

美国能源部重大科技基础设施风险管理 研究及启示*

陈娟¹ 李泽霞^{* 2,3} 樊潇潇¹ 杨春霞¹ 李玥⁴ 杨光普⁵

(1. 中国科学院条件保障与财务局,北京 100864;2. 中国科学院文献情报中心,北京 100190;3. 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系,北京 100049;4. 中国科学院近代物理研究所,兰州 730000;5. 中国科学院云南天文台,昆明 650216)

摘要:“新基建”战略为重大科技基础设施的发展带来了新机遇,然而快速的发展也会面临更多意想不到的问题,所以需要更多的组织和管理保障。风险管理作为重大科技基础设施管理的重要环节,应当进一步强化和重视。本文首先列举了一些重大科技基础设施风险事件,并对这些风险事件产生的科学、技术、经济 and 环境影响进行分析。随后深入研究了美国能源部重大科技基础设施的风险管理程序及其核心环节,包括风险规划、风险识别、风险分析和风险处理等所采取的具体方法和措施。最后基于我国在重大科技基础设施风险管理方面的实际情况,提出强化风险管理意识,建立符合重大科技基础设施特点的风险管理制度;针对不同类型的风险,综合研判、提前部署;加强过程管理,及时发现和调整风险和策略;开展设施建设管理评估,将风险管理作为重要的考量因素等建议。

关键词:重大科技基础设施;风险管理;风险识别;风险分析;风险处理

DOI:10.16507/j.issn.1006-6055.2021.08.009

Research and Enlightenment of Risk Management of Major Scientific & Technological Infrastructure in Department of Energy of the United States*

CHEN Juan¹ LI Zexia^{* 2,3} FAN Xiaoxiao¹ YANG Chunxia¹
LI Yue⁴ YANG Guangpu⁵

(1. Bureau of Facility Support and Budget, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China; 2. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 3. Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 5. Yunnan Observatories, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650216, China)

Abstract: The “new infrastructure” has brought new opportunities for the development of major scientific & technological infrastructure. However, many unexpected situations will emerge amid rapid development. Therefore, systematic management

* 2020年中国科学院文献情报中心能力建设专项“重大科技基础设施领域战略情报研究咨询体系建设”(E0290001),NSTL国家重点研发计划专题情报服务(2020XM41)

** E-mail:lizexia@mail.las.ac.cn

and mechanism guarantees are urgent and necessary. As a key point of management of major scientific & technological infrastructure, risk management should be further strengthened and valued. This paper first lists some major scientific and technological risk events of research infrastructure, and analyzes the scientific, technical, economic and environmental impacts of these risk events. Then, this paper studies the risk management procedures and key processes of major scientific and technological infrastructure in the Department of Energy of the United States, including specific methods and measures adopted in risk planning, risk identification, risk analysis, and risk treatment. Based on current status of risk management of major scientific and technological infrastructure in China, several proposals are made, including establishing a risk management system that meets the characteristics of major scientific and technological infrastructure, comprehensively researching and identifying different types of risks and deploying in advance, strengthening process management, real time monitoring and adjusting risks and its dealing method, and carrying out facility construction management assessment, and regarding risk management as an important consideration.

Keywords: Major Scientific & Technological Infrastructure; Risk Management; Risk Identification; Risk Analysis; Addressing Risks

重大科技基础设施是国家投资建设的科研设施,其建设过程具有科学研究和工程建设双重属性;不同于一般基建工程,重大科技基础设施肩负重大科研使命,特点是科学技术集成度高、投资大、队伍规模大。一项重大科技基础设施从概念提出、立项、再到建设,通常会经历十几年甚至几十年的时间,面临各种各样的不确定因素,也就是所谓的风险。具有研发性质的设备建设由于不确定因素更多,工期可能延后计划时间的10%~54%,成本可能超支10%~200%^[1],重大科技基础设施的建设更是如此。

重大科技基础设施是一个国家创新能力的重要体现,也是一个国家的国际名片。在申报规划项目阶段,设施即已开展选址、确定投资来源等工作,这使得风险管理的很多工作要更早考虑和更加规范地开展,树立强烈的风险管理意识以确保重大科技基础设施的顺利完成。

