天津市实验教学示范中心建设单位
“十三五”发展规划

中 心 名 称：	通信导航监视实验教学中心
所在学校（盖章）:	中国民航大学
中 心 网 址：	www.cauc.edu.cn/txdhjs_syzx
中心联系电话：	022-24092450
中 心 联 系 人：	韩萍

一、发展定位与建设目标

1、发展定位

通信导航监视实验教学中心（简称“中心”），以培养符合国家新一代空中交通运输系统发展需求的通信导航监视专业工程技术人才为宗旨，承担学校通信工程、电子信息工程两个本科专业，通信与信息系统、信号与信息处理、导航制导与控制、电子与通信工程领域（工程硕士）四个硕士专业的实验实践教学课程、实习实训锻炼及科技创新项目指导等培养任务，同时为民航空管、机场等单位提供通导技术指导和培训。中心立足天津、面向民航，努力建设成为民航领域有重要影响力的实验教学中心，为天津地方及民航行业培养合格人才。

2、建设目标

建立符合高等工程教育改革精神的、具有鲜明民航特色的、与民航实际运行需求和技术发展相协调的、满足民航空管通信、导航、监视类课程教学需要的综合实验系统和实验平台，向学生全方位展示民航通信导航监视各系统空地协同工作过程和实质，培养学生的工程能力和独立分析解决问题的能力，同时支持深层次实验实践和相关理论的研究，支持相应课题研究和相关科研项目的培育。“十三五”建设后，将达到国内同类中心的先进水平。

具体建设目标:

（1）构建具有空地协同特色的创新性实验平台，培养学生知识应用能力、工程实践能力、科技创新意识、工程素质。建设能反映民航通信新理论、新技术、新方法的通信综合实验平台，建设能反映民航导航实际运行需求的陆基导航综合实验平台及反映民航 PBN 导航关键技术的星基导航综合实验平台，以及能够满足相关民航标准的半实物仿真综合监视系统实验平台。

（2）建立完善的中心实验实践教学体系，提供一个可开展实验教学改革的综合性平台。实验室的建设既注重涉及原理知识的验证，又能开展设计、综合性与创新性实验，让学生能更全面更深入地了解本专业的核心知识和技术，更加贴近民航的实际需求。

（3）解决专业定向深度欠缺和“双师型”教师队伍偏弱的问题。及时跟踪民航电信行业发展前沿，将其补充到课堂和实验的教学中，通过高水平项目，提高教师的

科研开发能力，并以此反哺并提升教学质量。

（4）推动专业建设与课程改革。构建从实验、实习到实训的三级实践教学体系；设计分层、分类逐级深入的协同式实践教学内容；建立优良的实践教学环境和实践教学资源。

（5）培养设备测试和故障解决能力。在搭建的实验平台上开展日后工作所需要的测试流程和测试仪器等涉及的实验。提前锻炼学生的排故及解决实际问题的能力。

（6）带动专业类科研项目发展。通过本实验平台的建立为老师科研和学生的科技创新活动提供良好的条件，带动专业创新实验项目发展，加强学生专业实践技能的培养，提高就业率。

二、建设思路

总体思路：以满足行业需求，强化学生专业实践能力、知识综合应用能力培养为抓手，重点建设面向新一代民航空管新技术的、空地协同通信、导航、监视综合实验系统和平台，为学生创造更优越的实验、实习和科技创新的实践教学条件。

1、空地协同通信综合系统

空地协同空管通信体系主要包括空-地通信和地-地通信两个部分。其中空-地通信系统主要包括传统的 HF 数/话通信、VHF 数/话通信、移动卫星通信，以及 1090ES 数据链、UAT 数据链和 L 波段航空数据链等；地-地通信系统主要包括航空固定电信网、民航专用 ATM 网络、多功能组网接入系统和 SWIM 广域信息管理系统。各种通信系统通过网络连为一个密不可分的整体，真正的实现空地协同工作。如图 1 所示。

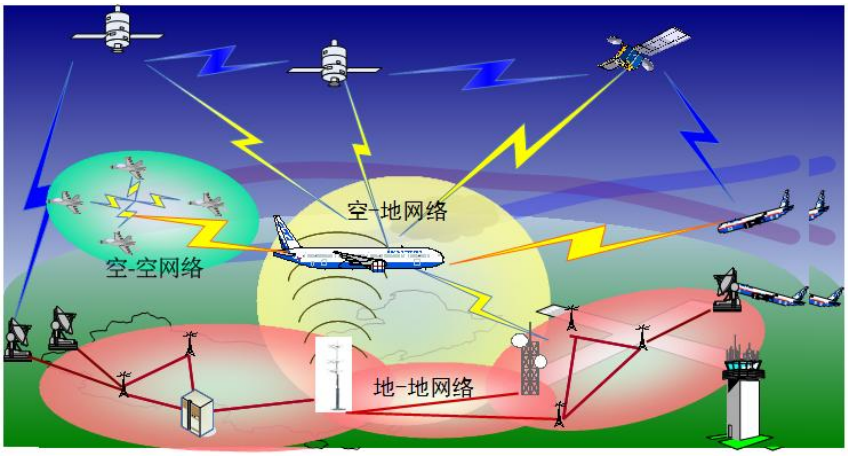


图 1 民航空地协同空管系统示意图

依据空地协同的概念，本综合实验室的实验内容建设应来源于实践，更多的反映民航生产一线主流的实际工作协同配置与业务需求。根据通信工程、电子信息工程所属一级学科的总体人才培养要求、结合本专业民航空管通信课群各门课程本身的特点，紧紧围绕统一的实验对象来开发基于行业应用的实验项目，实验项目之间是相互关联的，构成一套完善的空地协同通信实验体系。同时，考虑到课群中每门课程的侧重点存在差异，这些实验项目又可以独立出来，分别支撑不同的课程。因此，本实验室主要建设内容包括：VHF 数/话通信，宽带空地数据链，内话系统，专用信息传输网络和 SWIM 广域信息管理系统。

