

美国高空长航时无人机

—— RQ-4 “全球鹰”

■ 季晓光 主编
■ 李屹东



航空工业出版社

美国高空长航时无人机

——RQ-4 “全球鹰”

季晓光 李屹东 主编

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

“全球鹰”无人机系统是目前世界上技术最先进、应用最成熟的高空长航时无人侦察机系统。本书在概括“全球鹰”项目发展进程的基础上,对其总体设计、任务系统、指挥控制系统及开发采购策略等进行了系统的分析,同时对“全球鹰”的部署与作战使用情况也进行了较为详细的介绍。本书图文并茂、内容丰富,选取的素材多为外文科技报告,翔实可信,对“全球鹰”有关技术问题进行了较为专业、准确的分析,是一本可供相关科研人员、航空院校师生及爱好者参考借鉴的科技类图书。

图书在版编目(CIP)数据

美国高空长航时无人机: RQ-4 “全球鹰” / 季晓光
李屹东主编. -- 北京: 航空工业出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-80243-852-1

I. ①美… II. ①季… ②李… III. ①无人侦察机—
研究—美国 IV. ①V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 234204 号

美国高空长航时无人机
——RQ-4 “全球鹰”
Meiguo Gaokong Changhangshi Wurenji
——RQ-4 “Quanqiuying”

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

中国电影出版社印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2011 年 11 月第 1 版

2011 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 15

字数: 261 千字

印数: 1—2500

定价: 58.00 元

《美国高空长航时无人机 ——RQ-4 “全球鹰”》

编委会

主 任：宋文骢

委 员：(按姓氏笔画排序)

王海峰	向立学	许 泽	李文正
季晓光	聂海涛	桑建华	黄 炜
蒲小勃	戴 川	戴亚隆	

编写组

主 编：季晓光 李屹东

编 者：桑建华 吕 剑 冷洪霞 谢志航
赵文兵 秦 荀 范 怡 王子熙
郭 勇 傅 刚 沈玉芳 谭 勇
谢文婷 李 伟

序言

从科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争等几场高技术局部战争可以看到，以信息技术为核心的现代高新技术在军事领域的运用越来越广泛和深入，人类战争已进入信息化战争时代。在今天的战场上，无人机发挥着越来越关键的作用，正处于从有人向有人、无人联合作战发展的重要转折期。在信息化战争中，无人机系统作为“网络中心战”中的关键元素和重要节点，以其机动灵活、持久飞行和“零伤亡”等特点，在信息支援、信息对抗和火力打击等方面发挥着越来越重要的作用。目前，世界主要军事大国已经大规模地开始无人机关键技术的开发和研制工作，美国是走在最前面的国家。

“全球鹰”是美国空军乃至全世界最先进的无人机，是高空长航时无人机的典型代表，具备超强的留空飞行能力、空中监视及情报和侦察能力。“全球鹰”的航程可达到26000km以远，飞行高度可达到18000m以上，续航时间超过33h。“全球鹰”先后参加过阿富汗战争与伊拉克战争，在侦察监视、数据传输与通信、动态任务分配等方面表现卓越，对作战胜利起到了至关重要的作用。“全球鹰”在发展过程中虽遭遇了各种挫折，但是美国国防部坚持认为“全球鹰”计划对国家安全至关重要，必须继续向前发展，军事行动也验证了“全球鹰”出色的作战能力，因此美军决定大量采购并广泛部署。目前美国空军“全球鹰”的采购总量为84架，海军则计划采购50~70架。

“全球鹰”与现有美国作战系统不一样，并不是依照美国国防部的一般采购程序进行，而是采用先期概念技术验证的模式，它在完成试验和评估项目之前就已投入军事作战行动，一边进行小批试生产一边同时进行研发。由于研发成本过高，“全球鹰”项目一度成为国会财年削减的靶子。“全球鹰”项目组及时调整了采购和管理策略，曾作为螺旋式开发的典范被介绍推广。然而，随着军方对“全球鹰”系统要求的增长，它已成为一项遭

