



信息通告

中国民用航空局运输司

编号: IB-TR-2017-04

下发日期: 2017 年 5 月 22 日

美国水上飞机运营经验与案例

美国水上飞机运营经验与案例

现将中美通用航空合作项目 GABA 第四期研究成果汇编成信息通告并分期发布,供行业内外相关单位参考。

水上飞机是以水体作为主要运营基地的机型,在美国国内部分地区、尤其是阿拉斯加州应用广泛。本通告侧重介绍水上飞机商业运行及在政府部门的应用情况。

本文电子版可在民航局政府网站“法律法规-规范性文件”页面进行下载。

目 录

1、简介	1
2、水上飞机的发展历史	1
3、美国水上飞机市场分析	4
4、水上飞机的运营优势	5
5、美国的水上飞机机队	10
6、运营商类别	11
7、水上飞机的分类	19
8、美国水上飞机监管	20
9、水上飞机基础设施	27

美国水上飞机运营经验与案例

1、简介

水上飞机是以水体作为主要运营基地的机型，在美国国内部分地区、尤其是阿拉斯加州应用广泛。本通告侧重介绍水上飞机商业运行及在政府部门的应用情况。

2、水上飞机的发展历史

水上飞机的历史可追溯到动力飞行的初期。早期富有创新精神的飞机设计师意识到飞机具备水面起降能力存在诸多裨益，尤其是在当时可用的固定机场基础设施稀缺的情况下，尤显突出。在经历早期的失败后，1911年，美国航空业先驱格伦·柯蒂斯（Glenn Curtiss）实现了首架实用型水上飞机的首飞。随着一战的到来，当时各国军方敏锐认识到水上飞机对支持保障海军军事行动的重要作用。一战期间水上飞机被用于多种用途，包括兵员输送、执行侦察、舰队支援保障任务等，有时甚至被充作轻型轰炸机使用。

起初，水上飞机在执行舰队支援保障任务中的作用最为突出。经过改装的“水上飞机母舰”，是现代航空母舰的鼻祖，其搭载的水上飞机可以执行侦察或轰炸任务。水上飞机曾经取得过辉煌战绩，比如1916年俄罗斯黑海舰队就是使用水上飞机对土耳其宗古尔达克港实施了轰炸。

水上飞机在一战中证明了自身的价值，在和平时期则在商业运输方面发挥了更为突出的作用。由于缺乏陆地机场，美国和欧洲的航空公司广泛采用了大型水上飞机执飞通往南美、亚洲和北非地区的航线。1919年诞生的波音 B-1 飞机是首个专门针对商业用途设计制造的水上飞机，不过由于战后军机过剩、价格低廉，大批转为民用，因此 B-1 表现平平。随着航空技术的发展和军队退役飞行员的加盟，上世纪 20 年代兴起了一大批初创型航空公司。

美国的泛美航空公司和英国的帝国航空公司等将水上飞机投入跨大西洋和跨太平洋航线运营，航线上通常设有若干经停点。泛美航空公司 1938 年投入使用的波音 314（“飞剪”，Clipper）标志着水上飞机的使用达到了巅峰。该型飞机航程接近 5000 海里，足以执行跨大西洋直达飞行任务，它们还被用于执飞美国至香港航线，全程历时 8 天，中途需停靠多个站点。



图 1: Boeing 314 “飞剪” 水上飞机

这一时期，利润丰厚的邮政合同通常会为航空公司的运营提供支持。事实上在此期间泛美航空公司和其他众多航空公司都通过在邮政航线上提供客运服务为自身的客运业务间接提供补贴。尽管提供这些补贴的初衷并不是直接用于支持水上飞机运输业务，但它们还是极大地推动了水上飞机国际运输业务的发展。英国和德国也都实施了类似的政策。

二战爆发后，大批水上飞机被军方征用，不再是航空公司的高端运输工具。战后，配备轮式起降装置的飞机较之上一代水上飞机航速更快，效率和舒适度也更高。但由于此时陆地机场设施更为普遍，水上飞机原有的灵活性和对起降机场的低标准要求等优势也不复存在。

尽管大型水上飞机已失去了服务于航空公司的黄金岁月，但今天在航空生态系统中依旧占据着一个小众而又重要的细分市场。美国和加拿大两国的私人拥有者和运营商将数以千计的水上飞机用于休闲娱乐目的，而阿拉斯加沿海和岛屿居民的交通运输则更多地依赖水上飞机的客货运服务。

美国的通用航空日渐失宠，新型娱乐方式日趋吸引消费者的关注度和消费支出，这都对美国私人水上飞机的使用构成了威胁。燃油价格飙升、飞机设计老化、监管法规日益严格，这些因素对部分商业运营商也形成了威胁。不过，水上飞机仍将继续满足市场的多样化需求，一些制造商不断推出新的水上飞机和水陆