风险管理已成为重大科技基础设施管理要素中至关重要的一项。近些年,国内不少学者对重大科技基础设施风险管理进行了研究,如:高原等^[2]曾系统分析和阐述了导致美国超导超级对撞机(Superconducting Super Collider, SSC)工程夭折背后的政治、科学、经济和管理等方面的深层次

原因;罗小安等^[3]细述了风险的类型和风险处理的策略;郭桐等^[4]给出了量化风险的模型应用;还有些学者就具体某个风险进行细致研究,如共担风险、采购风险等^[5,6]。但目前仍缺乏对重大科技基础设施风险管理全流程的深入分析研究。美国能源部在重大科技基础设施管理方面有悠久的历史,具有丰富的管理经验,在重大科技基础设施管理的过程中已经制定了非常完善和系统的风险管理程序,形成了规范的管理流程和框架。因此,本文以美国能源部为例,深入解析重大科技基础设施的风险管理架构和程序,并结合我国重大科技基础设施风险管理的现状进行对比分析,以期对我国在重大科技基础设施风险管理措施的优化和完善方面提供支撑和参考。

1 重大科技基础设施风险及其影响分析

关于重大科技基础设施风险的分类,往往有不同的方式,相关文章一般根据国外文献分为技术风险、环境风险、科学风险、管理风险等,每种大的风险类别还可以细分^[4]。从中也可以看出,重大科技基础设施面临的风险非常多样化,而且由于重大科技基础设施的自身特点,风险的发生会产生相对严重的后果。本文实例列举一些重

大科技基础设施曾经确实面临和经历的风险事件,以及这些风险产生的部分影响。

1) 科学影响

重大科技基础设施风险处理不当,可能对科学发展产生长期负面影响。20世纪90年代初期,随着超级大国苏联的解体,俄罗斯经济面临崩溃,相继关闭了前苏联时期许多雄心勃勃的重大科技基础设施项目^[7],严重动摇了俄罗斯的基础研究及其再发展的基础。1988年批准建设的美国SSC,由于风险防控不到位,实际支出与经费预算严重不符,导致最终停建,但其对美国高能物理界的影响是深远的,SSC的停建被认为是美国失去物理研究的国际领导地位,世界核物理研究中心从美国转到欧洲的重要原因^[8]。

2) 技术影响

重大科技基础设施是科技发展和高技术研发的重要支撑手段。同时,重大科技基础设施的一些衍生技术催生了新经济,推动了人们生活的变革。高能物理学家用于数据共享的技术催生了万维网的出现^[9],彻底改变和颠覆了人们的生活方式;用于提取射电望远镜数据信号的算法解锁了无线通信技术^[10],推动了网络应用的发展与普及。疫情之下,旧的全球化秩序正在解体,“中美脱钩”“逆全球化”的形势越来越明显。美国商业管制清单的文本越来越厚,内容越来越多,很多涉及重大科技基础设施建设的仪器设备技术也被列入其中,自由电子激光被全面禁止出口,高性能的激光器、传感器也受到限制。^[11]重大科技基础设施的建设不仅影响到科技发展,还有可能对我国产业技术造成影响,扼杀我国未来创新发展的很多可能性。

3) 经济影响

通常,经济损失或投入增大是众多风险产生

的最直接后果。同样以SSC为例,其在建设到20%的时候停工下马,不但前期的投入(20多亿美元)打了水漂,后来美国政府还投入了5亿美元用于填埋设备,其经济损失高达30亿美元,约为SSC的最初预算成本^[12,13]。国际热核聚变实验反应堆(International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER)项目也面临类似的窘境,由于参与国之间决策过程繁复等因素,导致工程拖延现象严重且成本超支,经费约增加20%左右^[14],美国差点因此退出ITER计划。

4) 环境影响

重大科技基础设施建设过程中通常要求对环境的影响降到最低。例如,SSC在设施预研阶段的环评报告就达到7000多页^[15],但仍有疏忽导致的意外发生。意大利格兰萨索国家实验室曾由于管理人员疏忽,在一项寻找太阳中微子的实验过程中,50升有机化合物三甲基苯不慎泄露,导致周边的环境水遭到污染。意大利政府下令实验暂停,对该设施的安全系统进行翻新,花费超过8000万欧元^[16],但对环境的影响却需要更多时间和金钱来修复。

