

# 省级一流本科课程申报书 ( 虚拟仿真实验教学课程 )

课程名称：空中交通协同放行优化虚拟仿真实验

专业类代码：0818

负责人：康瑞

联系电话：15884261755

申报学校：中国民用航空飞行学院

填表日期：2021-5-10

推荐单位：中国民用航空飞行学院

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

## 填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

## 1. 基本情况

实验名称	空中交通协同放行优化虚拟仿真实验	是否曾被推荐	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
实验所属课程 (可填多个)	空管新技术、空域规划与流量管理		
性质	<input type="radio"/> 独立实验课 <input checked="" type="radio"/> 课程实验		
实验对应专业	交通运输		
实验类型	<input type="radio"/> 基础练习型 <input type="radio"/> 综合设计型 <input checked="" type="radio"/> 研究探索型 <input type="radio"/> 其他		
虚拟仿真必要性	<input type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	<input checked="" type="radio"/> 中文 <input type="radio"/> 中文+外文字幕(语种) <input type="radio"/> 外文(语种)		
实验已开设期次	共 2 次: 1. 2020年9月-11月、人数 50 2. 2021年3月-4月、人数 20		
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验入口网页, 不允许仅为文件下载链接) <a href="https://atcedu.gqg.pw/">https://atcedu.gqg.pw/</a>		

## 2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 总人数限5人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	康瑞	81.9	空管学院	教师	教授	15884261755	Kimura521@163.com	课程建设 课程教学
2	黄静洋	92.8	空管学	教师	讲师	13982202006	15803928@qq.com	课程建设 课程教学
3	梁海军	84.01	空管学院	教师	副教授	13679016368	navy_liang@qq.com	技术支持
4	周珺婕	88.3	空管学院	教师	讲师	18783858853	122243569@qq.com	课程教学
5	王聪	87.9	空管学院	教师	讲师	18283816015	18283816015@163.com	技术支持
2-2 团队其他成员								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务		

团队总人数： 5 人 其中高校人员数量： 5 人 企业人员数量： 0 人						
<b>2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）</b>						
<p>（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）</p> <p>课程负责人康瑞近年来承担了多门课程的教学工作，5 年来，共任教 10 余门课程，其中包括：飞行专业《空中交通管理基础》、交通运输专业《空中交通管理基础》、《机场管制》、《程序管制》、《雷达管制》、《机场管制模拟训练》、《程序管制模拟训练》、《雷达管制模拟训练》、《空中交通管理新技术》。研究生专业课：交通运输规划与管理专业研究生专业课《空中交通流量管理》。成教专业课：大改驾《空中交通管理基础》、大改航《机场管制》、《程序管制》、《雷达管制》、《机场管制模拟机》、《雷达管制模拟机》、《程序管制模拟机》。</p> <p>近 5 年平均当量学时 996，超额完成了学校规定工作量，教学效果良好。其中，养成生授课的教学课时总量为 3250 课时，年平均 722 课时。指导研究生 7 名，指导本科毕业生论文 81 人次。指导中国民航飞行学院大学生创新创业训练计划项目 2 项，项目总金额 1.3 万元，一项在研，一项已结题，评审为优秀项目。</p> <p>参与教研项目如下：负责本科课程建设项目 A201721 空中交通管理创新与拓展教育课程建设 0.5 万元；负责研究生课程建设项目 XKJ2017-1 空中交通流量管理教材建设 8 万元；参与 YKJ2013-4 研究生专业课《空中交通流量管理》课程建设 2 万元，该项目于 2016 年结题。</p> <p>2015-2016 年 优秀课堂教学质量二等奖。</p> <p>负责建设交通运输专业新课程：《空管新技术》、《空域规划与流量管理》</p> <p>项目负责人康瑞长期从事空管自动化系统研发、飞行流量管理和机场场面监视及冲突探测等研究工作，参与了新型管制自动化系统核心技术（863 计划重点项目）、基于协同决策的管制中心系统新技术研究（空管委课题）、太原武宿国际机场空管自动化备份系统等项目，民航安全能力建设项目“机场冲突热点识别和划设方法研究”，“基于图像的机场冲突热点检测处理关键技术研究”和“机坪管理移交安全评估”，主持完成项目“管制效率评估与技能提升关键技术研究”。课程团队其他主要成员近年来一直从事本科生和成人教育学生的空管专业日常教学。可为本课程理论研究、应用验证提供思路和途径。</p> <p>项目成员具有扎实的专业基础和软件开发能力，创新性强，团队协作性好，多年收集航空运行仿真技术、冲突案例等资料，具备项目顺利推进的人力基础。</p>						

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

### 3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

#### 1. 实验的必要性及实用性

随着航空飞行活动日趋繁忙，空中交通拥塞问题越来越突出，空中交通流量管理的地位和作用也日益提升。空中交通流量是指在指定时间段内通过监视点、航线/航路段、区域/扇区的军民航、通航等各类空中飞行活动总量。空中交通流量管理在遵循空域管理规定、保障飞行安全间隔下，实现对空中交通流量的宏观和局部微观调控，提高空域使用效率，减少飞行时间和地面等待时间，满足空中交通流量增长和减少燃油、尾气排放的需求，保障空中交通安全、有序、快捷地运行。围绕空中交通流量管理活动需要建立包括管理机构和人员、运行程序、法规标准、理论技术、系统设施等在内的完备、科学的国家空中交通流量管理体系。

随着经济快速发展，越来越多的地方涌现出多机场复杂终端情况，除了全国出现最早的“上海浦东——上海虹桥”一市两场运行，“厦门高崎——厦门翔安——泉州晋江”终端也是一片较为复杂的多机场终端，而各自为政，独立管制理念极大的限制了该地区空中交通流量的增加。在现代导航及现代飞行程序的推动下，需要一种更加先进的流量管理理念和方法，才能使得多机场复杂终端航空运行更加安全、高效、经济。