两栖飞机。水上飞机飞行员协会（SPA）和未来水上飞机交通组织（FUSETRA）也正致力于推动全球水上飞机产业的发展，这些努力的长期效果仍有待观察。

3、美国水上飞机市场分析

美国拥有世界上规模最大的现役水上飞机机队，其拥有水上飞机驾照的飞行员数量也居全球之首，达到 35000 名，每年约颁发 1500 本飞行执照，不过其中很可能只有一小部分水上飞机飞行员处于活跃状态。美国联邦航空局（FAA）估算 2013 年全美等级飞行员（含飞行学员）总数为 599086 名。据此推算，几乎所有拥有水上飞机等级证书的飞行员很可能飞行执照上还有其他类别飞机的签注。目前，初级飞行培训通常采用单发陆上飞机实施，新学员极少使用水上飞机进行飞行培训。

现役水上飞机和飞行员数量在飞机和飞行员总数中的占比较低，但与其他国家相比则活跃得多，包括四大因素，这些因素对美国的通用航空业的发展产生了重要影响。首先，总体而言，美国飞机主要被用于休闲娱乐、商业和政府等用途。第二，长期以来美国一直是通用航空创新中心，拥有雄厚的制造业、飞行员培训和运营基础。第三，通用航空在美国之所以如此风靡，部分原因在于自航空事业诞生伊始美国便一直是其中一支重要力量。第四，高可支配收入、高基础设施普及度以及二战后合格飞行员数量之多导致上世纪 50 至 70 年代美国掀起了通用航空的热潮。

20 世纪 80 年代前期和中期，通用航空的不利因素开始引发人们越来越多的担心。随着燃油价格高企和全面经济衰退的爆发，通用航空飞机制造业一蹶不振，包括塞斯纳在内的多家制造商停止了轻型飞机的生产长达十多年之久。1994 年《通用航空振兴法案》通过后美国通用航空飞机的生产略有回升，但再也没有恢复到上世纪 70、80 年代的巅峰水平。

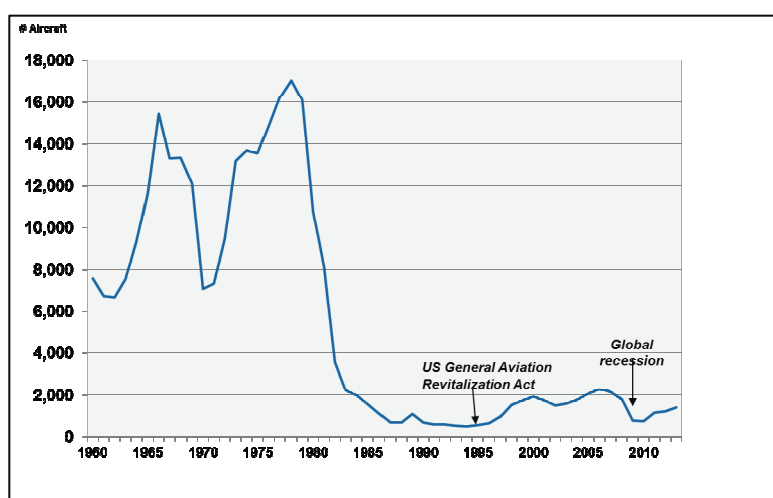


图 2: 美国制造的活塞式飞机交付量

总的来说，水上飞机制造业的命运与整个通用航空业的际遇息息相关。由于飞行员队伍整体老化、燃油成本上升、监管趋严，全行业正面临飞行员数量下滑的现状。相关组织正在采取措施扭转这一势头，培养人们对于驾驶水上飞机这一业余爱好的兴趣。

4、水上飞机的运营优势

(1) 多用途和可达性独具优势

水上飞机、尤其是水陆两栖飞机能够到达其他交通工具难以或不便前往的地区，比如岛屿和部分沿海居民点。水上飞机是较为便利的客货运输工具，有时也是唯一可用的交通工具，比如，阿拉斯加和太平洋西北部分地区，尽管借助船舶和陆基飞机也可抵达这些沿海居民点，但部分紧急情况下，水上飞机是输送对时间敏感的物资或人员的唯一可行交通工具。



图 3：阿拉斯加州埃尔芬考夫——仅能借助水上飞机和船舶到达

水上飞机既是很多沿海居民点交通系统中的关键环节，也是部分偏远内陆地区的重要交通工具。由于具备在野外湖泊起降的能力，水上飞机是前往不通公路的地区最为便捷的一种交通工具，因此，美国政府部门常将水上飞机用于野生动物调查和国家公园等偏远地区监控等用途。

水陆两栖飞机的便利性体现在不仅前往难以抵达的内陆和沿海地区，还能够使用美国数千个机场提供的标准航空基础设施和

服务，减少了水上飞机运营对于专用维护、燃油和储存设施的需求，灵活性强。美国现役水上飞机大部分是水陆两栖飞机和陆基飞机改装而成的水上飞机，改装飞机在必要时可重新换装起落架和机轮。在阿拉斯加等地区，部分水上飞机（及陆基飞机）冬季配备雪橇后可在冰雪覆盖的跑道、冰川和冰冻水面上起降。

（2）对基础设施的要求低

水上飞机对基础设施的要求较低，可以前往更多的目的地，具有较高的灵活性和有用性。各地水上飞机起降场地要求通常包括噪音、安全性方面的限制性规定，并需得到社区利益相关者的同意，虽然各地的规定可能存在差异，但起降场地的物理标准普遍较低，水上飞机可较好融入现有水上交通生态系统。