受费用超支非议的长线采办项目。2005年6月,美国空军决定将该项目从螺旋式开发恢复为传统的批次项目。

系统了解和分析高空长航时无人机典型——RQ-4“全球鹰”,不仅有助于了解当今无人机系统的发展趋势,也可以通过其发展历程加深对“全球鹰”的设计思想、作战能力的理解,并且“全球鹰”项目自启动以来,其开发采购策略几经调整,极具代表性,其中的经验教训也十分值得我们分析和借鉴。

本书对“全球鹰”的研制历程、研制成本、总体设计、任务系统、指挥控制系统、开发采购策略、部署与作战使用及应用前景等进行了较为全面的介绍。本书图文并茂、内容丰富,选取的基础素材多为外文科技报告,翔实可信,对“全球鹰”有关技术问题进行了较为专业、准确的分析,是一本可供相关科研人员、航空院校师生及爱好者参考借鉴的科技类图书。

本书在编写过程中,中航工业成都飞机设计研究所情报档案部杨晶晶、瞿薇、于凯、刘泽勋等同志在资料、图片收集、翻译方面提供了大力支持与帮助,在此表示感谢!限于时间和水平,本书难免有错误疏漏之处,恳请广大读者批评指正!

编者

2011年10月



目 录

第一章 项目概述	1
1.1 长航时无人机发展起源及背景	2
1.1.1 最初的发展: 聚束动力无人机试验	2
1.1.2 Compass Dwell计划	3
1.1.3 Compass Cope计划	4
1.1.4 太阳能无人机计划	6
1.1.5 Condor和Amber	7
1.1.6 Tier无人机发展计划	9
1.2 研制历程	16
1.2.1 最初的Tier II+“全球鹰”计划	17
1.2.2 阶段I: 初步设计	19
1.2.3 阶段II: 设计、研制与试验	21
1.2.4 阶段III: 测试、评估与制造	31
1.2.5 阶段IV: 批量生产	36
1.3 EMD及小批试生产阶段	36
1.4 应用前景与发展趋势	43
1.4.1 在低威胁强度下完成军事侦察任务	43
1.4.2 取代有人驾驶侦察系统	44
1.4.3 应用于科研——大气科学探测	44
1.4.4 “全球鹰”各批次情况及其各种改型	45
1.5 研制承包商	47
1.6 研制与采购成本	54
1.6.1 ACTD阶段	54
1.6.2 EMD及LRIP阶段	54

1.6.3 近期成本问题	58
--------------------	----

第二章 总体设计分析

2.1 任务使命与性能指标	60
2.2 总体气动设计	62
2.2.1 总体布局	62
2.2.2 气动设计	67
2.2.3 总体气动设计特点	69
2.3 材料和结构	72
2.4 重量控制	79
2.5 动力选择	79
2.6 性能参数	81

第三章 任务系统分析

3.1 综合传感器系统	84
3.1.1 光电/红外传感器	85
3.1.2 合成孔径雷达	88
3.1.3 综合传感器系统的升级换代	90
3.2 飞行控制系统	92
3.3 导航系统	93
3.3.1 LN-100G	94
3.3.2 LN-200	96
3.4 机载通信系统	98
3.5 防御辅助系统	100
3.5.1 AN/ALR-89 (V)	100
3.5.2 AN/ALE-50	101
3.5.3 LR-100	101
3.6 其他设备	103
3.6.1 ACN中继通信设备	103
3.6.2 SMU	104