2 美国能源部重大科技基础设施风险管理程序

2.1 概述

风险管理有两个目的:其一是预测可能发生的事件对项目的成本和进度的影响,其二是为减少一个事件造成的经费和进度影响,优化替代方案的决策,或增加系统或子系统的技术效用边际。前者(定量风险分析)搭建了一个框架,根据现金成本,进度和绩效量化项目目标的风险,以预测整个项目的最终成本、进度和绩效。后者(定性风险分析)可对数百甚至数千种风险进行分类,以

识别和解决最有可能对项目产生最大影响的风险。

美国能源部(Department of Energy, DOE)是美国在基础研究方面最主要的管理和资助机构,承担了美国绝大多数最先进、最大规模的重大科技基础设施建设,管理着30多个用户设施。已经制定了一整套完善并且行之有效的风险管理程序和管理措施,也充分体现出美国在重大科技基础设施方面的管理模式和特点。

DOE的设施在风险管理各个层面均采用一致的综合系统风险管理程序^[17]。DOE风险管理过程的包括规划、评估、识别、分析和处理、监督和反馈,整个风险管理过程一直持续至设施建设完成。其中,风险规划、识别、分析和处理为其核心环节。设施应在批准任务(类似于我国的项目建议书批复)之前开展风险规划,确定项目的整体风险性质和风险水平(图1)。风险管理也是连续、反复的过程,有顺序、有调整、有反馈(如图2),当项目变更时,特别是在预算、进度或范围方面或者当需要强制性评审或更新时,至少应该部分重复风险确定过程。以下将详细阐述DOE重大科技基础设施的风险管理过程的核心环节。

2.2 风险规划

DOE要求,风险规划过程应始于项目的早期

阶段,在项目建议书批复之前即启动规划过程。规划确定风险管理的阶段和基调,并涉及许多关键的初步决定。风险规划的总体目标是:确定项目的整体风险性质。

这个阶段应制定针对各种风险管理任务的最初责任分配矩阵(图3)。通过这种责任分配矩阵,明确责任主体,确定专业知识方面的差距,制定获得专业知识的各种计划,也可制定一个单独的风险管理沟通计划。

风险规划过程要形成风险管理计划文件。风险管理计划是一个路线图,它告诉政府或建设法人单位,如何从项目概念到基于初步的风险管理项目规划文件预知项目将来怎样,来对项目进行风险管理。风险管理计划是项目风险管理过程的指导文件。此风险管理计划应当至少在年度基础上进行复审和校订。风险管理计划主要包括项目简介、责任分配矩阵、拟采用的风险管理过程等。

2.3 风险识别

风险识别工作应在整个项目生命周期进行。当项目预算、周期或内容变更时,或者当需要强制性评审或更新时,至少应该部分重复风险识别过程。

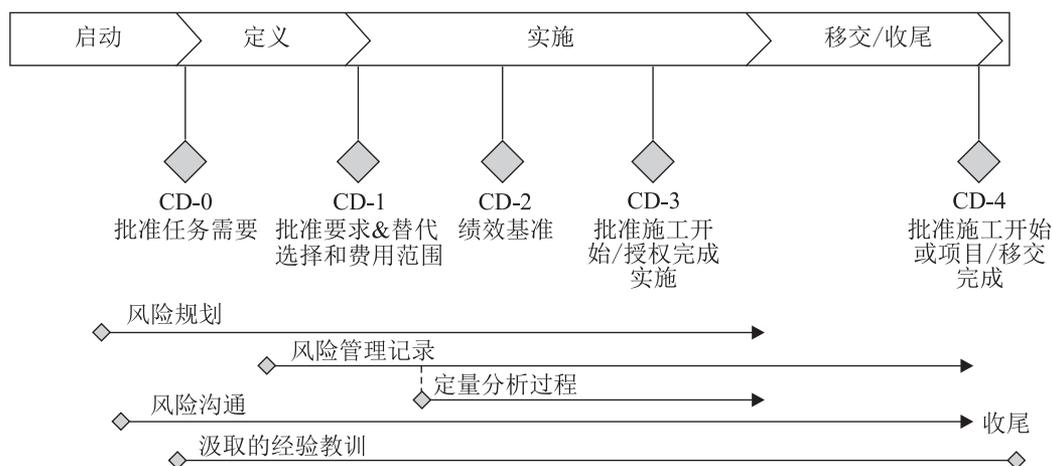
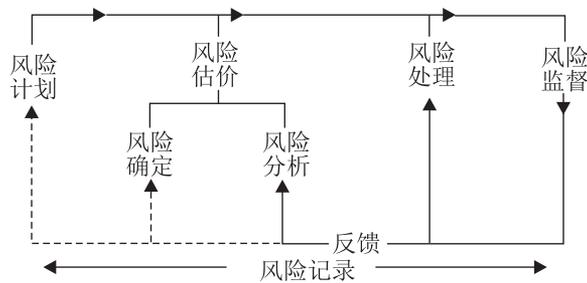


