

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 and 作用

On the Management of RMS of the Large Complicated Systems and Its Position and Role in the Economic Modernization

姚福生
(国家机械工业局科技委员会, 中国工程院院士 北京 100823)
顾唯明
(机械科学研究院, 研究员 级高工 北京 100044)

长期以来, 人们对系统工程给予了较多的注意, 进行了大量的研究和分析。在工程建设中, 人们已经学会了用系统工程方法进行目标管理, 即以最少的资源投入如期完成工程建设任务。许多大型复杂系统的建造就是工程建设任务的本身。但应予指出的是, 工程建设仅仅是大型复杂系统全寿命周期的一个组成部分, 而决不是全部。改革开放以来, 一些产业部门, 如航天、电力和民航等, 已经把本部门所用的大型复杂系统在全寿命周期范围内实施以安全性可靠性为目标的系统工程管理, 取得了令人注目的成绩。

笔者在此介绍中国大型复杂系统的概况并就其可靠性维修性安全性(Reliability, Maintainability & Safety, RMS) 管理在国民经济现代化中的地位和作用进行探讨, 以近年来中国在电力工业和民航开展

大型复杂系统 RMS 管理方面的进展为例, 阐述开展大型复杂系统 RMS 管理的重要性, 并提出若干看法, 以期引起有关方面的重视。

一、中国大型复杂系统概况

本文所述的大型复杂系统都是物化的、用肉眼直接可见的, 是相对一般系统而言的。大型复杂系统的基本特征可描述如下:

- 1. 大而复杂, 组成单元或分系统数量众多。
- 2. 具有重要的生产或服务功能, 有极高的可靠性和安全性要求, 对国家或社会有重大影响。
- 3. 技术含量和自动化程度高。
- 4. 建造成本高, 建设周期长。一般均可维修, 有较长的使用寿命。

小企业合作金库等适合于中小企业融资需要的金融机构还需要有一个大的发展。(2) 要开辟更多的中小企业融资渠道。过去有这样的政策: 股票上市要向国有大企业倾斜。去年“两会”代表和委员提出了好些意见, 好象还没有改。(3) 要发展风险投资, 就得为它们留出创业成功后退出的出口。这种出口是美国的 NASDAQ 一类的“第二板块市场”。但是中国还没有这种市场。在大陆还没有开放“二板市场”的情况下, 可以积极利用香港的“二板市场”。只是目前海外对大陆经济不看好, 有投资意愿不强这个问题。(4) 还有一个中小企业信贷的担保问题, 现在正在一些地方试点。

三是政府如何管理中小企业的问题 政府对中小企业的管理, 首先是服务。但是有些政府工作人员一说管理, 就是搞关、卡、压, 或者直接干预企业的供、产、销, 人、财、物等微观决策。当然政府机

构有一个执行规则的问题。但是我看即使是执行规则, 也要多依靠企业和企业家的自律性组织: 同业公会和它们的联合组织——商会。同业公会和商会是企业自治、自律和自我保护的组织。在市场经济中, 它们有重要的作用。现在我们除了工商联已确定为民间商会外, 还有外贸系统的商会、经贸委系统的行业协会, 工商管理局又办了个私企协会, 应当加以简并。简并中还是要执行党政分开、政企分开的原则。

如果我们的领导机关对于从哪里入手觉得心里无数, 我建议首先征求企业家的意见。前几天《深圳商报》发表了市委课题组的报告。这个报告依据征求来的意见, 把民营企业经营上遇到的困难列了两大类若干条, 然后针对每一个问题提出解决措施。我觉得这种做法很不错, 各地不妨仿效。

(责任编辑 蔡德诚)

表 1 中国大型复杂系统简况

序号	大型复杂系统名称	简 况
01	人造卫星	通信广播卫星、气象卫星、资源卫星、导航卫星等
02	卫星商业发射火箭	截止1998年12月,中国长征系列运载火箭共发射55次,其中商业发射21次
03	干线民航飞机	1997年底民航系统大型飞机为327架,比上年增加38架
04	空中交通管制系统	京沪、京穗两线空中交通管制系统已由军管划归民航管理
05	大型航空港	1997年底,年起降1万架次和年货邮运量1万吨以上的航空港为31个
06	大型发电机组	1997年底,大型水、火、核电机组分别为281、637和3台套。总装机容量16.2万MW
07	高压输变电网	1997年底,220KV以上高压输变电线路12.49万KM,变压器2.813台,断路器9.042台
08	大中城市供电网	1997年,已将255个大中城市供电网的供电可靠性列入考核计划
09	干线铁路网	1997年底,铁路营业里程6.60万公里,电气化铁路1.2万公里,分属14个铁路局管理
10	高速和高等级公路	1997年底,已建成高速公路4.771公里,一、二级高等级公路12.6万公里
11	轿车生产装配线	已建成年产10万辆以上轿车生产装配线5条
12	远洋货轮	1996年,我国远洋货轮1.700多艘、2.350万载重吨
13	大型海港	1997年底,年吞吐量为200万吨以上的大型海港为28个
14	通讯干线网	1997年底,长途光缆总长15.08万公里,微波线路6.50万公里,地面卫星地球站80个
15	城市地铁线(网)	已建成4条,共75.4公里。在建3条,共43.1公里
16	冶金流程设备	大型转炉、高炉、炼焦、连铸、冷热连轧等成套设备,1995年统计350套以上
17	石油化工流程设备	大型炼油、乙烯、化肥、合成树脂、合成纤维、合成橡胶等深加工流程设备上千套
18	输油输气管线	1996年底,全国输油输气管线421条、2.04万公里
19	海上石油钻井船	1997年底共13艘

