

文章编号: 1674-8190(2010) 03-306-05

大型飞机结构试验项目的实施阶段风险管理研究

胡红东, 孙树栋

(西北工业大学 机电学院, 西安 710072)

摘要: 本文通过对中航工业多年从事大型飞机结构试验的专家进行问卷调查, 将大型飞机结构试验项目的主要风险识别分为四类: 经费、技术、进度和过程。在此基础上, 考虑在大型飞机结构试验项目生命周期的不同发展阶段存在成本、时间、质量的相互约束关系, 采用模糊层次分析法, 得出了在该项目实施阶段各风险因素的综合风险损失及排序, 并提出了风险管理措施建议。

关键词: 大型飞机; 结构试验项目; 风险管理

中图分类号: F407.5

文献标识码: A

Research on Risk Management of Large Aircraft Structural Test Program

Hu Hongdong, Sun Shudong

(School of Mechatronic Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Through the questionnaire investigation on the experts who have been engaged in the structure test of large aircraft for years in AVIC, the main risk identification is classified into four categories in the large aircraft structural test program, namely cost, technology, progression and process in this paper. Hence, based on this understanding, and considering the inter-restriction relationship among the cost, time and quality existed in the different developing phases of the life cycle of large aircraft structural test program, the fuzzy analytical process is adopted and thus, the general risk loss and sequence of all the risk factors in the implementation of this program are obtained. Moreover, the measures of risk management are proposed.

Key words: large aircraft; structural test program; risk management

0 引言

大型飞机结构强度试验是产品研制过程中不可或缺的关键环节, 也是国内外适航当局重点监测的过程之一, 是保证飞机飞行安全的重要措施。这种试验不仅工作量大, 协调关系多, 试验周期较长, 技术难度高, 需要大量的经费和专业人才支持, 还有许多不可预料的风险因素, 可能造成飞机结构的损伤乃至破坏, 造成时间和资金的损失, 最严重的风险会造成整个项目进度严重延迟。虽然项目中的风险是不可避免的, 但是通过项目经理及其团队对风险进行认真收集、评估, 确定主次并加以控制,

能够有效的减少风险, 从而提高项目成功的机会。因此, 开展大型飞机结构试验项目的风险管理研究工作是非常必要的。

为了识别大型飞机结构试验项目的风险, 本研究对国内 15 位长期从事飞机结构强度试验项目研究与管理的专家进行了调查问卷, 将主要风险识别分为四类, 即: 经费、技术、进度和过程(见表 1) 方面的风险, 找出了 18 种风险因素。

在大型飞机结构试验项目的四个阶段, 其风险侧重是不同的。然而, 对这些不同阶段主要风险的识别是人们正确地进行项目风险管理的基础。因此, 作者利用专家问卷的数据, 用层次分析模型等方法进行定量分析, 得出大型飞机结构试验项目各风险因素的综合风险损失, 进行排序

及其管理措施。

中航工业大型飞机结构试验项目实施阶段是总体风险最大的阶段,也是试验过程中被列为重中之重的阶段。本文选取这个极具特色的研

究对象,把风险管理方法与专业技术管理相结合,建立基于专业技术的风险管理模型,探索该类项目风险管理的工作方法,以供大型飞机结构试验项目的全过程管理选用。

表 1 大型飞机结构试验项目的风险因素
Table 1 Risk factors in the structure test of large aircraft

经费风险	技术风险	进度风险	过程风险
1 预算不足	3 未认真评审和沟通顾客提出的要求,设计不合理或考虑不充分	7 试验件不能按期交付	10 试验安装不可靠
2 物价上涨	4 设计要求不稳定,常变化	8 资源提供不能满足进度要求	11 加载控制参数输入不正确
	5 走过场的设计评审过程,达不到评审要求	9 试验过程出现严重故障,导致试验无法进行	12 采集的数据不可靠
	6 随意更改设计		13 液压系统工作不可靠
			14 试验中产生的裂纹未能及时检测到或不可检
			15 电力供应不可靠
			16 意外技术问题
			17 试验计划变更
			18 核心人员变动