因此，如何规划多机场复杂终端空域协同放行，设计多机场一体化协同放行策略，量化流量、延误、空域使用效率等指标，实现多机场放行流量协同动态管理，从而保证多机场终端区内安全、高效、有序地调度进离场航空器，提升繁忙终端区空域容量和运行效率是当前的研究热点。

空管学院空中交通流量管理课程团队，自主研发多项流量管理软件和航空运行仿真软件，现将多种相关软件及计算机辅助策略工具进行统一集成，形成空中交通协同放行虚拟仿真平台，配合“线上线下结合”课程建设，以供交通运输空管方向的学生进行学习和试用。

#### 2. 教学设计的合理性

##### （1）理论细化与操作实践相结合，提升实践技能

本课程将通过分析我国交通发展的现状，基于我国空中交通系统中的数据源、

管制员的操作习惯、业务的流程等，在建模和算法设计时，以研究分析为主，应用分析为辅，通过两类方法的结合，直观再现空中交通协同放行优化的相关问题。并以全新的视角，将一些空中交通流量辅助决策工具与传统的和现代的管制方法有机地融为一体，帮助学生建立的流量管理意识。

#### (2) 研究分析与应用相结合，培养学生创新能力

空中交通协同放行优化虚拟仿真实验是一门融理论、方法、实践于一体，能激发学生创新意识和培养创新能力的科学方法课。课程学习过程可使学生了解掌握空中交通流量管理的发展方向、学科的前沿知识、评价专业及相关领域的学术成果的能力。

### 3. 实验系统的先进性

#### (1) 软件内容丰富，包含了流量管理一系列辅助决策工具

空管学院空中交通流量管理课程团队，自主研发多项流量管理软件和航空运行仿真软件，获得软件著作权 5 项，发明专利 1 项，现将多种相关软件及计算机辅助策略工具进行统一集成，形成空中交通协同放行虚拟仿真平台，以供交通运输空管方向的学生进行学习和试用。

具体包括：4DT 航迹挖掘工具；飞行流量统计分析工具；飞行关键点识别及定位工具；流量优化计算工具；飞行态势仿真工具。

#### (2) 线上线下均可使用，课程实施灵活

该实验教学课程搭建于高效能的服务器，核心软件可提供学生下载，并在教学网站上有详细的仿真步骤和教学视频，可用于学生在线或线下重复性使用。学生通过自己的个人电脑登录服务器，使用浏览器下载实验数据后在本地电脑上运行，不会受到实验时间和传统实验设备的限制，便于开展课堂外的自主实验，有益于学生进行拓展思考，配合网络教学软件（如腾讯会议）教师与学生可实现远程网络教学。

#### (3) 应用软件与其他核心课程相辅相成，有利于知识融会贯通

该实验课程，与雷达管制、机场管制等管制核心课程结合得较好，可通过仿真运行过程，直观发现管制技术对流量分布、延误累计的影响，能量化多种管制预案的效率和优化程度，能帮助学生进一步理解管制业务流程和管制技术应用。

### 3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

通过该课程的学习，学生应掌握空中交通管制放行程序、离场航空器管制过程、多机场协同放行关键步骤、飞行流量延误产生及累积原因、流量管理基本技能，具体教学目标为：

#### 1 基本技能目标：

- 1) 掌握空中交通流量实时统计方法；
- 2) 掌握离场航空器管制过程；
- 3) 掌握单机场离场放行间隔规则；
- 4) 掌握多机场协同放行间隔设置依据；
- 5) 了解协同决策流量管理系统的功能和体系结构；
- 6) 掌握协同决策的基本概念、核心机制、基本原则；
- 7) 理解基于 E0BT 的协同放行优化模型；
- 8) 理解考虑关键点流量限制的多机场协同地面等待模型；
- 9) 掌握多机场协同放行效率评估参数；
- 10) 理解机场协同放行效率评估方法。

#### 2 核心技能目标：

- 1) 掌握飞行轨迹挖掘及分析方法；
- 2) 掌握多机场协同放行网络拓扑结构关键特性；
- 3) 掌握关键点流量限制的多机场协同地面等待模型；
- 4) 理解多机场协同放行延误产生及积累原理。
- 5) 掌握多机场协同放行日常流量管理预案的制定方法。

#### 3 拓展目标：

1) 将仿真运行中学习到的流量管理专业知识，运用适当的原理和方法，对我国流量增长与空域容量不相符、航班延误加剧等实际现象展开探索；

2) 根据实际管制业务，对我国空中交通流量的变化趋势或流量分布规律进行初步研究；

3) 能结合学科发展的最新进展和最新成就将空中交通管理、流量管理的基本原理和研究方法加以领会，并能在实际的科研工作中将有关方法、原理很好的应用。

### 3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时: 32 学时

(2) 该实验所占课时: 4 学时

### 3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

#### 1. 协同放行系统结构

协同放行原型系统是综合利用各种数据、信息、知识、使用决策支持优化策略、模型技术等, 辅助各级决策者解决决策问题的人机交互系统, 向决策者提供辅助决策工具, 扩大和增强决策者处理问题的范围和能力, 是多机场协同空中交通流量管理系统的重要组成部分。