5. 所占的空间有大有小,有集成度很高的,也有相对比较分散的。系统的集成程度愈高,其技术难度往往更大。

表 1 列举了中国 19 种大型复杂系统的简况。这些大型复杂系统除卫星商业发射火箭外,均符合上述概念和特征。卫星商业发射火箭是一种特殊的大系统,它不可维修,只使用一次,且寿命周期较短。

表 1 把轿车的大型生产装配线列入大型复杂系统可能会有不同的看法。但作者认为它具有大型复杂系统的全部特征。而且,它的 RMS 管理还可以往前延伸到新型轿车的研制和批量生产准备过程。

目前,中国大型复杂系统的数量还不能准确地确定,初步估计有数千个之多。并且每年的增长数以百计。增长较快和较多的是通信、电力、公路交通和民航等产业。

二、电力工业的 RMS 管理^[3]

中国的电力工业从70年代起引入可靠性技术。经过近10年的酝酿和准备,于1985年1月成立了电力可靠性管理中心,建立了电力可靠性管理网络。

为了适应政府机构改革的进程,进一步加强对可靠性工作的领导,1998 年 6 月,由中国电力企业

联合会和和国家电力公司牵头,成立了电力工业可靠性管理委员会。办事机构亦设在电力可靠性管理中心。从 1994 年起,电力工业行业每年都举行电力可靠性指标新闻发布会,已连续举行了 5 届。电力可靠性指标的发布有力地推动了电力设备的质量和可靠性的改进与提高,同时也显著地提高了电力工业本身的规划设计、基建安装、生产运行和设备维修的质量,对提高电力企业的经济效益和最大限度地满足用户对供电的需求起到了巨大的作用。

表 2 和表 3 列出了 1991~ 1997 年度大型火力发电机组的可靠性指标及主要城市的供电可靠性指标。从表 2 和表 3 的数据可以看出电力工业推行可靠性管理 13 年来,成绩是巨大的。以 300MW 火电机组为例,可用系数从 1991 年的 80.72% 提高到 1997 年的 87.26%,提高了 6.54 个百分点,也就是相当于增加了 8.1% 的发电设备容量,以 1997 年 104 台装机计算,相当于增加了 8.4 台 300MW 机组。但是,也应该看到,电力工业的现代化还是任重而道远,如 700~ 1 000MW 水火电机组的国产化、环境保护、跨地区大电网建设、城市供电可靠性等方面还有很大的差距。但电力工业的 RMS 管理是实现这些目标的有力工具则是毫无疑义的。

三、民航的 RMS 管理^[1-2]

表 2 1991~ 1997 年大型火电机组可靠性指标

年份	100MW			125MW			200MW			300MW		
	台数	AF	FOR	台数	AF	FOR	台数	AF	FOR	台数	AF	FOR
1991	105	88. 49	1. 55	68	87. 25	3. 30	112	82. 29	5. 91	31	80. 72	7. 93
1992	110	89. 04	2. 61	74	87. 43	3. 44	122	83. 24	5. 84	35	78. 83	8. 89
1993	112	88. 83	2. 26	81	86. 70	3. 56	133	85. 53	3. 39	42	78. 54	8. 48
1994	115	88. 76	2. 23	86	88. 34	2. 46	143	86. 13	3. 86	55	79. 09	8. 96
1995	123	91. 08	1. 69	92	89. 66	1. 84	149	87. 38	3. 09	65	82. 77	6. 71
1996	131	91. 59	1. 43	96	90. 27	1. 94	155	87. 78	2. 64	80	82. 89	5. 76
1997	139	90. 99	1. 67	106	90. 89	1. 06	166	88. 99	2. 05	104	87. 26	3. 60

