

# “全球鹰”无人机系统项目费用和效能分析研究

张海涛\*, 罗荣轩

中航工业发展研究中心 财经研究部, 北京 100029

**摘要:** 以“全球鹰”军用无人机系统项目为研究对象, 概述了项目整体投资情况, 分析了项目费用增长和发展趋势, 利用飞机成本-重量关系研究了项目的经济可承受性, 并分析了项目的效能和成本关系。结果表明, 尽管该项目成本一直上涨, 但是符合无人机系统研制的一般规律, 其成本-效能综合特性高出美国现役的其他无人机系统。

**关键词:** 军用无人机系统; “全球鹰”; 费用和效能分析; 美国

中图分类号: V2-9 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2014) 04-0007-06

美国在无人机系统领域的资金投入规模、项目管理经验和型号发展理念等方面较先进, 研究美国在军用无人机系统方面的投资情况与趋势具有重要意义。作为未来美国空军和海军重要的情报与信息平台, “全球鹰”是美国军方发展的重点型号之一, 也是目前世界上已列装的尺寸和重量最大的无人机型号。对该型号项目费用和效能分析对无人机型号发展具有重要的借鉴作用。

## 1 项目费用分析

### 1.1 螺旋式研制途径

“全球鹰”项目采用螺旋式(Spirals)的研制途径。“螺旋式研发”是美国军方目前主推的一种新的研发策略, 在《DoD5000.2 国防采办系统的运作》中被明确写入法律条款。该策略可使项目管理者将成熟的新技术用于项目当中, 而不要等到全部批次改进时再采用。螺旋式研发贯彻实施渐进式采办策略, 在螺旋式研发过程中, 新武器能够很快被部署, 但其后还要不断进行改进。把新生的装备放到部队手中进行训练, 甚至作战使用, 从而在使用过程中得到新的经验, 能够比以往更快地改进新产品。“全球鹰”项目每年启动一次新螺旋式开发计划, 各年度计划均有不同的预期。

目前, “全球鹰”已发展了7个批次<sup>[1]</sup>。第0批次(Block 0)是“全球鹰”无人机平台的原型机, 包括5架验证机和2架工程与制造发展(EMD)型; 批次10(Block 10)是初始小批量生产型(LRIP), 也是RQ-4A的唯一构型, 共9架(美国空军采购7架, 美国海军采购2架); 批次20(Block 20)、批次30(Block 30)和批次40(Block 40)是RQ-4B的三种构型, 属于批生产型; 目前, 国际化改型(Block X)包括两种型别: 以Block 20为基础平台的“欧洲鹰”和以Block 40为基础平台的美国海军“广域海上监视系统”(BAMS)型。

### 1.2 渐进式采购策略

2002年, 美国空军发布了“全球鹰”无人机系统的采购计划, 使用渐进式采购策略<sup>[2]</sup>, 正式开始“全球鹰”的采购工作, 逐渐获得所需作战能力。渐进式采办是美军目前积极倡导的采办策略, 它是根据在相关环境中验证的技术、分阶段要求、经过验证的制造或软件部署能力, 来定义、研制、生产和部署一种具有初始使用能力的硬件或软件(I批), 并对后续增加的超出初始能力的部分(II批、III批以及更多批次)的研制、生产和部署作出规划。采用渐进式采办方式时, 将最终交付用户的能力分成两批或两批以上, 初始使用能力可以在较短的时期内提供, 然后随着时间的推移和适应技术的改进,

收稿日期: 2013-9-17; 退修日期: 2013-12-20; 录用日期: 2014-02-30

\*通讯作者. Tel.: 18910406659 E-mail: zhanghaitao\_adr@163.com

引用格式: ZHANG Haitao, LUO Rongxuan. Analysis and research of cost and effectiveness for Global Hawk UAS Project[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(04): 7-12. 张海涛, 罗荣轩. “全球鹰”无人机系统项目费用和效能分析研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(04): 7-12.

