



CAAC

中国民航 平视显示器 (HUD) 应用路线图 (草案)



中国民用航空局

Civil Aviation Administration of China

前 言

飞机平视显示器（以下简称：HUD）是一项航行新技术。它改变了传统飞机操纵模式，利用计算机技术将地面导航和飞行姿态信息集成显示在平视显示器上，驾驶员可保持平视状态注视平视镜上的飞行仪表和导航数据，跟随HUD指引飞行。HUD平视镜上的数据与飞机外界实景叠加，飞行员可随时根据数据指示修正飞行状态，实现精细化飞行，有效防止各类天气条件下飞机平飘距离长和低空大坡度的事件。国际民航组织（ICAO）在附件6中确定了HUD技术的特性及其应用，要求各国民航局利用这项技术改善飞行品质，提升航空安全水平。

近年来，我国航空运输量持续快速增长，天气、机场设施等因素给保障飞行安全带来巨大挑战，改进后的HUD作为先进的机载设备和航行技术相结合降低了对机场地面设施的要求，同时带来降低运行标准的可能性，为化解各类天气条件下可能出现的人为操作与判断失误等问题提供了更好的解决方案。中国民航在“建设民航强国”战略和“十二五”规划中，明确指出加快推进航行新技术运用对确保民航快速发展过程中的持续安全有着积极作用和重大意义，并提出了加快推进航行新技术运用的总体目标和要求。当今中国民航引入的新技术本身已经不是难点，所有新技术在美国、欧洲等发达国家航空公司和机场已经得到广泛推广与应用，各国的经验证明新技术能有效提高飞机安全运行能力，确保飞行安全。

本路线图结合我国民航实际，明确了从2013年到2021年间实施HUD的政策和总体规划，以适应我国航空运输快速发展需求。希望民航各相关单位组织有关人员认真学习本路线图提出的HUD运行技术，根据本路线图提出的规划和要求，制定本地区和本单位的推进计划，全力支持航行新技术在飞行运行中的应用，为确保民航持续安全做贡献。

目 录

第一章	HUD简介	1
1.1	平视显示器	1
1.2	HUD应用的优势	1
1.3	ICAO建议	2
第二章	路线图目的	3
2.1	决策和计划	3
2.2	沟通与理解	3
2.3	职责与分工	3
第三章	中国民航运输系统	4
3.1	现状	4
3.2	挑战	4
3.3	未来发展	5
第四章	应用实施	6
4.1	总体目标	6
4.2	关键任务	6
4.3	工作内容	6
第五章	应用时间表	8
5.1	近期(2013-2015)	9
5.2	中期(2016-2018)	9
5.3	远期(2019-2021)	10
第六章	航空器HUD运行能力	12
6.1	现有机队总体情况	12

6.2 可安装HUD设备运行的机型	14
6.3 未来航空器HUD计划	14
6.4 机队改装计划	15
第七章 机场HUD运行	16
7.1 运行现状	16
7.2 升级改造计划	16
第八章 安全过渡原则	18
第九章 未来与其它技术的融合	19
9.1 增强视景系统(EVS)	19
9.2 合成视景系统(SVS)	19
9.3 类精密进近程序 (APV)	19
9.4 GBAS着陆系统(GLS)	20
第十章 HUD路线图的修订	21
附件A: HUD技术简介	22
附件B: 缩略语	31

第一章 HUD 简介

1.1 平视显示器

平视显示器（以下简称 HUD）技术源于军工技术。自上世纪八十年代初，HUD 开始应用于民用干线飞机，并日趋成为驾驶舱的重要组成部分。

HUD是一种可以把飞行数据投射到驾驶员正前方透明显示组件上的系统，使驾驶员保持平视姿态获取飞行信息。典型的HUD由显示组件、控制组件、传感器、计算机和电源等组成，可接收机载导航系统或飞行指引系统的信息，使得飞机飞行航迹、惯性加速度、人工地平仪等各种符号，与外部视景的相应特征保持一致。HUD通过显示组件，将所显示的飞行航迹符号同飞行员透过飞机前挡风玻璃看到的视景结合在一起。美国罗克韦尔柯林斯的平视指引系统(HUD[®])和欧洲泰雷兹公司的平视显示器（HUD）可分别为波音和空客飞机提供设备服务，该系统均可向飞行员提供进近、着陆引导，在起飞和降落航段显示图像型的引导符号。

增强视景系统（EVS）通过图像传感器获得外部景象的电子实时图像，将信息显示在 HUD 上，或独立使用，向飞行提供跑道特征（例如：跑道照明）以及周围地形和障碍物特征的图像，提高夜间和低能见度条件下飞行时的情景意识。

平视显示器（HUD）、自动着陆系统和机载电子系统增加了飞机运行能力，可降低着陆和起飞最低天气标准。这些机载系统与可靠的 ILS 和低能见度运行程序相结合，经局方特殊批准后，允许航空运营人在 I 类仪表着陆地面设施上实施特殊批准的 I 类、II 类、III 类运行。

1.2 HUD 应用的优势

- 增强飞行情景意识；
- 减少飞行技术误差；
- 有助于实施稳定进近；
- 减少重着陆和擦机尾事件的发生；
- 为空中交通防撞系统、风切变及非正常姿态等状况提供识别和改出指引；
- 改善全天候运行和航班正常性；
- 提高对能源状况的感知能力，改善能源管理；
- 提供着陆减速信息，减少制动组件磨损；
- 精确预测接地点，提供擦机尾警告、非正常姿态改出信息，改善飞行品质。

1.3 ICAO 建议

国际民航组织（ICAO）在附件 6《航空器运行》（第一卷）中，明确了 HUD 和 EVS、SVS 的作用和应用优势，以及 HUD 技术应用的相关要求。

第二章 路线图目的

2.1 决策和计划

本路线图阐述了中国民航局的决策和计划，提出了总体战略目标和时间框架，明确了相关的运行要求，阐释了机场和基础设施规范，分析了现有机队支持 HUD 应用的能力，提出了机队改装规划，展望了 HUD 与其它相关技术的融合与发展。

2.2 沟通与理解

HUD 应用涉及与国际民航和其他国家民航局之间的交流与合作，涉及与航空公司、空管、机场、航空器制造商以及航电设备制造商等相关部门之间的沟通与理解，增加透明度，避免重复适航和运行批准。让所有参与者了解在本路线图提出的时间框架内，中国民航 HUD 应用的内容、步骤和阶段，以满足运行和管理要求。

2.3 职责与分工

HUD 的应用将为中国民航飞行运行带来明显的安全效益，为确保本项技术的顺利推广应用，本路线图规定了参与者的职责与分工。在实施过程中，民航局、地区管理局、航空公司、机场将按照职责与分工对 HUD 应用做充分的分析并解决所面临的问题，以支持国家和民航局重要战略性决策和规划。中国民航局将按照 HUD 阶段发展计划，明确具体实施内容。地区管理局、航空公司、机场公司有责任根据民航局推进计划，按职责与分工配合实施。