与建设陆基飞机配套设施相比，水上飞机对基础设施要求极低，水上飞机起降场、停泊区或站点的建设成本低，这使得水上飞机成为向小型或偏远居民点输送人员和物资的理想交通工具。在发展中国家的沿海地区、岛屿或湖畔城镇，水上飞机可助力区域航空网络的搭建，成为支线或通勤航空的有效补充，具有广阔的应用前景。



图 4：西雅图附近交通如织的联合湖湖面上运营的水上飞机

（3）便利性突出、能够避开交通堵点

与其他交通工具相比，水上飞机可有效提高出行便利性。考虑安全、噪音以及土地成本等因素，运输机场一般建在远离城市中心的区域，但很多城市中心区具备可供水上飞机起降的水域资源，比如温哥华、西雅图、多伦多、芝加哥等，水上飞机的便利性尤为凸显。

水上飞机便利性体现为候机时间缩短、安检要求相对较低，且与大型运输机场相比，旅行流程更为精简，对于部分社区，水上飞机在便利性和快速性方面可媲美直升机。



图 5: 安克雷奇市中心区胡德湖周边的水上飞机运营基地

（4）具备执行特定任务的能力

水上飞机适合承担森林灭火等特定任务。由于水上飞机具备抵近水体、在水面上起降的能力，水陆两栖飞机是立足水体执行消防灭火任务的理想机型，其优势主要体现在以下三方面，第一，水陆两栖飞机可利用邻近地区的天然水源，大幅降低消防工作的成本，提高灭火效果。第二，消防员使用水替代化学阻燃剂灭火可降低森林火灾消防的成本及长期环境影响。第三，拥有加注消防用水或化学品必需设施的机场有时距离火场较远，天然水源地距离火灾现场往往近得多，大多数现代化灭火飞机都具备快速加注能力，可大幅减少灭火飞机在火灾现场和水源地之间的往返时间。



图 6: AT-802F “空中拖拉机” 水陆两栖灭火飞机

水上飞机的另一个重要优点是适合在环境敏感地带运营。与船舶相比，水上飞机在水体中遗留未燃尽油料等残留物要少得多，对水体中动植物的影响较小，比如在澳大利亚大堡礁的部分地区，水上飞机是唯一允许使用的交通工具。

5、美国的水上飞机机队

FAA 收录的飞机注册信息未明确区分装备机轮、滑橇或浮筒的飞机，因此，较难统计美国现役水上飞机数量的准确数据。另外，飞机会根据季节换装滑橇、浮筒，这些具备水陆两栖能力的飞机难以确定主要起降地点。

综合多个数据源估算，目前全球现役水上飞机总数达 7255 架，其中 80% 以上集中在美国和加拿大。

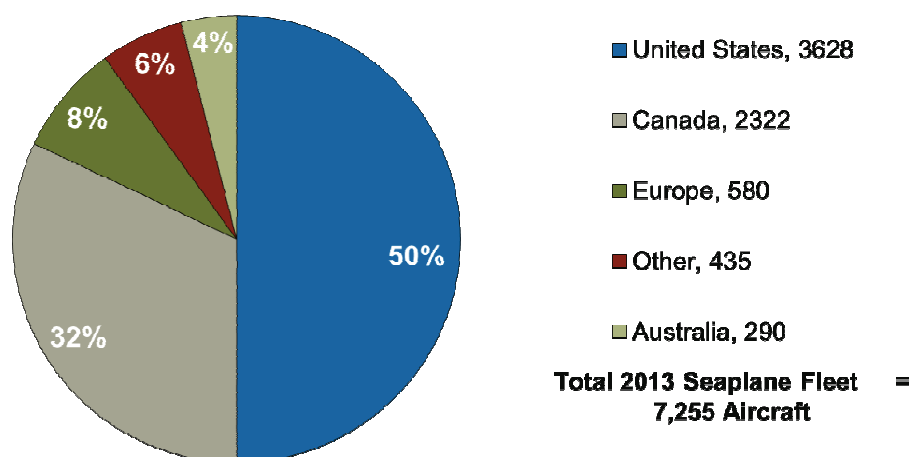


图 7: 2013 年全球水上飞机机队状况

水上飞机机队中，单发活塞飞机占比最大，约为 50%，运营商的自有飞机大多属于此类。

6、运营商类别

水上飞机运营商可分为三大类，包括私用型运营人、商业运营人和政府部门（非军方）运营人，目前，水上飞机商业运营人是市场的主体。

表 1: 各类水上飞机运营商的特点

运营商类别	运营商特点				评述
	机队平均规模	每架飞机年度飞行小时数	每架飞机年度飞行循环数	常见机型	
私用型运营人	~1	50-100	50-100	Cessna 182, 185	平均使用率低；很多飞行员会按季节使用水上飞机

商业运营人	1-5	150+	100+	DHC2, DHC3, DHC6, C208	种类繁多; 定期航班使用率更高, 采用的机型也更为先进
政府运营人	5-10	200+	100+	Quest Kodiak, DHC3	政府运营商

6.1 私用型运营人

美国通用航空市场中飞行培训和个人休闲娱乐占比很大，水上飞机机队中私用型运营人的飞机占较大比例，他们运营的通常是单发活塞式飞机，如下图所示。



图 8: 配备浮筒的塞斯纳 172 飞机

ICF 估算，美国每年新发放的 1500 本水上飞机驾驶执照中，大多数都是私人驾照，这些人驾驶飞机可开展休闲娱乐、私人旅行、观光和商务出行等活动，执照持有人不能将飞机用于租赁。