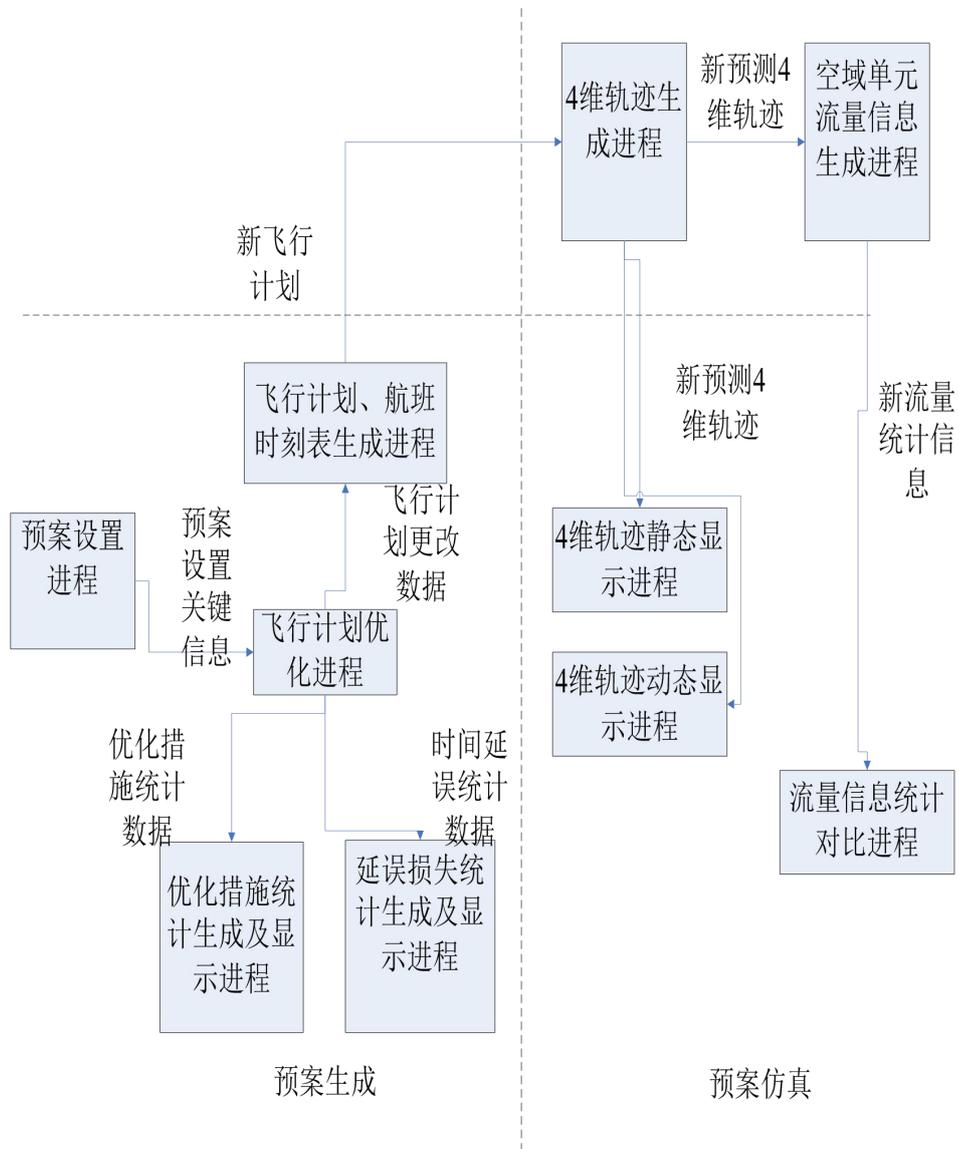


图 1 系统内部的数据交互

## 2. 协同放行流量优化原理

协同放行适用于在较小范围内存在的多个机场，这些机场均含有独立的离场程序，航班按照起飞机场的离场路径，离开本场进近空域、在终端区内汇集，沿着航路飞行，这一过程中来自多个机场的航班在终端区出界点或航路上产生拥挤。

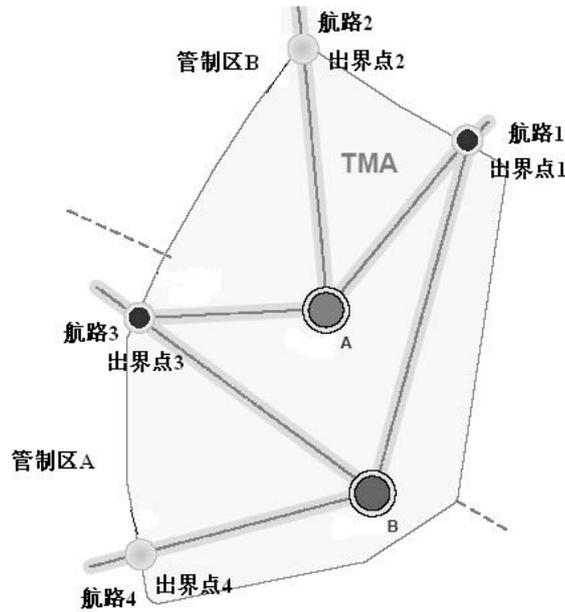


图2 多机场协同放行示意图

如图2所示，机场A与B起飞的航班在经过4条不同方向的路径离开终端区，分别进入管制区A与B，在4条航路上飞行，其中出界点2与出界点4分别由A、B机场单独使用，而出界点1和3由A、B共同使用，它们不但是终端区的出界点还是交汇点。当大量航班从A、B起飞，进入管制区A、B的航班增加，如何控制4个出界点的航班流量是解决管制区A、B堵塞的重点，仅依靠空中等待既不能保证飞行安全，还会增加终端区内的航班分布密度。因此利用协同放行优化策略，对可能造成拥挤的航班进行优化排序，使它们在本场按照某个原则依次起飞，能兼顾管制区容量流量平衡的同时对A、B机场的起飞流量进行公平调整。