第三章 中国民航运输系统

3.1 现状

目前，中国民航运输总周转量已位居世界第二位。2010年，全行业共完成运输总周转量574亿吨公里，其中完成旅客运输量2.9亿人次，完成货物运输552万吨，全国运输机场已达到180个，旅客吞吐量超过1000万人次的机场数量达到16个，首都/国际机场客运和上海/浦东机场，货运总量分别位列世界第二和第三名，民航定期航班航线总数1880条，航线运输类的飞机1597架，共有16家航空公司开通了至54个国家和地区110个城市的定期航线。

长期以来，中国民航始终坚持“安全第一，预防为主，综合治理”的工作方针，不断建立健全安全法规和监管体系，取得了显著成绩。进入民航“十二五”规划以来，民航基础设施大幅改善，保障能力显著提高。预计“十二五”末，民用运输机场总数将达到230个以上，航空运输通达能力显著增强。同时，民航服务水平不断提高，建立了旨在保护消费者利益的一系列规章制度，推行优质服务，保证航班正常。

3.2 挑战

中国民航航空运输系统在快速发展过程中面临着诸多挑战，包括：空域受限、机场容量饱和、运输总量大幅度增长、飞机机队数量快速增加等安全运行因素。

● 航空公司安全压力

中国经济的快速增长，拉动了国内航空运输业发展，飞机和驾驶员数量大幅度增加，旅客出行对航班正点率的要求更高，由于天气原因造成大量航班延误，航空公司安全和运行压力越来越大。由于考虑到运营成本问题，航空公司在低能见度运行和新技术应用方面资金投入少；驾驶员应对复杂地形和不利天气的飞行训练不足，对飞机的运行风险控制能力较低，使当今安全管理和航班正点与效益之间的矛盾日益突显。

● 机场保障压力

目前，我国具备保障低能见度运行条件的机场数量不足。当出现严重影响飞行运行的天气条件时，航班大面积延误和旅客滞留等现象日益严重，使用传统运行模式对地面设施的依赖程度高，导致机场运行保障面临很大压力。机场基础设施投入和地面运行保障能力

不足，按照传统方式建设或将现有I类运行的机场改造成II类运行标准的机场，资金投入量大、技术难度高。

特殊机场受地形和气象条件的影响，导致传统陆基导航设施难以满足运行需要，机场建设和保障投资巨大，维护成本高。在特殊机场实际飞行过程中，给驾驶员建立对外界环境的有效监控带来困难。

3.3 未来发展

未来中国民用航空运输总量，仍将以年均10%以上的速度增长。到2020年，运输总周转量预计将达到1400亿吨公里以上，旅客运输量将超过7亿人次，旅客周转量在国家综合交通运输体系中所占比重达到25%以上。民航航线网络将继续扩大，民用运输机场数量达到240个以上，通用航空机场数量也将不断增多。

在世界民用航空运输系统发展过程中，航行新技术将在飞行安全和运行效益方面起主导作用。近年来PBN、ADS-B、EFB、HUD/EVS等航行新技术，逐渐在民用航空飞行运行中得到广泛应用。HUD/EVS、EFVS、SVS等技术的应用，可提高飞机在低能见度条件下运行能力，进一步提升飞行安全品质和运行效率。

第四章 应用实施

4.1 总体目标

- 提高航空安全水平；
- 改善飞行品质；
- 减小机场基础设施升级负担，提升运行保障能力；
- 提高航班正点率，增进社会效益。

4.2 关键任务

- 在飞机和模拟机上装备 HUD，增加培训，制定运行程序；
- 在机场公布使用 HUD 运行最低标准，提高飞行运行安全品质；
- 在所有合适的机场实施特殊批准的 I 类标准的运行；
- 在所有合适的机场 I 类仪表着陆系统设施上，实施特殊批准的 II 类运行。

4.3 工作内容

4.3.1 政策与标准制定

- (1) 现有法规标准
 - 《一般运行和飞行规则》（CCAR91 部）；
 - 《民用航空机场运行最低标准的制定与实施》（CCAR97 部）；
 - 《民用航空机场运行最低标准制定与实施准则》（AC-97-FS-2011-01）；
 - 《使用平视显示器实施 II 类或低于标准 I 类运行的评估和批准程序》（AC-91FS-2010-03R1）；
- (2) 修订相关航空规章使其涵盖 HUD/EVS 运行相关的政策与标准；
- (3) 完善 HUD/EVS 应用程序，获得航空公司、机场公司、空中交通管制等单位的运行支持；制定航空运营人和机场公司实施运行最低标准的资格认定程序；
- (3) 确定关键机场的实施计划，提出完成时间表，确保使用 HUD 的航空运营人在获得运行资格批准后得以顺利实施运行。

4.3.2 机场运行评估

机场运行评估主要包括以下内容：

- 前期评估：评估机场进近航路下和起飞航段净空、助航灯光系统、敏感区保护及控制、标志标识等；

- 机场运行：净空处理（按需要）、标志标识变更、根据运行种类编制地面程序等；
- 导航、助航等设备、设施性能：满足民航局相关规章标准以及 ICAO 附件 10《航空电信》等要求；
- 机场地面运行保障：现有程序符合实施 HUD 运行标准的保障要求；
- 飞行程序：根据运行类别要求，评估飞行程序是否满足 HUD 运行要求等。

4.3.3 航空运营人补充合格审定

航空运营人实施HUD运行，应确保航空器安装的HUD设备符合适航要求，制定运行和维护程序，完成相关人员的运行资格培训，向局方提出运行申请并获得运行规范的批准后方可运行。

4.3.4 宣传与培训

在HUD实施进程中，民航局将加强宣传与培训工作。培训工作由指定的HUD培训中心及相关单位承担。培训对象包括局方、空管、机场、航空运营人等单位和相关人员。培训材料将及时更新，确保参训人员及时了解和掌握HUD的最新进展和技术信息。各院校应将HUD理论纳入教学体系，在飞行训练中设置HUD训练科目（如适用）。

