

公共工程项目的有序界定研究

鲁伟权^a, 胡捷^b

(浙江科技学院 a. 后勤管理处; b. 基本建设管理处, 杭州 310023)

摘要: 公共工程项目承担着实现社会服务总目标的任务, 本身具备的复杂性和特殊的界面关系, 使得对其评价非常困难, 通常只能定性地判断项目是否运行良好。而依据耗散结构理论, 抛开项目类别和界面的影响, 可将衡量项目是否运行良好的标准归结于项目是“无序”或者“有序”, 建立基于耗散结构的公共工程项目有序界定的数学模型, 进而对耗散结构理论用于公共工程项目有序界定中的一些见解进行了分析。

关键词: 耗散结构; 熵; 公共工程项目; 有序界定

中图分类号: F284; F224.0

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2011)03-0229-05

Research on order definition in public works projects

LU Wei-quan^a, HU Jie^b

(a. Department of Logistic Management; b. Department of Infrastructure Construction,
Zhejiang University of Science and technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The public works projects aim to serve the society. However, it is very difficult to evaluate the public works projects because of its complexity and special interface relations. Whether the public works projects perform well just can be estimated qualitatively. Based on the Dissipative Structure theory and neglecting the impact of project pattern and interface, the standard that whether the public works projects perform well should be whether the organization is ordered or not. Thus the mathematical model based on Dissipative Structure for order definition of public works projects has been put forward. Furthermore, some views on the application of Dissipative Structure theory in order definition of the public works projects have been analyzed.

Key words: Dissipative Structure; entropy; the public works projects; order definition

收稿日期: 2011-01-06

基金项目: 浙江省科技厅重点软科学研究项目(2010C25072)

作者简介: 鲁伟权(1967—), 男, 浙江省余姚人, 助理研究员, 主要从事教育行政管理和基本建设理论研究。

公共工程项目作为一个有人参与的、开放的、具有信息反馈功能的人为复杂系统,其内部各个基本结构单位之间、项目系统与环境系统之间存在着相互影响或相互渗透的非线性相互作用关系。项目系统与环境系统之间、项目内各子系统之间存在着界面,大量的能量、物质和信息在界面传递。正是这种系统本身具备的复杂性和特殊的界面关系,使得对公共工程项目的评价变得非常困难,通常只能从定性方面去判断公共工程项目是否运行良好,很显然这是难以把握和推广的。

每一类公共工程项目都有其使用范围和特点,泾渭分明。在实际工程中,每种类别都有大量成功的例子,也有大量失败的例子。这一切都给寻找一个统一的标准对各种类别下的公共工程项目进行运行评价制造了极大的障碍。不管是何种类别的公共工程项目,不管其与环境的界面如何复杂,衡量项目系统是否运行良好的标准,最终都可归结于项目系统是“无序”或者“有序”的问题。对“无序”和“有序”问题的解答,耗散结构理论不失为一种好的方法,国内许多学者对此进行了研究和探讨。向鹏成等进行了基于耗散结构理论的工程项目管理研究^[1],毛鹏等进行了基于信息熵的项目群管理组织结构研究^[2],黄燕等进行了基于管理熵和管理耗散结构理论的开放式绩效管理系统研究^[3],以上研究都属于应用型研究,并未深入结合工程项目的特殊性。在将耗散结构理论应用于公共工程系统有序界定问题研究中,必须明晰公共工程项目的耗散特征、开放性是否等于有序性、开放程度与有序的关联、耗散有序数学模型的应用前提及总熵是否可以小于零等关键问题,本文将对以上问题展开论述和论证。

1 耗散结构理论概述

1.1 耗散结构理论基本内容

普利高津在《结构、耗散和生命》这篇论文中提出耗散结构理论,该理论强调一个远离平衡的开放系统,通过不断地与外界交换物质和能量,在外界条件变化达到一定阈值时,可能从原有的无序状态变为一种在时间上、空间上或功能上的有序状态^[4]。

从熵增原理出发,耗散结构理论认为任何系统变化过程的总熵是由两部分贡献出来的:

$$dS = d_e S + d_i S \quad (1)$$

式(1)中, dS 是系统的“总熵”; $d_e S$ 是系统与外界交换能量和物质产生的“熵流”,即“负熵”,使系统向有序发展; $d_i S$ 是系统内部产生的熵,即“正熵”,使系统向无序发展。

1.2 公共工程项目的耗散特征分析

能否合理地将耗散结构理论应用于公共工程项目中,需要对公共工程项目进行分析,以确定公共工程项目是否符合耗散结构的特征。在此,将公共工程项目的特征与耗散结构的特征及其形成条件进行对比研究,可以归纳出公共工程项目符合耗散结构的研究范畴。

