

工程系统及环境的不确定性与工程风险控制

——基于工程哲学的启示

黄正荣

(重庆建工九建公司,重庆 400081)

摘 要:工程的非线性动力学特性与工程系统及环境的不确定性相结合,会造成工程系统的某些情形或事件的不可预测性,致使工程充满或大或小的风险性,这就是工程风险的生成机理。在分析工程系统及环境的不确定性及其表现形式的基础上,探讨了工程风险的含义、特征和种类,并对工程风险控制的必要性和可能性进行了哲学阐释。

关键词:工程;不确定性;工程风险;工程风险控制

中图分类号:TU-02

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)21-0068-04

1 工程系统及环境的不确定性及其表现形式

从系统科学角度来看,工程是由物质要素和知识形态(也包括伦理)等构成的一个多目标、多输入、多输出、多变量、多参数、多干扰的开放性复杂系统,具有复杂系统共同的规模庞大、结构复杂、功能综合、因素众多等性质,况且工程又要遇到一些难题困扰,例如不确定性、不确知性等。就系统要素而论,工程是集价值或目标、人力资源、科学、物资、技术、设备、土地、信息、管理、时空、资金、方法等多要素于一体的种类繁多的异质性工程系统;这些系统要素之间并非静止和孤立的,而是在流动、联系、整合及演变,并不时伴随着耗散、冲突和矛盾。系统要素之间的组合方式或者联系方式的总和构成了工程系统的结构,表现为各种不同的集合,比如物质结构、信息或知识结构、控制结构、过程结构、流量结构、时空结构等。工程的有用性即系统的功能,主要有造物功能、生态功能和文化功能,工程的有害性则意味着系统的负功能,这是从事工程活动应当尽力减小和避免的。

通过研究发现,现代工程系统表现为一个非线性的动态系统,工程系统本身如要素、结构和功能以及不同层次的子系统处于一个不断运行、变化和发展的过程,呈现出非线性动力学特性(如稳定性、循环性、高阶性、螺旋性、鲁棒性、高维性、恒新性),并可能出现时延、瓶颈、非线性放大、不应期、非线性衰减等系统现象,乃至混沌和分形。这里,非线性原是一个数学用语,指变量之间的非一次幂

和非零次幂的关系,引申到工程系统,则指事半功倍、事半功半和有事无功等事功关系以及工程的其它各种复杂关系,非线性也属于复杂性的一个重要元素。动态性指系统要素、结构和状态随时间延伸而改变的一种系统性质,它既是一个时间范畴,又是一个动力学概念,比如说工程进度及网络计划就具有时间的和动力学的双重意义。一项完整的工程由工程决策、工程建造、工程评价3个过程单元或环节构成,这3个过程单元的展开无疑都是动态的,尤其是工程的核心活动——工程建造。或者说,工程每一过程单元或环节本身是变化和发展的,属于动力学范畴,从时间维度透视,工程有一个约束条件即建设工期的约束,建设工期当属一个时间概念,任何一项工程都有工期要求。并且,工程系统要素也同样处于流动、演变状态,是动态的。

特别地,我们要认识到,“非线性、动态性和不确定性是内在相通的,非线性和动态性内在地孕育着不确定性。”^[1]系统的不确定性的产生,还源于工程系统要素、特性、结构和功能之间相互作用及耦合机制所致,并不可逆地朝着复杂性方向演化。“不确定性总是伴随着我们,它绝不可能从我们的生活中完全消除”^[2]。

不确定性还与工程活动过程的强度有关,一般而言,工程活动及过程(包括流动、演变、耦合)越是剧烈,不确定性就越大;反之就越小。

当然,在工程领域,我们对不确定性的认识还要不断深化,自觉应用工程哲学、复杂性科学、工程系统论、工程控制论等现代科学理论来分析和处理工程的不确定性等工程复杂性问题,这对于现代工程控制的科学化建设具有

收稿日期:2009-07-15

作者简介:黄正荣(1963-),男,四川宜宾人,重庆建工九建公司高级工程师、项目总工程师、全国一级注册建造师,研究方向为工程技术与项目管理、工程学。

重要的意义。

美国当代社会学家吉登斯说过,当今世界是一个充满不确定性的世界,工程系统及环境也不例外。“在现实生活中,风险和不确定性普遍存在”^[3]作为工程系统之外与工程系统赖以生存有关联的存在物集合或总和的工程环境(通常包括自然环境和社会环境两大类),也在变化或发展当中,其中某些环境动态性因素变化加快,并且,工程系统与工程环境之间的关系也同样在变化或发展。毋庸置疑,这些林林总总的变化或发展,都会给工程带来不确定性,既有时间和空间的不确定性,又有发展态势的不确定性,还有系统与环境互动关系变化的不确定性,其表现形式复杂多样,大型复杂工程的这类不确定性更为突出。