4.3.5 国际协调与合作

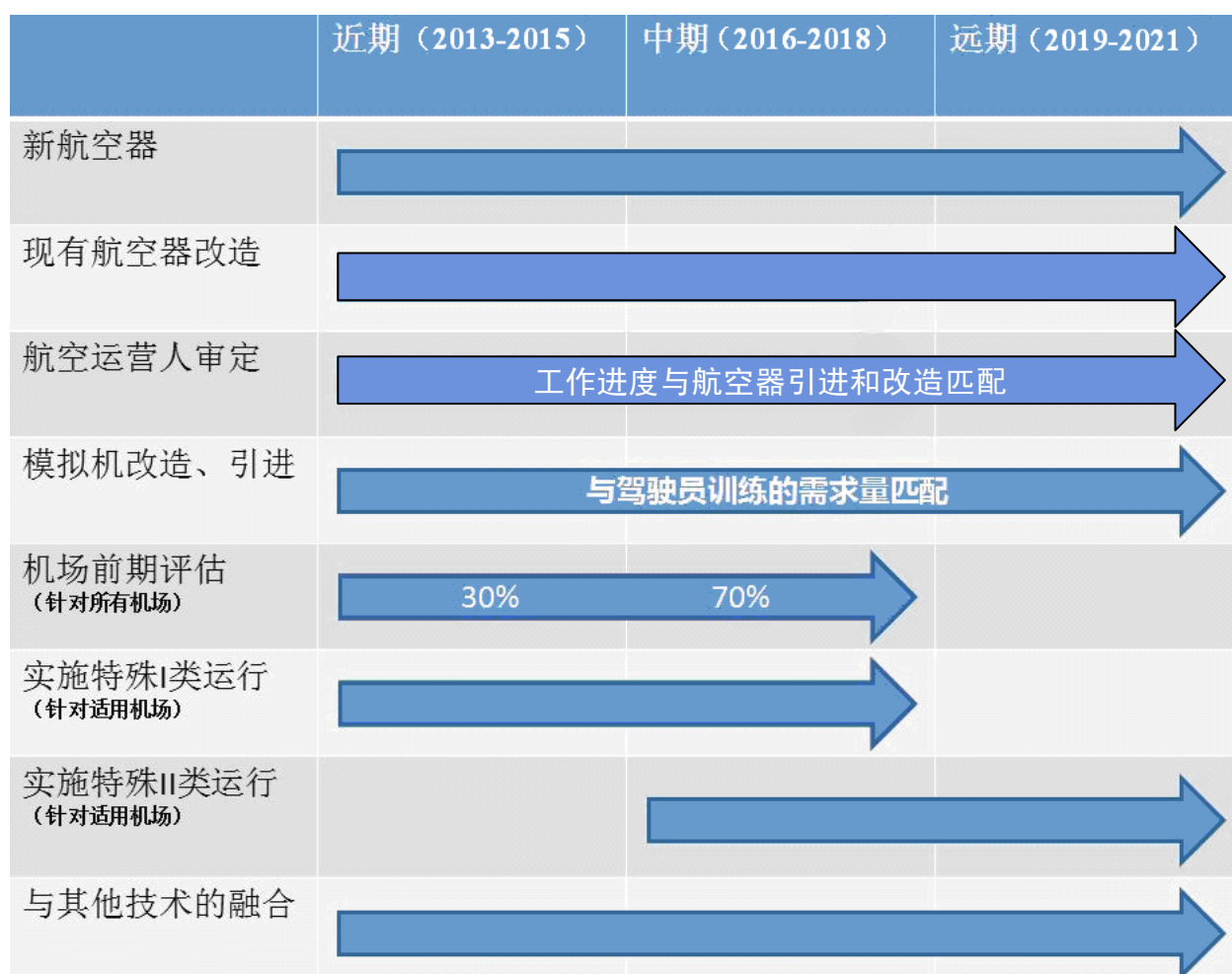
中国民航运输系统是世界民航运输体系的重要组成部分，中国民航HUD应用需保持与国际间的协调与合作，内容包括：

- 与其它国家、地区民航当局协调与合作，避免国家、地区间重复性适航和运行批准；
- 与国外运营人和航空协会之间沟通，使其了解中国 HUD 运行的实施进展与要求；
- 与航空器制造商协调，了解航空器性能发展，提出中国机载设备的配备要求；
- 与 HUD/EVS 航电制造商合作，了解 HUD/EVS 特性和运行安全效益；
- 向 ICAO 通报中国实施 HUD 进展情况，提出国际发展建议；
- 应邀指导相关国家和地区的 HUD 实施。

第五章 应用时间表

中国民航HUD应用分为三个阶段，即：近期（2013–2015）、中期（2016–2018）、远期（2019–2021）。近期重点是在20%拟交付的新飞机和现役及适用的飞机上装备双套HUD；在所需并适用的飞机HUD基础上再加装EVS，在航空运营人主运行基地机场公布特殊I类和起飞最低标准，在具有标准仪表进近程序的机场I类仪表着陆系统上实施特殊的II类和I类运行；完成航空运营人II类和特殊I类运行资格审定。中期重点是在50%的飞机上安装双套HUD设备和所需并适用的飞机HUD基础上再加装EVS，完成航空运营人的运行资格审定；在所有具备条件的机场进近图中公布特殊I类、低能见度起飞和II类运行最低标准。远期重点是在所有飞机上全面推进HUD技术的应用，与PBN、GBAS着陆系统(GLS)等技术相融合，在所有适用的机场进近图中公布HUD运行最低标准。

图5-1 中国HUD应用实施阶段示意图



5.1 近期(2013-2015)

中国民航局在推进HUD应用的过程中，将为航空运营人、机场公司提供多方面的支持与协助。

新航空器

航空运营人应认识到，飞机HUD设备的加改装工作是HUD技术应用的基本前提。目前正在生产的飞机基本具备装备HUD条件，要求航空运营人订购的新飞机应安装双套HUD设备及其在所需并适用的飞机HUD基础上安装EVS设备。

现役航空器

鼓励并支持航空运营人符合运行要求的现役飞机上加装HUD并获得运行资格。航空运营人应在2013年前完成规划，2015年底前实现在20%的飞机上（包括拟交付的新飞机和现役飞机）加改装双套HUD，在所需并适用的飞机HUD基础上加装EVS。

航空运营人

航空运营人建立HUD运行能力，应确保其HUD/EVS设备符合中国民航局的适航要求，制定相关运行程序和维护大纲，完成飞行、维修和签派人员有关HUD运行的训练，向局方提出运行申请，获得运行资格。

模拟机改造、引进

在部分全动模拟机上配备HUD设备，其数量应与要求进行HUD运行的驾驶员数量匹配，以满足训练的需要。

机场

2015年底前，将完成全国30%的机场HUD运行前期评估，当评估符合运行条件时，在进近图中公布特殊I类运行最低标准和起飞最低标准。

5.2 中期(2016-2018)

新航空器

航空运营人在订购新飞机时应考虑安装双套HUD设备。

现役航空器

2018年底前，航空运营人在50%的飞机上（包括拟交付的新飞机和现役飞机）加改装双套HUD，在所需并适用的飞机HUD基础上加装EVS。

航空运营人

航空运营人应确保其HUD设备符合相关适航要求，建立HUD运行能力，修订运行程序和维护大纲，完成飞行、维修、签派人员的HUD训练，向局方提出运行申请，获得批准后方可运行。

模拟机改造、引进

在全动模拟机上配备HUD设备，其数量应与要求进行HUD运行的驾驶员数量匹配，以满足训练的需要。

机场

2018年底前，完成国内所有机场HUD运行评估，对设备、设施做相应升级，公布在I类仪表着陆系统上实施特殊I类、II类和起飞最低标准。在减少机场设施成本的同时，获得相同的运行优势，使机场具备更高的运行保障能力。

技术融合

中国民航将调研HUD与其他相关技术融合的可能性，初期重点放在成熟和现有的技术上，如：EVS、SVS、APV、GLS、技术等。

5.3 远期(2019-2021)