1)公共工程项目是一个开放系统。工程项目系统的特点之一,就是其开放性。工程项目系统处于复杂的环境系统中,与项目环境有大量的物质、信息交换,同时存在复杂的界面。工程项目系统的这个特性决定了其系统组成之一的公共工程项目必然是一个开放系统。从实际出发分析,公共工程项目不仅仅在投入—产出方面与外界存在大量的交换,同时还需要大量的信息交流,以保证项目总目标的实现。

2)公共工程项目包含大量要素。从组织成分分析,至少包括业主、承包商、设计单位、监理单位和供应商等,其构成成分是至少大于三的。另外,从系统构成分析,公共工程项目至少包括人力、物质、财力、信息甚至是智力支持系统。

3)公共工程项目是一个远离平衡态的系统。公共工程项目的动态性决定着公共工程项目是远离平衡态的系统,其状态集合与环境集合都是非空的,状态参量随时间和空间的变化而变化,发展不平衡导致势差、引起竞争并形成各种动态的流和力。在外界环境的驱动下,有规则的波动和随机扰动相叠加出现新的涨落,驱使系统远离平衡态。公共工程项目中各个子系统的构成元素之间存在较大差别,同时系统内部还存在着物流、资金流和信息流等运动流,这都使得项目系统时刻处于不平衡状态,上下级之间的不平衡、责

权利之间的不平衡等都是公共工程项目不平衡状态的具体体现。

4)公共工程项目内存在非线性作用。非线性作用机制的动力系统的显著特点是整体大于部分之和。人们通常通过以下定义来描述系统:“系统是由若干个相互作用和相互依赖的要素组合而成的具有特定功能的整体。”从结构上分析,公共工程项目由许多参与组织合作建成的。同时,公共工程项目中的每一部分都不能单独存在,它们只有在公共工程项目中才能发挥作用。公共工程项目功能也不是各部分功能的简单相加,其整体功能要大于各部分功能之和。只有这样,才能真正体现出公共工程项目的系统性。

5)公共工程项目内部存在涨落。一个宏观系统经常处在一个复杂环境中,不可避免地要受到各种外界因素的影响和制约。公共工程项目也存在着涨落因素,当系统与环境进行信息交换时,内部某个参数量在感知外界变量达到一定临界时,通过涨落创新,系统可能产生转变,由原来的高熵转变到低熵,可能由一种有序结构转变为另一种更为高级的有序结构。从变化形式上看,当外界因素变化或输入到一定程度的时候,公共工程项目都会进行相应的调整以适应环境的变化。这是公共工程项目的一种自适应机制,是对内部涨落的一种反应。

2 公共工程项目有序界定需要解决的2个问题

通过以上分析可知,公共工程项目是一个开放的系统,只是存在开放程度的差异。在进一步研究之前,需要解决以下2个问题。

2.1 开放性是否等于有序性

开放或者与外界进行物质、能量和信息的交流是否一定能够形成有序的系统?即开放性能否称为项目系统有序性的充分条件?

在正常情况下,工程项目的建设实施需要在市场上进行物质资料的采购和人力、智力的采购,从经济角度分析,这样才是符合市场规律的。另外,建筑产品的生产不仅需要物质资料、人力和智力的参与,还需要信息和能量的参与,这就决定着工程项目的开放性,也决定了公共工程项目的开放性,这是所有公共工程项目的共性。但从历史上看,无论国内国外,都有大量成功的工程项目和公共工程项目,也有大量失败的工程项目和公共工程项目。封闭或孤立会导致系统的熵增,但开放并不能够保证系统一定走向有序。因为从环境中流向系统的物质、能量和信息,从熵的角度分析,有可能是负熵,也有可能是正熵。需要系统自身去甄别,吸收负熵,抑制正熵。同时,能否从环境中吸取更多的、更优质的负熵,也依靠系统本身的能力。由此,可以证明开放性只是公共工程项目走向有序的一个必要条件。同时,开放性也是公共工程项目走向无序的条件。

2.2 开放程度问题

何种开放程度能够导致公共工程项目的有序性?是越开放越能导致系统有序性,或者相反?