将陆续提供后续批次的能力,这样便于随着时间逐步获得全部能力。每一批应满足用户规定的一种军事上有用的能力(即至少满足该批用户设定的门限值);第1批可能仅代表想要的最终能力的60%~80%。

渐进式采购策略将最终交付用户的能力分成两批或两批以上,初始能力可以在较短时期内提供,随着时间的推移和技术改进,制造商将陆续提供后续批次的系统和产品(Block 10在第3批量之后停止生产,Block 20在第4批量之后停止生产)。

### 1.3 基本型研制费用

1994年6月1日,美国国防部国防研究计划局(ARPA,后改名为国防部预研局/DARPA)发布了一份先进概念技术验证(ACTD)项目招标书,旨在探索和验证“超第2等级”(Tier II+)长航时侦察无人飞机。包括特里达因·瑞安公司(1999年7月被诺斯罗普·格鲁门公司收购)在内的5家厂商递交了投标书。ARPA原本计划选择2家厂商进行下一轮竞争,但资金的缺乏迫使其直接选择了一家厂商开展样机研制和试飞工作。1995年5月23日,特莱达因·瑞安公司成为该项目的最终获胜者,制造和试验5架验证机,编号为AV-1~AV-5。1997年2月20日,首架原型机AV-1出厂,1998年2月28日完成了首飞。2001年2月16日,“全球鹰”项目通过了美国国防部国防采办委员会的评审。2001年3月21日,诺斯罗普·格鲁门公司获得了工程与制造发展(EMD)合同,制造和试飞2架EMD型“全球鹰”,即AV-6和AV-7。2003年2月,AV-7交付美国空军,“全球鹰”基本型(Block 0)研制结束。

根据“全球鹰”项目年度决算报告可知,美军对“全球鹰”基本型的研制费投入为8.8863亿美元(当年币值累加),主要用于5架验证机、2架原型机及配套成品与任务设备(不包括通用地面控制站)的设计、制造、采购、地面试验和试飞。参与投资的有DARPA(投资编号为0305205D“长航时无人机”)和美国空军(投资编号为0305205F“长航时无人机”-4799“全球鹰”和0305220F“全球鹰研制”)。研制费用的年度投资强度如图1所示。

通过对“全球鹰”无人机研制里程碑节点研究,将其研制节点细分为项目启动(1994年5月)、非详细设计(1995年5月)、详细设计(1996年2月)、首架验证机出厂(1997年2月)、首架验证机首飞(1998年2月)、基本型研制开始(2001年3月)、首架基本型原型机首飞(2002年4月)和研制结束(AV-7交付,2003年2月)等8个重要节点。各阶段的研制费投资比例如图2所示。

### 1.4 采购费用投入情况

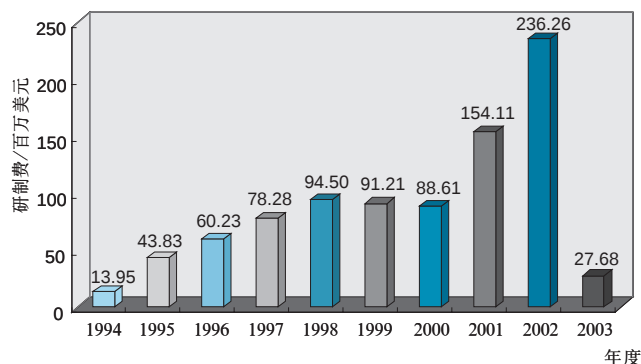


图1 “全球鹰”基本型研制费

Fig.1 Development cost for basic Global Hawk

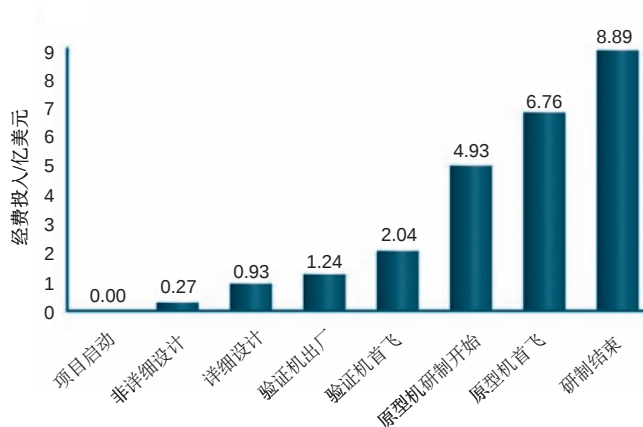


图2 “全球鹰”基本型各研制节点费用

Fig.2 Development node cost for basic Global Hawk

从2002年开始采购至2013年底,美国空军共计采购了7架Block 10、6架Block 20、21架Block 30和11架Block 40无人机飞机平台和10套通用地面控制站及其维护设备,总采购费用约为42.98亿美元(当年币值累加,含备件)。其中采购45架飞机平台的直接成本约34.87亿美元,采购10套地面站的直接成本约1.87亿美元。年度采购的无人机平台的型别与数量以及采购经费和通用地面站的采购数量与采购经费见表1。