航空器

中国航空运营人所有审定合格的航空器安装并运行双套HUD和所需并适用的飞机上安装EVS，中国民航局鼓励航空运营人在飞机选型时确定安装HUD。

航空运营人

随着HUD技术的普及应用，使用HUD运行应作为航空运营人所必备的运行能力之一。

机场

所有新建、改扩建机场合格I类运行跑道均应具备使用HUD实施特殊II类运行的能力，经过评估后可具备III类运行条件，可根据运行需要在进近图中公布适用的最低标准。

技术融合

在远期，中国民航将继续扩大和完善 HUD 与其他技术的融合。

第六章 航空器 HUD 运行能力

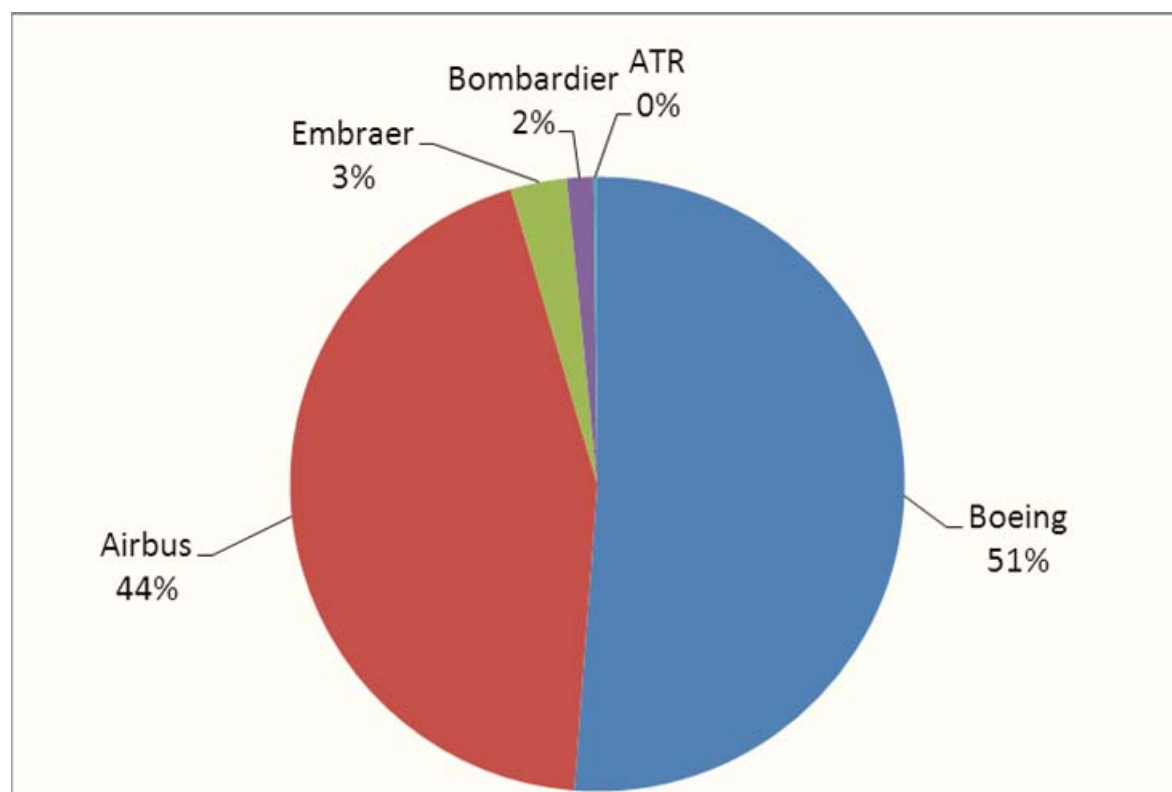
所有在中国民航实施HUD运行的飞机，应装备相应的HUD设备，成为提升飞机运行能力和飞行安全必需的组成部分。

航空器配备HUD设备，应遵循从实际出发、科学决策、整体规划、逐步应用的基本原则。航空运营人引进飞机或对现役飞机进行HUD加改装时，应遵守中国民航局的技术标准。

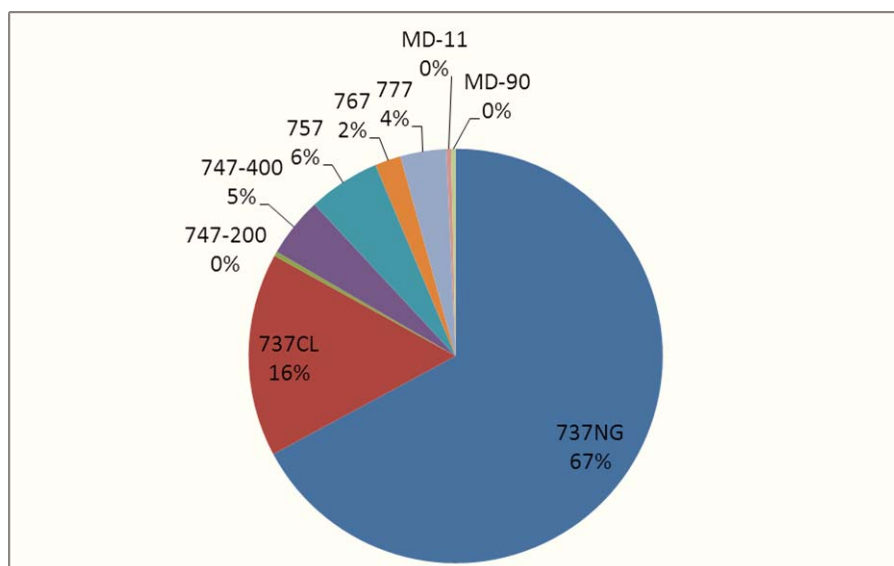
6.1 现有机队总体情况

截至2011年9月，全行业在册运输类飞机1629架，其中：波音系列飞机837架，空客系列飞机718架，巴西公司飞机48架，庞巴迪公司飞机23架，ATR型3架等。

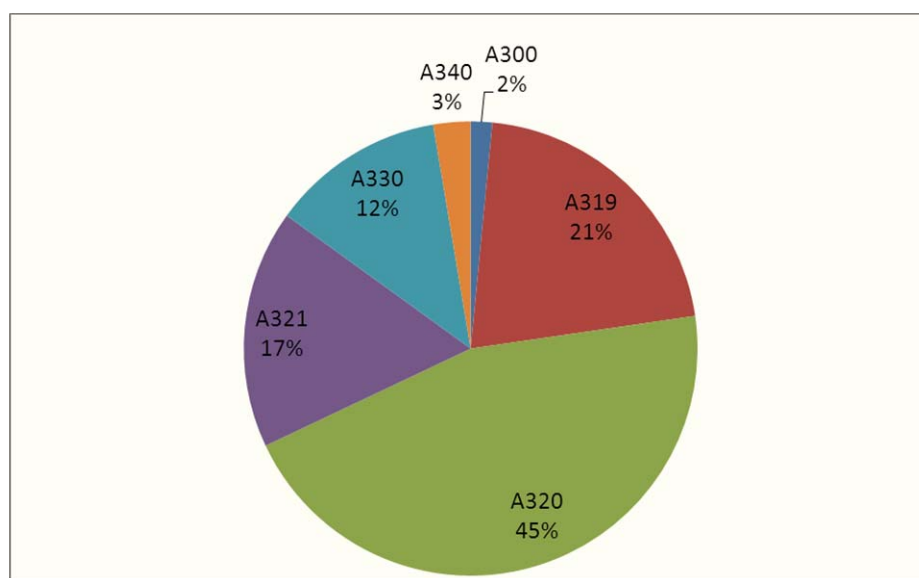
图6-1 中国民航各型运输机市场比例



波音飞机								
737NG	737CL	747-20	747-40	757	767	777	MD-11	MD-90
562	133	3	39	47	17	30	3	3



