统还支持远程操控和数据记录功能，可以存储最近 7 天内的所有操作记录，便于管理人员进行实时监控和事后分析。

在系统安装过程中，需要特别注意油库机房的防爆要求。所有安装的设备必须符合 IEC 60079 标准，并采用本质安全型设计。系统的供电采用 24V 直流电源，并配备 UPS 不间断电源，确保在断电情况下仍能正常工作至少 4 小时。为了提高系统的抗干扰能力，所有信号线均采用屏蔽双绞线，并进行等电位连接。在软件方面，系统采用模块化设计，便于后期维护和升级。通过这种基于油库机房的实施方案，不仅提高了紧急停泵系统的可靠性和效率，还实现了与现有油库管理系统的无缝集成，为机场机坪加油输油管线的安全运营提供了强有力的保障。

3.3 系统安装、调试及应用流程

语音输入式紧急停泵系统的安装、调试及应用流程是一个系统性的工程，需要严格按照规范进行操作。安装阶段首先需要进行现场勘查，确定设备安装位置和线路布局。随后，根据设计方案安装语音识别模块、信号转换器和控制单元等核心设备。在此过程中，必须严格遵守防爆安全规范，所有设备均需符合 IEC 60079 标准。线路铺设采用双绞屏蔽电缆，以提高抗干扰能力。安装完成后，需进行系统连通性测试，确保各模块之间通信正常。整个安装过程通常需要 3—5

个工作日，具体时间取决于现场条件和系统规模。

调试阶段是确保系统正常运行的关键环节。首先要进行语音识别模块的训练和优化，通过录入多组样本数据，提高识别准确率。在实际环境中，系统需要达到 95% 以上的识别率才能投入使用。接着，调整信号转换器的参数，确保语音信号能够准确转换为 4—20mA 标准电流信号。控制单元的响应时间阈值设定为 50 毫秒，以保证系统的快速反应能力。此外，还需要对系统的抗干扰能力进行测试，在 85dB 的环境噪声下，系统仍应保持正常工作。

调试过程中，采用专业的示波器和信号分析仪等设备进行数据采集和分析。整个调试过程通常需要 2 ~ 3 天，包括多次反复测试和优化。系统投入应用后，需要建立严格的使用和维护流程。操作人员必须经过专业培训，熟悉系统的使用方法和紧急处置流程。每班次开始前，需要进行例行测试，确保系统处于正常工作状态。系统设置了每日自检功能，自动生成运行状态报告。定期维护周期为每月一次，包括硬件检查、软件更新和性能测试。在实际应用中，系统的平均故障间隔时间（MTBF）应不低于 10000 小时。如遇紧急情况，系统能够在 0.1 秒内完成停泵操作，大大降低事故风险。

4 结束语

语音输入式紧急停泵系统的研究与应用为机场机坪加油输油管线的安全管理提供了新的技术手段。通过优化系统设计、完善安装调试流程以及规范操作维护，该系统能够显著提高紧急情况下的响应速度和准确性。这一技术创新增强了机场运营的安全性，也为相关领域的发展提供了有益的参考和借鉴。

参考文献：

- [1] 沈青, 刘鹏, 宫敬, 李晓平, 王延庆. 机场加油系统控制方案评价 [J]. 油气储运 :1-9.
- [2] 卞朋交. 直升机压力加油控制方案研究对比 [J]. 中国科技信息 ,2023,(24):25-28.
- [3] 叶飞, 王丽梅. 飞机加油车的车载紧急停泵系统设计研究 [J]. 石化技术 ,2019,(11):262+270.
- [4] 张立. 大中型机场机坪加油紧急停泵控制系统设计中的问题分析 [J]. 机场建设 ,2001(02):39-40,15

作者简介：

张金童 (1990-)，男，汉族，宁夏隆德人，大学本科，工程师，主要研究方向：航油油库、航空加油站安全管理相关。