

# 工程管理信息化架构研究

刘人怀, 孙 凯

(暨南大学战略管理研究中心, 广州 510632)

[摘要] 通过对实现工程管理信息化过程中各利益相关者的分析,提出了建立工程管理信息化的可参考途径,并对工程管理信息化架构的演变过程及相应模式进行了分析,提出了由服务层(service layer)、应用层(application layer)、资源层(resource layer)和基础设施层(infrastructure layer)构成的4层SARI架构。

[关键词] 工程管理;信息化架构;组织协作;公共平台

[中图分类号] C931.6 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)08-0004-06

## 1 前言

工程管理信息化是指为了更好更有效地实施工程管理,利用信息技术,构建信息系统,并在工程管理实践中加以应用的过程<sup>[1]</sup>。由于大中型工程的投资较大,对社会及环境的影响广泛。通过信息化实现资源共享,能够有效降低工程管理中的协作成本和重复投资,有效监控工程的设计、建设、运行和维护等各阶段。这将有助于降低工程全生命周期内的总投入,提高工程质量及运作效率,同时促进工程环保效益的实现和改善民生满意度,使得工程的经济效益与社会效益得以大幅度提升。

信息化建设不仅是信息技术系统的建立问题,同时也是与之相适应的组织架构与沟通机制、信息共享与知识创新模式不断调整、不断完善的过程。它涉及不同组织内部或组织之间、不同工程之间,以及工程与政府和社会公众之间的信息沟通等一系列问题。基于对工程的全生命周期分析,工程管理信息化的内涵可以归结为4个方面,分别是运营管理、伙伴协作、公众服务与集成创新<sup>[2]</sup>。

文章在以前研究的基础上,对工程管理信息化的架构进行了探讨。工程管理的信息化架构是用于描述在工程管理实现信息化过程中,其涉及的所有

要素及要素间关系的一般框架。其中,要素包括与工程建设及运营相关的各类组织、业务流程、信息系统及人员。

## 2 工程管理信息化的利益相关者分析

工程管理信息化的实现涉及与特定工程相关的多个组织和社会公众,是典型的跨组织信息系统应用。一项工程,特别是大中型工程,往往具有实体设施投资巨大、技术标准复杂、建设及运营周期长等特点,且大都属于高耗能项目,对环境、社会民生及国民经济等都有着较大的影响。通过对特定工程利益相关者的分析,可以将工程管理信息化架构所涉及各类组织及人群划分为5类角色,分别是运营组织、建设组织、政府部门、公共资源和社会公众。

1)运营组织。工程运营组织是在工程的全生命周期之中,对不可移动的实体设施进行经营、维护和升级的组织。这类组织有明显的地域特征,大都拥有或管理着庞大的固定资产。运营、管理实体设施是该组织的主要业务,贷款偿还、资产折旧和能源消耗在其运营成本中占有较大比重。

针对特定工程而言,工程运营组织是工程管理信息化的主体。工程的所有者或管理者为确保工程的顺利运营,建立沟通协作平台。及时的信息沟通

[收稿日期] 2011-04-25

[基金项目] 国家自然科学基金项目(71071070);中国工程院咨询研究项目(2009-XY-21);广东省科技厅项目(2009B050900002)

[作者简介] 刘人怀(1940—),男,四川成都市人,中国工程院院士,暨南大学教授,博士生导师,研究方向为管理科学、板壳结构分析与应用;  
E-mail:lrh@jnu.edu.cn

和有效的信息共享,可以确保工程设计方、施工方、供应商、运营商等一系列与工程直接相关的组织之间进行有效协作,以提升工程的运作效益,实现对工程全方位的管理<sup>[3~5]</sup>。

对于管理多个大中型工程的企业来说,一般存在多个工程运营系统并存的情况。这些系统的实现方式、技术水平、设备状况等可能存在较大的差异。实现多个运营系统的相互集成、资源共享,并与管理系统之间实现有效的数据交互,是提高工程整体运营效率的重要途径。

2)建设组织。建设组织主要指是在工程交付之前,受业主委托完成工程的设计、建设及监理等一系列工作的组织,它也可以包括相关的物流企业等。

工程建设组织自身的信息化建设,是工程管理信息化建设的重要组成。没有相关企业信息化的实现,就没有工程管理信息化的全面实现。在工程设计与施工期间,工程业主、施工方、设计方、监理方等相关企业之间的信息系统集成、数据交换和信息共享水平是与工程相关各方自身的信息化水平密切相关的。