如图 2 所示为本实验室实验内容对空地协同通信实验室建设的支撑关系。实验内容包含 7 个系列，涵盖空-空、空-地、地-地通信三个方面，具体可开发的实验项目包括实做型和演示型两类。

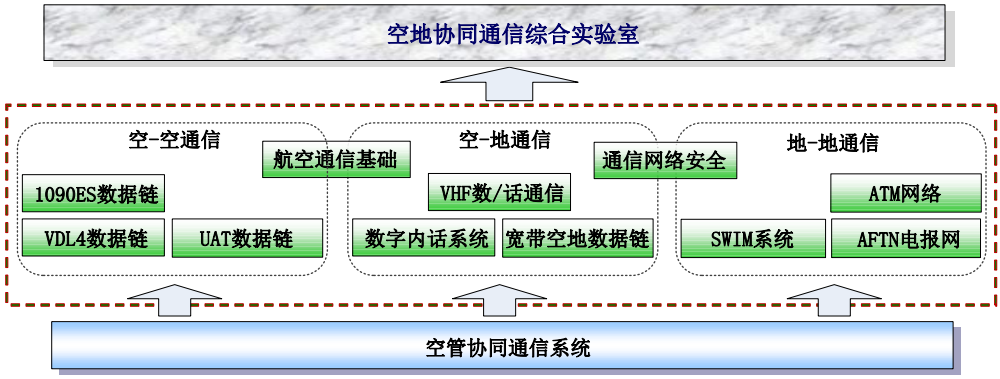


图 2 空地协同通信综合实验项目支撑关系

2、空地协同导航综合系统

（1） 空地协同导航系统综合实验室的构成

依据高等工程教育服务于行业需求的改革精神，鉴于我国民航导航的运行现状、技术发展以及中国民航大学电子信息与自动化学院导航实验室的实际情况，本实验室的架构如图 3 所示。

空地协同导航系统综合实验室包括陆基导航综合实验平台和星基导航综合实验平台两部分。为了培养民航所需的导航技术人才，使陆基导航实验与民航的实际导航运行做到良好对接，陆基导航综合实验平台的主要系统（即 DVOR 信标、DME 信标和 ILS 信标）拟采购民航近几年引进的主流导航产品，并预留二次开发接口。鉴于星基导航的理论和运行还在发展中，星基导航综合实验平台更注重基础理论实验和民航新技术的验证开发。

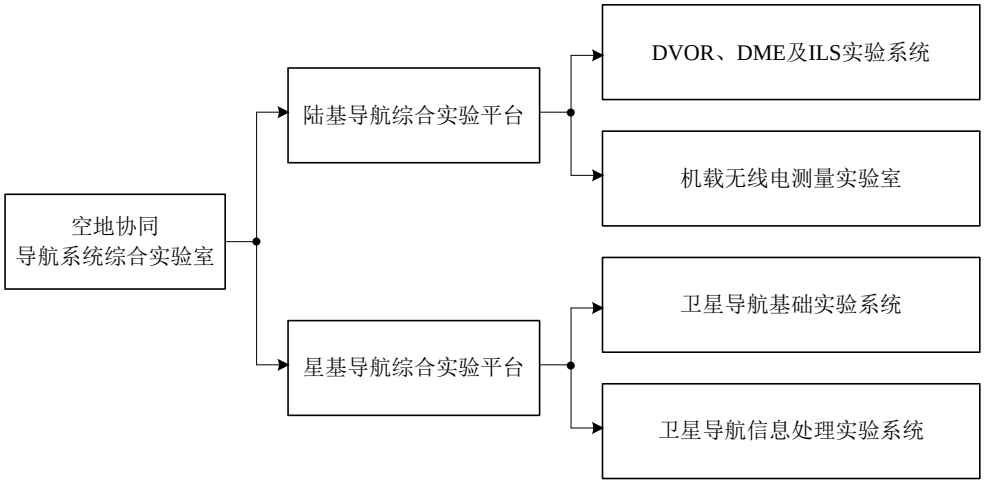


图 3　空地协同导航系统综合实验室架构

（2） 陆基导航综合实验平台的主要建设内容

陆基导航综合实验平台包括 DVOR 实验系统、DME 实验系统以及 ILS 实验系统（见图 3）。每个实验系统均以相应的信标为核心，配以天线模拟器、信号性能分析仪和导航信号发生器等，构成完整的空地协同导航系统，如图 4 所示。