1 大型飞机结构试验项目风险管理中的三目标要素权衡

大型飞机结构试验项目的目标可以简化为成本-时间-质量三个要素。这三个目标相互联系、相互制约,如,对项目质量要求的提高,这就要求数据采集点及其试验工况的增加,可能会引起项目费用的增加和工期的延长;同样追加成本,如采用更为先进试验技术和设备,可能会缩短工期,提高试验的质量;延长工期也可能在一定程度上节约成本,提高试验质量。因此项目的目标管理就是要在质量、费用和时间之间进行协调权衡,以寻找使各方都能相对满意的项目方案,从而获得最佳的效果。

同时,成本-时间-质量的相互约束关系随着发展阶段的不同而变化,每个阶段的工作重点不同,参与的人员及其参与程度也不一样。这就有必要把管理学中的主题漂移的思想引入大型飞机结构试验项目过程中的风险管理,需要人们根据项目在概念阶段、开发阶段、实施阶段和结束阶段等每个不同时期的风险主题漂移,正确地确定其风险主题,制定相应的工作计划,集中人力物力财力抓住主要风险进行监控,节省项目风险管理的成本,保证项目各项工作的顺利进行。

2 基于成本-时间-质量的大型飞机结构试验项目的风险分析

为进行大型飞机结构试验项目的风险分析,要首先建立相关分析数据。为此,作者根据该类项目的特点,建立了基于成本-时间-质量的模糊层次分析模型,根据专家提供的数据及其相对权重计算了该类项目成本-时间-质量的权重、各种风险因素对项目目标的影响。

