

关于机场加油车路径优化及调度问题的探讨

袁清涛 胡利明 (空军勤务学院, 江苏 徐州 221000)

摘要: 在航班通过车站的过程中, 航班将接受一些地面维护服务, 例如加油车, 餐饮车, 行李车等服务, 而在这些服务中加油车对于地面维护起着重要的作用。优化方案合理地利用资源可以有效提高地面保障水平, 本文基于加油车规划的时间窗约束特征, 为降低机场的调度成本, 提升服务质量设计了优化加油车的规划路线模型, 进而推进机场的服务质量进一步提升。

关键词: 地面保障服务; 加油车; 智能算法; 路径规划

机场地面保障车辆的高效运行是影响民航准时率的重要因素, 在经过车站的航班中有一系列服务, 例如, 餐饮车, 行李车、加油车和清洁车等服务, 而加油车对于地面维护起着重要的作用。目前, 为了提升加油车的调度, 已经有了几种智能调度系统, 但是其中还有一些问题没有得到解决, 影响加油车的工作效率。因此, 为了进一步优化加油车需要对其进行研究。

1 车辆路径问题

车辆移动的问题表明, 在一定数量的客户的情况下, 每个客户都有不同的物料要求。从车场里派出汽车向每个客户运送物料。为了制定最小化运营成本和行车路线, 需要合理地安排后院的来向客户运送物料, 车辆路径问题是 Ramser 和 Dantzig 于 1956 年所提出的。必须在规定的时间内完成全加油作业, 并合理组织以使地面支持服务更快, 更高效^[1]。必须确保车辆的距离尽可能短, 派出车辆数量最少, 并满足油箱窗口时间窗口的限制。

2 加油车调度问题描述和参数设置

飞机加油车必须根据飞机所需的加油量和停车位的位置来计划飞机加油车的路线, 每辆加油车可以为多架飞机提供服务, 也就是说, 一辆加油车可以在不同时间为不同航班提供加油服务, 但是每架飞机必须保证有一辆加油车为其服务。

2.1 机场加油车调度问题

加油车时间调度可用 n 表示整个等待加油的航班, 而 m 表示加油车数量, 并且车辆的最大加油路径限制设置为 Q , 车辆的加油方案必须确保服务速度, 即, 完整的加油工作会在一定时间内完成, 为了减少加油车的规划成本, 在管理加油车时必须满足以下条件: ①加油工作应在地面维修飞行所确定的期限内进行; ②在同一时期内, 只能派遣一辆加油车为航班服务; ③加油车从加油站加满油开后出发, 在完成几次加油任务后返回原始的加油站重新加油^[2]。一共有 n 架航班, F 表示航班的集合, $F=\{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\}$; 假如有 m 辆加油车, R 在这里表示加油车的集合, $R=\{r_1, r_2, r_3, \dots, r_m\}$; P_i —对航班 i 进行供油工作的时间可以用 $i=1, 2, \dots, n$ 表示; a_i —航班进行加油工作的初始时间, $i=1, 2, \dots, n$; 假设航班初始工作时间满足 $a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_i \leq a_{i+1} \leq \dots \leq a_n$; b_i —航班在一定时间内最晚开始进行加油工作的时间, $i=1, 2, \dots, n$; H —在这里表示参数, 用来表示一个很大的整数; c_{ij} —加油车从航班 i 所在的位置飞往航班 j 所在的位置过程中所用的时间, $i,$

$j=1, 2, \dots, n$; d_{ij} —航班 i 的位置和航班 j 的位置相隔的路程, $i, j=1, 2, \dots, n$; S_{ik} —加油机 K 是第 i 班加油的总工作时间。如果没有要加油的航班, 应该令 $S_{0k}=0$, 如果第 k 个加油机不为第 i 航班提供加油服务, 则 S_{ik} 无意义。 $i=1, 2, \dots, n$; $k=1, 2, \dots, m$ 。

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 辆加油车在为第 } i \text{ 个航班执行完加油任务后, 继续为第 } j \text{ 个航班执行加油任务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $i, j=1, 2, \dots, n$; $k=1, 2, \dots, m$; x_{ijk} 表示加油车 k 从停车场开始, 一直行驶到 j 个航班的机位

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{设备 } k \text{ 分配给航班 } i \text{ 执行供油工作} \\ 0, & \text{设备 } k \text{ 不分配给航班 } i \text{ 进行供油} \end{cases}$$

