

评述 21 世纪初中国若干关键 LCS 建设项目的 RMS 管理

顾唯明

(机械科学研究院 北京 100044)

〔摘要〕 从可靠性维修性安全性管理出发,列出了许多中国 21 世纪初的重要大型复杂系统建设项目,并对其中的若干关键项目进行了评述。这些关键项目是:民用喷气飞机,长寿命高可靠性通信卫星,百万千瓦核电站,准高速和高速铁路,以及西气东输工程。最后,给出了几点思考。

〔关键词〕 大型复杂系统,可靠性维修性安全性管理,重大建设工程

〔中图分类号〕 C931.2

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)05-0046-04

REVIEWING RMS MANAGEMENT OF THE KEY LCS CONSTRUCTION PROJECTS IN CHINA AT THE BEGINNING OF THE 21st CENTURY

GU Wei-ming

(China Academy of Machinery Science & Technology, Beijing 100044, China)

Abstract: It is listed the important LCS(Large Complicated Systems) construction projects in China at the beginning of 21st century in view of the RMS (Reliability, Maintainability and Safety) management. It also reviews some key LCS construction projects from RMS management point of view. These projects are: civil jet aircraft; long life and high reliability communication satellite; 1000MW nuclear power station; quasi-high speed & high speed railway; Xingjiang-Shanghai gas pipeline building engineering. Lastly, it is also presented some ideas have to be considered.

Key Words: LCS, RMS management, key construction projects

Document Code: A

CLC Number: C931.2

Article ID: 1000-7857(2005)05-0046-04

1 前言

1999 年 5 月,中国机械工程学会、中国宇航学会、中国航空学会、中国电子学会、中国现场统计研究会、中国仪器仪表学会和中国兵工学会在上海联合召开了第四届国际可靠性维修性安全性(RMS)年会。中国机械工程学会在会上发表了“试论大型复杂系统(LCS)的 RMS 管理及其在国民经济现代化中的地位和作用”一文^[1],引起各方面的重视和注意。国内可靠性工程界的 12 名专家联名上书,提出了“重视和加强 LCS 的 RMS 管理的建议”^[2]。经机械科学研究院组织立项论证,2001 年末前国家经贸委正式下达了“大型复杂系统 RMS 管理策略和方法的研究”课题。

本文就 21 世纪初中国关键 LCS 建设工程中的 RMS 管理问题进行了评述,并提出了几点思考。本文系根据上述课题总报告部分内容编写而成。

2 21 世纪初中国重要 LCS 建设工程

LCS 的 RMS 管理是在其立项论证、研究设计、建造和制造、使用和维修、改造和退役的全寿命周期过程中,策划和实施一系列活动,以较少的资源投入和合理的全寿命周

期费用,实现所要求的 RMS 指标,并保证系统安全、可靠和经济地运行。21 世纪初,中国的重大建设工程众多,从安全性、可靠性、维修性和全寿命周期费用管理出发,值得关注的重大建设工程有以下 6 个领域 49 项。

2.1 航天航空领域

① 喷气式支线客机研制工程;② 新一代通信卫星(东方红 4 号卫星平台)工程;③ 神州飞船后续工程;④ “嫦娥”绕月航天工程;⑤ 大推力环保燃料系列运载火箭研制。

2.2 能源领域

⑥ 石油贮备基地建设;⑦ 液化天然气贮运基地建设;⑧ 三峡二期工程(含 1.3 万 t 巨型升船机工程、右岸电厂和地下电站);⑨ 金沙江下游梯级巨型水电站开发建设;⑩ 跨区大电网建设工程;⑪ 西电东输工程(含 500 KV 和以上级交直流输变电设备的稳定生产);⑫ 百万 KW 级核电站自主开发建设;⑬ 煤化油工程建设和国产化;⑭ 近海油气田后续开发建设;⑮ 大型风电场的开发建设;⑯ 1 000MW 国产化超临界火电机组研制。

