

高速公路运维系统的探讨及优化应用

殷峰

(上海城投公司管理运营管理中心, 上海市 201700)

摘要: 针对公路运维不断增长的对提质升级、提高处置复杂问题能力的需求,指出公路运维需作为系统优化这一要点,为此探讨并得出了便于进行系统优化的一系列推论,包括信息与指标集、知识与标准、功能与信息、短回路与长回路、系统相关信息、关联信息组以及信息的无界、复杂、效率与反馈环对系统优化的主要作用,随后将这些推论成功用于实际问题,说明了研究在公路运维工作中的推广价值。

关键词: 系统工程;信息;知识;反馈环;公路运维

中图分类号: U492

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)09-0162-04

0 引言

在自然界和人类社会中普遍存在着由若干环节环环相扣组成的事物,即“系统”^[1]。由相互制约、相互作用的部分组成的具有某些功能、旨在实现特定目标的有机整体就是系统,大到全国铁路网、全球互联网是系统,小到一个车间、一台手机也是系统。人们生活在各类系统交织的环境中^[2]。系统是物质普遍存在的形式,一些联系不紧密的群体或集合可视为非系统,而成为一个系统的“门槛”并不高,只需有组成、有联系、有目的、有功能即可。公路运维具备上述基本特征,因此属于系统。

并非所有系统都是健康的。例如,企业是系统,健康的企业具有内生动力和自我修复力,能够克服压力“逆袭”,但亚健康的企业却效率低下、不断犯错、停滞不前。系统工程的一个重要作用就是对既有系统的改善与优化。公路运维如今正处于转型升级的关键期,不能沿袭过去指令型、任务式、碎片化的传统做法。公路运维作为系统是否需要优化,这应该从系统的本质开始探讨,以期得到有价值的方法论。

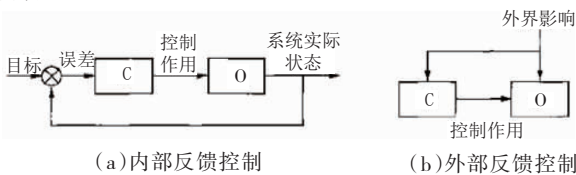
1 系统理论相关内容概要

以下是系统概念的摘要。系统具有下列特征:(1)由要素按一定方式结合而成,要素可以是构件、环节、组织机构等,要素之间相互依存、相互作用;(2)有整体的功能和目的,能反映“目的性”;(3)具有层次性,

总是由子系统构成,而系统本身又是更大系统的子系统;(4)处于外部环境之中,系统与环境之间总有物质、能量或信息的交换,又与环境有明确边界^[2]。

系统的分类:(1)自然系统,人工系统,复合系统;(2)自然系统,社会系统,思维系统(概念系统);(3)实体系统,概念系统;(4)闭系统,开系统;(5)静态系统,动态系统;(6)简单系统,复杂系统;(7)自组织系统,他组织系统^[2]。

系统有两种控制方式,内部反馈控制和外部反馈控制,如图1所示^[2]。



注:O为被控制对象,C为控制器

图1 系统的两种控制方式

系统优化需要考虑其功能性、可靠性、可维护性、可用性、服务性、可扩展性及经济性等,并从经济、技术、环境、社会、管理、信息、效益这几个方面进行评价^[2]。

系统动力学(SD, System Dynamics)针对自组织的开放复杂反馈系统(指系统量会随时间而变化^[3],如人员变动、计划调整、设施老化等),通常以反馈关系环路来描述系统的动态行为,如图2所示。复杂系统由相互作用的信息反馈环路构成,系统行为根植于内部反馈结构,反馈环包括一阶正反馈环、一阶负反馈环、二阶负反馈环与正负反馈环等,其中以主回路为最重要。具体变量包括积累变量(状态变量)、流率变量、辅助变量、时延等,其建模方法有解析法、框图