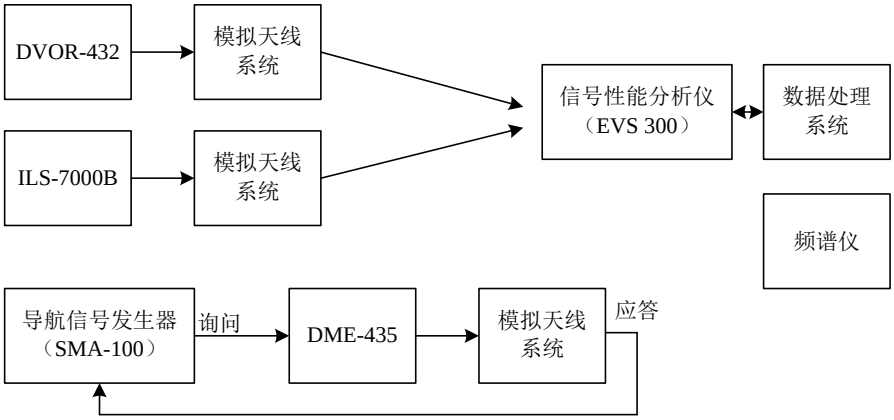


图 4　陆基导航综合实验平台实现框图

（3） 星基导航综合实验平台的主要建设内容

星基导航综合实验平台包括卫星导航基础实验系统和卫星导航信息处理实验系统，参见图 3。

卫星导航基础实验系统主要利用信号转发器，为学生提供开放式的实验环境，使学生在真实设备、真实卫星信号环境下进行实验和编程，掌握北斗和 GPS 接收机的工作原理。

卫星导航信息处理实验系统面向国内外民航正在大力推进的 PBN 技术，以卫星

导航系统为主体，仿真、验证多模卫星导航系统信号产生机制、导航定位信号计算、导航性能评估、机载增强系统（ABAS）基本原理等。卫星导航信息处理实验系统基本原理结构如图 5 所示。

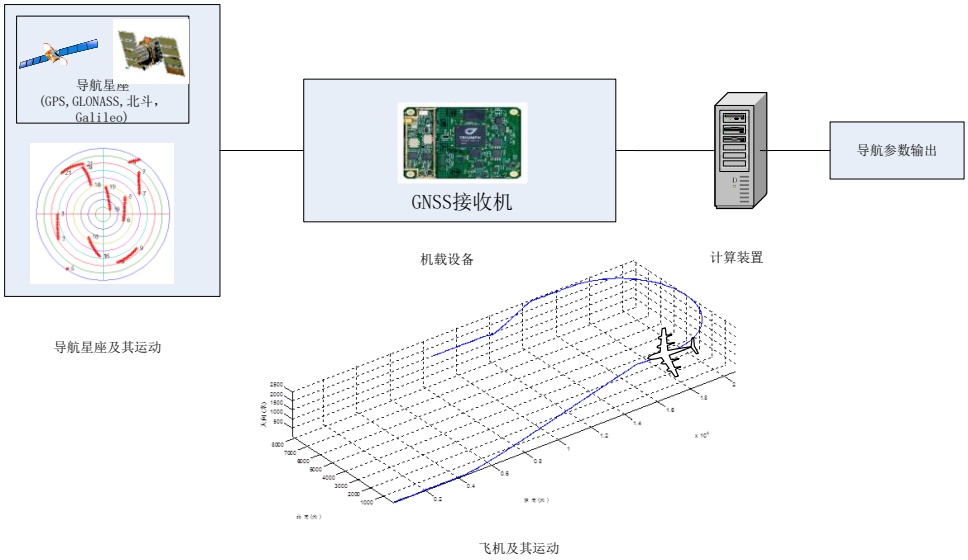


图 5　卫星导航信息处理实验系统基本原理结构图

3、空地协同监视综合系统

实验室拟紧紧围绕空地协同监视技术体系（如图 6 所示）进行建设，覆盖目前民航采用的监视技术，包括一次雷达、二次雷达、自动相关监视、空-空监视、监视信息综合处理、监视信息联网处理等各种监视技术和监视信息处理。