现代科学研究表明,工程系统及环境的不确定性具有多种多样的表现形式,例如随机性、偶然性、模糊性、含混性、灰色性、混沌性以及它们之间的各种耦合方式,而所有这一切不确定性都可能出现在工程活动和过程中。工程的非线性动力学特性(特别是恒新性)与工程系统及环境的不确定性相结合,会造成工程系统的某些情形或事件的不可预测性,以致于工程充满或大或小的风险性,这就是工程风险的生成机理,其生成原因非常复杂。显然,大型复杂工程由于建造时间跨度长,系统内外的影响因素复杂多变,必然会给工程实施带来较大的、各式各样的风险^[4],所以我们在工程管理中,对工程风险要有足够的认识,必须具备预见性和风险防范意识,防患于未然,掌握风险控制手段和措施,否则,将可能付出沉重的代价,工程史上这类教训不胜枚举。正如古人云:凡事预则立,不预则废。

2 工程风险含义、特征和种类

从风险的本质上讲,工程风险是指一类给工程系统的实施和运行带来干扰、波动、变形、威胁、破坏甚至是灾难,影响系统正常稳定状态的危害因子。之所以称它为危害因子,就在于工程风险可能产生损失或损害,造成不良后果,是一种消极因素。当然,不会产生损害或者不良后果的不确定性不称为工程风险。在此值得说明的是,工程创新本身可能会带来风险,但是,工程创新起着工程发动机作用,始终是工程活动永恒的主题,不得有丝毫动摇,不能因为为了免除风险、远离风险就不进行工程创新。恰恰相反,在当今建设创新型国家的背景下,还需要大力推行和加强工程创新,它是工程发展的内在本质要求,只是在工程创新活动及过程中,应充分重视防范和控制因创新而产生的风险,所以,这就要求正确处理好工程创新与工程风险之间的关系。

依据工程认识论及控制论,工程风险是不以人的意志为转移的、客观存在的、不可避免的,但同时又是不得不加以控制的工程现象,假若对工程风险不进行预见并实施控制,任其发展,就会给工程造成无可挽回的损失乃至产生严重的后果。

总体上讲,工程风险的发生是必然的,但具体风险事

件的产生则是偶然的,带有很大的随机性。从工程哲学视角来看,风险的必然性寓于偶然性之中,工程风险事件体现了工程风险的必然性与偶然性的辩证统一。另外,工程风险是可以预见或可测的,借助和运用包括数学在内的现代科学技术理论、方法与手段,可以对工程风险事件发生的概率进行分析,根据风险评估、预测结果,采取相应对策,预防和控制工程风险,减少、降低和避免风险带来的损失或危害。风险作为工程控制的对象,理应成为工程管理的的基本内容之一。

2.1 工程风险的特征

(1)潜伏性。大凡工程风险都处于一种潜在的状态,一旦遇着某种诱因的刺激就可能爆发。

(2)隐蔽性。工程风险往往具有很大的隐蔽性,使人不易察觉其变化和发展趋势。

(3)衍生性。衍生性是指前置风险的发生造成了后续风险的发生,两个风险事件之间既可能是因果关系、相关或关联关系等必然联系,也可能是一种偶然关系,其发生机理极为复杂。

(4)蔓延性。风险自身的一种自我延伸和膨胀的态势。

(5)突发性。通常危害程度和烈度较大的工程风险都以一种紧急情势爆发出来,使其感到突然和意外,这里强调变化的非连续性。

(6)耦合性。由于风险事件及状态之间的互动作用,其中一个风险事件在另一个风险事件的作用下,通过事件信息的反馈进一步加强两个风险事件之间的相互推动、发展和扩大。

(7)不可预测性。风险在何时、何地或何部位发生,以什么形式发生,其危害程度和爆发烈度怎么样等都是不确定的,个别的风险事件难以预料和观测,很大程度上增加了工程风险事件可测的难度。这里值得说明的是,不可预测性不等于不能预测,随着现代科学技术的发展,工程风险是能够预测的。