图1 建设阶段的风险管理时间线^[17]

Fig. 1 Timeline of Risk Management During the Construction Phase^[17]



注:虚线表示该过程是连续的、不迭代的;实线表示该过程是迭代的。

图2 风险管理过程

Fig. 2 Process of Risk Management

	联邦工程主管	综合工程组	主题问题专家	工程经理	其他
风险计划					
风险识别					
风险分析					
风险处理					
.....					
风险沟通					

图3 风险责任分配矩阵

Fig. 3 Risk Responsibility Distribution Matrix

风险分解结构是一种风险识别的重要方法。它是一种结构化的组织方法,即提出项目的风险,并以一种或多种层次方式了解这些风险,显示出最有可能的风险来源。风险分解结构提供了一个有组织的风险清单,代表对项目风险的系统连贯描述,并有助于进行更广泛的风险分析。为了有效识别风险,风险分解结构应可以划分为

表1 CMS 实验升级中技术对成本和进度影响的风险打分表

Tab. 1 Risk Scoring Criterion for the Impact of Technology on Cost and Schedule of CMS Upgrade

		轻度偏离标准 (低影响)	中度偏离标准 (中影响)	高度偏离标准 (高影响)
成本影响	总体原则	< 总体成本的 0.1%	总体成本的 0.1% ~ 1%	> 总体成本的 1%
	CMS Phase 1 Upgrade	< 10 万美元	10 万 ~ 30 万美元	> 30 万美元
	CMS HL-LHC Upgrade	< 20 万美元	20 万 ~ 100 万美元	> 100 万美元
进度影响	总体原则	< 项目总进度的 2%	项目总进度的 2% ~ 5%	> 项目总进度的 5%
	CMS Phase 1 Upgrade	< 1 个月	1 ~ 3 个月	> 3 个月
	CMS HL-LHC Upgrade	< 3 个月	3 ~ 6 个月	> 6 个月

多个层次(图3)。最上层的结构可以概括为项目风险、技术风险、外部风险和内部风险;第二层可设定为费用、进度和范围。每个层次还可以进一步细分,使之与项目本身的具体问题建立对应关系,从而更好地进行风险识别。

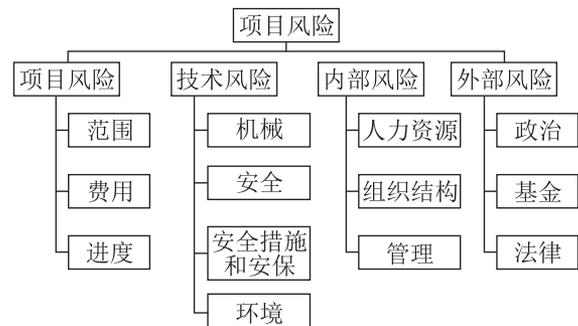


图4 风险分解结构示例

Fig. 4 Demonstration of Breakdown Structure of Risk

所有识别的可能风险最终都将量化为对重大科技基础设施项目范围、费用和进度的可能影响。例如,表1展示了大型强子对撞机(Large Hadron Collider, LHC)的紧凑型缪子螺线管探测器(Compact Muon Solenoid, CMS)实验升级的不同等级的技术风险在多大程度上影响成本和进度,后期会基于更加有利于项目完成的原则对相应的风险进行处理。