## 3. 基于航路关键点入界间隔的协同放行优化原理

受入界间隔管理的航空器间距离或时间间隔都需满足航空器最小间隔的标准。在管制区边界处的航空器飞行高度除非临时协商，否则必须按照规定的管制移交高度与相邻管制区进行移交。因此在移交点附近不能使用或限制使用高度层间隔，往往只能使用水平间隔。而协同放行间隔限制主要体现在移交点(入界点)、起飞阶段。管制员应为放心航空器配备该最小间隔。

。由于缺乏辅助决策工具，导致对流量控制的随意性，目前管制员所采用的方法是：对进入本扇区的航班架次实施统一的限制，控制航空器进入管制区的时间间隔，在一定时间范围内航班必须严格按照规定的时间或距离间隔依次通过控制点（入界点）进入扇区，从而达到控制流量，缓解拥挤的目的。图 3 给出的是单一扇区拥挤时，对各进入点进行尾随间隔管理的示意图。



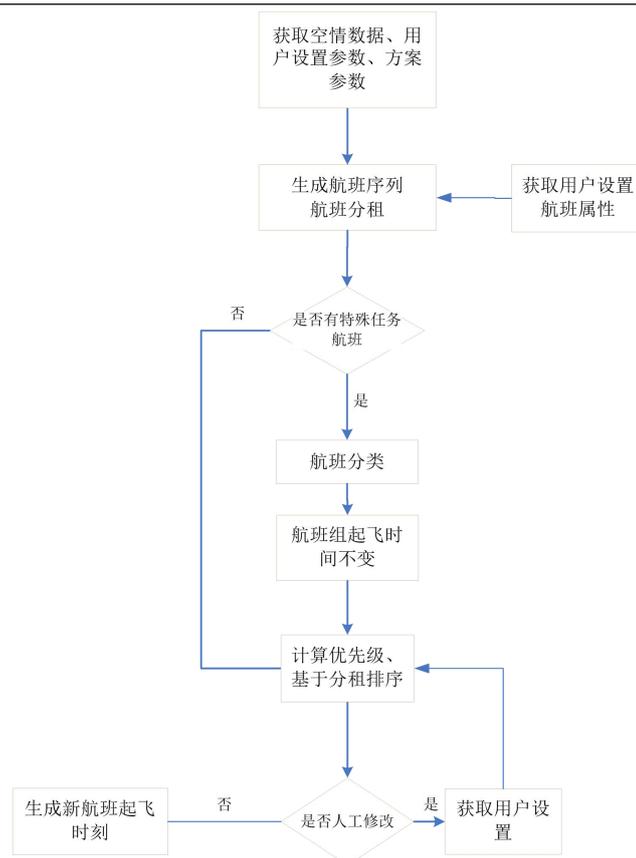
**图 3 管制区边界入界间隔控制示意图**

由此可知，若为了消散流量控制造成的航空器延误而仅允许 A 机场的航空器放行，这在解决延误的同时又造成了 B 机场的出港延误，若仅满足 B 机场的正常航空器出发需求，A 机场的延误问题不能得到有效解决，则机场资源无法释放，运行效率低下。

对于空中交通空域网络来说，由于区域流量限制，而导致航空器无法以正常的预计时间进入该空域，为避免航空器为了达到最小间隔限制在空中盘旋等待，因此需要在上游管制区接受管制员的排序和调配，以形成满足间隔规定的航班流，按规定间隔进入扇区。因此提出新的基于航路关键点入界间隔的协同放行优化策略，对可能造成拥挤的航班实施地面等待，使它们在本场按照某个原则依次起飞，能兼顾管制区容量流量平衡的同时对 A、B 机场的起飞流量进行公平调整。

(2) 核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

#### 1. 协同放行模块仿真流程设计



**图 4 仿真过程交互流程图**

在多机场协同放行优化中，研究对象为多个机场的起飞航班，这些航班将经过同样的流量拥挤空域。将多个机场同向航班的协同放行策略分为两部分，如图 4 所示：针对机场的分组排序和针对航班的起飞时隙分配。以上两个部分是顺序执行的，每讨论一个起飞时间的分配时，都需要依次执行这两个部分。分组排序过程分配给航班组一个入界次序和入界时间。起飞时隙分配过程把这个入界次序赋给组内的某个航班，通过该航班的机型、起飞机场跑道服务时间等参数计算这个航班的起飞时间，地面等待时间。

## 2. 航路关键点拓扑结构分析模块仿真设计

西安管制区作为空中交通的枢纽空域，一直都是流量拥挤的高发区。课程实验仿真了从成都双流、昆明长水等 9 个起飞机场起飞，至呼和浩特、北京、太原、长春、沈阳、天津、哈尔滨、石家庄机场等 24 个降落机场的多机场协同运行过程。





该实验用到的仿真核心模块包含，4DT 航迹挖掘工具；飞行流量统计分析工具；飞行关键点识别及定位工具；流量优化计算工具；飞行态势仿真工具。界面模块提供人机交互接口，包括编制飞行计划、流量统计分析、排序结果查看、关键点识别及查看、飞行轨迹查看等。动画控制模块实现航空器的动态运行。

#### 5. 仿真系统构建原理

整个系统架构分为 7 层，硬件层、运行环境层、数据层、模型层、业务层、表示层和用户层。

硬件层：个人电脑作为服务器使用，投影仪和投影幕布用于展示实验过程。

运行环境：系统运行在 windows 操作系统之上，最低版本为 win7，chrome V8 引擎用于解析 JavaScript 脚本，将 HTML/CSS/JavaScript 文本及相应的资源文件转换成图像。

