

# 基于点融合的终端区航迹优化研究

龚宇<sup>1</sup> 周勍琪<sup>1</sup> 刘钊<sup>1</sup> 董卓龙<sup>1</sup> 薛睿辰<sup>1</sup> 蒋淞榕<sup>2</sup> 白鹏<sup>1</sup>

(1. 中国民航大学空中交通管理学院 天津 300000)

(2. 航大重工(天津)有限公司 天津 300000)

# Research on the track optimization in terminal control area based on point merging

Gong Yu<sup>1</sup> Zhou Qingqi<sup>1</sup> Liu Zhao<sup>1</sup> Dong Zhuolong<sup>1</sup> Xue Ruichen<sup>1</sup> Jiang Songrong<sup>2</sup> Bai Peng<sup>1</sup>

(1. College of Air Traffic Management, Civil Aviation University of China)

(2. Hangda Heavy Industry (Tianjin) Co. LTD)

2. HUNGARIA HEAVY INDUSTRY (Hungary) Ltd. 211.

【摘要】为提高机场终端区的运行效率,减少航班延误,提出了一种新的进近程序,即点融合进近程序,对终端区内航班的进近轨迹进行优化。与传统的进近程序相比,点融合进近很好地提高了终端区的运行效率。

【关键词】终端区；点融合；航迹优化；飞行冲突

[Abstract] In order to improve the airport terminal area operation efficiency, reduce flight delays, a new approach procedure, point merge approach procedure, is proposed to optimize the approach trajectory of flights in the terminal area. Compared with traditional approach procedure, point merge approach improves the operation efficiency of the terminal area.

[Key words] terminal area; point merge; route optimization; flight conflict

前言

在先进技术的带领下，航空业迅猛发展，在给人们带来便利的同时也产生了许多问题。日益增长的航班量导致了空中交通流量与有限的空域之间的矛盾。主要体现在对终端区的交通运输系统以及空域管理带来了巨大的压力，由于无法满足所有航班的需求，造成了终端区的运行效率下降，甚至威胁到了终端区内航班的安全运行。在目前的形势下，为提高终端区的运行效率，保证运行安全，对其中航班的航迹优化很有必要。

## 1 终端区航迹优化方法

欧洲的有关当局通过模拟实验提出点融合进近程序，并且已经在欧洲得到了广泛的应用。在国内，点融合的研究开始时间较晚，国内的一些繁忙机场在近几年也开始了实施点融合进近，例如上海浦东机场、虹桥机场。目前，管制单位终端区采用的进近方式仍然是标准程序与雷达引导相结合的方式，通过陆空通话与飞行员交流，这种方式在流量较小的时候比较适用，如果空中流量较大时，管制员的通话负荷将会变大，从而造成运行效率的下降。因此，引入新的技术和方法是必要的。本文将通过对点融合的原理进行分析，与传统进近方式相比较，验证点融合程序的可行性。

终端区内对到达飞机管制包括到达时间管理、排序、冲突检测和空间维护, 以及飞机和空中交通管制员之间的信息交换<sup>[1]</sup>。点融合是一种用于融合到达流的方法, 由一个确定的融合点和距离相等的排序边组成, 通过路径的伸缩来减少航空器的延误, 其原理如图 1 所示, 操作方法主要包括两个步骤:

(1) 通过在适当的时间对在每条航段上的每架飞机发出融合点的“直达”指令来创造间距。

(2) 离开航段后通过保持速度来控制间距。

由于航空器运行过程中会由翼尖处产生空气涡流，后机如遇到前机机翼产生的尾流时，会导致飞机高度下降，在航空器的飞行过程中，对安全运行影响重大<sup>[2]</sup>。点融合可以实现结构化的终端区进场排序，在满足所有航空器的尾流间隔的情况下给航空器提供最优化的着陆次序，减少航空器之间的冲突，并且可以减少管制员的通话频率，使得空域使用率达到最大化。与传统的雷达引导方式相比较，使用点融合程序，可以在不增加管制员工作量的情况下处理更高的流量需求，从而提高容量并减少延迟<sup>[3]</sup>。