2.3 交通运输和通信领域

⑰ 西气东输工程;⑱ 最高时速 200 km 第 6 次铁路提

收稿日期:2004-11-18

作者简介:顾唯明,北京市首体南路 2 号机械科学研究院,研究员级高级工程师,主要从事 LCSRMS 管理研究和实践工作;

E-mail: gwm1934@sohu.com

速工程;①京沪高速铁路工程;②青藏铁路建设工程;③万t级重载列车成套设备;④沪杭磁悬浮铁路建设;⑤杭州湾跨海大桥工程;⑥珠海澳跨海大桥工程;⑦武昌高速铁路公路桥工程;⑧高速公路繁忙路段的智能化改造;⑨长三角、珠三角、渤海湾三地区城市间快速轨道交通网建设;⑩安全金税、金关、金卡工程;⑪卫星定位系统建设;⑫3G通信系统网建设。

2.4 水利、环保领域

⑬主要江河湖泊水质监测网络建设;⑭南水北调工程;⑮大中城市空气污染监测网络建设。

2.5 机械电子制造领域

⑯喷气式支线客机工程;⑰大型油船、液化天然气船研制工程;⑱20~30万KW抽水蓄能机组国产化;⑲大功率燃气-蒸汽联合循环发电机组国产化;⑳轿车自主换代开发工程;㉑轿车柴油发动机国产化工程;㉒8~12英寸及以上集成电路芯片生产线建设;㉓大尺寸液晶和等离子及其它新型平面显示器生产线建设;㉔数字家电更新换代。

2.6 城市公用设施领域

㉕城市轨道交通网建设;㉖大中城市供电网建设和改造;㉗大中城市燃气管道网建设和改造;㉘大中城市快速公路网智能化改造;㉙沿海城市大型海水淡化工程建设;㉚大中城市污水处理网建设;㉛北京、上海等大城市奥运会、世博会等各种大型体育场馆和公共建筑设施建设。

选择这些项目,笔者受限于专业知识和关注的重点,肯定是不全面的。下面评述的关键项目,可能有更大的主观性,请予指正。

3 近期我国若干关键LCS发展项目

从对国民经济的重要程度、RMS管理和国产化要求看,下列关键LCS建设工程最值得关注。

3.1 喷气式支线客机研制工程

中国的大型民航飞机的开发经历了非常艰难曲折的道路。从20世纪70年代到90年代,我国先后引进英国斯贝航空发动机的制造技术研制“运10”喷气式飞机,和美国麦道公司合作组装并生产MD82/83 MD90飞机,但是最终都没有成功。其间,曾拟与欧盟合作开发100座支线飞机,中途又发生变故,计划最终夭折^[3]。此后,波音和空客先后都推出了100座支线飞机,以抗衡中国的发展计划。

面对国际民航飞机制造业的激烈竞争,中国制造自己民用大飞机的决心并没有动摇。2000年2月,总理办公会议决定,国家全力支持研发喷气式支线飞机。2002年9月,组建了中航商用飞机有限公司,从2001年起已经进入预开发阶段。目前确定此支线飞机座位比原先计划的要少一些,为78~85座,型号为ARJ-21型;2003年12月20日,在上海、西安、成都和沈阳4家飞机制造企业同时实现零件开工。在这以前,中国已经和美国GE公司签订协议,采用它的航空发动机,首架飞机将于2006年年中试飞,2007年年底取得适航证,2008年初交付航空公司投入运营。与此同时,中国商用飞机公司积极开拓市场,现已经拥有总数目35架启动用户。同时,中国航空第二集团公司与巴西合作制造50座ERJ145喷气支线客机,首架飞机已于2003年底飞上蓝天,首批6架飞机将陆续交货。2004年3月,巴西航空工业公司又来华推销70~90座支线客机,据称价格只有