数据层：用于存储空域数据、飞机数据和系统配置数据。

模型层：建立飞机动态运行模型、飞行计划管理模型。

业务层：将空域数据、飞机数据和系统配置数据通过飞机模块、空域模块和系统界面模块渲染成图形视图。

表示层：采用 HTML5，VC++2013 系统编程。

用户层：为仿真软件供用户使用。

### 3-5 实验教学过程与实验方法

#### 1 实验教学过程：

[1] 指导老师通过“腾讯会议”进行现场直播（可选）

指导老师可在约定的时间里，使用“腾讯会议”软件向“学生”讲解实验的目的，实验的要求以及展示实验的操作。

[2] 学生登录网页进行注册 (<https://simedu.gqg.pw/signup>)

学生登录网页后填入个人信息进行注册

[3] 学生登录系统 (<https://simedu.gqg.pw/login>)

学生登录网页后输入用户名和登录密码登录系统。

[4] 学生登录系统后，查看视频教程 (<https://atcedu.gqg.pw/18711.html>)、  
操作说明文档

(<https://atcedu.gqg.pw/18711/a/guanyuwomen/fazhanlicheng/Index>

.html) 以及实验目的

(<https://atcedu.gqg.pw/18711/a/guanyuwomen/gongsigaikuang/Index.html>) 等内容

[5] 下载相关工具进行实验

[6] 实验结束后上传实验结果

[7] 指导老师通过“腾讯会议”进行实验总结（可选）。

## 2 实验方法

### [1] 仿真模拟法

该实验平台仿真了空域结构和航空器的运行过程，学生使用支持最新 HTML5 的浏览器（建议使用 chrome, 360 浏览器），登陆服务器后，从服务器下载仿真的所需的资源，点击相关页面了解课程设置、知识点要求和仿真运行步骤。

通过操作空中交通协同放行优化软件进行航迹挖掘分析、航迹查看、流量统计分析、航路关键点识别、航路拓扑结构分析、多机场协同放行流量优化及航空器运行仿真。

学生通过仿真平台提供的人机交互接口，输入关键参数并观察仿真运行过程，计算多机场协同放行优化结果，同时对比历史轨迹与优化后仿真运行过程，直观观察飞行间隔、飞行计划、航路拓扑结构、关键点流量限制等参数对多机场协同放行流量分布的影响。

### [2] 重复实验法

理解并学会进行多机场流量管理和协同运行程序需要学生进行多次训练，才能达到预期效果。学生可以针对同一练习（同一时段、同一批飞行计划）进行多次实验，在多次的重复实验中总结经验和教训，在不断的重复中总结关键参数影响和流量管理思路。

### [3] 对比分析法

设置流控条件，包括时间、空间限制等，在该背景下对多机场航空器放行进行优化排序，可以设置不同关键参数分析不同优化结果的优缺点。并通过量化评估优化结果，了解哪放行预案效率更高，安全风险更小。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（1）学生交互性操作步骤，共 12 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	运行仿真程序	10s	正确打开程序+2	2	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input checked="" type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
2	选择航迹数据类型	60s	正确选择航迹+2	3	
3	分析航迹数据	600s	分析并显示航迹+5	5	
4	飞行计划导入	30s	正确导入飞行计划，飞行计划匹配+5，不匹配-3	5	
5	单航迹分析信息显示	120s	正确显示指定单航迹，并读取航迹数据+5，航迹数据读取错误一项-1，直至 0 分	5	
6	多航迹分析信息显示	180s	正确显示指定多航迹，并读取航迹数据+5，航迹数据读取错误一项-1，直至 0 分	5	
7	终端区关键点定位和识别	300s	正确定位关键点并显示+5，关键点错误一项-1，直至 0 分	5	
8	区域关键点分析	300s	正确定位关键点并显示+20，关键点错误一项-1，直至 0 分	20	
9	关键点拓扑结构分析	300s	正确绘制拓扑结构图并显示+20，结构错误一项-1，直至 0 分	10	
10	关键点三维显示	300s	输入正确的高度信息，3d 显示关键点信息+5	10	
11	协同放行流量优化	900s	输入正确关键点流量控制信息，并选择正确飞行计	20	

			划, 并得到优化排序图表+20, 以上信息缺失一项-3	
12	协同放行流量优化动态仿真	600s	输入正确时间信息和速度信息, 完成动态显示过程+10	10

## (2) 交互性步骤详细说明

序号	步骤	步骤说明
1	运行仿真程序	打开空中交通协同放行优化虚拟仿真工具, 打开仿真工具主界面。
2	选择航迹数据类型	选择二次雷达或 ADS-B 历史监视数据, 或综合航迹, 在监视数据类型中通过下拉菜单选择相应监视数据类型。
3	分析航迹数据	在主菜单上选择开始分析, 进入航迹分析子程序。
4	飞行计划导入	编辑飞行计划, 导入飞行计划读取子系统, 在主界面上出现飞行计划表格和飞行计划统计分析图表, 显示飞行计划关键信息和关注空域流量信息。
5	单航迹分析信息显示	选择单一航迹, 可显示单一航空器详细 4DT 信息, 包括飞行时间、航向、高度、速度、经度、纬度等, 可在主界面显示该航迹的二维位置信息。
6	多航迹分析信息显示	选择多条航迹, 可选择关注时间段, 可显示该时间段内所有航空器详细 4DT 信息, 包括飞行时间、航向、高度、速度、经度、纬度等, 可在主界面显示多条航迹的二维位置信息。
7	终端区关键点定位和识别	根据航迹自动计算终端区内飞行关键拐点, 并记录单位时间内经过该关键点的航空器架次, 为后期流量管理、进出港航班流优化进行准备
8	区域关键点分析	根据区域航空器轨迹, 进行海量数据挖掘, 记录各航路航迹聚集点, 交叉点的位置和流量, 为后期航路流量管理, 多机场放行优化进行准备。
9	关键点拓扑结构分析	根据终端区和区域关键点和流量分布, 得到多机场放行关键点拓扑结构图, 并计算各分支节点连通度。
10	关键点三维显示	利用 3D 模型, 立体化显示多机场放行关键点拓扑结构图, 直观了解各关键点位置和高度层分布情况。
11	协同放行流量优化	根据关键点流量限制, 生成多机场协同放行优化方案, 优化后飞行计划等, 以表格方式在主界面显示。
12	协同放行流量	选择仿真时间段和仿真速度, 以动态方式呈现优化后的飞行流