收稿日期: 2023-10-23

作者简介: 殷峰(1973—),男,硕士,高级工程师,从事高速公路运行养护技术工作。

法、因果关系环路法及流图法^[4]。

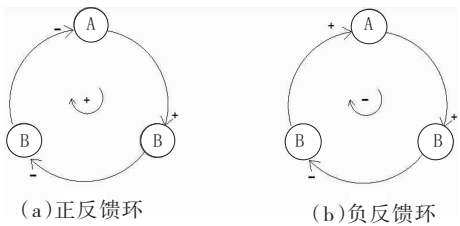


图 2 反馈关系环路

“信息”是物质的存在方式和状态的表现,是属性标识的集合,包括实体类(质量、形状等)、运动类(速度、位移、频率等)、基因类(结构、组分等)、反应类(感觉、反应等)以及意识类(判断、决策等)^[5]。信息可以识别、存储、传递、量度、加工和共享^[6]。

2 推论

对系统概念加以整理,得到一些简明的推论,以便更好地应用于实践。

2.1 反馈环与信息

健康的系统内每个要素(以下按工程习惯称为“构件”)皆按内、外两种反馈机制运行,构件之间组成短反馈环和长反馈环,最长的反馈环为主回路。

推论 1:处于反馈环内的为系统构件,不在反馈环内的为外部环境。

推论 2:反馈的对象是信息。

2.2 信息与功能

系统 S 有若干功能,功能是实际的行为、动作,每个功能对应一组指标(即信息),可以将其表述为: $S_F(B_1, \cdots B_i, \cdots, C_i, \cdots D_i, \cdots E_i, \cdots)$,其中 $B、C、D、E$ 指系统的功能, $B_i、C_i、D_i、E_i$ 为各功能对应的指标子集。

推论 3:系统的功能可细化为信息(指标)。

例 1:公路的一个功能是“提供行驶舒适性”,可将其细化为路面平整度、破损率、跳车指数、车辙等指标。

2.3 流、构件与信息

推论 4:必有信息在系统构件之间以及系统构件与环境之间流动。

2.4 信息与知识

“知识”分为已知的知识、模糊的知识和未知的知识。成熟的理论知识、设计标准、养护规范、设计文件或使用手册里明确规定的条例是已知知识;发展中的理论和待完善的标准是模糊知识;尚在起步阶段的理论和标准是未知知识。

推论 5:系统属性可量化为各种指标,信息即指标的实时值,而知识是规律,为指标的不同阈值、指

标间内在关系,或是标准、要求。

例 2:钢箱梁顶板新出现一条裂缝,这个信息的指标表述即“XX 部位是否有裂缝”的结果为“是”,而其对应知识(即标准)为“XX 部位出现裂缝,是车辆荷载所致,需尽快维修”。

例 3:某现浇箱梁底板实测“保护层厚度平均值”(信息)为 25 mm,而作为标准的“保护层厚度设计值”(知识)是 35 mm。

推论 6:事物的全部信息是无限的,而与特定系统相关的信息只是其中一部分。系统 S 中每个构件(要素) S_m 的系统相关信息构成一个集类 $\Gamma_{Si}(A_1, A_2, \cdots A_i \cdots A_n)$,其中每个子集 A_i 指某一类信息(指标)。

例 4:对于公路运维系统,车辆的车速、流量、车型、荷载、外轮廓尺寸为 Γ_{Si} 中的子集,而品牌、颜色则不是 Γ_{Si} 中的子集。

Γ_{Si} 中每个子集 A_i 的产生是随机过程,并且其数据是采集而得,因此信息的完整性随着采样周期而不同。特别是如果使用人工采集,更容易丢失信息。

例 5:根据规范,桥梁通常的检查周期为 1 个月,某日在板梁上发现一条竖向裂缝,则记录裂缝出现的时间误差是 1 d 至 1 月。

系统内不存在孤立的属性,因此可得出如下推论。

推论 7: Γ_{Si} 内部若干子集构成“关联信息组”,或 A_i 和系统其他构件的相关信息 Γ_{Sj} 的若干子集构成“关联信息组”。这些关联信息组的联系是隐性的,需要技术人员去发现并判断。

例 6:板梁铰缝开裂和桥面铺装对应部位的纵向裂缝、板梁横向裂缝扩展、动挠度增大及桥梁所在路段重车突增可构成一个“关联信息组”。

2.5 系统与信息

系统的信息属性如下:

(1)系统信息有目标信息、功能信息、技术信息(即业务信息)和资源信息。

(2)信息有简单与复杂之分,信息的维度与关联组越多,则信息越复杂。

(3)信息有无解和有界之分,随着时间的生成、存放、传递与加工,信息的存放时间有限的,信息在加工、传递中会有缺失、失真。生成的信息必定在原信息集内的为有界,如生成的信息可能在原信息集外,即扩展了信息集,则为无界。

推论 8:在信息、构件、反馈环三方面中,信息最关键,信息越无界、越复杂、传递效率越高,则系统越高级、健康;反馈环是系统健康的基本条件,分为长

回路和短回路；系统的熵增趋势等价于信息趋向简单、有界、低效。

例 7:低等动物以生存为唯一目标,其信息范围封闭;人类的特别之处是能够专门发现、处理、创造信息。

3 优化应用

以下将上述推论应用于对行业内若干焦点问题的讨论。

3.1 高速公路运维系统是什么

弄清这一问题关系到运维系统的基本定位和发展方向。一言以蔽之,高速公路运维系统是由设施与管理者构成的“服务体”,以信息流为核心对象、以为车辆及司乘人员提供“畅安舒美”的运行条件为目标、且需克服各种作用如自然衰退及风险因素影响的系统。

目标信息和功能信息已有各种量化指标,但很明显均是开放的,即具有无界性。

技术信息包括设施技术状况(路、桥、隧、机电等存在的病害与现状指标)、安全运行状况(运行环境、

交通事故、存在风险与隐患等)、交通服务状况(区段交通量、车型比例、平均速度、交通流特征、主线拥堵数据、收费站流量数据等)、运维信息(养护维修、检测巡视、牵引、应急处置、养护工程资料、决策等)。随着研究深入,技术信息的内涵可不断扩展、丰富,即具有无界性。

反馈环可分为短回路和长回路,工作内容定式化、可快捷执行的为短回路,反之即为长回路。

例 8:巡检员发现路面坑槽→维修员修复→质检员验收、计量→病害消除,此为短回路,为日常养护维修作业,其中巡检员、维修员、质检员均属执行岗。

例 9:技术岗分析检测数据→技术岗上报养护需求→决策岗认可→技术岗组织方案制定→决策岗提出修改意见→技术岗优化方案→决策岗提出优化要求→技术岗优化……→决策岗认可方案后立项→执行岗实施,此为长回路,为养护决策过程。

3.2 公路运维系统优化的关键点

从信息的无界、复杂、高效及反馈环等角度出发,以负熵为优化方向,梳理公路运维系统优化的关键点,见表 1 所列。

表 1 公路运维系统优化关键点		
序号	关键点	优化方向(负熵)
1	无界(开放)	1.不断丰富目标、功能的内涵,使目标、功能信息集升级、扩展; 2.不断探索设施服务水平、技术状况、运行安全的规律
2	信息复杂	1.公路运维是跨学科的行业,应充分利用各相关学科理论成果提升专业水平; 2.不断完善目标、功能、技术状况、运营安全、服务水平等信息的评价、决策指标体系
3	高效	1.推进数字化运维平台建设,提高信息传递的准确性和速率; 2.明确公路运维系统要求的资源信息,如岗位要求,技术岗的系统属性为专业知识储备、职业道德(实事求是、严谨、立足现场等)、判断力、制定方案的能力等
4	反馈环	1.在所有任务、流程中完善反馈环; 2.推进主回路建设,即服务对象(司乘人员)与服务者(经营管理单位)之间及公路服务与营收之间的反馈回路

3.3 公路机电维护的“黑箱”问题

机电维护由于其“专业壁垒”,一直未能很好地融入公路运维体系。问题的实质是信息“隐藏”。为此,试采用逻辑图法附以要素表,描述机电养护子系统,将隐藏的信息呈现出来,以自动灭火系统为例。逻辑图如图 3 所示,要素表如表 2 所示。