2.1 建立基于成本-时间-质量的模糊层次分析模型

根据以上对大型飞机结构试验项目的风险识别和三个目标因素的分析,建立基于成本-时间-质量的项目风险管理的模糊层次分析模型(见图 1)。

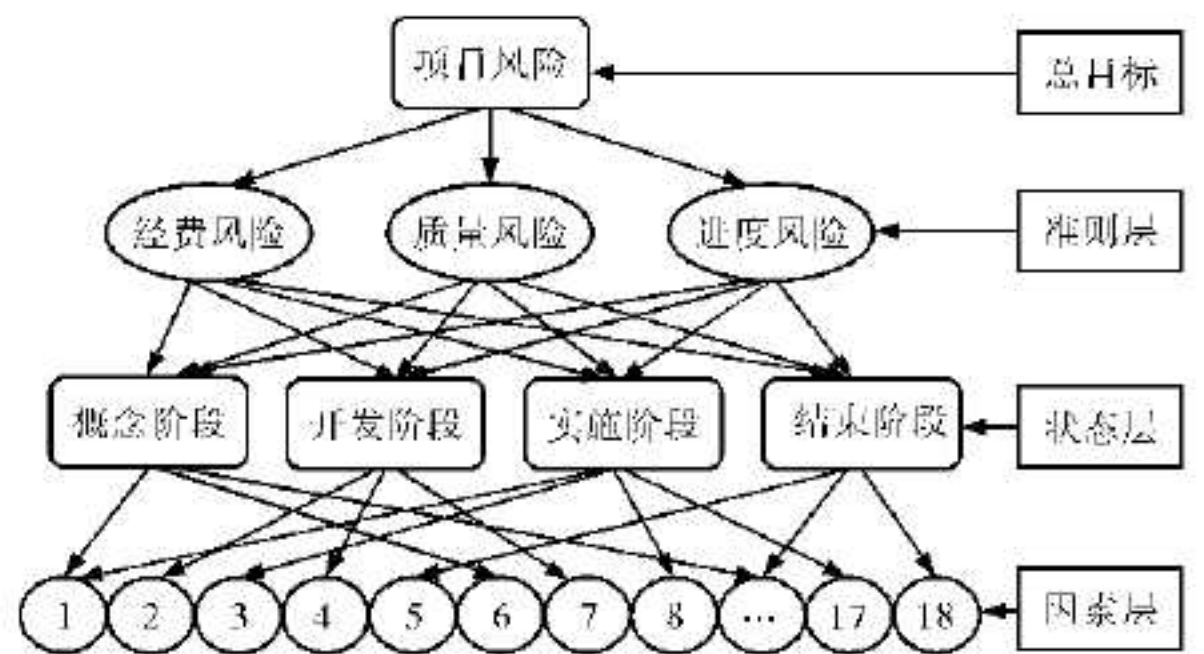


图 1 基于成本-时间-质量的项目风险管理的模糊层次分析模型

Fig. 1 Fuzzy level analysis model of project risk

其中,最底层是因素层,由表 1 所述的“1 预算不足”等 18 种风险因素组成,并根据是否影响项目成本、质量、时间对风险因素进行了分类。

2.2 成本- 时间- 质量三者相对权重的计算

根据国内大型飞机结构试验项目中的 15 位专家的评分,采用权重算术平均法对其进行评判,最终求出成本- 时间- 质量的准则层权重(见表 2)。

2.3 各个风险相对于目标影响数据的收集

在大型飞机结构试验项目中,风险影响的大小也隐含了风险造成损失的大小。因此,本研究用风险因素发生后对项目影响的大小来代替风险损失大小,根据多年大型试验执行情况及故障数据统计结果给出统计数据(见表 3)。

表 2 项目成本- 时间- 质量的相对权重
Table 2 Relative weight of project cost, time and quality

	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6	专家 7	专家 8
成本	0.33	0.02	0.57	0.11	0.16	0.11	0.05	0.18
时间	0.12	0.15	0.12	0.14	0.33	0.48	0.59	0.06
质量	0.55	0.83	0.31	0.75	0.51	0.41	0.36	0.76
	专家 9	专家 10	专家 11	专家 12	专家 13	专家 14	专家 15	平均
成本	0.62	0.08	0.06	0.21	0.12	0.07	0.12	0.19
时间	0.24	0.31	0.23	0.27	0.16	0.25	0.81	0.28
质量	0.14	0.61	0.71	0.52	0.72	0.68	0.07	0.53

表 3 风险因素对项目目标影响大小的数据统计
Table 3 Statistic of risk factor effect to project object

序号	项目实施阶段 风险因素	发生概率(<i>P</i>)	对项目目标的影响		
			成本(<i>C</i>)	时间(<i>T</i>)	质量(<i>Q</i>)
1	预算不足	0.21	0.91	0.11	0.85
2	物价上涨	0.95	0.21	0.09	0.12
3	未认真评审和沟通顾客提出的要求,设计不合理或考虑不充分	0.1	0.05	0.72	0.85
4	设计要求不稳定,常变化	0.61	0.07	0.31	0.09
5	走过场的设计评审过程,达不到评审要求	0.12	0.06	0.07	0.75
6	随意更改设计	0.21	0.12	0.31	0.15
7	试验件不能按期交付	0.15	0.07	0.81	0.11
8	资源提供不能满足进度要求	0.15	0.09	0.75	0.21
9	试验过程出现严重故障,导致试验无法进行	0.35	0.83	0.91	0.31
10	试验安装不可靠	0.33	0.18	0.51	0.39
11	加载控制参数输入不正确	0.66	0.21	0.61	0.86
12	采集的数据不可靠	0.07	0.12	0.21	0.91
13	液压系统工作不可靠	0.17	0.19	0.21	0.65
14	试验中产生的裂纹未能及时检测到或不可检	0.85	0.61	0.77	0.57
15	电力供应不可靠	0.11	0.03	0.18	0.16
16	意外技术问题	0.35	0.14	0.26	0.35
17	试验计划变更	0.77	0.03	0.39	0.07
18	核心人员变动	0.18	0.07	0.32	0.61

3 大型飞机结构试验项目实施阶段的风险计算与分析

利用 $R_i = P_i \times Con_i = P_i \times (C_i + T_i + Q_i)$ 计算各个风险因素可能产生的风险, 其中 R 代表风险, P 代表风险事件发生的概率, C 代表风险一旦