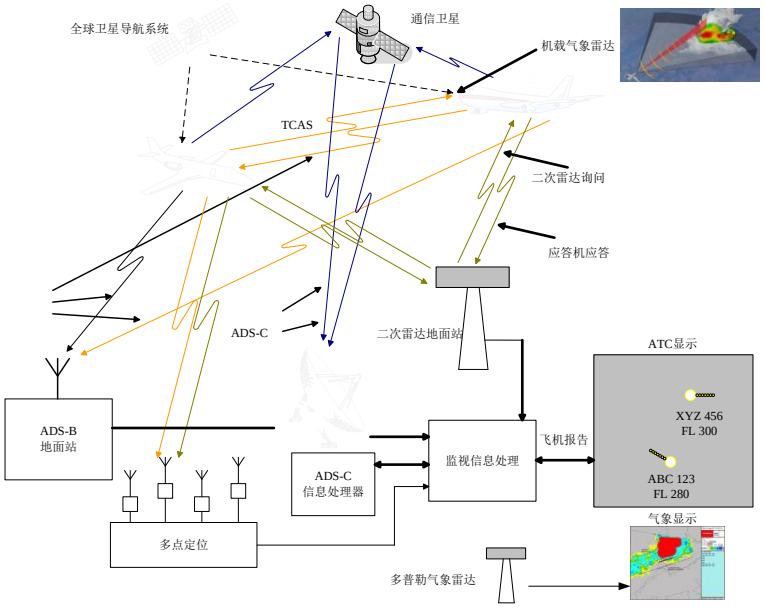


图 6　民航监视技术体系

根据监视技术特点及信息处理层次，空地协同监视综合实验系统分四大子系统，综合实验系统的架构和各子系统的功能如图 7 所示。

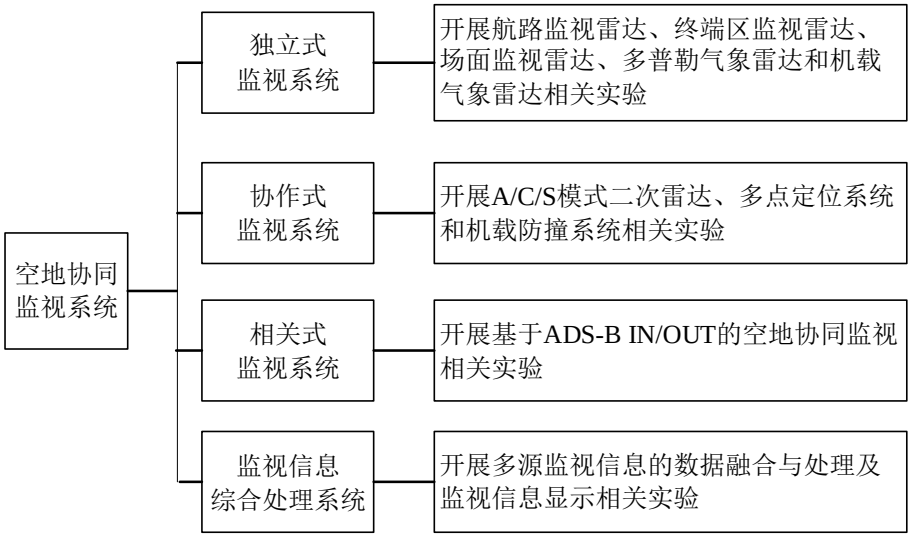


图 7　空地协同监视系统实验平台组成结构框图

（1） 独立式监视雷达系统实验

可开展一次雷达（航路监视雷达、终端区监视雷达、场面监视雷达、机场多普勒气象雷达和机载气象雷达）相关实验，主要包括基本的雷达原理实验（雷达系统组成、目标场景仿真和特性分析、测距、测角和测速、MTI/MTD、雷达信号分析）、一次雷达测试实验（关键节点的信号波形观察、发射功率测量、接收机灵敏度测量、电源电压测量、各波导节点的辐射测量、驻波比测量）、一次雷达故障模拟与诊断实验（天线驱动故障、射频故障、MTI/MTD 处理器故障）。

（2） 协作式监视系统实验

可进行二次监视雷达和多点定位系统相关实验。

二次雷达实验：二次雷达系统组成、二次雷达询问机和应答机特性测量、二次雷达干扰模拟与干扰抑制（虚假应答、多径干扰等）、天线特性分析、二次雷达测试实验（关键节点的信号波形观察、线缆插入损耗、发射功率测量、接收机灵敏度测量、电源电压测量、驻波比测量）、机载防撞功能的实现过程。

多点定位系统实验：多点定位系统接收信号分析；覆盖范围分析、GDOP 分析、站址选择对定位性能的影响、同步时钟系统比较。

（3） 相关式监视系统实验

利用 ADS-B 接收机接收的数据进行 ADS-B 系统功能演示及后续的信息处理实验。包括基于 ADS-B 的监视平台组成，基于 ADS-B 的地空监视、空空监视和场面监

视信息获取和显示，ADS-B 报文格式分析，以及基于 ADS-B 数据的应用相关开发实验。

（4） 监视信息处理系统实验

侧重于多源信息的数据融合、处理与显示。利用多航迹仿真系统产生的各种监视信息源的实验数据来锻炼学生对多源信息的处理能力。可开展的实验包括空管自动化系统演示及信息处理实验，包括监视技术性能分析和比较、航迹生成、各种监视信息（一次雷达、二次雷达、ADS-B、多点定位系统）的数据融合、告警信息的生成与显示、监视信息的处理和显示。

实验设备包括前端的监视信息源和后端的监视信息处理终端。受民航法规的影响，实验设备不能够直接向外辐射信号来获取监视信息，但是可以接收实际应用系统发出的信息。前端数据实验设备尽量采用小型实验系统，无相关实验系统拟采用相应的测试设备或者半实物模拟平台模拟信号源并通过电缆有线连接或者其他连接方式构成完整的系统。只需接收，不需发射的系统在价格可承受的情况下购买航材搭建平台。后期监视信息处理系统以软件平台为主，可方便灵活地开展后续数据处理实验。

三、预期建设成效（包括条件与环境、实验队伍、实验教学、体制与管理、示范与辐射、特色等方面内容，应有量化指标）

1、条件与环境

（1）具有三相供电系统，用电负荷约 20 千瓦;

（2）实验室具备良好的接地条件，装有空调，进行防尘防静电处理;