在我们对工程风险的认识过程中,全面、系统地分析、划分工程风险类别,对于有效实施工程风险控制具有指导意义。

2.2 工程风险的类型

按照风险源划分,工程风险可分为系统风险、自然风险和社会风险三大基本类型。

(1)系统风险是工程系统内部要素、变量、参数、结构、效用、功能等流变而产生的风险,如决策风险、设计风险、建造风险、运行风险和创新风险,其中建造风险又可分为质量风险、不合格的材料和工艺、安全风险、施工及生产技术缺陷、道德风险、管理疏忽等。通常情况下,系统风险往往以隐患的形式表现出来,其变化是连续性的。工程风险控制的重点对象应当是系统风险。

(2)自然风险则是来自自然界中与工程系统有关联的物质、能量、信息和时空环境发生渐变或突变而给工程造成的风险,又分为不可控风险(如地震、海啸、台风、暴雨、洪涝、瘟疫等不可抗力的自然灾害)和可控风险(如产地原

生材料的缺货,一般的雨雪等)。

(3) 社会风险就是工程系统所依赖的有关社会环境(包括政治、经济、法律、教育、科技、文化、军事、外交等)因素发生变化而给工程带来的风险。其风险形式多种多样,较大的有战争、种族骚乱、恐怖袭击、金融风险,一般的则有利(汇)率风险、机会成本、物价上涨、技术风险、火灾,特殊人才的短缺,等等。

根据风险的发生机率、危害程度和控制难度划分,工程风险依次可分为干扰、危机、危害、灾难事件4种类别或者说4个层次。一般地说,干扰这种风险情形出现的频率最高,较为普遍,但爆发烈度小,危害程度轻微,风险控制容易;而灾难事件(如自然灾害、战争)出现的可能性最小,表现为突发性的,爆发烈度强,危害程度最大,也难以控制,很多情况下需要采取一些非工程手段规避、转移风险,比如参加保险、跨国工程的政府担保等。从广义上讲,这也是一种工程风险控制模式。危机和危害这两种风险类型则介于干扰与灾难事件之间。

大体上说,系统风险、自然风险类型中的可控风险与社会风险类型中的一般风险通常处于干扰、危机、危害状态,而自然风险类型中的不可控风险跟社会风险类型中的特大风险则为突发性灾难事件。

3 工程风险控制的必要性和可能性

所谓工程风险控制,是指工程控制主体通过风险识别、风险预测、风险估计、风险评价和风险决策,并在此基础上运用多种风险管理技术、方法和手段,对工程活动涉及的不同类型的工程风险进行有效的预见和控制,采取相应的控制对策预防风险、减轻风险、规避风险、化解风险、转移风险等,从而减少、降低和避免风险给工程带来的损失或危害。就工程风险控制的方法论而言,主动控制和过程控制是工程风险控制的哲学原则,“现代控制把反馈视为处理不确定性的工具。”^[5]

工程风险控制是否必要,又何以可能进行控制,这是工程风险控制有待回答的理论问题和现实问题。

(1) 工程风险控制的必要性。追溯工程史,工程是社会历史发展到一定阶段的产物,从古代开凿运河、修筑长城、建造金字塔、兴建房屋……,到当代建造现代化工厂、高层智能建筑、大型水利工程、高速交通网络、大型机场、海底隧道、大科学工程、能源工程、航天工程等大型和特大型工程或工程集群,各种类型的规模不同的工程在现代经济发展和社会现代化过程中有着非常重要的地位和作用,工程与自然、科学、技术、产业、经济、社会、环境的联系也变得愈来愈密切。然而,在现代工程活动中,工程风险也随之与日俱增,人们不得不时时刻刻面对各式各样工程风险的威胁。有人更是断言,风险社会已经到来。由于现代工程的发展,加上自然界和社会等各种环境因素对工程的影响和制约作用的增强,以及人们对自然、社会和思维的科学认识能力的局限,信息不对称,导致工程活动领域不可避免

存在很大的不确定性,从而造成工程的风险性不断加剧,工程风险已经成为现代工程活动不可忽视的控制对象。若不对工程风险进行控制,因其潜伏性、蔓延性、衍生性、耦合性等风险特性的共同作用、连锁反应,小风险演变为大风险,单个风险生成为群体风险,就会危及工程系统的实施和运行,导致工程不应有的损失、损害乃至产生严重的后果,甚至遭受灭顶之灾。这不是危言耸听,工程史上某些工程失误和教训恐怕就跟无视或小视工程风险有关,如黄河三门峡水利工程、美国挑战号和哥伦比亚号悲剧、前苏联切尔诺贝利核泄漏、法国戴高乐机场工程事故等就是例子。因此,工程活动在任何时候都有必要进行风险的预见、识别、评估和控制,工程风险控制也就必然提上了日程。