对风险的分解只是一种方法,可以采取不同的分解方式。因为不同的项目可能会使用最佳的风险分解结构。项目类型的模板可在软件项

目、建设项目等文献中找到;但是,这些模板应当根据正在开展的具体项目进行修改。也就是,所要采用的分解方法常常根据具体的项目来定。

2.4 风险分析

风险分析是个技术和系统的过程,目的是审查风险,确定有关这些风险的假设,找出那些风险的潜在原因,并确定任何与其他已知风险的关系,以及如果出现风险,可能的后果是什么。也就是说风险分析有两个关键要素:概率和后果。概率是事件发生的可能性,表现为定性和/或量化的指标;后果是事件的结果,事件的结果可包括表现为质量和/或量化指标的费用和/或进度影响。

DOE 规定设施采用定量与定性结合的方式进行风险分析。对于定性分析,需制定定性风险分析矩阵,也称为概率影响图(图5)。而定量分析对单个风险的概率和后果进行数值或更客观的分析,往往借助先进的统计建模技术,如蒙特卡罗,准蒙特卡罗,灵敏度模拟和其他随机的方法,从输入的时间和费用范围随机抽样被用来估计对项目关键环节的影响,模拟产生一系列可能的项目成果。定量分析也可为风险管理者提供确定应急费用、管理储备金、进度不可预见费、和进度储备金水平的估算方法。其中图5中黑色折

线为风险的容忍曲线,曲线右上方的风险情况(即高风险)是不能容忍的,应当尽可能采取措施避免或消除。

		风险导致的后果				
		可忽略	非紧要	重大	严重	危急
风险发生概率	很高 >90%	低	中等	高	高	高
	高 75%~90%	低	中等	中等	高	高
	中等 26%~74%	低	低	中等	中等	高
	低 10%~25%	低	低	低	中等	中等
	很低 <10%	低	低	低	低	中等

图5 定性风险分析矩阵

Fig. 5 Qualitative Risk Analysis Matrix

对费用/进度的影响风险程度可以划分为5个等级,对项目的费用和进度没有影响或影响相对较小时,将不做干预或适当干预。对项目的费用和进度影响较大时将对风险采取干预措施,后果特别严重时,有可能终止项目的进行(表2)。

每一个特定的技术及其对费用和进度的影响将分别打分,并最终给出一个综合的风险等级。表3给出了质子改进计划第二阶段(Proton Improvement Plan II, PIP-II)设施低温系统的风险分析,可以看出低温系统供应商的制造能力不足是一个高风险事件,需要审慎选择合适的供应商;而低温系统的参数变化则为中风险,可以在一定的程度容忍。

表2 对费用/进度的影响风险程度划分

Tab. 2 The Degree of Impact on the Cost/Schedule

影响程度	可忽略	非紧要	重大	严重	危急
费用影响	对项目费用没有影响或影响最小。	要达到战略目标需增加少量费用。稍微增加了费用。	要达到战略目标需增加大量费用。存在经费风险。	无法达到战略目标。需要大量额外资金。可能存在大量经济损失或面临罚款。	项目停止;撤资;合同终止;承包商严重的费用绩效问题。
进度影响	对项目进度没有影响或影响最小。	要达到战略目标需增加少量时间。轻微影响进度。	要达到战略目标需增加大量时间。存在进度拖延严重风险。	无法达到战略目标。需要大量额外时间。极大影响进度。	项目停止;合同终止;承包商严重的时间进度绩效问题。

表3 PIP-II 设施低温系统的风险打分表^[18]

Tab.3 Risk Scoring Board of Cryogenics of PIP-II^[18]

风险内容	可能性	可能性评分	经费影响(万美元)	进度影响(月)	影响评分-成本	影响评分-进度	风险评级
低温系统供应商制造和优先保障能力不足	50%	4(H)	50	3.5	2(M)	3(H)	3(H)
低温系统参数调整	1%	1(VL)	3	0	2(M)	3(H)	2(M)

注:H表示 High;M表示 Medium;L表示 Low;VL表示 Very Low。

2.5 风险处理

处理风险的目的是通过化解已经探测到的风险和威胁,将不确定性转化为组织机构的利益。任何一个处理风险的措施都是“内部控制”的一部分。一般而言,处理风险的目的是限制风险而不是消除风险。