6.2 商业运营人

商业运营人利用水上飞机开展运营活动，并将此作为企业主要收入来源或促成其他商务活动的重要工具。此类运营人可提供的服务包括：

（1）飞行培训和租赁

从监管规定和运营复杂性看，飞行培训和租赁服务是最简单的水上飞机运营业务。FAA 认证的培训学校分为 Part 61 和 Part 141 两类，此后有详细介绍。

水上飞机的保险费用较高，甚至可与飞机价值持平，所以私人飞行员极少租用水上飞机，仅在飞行培训时才会租用。

（2）观光游览

水上飞机是旅游观光的理想机型，便利性和可达性独具优势，能提供新奇的出行体验。旅游观光业务模式可分类两类，一类提供本地短途飞行观光服务，另一类提供按需或半定期旅游目的地交通服务。在加拿大和阿拉斯加州等地，部分运营商还将水上飞机服务延伸成旅游度假一揽子服务。有的度假酒店和渔猎宿营地利用水上飞机接送游客，有时甚至提供补贴吸引游客，将水上飞机作为新奇交通工具提升游客度假体验。

在生态旅游中，水上飞机的作用正日益凸显。水上飞机对环境的影响较低，能够到达其他交通手段一般难以到达的原始野外湖泊地带、沿海地区、岛屿和岛礁，随着生态旅游和有指导野

外探险活动热潮的兴起，水上飞机将成为生态旅游业的重要交通工具。



图 9：在大堡礁周边运营的水上飞机

（3）不定期空中出租车和包机服务

水上飞机运营商一般会采用小型至中型飞机提供不定期或包机服务。市场需求充足时，运营商可开通半定期航班。空中出租车运营商等普遍采用小型飞机，服务于无法开辟定期航班的偏远小型社区或岛屿居民点，并为岛屿居民提供紧急医疗运输服务。

（4）定期客货运服务

定期客货运航空公司是水上飞机运营主力军，其飞机使用率相对更高，普遍采用较昂贵的大型飞机。航空公司通常依市场需求提供定期航班服务，采用枢纽或准枢纽航线体系。机队规模较大的运营商充分利用当地点对点（O&D）客流，选择主要人口中心

作为运营基地，并在主要人口中心和偏远的中小型居民点之间开辟转接航班，或在中小型社区间的点对点服务满足客货运需求。运营商一般利用客货两用飞机同时提供客货运服务，此类飞机的内部构型较灵活，必要时可根据客货运需求的变化增减座椅。



图 10：客货两用飞机灵活的内部结构

与客运相比，货运的时间敏感性较低，不强调即刻起运，而水上飞机航空运输是较昂贵的交通运输方式，因此常用于运送价值重量比较高或时间敏感性高的物品，例如轻型邮包、重要文件以及食品等，新鲜海产品是水上飞机承运的最常见货品。

部分针对小型社区的航空运输商可申请“基本航空服务计划”（EAS）的资助，为偏远居民点保留一定频率的航班和一定数量的座位，尤其在阿拉斯加州，水上飞机运营商较为普遍。

（5）消防灭火/特种服务运营商

水上飞机常用于空中灭火用途。水陆两栖飞机或水上飞机能够利用天然水源，在火灾地附近的湖泊或河流取水，缩短飞机在火场和水源地间的往返时间。美国的部分灭火飞机由联邦、各州或地方政府机构运营，商业运营商可为政府运营服务提供补充。

（6）运营商综述

小型航空公司和通用航空运营商盈利水平不高，多数运营商经营灵活性较高，通常会综合提供定期航班服务、空中出租车、包机服务以及观光飞行服务等，并同时搭载乘客和货物实现单个飞行架次的收入最大化。运营商们积极签订长期合同作为稳定的收入来源，诸如与邮政部门签署的协议、与货运客户达成的担保货运量合同以及与地方、州或联邦政府部门签订的服务合同（客运、货运或灭火等服务合同）等。