(2) 工程风险控制的可能性。随着现代科学技术的发展,各种风险管理方法、技术和手段的使用为工程风险控制提供了可能性。例如,决策分析作为运筹学的重要组成部分,是决策者在面临较为复杂且不确定的决策环境时,在保持自身判断及偏好一致条件下的决策理论和方法,包括不确定决策、风险决策、效用函数、序列决策、Markov决策、多属性决策、群决策等。依据控制方法论,既要进行定性分析,又要进行定量研究,这当中需要借助一些数学模型来分析、求解,并把定性分析与定量研究结合起来进行综合性研究。决策分析方法对于风险控制具有现实的应用意义,为工程风险控制奠定了一定的科学理论基础。此外,现代保险业的兴起,多种工程保险手段的应用,也为工程风险控制提供了可依赖性的现实帮助。正因为如此,工程控制论、风险管理等学科才得以创立和发展,这进而又为工程风险控制创造了可能性条件,甚至是某些决定性的条件。按照理论联系实际的原则,一方面,工程风险领域涌现出来的大量实际问题,包括工程史上的一些有关工程风险控制的案例、经验和教训,亟待工程控制论、风险管理学等学科加以解释,总结和揭示出一些内在的带有规律性的东西,并上升为理论。另一方面,又要通过不断完善的风险控制理论来指导工程风险控制的实践,这是一个认识与实践的辩证关系。总之,随着运筹学、工程控制论、风险管理学、工程系统论、决策科学等现代科学技术的创新和发展,加上多种风险控制技术、方法和手段的应用,以及现代保险业的兴旺发展,我们能够按照工程风险不同的类型、类别、层次,根据其产生原因、演化机理、发生概率、作用机制、爆发烈度及危害程度,有针对性地实施不同的工程风险控制模式。

4 结语

综上所述,认识工程系统及环境的不确定性与系统特性,揭示工程风险的生成机理,是一个科学问题,而如何预见、识别、评估工程风险是一个技术问题,采取什么控制方法、手段和模式对工程风险进行控制则是一个工程问题。工程风险控制就是集科学问题、技术问题和工程问题为一体的跨(多)学科领域,作为现代工程控制体系的重要组成

部分,具有很强的理论和现实意义,必将在现代工程活动中发挥越来越重要的作用。鉴于此,工程风险控制问题应该引起我们的广泛关注和高度重视,应不断加强理论建设和实践创新。换言之,任何一项工程活动(尤其是大型复杂工程)都不可无视工程风险的存在,更不能忽视和看低工程风险控制,不仅如此,还要逐步建立和完善工程风险控制理论体系,着力将工程风险控制推进到一个新的科学水平。

参考文献:

- [1] 李喜先.工程系统论[M].北京:科学出版社,2007.
 [2] [美]亨利·N·波拉克.不确定的科学与不确定的世界[M].上海:上海科技教育出版社,2005.
 [3] [英]欧阳莹之.复杂系统理论基础[M].上海:上海科技教育

出版社,2002.

- [4] 《运筹学》教材编写组.运筹学[M].北京:清华大学出版社,2005.
 [5] [美]理查德M·穆拉里.信息爆炸时代的控制[M].北京:科学出版社,2004.
 [6] 黄正荣.现代工程控制若干理论问题的探析[J].自然辩证法研究,2007,23(3):45-48.
 [7] [美]Katsuhiko Ogata.现代控制工程[M].北京:电子工业出版社,2003.
 [8] 殷瑞钰.工程与哲学:第一卷[M].北京:北京理工大学出版社,2007.
 [9] 蔺石柱,闫文周.工程项目管理[M].北京:机械工业出版社,2006.

(责任编辑:赵贤瑶)

Engineering Risk Control and the Uncertainty of Engineering Systems and its Environment

Huang Zhengrong

(Chongqing Construction Engineering Construction Company 9,Chongqing 400081 ,China)

Abstract:Nonlinear Dynamics works with the engineering system and the environment combined with uncertainty, this will result in some cases engineering systems or the unpredictability of the matter, so that works with large or small the risk, which is the generation mechanism of project risks. This paper analyzes engineering systems and environmental uncertainty and its manifestations on the basis of the project risks,and explores the meaning, characteristics and types of project risks ,explains the necessity and possibility of the engineering risk control by philosophy.

Key Words:Engineering; Uncertainty; Engineering Risk; Engineering Risk Control