风险处理策略通常分为四类:1) 风险规避、2) 风险转移、3) 风险降低,以及 4) 风险接受。表 4 描述了每种策略的目标和特点,其中风险降低是到目前为止采用最多的方式。

1) **风险规避**:指终止某些具有高风险的环节,而将项目的总体风险控制可在可接受的水平。如果很明显已经感知到预计的成本/收益关系处于巨大风险中,则选择此选项。

2) **风险转移**:对于某些特定风险,最好的应对方法是转移风险。通常通过保险来实现或者付费请第三方来承担风险从而转移机构的风险。例如工程建设过程中的人身意外风险,可以通过保险来完成;而一些高难度的技术设计环节和工程建设环节可以请更有能力有效管理风险的机构来完成。

3) **风险降低**:指为保证工作正常继续进行,采取控制措施将风险控制在可接受的水平,主要包括四种控制措施。(1) 预防控制。旨在极大限制发生风险结果的可能性。(2) 纠错控制。旨在纠正已经发生的风险结果。(3) 指令控制。通过制度约束从而达到降低风险的目的。(4) 检测控

制。通常是在“事后发生”,通过评估、审计,从而汲取经验改进管理制度和模式。

4) **风险接受**:此类风险可能是可以容忍的或者无法采取措施避免和降低,无需采取任何进一步的措施。此选项可以通过应急计划进行补充,以应对在意识到风险后会产生影响。

表4 风险处理方法的目标和特点

Tab. 4 Objectives and Characteristics of Risk Treatment Methods

处理方法	目标	特点
风险规避	通过修改工程建设内容消除或避免风险。	* 可能会改变项目计划和目标(工作范围、技术、合同方等)。 * 可能转化为另一种较小的风险。
风险转移	风险仍然存在,但转移到另一个项目或组织。通常称为风险转移。	* 如果不能完全转移,考虑部分转移,例如购买保险、履约保函、保修或合同担保等。 * 通常会导致风险被项目和其他方共同承担。 * 必须考虑风险转移的成本和收益。必须确保风险接受者有最好的准备。 * 风险无法避免。接受者必须愿意承担全部或部分风险。
风险降低	通过一系列措施降低风险发生的可能性和/或后果。	* 是最常见的风险处理方式。 * 必须系统而仔细地识别风险的根本原因。 * 控制措施全面可行。 * 处理行动会影响成本、范围和进度。 * 成本/效益分析可用于选择最佳方案。 * 建议结合量化的方法分析可选方案。
风险接受	认识并承担风险。	* 风险处理的“最后选择”。往往在没有可行的方法减轻或控制风险的情况下。 * 好处是不需要更改项目计划。 * 通常用于顽固的、遥远的或不可预测的风险。 * 因为没有采取任何措施来降低风险,需要特别注意监控。

针对每个识别出的风险,选择一种风险处理的管理策略。除非风险被接受,否则应根据所选的管理策略为每个已识别的项目风险指定控制措施。对于每个已识别的风险,还需规定完成控制措施的日期、责任行动联络点、风险处理后的成效、实施控制措施的成本估算、每个控制措施的状态等。DOE 要求在风险登记簿中跟踪为每个已识别风险选择的管理策略和控制措施。

3 思考与建议

风险管理已成为重大科技基础设施建设和运行的重要管理要素,鉴于国内外大量正面的和反面的案例,我国也越来越重视风险管理。在重大科技基础设施的项目建议书和可行性研究等重要节点文件中有专门章节要求设施进行风险分析,项目评审时,风险情况也成为项目能否立项的一个重要考核点,比重有增大趋势。但风险管理的系统性和规范性仍有待提高和完善。针对目前国内外在重大科技基础设施方面的科学管理流程和创新管理实践,本文提出对风险管理的思考。

1) **强化风险管理意识,建立符合重大科技基础设施特点的风险管理制度。**重大科技基础设施建设属于基建范畴。凡是基建项目都有一般的项目管理规范可以参考和执行,当然也包含风险管理。但我们也应该意识到重大科技基础设施不同于一般基建项目的特点,体量大、资金投入大的特点使得风险发生后造成的影响也更大。应时刻紧绷风险防控这根弦。