注: AF ——可用系数, %; FOR ——强迫停运率, %。

表 3 1991~ 1997 年中国 10 城市用户供电可靠率

年份	北京	上海	天津	大连	南京	杭州	武汉	重庆	济南	广州
1991	99. 514	99. 711	99. 204	99. 791	99. 589	99. 414	99. 625	97. 819	99. 643	98. 284
1992	99. 433	99. 764	99. 572	99. 751	99. 011	99. 296	98. 077	97. 864	99. 546	99. 928
1993	99. 237	99. 682	99. 608	99. 735	99. 120	99. 621	97. 644	98. 850	99. 780	98. 675
1994	99. 605	99. 678	99. 751	99. 668	99. 311	99. 542	98. 404	98. 840	99. 721	99. 264
1995	99. 708	99. 715	99. 650	99. 852	99. 611	99. 558	97. 018	98. 907	99. 388	99. 643
1996	99. 841	99. 722	99. 711	99. 863	99. 767	99. 658	97. 339	99. 357	99. 850	99. 734
1997	99. 901	99. 758	99. 800	99. 946	99. 900	99. 712	99. 620	99. 577	99. 970	99. 769

近年来中国民航发展很快, 特别加强了运输飞行安全的管理。近年曾经创造了连续安全飞行 1 023 天、270 万飞行小时、起降 200 万架次的纪录, 这是自 1980 年以来最长的运输安全周期, 是中国民航历史上最好的安全记录。尽管如此, 1997 年 5 月和 1999 年 2 月, 中国南方航空公司和西南航空公司先后发生了一起重大飞行事故。这同样说明, 民航的安全管理也是任重道远的。

民航在实行安全管理方面的主要经验是: (1) 坚持“安全第一, 预防为主”的方针; (2) 实行法制化、规范化、标准化、程序化管理; (3) 控制飞行总量, 促进市场有序发展; (4) 强调领导责任, 提高职工素质; (5) 全面推行安全目标管理; (6) 加强安全法规建设, 依法管理安全工作。

民航在加强空中交通管制、飞行员队伍和机场建设的同时, 加强了运输飞机的适航管理。民航的适航管理部门会同各航空公司在适航法规建设、初始和持续适航管理等方面都做了大量的工作。通过强化维修工程管理, 推行维修单位的“自我审核制度”, 深化运输飞机的年检工作, 加强维修人员培训, 提高了维修质量, 减少了机械故障和人为差错。表4举出了近3年中国民航运输飞机在适航管理中取得的成绩。

四、大型复杂系统 RMS 管理在国民经济现代化中的地位 and 作用

表 4 中国民航近 3 年飞机适航数据简表

年份	运输飞行 小时(万小时)	飞行起落 架次(万次)	延误率	取消率	空中 停 车 率
1995	83. 58	48. 10	0. 41	0. 08	0. 018
1996	96. 12	55. 56	0. 41	0. 08	0. 012
1997	104. 23	60. 47	0. 38	0. 08	0. 009

除了前面介绍过的中国电力工业和中国民航所开展的 RMS 管理情况以外, 中国的航天工业同样把 RMS 管理放在非常重要的地位。近年来, 长征系列火箭曾创造了连续 13 次发射成功的记录^[4]。

大型复杂系统的 RMS 管理在国民经济现代化中的地位 and 作用可表述如下:

- 1. 大型复杂系统在一个国家中的地位非常重要, 它们是国民经济第二、三产业的骨干力量 and 核心部分。它的正常与否 and 国民经济年度发展目标的完成关系极大。可以不夸张地说, 大型复杂系统是一个国家国民经济的支柱。数千个大型复杂系统支撑着中国国民经济的正常运行。
- 2. 大型复杂系统的安全可靠性是一个国家 and 社会的形象, 是社会稳定的象征。安全 and 可靠的大型复杂系统给人们以信任感 and 安全感。
- 3. 大型复杂系统的 RMS 管理是它实现经济效益的基础。不能想象不良的 RMS 还会创造好的经济效益。
- 4. 大型复杂系统的可靠性、维修性 and 安全性不

是凭空产生的,它是设计和研制出来的,是建造出来的,是管理出来的。首先,大型复杂系统是科技现代化的产物,是社会现代化的象征。它的产值在同行业中的比重是产业现代化的标志。它又是现代科学技术、管理水平和人员素质的综合体现。管理在保证大型复杂系统 RMS 的过程中始终处于核心的地位。RMS 管理就是要用系统工程方法在大型复杂系统的全生命周期中实现所要求的 RMS 目标。

