

# 飞机油料加注加油车智能派工设计方法研究

董岩, 蒯亮, 任静, 闵晓霜, 杨跃

(中国电子信息产业集团有限公司第六研究所, 北京 100083)

**摘要:** 随着民航业的飞速发展, 给飞机加注油料的保障任务越来越多。目前, 飞机加油任务主要由油料供应商调度员根据航班加油信息逐一分配加油任务给加油员, 加油员收到任务后驾驶加油保障车辆到达飞机位置进行加油作业。加油业务电子化、信息化、大数据分析等技术的实现逐渐打通了加油系统的信息通道。基于大量多维数据, 根据飞机加油业务特点, 提供一种用于飞机油料加注加油车的智能派工方法, 能够自动进行加油任务分配, 避免出现航班延误状况及就此造成的严重资源浪费并能减轻调度员工作量。通过智能派工可以合理调配加油资源, 保证飞机及时加油, 顺利完成航班保障任务。

**关键词:** 飞机加油调度; 加油员; 精准定位; 智能派工; 工作疲劳度算法

中图分类号: TP393

文献标志码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.222750

中文引用格式: 董岩, 蒯亮, 任静, 等. 飞机油料加注加油车智能派工设计方法研究[J]. 电子技术应用, 2023, 49(2): 80-85.

英文引用格式: Dong Yan, Kuai Liang, Ren Jing, et al. Study on intelligent dispatching design method of aircraft fuel refueling Vehicle[J]. Application of Electronic Technique, 2023, 49(2): 80-85.

## Study on intelligent dispatching design method of aircraft fuel refueling Vehicle

Dong Yan, Kuai Liang, Ren Jing, Min Xiaoshuang, Yang Yue

(The Sixth Research Institute of China Electronics Corporation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** With the rapid development of civil aviation industry, more and more tasks are required to fuel the aircraft. At present, the aircraft refueling task is mainly assigned to the refueling personnel by the dispatcher of the fuel supplier, one by one, according to the flight refueling information, after receiving the task, the refueling operator drives the refueling vehicle to the aircraft for refueling operation. The realization of electronic, information and big data analysis technology has gradually opened up the information channel of refueling system. Based on a large number of multi-dimensional data, according to the characteristics of aircraft refueling operation, an intelligent dispatching method for aircraft refueling vehicle is provided, which can automatically assign refueling tasks, avoid flight delays and the resulting serious waste of resources and can reduce the workload of the dispatcher. Through the intelligent dispatch, refueling resources can be reasonably allocated to ensure the timely refueling of aircraft and smooth completion of flight support tasks.

**Key words:** aircraft refueling dispatching; operators; precise positioning; intelligent dispatching; work fatigue algorithm

### 0 引言

随着我国由民航大国向民航强国迈进的大趋势, 民航业实现智慧发展是新一轮科技革命的时代要求, 是民航高质量发展的必然要求, 也是实现民航强国目标的现实要求。民航业主体为民用飞机, 飞机油料加注在智能化、工业化、自主化及大数据<sup>[1-2]</sup>时代背景下已经完成重大变革, 由最初的通过对讲机通知加油员进行加油, 加油数据手动填写纸质油单的手动作业模式向调度派工发展, 油料加注调度系统依据由机场提供的飞机航班相关信息通过网络传递给加油作业体, 进行任务派工, 接

到航班加注任务后下发任务指令至加油员手持电脑, 加油员驾驶加油车前往飞机所在区域完成飞机油料加注作业, 加油量相关信息第一时间传递到后台服务器同时完成电子油单打印。通过以上过程大大改善了传统作业下信息传递慢、作业内容不准确及作业过程不及时等造成的油料加注超时及造成航班延误等诟病。现有调度流程如图1所示。

目前系统虽然解决了系统化、集成化、信息化等过程, 但未能实现智能调度派工<sup>[3-5]</sup>, 加油任务派发后, 不能根据飞机航班的机型、飞机停机机位、飞机起飞时间