发生造成的损失, P_i 代表第 i 个风险因素发生的概率, Con_i 代表第 i 风险因素产生的综合影响。项目实施阶段的风险综合分析(见表 4)。项目的总体风险损失:

$$AR = \sum_{i=1}^n R_i$$

表 4 项目实施阶段的风险综合分析排序表
Table 4 General analysis and compositor of risk in project implementation

序号	风险因素	发生概率	综合影响	风险大小	排序
1	预算不足	0.21	0.629 0	0.132 1	4
2	物价上涨	0.95	0.123 3	0.117 1	7
3	未认真评审和沟通顾客提出的要求, 设计不合理或考虑不充分	0.1	0.697 7	0.069 8	12
4	设计要求不稳定, 常变化	0.61	0.155 4	0.094 8	9
5	走过场的设计评审过程, 达不到评审要求	0.12	0.442 6	0.053 1	14
6	随意更改设计	0.21	0.195 4	0.041 0	16
7	试验件不能按期交付	0.15	0.321 4	0.048 2	15
8	资源提供不能满足进度要求	0.15	0.360 6	0.054 1	13
9	试验过程出现严重故障, 导致试验无法进行	0.35	0.568 8	0.199 1	3
10	试验安装不可靠	0.33	0.397 8	0.131 3	5
11	加载控制参数输入不正确	0.66	0.691 5	0.456 4	2
12	采集的数据不可靠	0.07	0.582 4	0.040 8	17
13	液压系统工作不可靠	0.17	0.449 2	0.076 4	11
14	试验中产生的裂纹未能及时检测到或不可检	0.85	0.637 6	0.542 0	1
15	电力供应不可靠	0.11	0.148 0	0.016 3	18
16	意外技术问题	0.35	0.292 7	0.102 4	8
17	试验计划变更	0.77	0.163 6	0.126 0	6
18	核心人员变动	0.18	0.444 5	0.080 0	10

项目的总体风险损失: $AR = 2.380\ 8$
通过计算可以看出, 试验中产生的裂纹未能及时检测到或不可检、加载控制参数输入不正确、试验过程出现严重故障, 导致试验无法进行是三项主要的风险因素。

4 大型飞机结构试验项目实施阶段的风险控制措施

对于试验中产生的裂纹未能及时检测到或不可检, 应采取以下控制措施以降低试验风险:
(1) 制定合理可行的无损检测方案, 尽可能不漏检裂纹。
(2) 加强对可能出现损伤部位的预测, 加大巡检力度, 特别是结构进入寿命后期时, 注重异常响

(3) 掌握结构的原始损伤及其扩展变化情况。对于复合材料结构, 在接收时除了需要制造方提供原始出厂检验记录外, 还须进行全面无损检验。对安装过程中出现意外砸、撞时须进行损伤检查。
(4) 增加技术手段, 对结构不可检部位进行有效监控。如预先布置断裂丝片; 加装视频监视、照相分析设备; 考虑声发射等技术的使用。
对于加载控制参数输入不正确、试验过程出现严重故障, 导致试验无法进行, 应采取以下控制措施:
(1) 控制通道、测量通道号必须做到机房与现场一致。
(2) 所安装传感器的计量数据、编号必须有台账, 确保对应。

行校对、批准手续,确保录入参数的正确性。

(4) 控制系统必须有故障数据记录系统,该系统应以“黑匣子”形式存在并且有效,确保故障数据记录的完整性和可逆性。

(5) 保护系统采用双余度设计外,控制系统应设计开环保护,即在各保护点或控制点传感器失效时,信号能在控制机房得到监视并控制终止加载。

(6) 必须对预试数据进行分析,包括应力方向、应力水平变化趋势、对称性、结构受力状态等。

5 结束语

本文通过调查问卷,将大型飞机结构试验项目的主要风险识别分为四类:经费、技术、进度和过程。在此基础上,考虑在大型飞机结构试验项目实施阶段存在成本-时间-质量的相互约束关系,判定它们相对权重、各风险因素可能发生的概率及其对成本-时间-质量的不同影响,最后得出各风险因素的综合风险损失并进行排序,对主要的风险因素提出了控制措施,力争做到统筹规划,重点监控,防患于未然,把损失降至最小。