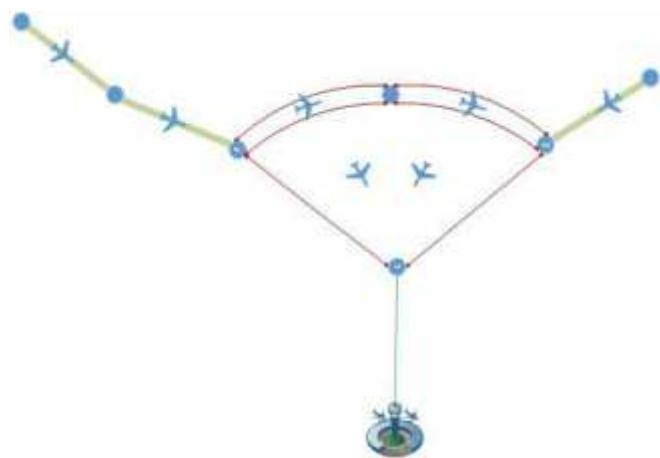


图 1 点融合原理

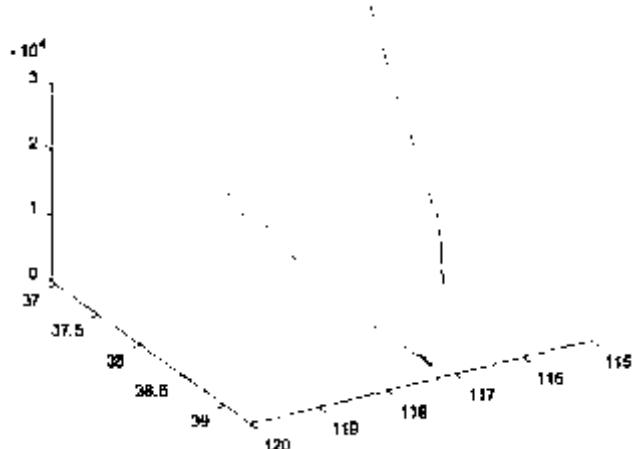


图 2 轨迹模型

## 2 数据筛选

传统的导航、定位系统造价昂贵，而 ADS-B 自动相关监视系统则是以广播式的方法通过“问”和“答”的方式来进行定位，精度高、造价较低，构成了新一代导航系统的重要组成部分<sup>[4]</sup>。本文主要通过收集并整理天津滨海国际机场上空的 ADS-B 报文数据，对 12:00-13:00 的航空器进行筛选，应用 MATLAB 仿真技术，建立筛选出的航空器的轨迹模型，如图 2 所示。水平面上横纵坐标分别表示为经度和纬度，垂直坐标轴表示为航空器的高度，单位为米。

## 3 优化结果

在现有数据的基础下，对筛选出来的航空器采用点融合进近的方式。与传统的进近方式相比较，点融合进近的优点主要表现为以下两个方面：

- (1) 航空器的平均延误得到了明显的改善。
- (2) 减小了航空器的平均着陆间隔。

与传统程序相比，点合并程序的结构路径较长，但其结构将飞机低空调整转移到高空的排序边上，避免了飞机低空速度调整 / 保持。飞行过程中虽然航线长度增加了，但飞机在低空低速运行时间减少了<sup>[5]</sup>。总之，点融合程序对终端区的运行优化有着显著的效果。

## 结论

本文介绍了一种新的进近方式，即点融合进近程序。通过对天津机场的 ADS-B 数据进行分析，建立航空器的轨迹模型，再与传统的进近程序进行对比，得出优化后的结果。结果表明，点融合进近程序对终端区航空器的路径优化有显著的提升，有

效地减少了航空器的延误，使航空器的运行更加安全、高效。

### 参考文献：

- [1] Qi Y, Wang X, Chen C. Research on Arrival Integration Method for Point Merge System in Tactical Operation [M] // Combinatorial Optimization and Applications. 2017.
- [2] 白鹏, 赵巍, 王红勇, 等. 塔台管制电子进程单告警机制研究 [J]. 科学技术与工程, 2014, 14 (028): 303-310.
- [3] Liang M. A Framework of Point Merge-based Autonomous System for Optimizing Aircraft Scheduling in Busy TMA [C] // Sesar Innovation Days. 2015.
- [4] 白鹏, 王婕, 刘永欣, 等. 国家级空管实验教学示范中心的建设与实践 [J]. 实验室研究与探索, 2017, 17 (002): 157-161.
- [5] Tian Y, Xing D, Wan L, et al. Study on the Optimization Method of Point Merge Procedure Based on Benefit in the Terminal Area [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 2020 (2): 1-12.