### 1.5 项目经费对比分析

2001年3月,“全球鹰”项目进入了型号研制阶段。最初的项目经费是53.94亿美元,用于制造63架无人机平台和14个地面站。

2002年3月,为了在研制RQ-4A的同时开始研制RQ-4B,美国国防部对“全球鹰”项目进行了调整,研制、采购51架无人机平台和10个地面站,总经费调整为68.466亿美元。2003年3月,美国国防部第二次对项目进行了调整,只在部分RQ-4B上集成多任务能力,项目总经费从68.466亿美元降至58.149亿美元,减少了10.317亿美元。其主要原因是作战需求和能

表1 “全球鹰”无人机平台及通用地面站年度采购数据  
Table 1 Annual procurement data of platform and common ground station for Global Hawk

| 年度   | 平台型别             | 飞机平台<br>采购数量 | 飞机平台采购费用 <sup>①</sup><br>/百万美元 | 地面站采购数量   | 地面站采购费用<br>/百万美元 |
|------|------------------|--------------|--------------------------------|-----------|------------------|
| 2002 | RQ-4A (Block 10) | 3架           | 151.77                         | 1个任务控制单元  | 含在平台采购费中         |
| 2003 | RQ-4A (Block 10) | 3架           | 173.699                        | 1个发射与回收单元 | 含在平台采购费中         |
| 2004 | RQ-4A (Block 10) | 1架           | 186.755                        | 1个通用地面站   | 15.74            |
|      | RQ-4B (Block 20) | 3架           |                                |           |                  |
| 2005 | RQ-4B (Block 20) | 3架           | 274.813                        | 1个通用地面站   | 18.91            |
|      | RQ-4B (Block 30) | 1架           |                                |           |                  |
| 2006 | RQ-4B (Block 30) | 4架           | 289.252                        | 1个通用地面站   | 19.2             |
|      | RQ-4B (Block 40) | 1架           |                                |           |                  |
| 2007 | RQ-4B (Block 30) | 5架           | 323.199                        | 3个通用地面站   | 59.98            |
| 2008 | RQ-4B (Block 30) | 2架           | 397.818                        | 1个通用地面站   | 23.488           |
|      | RQ-4B (Block 40) | 3架           |                                |           |                  |
| 2009 | RQ-4B (Block 30) | 2架           | 512.893                        | 2个通用地面站   | 49.888           |
|      | RQ-4B (Block 40) | 3架           |                                |           |                  |
| 2010 | RQ-4B (Block 30) | 2架           | 205.706                        | -         | -                |
|      | RQ-4B (Block 40) | 2架           | 189.774                        |           |                  |
| 2011 | RQ-4B (Block 30) | 2架           | 207.403                        | -         | -                |
|      | RQ-4B (Block 40) | 2架           | 210.587                        |           |                  |
| 2012 | RQ-4B (Block 30) | 3架           | 363.141                        | -         | -                |
| 2103 | -                | -            | -                              | -         | -                |
| 合计   |                  | 45           | 3486.81                        | 10套通用地面站  | 187.206          |

① 飞机平台采购费用包括机体、机载成品与任务设备的费用。

力的降低。

2004年3月,美国政府问责办公室(GAO)对“全球鹰”项目费用风险进行了评估。报告指出,由于RQ-4A/B并行研制,项目研制费用需求已经从最初计划的9.062亿美元增至25.879亿美元。项目总经费由2003年第二次项目调整时的58.149亿美元增至62.809亿美元。项目采办(科研+采购)平均成本(Program Acquisition Unit Cost,PAUC)由项目启动时