2.2 机场加油车调度问题优化目标

①为了增加加油车的使用效率, 因此, 必须调整油轮的一般工作时间 $\sum_{k=1}^m t_k$, 设备运行时间:

$$t_k = \begin{cases} C_k - B_k & \text{加油车 } k \text{ 被使用} \\ 0 & \text{加油车 } k \text{ 未被使用} \end{cases}$$

加油车的工作时间与其运行速度和时间有很大的关系。

②尽量使 s_i 提前, 进而为后面的保障服务预留出时间, 避免出现航班延误的现象。因此, $\sum_{i=1}^n s_i$ 应该尽量小;

③尽量减少加油车的总行程;

④尽量缩短每次航班等待加油机的时间。

3 数学模型与算法

3.1 数学模型

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{j \in F} d_j x_{ijk} \quad (1)$$

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{j \in F} x_{ijk} \quad (2)$$

$$\min \sum_{k \in V} \left(\sum_{j \in F} x_{ijk} - \frac{N+M}{L} \right)^2, \forall j \in F \quad (3)$$

$$s_i, t_i, \sum_{k \in V} \sum_{j \in F} x_{ijk} = 1, \forall i \in F \quad (4)$$

$$\sum_{i \in F} \sum_{j \in F} q_i x_{ijk} \leq Q, \forall k \in V \quad (5)$$

$$\sum_{j \in F} x_{ijk} = 1, \forall k \in V \quad (6)$$

$$\sum_{i \in F} x_{ijk} - \sum_{j \in F} x_{ijk} = 0, \forall h \in F, \forall k \in V \quad (7)$$

$$\sum_{i \in F} x_{i,n+1,k} = 1, \forall k \in V \quad (8)$$

$$S_{ik} + T_i + t_{ij} - \omega(1 - x_{ijk}) \leq S_{jk}, \forall i, j \in F, \forall k \in V \quad (9)$$

$$a_i \leq S_{ik} \leq b_i, \forall i, j \in F, \forall k \in V \quad (10)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, j \in F, \forall k \in V \quad (11)$$

其中, 式 (1)~式 (3) 为 3 个目标函数的数学表达式, 分别代表了: 车辆最短的路程、车辆最少的数量和车辆的平均任务量。式 (4)~式 (11) 为约束条件的数学表达式, 分别表示: 式 (4), 保证一辆航班不会发生重复加

油服务的现象：式（5），保证加油车出车一次需加注的燃油总量不超过其最大运载量；式（6）~式（8）保证加油车辆开始服务于停车场的航班，并在完成所有加油任务后最终返回停车场：公式（9）保证车辆 k 从航班 i 所在停机位出发，在时刻 $S_{ik}+T_i+T_{ij}$ 之前不能到达航班 j ，其中，式中的 ω 为一个较大值，在 $x_{ijk}=0$ 时，可保证该式一定成立；式（10），保证所有航班必须在其规定时间窗内得到燃油加注服务；式（11），保证 x_{ijk} 的取值为整数。

在该项目的实际运行中，存在加油车燃油消耗、加油车与加油车之间的关系等诸多局限性的因素。本文提出的模型是硬时间窗、确定需求、单车场、封闭式多目标优化问题。为了解决带有时间窗的车辆路径问题，可以使用运筹学方法和智能算法。运筹学研究方法主要用于需要精确计算的情况中，例如动态分支规划方法、边界方法与启发式算法，再如遗传算法，蚁群算法等，以提高搜索性能。

3.2 算法步骤

步骤 1 是初始化航班集合，该航班集合为空；步骤 2 在预期的飞行工具中读取预期的飞行数据（到达，离开）。如果航班不为空，则将预期的飞行数据添加到航班中，转步骤 3；步骤 3 当预计起飞时间 / 到达预定时间窗口时，将预定航班添加到航班集合中，转步骤 4；步骤 4 如果所有航班均已安排好，那么一切都会结束，否则，则转步骤 5；步骤 5 等待航班是否为空，如果是，则转步骤 7，否则转步骤 6；步骤 6 安排将要安排的航班顺序：①是否安排了等待排序中的航班，如是，则转步骤 7，如否，则转（2）；②如果服务航班组为空，则转（3），否则转（4）；③在操作 i 中添加新的航班序列，根据公式（12）计算一组停