### 3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

#### 1 无法处理并分析航迹

**产生原因：**未选择正确的航迹文件，或航迹文件类型与所选航迹文件不符。

**后果：**无法加载航迹数据，无法完成后续试验。

**结论：**对航迹数据理解不足，实验不合格，需要重做实验。

#### 2 无法导入正确的飞行计划或编辑飞行计划有误

**产生原因：**未能按照标准的 AFTN 格式编写或增减飞行计划，导致飞行计划无法导入。

**后果：**无法加载飞行计划数据，无法完成后续试验。

**结论：**对飞行计划理解不足，实验不合格，需要重做实验。

#### 3 无法显示单个或多个航迹信息

**产生原因：**对系统界面操作不熟悉，

**后果：**无法获取相关航迹信息。

**结论：**实验过程不完整。

#### 4 无法识别定位终端区或航路关键点

**产生原因：**对关键点生成并识别的方法理解不足，没有按照要求设置规定参数，参数设置不合理，对界面操作不熟练。

**后果：**无法获得关键点识别信息。

**结论：**实验过程不完整。

#### 5 无法进行协同流量优化并生成优化结果

**产生原因：**对协同流量优化的方法理解不足，没有按照要求设置规定参数，参数设置不合理，对界面操作不熟练。

**后果：**无法获得优化结果。

**结论：**实验过程不完整。

### 3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

此实验面向民航交通运输专业空中交通管理方向大四的学生

(2) 基本知识和能力要求

需要具备的基本知识：

需要进行具备《空管基础》《机场管制》《程序管制》《雷达管制》相关的理论基础知识。

### 3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2020年9月10日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校70人，外校0人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：1，具体专业：交通运输，

教学周期：2-4，学习人数：70

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

(5) 社会开放时间：2020年9月10日

(6) 已服务过的社会学习者人数：0人

## 4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限800字以内）

### 1 线上线下联合应用的流量管理仿真验证平台

该虚拟仿真实验基于互联网技术，将实验所需的各种资源部署至服务器上，任何用户在任何时间任何地点均可登陆服务器，阅读实验步骤说明，了解实验目标和相关程序，并通过互动操作将实验需要的各种资源下载到本地电脑上，在本地电脑上运行进行实验。该实验平台是流量管理教学领域内创新性的上线部署运行的平台，服务对象可以是在校学生，也可是参与一线运行的管制员，流量管理人员，对于了解多机场流量管理原理，掌握流量管理策略，提升管制技能，制定

合理的流量管理预案具有一定的意义。

#### 2 理论学习与科研创新扩展相结合

该实验为多机场协同放行优化排序虚拟仿真实验，属于空管新技术验证、空域规划与流量管理理论拓展的提升实验。学生在线下实验室完成基础知识点学习后，对协同运行、流量管理、放行优化等算法和概念有了一定的掌握，在此基础上进行的技能综合应用和技能提升实验，该实验的仿真过程包含了流量协同管理、基于 4DT 轨迹运行、空管运行大数据挖掘等一系列创新方法和前沿理论，利用该课程提供的仿真平台能为学生展开科研探索和创新实验提供思路和工具。

#### 3 基于实际运行进行实操验证

由于该实验平台处理的飞行计划、飞行轨迹来自实际运行历史数据，与实际一线运行情况相符，能更好的让学生理解实际流量管理和协同运行过程。此外，本实验课程提供了多种辅助决策工具，和人机交互方式，可用于算法验证和数据分析，能为学生切实掌握流量管理过程，实际操作制定流量管理预案提供辅助工具。

#### 4 实验限制少，操作简单，可重复性强

传统的实验需要在线下实验室，受实验室开放时间，实验设备的数量和需要教师当场辅导等限制，要进行重复实验、多次实验比较困难。应用本实验课程可脱离实验室、教师人员不足等限制，学生可利用课余时间多次训练，反复比较实验结果，总结分析不足。该课程以学生训练为主，教师指导为辅，充分发挥学生的探索精神和自主能力。该仿真实验平台实验限制少，学生随时随地可通过互联网登陆服务器下载实验资源开展重复实验，以扎实掌握相关知识点。

## 5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源: 教学指导书 教学视频 电子教材 课程教案

(申报系统上传) 课件(演示文稿) 其他

(2) 实验指导资源: 实验指导书 操作视频 知识点课件库 习题库

(申报系统上传) 测试卷 考试系统 其他

(3) 在线教学支持方式: 热线电话 实验系统即时通讯工具 论坛

支持与服务群 其他

(4) 名提供在线教学服务的团队成员; 1 名提供在线技术支持的技术人员; 教学团队保证工作日期间提供 1 小时/日的在线服务

## 6. 实验教学相关网络及安全要求描述

### 6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求 (需提供测试带宽服务)

客户端到服务器提供 1M/S 带宽即可。

(2) 说明能够支持的同时在线人数 (需提供在线排队提示服务)

客户端只需通过浏览器从服务器下载仿真资源, 整个仿真运行在客户端完成, 因此同时支持在线人数只受服务器带宽下载速度的影响。同时支持在线人数在 50 人以上。

### 6-2 用户操作系统要求 (如 Windows、Unix、IOS、Android 等)

(1) 计算机操作系统和版本要求

该仿真实验与操作系统无关, 只与浏览器有关。支持的浏览器有 chrome, 360 浏览器和 firefox 主流浏览器 (不支持 Internet Explorer), 只需将上述浏览器升级到最新版本即可。