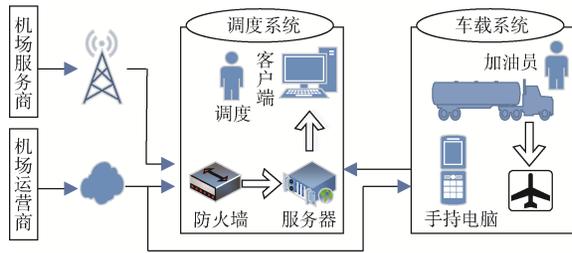


图1 现有调度流程

等合理分配任务;不能结合加油车实时位置、加油员状态、加油员上下班时间、特殊任务等合理规划任务;不能按照工作量平衡、距离最短等指标进行智能计算并给出最优的派工方案<sup>[3]</sup>。飞机停靠机场机坪亦存在网络问题,各机场网络环境复杂,网络质量不一,存在网络信号弱甚至无网络情况及信号死角问题,调度任务派发过程中如遇网络异常也会降低使用效能,甚至造成调度派工功能无法使用,不能正常完成飞机油料加注任务。

综上所述,设计一套结合多种因素条件及特定需求下的涵盖多要素考量的智能调度派工势在必行<sup>[6-7]</sup>。

## 1 总体设计概述

本设计基于现有调度系统,通过引入位置感知技术、智能决策技术和基础支撑技术三类技术,采用模块化并支持可扩展、可升级,支持多协议的设计思路。主要包括双卫星冗余导航、航班监控与智能决策、资源监控及加油员优选派工及任务派发。设计思路如图2所示。

引入北斗卫星及GPS卫星冗余配置实现加油车行驶位置感知<sup>[8-9]</sup>。加油车安装导航接收装置,实时与卫

星导航互联。坐标参数解析后接入调度系统,完成加油车位置监控。

通过接入航班信息,可得知即将降落航班及即将起飞航班规划。数据传送到调度系统后进行分析及判断,对需加油航班进行分组、过滤、排序、着色规则等配置,为特殊需求的航班提供第一时间油料加注保障。

加油员是飞机加注油料作业关键生产岗位,飞机加油员每一步操作都关系到飞机的安全运营。飞机加油员日常工作是驾驶加油车辆进入机坪加注油料,同时需对加油车辆进行日常维护,检查并确保加油车内油品质量达标等辅助保障工作。通过以上内容可以看出加油员劳动强度大,作业时间长。合理安排加油员工作时长及工作内容才是最好的飞机安全保障重要前提。通过大数据<sup>[1-2]</sup>技术收集加油员工作年限、工作性质、工作优势及特殊任务执行能力等信息合理分析后,推送调度系统,系统按照综合计算,实现合理派工,保障加油员优质地完成飞机油料加注作业。

调度系统依据机场运营商网络而实现<sup>[5]</sup>。我国各个民用机场基础设施不尽相同,各机场的网络环境复杂,网络质量不一,存在网络信号弱、信号死角及无网络等问题,为使用调度系统带来了隐患。为此,本方案针对性地提出了离线操作方案。网络情况不好的机场可以提前下载航班信息及调度任务信息,进场保障航班任务时依据手持电脑推送信息顺序执行加油任务、采集油量、打印油单、手写签名等工作。网络信号恢复时自动将油单上传后台,有效保证了加油作业正常进行,扩展了系统对离线场景的支持能力。