对前一个问题的回答,显然是很困难的。因为每个项目都具有其特殊性,不同的目标、不同的环境、不同的参与组织等,导致每个项目或每个组织系统需要从环境中获取的物质、信息和能量存在巨大的差异,因而决定了它们在开放程度上的不同。因此,用一个标准的开放程度来衡量公共工程项目的有序性程度显然是不现实的,也是不科学的。但是,同一种类型的项目在与外界的交流中,肯定存在着一定的共性,那么其开放程度也会有一定的规律可循。这需要大量的统计数据的支持,其结果应该是一个区间。

至于是否越开放越能导致系统有序性,或者相反?显然,不能下这样的结论。因为项目的不同,组织的不同,能否更加有效地结合外部环境流入系统的负熵,需要从项目和项目组织本身能力出发,结合环境的实际情况,才能够做出适合项目本身的计划。

通过以上分析可以知道,开放性只是公共工程项目走向有序的一个必要条件,而开放程度因项目不同存在差异。那么,如何才能导致公共工程项目的有序呢?或者,如何才能使得公共工程项目走向有序?显然,需要进行进一步的分析。

3 公共工程项目有序界定数学模型构建分析

3.1 对 $dS = d_e S + d_i S$ 应用于公共工程项目有序界定中的分析

根据 $dS = d_e S + d_i S$, 普利高津认为, 对于开放系统必须考虑系统与外界交换能量和物质所引起的熵流 $d_e S$, 以及系统内部由于不可逆过程造成熵产生的 $d_i S$, 即对外开放系统有 $dS = d_e S + d_i S$ 。 $d_e S$ 系统与外界交换物质和能量而引起的熵变, 这个量可正可负; $d_i S$ 是系统内部发生不可逆过程引起的熵变, 这个量总是正的。若外界提供足够的负熵流 $d_e S < 0$, 且 $|d_e S| > d_i S$, 则可做到 $dS < 0$ 。这就是说在不违反热力学第二定律的条件下, 远离平衡的非线性系统可以通过负熵流来减少总熵, 从而使系统从无序态变为有序态即耗散结构状态。因此, $dS < 0$ 可以作为系统走向有序的一个充分的判断。而在现有的大量文献中对 $dS < 0$ 的理解值得商榷。以下列举常见的一些见解, 笔者以为, 这些理解需要进一步推敲。

1) 不同的 dS 值表示系统处于不同的状态。当 $dS < 0$ 时, 表明系统状况良好, 系统正在向更高层次有序发展; 而 $dS = 0$ 则表示系统正处于稳定静止状态; 若 $dS > 0$ 则说明系统已经陷入混乱状态, 系统基本状况已经恶化。

2) 项目系统是远离平衡态的开放系统。产生耗散结构的系统都包含大量的系统基元甚至多层次的组分, 项目内部各要素之间存在着非线性的相互作用; 项目外部环境条件变化达到一定的阈值; 项目内部同环境不断地进行知识、信息的交换, 从而使项目系统的总熵为负。这些条件对项目发生作用, 使之从无序再到有序, 从混沌到协同, 从而产生自组织现象, 进而形成耗散结构。

以上是 2 种比较常见和典型的理解。把 $dS < 0$ 可以作为系统走向有序的唯一依据, 是值得商榷的。因为 $dS = d_e S + d_i S$ 和 $dS < 0$ 是一个简写, 完整的公式分别是^[5-6]:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d_e S}{dt} + \frac{d_i S}{dt} \quad (2)$$

$$\frac{dS}{dt} < 0 \quad (3)$$

这是对时间的一个导数。根据导数的定义, $dS = d_e S + d_i S$ 指的是系统总熵的变化率或者变化速度等于外界输入的负熵变化率加上系统内部产生的正熵的变化率^[7]。 $dS < 0$ 指的是系统总熵的变化率小于零, 即外界输入的负熵变化率大于系统内部产生的正熵的变化率。这都是瞬时速度, 并不一定是一个持续的过程。根据非平衡有序原理, 如果将系统维持在定态(即 $dS = 0$), 则 $d_e S = -d_i S < 0$, 也就是说, 从原则上讲, 只要存在一个负熵流, 系统就可以产生有序的构象。现在, 需要关注的问题有 2 个: $dS = d_e S + d_i S$ 是从热力学试验中推导出来的原理^[8], 是否可以对公共工程项目照搬套用? 另外, 是否需要慎重考虑 $\frac{dS}{dt} = \frac{d_e S}{dt} +$

$\frac{d_i S}{dt}$ 和 $\frac{dS}{dt} < 0$ 这两个公式里面蕴含的意义?