（3）部分设备系统为了避免干扰和向外界辐射信号，相关实验室配备安装吸波器。

2、实验队伍

中心人才培养定位是：“培养基础扎实，知识面宽，作风严实，实践能力强，具有创新精神的高级应用型人才”，同时作为 CDIO 和国家卓越工程师培养计划试点，更注重加强学生工程实践能力和创新精神的培养。具体实验队伍规划为:

（1）专兼职组合模式。中心的实验课、校内实习课、课程设计等环节的教学任务均有专职教师承担；兼职教师承担学生校外实习、部分学生毕业设计、部分大学生

科技创新活动等实训环节教学任务。

（2）校内外组合模式。兼职教师既有校内又有校外教师，学生在校内的实验、实习、实训环节由实验中心和校内兼职教师承担；学生在校外的学习实践活动由实验中心和校外兼职教师承担。

（3）理论与实践课一体化教学组合模式。理论课教师参与实践课教学，保证理论与实践教学环节不脱节。

3、实验教学

中心以建立一个“专业特色、创新、实践性”的空地协同综合实验平台为总体指导思想。基于空中交通管理的空-地、地-地系统实验平台，让学生在逼真的环境下掌握并运用通信、电子等相关基础知识和理论，在工程实践中深刻认识通信导航监视系统。实验平台的建立旨在为我国民航空中交通管理、航空航天和电子信息等相关领域培养基础厚、专业知识宽厚、综合素质高、具有较强实际工作能力和创新能力的应用型高级工程技术和管理人才。实验室建成后，通信、导航、监视三个方向实验室可分别服务的学生人数为：本科生 560 人/年（其中通信工程 180 人/年，电子信息工程 380 人/年），研究生：125 人/年（其中全日制研究生 65 人/年，工程硕士 60 人/年）。同时实验室还可以接纳本课程、研究生开展课题研究工作。

4、体制与管理

中心是中国民航大学培养通信工程、电子信息工程及其相关专业的专业实验教学中心。由专业基础课实验室、专业课实验室、大学生科技创新活动基地和校外实训基地组成，服务于机载和地面通信、导航、监视三个专业方向的实践教学。

中心实施综合实验室与子实验室两级管理及主任责任制。统筹安排、调配、使用实验教学资源和相关教育资源，协调实现校内实验室优质资源的全面共享。

中心的管理在主任的统筹下，将日常管理与维护和实验室建设与开发分离。按照专业领域建立专职实验室队伍，利用激励机制，充分调动专业教师的积极性，鼓励他们参与实验室建设、设备研制、项目开发、课程讲授和实验指导等工作。

5、示范与辐射

中心将通过举办教学研讨会、学术交流会，安排教师参加全国教学研讨会及实验教学培训班，鼓励教师积极撰写教研论文等方式增进与其他高校教师交流，推广中心

建设成果；通过承办、组织学生竞赛，扩大中心影响；通过为中国民航局空中交通管理局、地区空管局、空管分局（中心、站）和机场开展专业技术培训，举办空管系统专业技能大赛等方式，拓展中心服务范围。

6、特色

（1）构建具有空地协同特色、与实际运行需求和技术发展相协调、具有鲜明民航工程特点的实验平台。

针对专业课设计的实验教学内容紧密结合民航空管通信导航监视专业知识，实验教学设备与现行民航空管运行设备相匹配，部分实验室与国际同类行业院校实践教学接轨，符合度高，充分反映了学与用的充分结合，能够很好的满足行业对人才能力培养的需求。确实加强学生通信基础理论方法和基本技术的训练；突出培养学生从事空地协同通信系统的设计、管理和维护的能力。

（2）完整的课内、外一体化、校内、外一体化的实践教学体系。

实践教学体系的设计上除有正常的校内和课内实验实践环节外，特别注重了学生的课外实践环节，注重了与实际生产单位的合作，学生实践、创新能力的培养不仅仅局限于校内和课内，而是通过实际参与企业实习锻炼、课外科技活动、自主实验设计提高学生的工程实践能力。

（3）中心教师全程参与理论课程和实践教学、实验室建设。

中心所有教师即承担实验、实践教学，也承担对应的理论课授课任务，确保任课教师能够随时了解每个学生对理论知识的掌握与实际应用情况，以便随时调整教学内容和方式。同时理论授课教师全程参与实验教学内容的设计，实验室建设，而且部分实验演示系统的开发，从而保证了理论与实践教学不脱节。

四、经费投入规划（包括投入规模、主要投入方向等）

1、投入规模

中心规划经费投入总额为 2562.963 万。

2、主要投入方向

经费主要分为通信、导航、监视三个方向投入，具体计划投入分别如下:

（1）通信方向经费预算

总经费 863.963 万元，其中设备采购费用 793.963 万元（包含进口设备），试验系统开发费用 60 万元，辅助建设费用 10 万元。

大型仪器设备投入必要性、可行性及效益分析:

该实验室所需大型设备见表 1。

表 1 通信方向需要投入的大型设备

序号	设备	单价（万元）	数量
通信系统常用测试仪表			
1	矢量信号发生器	41.0	1
2	信号分析仪	42.6	1
3	基带信号与信道模拟器	24.5	1
4	逻辑分析仪	16.7	1
甚高频空-地通信实验平台			
5	PAE-T6 电台	28	1
6	SDM-17E 调制解调器	24	1
宽带空地数据链实验平台			
7	PXIe 信号源模块	18.5	1
8	PXIe 矢量信号分析模块	23.7	1
数字内话实验平台			
9	VHF 话台	15	1
10	数字内话系统	70	1
11	多业务接入平台	20	1
12	VHF 控制单元	12	1
13	VHF 遥控单元	12	1