表2 “全球鹰”项目的经费、采购数量和单位成本变化  
Table 2 Funds, purchase quantity and unit cost changes of Global Hawk

|       | 2001年3月<br>(初始计划) | 2002年3月<br>(首次调整) | 2003年3月<br>(第二次调整) | 2004年3月<br>(GAO审计) |
|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 总成本   |                   |                   |                    |                    |
| 研制    | 906.2             | 2311              | 2395.6             | 2587.9             |
| 采购    | 4459.8            | 4388.9            | 3278.5             | 3552.2             |
| 军事结构  | 28                | 146.7             | 140.8              | 140.8              |
| 总项目   | 5394              | 6846.6            | 5814.9             | 6280.9             |
| 数量    |                   |                   |                    |                    |
| 飞机平台  | 63                | 51                | 51                 | 51                 |
| 通用地面站 | 14                | 10                | 10                 | 10                 |
| 单位成本  |                   |                   |                    |                    |
| 总项目   | 85.6              | 134.2             | 114                | 123.2              |
| 采购    | 70.8              | 86                | 64.2               | 69.6               |

的8560万美元增长至1.232亿美元(增长了近44%)。这违反了纳恩·麦克科迪(Nunn-McCurdy)法案关于平均成本增长幅度限定值的规定<sup>[3]</sup>。表2显示了2001年3月至2004年3月“全球鹰”项目的成本变化。

而经过两次调整之后,“全球鹰”项目的投资强度计划也发生了较大变化:研制周期由7年延长至12年,并且研制费用明显增加;采办周期由最初的20年缩减为11年;由于资金投入占到飞机总数近半的改进型RQ-4B中,造成某些年份的经费需求增至原来的三倍多。

2005年6月的选择性采办报告(SAR)指出,“全球鹰”项目经费上涨至65.66亿美元。2005年12月的SAR报告指出,“全球鹰”项目计划经费进一步上涨至78.157亿美元,涨幅达到了19%。主要原因有:维持人员编制、经费账目变化、RQ-4B设计方案的修改和估算方法的变化(7.102亿美元);系统开发与验证(SDD)进度的拖延(1.47亿美元);作战能力的提高(1.553亿美元);传感器的改进(1.428亿美元);飞机架数由51增至54架,增加了3个传感器(1.636亿美元);增加备件需求(0.957亿美元);修正了升级指数(0.745亿美元);而削减了第11批次的采购数量和取消了防御系统和故障隔离功能分别节省了0.946亿美元和1.448亿美元。

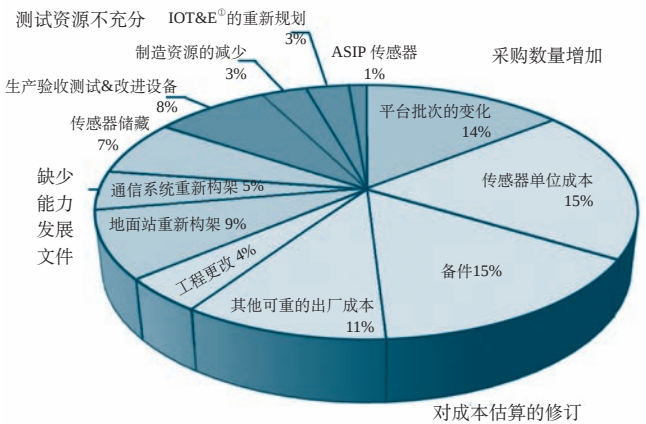
2006年9月发布的SAR报告指出,项目进度拖延了6个月,而且错误地估算了从Block 10构型转向动力更强的Block 20所需的工作量。按照2006年6月进行的纳恩·麦克科迪审查之后发行的采办决策备忘录(ADM),作战评估完成时间从2006年6月推迟到了2007年3月。项目成本从78.157亿美元上涨至94.921亿美元,涨幅达到了21.4%。主要原因是对整个SDD阶段所需成本的过低估计(2.257亿美元);飞机平台和传感器的进度延长两年的费用(2012和2013财年,共计1.169亿美元);以前报告未曾提到的所有飞机平台改进工作和地面站保障设备的改进(例如联合战术无线系统(JTRS)、先进超视距终端系列(FAB-T)、感知与规避技术等,共计3.399亿美元);激活原有的维修能力以及增加保障需求的成本(6.5亿美元);对完成先进机载信号情报任务设备(ASIP)和多平台雷达技术插入计划(MP-RTIP)所增加的费用(3.439亿美元)。