第四章 “全球鹰”指挥控制系统	107
4.1 无人机数据链	107
4.1.1 无人机数据链的主要任务	107
4.1.2 无人机数据链的类型	108
4.2 “全球鹰”数据链通信技术	109
4.2.1 “全球鹰”通信数据链类型	109
4.2.2 “全球鹰”的主要数据链通信技术	110
4.3 “全球鹰”地面任务控制站	112
4.3.1 地面任务控制站主要功能	112
4.3.2 地面任务控制站的转移运输	113
4.3.3 任务控制单元	117
4.3.4 发射和回收单元	120
4.3.5 “全球鹰”的操作员要求	123
4.4 “全球鹰”指挥控制流程	123
4.5 “全球鹰”的控制指令与模式	125
4.5.1 航迹保持控制	125
4.5.2 超控	125
4.5.3 暂停	125
4.5.4 Goto	126
4.5.5 RTB	126
4.5.6 着陆	126
4.6 “全球鹰”指挥控制架构	126
4.7 无人机指挥控制系统未来发展趋势	128
第五章 开发采购策略介绍	131
5.1 ACTD计划期间的开发和采购策略	132
5.1.1 ACTD计划	132
5.1.2 “全球鹰”在ACTD计划期间的开发和采购活动	137
5.1.3 从ACTD向正式采办过渡	141
5.2 EMD和LRIP阶段的开发采购策略	145



5.2.1	渐进式采办与螺旋式开发	146
5.2.2	“全球鹰”项目的螺旋式开发计划介绍	154
5.2.3	“全球鹰”项目的两次调整	158
5.3	2005年以后的开发采购策略	163
5.3.1	恢复为传统采办项目	163
5.3.2	项目经历第四次调整	165
5.3.3	研发采购近况	165
5.4	“全球鹰”项目开发采办策略的经验教训	167
5.4.1	“全球鹰”螺旋式开发的挑战与优势	167
5.4.2	螺旋式开发的主要成效和渐进式采办存在的问题	171
第六章 部署与作战使用		175
6.1	装备与部署	175
6.1.1	本土装备	175
6.1.2	海外部署	188
6.1.3	国际合作与销售	190
6.2	作战评估	199
6.2.1	评估部署	199
6.2.2	评估过程	199
6.2.3	评估方法	200
6.2.4	评估结果	201
6.2.5	挑战和经验教训	202
6.3	作战使用	204
6.3.1	阿富汗战争	204
6.3.2	伊拉克战争	207
6.3.3	暴露出的问题	212
6.3.4	作战启示	213
缩略语表		216
参考文献		223

第一章 项目概述

由美国诺斯罗普·格鲁门公司研制的“全球鹰”(Global Hawk)无人机(见图 1-1)是美国空军乃至全世界最先进的无人机(Unmanned Air Vehicle, UAV),是美国高空长航时先期概念技术验证(ACTD)计划的一部分,于 1994 年启动。“全球鹰”以罗·罗公司的 AE3007E 发动机为动力,是高空长航时无人机(HALE UAV)的典型代表。“全球鹰”无人机的主要性能特点是:具有超强的留空飞行能力,能够实现跨洲际飞行;机载设备先进,具有全天候的侦察监视能力;高精度的实时传输系统,能够实现图像数据的实时传输。随着“全球鹰”无人机系统的不断完善和在实战中的优异表现,



图 1-1 “全球鹰”无人机

2010年9月,美军太平洋关岛安德森空军基地部署了第一架“全球鹰”无人机。这标志着美国空军开始了取代U-2飞机的计划,预计到2013年,U-2飞机将全面退役。

1.1 长航时无人机发展起源及背景

所谓长航时无人机,是一种飞行时间长,能昼夜持续实施空中侦察和监视的无人驾驶飞机。由于这种无人机的飞行时间特别长,通常被称为“大气层人造卫星”。长航时无人机分为中空和高空两种类型。中空型一般飞行高度为几千米,飞行时间多在12h以上;高空型通常飞行高度在10000m以上,飞行时间多在24h以上。长航时无人机在军事上一般都用于执行战略/战役侦察任务,收集目标区域完整的情报信息,为军方及时、准确的决策提供可靠的依据。