建议我国重大科技基础设施建立自上而下的完善的风险管理体系,制定在操作层面开展风险规划、风险识别与分析、风险处理等的规范化文档和符合设施特点的相关细则。在管理过程

中注重以下三点:(1)将风险管理工作具体职责明确到人。借助风险分解结构和风险责任分配矩阵明确具体的职责和相应的责任人,建立各层级负责人之间的沟通机制。(2)加强风险量化分析。我国对重大科技基础设施风险描述仍是以定性为主,缺乏深入的量化分析,且风险分析往往只在建设前进行,缺乏动态的跟踪调整过程。应加强量化分析方法在风险管理中的应用。(3)强化风险管理的意识。大力营造风险管理的生态环境,促进风险管理相关的学习、实践、创新,为我国重大科技基础设施建设的顺利实施、超效实施保驾护航。

2) **针对不同类型的风险,综合研判,提前部署。**操作层面来看,对于可干预和可控制的风险应当实时监测,在重大设施全生命周期配备一体化的风险管理程序。紧跟国内外形势和国家政策,随时了解设施建设的过程和状态,提前部署,减少或规避风险。一旦有风险发生,才有可能通过加强管理降低风险带来的后果。

举例来说,对于选址,要多重考虑,综合评判。选址优先考虑设施科学目标能否实现,一般来说地质条件是直接的因素,在多个可选的地址中,要充分考虑当地的政治环境、社会稳定性等,同时与国家政策和规划紧密结合,也应当考虑发挥设施集聚效应等。

现在我国对于重大科技基础设施立项引导多元化投资,除中央预算内投资以外,鼓励设施吸引地方投资以及其他投资。要尽早落实经费来源,考虑如果超支,经费该如何解决,是地方兜底支持还是自筹,都应该落实相关协议;对于整体项目管理,应当细化预算,加强经费估计。经费估计要尽可能细化,充分考虑技术难度、技术路线替代等风险带来的经费增加,本着“实事求是

是”的原则,尽可能避免和减少出现实施过程中各种因素导致的经费超支。

面对国际技术管制,虽然无法从管理上根本解决,但可以做好防范预案。当前中美贸易摩擦,大力发展关键技术自主研发。积极与国内相关仪器设备生产商合作研讨,共同研发生产国产化的关键设备与仪器,丰富完善其功能性能,提升改善其稳定性、可靠性,促进国产设备的进步提升与市场化。设施方面还可以加强与相关企业合作,从机制上加速技术的转移转化,培植具有世界竞争力的关键设备和仪器研发企业。

3) 加强过程监理,及时发现和调整风险和**处理策略**。加强设施建设过程监理,及早发现问题。依托第三方进行建设过程监理,可评估设施建设和经费支出等方面的问题,帮助承担单位准确识别和分析风险。监理队伍要稳定持续,熟悉设施情况,有工程管理经验。问题越早发现,越可及时采取措施,风险带来的危害越小。承担单位根据过程监理发现的问题及时做出风险评估,调整风险处理策略,促使风险管理的动态调整,使风险管理贯穿建设的始终。

4) 开展设施建设管理评估,将风险管理作为**重要的考量因素**。近几年,国家强调预算绩效管理,出台了相关文件^[19]。在制定重大科技基础设施建设经费的绩效目标时,建议将风险管理作为其中的一项指标,将识别风险的能力和**处理风险的水平**作为考量因素。如果在建设过程中准确预估风险并及时规避或有效解决,则视为该项指标达到绩效目标,反之,视为未完成,应进行整改。

参考文献

[1] Mott MacDonald. Review of Large Public Procurement in the UK [R/OL]. [2020-02-12].

[https://web.archive.nationalarchives.gov.uk/20090417202704/http://www.hm-treasury.gov.uk/d/7\(3\).pdf](https://web.archive.nationalarchives.gov.uk/20090417202704/http://www.hm-treasury.gov.uk/d/7(3).pdf).

[2] 高原,王大明. 美国超导超级对撞机案例研究[J]. 工程研究,2011,3(1):41-49.

[3] 罗小安,许健佟,仁城. 大科学工程的风险管理研究[J]. 管理评论,2007(4):43-48.