而2006年违反纳恩·麦克科迪法案之后,“全球鹰”项目在2007年重新设定了采办项目基线(见表3),这已经是该项目采办启动以来第五次修改基线了。新的基线内容主要包括:(1)采购数量由51架增至54架;(2)采办单位成本由5700万美元增至9000万美元。

2009年12月发布的SAR报告指出,“全球鹰”项目计划经费从97.407亿美元上涨至137.083亿美元,涨幅达到了40.7%。其主要原因是飞机数量从54架增至77架,增加了23架(15.228亿美元)以及相关的进度、工程和估算的权重分

配(9.257亿美元)。其他因素包括对地面站架构的重新设计和MP-RTIP传感器集成的预算方案的细化(1.73亿美元);对MP-RTIP和ASIP传感器采购预算的细化(5.827亿美元);为支撑计划的战斗空中巡逻而增加的初始备件(5.172亿美元);与修订技术方案有关的设计费增加(2.462亿美元)。

2010年5月,GAO在其《武器系统评估报告》报告中指出,“全球鹰”项目总经费已由2001年最初估算的52.597亿美元上升至2009年7月估算的99.019亿美元,涨幅达88.3%;其中,研究与开发经费从10.161亿美元上升至36.303亿美元,涨幅达257.3%;采购经费从42.128亿美元上升至61.584亿美元,涨幅达46.2%。另外,预计还将投入10.206亿美元的研究与开发经费、28.237亿美元的采购经费才能完成该项目。总项目平均成本增加了14%,平均采办单位成本增加了22.8%。



① IOT&E为初始作战测试与评估

图3 影响“全球鹰”项目成本超支的因素及其权重

Fig.3 Factors and their weights affecting on cost overrun for Global Hawk project

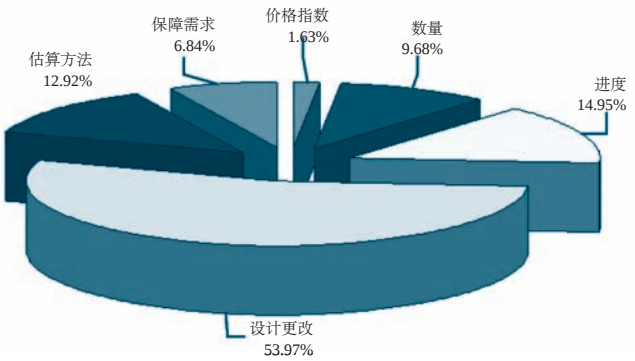


图4 “全球鹰”飞行平台单机采购成本影响因素及其权重

Fig.4 Effect factors and weights of unit procurement cost for Global Hawk fight platform

表3 “全球鹰”项目费用基线的变化情况

Table 3 The cost baseline change of Global Hawk

| 费用项目                   | 2002年12月24日费用<br>基线目标值/门限值 |         | 2007年3月23日费用<br>基线目标/门限值 |         |
|------------------------|----------------------------|---------|--------------------------|---------|
| 当年百万美元                 |                            |         |                          |         |
| 研究、发展、测试与评估<br>(RDT&E) | 2392.4                     | -       | 3572                     | -       |
| 采购                     | 3349.3                     | -       | 6022.6                   | -       |
| 军用设施建设                 | 146.7                      | -       | 139.8                    | -       |
| 采办保障                   | 0                          | -       | 0                        | -       |
| 总采办费用                  | 5888.4                     | -       | 9734.4                   | -       |
| 项目采办单位成本               | 115.459                    | -       | 180.267                  | -       |
| 平均采购单位成本               | 65.673                     | -       | 111.53                   | -       |
| 基准年百万美元(2000年)         |                            |         |                          |         |
| RDT&E                  | 2167.1                     | 2383.8  | 3076.8                   | 3384.5  |
| 采购                     | 2904.6                     | 3195.1  | 4904.9                   | 5395.4  |
| 军用设施建设                 | 125                        | 137.5   | 121.9                    | 134.1   |
| 采办保障                   | 0                          | -       | 0                        | -       |
| 总采办费用                  | 5196.7                     | -       | 8103.6                   | -       |
| 项目采办单位成本               | 101.896                    | 112.165 | 150.067                  | 165.074 |
| 平均采购单位成本               | 56.953                     | 62.648  | 90.831                   | 99.915  |
| 采购数量                   | 51                         | -       | 54                       | -       |