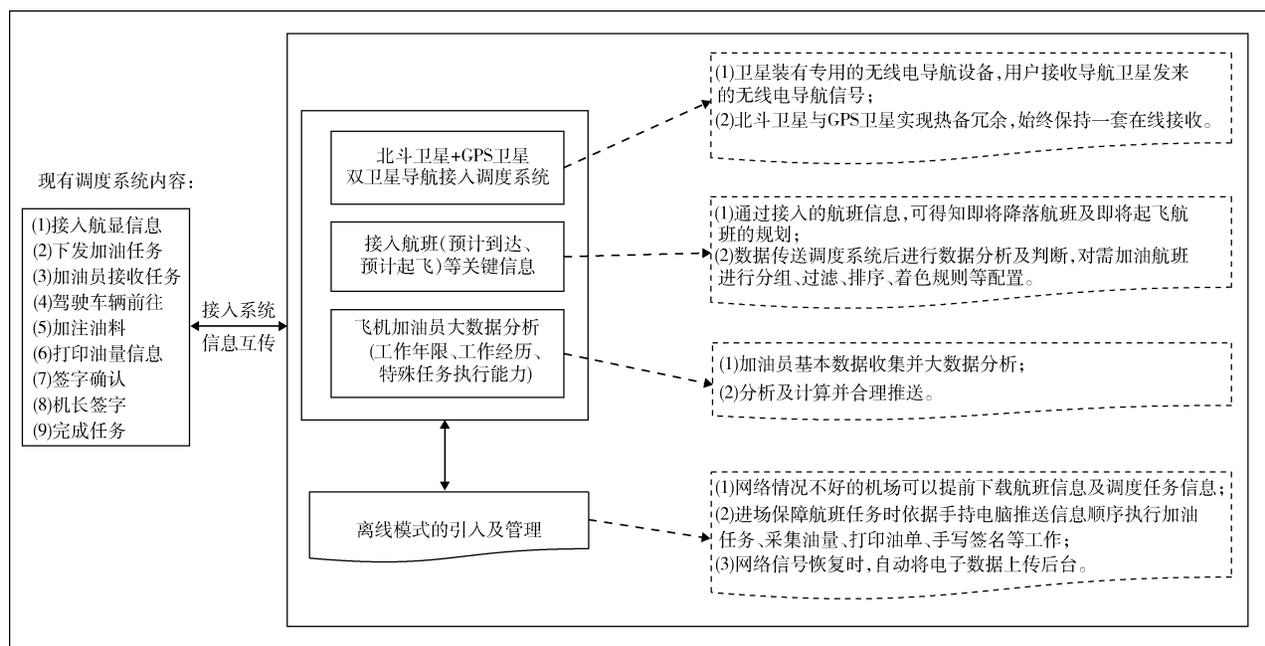


图2 智能派工设计思路

## 2 关键技术设计

### 2.1 加油车位置感知及路径规划的技术设计

#### 2.1.1 基于卫星导航实现加油车位置感知

卫星导航<sup>[8-9]</sup>系统由导航卫星、地面台站和用户接收设备三部分组成。导航卫星是卫星导航系统的空间部分,由多颗导航卫星构成空间导航网。地面台站通常包括跟踪站、遥测站、计算中心、注入站及时间统一系统等部分,用于跟踪、测量、计算及预报卫星轨道并对星上设备的工作进行控制管理。用户接收设备通常由接收机、定时器、数据预处理机、计算机和显示器等组成。它接收卫星发来的微弱信号,从中解调并译出卫星轨道参数和定时信息等,同时测出导航参数<sup>[10]</sup>,再由计算机算出用户的位置坐标和速度矢量分量。导航原理如图3所示。

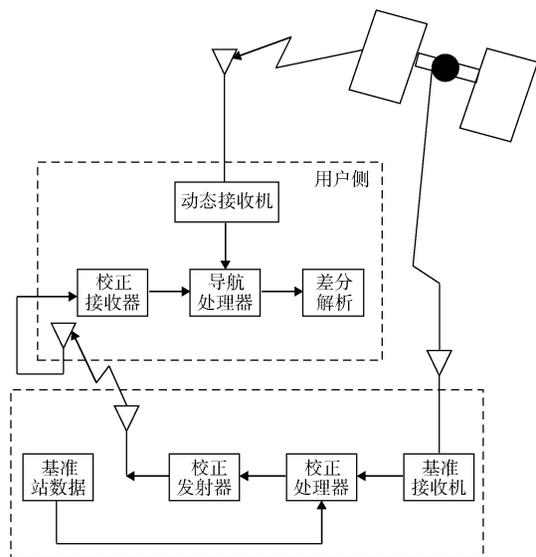


图3 导航原理

卫星导航系统目前主流为GPS导航和北斗导航<sup>[8]</sup>。北斗导航系统与GPS导航系统的主要差距在以下几个方面:(1)覆盖范围:北斗导航系统是覆盖中国本土的区域导航系统,覆盖范围东经 $70^{\circ}\sim 140^{\circ}$ ,北纬 $5^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。GPS是覆盖全球的全天候导航系统,能够确保地球上任何地点、任何时间能同时观测到6~9颗卫星。(2)定位原理:北斗导航系统<sup>[8-9]</sup>是主动式双向测距二维导航,地面中心控制系统解算,提供用户三维定位数据。GPS是被动式伪码单向测距三维导航,由用户设备独立解算自己三维定位数据。(3)定位精度:北斗导航系统目前三维定位精度约25 m,授时精度约100 ns,在我国境内部分主要地区可达到10 m。GPS三维定位精度P码目前已由16 m提高到6 m,C/A码目前已由25~100 m提高到12 m,授时精度目前约20 ns。