2550万美元。另外,加拿大庞巴迪公司的喷气式支线客机已经进入中国市场。

ARJ-21飞机研制工程尽管采用高起点集成和全球采购策略,尽管已经有了总装和制造麦道MD系列飞机的经验,但面对国内外的剧烈竞争,此项工程的安全风险、技术风险和经济风险仍然比较大,研制过程中很难保证不出任何纰漏,投资预算能否控制住也很难说。就以享有自有知识产权的飞机机身结构的安全性而言,无论是材料、系统设计、结构设计、工艺设计、检测手段,还是质量保证、系统安全性评估、寿命试验验证等,每个环节都是一个很大的项目。以寿命试验而言,要求用全比例模型进行载荷试验、疲劳试验和过载试验,由于工期紧迫,一般的做法是全比例模型和试飞样机同时开工,这必然要求设计的前瞻性高。这里,我们建议项目主管部门能够紧紧抓住可靠性维修性安全性评审这个环节,发挥制度优势,群策群力,打好中国航空工业这一翻身仗。

3.2 新一代长寿命高可靠性通信卫星工程

我国在1970年发射成功了第一颗“东方红1号”人造地球卫星,1984年成功发射了“东方红2号”中国第一颗地球静止轨道试验通信卫星。在此基础上,1988~1990年间,连续发射成功3颗“东方红2号”实用通信卫星;这是一种小容量通信卫星,有4个C波段转发器,设计寿命4.5年。1997年发射成功了具有20世纪80年代国际水平的“东方红3号”通信卫星;该卫星有24个C波段转发器,工作寿命8年。

截止2002年,中国有5家独资公司或合资公司经营卫星通信业务,现有9颗静止轨道通信卫星在轨运行并提供服务,转发器总数346个。这些卫星只有“中星-6”(“东方红3”型)的24个转发器是国产的,其余均为美国和欧洲生产。从卫星性能看,美国马丁公司生产的“中卫-1号”卫星有48个转发器,设计寿命15年;法国宇航公司生产的“鑫诺-1号”有38个转发器,设计寿命15~17年。眼看“中星-6号”卫星已经进入寿命晚期,因此,新一代“东方红4号”通信卫星正在紧张地进行研制。一个通信卫星价格为几亿美元,利润丰厚,发射风险巨大,可靠性、安全性要求极高。这是大型复杂系统的RMS管理中最值得关注的项目之一。首枚“东方红4号”通信卫星已由鑫诺卫星通信公司订购,计划于2005年发射上天。它有24个转发器,设计寿命为15年,系统的可用度高达99.9%以上。通信卫星的运行经验证明,60%的保险索赔是卫星平台的系统设计缺陷所致。卫星平台的可靠性已经成为卫星运营商、卫星制造商和卫星运营保险商所关注的焦点^[4]。因此,新一代通信卫星研制的主攻方向是“长寿命和高可靠性”。要在15年的寿命期内使各主要部件,如太阳能阵列、转发器、推进系统、供电、天线、姿态和轨道控制等部件稳定、可靠工作,当然具有很高的难度。

3.2 百万kW级核电站自主开发建设

冰封了6年之久的中国核电建设在2003年初有了松动。2003年1月,国务院办公会议原则通过了建设4座价值60亿美元(人民币500亿元)的核电机组的计划。这4座核电机组容量均为100万kW,2座在广东阳江,2座在浙江三门。从上世纪70年代中到2003年底,中国总共才建成了7座核电机组,加上2座在建的总容量是870万kW。

一般认为,核电发展缓慢的原因是:造价贵;建设周期

长;上网电价贵。从深层次分析,笔者认为,核电发展缓慢的原因首先是管理体制不顺。具体理由如下所述。

1) 核电机组只能作为基本负荷机组才能获利,如果不是由电力行业和区域电网统筹规划立项集资,就无法确保核电机组在电网中的基本负荷机组地位。

2) 其次,核电发展已近30年,但是中国目前还没有能够向业主交核电站的钥匙的“法马通”式工程技术集团。这种集团应该是参与市场竞争的主体,而不应该有行业管理的职能。为此,要整合现有资源,组建两个或三个中国的“法马通式”的工程技术集团。