参考文献

- [1] T L 萨蒂. 层次分析法[M]. 许树柏等译. 北京: 煤矿工业出版社, 1988.
T. L. Sandy. Level analysis method[M]. Xu Shubai, et al, translated. Beijing: Colliery Industry Press, 1988. (in Chinese)
- [2] Ali Jaf. i. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift [J]. International Journal of Project Management, 2001(19): 89-101.
- [3] North American Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge[Z]. Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2000.
- [4] 李丽. 工程项目全面风险管理的理论与方法研究[D]. 北京: 北京工业大学经济与管理学院, 2002.
Li Li. Research to the theory and method of engineering project overall risk management[D]. Beijing: Economics and Management School of Beijing University of Technology, 2002. (in Chinese)
- [5] 唐小丽, 冯俊文, 王雪荣. 基于网络分析法的项目风险管理[J]. 统计与决策, 2005, (16).
Tang xiaoli, Feng Junwen, Wang Xuerong. Project risk management based on network analysis method[J]. Statistic and Decision making, 2005(16). (in Chinese)
- [6] 王鸿翔, 吴小刚, 周琪, 等. 基于改进层次分析法的建设项目

风险评价研究[J]. 建筑经济, 2006, (S2).

Wang Hongxiang, Wu Xiaogang, Zhou Qi, et al. Research of constructing project risk appraisal based on modified level analysis method[J]. Architectural Economy, 2006, (S2). (in Chinese)

- [7] 吴之明, 卢有杰. 项目管理引论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 1-6.
Wu Zhiming, Lu Youjie. Project management theory introduction[M]. Beijing: Tsing Hua University Press, 2006: 1-6. (in Chinese)
- [8] 徐哲, 冯允成, 鲁大伟. 武器装备研制项目的技术风险评估[J]. 系统工程与技术, 2005, 27(6): 1123-1126.
Xu Zhe, Feng Yuncheng, Lu Dawei. Technique risk appraisal of weapon equipment development project[J]. System Engineering and Technology, 2005, 27(6): 1123-1126. (in Chinese)
- [9] 王凤山. 飞机结构强度试验实用指南[M]. 西安: 中国飞机强度研究所, 2007.
Wang Fengshan. Aircraft structural strength test manual [M]. Xi'an: Aircraft Strength Research Institute of China, 2007. (in Chinese)
- [10] 郑晓玲. 民机结构耐久性与损伤容限设计手册[M]. 北京: 航空工业出版社, 2003.
Zheng Xiaoling. Durability and damage tolerance design handbook for civil aircraft structure[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2003. (in Chinese)
- [11] 中国民航科学技术研究院. 飞机结构可靠性分析与设计指南[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1995.
China Academy of Civil Aviation Science and Technology. Reliability analysis and design manual for aircraft structure [M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 1995. (in Chinese)
- [12] 中国民航科学技术研究院. 裂纹检出概率曲线手册[M]. 西安: 中国飞机强度研究所, 2002.
China Academy of Civil Aviation Science and Technology. Handbook of crack inspection probability curves[M]. Xi'an: Aircraft Strength Research Institute of China, 2002. (in Chinese)
- [13] 飞机结构修理技术[M](上、下册). 西安: 中国飞机强度研究所, 2009.
Aircraft structural repair techniques [M]. Xi'an: Aircraft Strength Research Institute of China, 2009. (in Chinese)

作者简介:

胡红东(1966-), 男, 博士研究生。主要研究方向: 工业项目管理。

孙树栋(1963-), 男, 教授, 博导。主要研究方向: 生产规划、制造业信息化、质量控制。

(编辑: 赵毓梅)