本方案通过加油车安装导航信号接收设备获取加油车实时位置信息。内置GPS和北斗双系统卫星导航

系统,可以同时接入GPS导航和北斗导航,实现无缝切换,始终保持一种导航在线运行,实现24 h全天候位置跟踪。切换过程由内部电路实现。导航接收天线安装于车辆前部,可以有效地与卫星实时链接。设备内置了开机启动程序,其中一类程序负责数据采集,从传感器或总线上收集信号并转换成数字化数值存储到内部磁盘中,采集后数据进行简单处理;另一类程序负责打包发送数据。当网络可达时,设备将所有数据通过网络发送至调度服务器,收到服务器的确认后从本地消除数据。当网络系统不可达时,将数据暂存在本地硬盘中。

导航模式切换即选择北斗定位还是GPS定位,当出现某种定位系统无法再提供有效定位数据即系统失灵时,此时定位精度必然降低,因此需切换到另一种定位系统。切换的常用方法是根据推荐定位信息帧中的定位状态指示符判断当前定位是否有效,如果无效,则将切换到另一定位系统中。设备接入两种导航系统并进行北斗导航首选预处理。其流程图如图4所示。

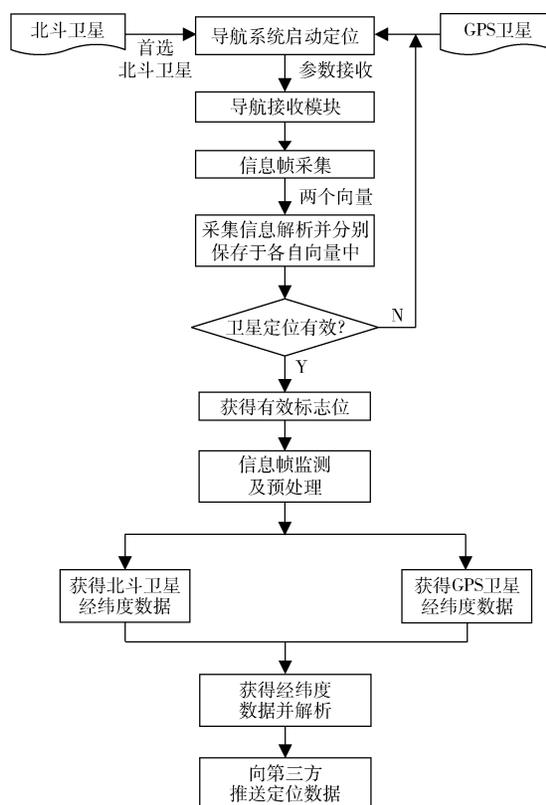


图4 导航切换设计方法

导航接收设备与调度服务器间进行定位消息和导航消息的交互。通过车载通信协议完成,将定位消息和导航请求消息合并为一条报文<sup>[10]</sup>,该报文消息的参数如图5所示。

其中:前5个字段分别是车载主机根据卫星信号接收模块获得的当前定位信息;导航掩码字段是根据加油

当前时间 6 B	经度 4 B	纬度 4 B	速度 1 B	方向 1 B	导航掩码 1 B	经度 4 B	纬度 4 B
-------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------	-----------	-----------

图5 导航信息参数

车辆用户的选择,如是否导航及路径选择等产生的数据;协议解析<sup>[10]</sup>模块通过对导航掩码的分析可将此条消息归类并处理;当产生导航请求时,掩码后的两个字段即为目的地经纬度信息。调度服务器经过解析形成可识别代码向其他相关内容推送,以此为依据完成自动导航及路径规划等。

### 2.1.2 自动导航与路径规划设计

自动导航与路径规划主要实现加油车执行任务过程中的位置显示、路径规划计算、语音导航播报、路线偏离提醒等功能。自动导航依托电子地图进行,通过2.1.1小节叙述的卫星导航引入过程接入相关位置信息。电子地图通过后台绘制各机场平面图并依托地图引擎解析车辆位置信息进行呈现。实现原理如图6所示。