3) 装备业的可靠性意识和质量保证能力薄弱,阻碍了关键设备国产化的进展。秦山核电二期工程2号机组就是因为设备产品质量问题,延误工期一年多^[5]。

4) 火电项目环境输出治理力度还不够大。如能加快现有燃煤电站的环境输出治理力度,定能促进核电的发展。

5) 尽管由国家核安全局负责的核电安全监督机制已经基本建立,核安全相关系统的安全性基本上在被监管之下,但是,核电行业并没有提倡系统可靠性可用性目标管理。这个目标管理是广义的,包括质量、全寿命周期费用和完工工期,因此,要在系统可靠性和可用性技术基础上建立核电安全、经济效益管理机制。1993年9月,国务院核电领导小组办公室提出了一个“关于加强核电可靠性工作的建议”;同年底,国务院领导批示同意并转请中核总处理。但由于种种原因,该建议一直未立项实施^[6]。

有专家分析,2020年前,中国GDP需达到4万亿美元,发电设备装机总容量需达到9亿kW,除水电和火电外,还有4000万kW的缺口。为此,有关部门已经确定,到2020年,核电装机容量要占电站装机总容量的4%,即3200万~4000万kW。这就意味着在2003~2020年间,共要兴建百万kW级核电站30座左右。中国核电应该抓住这个机会。

笔者的意见是:①将核电行业管理划归电力行业;②组建两三个中国“法马通”式集团,负责交核电站钥匙;③制定行政法规“核电RAMS管理规定”,明确各有关企业的法律责任;④加强对核电站关键设备国产化的支持力度和关键设备制造企业的质量监督力度。

3.3 高速铁路和铁路第6次提速工程

2004年初,经讨论通过的《中长期铁路网规划》提出,京沪高速铁路采用“轮轨方案”,弃用“磁悬浮方案”。弃用磁悬浮的原因:①磁悬浮技术与现有轮轨技术不兼容;②磁悬浮造价过高;③2003年6月,上海磁悬浮线曾出现定子线圈损坏故障,且至今未对故障的技术原因和管理原因作出公开说明,相比磁悬浮方案其技术风险难以评估。但是,轮轨方案和磁悬浮方案的争论,毕竟是重大建设工程决策科学化和民主化的体现,值得赞赏。

我国国土辽阔,中长距离客货运量需求巨大,铁路是经济而快捷的交通运输方式,我国铁路人均长度和发达国家相比差距极大,成为制约国民经济发展的瓶颈。铁道部领导指出,我国铁路要实现跨越式的发展,要以运输能力的快速扩充和技术装备水平的快速提高为主线。2005年,我国铁路将进行第6次大面积提速,提速圈扩大,有条件的干线时速要进一步提高到200km,并要建设一批客运专线。除已经建成的“秦沈”和“广深”专线外,有报道说“北京-天津”、“南京-武汉”、“广州-珠海”、“武汉-深圳”等线已经开工或

被列入计划。为了做好第6次提速的准备,我国铁路部门通过国内公开招标方式,由国内3家厂商出面,分别引进日本川崎、法国阿尔斯通公司、加拿大庞巴迪公司的技术,订购了170列200km时速的客车动车组,其中的国产化率要达到70%以上。这是我国铁路车辆装备业在技术上的跨越式发展。无论是动车组的系统集成,还是转向架、牵引变流器、牵引电机、牵引控制系统等核心技术,要完全消化,掌握自己的知识产权,实非易事。