1.1.1 最初的发展: 聚束动力无人机试验

20世纪50年代末期,由于当时的通信技术还相当落后,使用高空长航时无人机来进行大气研究和地球、天气观测是比卫星更便宜的选择,特别是这一时期关于无人机的概念研究集中在使用传统推进力或新型推进力——微波聚束动力或光电太阳能电池上。1959年,特里达因·瑞安航空公司(TRA,于1999年6月被诺斯罗普·格鲁门公司购并,成为该公司整合系统部的一部分)建议在高空长航时无人直升机上使用微波聚束动力,但事实上概念验证模拟飞行器是在1964年完成的。当时在20m范围内由传输天线为一架直升机提供动力,直升机携带一个整流天线(或者称作硅整流二极管天线阵列),它整合了数千个二极管来转换微波聚束能为可用的电能。虽然验证机进行了公开展示,但是由于当时人们对地球卫星的狂热度非常高,而其天线系统既沉重又低效,所以在那段时间使用微波聚束能的高空无人直升机没有受到关注。

然而到了70年代,美国国家航空航天局(NASA)对聚束能的空间应用产生了兴趣,并于1982年公布了一个更轻巧更便宜的硅整流二极管天线系统

设计,该天线由薄型塑胶薄膜覆盖。1987年,作为定点高空转换平台(SHARP)计划的一部分,加拿大通信研究中心使用一种改进的硅整流二极管天线为SHARP无人机提供动力,该无人机翼展5m,重量4.51kg。SHARP无人机在传输天线上空150m处作盘旋飞行,所需的150W能量能够从6~12kW微波聚束中获得。该项目表明用聚束能为无人机提供动力的想法依然实用。

1.1.2 Compass Dwell 计划

20世纪60年代末期,美国空军开展了Compass Dwell(罗盘详论)计划,目的是发展一种具有数据收集功能和能进行24h以上不间断通信的无人机。

该计划的竞争者之一是LTV电气系统公司(就是后来的E-系统公司)的L450F飞机(见图1-2)。L450F起初的构型是载人飞机,于1970年2月进行了首飞。1972年初,L450F改型成无人机以后,美国空军对其进行了评估,并正式命名为XQM-93A(见图1-3)。

以SGS2-32滑翔机为基础制造的L450F/XQM-93A,安装了新的普·惠PT6A涡桨发动机、新的固定起落架以及一套新的航空电子设备,在某些区域的结构上也进行了加强。无人型XQM-93A的水平整流罩取代了有人型的驾驶座舱,并安装了先进的自动驾驶仪,XQM-93A曾在试飞中实现了留空时间超过21h。



图 1-2 L450F飞机(XQM-93A 的载人机构型)