车和预定航班中的每个航班的值，在服务序列 i 中添加用于评估的最小值的航班，设置航班准入标识符和将服务序列 i 中服务的航班数量加 1，转（1）；④取消等待的航班集中未访问的第一个航班，根据等式（12），计算服务序列中每个服务系列的评估值，并评估其在具有最小评估值的服务序列 J 中的加法是否对应于飞行序列航班号有限制，如果满足，则添加服务序列 J 并指定航班访问 ID，并在序列 J 的航班数量中添加 1；转到（1）。否则，添加一系列具有最低评估价值的服务，如果不满足现有服务集中的每个服务系列，则添加一个新的服务系列，并对已访问标识进行设置，然后转至（1）；步骤 7：将预期的飞行数据（到达，离开）读取到预期的航班集合中。如果集合不为空，则将预期的飞行数据添加到集合中，然后转到步骤 3。

4 结语

目前，我国对带有时间窗的车辆调度问题进行了大量的研究，但现有文献中对机场加油车的研究少之又少，大多数研究仅集中在算法的应用上，并且它们与加油车性能和特殊需求的结合是不完善的，因此仍有进一步研究的空间。基于此，本文针对机场加油车路径优化及调度问题进行探讨，提出车辆路径问题，并根据问题设计出相关的数学模型，总结操作步骤，为研究机场加油车路径优化及调度问题贡献一份力量。

参考文献：

- [1] 衡红军, 晏晓东, 王芳, 李海丰. 机场加油车动态调度问题研究 [J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(05): 1382-1388.
- [2] 黄鹏诗, 杨文东. 机场地面作业仿真与优化 [J]. 中国民航飞行学院学报, 2014, 25(04): 24-27.

（上接第 9 页）是加拿大使用的催化流转反应器。

瑞典研制的 TFRR 原理就是反应器的两端是石英砂构成的热交换介质层，热交换介质层中有电热元件，反应器的周围有着较好的绝热层。使用这个设备的基本原理就是气体和固体进行交换在反应区内，气体受到瓦斯燃烧所需要的温度发生氧化反应就会释放出一些热量，一个循环包括两次的风流转向，所以，每一次都是称作半循环。

3 矿井回风流中低浓度瓦斯的前景

3.1 经济效益的提升

根据相关的调查研究发现，我国每年排入大气中的甲烷约为 145 亿 m^3 ，这样一来就相当于 2000 万 t 的原油或者煤炭被浪费。低浓度瓦斯的使用不仅仅能够保护环境，还可以有着较好的经济效益。若是在矿井的现场使用将燃烧的热量进行蒸汽发电就会节省几百万元的资金。

3.2 社会效益的提升

我国各部门当下对矿井中的各项工作都比较的重视，在进行施工的过程中整体上的事故发生率相对于以前来说可谓是已经大大的降低。在新时代，对外瓦斯资源的充分利用不仅仅能为我国当下资源紧张的情况提供更加多元化的能源供应的渠道，还可以创造更多的就业，提升整体上清洁能源的使用率，可谓是积极有效的抑制了矿井中的瓦斯安全事故，极大的改善了整体上的生产环境和大气污染的问题，构建了资源节约型和绿色开发型的社会，对

于我国经济的发展哟这十分重大的意义。

4 结束语

总而言之，随着各项技术的进步，当下在矿井回风流中低浓度瓦斯的利用水平在逐步的提升，瓦斯的高效使用时我国保护环境战略的重要一环。大规模以及低成本的治理将会极大的提升经济效益。根据文中的分析不难发现，当下矿井回风流低浓度瓦斯的使用中依旧有着一些不足之处，其中关键之处就在与技术上和人员水平上的不足，在技术上应该向一些发达国家进行学习煤矿企业应该引进一些更加先进的设备，提升整体上的瓦斯使用率，短期内虽然投入了巨大的设备资金，但是长远来看是可持续的，十分的有必要。人员上应该加强培训工作，让其意识到低浓度瓦斯的使用可以带来的巨大经济效益以及社会效益，逐步的提升在工作中的规范操作和技能水平，这样就可以实现整体上煤矿企业的可持续发展。

参考文献：

- [1] 桑培勇, 陈磊, 张笑难, 袁和勇, 薛韦一. 矿井乏风低浓度瓦斯氧化数值模拟研究 [J]. 煤炭与化工, 2014(04).
- [2] 邹德蕴, 程卫民, 刘义磊, 刘志刚. 矿井回风流瓦斯富集回收原理及其试验研究 [J]. 煤炭学报, 2011(09).
- [3] 王盛永. 陕西建新煤化有限责任公司矿井反风演习探讨分析 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2014(11).