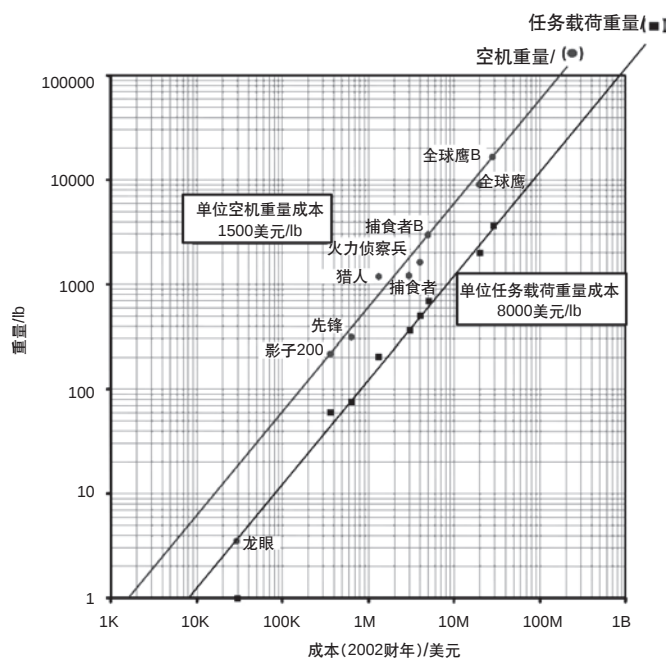


图5 无人机成本-重量关系  
Fig.5 Cost-weight relationship of UAV

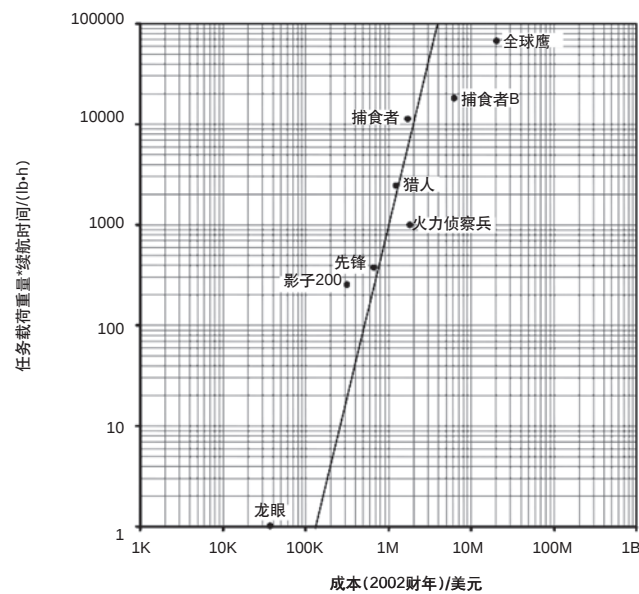


图6 无人机效能与成本的关系图  
Fig.6 Relation schema between effectiveness and cost of UAS

成本上涨已经达到了违反纳恩·麦克科迪费用监控阈值。

综上所述,“全球鹰”项目经费增长的主要原因总结如下:

(1) 采用的技术不够成熟(设计更改较多,设计、工程、制造和技术集成问题频发);

(2) 成本和进度基线估计错误(传感器成本增加、飞机延迟交付、机体成本增加);

- (3) 不现实的性能预期(需求增加);
- (4) 项目经费投入不充分或不稳定;
- (5) 采购的批次中,费用更高的Block 30和Block 40的采购数量占比升高;
- (6) 采购数量的变化较大,生产速率较低(诺斯罗普·格鲁门公司认为年产量12架时才能保证成本降低);
- (7) 对传感器、初始备件的费用基线不断进行修正,保障需求和初始备件增加;
- (8) 验收试验和任务保障费用增加;
- (9) 项目管理人员的水平不足;
- (10) 测试资源不足。