空客飞机					
A300	A319	A320	A321	A330	A340
11	152	325	122	89	19



注：本路线图及本章内容中的数据，不包含香港、澳门、台湾的数据。

6.2 可安装 HUD 设备运行的机型

目前，我国大部分实施定期载客、补充运行及公务飞行的机型均具备安装HUD实施运行的条件，部分机型由于出厂年限早、老旧等原因，飞机制造商难以颁发服务通告（SB），因此这类机型及租赁、将退租的飞机可不考虑安装。下面是HUD航电供应商提供的适用安装HUD实施运行的机型名单及相应的解决方案。

表6-1 干线飞机HUD解决方案及供应商

飞机机型	选择单套 HUD	选择双套 HUD	HUD 供应商
<u>空客</u> A318/319/320/321 A330/340 A350 A380	是 是 是 是	是 - 是 是	Thales
<u>波音</u> 737NG 757 777 787	是 是 是 -	是 - 是 标准	罗克韦尔柯林斯
<u>庞巴迪</u> Q400 CRJ 700/900/1000 CSeries	是 是 是	- - 是	罗克韦尔柯林斯
<u>中国商飞</u> C919	-	标准	中航集团
<u>巴西航空工业公司</u> E-Jet	是	是	罗克韦尔柯林斯

截至2011年9月底的统计表明，中国民航机队中已有50架飞机配备了单套HUD系统，均为737NG系列飞机。

6.3 未来航空器 HUD 计划

目前主要干线航空飞机制造商，对其新设计的机型均提供HUD安装选项，其中部分制造商将HUD设备作为标准配置。

中国民航认可制造商对任何未来飞机提供HUD提供安装选项的做法，鼓励制造商将HUD作为标准配置提供而不仅仅作为选项。

6.4 机队改装计划

目前，主要的飞机制造厂商为尚未交付的多数型号飞机提供HUD选项，并为现役飞机提供升级服务。随着新飞机引进和旧飞机退役，以及中国民航对服役机队结构和飞机构型调整，未来几年中，飞机HUD的应用能力将会持续提高。

航空运营人应根据中国民航HUD实施路线图中的近期、中期和远期目标，对现役飞机装载HUD设备实施运行的能力进行评估，制定购买计划和改装方案，确保适用的飞机能按照应用计划安装，满足HUD运行要求。

中国民航局在实施HUD过程中，鼓励并支持航空运营人达到HUD的实施目标。

第七章 机场 HUD 运行

7.1 运行现状

7.1.1 I 类运行

目前,我国绝大多数机场都具备I类运行能力,仪表着陆系统(ILS)和助航设施符合I类运行要求,飞行程序、机场净空和运行最低标准符合航空规章要求。对于这类机场在完成适用HUD运行要求评估后,即可满足飞机使用HUD实施运行的要求。

7.1.2 II 类运行

截止2011年12月,可供实施II类运行的机场有北京/首都、上海/浦东、西安/咸阳和成都/双流共4个机场。除此之外,还有部分机场正在进行II类运行标准的建设和升级改造,以成为可支持标准II类运行的机场。

标准I、II类机场的导航和助航设施,能满足相应类别运行的要求。现代机型新增加的HUD机载设备,提高了飞机的运行能力。新的机载系统加上现代可靠的仪表着陆系统(ILS),与低能见度运行程序相结合,经中国民航局的特殊批准,可在原先支持I类(CAT-I)基本运行的跑道上实施II类(CAT-II)运行,实现降低标准的可能。

7.2 升级改造计划

7.2.1 特殊批准的 I 类运行

民航局颁布的规章阐释了对跑道、仪表着陆设备的要求,以及降低最低运行标准所需要的特别程序和批准等内容。在机场公布特殊批准的I类运行最低标准需完成相应的评估,认为适合进行特殊批准I类运行,方可实施。具体工作包括:

(1) 计划实施HUD运行保障的机场,应当由机场所在地局方飞行标准部门牵头,组成由机场、空管、航空公司等部门组成的项目小组,根据《使用平视显示器实施II类或低于标准I类运行的评估和批准程序》(AC-91FS-2010-03R1)相关要求对机场仪表着陆系统、敏感区、助航灯光系统、跑道标志标识、飞行程序等进行校验与评估,制定用于HUD实施所必需的职责与协调程序,经批准后公布最低运行标准。

(2) 当机场满足规章的要求时, 中国民航局将在进近航图中公布批准的特殊I类运行最低运行标准, 并包含“使用平视显示器 (HUD) 运行, 需得到局方的特殊批准”的文字说明。

7.2.2 在 I 类仪表着陆系统上实施 II 类运行

在机场I类仪表着陆系统上公布实施特殊II类运行的最低标准应当按照民航局颁布的规章标准对机场进行评估和做相应的升级改造, 这种升级改造仅用于某些必需的项目内容。

(1) 机场选择在I类设备上实施II类运行时需重点考虑以下因素:

- 机场的航班数量及在全国交通运输系统中的战略地位;
- 降低运行最低标准后, 可以改善运行的天数;
- 满足规章要求的现有设备和资源;
- 可在降低运行最低标准的机场运行的航空器名单。

(2) 选择在 I 类仪表着陆系统上实施特殊批准的 II 类运行, 参与运行的各单位应当按照《使用平视显示器实施 II 类或低于标准 I 类运行的评估和批准程序》

(AC-91FS-2010-03R1)检查内容对相应项目进行评估和检查, 确认各项均满足运行要求, 填写检查单由飞行标准部门做出评估和判断, 符合运行条件时, 由机场公司提出在相应的跑道上公布特殊批准的 II 类运行最低标准。

(3) 在机场进近图中公布经批准的特殊 II 类运行最低标准和相应的运行程序。

7.2.3 特别检查及责任落实

对经过评估认为适合在I类仪表着陆系统上实施II类运行的机场, 须进行特别检查, 并在检查结束后实施某些必要的变更。每个领域的责任应得到明确落实, 完成所需的检查单项目并由适当机构认可签字, 表示在I类设备上实施II类运行的评估工作已经完成。

第八章 安全过渡原则

目前中国民航机队 HUD 装备率较低，在未来一段时间内，具有 HUD 能力的航空器和不具有 HUD 能力的航空器将并存运行。中国民航局将在一些机场优先批准 HUD 运行，以加速对传统运行模式的替代。

为了确保平稳过渡到全面使用 HUD 运行，中国民航局将考虑下述安全过渡原则：

- 给予航空运营人足够的过渡时间升级或加装设备；
- 给予机场足够的过渡时间建立HUD运行保障能力；
- 进行安全评估以及定期检查，制定应急预案，确保持续安全；
- 航空公司、机场、空管等相关部门，按计划开展HUD相关知识培训。

第九章 未来与其它技术的融合

9.1 增强视景系统(EVS)

EVS能够显示真实外部实景的视频图像，该图像由红外(IR)传感器（或同类图像传感器）产生，传感器安装在航空器的前部（可捕获前方外景的清晰视野）。EVS图像可单独使用，也可与HUD融合使用，通过平视镜向飞行员提供跑道特征（如：跑道灯光）以及周围地形和障碍物特征的图像。