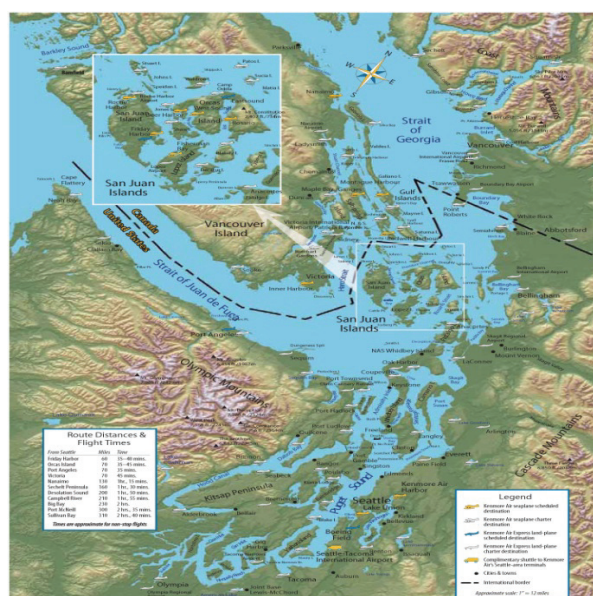


图 11: 肯莫尔航空公司的运营基地

案例介绍：肯莫尔航空公司（Kenmore Air）

肯莫尔航空公司创立于 1946 年 3 月，这家由 Robert Munro 创建的家族式私营航空公司是水上飞机大型商业运营商的代表。起初，该公司立足于西雅图附近华盛顿湖的基地，采用单发飞机提供包机服务。目前，肯莫尔航空公司拥有 200 多名员工，其中飞行员约 50 人，业务包括定期航班服务、按需包机服务及飞行培训服务。公司拥有 24 架飞机，年飞行距离超过 200 万英里，输送乘客人数超 125,000 名，机队中水上飞机 20 架，包括 2 架主要用于包机服务的塞斯纳 180 飞机，用于提供定期航班和包机服务的 8 架 DHC-2 “海狸”飞机，2 架 DHC-2T 涡轮发动机 “海狸”飞机，6 架 DHC-3 “水獭”飞机以及用于飞行培训的 2 架派珀 PA-18 “Super Cub”飞机。

此外，肯莫尔航空公司还经营一家名为 “肯莫尔空中快车”（Kenmore Air Express）的子公司，其 4 架塞斯纳 C-208B “Grand Caravan”飞机（含固定式起落架和水陆两栖机型）用于华盛顿州内陆社区的定期航班和包机服务。肯莫尔航空公司定期航班重点服务于华盛顿州西北海岸圣胡安群岛以及加拿大英属哥伦比亚省的居民区。在旅行高峰季，肯莫尔航空公司为华盛顿州近 10 个社区和英属哥伦比亚 30 多个社区提供定期航班服务。与此同时，货

运、按需包机服务和飞行培训服务使公司在淡季仍保持较高的飞机使用率。

6.3 政府运营商

水上飞机运营商中还包括联邦、州和地方各级政府部门。由于水上飞机能够到达偏远地区，对基础设施的要求低，运营环境灵活、便利，政府运营商将水上飞机主要用于人员和物资运输、环境监控及消防灭火等用途。

案例介绍：美国鱼类和野生动物管理局

美国鱼类和野生动物管理局（FWS）隶属美国内政部，负责生态研究、保护及国内重要自然栖息地的管理等事务，FWS 将水上飞机广泛用于航空生态调查，火灾监控和扑救，以及偏远地区的运输任务等。水上飞机较为适应美国国家公园及其他林野地区恶劣的运营环境，可到达交通基础设施匮乏的地区。

FWS 水上飞机的重要用途之一是开展年度“鸟类迁徙计划”相关工作。该计划使用水上飞机对美国和加拿大大片国土展开普查，评估野鸭、野鹅和天鹅等鸟类的迁徙状况，年累计飞行距离超 8 万多英里。FWS 的机队中包括多种型号水上飞机，部分飞机自行运营，部分飞机与其他联邦政府机构共同运营。

7、水上飞机的分类

水上飞机的分类可依据飞机构型、尺寸、发动机数量、发动机型号等特征，其中浮筒式水上飞机和“飞行艇”差异最大。前者用外部浮筒取代固定式或收放式起落架，而后者机身下部表面融合了船体设计。水陆两栖飞机通常配备收放式起落架，具备在水面和陆地起降的能力。

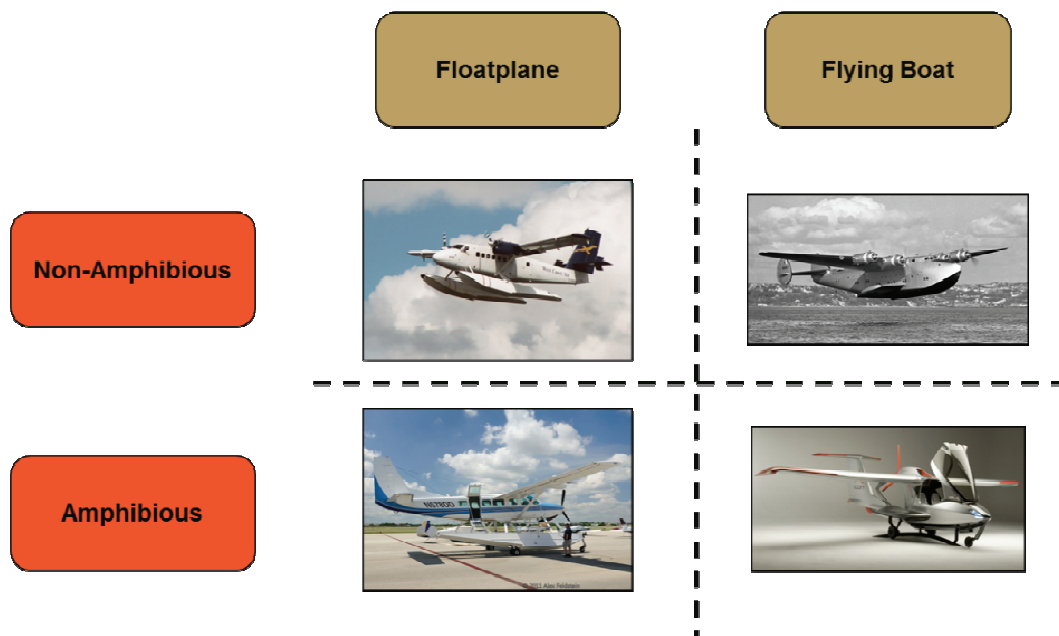


图 12: 水上飞机的分类

大多数水上飞机由陆基飞机配备浮筒后改装而成的，原始设备制造商（OEM）专门设计制造的水上飞机较少，且多数为轻型运动飞机（LSA），商业运营商普遍使用老旧机型，FUSETRA 等组织呼吁制造商推出新的飞机设计，但市场反映不强。