铁道部近年来连续几次进行大规模列车提速,用先进的装备和技术改进了铁路设施装备的固有可靠性,控制了铁路客运伤亡事故的发生率,成绩有目共睹。文献[7]建议铁道部引入可靠性维修性安全性管理的概念,把安全风险的控制和效益的取得建立在系统可靠性、维修性和可用性的技术基础上。日本高速铁路是实用可靠性技术在工程上取得成功的范例。欧洲有一个欧盟RAMS标准——EN50126^[8]。我国在高速铁路建设和提速改造技术引进合作制造过程中,要充分注意国外的可靠性、可用性、维修性数据,向国外有关厂商学习RMS管理经验。在装备国产化的过程中,如果国产化速度过快,消化吸收的投入强度不够,配套措施不足,往往会留下深层次的隐患。当前,首要的是树立“安全可靠风险管理”概念,尽快将欧盟RAMS标准转化成国家标准,对已有提速干线、准高速线建立RAMS指标体系,报告一切非正常事件,建立事件数据库和“故障报告、分析和纠正措施系统”,进行实时的“安全、准点”风险管理。否则,我们就会多走弯路,付出相当的代价。

3.4 西气东输工程建设

西气东输工程是中国继三峡工程之后投资规模最大的建设工程。它的建设周期短,工程地质条件极为复杂,从西到东跨越9个省市自治区。该工程管线从新疆到上海长达4000km,管线直径1.2m,输气压力100大气压,年输气量120亿m³,具有重大的意义。

像所有LCS一样,西气东输工程是一把双刃剑,它既可以带来巨大的物质福利,又可能带来一定的安全风险。西气东输管线沿线地形、地貌和地质构造十分复杂,需要穿越黄河、长江6次,中型河流500多次,干线铁路46次,干线公路500多次,6级和6级以下地震烈度区2500km,7级和7级以上烈度区1500km,部分区段地震烈度达到8级;自晋南至上海都是人口密集、经济发达地区,其安全风险更应从严控制。至于调峰能力巨大的储气库,由于都设置在靠近人口更加密集的用户端,储藏巨大的能量和危险隐患,更应把安全风险控制在允许限度之内才行。目前,该工程已开始商业运行,整个工程由于压缩机组还将陆续安装,要到2006年才能全部建成。

鉴于西气东输工程风险巨大,文献[9]对西气东输工程中实施RMS管理的必要性和可行性都有系统的叙述,并提出了具体建议。2003年末重庆重大井喷事故和国外的天然气管道泄露事故的教训要牢记取。2004年10月,陕西神木县一农民在施工作业时把陕-京输气主管道撞开一个口子,天然气喷泄,共排放了30万m³天然气,4000居民紧急疏散,幸未发生伤亡。由此可见,西气东输的管线还是相当“脆弱”的,一定要引入风险管理机制,确保系统的可靠性可用性和安全性,以实现安全、稳定、经济供气。

4 几点思考

为了把 RMS 管理引入重大 LCS 工程建设,特提出几点思考。

4.1 加强重大 LCS 建设工程的安全和可靠性风险评估

改革开放以来,我国重大工程都有可行性评估,但对安全风险和可靠性风险的评估却比较忽视。笔者建议,为了加强重大 LCS 建设工程的安全性和可靠性风险评估,在立项论证时就应要求确立工程项目安全风险水平和可靠性可用性目标,可行性审查要设安全性可靠性专题评审,主持和参加评审的安全管理专家和可靠性管理专家要从国家建立的专家数据库中聘请。要广泛吸收有工程实践经验的专家参加评审,业主或工程项目主管都必须对评审专家所提意见提交书面答复处理报告。

4.2 为了控制风险, LCS 业主必须有风险意识和可靠性意识

虽说近年来国家对企业负责人的安全责任追究很严格,但不少重大 LCS 工程的负责人的可靠性意识仍然比较薄弱。他们对重大 LCS 工程往往事先不评估风险,投产后又急于创造效益、回收投资,忽视安全文化建设,往往由此造成严重后果。因此,加强对 LCS 工程业主安全风险和可靠性意识教育,提高他们这方面的意识和处置能力,对于控制工程的风险,确保工程的质量和工期,具有重要的意义。