提供增强的视觉图像的目的，是为了提高驾驶员夜间和低能见度条件下情景意识。然而，随着增强飞行视景系统(EFVS)的安装，图像传感器和HUD的运行优势正在确立。FAA已批准在使用EFVS运行时，只要飞行员可清晰辨识某些目视参考，直线进近时可以下降到决断高度（DA）或最低下降高度（MDA）以下、接地区标高（TDZE）30米（100英尺）以上，而不是通过使用II类或III类进近方式来实现。在接地区标高（TDZE）以上30米（100英尺）处，目视参考必须以自然视线进行确认。此外EASA规定，当飞行员使用EFVS时，不允许降低决断高度（DA）或最低下降高度（MDA），只允许减少跑道视程（RVR）。

9.2 合成视景系统(SVS)

HUD支持合成视景系统。SVS视景在飞机航电设备内部产生，以飞机的位置和姿态为基准，并以存储的地形、跑道、障碍物数据库为基础。SVS图像覆盖了飞行员通过HUD看到的真实世界，也会提高夜间和低能见度条件下的情景意识。

9.3 类精密进近程序（APV）

HUD作为主要飞行信息显示的一部分，重复显示了航空器机载飞行控制系统(FCS)提供的飞行指引信息。HUD上显示的航空器飞行控制信息，也包含了对包括类精密进近程序在内的PBN运行数据的监控，确保航空器持续保持PBN运行精度要求。

飞行指引仪以及与APV运行相关的信息，以引导提示的形式出现在HUD上，而该引导提示的设置也考虑了飞行航迹符号。HUD也显示飞行指引和自动驾驶工作状态，包括APV过渡模式到捕获模式。与PFD上的显示方式相同，在HUD上也能显示与APV相关的警告信息（例如偏离正常轨迹）。

9.4 GBAS 着陆系统(GLS)

HUD 提供内部产生的飞行指引命令，允许在 III 类运行条件下的进近、着陆和滑行。目前这些飞行引导命令利用的是 ILS 导航信息，然而也可以通过配置利用 GLS 信息实现其指引功能。

第十章 HUD 路线图的修订

本文件为中国民航HUD应用路线图第一版，将根据实施情况，对本路线图内容进行适时更新。在实施过程中，欢迎各单位对本路线图提出建议和意见。

附件 A：HUD 技术简介

HUD在各飞行阶段为驾驶员提供增强的情景意识和状态管理，减少驾驶员在飞行中频繁俯视看仪表的动作，使其可以始终保持平视飞行。HUD上所有关键的飞行信息都与驾驶员外部视野保持正形投影，使驾驶员在任何跑道、各种气象条件下都能够精确地控制飞机状态参数、准确地预测接地点。

ICAO 附件6认可了HUD运行特点和对安全效益的作用。不同的HUD产品在功能上略有区别。本附件以美国洛克韦尔柯林斯公司的HGS和法国泰雷兹公司的HUD为例，具体阐述HUD在飞行安全方面和运行方面的优势。

HGS/HUD利用高度完整的计算机架构，收集并评估重要的飞行数据，比如姿态、空速、高度和导航设备信息等，从而计算出指引着陆的信息。HGS/HUD还会在适合的时机，显示特别的符号组，帮助驾驶员对各种紧急情况做出迅速、准确的反应。

在各个飞行阶段，HGS/HUD可以用作全天候的飞行显示器，其优势是增强情景意识和提高飞行品质。根据最新研究结论，在所有民航起飞和着陆事故中，68%的事故可以通过使用HUD避免或降低事故危害程度。

HGS/HUD通常由下列主要的航线可更换组件（LRU）组成：合成显示器、头顶部件、计算机、系统信号牌和控制面板。

附件A 图-1 HUD系统组件



HUD 的安全优势

保持平视起飞

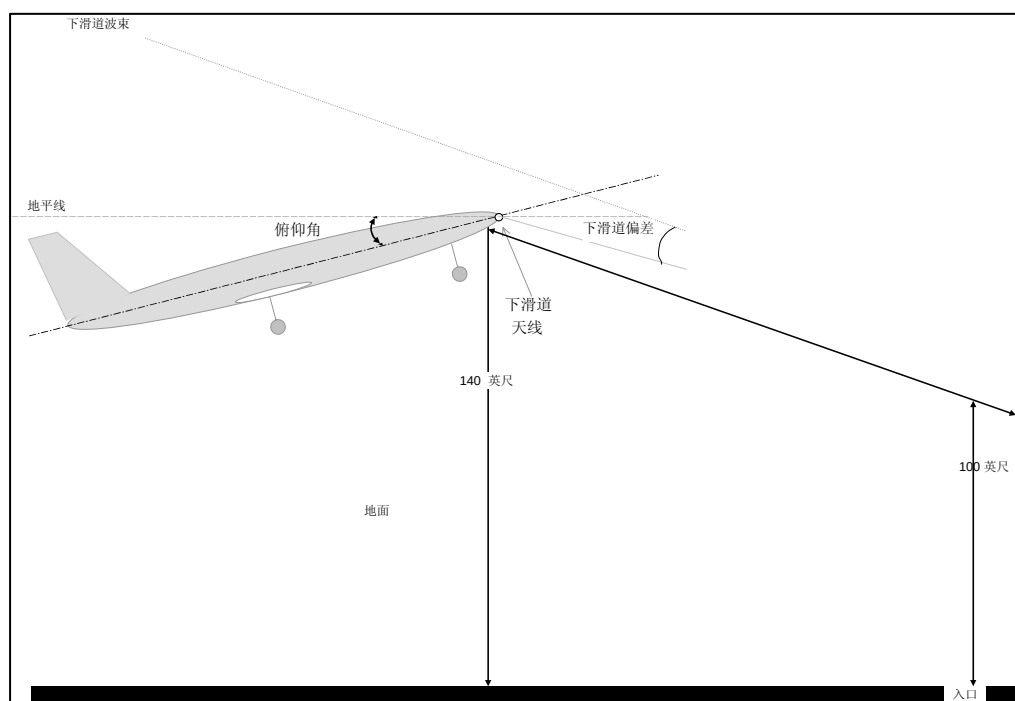
HUD给驾驶员提供这样的能力，即在不需要低头观察传统仪表的情况下完成起飞动作。这样的安全水平是传统仪表所不能达到的。在高速滑跑时，即便是以最快的速度扫视一次下部传统仪表也会导致与外部世界的视景中断，而驾驶员必须花费几秒钟才能恢复该情景意识。在低能见度运行中尤其是这样。在已经收到的很多使用HUD起飞的事件报告中，驾驶员因为在起飞中不用向下看，避免了飞机被外来物危险接近或者跑道上的交通冲突。

实行低能见度起飞（LVTO）

LVTO是HUD的一个特有功能，它可以提供给驾驶员使用HUD指引来引导起飞的能力。当实施低能见度运行时，驾驶员可以获得最低可用的起飞最低标准。驾驶员通过把地面滑跑符号放在航向道引导提示符上来跟踪航向道引导。

使用惯性延伸的下滑道

附件A 图-2 HUD延伸下滑道



在AIII模式下，延伸的下滑道是这样计算的，即利用惯导地速和参考下滑道来确定一个参考垂直速度，该速度被整合后给出一个参考高度，该高度以沿着地面轨迹飞行方向的下滑道波束的中心为参考。参考高度在140英尺处被初始化，之后被连续计算，并与飞机的修正后的高度相比较来产生垂直偏差的指示。在初始化处存在的下滑道偏差被包括在计