3)政府部门。在实现工程管理信息化的过程中,政府部门扮演的是政策引导、规划、监管、标准制定及应急指挥的角色。政府进行工程规划和监管的不同模式,对工程建设的进度和质量有着深远的影响<sup>[6]</sup>,也间接地决定了工程管理信息化的实现模式。

此外,建立国家或行业层面的信息交换标准和信息共享机制,完善相应的公共信息技术基础设施建设,建立为众多工程所能享的信息资源平台,通过建立知识库、案例库、专家系统等,提升各类工程的知识管理水平,也是研究工程管理信息化的重要内容之一。

4)公共资源。与工程管理信息化建设相关的公共资源包括:金融保险、能源交通、教育科研、设备租赁、电子商务及交易平台等相关组织。有效利用公共资源,可以降低工程的重复投资率和风险强度,实现不同组织、不同工程项目之间的资源共享,有利于更加高效地完成财务融资、人力资源培养、市场开拓等管理活动。

任何一个工程都不是独立存在的,在全生命周期的工程管理中,需要不断吸收相关及类似的工程方法、经验和教训;同样,该工程的信息和知识资源也可以为其他工程所借鉴。知识在今后的生产和社会活动中的重要性是与日俱增的,通过不同工程之间的信息共享,可以形成新的知识财富,为今后的工

程项目所受益。

5)社会公众。社会公众是工程的受益群体,是工程的服务对象和工程质量的最终评判者。在国民经济建设浪潮中,社会和百姓期待千千万万的工程是民心工程、科学工程、合理工程<sup>[7]</sup>。无论是公益性工程还是经营性工程,其目的都是为社会公众服务。建立公众服务平台,可以使工程的开发者或管理者与社会公众之间形成有效的沟通,并使得受工程影响的社会公众群体,如水利工程的移民、交通工程的乘客、房地产工程的拆迁户等,以及环境影响的受益者或受害者都能及时准确地获取信息,形成公开与透明的信息机制。

### 3 传统的工程管理信息化架构

工程管理信息化的实现涉及多个组织信息系统的有效集成。各组织现有的信息系统是在其不断发展过程中逐步引入的,且大都是为适应特定需要而建立的专用系统。由于早期的信息技术在安全措施及传输速率等方面具有一定的局限性且大都造价昂贵,加之系统只能根据即时的需求,在遵循成本与效益对等的原则下逐步引入和更新,在客观上造成了技术应用的局限性。

由于没有统一的信息系统规划来进行指导,各组织的信息系统建设存在很大的无序性、重复性和局部性,工程整体的信息化架构在事实上是不存在的,所有的系统大都以孤立的方式运作,即通常所说的“信息烟囱”(information silo)或“信息孤岛”(information island),如图1所示。

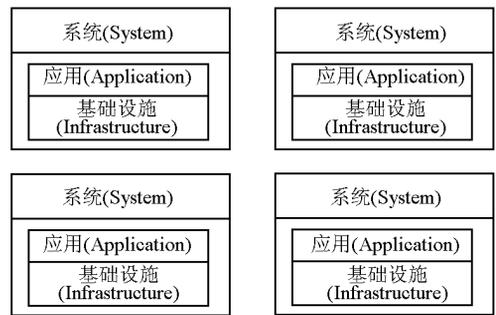


图1 传统的信息化架构

Fig. 1 The stand-alone information silo

图1也可视作孤立运作状态下的工程管理信息化架构。这种孤立运作的信息系统状态已无法适应现代工程建设的需要,主要源于以下几个方面的问题:

1) 系统目标不一致。各类系统都是根据特定时期的需求,由不同组织或部门根据自身需求而建立的。系统建立与运作的目标大都从属于业务单元的局部利益,而非工程管理的总体目标。

2) 技术体系缺乏标准化。由于缺乏统一的整体规划,各系统的网络、硬件、软件都是专用的,具有各自不同的技术标准、运行流程及维护团队,因此系统的互联互通性较差。

3) 信息交互渠道不畅。不同组织之间、不同信息系统之间的信息交互无法实时进行,很多环节依赖人工操作。数据的重复录入不仅会导致运营成本的增加,而且会导致错误机率的提高。

4) 风险隐患难以消除。没有统一的网络管理和监控措施,具有较大的风险隐患。因为独立的网络大都只能实现设备级的安全管理和较低层次的容错机制,安全性完全由设备决定,如硬件发生设备故障,可能导致所属网络发生瘫痪,并可能影响到其他系统的运作。