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

计算机应安装 VC 开发平台

(3) 支持移动端: 是 否

移动端通过支持 HTML5 的浏览器进入仿真系统, 但由于移动端的显示屏较小, 不能提供较好的显示及交互体验, 同时交互操作需要鼠标, 因此人机交互在移动端不友好。

### 6-3 用户非操作系统软件配置要求 (兼容至少 2 种及以上主流浏览器)

(1) 非操作系统软件要求 (支持 2 种及以上主流浏览器)

谷歌浏览器 IE 浏览器 360 浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件 是 否

如勾选“是”, 请填写:

插件名称: 协同放行流量管理工具

插件容量: 26M

下载链接: <https://atcedu.gqg.pw/keypoint.zip>

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求 (需说明是否可提供相关软件下载服务)

课程主页提供仿真工具下载。

<p><b>6-4 用户硬件配置要求</b>（如主频、内存、显存、存储容量等）</p> <p>（1）计算机硬件配置要求</p> <p style="margin-left: 20px;">CPU: ≥ 双核, 主频: ≥ 1.0GHz</p> <p style="margin-left: 20px;">内存: ≥ 2G</p> <p style="margin-left: 20px;">显存: ≥ 1G</p> <p style="margin-left: 20px;">存储容量: ≥ 1G</p> <p>（2）其他计算终端硬件配置要求</p> <p style="margin-left: 20px;">显示器最佳尺寸: ≥ 27 寸</p>
<p><b>6-5 用户特殊外置硬件要求</b>（如可穿戴设备等）</p> <p>（1）计算机特殊外置硬件要求</p> <p style="margin-left: 20px;">无</p> <p>（2）其他计算终端特殊外置硬件要求: <input type="radio"/>无 <input type="radio"/>有</p> <p style="margin-left: 40px;">如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求:</p>
<p><b>6-6 网络安全</b>（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）</p> <p>（1）证书编号:</p>  <p>（2）请附信息系统安全等级保护备案证明</p>

## 7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	
实验 教学	开发技术 <input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input checked="" type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 <input type="checkbox"/> 其他

	<p>开发工具</p>	<p><input type="checkbox"/>Unity3D <input checked="" type="checkbox"/>3D Studio Max <input type="checkbox"/>Maya  <input type="checkbox"/>ZBrush <input type="checkbox"/>SketchUp <input type="checkbox"/>Adobe Flash  <input type="checkbox"/>Unreal Development Kit <input type="checkbox"/>Animate CC  <input type="checkbox"/>Blender <input checked="" type="checkbox"/>Visual Studio  <input checked="" type="checkbox"/>其他 webstrom; python</p>
	<p>运行环境</p>	<p><b>服务器</b>  CPU 1 核、内存 1 GB、磁盘 40 GB、  显存 1 GB、GPU 型号：  <b>操作系统</b>  <input type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input checked="" type="checkbox"/>其他  具体版本：  <b>数据库</b>  <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle  <input type="checkbox"/>其他  <b>备注说明</b>（需要其他硬件设备或服务器数量  多于 1 台时请说明）  <b>是否支持云渲染：</b> <input type="radio"/>是 <input checked="" type="radio"/>否</p>
	<p>实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）</p>	<p>实验的仿真在本地电脑上渲染，实验品质取决于个人 PC 电脑的配置。但本仿真实验基于 SVG+HTML5 技术，采用了轻量化的设计理念，市场常见款笔记本电脑均能达到较好的实验品质。  显示刷新率：≥ 60Hz  动作反馈时间：≤ 50ms（实际雷达管制中，航空器运行是每 4s 刷新一次，因此与航空器的运行状态参数为每 4s 刷新一次）  采用矢量化技术分辨率：=PC 显示分辨率</p>

## 8. 实验教学课程持续建设服务计划

(本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 课程持续建设

日期	描述
第一年	提升服务器的配置和带宽提升客户端下载速度, 推广应用
第二年	优化仿真评价方法
第三年	系统优化, 推广应用
第四年	系统优化, 推广应用
第五年	系统优化, 推广应用

其他描述:

(2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	1	100	2	50
第二年	1	100	2	50
第三年	1	100	2	50
第四年	1	100	2	50
第五年	1	100	2	50

其他描述:

## 9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	基于航路关键点流量限制的协同放行系统 v1.0
是否与课程名称一致	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
<p>每栏只填写一个著作权人, 并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容; 如存在多个著作权人, 可自行增加著作权人填写栏进行填报。</p>	
著作权人	著作权人类型
中国民用航空飞行学院	<input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部权利
软件著作权登记号	2017SR037848

如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。

受理流水号

## 10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

年 月 日

## 11. 附件材料清单

### 1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

### 2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

[由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于3名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。]

### 3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

### 课程组成员政治审查表

姓名	康瑞	性别	女	民族	汉族	籍贯	陕西
出生年月	1981.10	政治面貌	中共党员	学历	博士研究生	身份证号码	65010219811009004X
单位	中国民用航空飞行学院 空中交通管理学院			职称	教授	职务	教师

该同志政治表现良好，无违纪违法记录。

政治思想表现情况  
(由所在单位党组织填写)

单位党组织盖章:



## 课程组成员政治审查表

姓名	黄静洋	性别	女	民族	汉	籍贯	四川省德阳市广汉市
出生年月	1992.8	政治面貌	中共党员	学历	硕士	身份证号码	410303199208213746
单位	中国民用航空飞行学院 空中交通管理学院			职称	讲师	职务	教师

该同志政治表现良好，无违纪违法记录。

政治思想表现情况  
(由所在单位党组织填写)