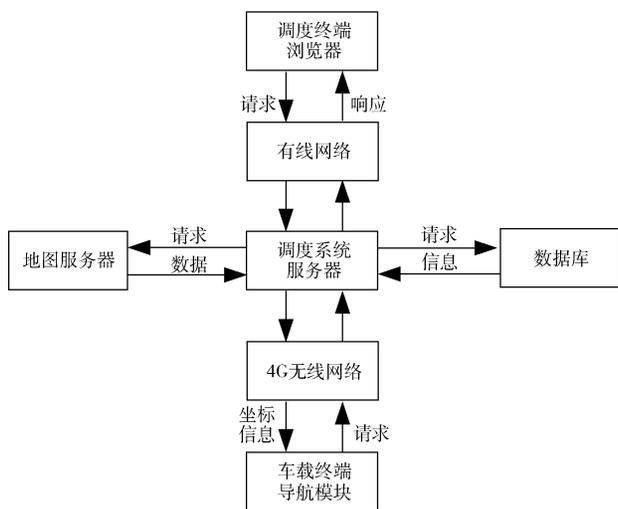


图6 自动导航设计原理

电子地图具备如下功能:(1)清晰显示机坪电子地图包括跑道、滑行道、行车道、机位及航站楼、廊桥建筑和设施等图形轮廓,同时显示机坪内各跑道、滑行道、行车道的道路标识,各机位、停车位的位置标识,各建筑和设施的名称标识等内容;(2)与车载定位设备对接,读取车辆的实时位置信息,并在电子地图上以带箭头图标的方式显示车辆的实时位置信息;(3)支持离线显示功能,在与服务器断开的情况先仍可显示完整的电子地图信息;(4)支持缩放、拖拽等操作。

电子地图始终为上北下南方向,车辆的行驶方向通过地图上车辆图标朝向体现。地图根据车辆行驶方向进行旋转,从而使地图与加油员的视角保持一致;在加油车导航期间,系统提供导航路径的显示功能,使加油员可以直观看到车辆在电子地图中的位置和行驶路线;

在导航地图上,可显示目前执行导航的航班任务信息,主要包括航班号、机号、机位等;同时,随着车辆行驶位置的变化,自动显示车辆周边的各类标牌信息以及道路、机位名称等;在导航地图中,以缩小的全景地图的方式显示整个导航路径。在执行任务过程中,系统同时提供语音播报导航功能,自动播报当前任务信息、道路限速以及各种导航提示信息;在导航过程中,系统根据导航路径以及加油车当前的行驶位置、方向等,自动计算车辆剩余路程、下一个路口的距离以及拐弯方向等信息,并通过电子地图中的拐弯图标以及语音播报方式进行提醒,确保加油员按照规定路线行驶;为防止加油员错过机位,在接近拐弯路口或机位时,系统将进行连续语音播报提醒,直到加油员行驶进入正确的道路。

加油员操作手持电脑启动导航,并确认目标机位无误。手持电脑实时获取调度信息,从调度接收加油任务包含了航班的航班号、机号、机位等信息,并向后台服务器发送路径规划请求,服务器通过路径优化算法计算最优路径,并将路径信息返回。在电子地图上以加油车的当前位置为起点,目标机位为终点标示导航路径,并显示加油车的当前位置和行驶方向,系统根据加油车当前位置以及执行中的任务对应的航班机位号,加油员规划导航路径,开始进入自动导航过程。

在加油车执行任务过程中,当发生错过路口、机位变更的情况时,系统可进行导航重新规划。具体过程:(1)加油员通过相应操作终止目前的导航过程;(2)加油员确认新的机位,并向后台服务器重新提交导航规划请求;(3)服务器根据导航当前位置和目标机位要求以及机场的道路情况重新计算最优导航路径并反馈;(4)开始新的导航服务。在发生路线偏离或机位变更时自动提示,并要求加油员确认是否切换导航路线,加油员确认后,手持电脑自动向后台发送重新规划导航路径的请求。实现原理如图7所示。