可见,通过逻辑图和要素表能将机电养护所涉及的各环节通/断、技术参数、环境因素与维护内容等信息及逻辑关系充分地展示出来。

4 结 语

本文梳理系统理论,得出了信息、构件、反馈环为系统要点,其中信息最关键,信息的无界、复杂、高

效及所有流程反馈环全覆盖是提升系统健康的基本要求。通过实例表明,这些成果在公路运维系统的优

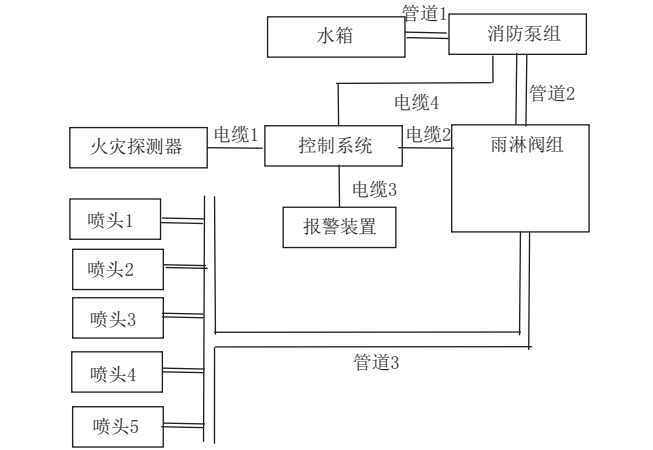


图 3 水喷雾灭火养护系统逻辑简图

表 2 水喷雾灭火养护系统要素

设施	要素 E	逻辑连接 L	状态向量 S	环境变量 C(要求)	养护 M(要求)
火灾探测器	感温光缆,连接光缆,信号处理器,光纤光栅报警主机	通 / 断	温度阈值,温升速率阈值	温度,湿度,颗粒物浓度等	功能检查,动作测试,声光试验,试验报警信号,信号显示等
电缆 1~4	电缆	通 / 断	绝缘电阻,接地电阻	湿度	外形、接触点检查等
控制系统	中控报警主机,若干联动模块	通 / 断	稳定性	温度,湿度	备用电源充放电,主电源与备用电源自动切换试验等
雨淋阀组	雨淋阀,报警阀,信号蝶阀、电磁阀,比例混合器,压力开关,水力警铃,控制阀门,水压表等	通 / 断	流量,进水口压力,最大工作压力,阀件位置,触点容量,功率等	温度,湿度等	阀件位置检查,外观检查,压力检查,泄漏检查,泄放试验,密封圈检查,管网耐压试验,清洗过滤器等
管道 1	管道,接头,支架等	通 / 断	承压能力,变形能力,防腐性能等	湿度,环境振动,腐蚀性等	外观检查,泄漏检查,补涂,更换接头,阀门检查,清洁
消防泵组	电机,泵体,轴承等	通 / 断	设计流量,电压,电流,扬程,轴承温度,轴封泄漏量,噪音等	温度,湿度,腐蚀性等	异常声音、轴承润滑、电压、电流、温度、密封性等的检查,加润滑油,紧固,清洁等
管道 2	管道,接头,支架等	通 / 断	承压能力,变形能力,防腐性能等	湿度,环境振动,腐蚀性等	外观检查,泄漏检查,补涂,更换接头,阀门检查,清洁
水箱	进水管,水箱,过滤器	通 / 断	水面高度,流量,清洁度等	腐蚀性	外观检查,清洁
报警装置	报警主机,手动报警按钮,报警工作站等	通 / 断	稳定性	温度,湿度	动作试验,系统功能检查等
管道 3	管道,接头,支架等	通 / 断	承压能力,变形能力,防腐性能等	湿度,环境振动,腐蚀性等	外观检查,泄漏检查、补涂,更换接头,阀门检查,清洁
喷头 1~5	喷头 1~5	通 / 断	出口压力,喷射距离	清洁度,腐蚀性,颗粒物浓度	测试时检查泄漏,清洁等

化中能发挥显著作用。

参考文献:

[1] 姚德民,李汉铃.系统工程实用教程[M].黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,1997.

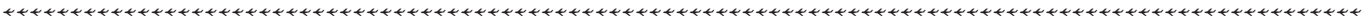
[2] 王众托.系统工程[M].北京:北京大学出版社,2010.

[3] 贾俊秀,刘爱军,李华.系统工程学[M].陕西:西安电子科技大学出版社,2014.

[4] 周德群,章玲,张力波,等.系统工程概论[M].北京:科学出版社,2010.

[5] 严彬.信息动力导论[M].北京:北京邮电大学出版社,2014.

[6] 王勇,英雄华,蔡国永.信息论与编码[M].北京:清华大学出版社,2013.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴，为您提供平台，携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com