8、美国水上飞机监管

水上飞机运行的监管机构覆盖联邦、州、地方多个层级，包括 FAA、美国运输安全管理局（TSA）、航道所有人和各州的航空主管部门等，监管涉及飞行员培训、飞机维护、飞机运营和环境影响等多方面的问题。需要说明的是，本节仅介绍水上飞机运营监管，水上运营时飞机还应遵守该水面上的水运船只管理规定，水道应接受美国海岸队和航道拥有者等多个机构监管。

8.1 FAA 对水上飞机的监管

FAA 没有单独部门负责水上飞机监管，水上飞机应接受 FAA 多个业务司局和地区派驻机构的监管。FAA 总部负责制定与飞机设计、拥有、运营、制造相关的法律法规，全面协调基础设施和公共政策倡议，这些职责主要涉及 FAA 的空中交通管理组织（ATO）、航空安全局（AVS）、机场管理局（ARP）。这三个部门制定所有与国家空域系统（NAS）管理、飞行员、运营商、制造监管、机场组织、认证、安全监管相关的政策。

FAA 在水上飞机聚焦区设立派驻办事机构，较有代表性的部门是飞行标准地区办公室（FSDO）和 FAA 安全组（FAAS Team）办公室，负责区内水上飞机的安全合规运营，包括飞行试验、运营商合规、举办地方安全研讨会和简报会等。FAA 每年举办水上飞机安全论坛，另外，缅因州、阿拉斯加州、佛罗里达州等地区 FSDO 举办大量非正式安全简报会。阿拉斯加州地区 FAAS Team 发行了 FAA 官

方水上飞机运营指南，全面介绍水上飞机相关事宜并提供实用的安全提示。

8.2 飞行培训

水上飞机的飞行培训遵循与陆地飞机相同的监管规定，取得单发水上飞机私人飞行驾照的飞行学员在 Part 61 和 Part 141 飞行学校接受培训，最低飞行小时数分别为 40 小时和 35 小时。

在 Part 61 培训机构取得单发陆地或水上飞机私人飞行驾照必须满足下列条件：最少需飞满 40 小时；在持证飞行教官指导下完成 20 小时的飞行；完成 3 小时的越野飞行；完成 3 小时的夜间飞行；完成 10 小时的单飞。完成 5 小时的越野单飞；通过飞行能力笔试；通过 FAA 指定认证考官的飞行考核。

若水上飞机学员已取得另一级别飞机私人飞行驾照，仅需获得附加认证即可，且无固定的培训时间规定，学员只需向通过笔试和指定认证考官的飞行考核即可。

水上飞机飞行培训可在多种条件下依托多种机型完成，大多数水上飞机飞行培训是在 Part 91 综合培训机构完成的。在美国，由飞行教官个人独资经营的培训机构承担了大量的飞行培训任务，美国有 68 所飞行学校可提供水上飞机飞行等级评定，这些学校主要集中在佛罗里达州、阿拉斯加州和缅因州等地。

大型包机和航空公司运营商也提供飞行培训服务，在完成内部飞行培训任务的同时增加额外收入，例如西雅图水上飞机公司（Seattle Seaplanes）和肯莫尔航空公司等，此类飞行培训机构通常接收已拥有陆基飞机私人驾照的学员。

8.3 水上飞机实测标准

FAA 针对每个飞机类别（单发陆地飞机、多发陆地飞机、单发水上飞机和多发水上飞机）和驾照类别（私人飞行员、商业飞行员、飞行教官等）制定了实测标准，FAA-S-8081-14B 文件明确要求的四类飞机私人飞行员的实测标准（PTS）。每类飞机飞行考核的实测标准涵盖 13 个“操作科目”，每个科目涉及不同的考核任务和标准，这些科目包括：飞行前准备，飞行前流程，机场和水上飞机基地作业，起飞、降落、复飞；性能演习，地面参考机动，导航，慢速飞行和失速，基本仪表机动，应急操作，夜航操作，飞行后流程。

虽然实测标准相同，但针对水上飞机有部分特定条款。比如，如飞行员使用水上飞机接受初始飞行培训，应通过上述所有科目的考核。通常情况下，飞行员首先获取单发陆地飞机飞行资格，然后在已有飞行执照上增加水上飞机飞行等级，此类飞行员仅需通过部分次级科目的考核。单发水上飞机（ASES）飞行资格附加认证包括以下考核科目：