矢量信号发生器用于编程产生航空通信系统发射机输出的射频信号，利用矢量信号发生器产生射频信号可测试航空通信系统接收机性能与指标；信号分析仪用于接收航空通信系统发射的射频信号，同时利用信号分析仪可分析测量航空通信系统发射机各项技术指标；基带信号与信道模拟器可模拟航空通信系统空-地基带信道的传播特性，配合矢量信号发生器与信号分析仪器可构成航空通信系统空地信道测试环境，利用这些仪表可测量航空通信系统在空地信道环境下的传输特性；逻辑分析仪用于观测

航空通信系统多路数字基带信号，便于理解掌握航空通信系统基带传输的工作原理。以上仪表可用于航空通信基础实验平台、甚高频数据/话音通信实验平台、宽带空地数据链实验平台的分析及测试。

PAE-T6、SDM-17 是空地通信中必要的地面射频收发设备，可以连接 PC 机进行 VHF 空地数据链实验。实验设备包含空中部分和地面部分，从而构成了完整的空地协同通信平台。

PXIe 信号源模块与 PXIe 信号分析模块是宽带空地数据链系统实验教学平台的重要组成部分，其中 PXIe 信号源模块用于编程产生宽带数字基带信号；PXIe 信号分析模块用于接收分析处理宽带数字基带信号。

VHF 话台接收话音与数字内话系统组成一套完整的话音通信系统，数字内话系统具有无线接口，提供人机交互界。能够模拟 VHF、HF 通信和地面平面通信（管制电话、差转台和对讲机）的语音综合调度。VHF 控制单元与 VHF 遥控单元反映了目前管制部门主用的一种电台接力方式，扩大了 VHF 通信覆盖范围，模拟了系统控制原理和话音的传输原理。数据传输平台，可支持雷达、话音，转报等数据的异地传输。

为了体现民航真实的空地协同环境，有必要购买实验项目所涉及的真实航材，这样可以反映实际通信系统的工作过程，各模块之间符合真实的铰链关系，数据交互遵循标准的协议和接口。经过前期的技术积累，已经具备激活设备的能力，系统的互通是可行的。综上所述，通过真实设备的工程实验，能有力的支撑理论教学，培养民航通信的高水平人才。

该实验室可用于本科生教学。为课堂教学和工程实践服务; 为毕业设计提供平台; 为学校实施“卓越工程师计划”和 CDIO 工程教育模式教学改革提供良好的硬件平台支持; 有力的推动“通信工程”专业品牌建设。通过相关实验课程的建设和开发，使学生加深对所学知识的理解，提高学生的设计能力，动手能力和解决实际工程问题的能力。同时，可以为本专业研究生和教师提供科研平台，提高教师的工程能力。

（2）导航方向经费预算

总经费 1000 万元，其中设备采购费用 990.4 万元（其中陆基导航综合实验平台 603.4 万元，星基导航综合实验平台 387 万元），实验室场地建设费 9.6 万元。

大型仪器设备投入必要性、可行性及效益分析:

1）陆基导航综合实验平台所需大型仪器设备

陆基导航综合实验平台所需大型仪器设备见表 2。

表 2　陆基导航综合实验平台所需大型仪器设备

序号	仪器设备	单价（万元）	数量
1	DVOR-432 及附属设备	140	1
2	DME-435 及附属设	130	1
3	ILS-7000B 及附属设备	290	1
4	信号性能分析仪 EVS 300	39	1
5	导航信号发生器 SMA-100	29	1
6	频谱分析仪 FSL-3	14	1

在陆基导航综合实验平台所需核心设备即 DVOR、DME 和 ILS 信标的实现上，一般有三种实现方式，一是采购国外公司的产品，二是自行研发，三是采购国内公司的产品。我们决定采用第一种方案，即采购目前我国民航最近几年引进的高性能导航产品，并预留二次开发接口。原因主要有:

• 为了培养行业所需的导航技术人才，使我们的陆基导航实验跟民航导航实际运行做到良好对接。

• DVOR、DME 和 ILS 信标是大型复杂的精密设备，其各项性能指标要严格满足 ICAO “附件 10” 的要求。自行研发如此复杂的大型设备不是高校的长项，而且研发成本不会低于购买实际产品的成本。采购国内公司的产品或交给国内较有实力的公司研发也不合适，因为国内生产这些导航信标的企业主要是天津通信广播器材公司（764 厂）和绵阳九州电气公司（783 厂），其中 764 厂生产 DVOR、DME 和 ILS 信标，783 厂生产 DME 信标（目前只是研制阶段），但目前他们的产品因性能还存在一些问题还没有获得民航的销售许可证。

我们选择的 THALAS 公司的 DVOR-432、DME-435 以及 Indra 公司的 ILS-7000B 是中国民航近几年引进的最新型号的导航产品，以这些系统为核心构成实验平台，至少能反映 15 年我国民航导航系统的主流应用。