单位党组织盖章：

2021年5月24日



## 课程组成员政治审查表

姓名	梁海军	性别	男	民族	汉	籍贯	山东威海
出生年月	1983.07	政治面貌	群众	学历	研究生	身份证号码	371002198307197818
单位	空管学院			职称	副教授	职务	教师

该同志政治表现良好，无违纪违法记录。

政治思想表现情况  
(由所在单位党组织填写)

单位党组织盖章：

2021年5月24日



### 课程组成员政治审查表

姓名	周珺婕	性别	女	民族	汉	籍贯	黑龙江省双城市
出生年月	1988.3	政治面貌	中共党员	学历	博士	身份证号码	231003198803042028
单位	中国民用航空飞行学院 空中交通管理学院			职称	讲师	职务	教师

该同志政治表现良好，无违纪违法记录。

政治思想表现情况  
(由所在单位党组织填写)

单位党组织盖章：

2021年5月21日



## 课程组成员政治审查表

姓名	王聪	性别	男	民族	汉	籍贯	湖北京山
出生年月	1987.01	政治面貌	党员	学历	博士	身份证号码	420821198701040014
单位	中国民航飞行学院			职称	讲师	职务	教师

该同志政治表现良好，无违纪违法记录。

政治思想表现情况  
(由所在单位党组织填写)

单位党组织盖章：

2021年5月24日



## 课程内容政治审查表

课程名称	空中交通协同放行优化虚拟仿真实验		
课程负责人	康瑞	负责人所在单位	中国民用航空飞行学院
课程组成员	黄静洋、梁海军、周珺婕、王聪		
课程适用对象	<input checked="" type="checkbox"/> 本科生 <input checked="" type="checkbox"/> 社会学习者		
课程性质	<input checked="" type="checkbox"/> 高校学分认定课 <input type="checkbox"/> 社会学习者课程		
课程分类	<input type="checkbox"/> 通识课 <input type="checkbox"/> 公共基础课 <input checked="" type="checkbox"/> 专业课 <input type="checkbox"/> 思想政治理论课 <input type="checkbox"/> 创新创业教育课 <input type="checkbox"/> 教师教育课 <input checked="" type="checkbox"/> 实验课		
	<input checked="" type="checkbox"/> 完全开放：自由注册，免费学习 <input type="checkbox"/> 有限开放：仅对学校（机构）组织的学习者开放或付费学习		
主要开课平台	超星学习通 腾讯会议		
平台首页网址	<a href="https://atcedu.gqg.pw/">https://atcedu.gqg.pw/</a>		
<p>课程内容价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等（由所在单位党组织填写）</p>	<p>价值取向正确，对我国政治制度及党的路线、方针、政策的理解表达准确。对国家主权领土表述标注准确。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">           单位党组织盖章：              2021年5月24日         </div>		

## 课程内容学术性评价意见表

课程名称	空中交通协同放行优化虚拟仿真实验		
课程负责人	康瑞	负责人所在单位	中国民用航空飞行学院
课程组成员	黄静洋、梁海军、周珺婕、王聪		
课程适用对象	<input checked="" type="checkbox"/> 本科生 <input checked="" type="checkbox"/> 社会学习者		
课程性质	<input checked="" type="checkbox"/> 高校学分认定课 <input type="checkbox"/> 社会学习者课程		
课程分类	<input type="checkbox"/> 通识课 <input type="checkbox"/> 公共基础课 <input checked="" type="checkbox"/> 专业课		
	<input type="checkbox"/> 思想政治理论课 <input type="checkbox"/> 创新创业教育课 <input type="checkbox"/> 教师教育课 <input checked="" type="checkbox"/> 实验课		
开放程度	<input checked="" type="checkbox"/> 完全开放：自由注册，免费学习 <input type="checkbox"/> 有限开放：仅对学校（机构）组织的学习者开放或付费学习		
主要开课平台	超星学习通 腾讯会议		
平台首页网址	<a href="https://atcedu.gqg.pw/">https://atcedu.gqg.pw/</a>		
课程内容学术性评价意见	<p>由康瑞教授负责的《空中交通协同放行优化虚拟仿真实验》课程指导思想符合四川省虚拟仿真课程的基本要求，教学效果优秀。该课程团队在空中交通流量管理领域具有丰富的教学经验，在空管运行仿真、优化策略应用等方向有较高的学术水平和丰硕的科研成果。该课程于2020年在超星学习通平台上线，同时建设独立网络互动仿真实验平台，并成功运行2个教学周期。在教学平台登录并实验学习人数就已经超过70人次，课程得到广泛关注。</p> <p>该仿真实验课程教学内容一方面具备基础性，能以飞行流量管理知识为主体，使学生掌握该学科基础知识，同时能支持学生长期自主学习；另一方面，课程内容也具有前沿性，能将流量管理及优化策略前沿领域介绍给学生，有利于培养学生思维能力，引导学生参与科研工作，同时促进教学与科研相结合。</p> <p>在教学方式上，课程充分利用多媒体教学、网络教学、互动式、启发式、探索式、讨论式、讲授式教学等多种方法，提高了学生学习空中交通流量管理方法，协同仿真策略的兴趣，激发了学习主动性，提高了理论修养和实践能力。同时，该课程注重理论与实践相结合，注重学生预案制定实践能力和创新能力培养，效果显著。</p> <p>在教学条件方面，该课程能够有效运用软件开发工具，现代教育技术及超星学习通平台，实现师生互动，学生与仿真平台互动。日前该课程已经具有在独立仿真实验网络平台运行的经验，借助超星学习通和实验网络平台，提供仿真工具的下载和教学手册，免费向大众开放，可以保证学习者在电脑终端，手机终端随时随地学习。</p> <p>综上所述，该课程在学术性方向具备了申报四川省虚拟仿真实验课程的条件。</p> <p style="text-align: right;">盖章： 2021年7月24日</p>		