（1）飞行前准备

a. 掌握飞机具体的性能参数和限制并能熟练运用

b. 飞机系统操作

c. 掌握水体和水上飞机具体特点

(i) 水下因素对水面的影响

(ii) 浮筒或船体结构对水上飞机性能的影响

(iii) 跃水和跳动的原因

d. 水上飞机基地、海事法规、助航设施

(i) 水上飞机基地的图上识别

(ii) 操作限制

(iii) 优先通行权规则

(iv) 海上助航设施

e. 航空医学因素

(2) 飞行前流程

a. 滑行和航行要求:

(i) 掌握水面滑行和航行程序理论知识

(ii) 根据风况准确设定飞行控制设备

(iii) 在飞机滑行或航行过程中，根据水流、风向、水面状况和相关法律法规规划、执行最佳航线

(iv) 采用合理的滑行技术

(v) 合理利用空气动力和流体动力控制设备保持预定的滑行航线

(vi) 避免、校正跃水和跳动

(vii) 规避其他船舶和风险

(viii) 遵守水上飞机基地标志、信号和飞行许可

b. 避免跑道入侵

(i) 利用合适的态势感知、通信和操作流程避免在各类机场和水上飞机基地出现跑道入侵现象

(3) 机场和水上飞机基地作业

a. 机场/水上飞机基地的跑道、滑行道标志、标记及灯光信号

(i) 掌握水上飞机作业、识别信号、标记，避免跑道入侵

(4) 起飞、降落、复飞

a. 正常和侧风情况下的起飞和爬升

b. 正常和侧风情况下的进近和降落

c. 短场跑道（限制区）的起飞和爬升、最高性能爬升

- d. 限制区进近和降落
- e. 平滑水面起飞和爬升
- f. 平滑水面进近和降落
- g. 波浪水面起飞和爬升
- h. 波浪水面进近和降落

(5) 应急操作

- a. 紧急降落流程
- b. 模拟紧急进近和降落
- c. 模拟系统和设备故障操作

(6) 飞行后流程

- a. 锚定
- b. 入坞和系泊
- c. 爬滩/搁滩

8.4 空域法规

合理的空域设计和监管为政府、军方和民航参与者提供安全的运营环境，水上飞机运营商需要与空域系统内军用、其他民用飞机共同保证安全运营。水上飞机没有专用的特殊空域法规，所有适用于其他通航飞机的空域法规均适用于水上飞机。

8.5 水上运营的事故调查权限

处于水面航行状态的水上飞机除须遵守航空法规外，还必须遵守美国海岸警卫队部门等出台的适用于船舶的法规。此外，FAR Part 91 第 91.115 章节明确规定，处于水面航行状态的水上飞机必须遵守海岸警卫队法规之外的优先通行权规则，具体如下：

总则：在水面上操作水上飞机的飞行员应尽可能规避所有船只，避免妨碍其航行，并对获得优先通行权的船舶或其他飞机予以让行。

航路交叉：当飞机彼此间或飞机与船只的航路交叉时，右侧飞机或船只享有优先通行权。

正面接近：当飞机彼此间或飞机与船只正面或近乎于正面接近时均应向右侧调整航线，保持足够间距。

超越：被超越的飞机或船只享有优先通行权，实施超越的飞机或船只应调整航线保持足够间距。

特殊情况：当飞机彼此间或飞机与船只接近，存在碰撞风险时，飞机或船只应根据当时的具体情况、包括各自应遵守的限制性规定谨慎通行。

美国国家运输安全委员会（NTSB）和海岸警卫队共同负责海上事故调查工作，相关备忘录明确了事件或事故发生后各部门的具体职责分工。非飞行状态水上飞机事故调查工作由这两个部门联

合承担。由于 NTSB 还负责处理航空事故（及所有其他交通事故），因此，飞行中的水上飞机与其他船只间发生事故时，NTSB 是主要的调查机构。NTSB 还需与 FAA 密切合作，对事故展开调查并妥善处理后续事宜，及时向 FAA 通报调查信息。

8.6 防腐蚀规定

水上飞机、尤其是在海水环境运营的水上飞机面临着腐蚀问题，铝材和钢材的结合部、其他黑色金属的结合部最易受到海水腐蚀。大多数传统飞机结构性部件均为铝制，而连接件、紧固件和起落架一般为钢制，两种材质部件的结合部容易遭受腐蚀，另外，与海水直接接触的机体金属结构也易受腐蚀。FAA 对水上飞机的防腐蚀问题未出台具体规定，但规章中涵盖了飞行前对飞机实施检查、维护、确保其适航状态的规定。实际运行中，运营人须对水上飞机进行额外的防护或维护保养，避免腐蚀。

FAA 就飞机的防腐维护对水上飞机运营商提出建议：充分清洁飞机，定期实施彻底润滑，对防护系统的腐蚀和故障状况进行细致检查，确保排水孔通畅，每天擦拭清理飞机暴露的关键部位，使用防护罩为停场飞机提供最大限度的保护。

9、水上飞机基础设施

水上飞机有两个主要操作特征，一方面，水上飞机无水上制动装置，一旦解缆，水上飞机会顺水流方向自由漂浮；另一方面，水上飞机可随风向改变方位，对飞行员操纵产生影响。因

此，建设水上飞机基础设施时必须重视水上飞机的物理特点、独特的操作特征、风向和水流的相互作用、以及水深等因素。

9.1 影响水上飞机基础设施设计的因素

影响水上飞机起降和水面滑行区的大小的因素主要包括：水上飞机的数量及性能特点，周边地区是否存在既有或潜在障碍物，水流强度、水深、波浪作用，岸线、河流或航道地形，地方法规，噪音因素。