[4] 郭桐,沈敏圣,樊怡辰,等. 大科学工程项目风险分析与量化评估[J]. 项目管理技术,2019,17(5):22-27.

[5] 张光军,吕佳茵,刘人镜,等. 大科学工程项目合同共担风险分担模型研究[J]. 情报杂志,2018,37(6):61-66.

[6] 李小美,张光军,刘人镜,等. 风险条件下大科学工程制造商的采购策略[J]. 科技管理研究[J]. 2018,23:211-218.

[7] 周雁翎. 大科学时代的大发现需要大资金、大投入、大协作-以引力波探测为例[J]. 科技导报,2016,34(3):42-44.

[8] STSTW Media. Superconducting Super Collider: Abandoning the Most Expensive Science Project [EB/OL]. [2018-12-08]. <https://www.ststworld.com/superconducting-super-collider/>

[9] 方陵生,本·西格尔. CERN 和互联网问世的故事[J]. 世界科学,2014(11):8-8.

[10] 郑晓晨,毛淑德. 你离不开的 Wi-Fi,竟然还跟黑洞有关? [N/OL]. (2019-04-04). <https://tech.ifeng.com/c/7lbFeyychyu>

[11] Bureau of Industry and Security of U. S. Department of Commerce. Commerce Control List (05 FEB, 2020) [EB/OL]. (2020-02-12). <https://www.bis.doc.gov/index.php/regulations/commerce-control-list-ccl>.

[12] 虞涵棋. 引力波探测元老力挺对撞机:新世纪

- 三大物理突破都得靠大装置[N/OL]. (2016-11-15)]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1561782_1.
- [13] 赵致真. 世界最大的“科学废墟”美国超导超级对撞机夭折启示录[N/OL]. (2019-03-19). https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3160375.
- [14] 计红梅. 核电前沿技术迷局: 风往哪里吹[N/OL]. (2010-11-18). <http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2010/11/238726.html?id=238726>.
- [15] DOE. EIS-0138: Superconducting Super Collider [R/OL]. (1988-12-15). <https://www.energy.gov/nepa/downloads/eis-0138-final-environmental-impact-statement>.
- [16] NOSENKO N. Italian Physicists to Stand Trial for Conditions in Underground Lab[N/OL]. (2019-05-16). <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01552-5>.
- [17] DOE. Risk Management Guide, DOE G 413. 3-10A [R/OL]. (2011-01-12). <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-07a-admchg1/@@images/file>.
- [18] Fermilab. PIP-II Risks [EB/OL]. (2017-10-02). <https://web.fnal.gov/project/pipitech/Shared%20Documents/PIP-II%20Top%20Risk%20for%20L2-L3%2010022017.pdf>.
- [19] 国家审计署. 中共中央国务院关于全面实施预算绩效管理的意见[EB/OL]. (2018-09-01). <http://www.audit.gov.cn/n6/n36/c126731/content.html>.

作者贡献说明

- 陈娟**: 提出文章思路、设计框架、整理资料。撰写文章第2、3部分初稿, 修改文章;
- 李泽霞**: 修改文章框架、收集整理资料, 撰写文章第1部分初稿, 修改文章;
- 樊潇潇**: 讨论风险分析流程, 并提供修改建议, 修改文章;
- 杨春霞**: 讨论风险分析流程, 并提供修改建议;
- 李玥**: 讨论风险分析流程, 并提供修改建议;
- 杨光普**: 讨论风险分析流程, 并提供修改建议。

作者简介



陈娟: 副研究员; 主要研究方向: 重大科技基础设施管理; 以第一作者发表多篇重大科技基础设施相关管理文章, 如《欧洲研究基础设施路线图的制定及启示》(2013)、《重大科技基础设施的开放管理》(2016)、《美国能源部大科学装置建设管理与启示》(2016)、《建立重大科技基础设施绩效管理机制的思路与建议》(2019)等。



李泽霞: 研究员; 主要研究方向: 重大科技基础设施战略情报研究、文献计量与应用、信息分析; 发表战略情报研究论文40余篇, 发表专著多部, 包括《大科学与创新》《重大科技基础设施产出及影响力分析》《中国基础研究发展报告2001—2010》等; 主持并完成部委和地方的情报研究课题多项。