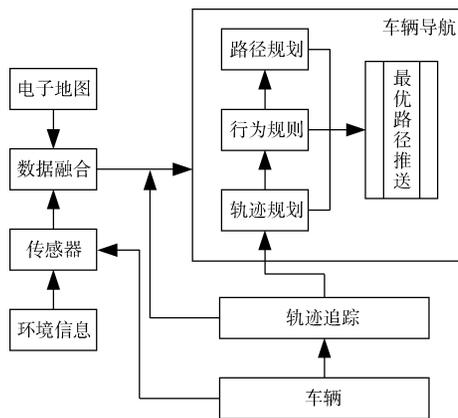


图7 路径规划设计原理

### 2.2 预加油航班监控推荐派工设计

预加油航班由机场航显系统进行推送,信息中含当天、第二天及前一天信息。调度系统接收航班信息后实时显示并自动刷新航班动态。调度系统对信息进行分组、过滤、排序、着色等配置,信息字段的显示范围和顺序

灵活配置,并将特殊航班、紧急执行任务航班等进行特殊标记设置并靠前显示。当航班动态发生变化时,尤其机号、机位、时间等关键信息变化时,系统做出明显提示和标记。

系统提供航班是否需要加油的设置功能,可手动设置航班是否需要加油。系统提供航班闹钟功能,对特殊航班及关注度高航班设置闹钟,闹钟时间到时,在客户端进行弹窗、声音等提示。

系统资源监控模块实时显示和自动刷新加油员的在线状态、所驾驶的加油车编号、当前在保障的航班。调度可选择所监控资源范围人员列表,根据加油员或加油班组上下班情况以及分组调度要求选择需要监控和调度的加油员,未选择的加油员需进行隐藏不显示。选择人员进行任务派发及派发人员执行过程监控。具体任务过程如下:(1)手动任务派发,通过拖拽、点击等简单操作进行航班任务的分配;(2)补加油、抽油任务派工时,调度选择要派发的任务类型,常规加油和补加油按正常加油任务进行派发,抽油按照“抽油”任务类型派发;(3)当加油员未上线或暂时离线时,系统仍然可以进行任务的分配,此时任务状态显示为“预派”或“待下发”等,当加油员上线时,系统自动将该任务及时下发到该加油员终端,实现预派工处理;(4)所有已分配的任务,当加油员在线时,系统自动下发给加油员,若出现通信异常时,持续尝试,无需人工再次重发;(5)系统提供推荐派工功能,当调度员选择航班后,根据航班机位、是否有地井、加油员/加油车当前位置、加油车类型、加油员当前忙闲状态等,筛选出符合条件的加油车进行排序,推荐给调度员选择;调度员可以直接确认进行任务的派发,也可以取消不派发;当调度员未做任何操作时,系统在等待 10 s 后,自动下发任务或自动取消任务,实现自动派车功能。

系统提供对任务状态的监控功能,实时刷新显示保障任务状态,并以不同颜色显示不同任务状态。监控界面支持排序功能,能根据状态、时间等进行排序。在加油员终端出现通信异常时,提供手动上报功能代替加油员进行加油状态的上报。对于所有已经分配的任务,无论状态如何,均可进行取消;已经取消的航班任务可以

重新分配下发。设计原理如图 8 所示。

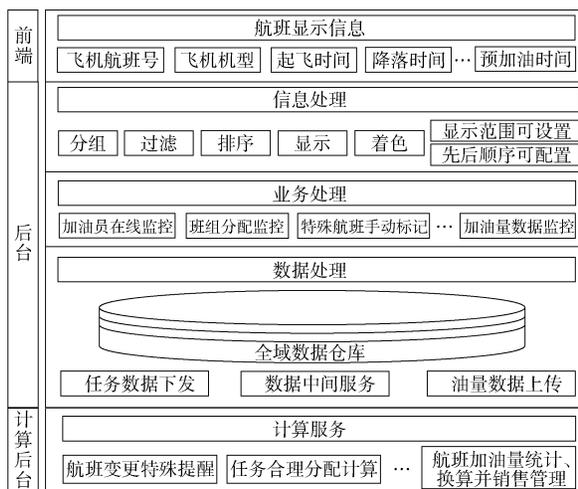


图 8 预加油航班监控及推荐派工设计原理

### 2.3 加油员大数据分析推荐派工设计

通过收集加油员各类数据进行综合分析及计算,提供最优的派工方式,保证了加油员加油过程全程安全有效及快速完成航班供油保障任务。

本系统预定时间为每天 23:00 根据航班信息推送的第二天预加油飞机信息对加油员及配套加油车进行全体派单操作,调度员确认后正式生效。考虑飞机加油作业时间大于 120 min 且有临时航班加油需求,航班显示信息不能预见推送,设计定时派工及实时派工两种模式。