非平衡有序原理, 严格说来, 是通过严密的人工控制下的热力学试验获得的原理^[9]。但是, 从这个原理的背景可以看出, 其与公共工程项目的环境是存在很大的差异的。毕竟, 热力学的试验是可以进行人为控制的, 而公共工程项目的环境是无法进行人为控制的。从更深层次上说, 热力学试验的输入控制参量是可以认为进行调节的, 而公共工程项目的环境输入参量是无法进行认为调节的。所以, 普利高津也只是说: “从原则上讲, 只要存在一个负熵流, 系统就可以产生有序的构象”^[10]。这就意味着不同的环境和系统, 对非平衡有序原理的应用是存在差异的。需要根据不同的系统特性进行应用, 而不能完全的生搬硬套。

另外, 不能否认普利高津的非平衡有序原理的普遍适用性, 只需要进一步地加以改造。 $\frac{dS}{dt} = \frac{d_e S}{dt} + \frac{d_i S}{dt}$ 和 $\frac{dS}{dt} < 0$ 的真正含义既然是瞬时的速度^[11-12], 那么可以在这个前提下, 加上一些限制的条件。毕竟, 公共工程项目的环境千变万化, 不同阶段会有不同的情况发生, 不可能一直遵循着 $\frac{dS}{dt} < 0$ 的规律。考虑到公共

工程项目的特殊性,即公共工程项目有着严格的时间要求和规定,可以加上时间限制的条件。即要求公共工程项目至少要在计划工作时间期限内达到有序,即系统总熵的变化速度或者变化率要在公共工程项目的计划工作时间期限内小于零。通过以上分析,可以构建公共工程项目有序界定的数学模型如下:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt_j} = \frac{d_e S}{dt_j} + \frac{d_i S}{dt_j} \\ \sum \frac{dS}{dt_j} < 0 \\ \sum_{j=1}^n t_j \leq T_{\text{限}} \end{cases} \quad j = (1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

3.2 对公共工程项目中不可能出现 $S < 0$ 的证明

继续考虑“项目内部同环境不断地进行知识、信息、能量的交换,从而使项目系统的总熵为负”这种理解是否正确?事实上,无论是克劳修斯熵:

$$S_b - S_a = \int_a^b \frac{dQ}{T} \quad (5)$$

还是波尔兹曼熵

$$S = k \ln W \quad (6)$$

或者申农熵

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i(x_i) \log P_i(x_i) \quad (7)$$

都没有给出系统有序时,其熵值一定小于零(即 $S < 0$) 的结论。显然,这是对 $dS < 0$ 的一种误读,把总熵变化率当成了总熵。更进一步的分析,对于可能出现耗散结构的系统而言,总熵小于零,是不可能出现的。在上述的3种“熵”的概念中,可以说,比较好的衡量系统的总熵是波尔兹曼的熵(申农的熵强调的是事件的不确定性)^[13-14]。作为可能发展为耗散结构的系统而言,必须是非线性系统。而非线性系统的组分是要大于或者等于3的,即非线性系统宏观状态下,其对应的可能微观数目至少不能小于3,可知非线性系统总熵最小值为:

$$S = k \ln 3 \quad (8)$$

更进一步地分析,非线性平衡系统之所以能够自组织地发展为有序结构,是因为外部控制参量的输入达到一定的阈值,从而使得系统的性质和宏观状态发生根本的变化。从哲学的角度分析,是系统内的主要矛盾和次要矛盾发生的改变。在无序的前提条件下, $d_e S < d_i S$ 是主要的矛盾,导致了 $dS > 0$ 。也就是说此时正熵占据了主要的地位,主导着系统的性质和发展方向。当外界环境的负熵持续流入系统,从而达到 $d_e S = d_i S$,这时候系统处于定态, $dS = 0$ 。可以称之为系统达到临界的状态,这是系统的阈值状态。这时候系统的正熵和负熵势力均衡。如果系统处于线性的非平衡区,根据最小熵原理,系统将回到平衡状态,即系统将回到正熵最大的状态。但是,继续保持负熵的输入,导致 $d_e S > d_i S$,使得 $dS < 0$,这时候负熵处于主要矛盾的地位,将主导系统的性质和发展方向。此时,有序结构就会出现。

4 结 语

公共工程系统是一个开放、包含大量要素、远离平衡态、内部存在非线性作用及内部存在涨落的系统,具备鲜明的耗散特征。其中开放性只是公共工程项目走向有序的一个必要条件,也是公共工程项目走向无序的条件。而一定区间内的开放程度与有序程度相关。考虑到公共工程项目的特殊性,不同的阶段会有不同的情况产生,不可能一直遵循着 $\frac{dS}{dt} < 0$ 的规律,故在此基础上加上时间限制的条件,构建了公共工程系统有序数学模型,并根据模型证明公共工程项目中不可能出现 $S < 0$ 。通过以上分析,可在工程实际中建立公共工程系统的熵流模型,进而分解出正熵和负熵,并将其映射于建设过程,形成过程责任归属责任矩阵,从而建立可控的公共工程系统过程管理体系,确保公共工程建设总目标的顺利实现。

(下转第256页)