下面我们再从功能上说明陆基导航综合实验室所需这些大型仪器设备的必要性。

• DVOR-432 及附属设备: 主要包括 DVOR-432 和模拟天线系统，是构成 DVOR 实验系统的核心设备。DVOR-432 产生被导航信号调制的载波信号和边带信号，馈入模拟天线系统以形成 DVOR 的标准辐射场。

• DME-435 及附属设备: 主要包括 DME-435 和模拟天线系统，是构成 DME 实验

系统的核心设备。DME-435 产生应答信号，然后馈入模拟天线系统，形成对 DME 询问器的应答。

• ILS-7000B 及附属设备：主要包括 ILS-7000B 和模拟天线系统，是构成 ILS 实验系统的核心设备。ILS-7000B 包括航向信标和下滑信标，它们都产生载波信号（CSB）和边带信号（SBO），馈入模拟天线系统形成引导飞机着陆的下滑线。

• 信号性能分析仪 EVS 300：是与 DVOR-432 或 ILS-7000B 构成协同关系的必不可少的关键仪器，它接收 DVOR-432 或 ILS-7000B 的辐射场，这个功能相当于 DVOR 或 ILS 机载系统。另外，EVS 300 还能对 DVOR 或 ILS 的重要性能参数进行测量分析，这为我们开发一些 DVOR 或 ILS 综合性实验或相关研究提供了非常好的分析工具。

• 导航信号发生器 SMA-100：是与 DME-435 构成协同关系的必不可少的关键仪器，它产生询问信号，相当于 DME 机载设备。另外，SMA-100 还能对 DME 的重要性能参数进行测量分析，同样为我们开发一些 DME 综合性实验或相关研究提供了良好的分析测试环境。

• 频谱分析仪 FSL-3：用于测量 DVOR 实验系统、DME 实验系统以及 ILS 实验系统相应信号的频谱，是信号分析不可缺少的仪器。

2）星基导航综合实验平台所需大型仪器设备

星基导航综合实验平台所需大型仪器设备见表 3。

表 3　星基导航综合实验平台所需大型仪器设备

序号	仪器设备	单价（万元）	数量
1	GNSS 信号模拟器	90	1
2	GNSS 软件无线电接收机	58	1
3	卫星导航故障模拟器	30	1
4	双频 GPS 板卡	10	1
5	多模卫星导航接收机板	20	1
6	通航 GNSS 机载接收机	20	1
7	VDB 接收机	28	1
8	导航仪表仿真平台	60	1

在星基导航综合实验平台中，涉及多种单套价值 10 万元以上设备，包括 GNSS 信号模拟器、卫星/惯导深组合开发系统、GNSS 软件无线电接收机、多频多系统 OEM 板卡、双频 GPS 板卡、多模卫星导航接收机板和卫星导航故障模拟器。

• GNSS 信号模拟器：卫星星座是导航信号源，但导航信号在有遮挡的实验室环

境无法接收，而且在实验室也无法利用硬件器件模拟飞机的运动。为了在实验室有限的空间区域仿真不同时间、不同位置及不同导航星座的卫星分布，产生航路导航数据，GNSS 信号模拟器是不可缺少的重要设备。同时，国际民航组织推荐使用多模卫星导航系统，因而，本实验室为和国际民航接轨，拟采用可模拟多种卫星导航系统的 GNSS 信号模拟器。

- GNSS 软件无线电接收机：GNSS 软件无线电接收机可以完整再现卫星导航系统由射频信号开始到导航信号输出的全过程，是学生理解卫星导航系统用于民航导航中各种算法的重要工具，因而对于提高学生对理论的理解及动手能力的提高具有重要作用。

- 多频多系统 OEM 板卡、双频 GPS 板卡、多模卫星导航接收机板、通航 GNSS 机载接收机、VDB 接收机、导航仪表仿真平台：为了提高卫星导航系统的可行性，国际民航推荐使用多系统 GNSS；为了消除电离层引起的卫星导航测距和定位误差，采用双频接收要是重要的技术手段。为了采集处理多星座导航系统的实际信号，提高学生的科研动手能力，需要多种卫星导航接收机板卡及 GNSS 机载接收，并将 GNSS 接收机输出的信号，通过导航仪表仿真平台显示。

- 卫星导航故障模拟器：要学习、研究卫星导航完好性的概念、原理以及应用，首先必须对卫星导航系统的故障情况有清楚的了解。利用卫星导航故障模拟器，模拟各种不同的卫星故障信号，通过完好性检测算法，检测、隔离故障卫星。该模拟器将为卫星导航民航应用（完好性分析）提供不同的故障信号环境，实现信号源的仿真，解决真实卫星信号难以遇到故障信号的情况，为完好性监视实验提供实验环境。

3）陆基和星基导航综合实验平台所需大型仪器设备的可行性及效益

陆基和星基导航综合实验平台拟采购的这些大型仪器设备，都是性能优良的成熟产品，且所选型号都是近 3 年能购买得到的。经过跟设备供应商的深入沟通，加上我们在导航实验室建设方面的技术积累，购买这些大型仪器设备构建所需的实验系统，在技术和管理上完全不存在任何问题。