各种影响“全球鹰”项目采办经费因素的权重分配比例见如图3。

1.6 单机成本分析

通过分析,Block 10型“全球鹰”的单机成本为4640万美元(2012年币值,飞机平台成本为2250万美元,任务设备成本为2390万美元);Block 20的单机成本为5450万美元(2012年币值,飞机平台成本为3490万美元,任务设备成本为1960万美元);Block 30的单机成本为7610万美元(2012年币值,飞机平台成本为3800万美元,任务设备成本为3810万美元);Block 40的单机成本为8460万美元(2012年币值,飞机平台成本为3480万美元,任务设备成本为4980万美元)。各批次单机成本变化的原因是机体结构不同,而且机载传感器越来越先进,任务设备成本越来越高。Block 30型“全球鹰”使用了ASIP(2006年时,ASIP单机成本约2000万美元),Block 40型“全球鹰”使用了MP-RTIP(2006年时,MP-RTIP单机成本约5000万美元)。

单机平均采购成本由最初的5100万美元(2012年币值)增长至现在的1.21亿美元(2011年币值),除了机体结构的变化和采用现金的机载传感器之外,物价上涨、采购数量变化、进度延迟、设计更改、估算修正和保障需求变化等也是重要原因<sup>[4]</sup>。各影响因素及其权重如图4所示。

2 效能和成本分析

值得关注的是,“全球鹰”的项目经费和单机成本基本呈现逐年上涨的趋势。那么,研制和采购这种大型无人机系统是否划算呢?这可以通过飞机成本-重量关系来衡量,采用单位空机重量成本作为衡量指标。目前,美国军机的单位空机重量成本是1500美元/磅。而根据美国国防部《2005-2030年无人机系统路线图》可知,目前,美国国防部无人机系统飞行平台单位空机重量成本为1500美元/磅,单位任务设

备重量成本为8000美元/磅。通过收集“全球鹰”与美国其他现役无人机的单位重量成本,得出同等作战能力下的成本情况如图5和图6所示。

从图6可以看出,尽管成本逐渐上涨,但“全球鹰”的单位重量下的成本仍符合无人机研制的一般规律。但是,尽管成本较高,但“全球鹰”的作战能力要远远高出美国现役的其他无人机系统。因此,研制这种大型侦察无人机仍是比较划算的。

### 3 结论

本文以“全球鹰”项目为例,重点研究了大型无人机研制费、采购费以及项目经费与单机成本的变化及其原因,得出如下结论:

(1) 巨大的经费投入是保证大量部署先进军用无人机的有利保障;

(2) 无人机的研制和采购必须在全系统概念的基础上开展工作。

AST

### 参考文献

- [1] United States General Accounting Office. Progress of the Global Hawk Advanced Concept Technology Demonstration[R].

Washington: United States General Accounting Office, 2000.

- [2] United States Government Accountability Office. Changes in Global Hawk's Acquisition Strategy Are Needed to Reduce Program Risks[R]. Washington: United States Government Accountability Office, 2004.

- [3] United States Government Accountability Office. Global Hawk Cost Increase Understated in Nunn-McCurdy Report[R]. Washington: United States Government Accountability Office, 2005.

- [4] Jeffrey N. Fox. Global Hawk: Root Cause Analysis of Projected Unit Cost Growth[R]. INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES, 2011.

### 作者简介

张海涛(1982—)男,硕士,高级工程师。主要研究方向:无人机系统发展规划与经济性分析。

Tel: 18910406659

E-mail: zhanghaitao\_adr@163.com

罗荣轩(1979—)男,硕士,副总师,高级工程师。主要研究方向:航空装备经济性分析。

## Analysis and Research of Cost and Effectiveness for Global Hawk UAS Project

ZHANG Haitao\*, LUO Rongxuan

The Ministry of Finance and Economics Research, AVIC Development Research Center, Beijing 100029, China

**Abstract:** Taking Global Hawk military UAS as the research object, summarized the whole project investment, analyzed cost growth and development trend of the project, researched the economic affordability of the project using aircraft cost-weight relationship, and analyzed the relationship between effectiveness and cost of the project. The results show that, although the project costs are rising, but it meets with the general rules of UAS, and the cost - effectiveness is higher than other UAS in U.S..

**Key Words:** military UAS; Global Hawk; cost and effectiveness analysis; U.S.

Received: 2013-09-17; Revised: 2013-12-20; Accepted: 2014-02-30

\* Corresponding author. Tel.: 18910406659 E-mail: zhanghaitao\_adr@163.com