算中。从初始化处即140英尺处开始的四秒钟内，控制逻辑线性地消除下滑道偏差并且逐渐忽略延伸的偏差。对于大多数飞机，这种逐渐化过程导致在仅低于100英尺AGL（比地面高）处就完全把下滑道偏差从垂直引导计算中去消除。

精确的目视进近下滑角指示

下滑道参考线在所有进近模式中都可被驾驶员使用，选择范围是0.00到-9.99度，并且有能力建立一条目视下降轨迹到任何跑道上，该参考线在没有装备下滑角度指示器的机场特别有用。在夜间进近到没有VASI（目视进近坡度指示器）或PAPI（精密进近航道指示器）或类似设备的跑道，即“黑洞进近”，是特别困难的，并造成了很多CFIT（可控飞行撞地）事故。有下滑道参考线的HUD就减少了在这些进近中的不安全事件。

显示起飞跑道剩余长度

对于起飞，在下列情况下 HUD 会显示跑道剩余长度：

- HUD模式是PRI（主模式）
- 两个VHF/NAV接收器都被调谐到同一个有效的ILS频率
- 飞机对正跑道（航向道偏差小于1个点并且磁航向在MCP（模式控制面板）选择的航向10度以内）
- 跑道长度范围为7500英尺-13500英尺

跑道剩余长度数值被初始化为HCP（HUD控制面板）跑道长度减去150英尺，因此在HCP上输入的跑道长度数值应该对应于从对正跑道起的剩余跑道距离（即：对于一个在跑道中部的起飞，只有在转入点之后剩余的那部分跑道才能被输入）。假设开始时的150英尺地面滑跑距离是从0加速到20海里/小时所需要的，使用这个假设是因为在低速时IRU（惯导组件）的地速输出是不准确的，而在起飞滑跑前当飞机在跑道入口处等待时，这种不准确性可能导致跑道剩余长度被错误地计算递减。长时间的地速低于20海里/小时的初始地面滑跑将导致在跑道剩余长度显示中出现一个相应的错误。当地速大于20海里/小时的时候，HUD持续计算跑道剩余长度，即把IRU（惯导组件）地速的积分结果从其数值中减去。跑道剩余长度将被持续显示直到飞机离地，或者在RTO（中断起飞）中减速到小于20海里/小时，或者如果IRU地速变得无效。

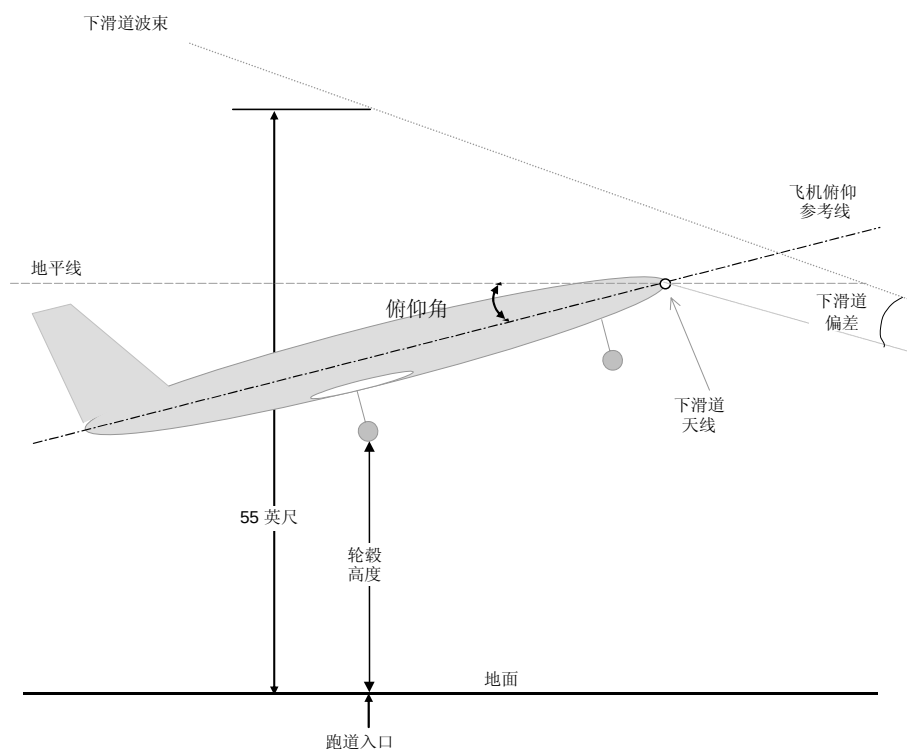
AIII模式进近

在AIII模式进近中，HUD根据飞机的几何形状，以及ICAO附件10关于在II类和III类ILS设施上跑道入口穿越高度的限制（50—60英尺AGL），探测主起落架是否穿越跑道入口。如果考虑在I类ILS装备上的AIII模式操作（例如，在I类ILS上的II类运行）并且跑道入口穿越高度少于50英尺或大于60英尺，在跑道剩余长度读数中应考虑相应的误差。由HUD的

AIII模式提供的引导和监控，确保在跑道入口处飞机的下滑道偏差在2点以内。由于这个原因，跑道剩余长度仅在AIII模式进近后的滑跑时显示。

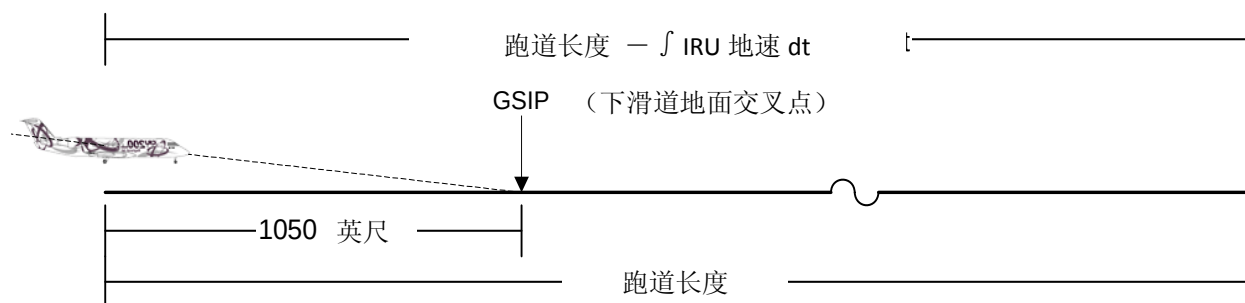
主起落架至下滑道发射器的距离的计算是基于轮毂高度、下滑道偏差、HCP参考下滑道、俯仰姿态、以及下滑道天线相对于主起落架的几何关系。

附件A 图-3 AIII模式进近下滑道偏差



当HUD计算出的主起落架至下滑道发射器的距离为1050英尺的时候，就假设飞机在跑道入口之上。跑道剩余长度数值被初始化为HCP跑道长度，并且以起飞中的同样的方法递减，即对IRU地速积分计算。对于着陆，在HCP上输入的跑道长度应该是跑道入口之后的可用着陆长度。

附件A 图-4 跑道剩余长度



跑道剩余长度读数在接地时立即显示，并且一直显示直到IRU地速小于20海里/小时或者飞机从跑道脱离（即航向道横向偏差大于80英尺，并且磁航向与MCP选择的航向间的角度大于15度）。在穿越跑道入口后IRU地速变得无效的情况时，跑道剩余长度读数消失。