推荐派工原理图如图 9 所示,图中所述定时推荐派工首先依据航班信息进行分析与计算。首先依据航班信息中飞机起飞时间确定飞机加油时间,一般为飞机起飞前 1 h 作为加油时间并遵循隔夜先飞、当天顺飞原则,按照时间顺序由近到远进行排列;当起飞时间相同时,优先排列隔夜飞机即在机场过夜的飞机优先加油,不隔夜飞机则根据飞机起飞前 1 h 的时间先后进行计算。通过上述计算结果推送系统完成计算类型一数据。其次依据飞机停靠机位进行分析与计算分配适当的加油员。近机位,即停靠在停机楼停机口飞机,一般机场近机位配合有输油管道,则分配管线车加油员完成飞机加油;远机位,即停靠在机坪内旅客需乘摆渡车前往乘机的地

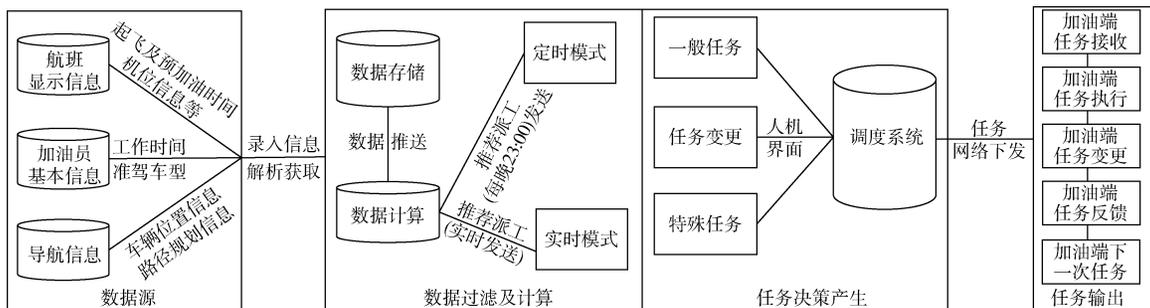


图 9 加油员大数据分析推荐派工设计原理

方,远机位不配置输油管道,此时需分配罐式车加油员完成飞机加油。前往远机位的加油员技术要求高,由于需长距离并低速行驶且需穿越机坪内可驾驶道路,故增加驾驶年限限制优先派5年以上加油员。依据飞机停靠机位进行飞机加油作业需考虑连续作业需求,故设计前提条件还需加入就近原则判读,加油作业完成后,如果接到下一个加油任务,需根据地图路径规划前往下一个需加油飞机位置,如一小时内有任务出现且地图路径规划判读无法前往下一位置,无需前往,休息区等待下一任务。最后通过收集加油员及航班任务等各类数据,主要包括可驾驶加油车类型、驾驶经验、特殊机型完成经验、加油任务完成时长、加油驾驶距离、特殊加油任务复杂度等,进行分析与计算。引入加油员负荷算法,按照加油员已分配任务数及驾驶距离按照地图软件的路径规划长度累加,经过综合计算将加油任务合理分配给加油员。对于飞机航班时间调整,飞机航班提前或者延后,如果与该加油员的时间没有冲突,则修改加油时间并更新任务;如果该加油员时间冲突,则与驾驶加油车类型相同的加油员补充委派。实时派工方式全部遵守上述派工模式。

#### 2.4 网络离线模式推荐派工设计

如果机场机坪网络出现问题,通过离线模式设计实现网络离线模式加油方式。本系统设计加油员在休息区待命加油时,网络状态信号相对良好,可正常进行系统访问,此时员工在登录手持电脑的时候进行数据缓存工作,将所需数据缓存后,可进入机坪进行航班加注作业。缓存数据分为两部分:(1)当天内所有的航显缓存在手持电脑后台,支撑定期数据更新;(2)缓存不同类型加油单编号,为打印电子油单做准备。缓存数据装入手持电脑后,支持离线产生加油任务并支持有序缓存的产生。有序缓存是指工作流的顺序,该顺序不可乱、不可逆。作业流程如图10所示。