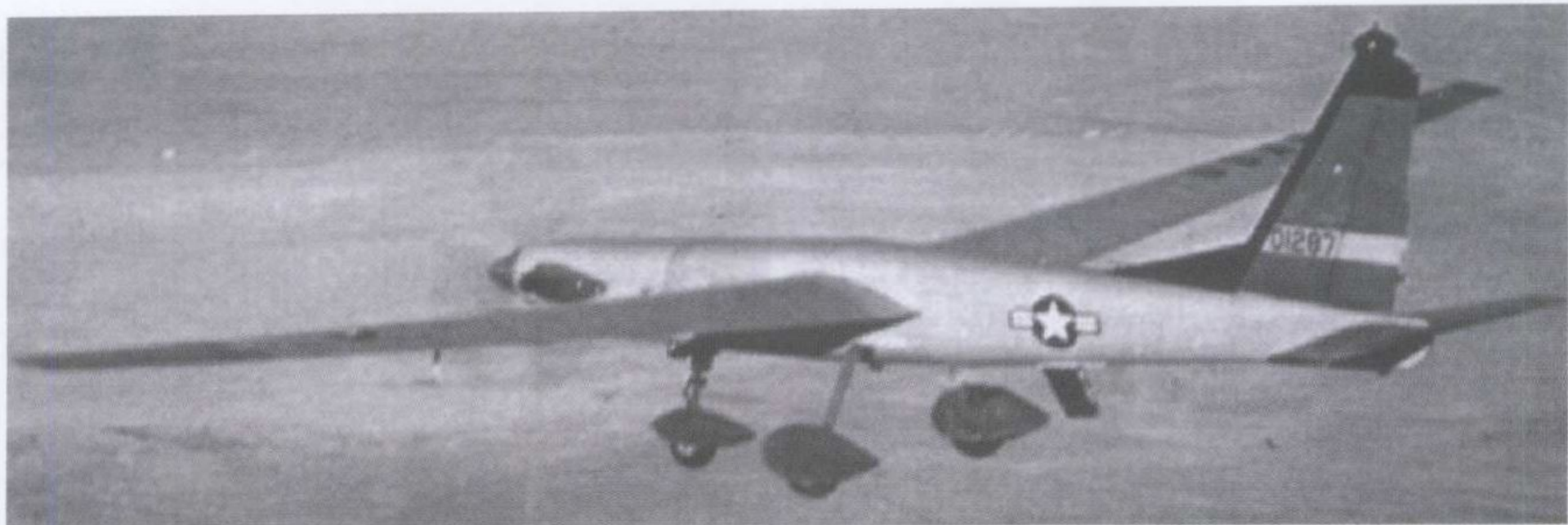


图 1-3 XQM-93A 无人机

该计划的另一竞争者是马丁·玛丽埃塔公司的 845A 型飞机（见图 1-4）。该机以 SGS1-34 滑翔机为基础制造，构型类似于 XQM-93A，于 1971 年进行了测试飞行，其中一架原型机留空时间达到了 28h。



图 1-4 马丁·玛丽埃塔公司的 845A 型飞机

1972 年，整个 Compass Dwell 计划结束，无论是 LTV 电气系统的 XQM-93A 还是马丁·玛丽埃塔的 845A 型，最终都没有生产，具体原因未见报道。该计划终止以后（在 1974 ~ 1976 年的某个时间），无人型 L450F 正式改名为 XGQM-93A。

1.1.3 Compass Cope 计划

在 Compass Dwell 计划进行的同时，美国空军还进行了名为 Compass Cope（罗盘披风）的无人机发展计划。该计划的目的是想研发一种高空长航时遥控飞行器，用以执行长时间的照相侦察和电子监视任务。飞行器的飞行高度要求达到 16700m，留空时间要求达到 24h，最关键的是要求该飞行器能够在常规跑道上进行起降。波音公司的 YQM-94A（见图 1-5）和特里达因·瑞

安航空公司的 YQM-98A (见图 1-6) 参与了该计划的竞争。



图 1-5 波音公司 YQM-94A



图 1-6 特里达因·瑞安航空公司 YQM-98A

最先参与 Compass Cope 计划的是波音公司, 美国空军授予其制造两架 YQM-94A 原型机 (后来改为 YGQM-94A) 的合同。该原型机又被叫做 Compass Cope B、Cope B 或者“海鸥”(Gull), 由一台安装于飞机背上的 GE YJ97-GE-100 涡喷发动机提供动力。YQM-94A 的飞行高度比螺旋桨推进的两种“Compass Dwell”飞行器要高出许多, 达到了 16775m。1973 年 6 月, 第一架 YQM-94A 原型机进行了首飞, 但是在 1973 年 8 月 4 日进行的第二次试飞中不幸坠毁。1974 年 11 月 2 日, 第二架原型机进行了首飞, 它在试飞过程中的留空时间曾经达到过 17h24min。

特里达因·瑞安航空公司参与该计划竞争的是最新的 154 型 / AQM-91 “萤火虫”(Firefly), 又被叫做 235 型。空军编号为 YQM-98A, 也被称为