防止擦机尾

附件A图-5中擦尾俯仰极限“○—○”符号开始显示并与飞机参考符号相比较，表示飞机正处于或接近擦尾的俯仰极限。如果该擦尾符号与飞机参考符号相接触，就会发生擦尾现象。在起飞中（包括在接地和复飞中）该擦尾俯仰极限符号显示距离擦尾的俯仰角裕度。如果飞机俯仰角度接近擦尾角度或者在起飞抬前轮（低于10英尺AGL）时俯仰角速度过大，擦尾俯仰极限符号就被显示。

附件A图-6中，在着陆中擦尾警告信息表示如果继续增加姿态就会擦尾。在进近中，在轮毂高度低于100英尺时擦尾监控功能自主启动，直到飞机接地。

附件A 图-5 擦机尾符号



附件A 图-6 擦机尾告警



直观的能量管理

飞机沿着飞行轨迹的惯性加速（或减速）是由飞行轨迹加速度符号“>”来表示的。该符号表示所有影响飞机的力的总和，包括推力、阻力、以及飞机正在穿过的气流，该符号由惯性参考系统无延迟地提供并被显示。

在飞行中，飞行加速度符号被放在飞行轨迹符号的左边。当飞行轨迹加速度符号高于飞行轨迹符号的机翼时，飞机在加速；当低于飞行轨迹机翼时，飞机在减速。要保持稳定状态（既不加速也不减速），飞行轨迹加速度符号必须放在指向飞行轨迹机翼的位置，它可以被用来很有效地控制速度或飞行轨迹角度。

附件A 图-7 飞行轨迹加速度符号



该信息的独特应用是使得驾驶员在所有状态和条件下很精确地控制飞机速度。

除了飞行中的能量管理，HUD还以自动刹车系统算法的方式提供减速管理，该算法在HUD计算机中独立运行。由于增加了跑道剩余长度，现在驾驶员拥有很直观的方法来监控和管理起飞和着陆时飞机在跑道上的减速率。

有效应对风切变

该符号提供一个飞机可能或已经进入风切变的指示。风切变警告信息显示在飞机参考符号的正上方并且由“WINDSHEAR”这些字母组成。风切变警告信息的显示是GPWS（近地警告系统）探测到风切变后的显示之一。

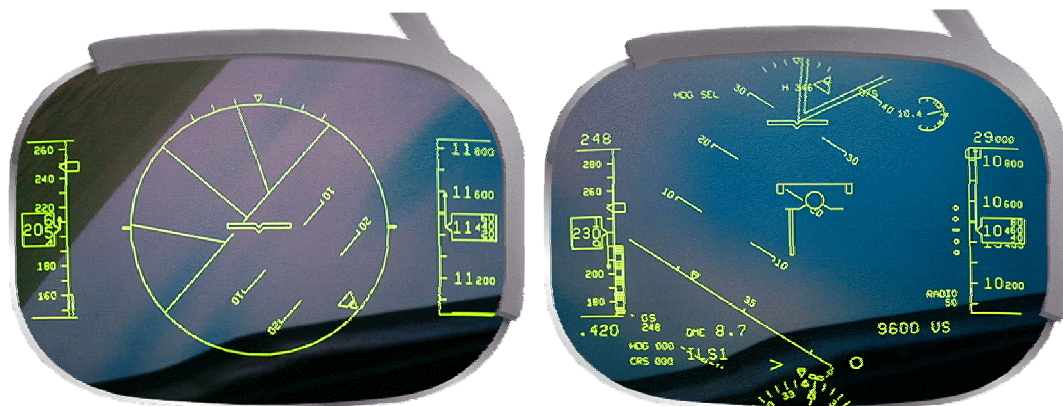
附件A 图-8 风切变警告



快速识别非正常姿态并改出

HUD的非正常姿态（UA）显示是用来帮助驾驶员识别并改出。UA图符集是以类似于姿态指引仪（ADI）的方式显示姿态信息。根据飞机的姿态，该非正常姿态图符集被自动启动或停止。当UA图符集在工作时，UA图符集取代当前选择的运行模式图符集（HCP继续显示当前选择的运行模式图符集、状态和数据输入功能）。该显示非常直观，因此驾驶员能够立即对飞机的不正常姿态做出反应，而不需要观测后再判断的过程。

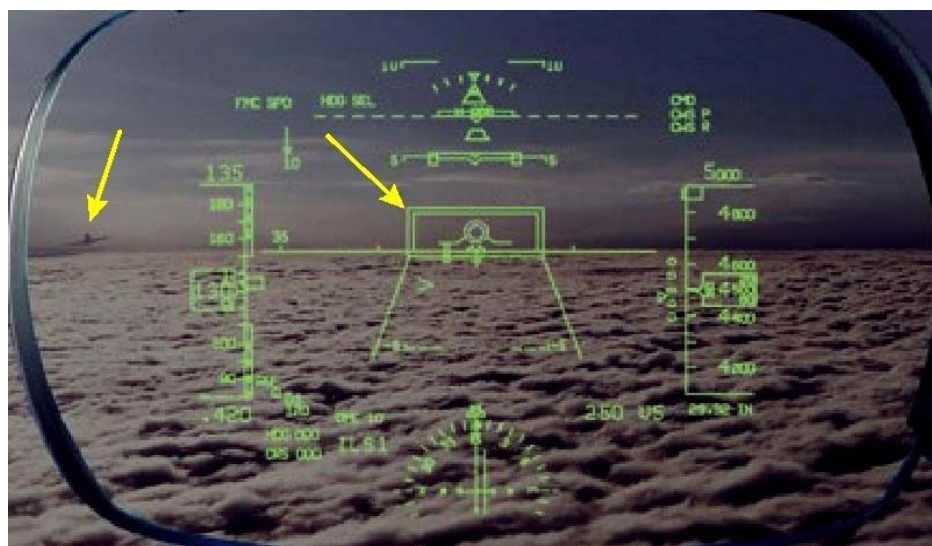
附件A 图-9 非正常姿态显示



柔和响应空中交通防撞系统决策咨询（TCAS/ RA）

在TCAS/ RA告警中，HUD会显示一组直观、易于理解的符号，让驾驶员柔和地进入明确指定的安全指示框内并避免进入非安全区，而无需低头观察传统仪表。

附件A 图-10 TCAS决策咨询



HUD的运行优势

目前世界上的许多民航当局都批准了HUD专有的运行标准。下面是中国民航批准的HUD低于标准I类运行的标准（参考AC 91-FS-2010-03R1）。

	非-HUD RVR 最低运行标准	非-HUD 最低 决断高 (DH)	HUD RVR最低 运行标准	HUD最低 决断高 (DH)
CAT I ILS	550m	60m	450m	45m

附件 B：缩略语

APV	类精密进近程序
CAAC	中国民航局
CAT	ILS 类别（即：CAT I, CAT II, CAT III）
EVS	增强视景系统
GBAS	陆基增强系统
GLS	GBAS 着陆系统
HUD	平视显示器
HGS	平视指引系统
ILS	仪表着陆系统
LRU	航线可更换组件
RA	决策咨询
SVS	合成视景系统
TCAS	空中交通防撞系统