由于陆基导航系统的技术很成熟，目前的 DVOR、DME 和 ILS 的使用期都很长。中国民航规定，安装运行的导航信标至少使用 15 年才可申请报废，但由于这些系统采用的都是成熟技术，性能非常稳定可靠，即使到了 15 年的使用年限，这些导航系统仍具有良好的性能。所以，对于我们所建的陆基导航综合实验平台，除非中国民航

已将这些型号的设备全部淘汰，否则它们一直能用于相应的教学和科研，社会效益是非常巨大的。

星基导航实验平台中的大型设备支持多项综合性、设计性实验，对于培养学生对基本概念的理解和应用，探究卫星导航的深层次理论，对支持行业卫星导航技术的应用和发展具有非常重要的作用。星基导航实验平台对研究生培养、大学生科技创新项目、毕业设计的支持具有重要作用。

本实验室主要为本科和研究生的教学、本科毕设、研究生课题研究、学生的科技创新创业活动和其他科技活动、以及相关课题的研究和培育服务，对人才培养和科研服务的支撑已在前面作了详细说明，这里不再赘述。

（3）监视方向经费预算

总经费 699 万元，其中实验设备 664 万、仿真平台和监视信息综合处理系统开发 25 万、辅助设施建设和实验室装修 10 万。

大型仪器设备投入必要性、可行性及效益分析:

该实验室所需大型设备见表 4。

表 4 监视方向需要投入的大型设备

序号	仪器设备	单价（万元）	数量
1	半实物仿真S模式二次雷达系统	300	1
2	多点定位系统	180	1
3	ADS-B 地面接收机	25	1
4	雷达模拟器	14	1
5	数据记录仪	12.8	1
6	雷达测试平台	53	1

真实的二次雷达设备价格昂贵(Selex 的一套 S 模式二次雷达包括土建在内需 1000 万左右)，而且运行需要民航相关部门批准。为了在能够满足教学实验要求的情况下同时灵活地开展相关实验，拟购买基于半实物仿真的 S 模式二次雷达系统模拟平台（300 万)，实现二次雷达工作环境模拟。该平台通过一系列信号合成器模拟二次雷达信号，模拟地面询问和机载应答机工作，再现二次雷达整个的工作流层，是一套专门用于 S 模式二次雷达的培训系统。该平台包括硬件和软件两大部分，模拟的信号完全符合 ICAO 的相关标准，因此能够更真实地再现相关工作流程。该平台的地面部分和机载部分的通信可通过有线连接或者无线网络连接实现，保证真实再现工作环境的情

况下对民航不造成干扰。

多点定位系统是未来中国民航场面监视推荐的技术，目前国内多个机场已经具有或者在建设，开展相关实验可使教学内容更加贴近民航。多点定位系统拟直接购买航材（180 万），可接收天空中辐射的二次雷达和 ADS-B 信号，实现空中飞机的定位。可进行场面和广域的交通监视，完成多点定位系统相关实验。

ADS-B 技术是国际民航组织在未来主推的监视技术之一，是实现空地协同监视的主要支撑技术。增加 ADS-B 相关的实验教学有助于学生在校掌握该项技术，提高学生的培养质量和竞争力。ADS-B 地面接收机（25 万）是构成基于 ADS-B 的监视系统的必要设备，只接收不发射，拟直接购买符合民航标准的航材。该设备可接收天空中飞机的 ADS-B OUT 信号，用于监视信息获取，为基于 ADS-B 的监视应用提供数据支持。

雷达模拟器（14 万）可用于模拟交通状况时的雷达和 ADS-B 监视数据源，更灵活地再现各种复杂的交通场景，能够用于复杂场景下的应急能力培养。

数据记录仪（12.8 万）用于录取系统运行的监视数据和仿真数据（雷达信号、航迹仿真信号），提供给后续做有关监视信息处理实验用以及数据的回放，减少实际系统开机时间，延长系统使用寿命。数据记录仪也是构成监视信息处理系统必备的设备，可完成数据回放、空管事件事后分析和调查等功能。

雷达测试平台（53 万）是进行一次雷和二次雷达达测试的必要设备，可用于雷达维修和维护。该平台可进行波形分析、电源模块测量、微波测量（功率、驻波比、电缆衰减、插入损耗等）、射频测试（频率稳定度、频率等）、接收机测试（灵敏度、3dB 带宽测量等），这些指标是雷达定检和巡检必须记录的指标。为了锻炼学生的工程实践能力，应该让学生在学校都能掌握这些指标的测试方法和过程。而且该平台是参照民航空管局雷达站实际配备的测试设备搭建的，对提高学生工程能力大有帮助。

总之，以上所购买的大型设备是构成监视实验系统必须的硬件设备和软件，拟采购设备的选择是建立在对市场和相关高校的调研和对空管实际使用设备的调研基础上的，能够在各个方面均满足实验室建设内容的需要。因此，拟采购的大型设备是必要的，方案切实可行。

这些大型设备是构成各实验平台的主体设备，利用这些设备构成的实验平台能够满足我们前面提出的实验需求，并且具有二次开发的充足空间。从我们的人才培养规

模、实验室的开放时间、实验室支持的教学环节以及实验室对工程技术人才培养的满足能力来看，这些大型设备可发挥应有的效益和价值。	
学校意见	**负责人：　　签章**