4.3 安全风险和可靠性风险的控制,要有必要的预研和科技投入来保证

改革开放以来,面对跨国集团企业强大的综合竞争优势,在没有任何预研工作基础的情况下,我国企业要想在质量可靠性、交货期方面和跨国集团进行竞争是不太现实的,往往只能走“市场换技术”的道路。但是,在消化引进技术方面,投入强度低是一个大问题。笔者建议,应从政府和企业两方面解决此项问题。对国家而言,对于重大技术装备的自主开发,政府应该为 LCS 研制工程的技术投入留有余地,如喷气支线客机工程、铁路第 6 次提速工程等,在深入评估风险的基础上,要增加对重大 LCS 建设工程研制和国产化工作的政府投入。政府的投入重点应该是工程应用研究项目。研究项目要公开立项招标,公正、客观地予以中介评估和验收,主持项目的官员要在研究报告上署名。研究报告要成为社会的公共资源财富,以减少重复研究,避免行业垄断。

4.4 重大 LCS 建设工程的科学、民主决策体制的改进

文献[10]指出,按照我国的现行决策体制,来自非主流的不同意见,很难得到充分的重视或必要的研究资金支持。另外,对于特别重大的投资项目,为了实现决策的科学化和民主化,全国人大应该有一个由各方面专业人士组成的专设委员会,经常听取对特别重大建设项目的不同意见。该委员会有权建议政府拨款,对不同方案进行独立的可行性研究,最后对政府有关部门的决策方案经审议后提出建议,供全国人大常委会决策参考。

4.5 重大装备业的振兴,有赖于机械电子工业管理体制改革的深化

重大装备制造是一个国家综合经济实力的重要体现,重大装备工业的发展对推动社会经济进步、构筑现代化建设的物质技术基础有着重要作用。自主开发和引进技术国产化重大技术装备,首先是国家行为,其次是企业的市场行为。笔者在参与《人民日报》“如何加快重大装备工业发展”

专题讨论时,曾提出目前装备工业的体制是个大问题^[10],建议进一步整合现有国有资产,组建大机械电子行业综合性的机械电子企业集团。这种集团要设很强的研发机构,拥有很强的综合和整合能力,善于高起点集成、内引外联。要根据市场信息,采取灵活反应策略,及时整合和调整资源,择优立项,集中力量重点突破。笔者认为,建立军民结合的大机械电子行业综合大企业集团,有利于适应市场需求。这些大企业集团的组建不可能一蹴而就,要引导与自愿相结合。为了实现机械电子制造业的战略整合和调整,应该考虑组建一个和中央军委总装备部相对应的国家技术装备部,该部的核心任务是进行重大技术装备的预研和论证,整合现有资源,改组和振兴机械电子制造业,以防我国的机械电子制造业被跨国集团完全左右和控制。

参考文献 (References)

- [1] 姚福生, 顾唯明. 试论大型复杂系统的 RMS 管理及其在国民经济现代化中的地位和作用[J]. 科技导报, 1999, (9): 6~10
- [2] 顾唯明. 再论大型复杂系统的 RMS 管理 [J]. 科技导报, 2000, (7): 31~33
- [3] 高梁. 中国民航工业的现状及其问题——以 MD90 干线飞机项目为例[J]. 战略与管理, 2000, (4): 105~111
- [4] 江泰. 通信卫星平台的可靠性与航天保险 [J]. 中国航天, 2003, (8): 38~42
- [5] 中国核电能否抓住机会[N]. 经济日报. 2003-08-22
- [6] 吴洪涛, 顾唯明, 汤紫德. 关于加强核电可靠性工作的建议[A]. 见: LCS·RMS 管理论文选之二. 北京: 机械科学研究院. 2001
- [7] 顾唯明. 试析京沪铁路方案之争谈 LCS 的 RMS 管理[J]. 科技导报, 2001, (2): 7~8
- [8] Railway applications -The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and Safety (RAMS)[S]. The European standard EN 50126: 1999
- [9] 顾唯明. 试论西气东输工程的 RMS 目标管理问题[J]. 科技导报, 2001, (7): 31~34
- [10] 顾唯明. 管理体制是个大问题[N]. 人民日报. 2003-09-12

(责任编辑 邱夜明)



纪念五四青年节

杨文涛 篆刻