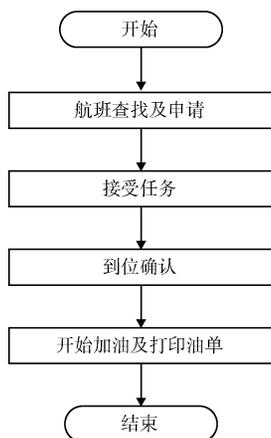


图10 离线方式设计流程

该流程每一个任务为一个单元,每个单元需要关联且航显数据及油单号数据同时需要处理。如果航班列表中搜索不到该航班任务,需要进行离线创建航班并支持离线创建任务继续完成航班加注作业并打印电子油单。手持电脑会不间断检测网络信号是否良好,在加注作业过程中任何地方检测到网络信息,加油产生数据以单元进行数据回传并持续更新服务器端反馈的结果。如果一个航班加注整个过程中网络信号一直未恢复,加油员工作结束后返回休息区,加油员再次正常登录手持

电脑,将所有数据进行回传并更新。通过此项功能可以完全解决各地区网络信号差导致的无法使用调度系统的情况,提高及完善了所有地区数据电子化全覆盖。

#### 3 结论

本文针对民用飞机加注油料过程中现有调度系统未能实现智能调度派发任务而造成的加油员不能准确及高效地完成加油作业任务的问题,提出了优化方法。该方法通过接入卫星导航定位加油车位置信息,获取航班动态信息,依据加油员工作相关信息及业务信息,进行分析与计算,完成飞机加注燃料的最优派工模式。该方法的优势在于增加了多种准确量化信息,通过成熟智能算法(如导航位置计算、加油疲劳度计算等)进行数据挖掘。通过此方案中提出的更先进、智慧化的功能模块,将智慧加油调度系统提升到新的台阶。为打造智慧机场生态圈,释放新动能,高质量保障国家航油供应安全,最终实现飞机油料加注业务标准化、可视化、集成化、智能化的建设目标,以实际行动助力智慧机场建设成为向高质量发展迈进的强大助推器。

#### 参考文献

- [1] 樊嘉麒.基于大数据的数据挖掘引擎[D].北京:北京邮电大学,2015.
- [2] 李涛,曾春秋,周武柏,等.大数据时代的数据挖掘—从应用的角度看大数据挖掘[J].大数据,2015,1(4):57-80.
- [3] 赵建峰,袁细国,梁伯栋,等.基于车联网及云计算的电动物流车智能调度算法[J].公路交通科技,2019,36(6):112-124.
- [4] 王婷,卫少鹏,周彤.智能调度的研究现状及前沿[J].物流科技,2019,42(11):5-9.
- [5] 任子云.大型机场航班地面保障车辆协同调度研究[D].天津:中国民航大学,2016.
- [6] 李欣.机场场面运行优化与调度[D].天津:中国民航大学,2020.
- [7] 衡红军,晏晓东,王芳,等.机场加油车动态调度问题研究[J].计算机工程与设计,2017,38(5):1382-1388.
- [8] 刘艳亮,张海平,徐彦田,等.全球卫星导航系统的现状与进展[J].导航定位学报,2019,7(1):18-21,27.
- [9] 史顺玉.基于北斗卫星导航系统的智能车载终端设计[D].青岛:中国海洋大学,2014.
- [10] 朱峰.卫星导航中的时间参数及其测试方法[D].西安:中国科学院研究生院(国家授时中心),2015.

(收稿日期:2022-03-15)

#### 作者简介:

董岩(1976-),男,本科,工程师,主要研究方向:自动控制、智能信息处理及智能信息控制、信息系统集成。

蒯亮(1987-),男,硕士,工程师,主要研究方向:计算机技术、指挥控制系统、嵌入式系统。

任静(1972-),女,本科,高级工程师,主要研究方向:计算机技术、科研管理。



扫码下载电子文档

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所