水上运营区的选址应考虑影响水体和水岸关系的因素：区内是否有其他水上飞机基地和机场，公共交通状况，周边地区的开发状况，商用船舶和游艇活动。

9.2 基础设施选址标准

FAA 就水上飞机基础设施选址标准提供了指导性意见

《FAA150/5395-1A 水上飞机基地咨询通告》，其主要内容包括：

（1）进场和离场航线。水上飞机的进离场航线应位于水面上方，保证进近和起飞阶段飞机失去动力时能够安全降落。FAA 建议进场航线应保持正直，水面无障碍物，至少保持 20:1 的进近坡度，航线中心线两侧保持充足净空，附近有商业航班运营时进近坡度应保持 40:1。

（2）海上航线校准。水上运营区内最低设施要求应包括为水上飞机的起降划定专用海上航线。

(3) 水流和水位变化。FAA 建议水上飞机起降区的水流速度应低于 3 节 (5 英里/小时)，水流方向最好与码头或浮动码头相反。如水位变化超过 18 英寸，应建设浮式结构和缓倾斜冲滩设施以方便水上飞机岸线操作。水位变化超过 6 英尺的地方，应建设特殊或扩展设施停放水上飞机。

(4) 水面条件。FAA 建议水上飞机基础设施应建在波浪高度位于 3 至 6 英寸的区域，无波区或静水区不宜建设此类设施，因为起飞阶段浮筒或机体难以脱离水面。飞机降落在完全平静的镜面水面存在较高风险，飞行员难以判断飞机距离水面的高度。降落时，须确认水面是否存在漂浮物，避免使用过多漂浮物的水面。

(5) 遮蔽锚地。FAA 建议应建设防风、防水流的遮蔽锚地。

(6) 水下条件。构成危害的水底突出障碍物须加以清除，若无法清除时，应当对其位置进行明显标注。水上运行区域应选择泥质水底水域便于锚定，避免底部存在页岩或坚岩构造的水域，此类水域难以建设固定沿岸建筑物且成本较高。如需在页岩或坚岩水域运行，应建设永久固定式系泊锚地，避免船锚滑动和锚链缠绕。

(7) 水上飞机基地的标识。为方便夜间运营，水上飞机基地的水上运营区和岸线应设有明确标识和灯光信号，FAA 建议采用的标识设备包括：水上运营区灯光信号、旋转灯标、风向袋、岸线泛光灯、水上飞机基地标志。

(8) 鸟击危害。应当避免长期存在大规模鸟群活动的水道开展运营。

(9) 环境因素。加油设施和储存区的设计应遵守当地污染防治法规及常规措施。

9.3 安全起降区

FAA 建议水上飞机基本近岸设施应至少包括海上航线、滑行水道、掉头区和锚定区。

(1) 海上航线。应按照下表所示确定海上航线的长度和宽度、水深及进近坡度，保证水上飞机拥有比陆地飞机更大的起降净空和间隔。

表 2: 建议航线长宽、水深及进近坡度

运营状况	长度最小值 (英尺)	宽度最小值 (英尺)	水深最小值 (英尺)	渐近坡度最小值
有限水上飞机运营	2,500	200	6	距离2英里以上进近坡度应至少保持20:1
有限商业运营	3,500	300	6	距离2英里以上进近、离场坡度应至少保持40:1
广泛商业运营	5,000	500	10	距离2英里以上进近、离场坡度应至少保持40:1
基本不受限	10,000	700	15	距离2英里以上进近、离场坡度应至少保持50:1

以上数据应满足以下条件:

(a) 平静水面、无风、海拔高度、59 华氏度标准温度;

(b) 全年平均气温最热的月份里，气温值中每超过标准温度 59 华氏度一度，则航线长度增加 0.5%;

(c) 考虑到密度高度的变化，海拔每增高 1000 英尺则图表所示长度最小值需增加 7%;

(d) 能够达到限制级商业运营的单发水上飞机的运营水深应至少达到 3 英尺，水深 6 英尺以上更为理想。

(2) 滑行水道。小型水上飞机滑行水道的宽度应不小于 125 英尺 (38 米)，150 英尺 (45 米) 更理想。任一滑行水道与最近物体净空间距不小于 50 英尺 (15 米)。使用双向滑行水道的过往水上飞机翼尖至翼尖间隔不低于 50 英尺。

(3) 掉头区。掉头区的设立可增加水上飞机的水上滑行机动空间，方便其出入岸边锚定区和设施。宽度不足 200 英尺 (60 米) 的狭窄、受限海上航线建议两端均设立 200 英尺 (60 米) 以上的掉头区。掉头区边缘和最近物体之间的最小净空应达 50 英尺 (15 米)。

(4) 锚定区。考虑到风向袋、机身和翼展参数，小型双浮筒水上飞机锚定区中心点距离应不低于最长锚线长度的两倍再加 125 英尺。如有大尺寸水上飞机，则中心点距离还应增加 100 英尺。锚定区应处于清晰可见、可听见岸上或浮动码头和 ramp 呼叫的位置。