Compass Cope R、Cope R 或者“燕鸥”(Tern)。它的设计与 YQM-94A 类似,除了有高展弦比的机翼,发动机也同 YQM-94A 一样安装在飞机背部,该机采用的是加勒特 YF104-GA-100 涡扇发动机。YQM-98A 与 154 型有一个明显的类似之处,那就是它们都是用平直翼取代了后掠翼。首架 YQM-98A 原型机于 1974 年 8 月进行了首飞,比波音的 YQM-94A 晚了一年,但是特里达因·瑞安航空公司后来居上,在 1974 年 11 月 4 日进行的一次试飞中,YQM-98A 的留空时间达到了 28h11min,创造了当时无人机的世界纪录。YQM-98A 造型与“全球鹰”非常相似,两者同样有超长的翼展,发动机都置于机身后段的整流罩中,只是 YQM-98A 采用的是传统的垂尾和平尾,而“全球鹰”则是 V 形尾翼。

虽然在 Compass Cope 原型机评估过程中特里达因·瑞安航空公司的 YQM-98A 某些方面要优于波音公司的 YQM-94A,不过由于成本原因,美国空军最终在 1976 年 8 月选择了成本较低的 YQM-94A,授予波音公司进行 YQM-94B 原型机预批量生产的合同,但是一年以后整个 Compass Cope 计划由于在飞机传感器有效载荷问题上遇到困难而被中止。

1.1.4 太阳能无人机计划

1983 年,AeroVironment 公司获得来自一个美国政府机构的资金支持,秘密研制“高空太阳能”(HALSOL)无人机。1983 年 6 月,HALSOL 原型机进行了首飞。HALSOL 是一架简单翼型的飞机,翼展为 30m,宽度为 2.44m。1983 年夏天,9 架 HALSOL 在内华达州神秘的格鲁姆湖基地进行了飞行。通过试验,HALSOL 的气动性能得到了验证,但同时研究也得出了结论,无论是电池还是能量存储技术在当时都不够成熟,无法实现该计划,最终 HALSOL 被送进了仓库。

20 世纪 80 年代中期,即在 HALSOL 被封存后不久,NASA 授予了洛克希德公司一份合同,研究一种命名为“太阳高空动力平台”(Solar HAPP,见图 1-7)的太阳能高空长航时无人机,用来执行和完成监视、军事侦察和持续通信任务。然而最终结果并没有制造出原型机,因为在当时太阳能高空长