### 基金项目：

天津市大学生创新创业项目 (202010059084)；中国民航大学调研课题 (20202003)；天津市科技局项目；中央高校基本科研业务项目 (3122017060)

### 课题项目：

国家重点研发计划课题 2020YFB1600101

上接第 66 页

时间要求每个教师都全面发展，每个教师都全面发展实质上是不易作到的。山东大学王小云教授研究密码学十年不发论文，但十年后轰动世界是一个好的例子。同样山东理工大学某一位工科教授同样十年潜心研究某一项课题，没有应付一些所谓的表面考核任务指标，却出了一项重大科研成果，专利经国家权威机构鉴定达到了五亿，并具有巨大推广生产价值空间。所以，构建适于学校教师宏观乃至长远发展的考核机制与体系，既可对优秀的教职员起到鼓励褒奖作用，也会对其他的教职工起到鞭策刺激效应，真正留得住优秀教师以保证师资队伍的发展壮大。

### (三) 增强教师对学校的认同感，加强学校人文环境建设

组织的认同归属感体现在员工对团体内各种目标的信任程度，以及是否愿意为之付出，努力学校职工对学校的认同感，对学校的发展有重大影响，有良好的认同感，可以促进职工内心深处对学校认可，将自身的才智贡献与教学之中，注重对学校人文环境的建设，构建和谐的环境，让学生可以在富有文化气息与人文关怀的校园内成长，可以让年轻的教师有更多展示自己的机会，促进教师多元化发展。根据马斯洛的需求层次理论，我们可以推断出人的需求具有多元化在获得经济收益的同时一般也希望自己能够多获得学校认可，作为塑造学生心灵的教师，更希望自己能够在良好的环境之中施展自己的才华。教师有发展，自己报复的积极性，才能够促进学校乘着更好的方向发展教师对工作的态度也体现着其对职业的认真度人的最高层次实现需求就是自我知识线，在发挥教师才能的同时，也能够创造出良好的业绩，实现个人价值与社会价值的统一在学校内要注重对优秀人才的培养，促进其自主创新能力发展株洲促进员工在不断发展的事业之中获得信息，同时也要防范人才流失，注重满足多元化人才需求，培养其对学校的忠诚度，总是让他们在实现自我价值的同时，在学校之内获得更多培训，提升自己的机会。

### (四) 创造适合教师发展的工作环境和氛围

为教师创造良好的工作环境与氛围需要对办公室进行全面改造，对配备的电话以及橱柜等办公用具进行人性化，数字化的布置重视对教师感情化投资处理好教室之间的关系，让其形成互相尊重的风险，尽量从各方面解决存在的问题，创造良好的工作学习条件，提高教师的工作满意度，创造宽松的文化工作氛围，使他们确实觉得应当融入学校这个大集体，感受学校的切实的温暖与关怀。

### (五) 加强对教师的伦理道德教育

伦理道德在一定程度上也影响着对教师的管理活动，进步的道德可以通过媒体及舆论进行传播，从而扫清前进路上的思想理念障碍，为改革打开道路，证明其相应行为的合理性。人的需要及满足是人的潜能发挥的主要原因，人的需要既包含精神方面的，也包含物质方面的。随着社会的进步，人的需要种类越来越丰富，想要留住人才仅仅依靠物质并不可行。在工作之中，体现出对不同人的信任、关心以及理解从而以良好的组织形式传播正能量。规章制度只能让人们循规蹈矩，而伦理道德才能够激发不同人的潜能，一个热爱教育事业的人往往不仅只会遵守规章制度或者追求完成任务的满足感，往往把教书育人当做自己的使命。教师具有使命感才能够在教学活动之中给予学生积极的指导，从而体现自己对教育事业的热爱与奉献。

那么，作为教师本身而言，也要积极面对并化解职业状态不适应，主要有以下几点建议：第一个方面，教师要对自我有正确认识，充分意识到自己的优点与缺点，扬长补短，积极应对生活中的压力。第二方面，要建立和谐的人际关系，以愉悦的心情投入到教育事业之中。第三个方面要坚持终身学习的观念，对网络知识进行了解，丰富业务知识与教育技巧，激发学生的积极性。第四个方面，要多阅读，扩宽知识面，与时俱进的适应教育对象的需求。第五方面经常自觉反思教学经验，进行教育科研的必备积累，这是成功的重要影响因素之一。

2019 年度山东省高等教育研究“山东民办高校教师职业倦怠问题及对策研究”，项目编号：19GDJ061。