5. 大型复杂系统不断增长、开发、改造和完善是下一个世纪中国经济加速增长的基础,是国家综合实力和竞争力的反映。改革开放以来,中国用合资、外资、技术引进和进口等多种手段,引进了一系列国外先进的大型复杂系统,管好和用好这些大型复杂系统既促进了国民经济的现代化,也为自主开发提供了赶超的样板。下一世纪,中国将根据具体情况,充分利用改革开放的大好机遇,加速自主开发大型复杂系统的步伐。例如:100 座民航运输飞机、1 000MW 级的核电和火电机组、超高压输电网、高速铁路及成套设备、高可靠性的新型人造卫星等。以上这些大型复杂系统的开发和国产化虽然都存在着高投入、高技术和高风险的问题,但是任何人的困难都不是不可逾越的障碍。它的自主开发,必将进一步激发中华民族的创造和创新能力,进一步增强国家的综合国力和实力。同时,根据具体情况也可能和有关的国外友好厂商建立良好的互惠互利的合作关系,进一步促进改革开放。

中国仍然是一个发展中国家,资金短缺,经验不足。在强手如林的世界统一市场的激烈竞争中,在人口压力、有限资源和环境劣化的严峻条件下,要求人们用新的思路去搞好在国有经济中占主导地位的大型复杂系统的建设和改造工作,用科学技术和现代管理方法搞好搞活国有经济。

五、几点看法

1. 大型复杂系统的 RMS 管理已经在一些产业部门付诸实施,并取得了重大收益。其中政府部门的干预是非常重要的。在深化改革和实行政企分开的情况下,对大型复杂系统的 RMS 管理是否需要继续由政府出面干预是需要认真考虑的问题。

为了持续快速发展国民经济,我们认为政府应该有一个综合管理部门来统筹规划大型复杂系统的发展和 RMS 管理。要逐步推广电力工业、民航、航天等产业部门的 RMS 管理经验。要调动使用部门和装备研制部门在开发大型复杂系统上的积极性,协调好部门间的利益和各自所应承担的风险和责任。要在政府的政策上给自主开发大型复杂系统以必要的和足够的支持。在审核重大技术装备研制开发计划和可行性分析报告中必须考查是否有合理

的 RMS 指标,以减少风险。要有计划有步骤地制定必要的行政性法规、技术标准和规范,使大型复杂系统的 RMS 管理逐步走向法制化和规范化的轨道。

2. 已经建立了 RMS 管理机制的行业要深化 RMS 管理,要始终贯彻安全第一的方针,要实施以可靠性或减少故障影响为中心的维修;凡建造或购置大型复杂系统的可行性报告中必须有切实可行的 RMS 考核指标和落实措施分析报告。没有开展 RMS 管理的行业要在统一认识的基础上逐步地、有计划地建立 RMS 管理机制和网络,设立相应的机构,建立可靠性信息系统。

3. 科技攻关的一个重要内涵是在研制、完善和改造大型复杂系统的过程中实现 RMS 指标。新研制的大型复杂系统要从论证阶段开始在整个研制过程同步进行 RMS 管理。

要正确处理好大型复杂系统国产化和 RMS 指标之间的关系。国产化的比重要和适当的 RMS 指标及科技攻关的投入相一致。决不能以牺牲必要的 RMS 指标来实现国产化。同样,为了实现必要的 RMS 指标也必须保证足够的投入。

要将大型复杂系统的数量、比重和 RMS 指标纳入国家统计信息系统,要把它们作为国家科技发展水平的重要标志。

装备研制部门一定要主动自觉地满足用户的 RMS 定量要求,已投入运行的进口设备的现场数据是确定 RMS 定量要求的最重要的依据。

要将军用装备研制中的 RMS 管理经验转移到民用大型复杂系统的研制中来。

4. 加强各产业部门间和际的科技交流。经常举办各类人员的 RMS 的管理知识和技术培训。要设立可靠性管理工程师的专业职称,提高各类人员的素质。

5. 在已有的大型复杂系统的建造和国产化过程中,在满足自身和用户的 RMS 要求方面,中国的国营机械工业企业已做了大量的工作。今后,应在建立融合在 ISO 9000 系列质量保证体系中的可信性保证体系上多下功夫,自觉满足用户的合同或潜在的 RMS 要求。在合资或技术引进产品的国产化过程中注意吸收和掌握发达国家的 RMS 技术和管理经验。

参考文献

- [1] 中国交通年鉴/1997. 北京:北京交通年鉴社,1997
- [2] 中国交通年鉴/1998. 北京:中国交通年鉴社,1998
- [3] (英) 黄幼如, 蒋锦峰. 中国电力工业可靠性管理. 第四届国际可靠性、维修性、安全性年会论文集. 北京:机械工业出版社,1999
- [4] (英) 朱明让. 中国长征系列运载火箭的可靠性. 第四届国际可靠性、维修性、安全性年会论文集. 北京:机械工业出版社,1999 (责任编辑 王宏章)