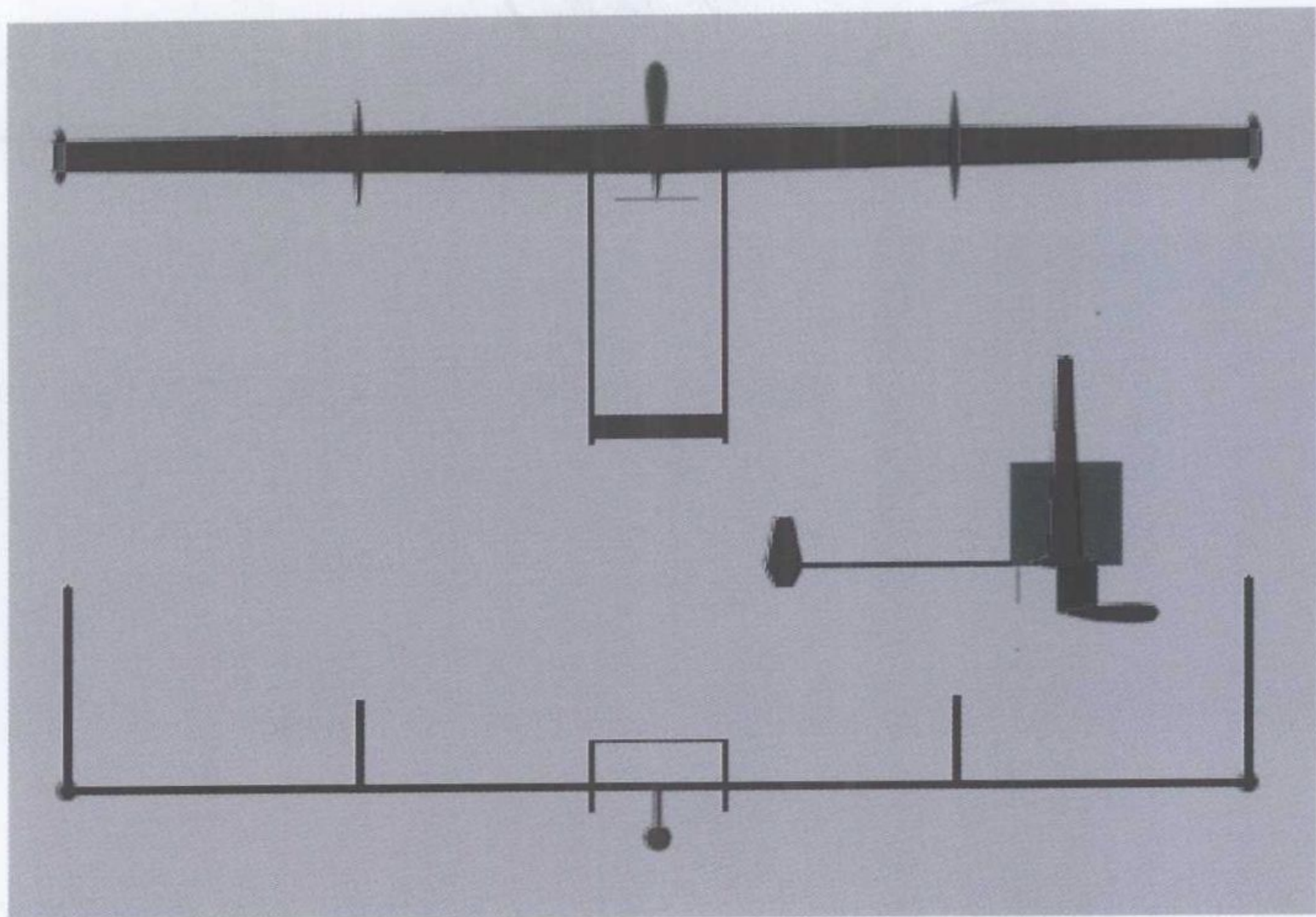


图 1-7 太阳高空动力平台三视图

航时无人机还是一个比较先进的概念，早期的长航时无人机应用工作更多地集中在传统概念研究上。

1.1.5 Condor 和 Amber

到了 20 世纪 80 年代，波音公司开发了一种大型高空长航时无人机，该无人机被称为“秃鹰”（Condor）（见图 1-8），这是长航时无人机发展史上的重要里程碑。“秃鹰”于 1986 年 3 月进行了滑跑，1988 年 10 月 9 日进行了首飞，并在 1988 ~ 1989 年进行了 141h 的飞行试验，创造了飞行高度 20420m 的纪录，在其中一次飞行试验中留空时间曾经达到了 2.5 天。波音公司生产了两架技术验证机，并把当时在空气动力学、推进动力、材料和遥控方面的先进技术都成功地融合进了这架飞机。它能够在白天提供快速响应和持续、无人、大范围覆盖。不同于其他的遥控无人机，“秃鹰”的整个飞行过程从起飞到降落都能够预先编制程序。即使“秃鹰”进行飞行，它的飞行路线也能够经由通信网络与地面管理员链接进行修正。在测试期间，“秃鹰”并没有实现其全部的潜能。工程师宣称“秃鹰”飞行距离能够超过 37000km，留空飞行时间可超过一周，并且飞行高度可达到 22250m。但是在商业市场上，“秃鹰”却一直没有找到买家，因为“秃鹰”尺寸较大、速度缓慢且缺乏隐身能力，使其易受攻击而不能用于军事。但是不得不承认，“秃鹰”在气候检测和大气研