5) 潜在的安全问题。缺乏集中的安全管理,不能对网络、安全、数据、业务等进行统一管理,不能识别网络业务和用户行为。由于网络边缘安全设施的不足,各类终端技术标准不一,安全事件不可见、不可控,也无法预防。

6) 数据存储问题。各系统的数据存储方式和存储标准不一致,数据可靠性不足,资源共享性差,存储系统的可用性欠缺,不利于建立统一的备份和灾难恢复机制。

以上问题制约着工程管理信息化的实现,并与现代工程的建设与运营要求不相适应,因此应逐步过渡到具有一体化的系统应用、集中的数据存储、基于 IP 的统一网络,以及全面深入的安全机制和高效智能管理的模式,从而建设设施共用、数据共享、应用集成及服务统一的完善体系。

## 4 工程管理信息化的二层架构

在工程的全生命周期中,工程各利益相关者之间存在着广泛的联系,任何一方的变化都会对其他组织产生一定的影响;重大的业务流程、运营模式及技术架构的变革只能在一定时期内,以相对平稳的方式发生。对旧系统的改造需要一个渐进的过程,二层架构的实现具有重要的现实意义,如图 2 所示。

二层架构可视为由孤立到全面整合的信息化过渡架构,其突出特点是实现了信息技术基础设施的

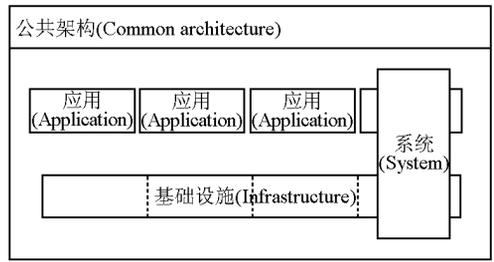


图 2 二层信息化架构

Fig. 2 The 2-layer architecture

互联互通。二层架构能对各组织的信息技术基础进行集成。在技术实现上,二层架构是在不改变网络拓扑结构及应用范围的情况下,对各个孤立的网络进行连接,对各网络的外部出口进行整合和规范。相比于系统孤立运作的方式,其特点十分突出,分别叙述如下:

1) 统一的信息系统规划。基础设施的互联互通,使得整体工程的管理信息化架构得到了初步建立,为实现统一的信息系统规划创造了物质条件;在此基础上,相关业务流程的优化及运作模式的变革成为可能。

2) 单一的技术标准和维护体系。各组织间的网络优化、单一标准体系的建立,以及统一的系统维护等都可以在网络互联互通的过程中实现,是技术架构进一步完善的基础步骤。

3) 充分利用社会公共资源。不同工程建设和运营阶段的信息化需求是不同的,很多系统是临时建立的,且短期使用的。基础设施层的互联互通,为充分利用社会公共网络及信息资源提供了便利,减少了工程建设中的信息化投入成本,加快了信息化实现的进度。

4) 安全措施得到了极大的完善。基础设施整合的两个重要指标,分别是内部网络的连通和外部接口的统一。内部网络的连通,使得安全标准得以统一、网络安全监控得以实现、各组织的网络安全水平得以提高。外部接口的整合,将跨组织的数据交换纳入统一的管理之下,可以有效地杜绝各类信息安全隐患。

5) 实现的难度相对较低。相比较而言,基础设施的技术标准更加通用,比直接进行应用系统层面的集成更容易实现;且基础设施与具体业务的关联度也小于应用系统,集成过程对整体运作的影响程度较小。

6) 为各类系统的迁移和集成创造了条件。在

系统孤立运作状态下,信息系统的升级往往需要更新大量硬件设备及延伸各自的网络。基础设施的整合则为网络和设备共用创造了条件,降低了系统更新方面的投资强度。

7)降低了新系统引入的投资门槛和技术难度。在系统孤立运作状态下,新系统的建立必须考虑网络建设、设备采购、维护机制等一系列相关问题。基础设施的整合为降低新系统的投资规模和技术难度、缩短系统实施周期,创造了条件。

8)使用效率提高,产生环保效益。信息系统大都是按照最高承载标准和快速应对突发事件的原则建立的。在日常运作中,很多设备都处于较低的使用率状态。基础设施的整合可以实现跨组织的资源共享,使得整体系统冗余有所降低,而能源方面损耗的降低可以带来直接的环保收益。

就不足而言,二层架构只是整合了基础设施层面,系统在应用层面仍是独立运作的。因为,相比于基础设施集成的单纯技术实现而言,应用系统直接与业务运作相关,由其变化产生的影响远大于基础设施的。此外,应用系统的种类繁多,各类接口标准的变化很大。相比于基础设施,应用系统的整合难度较大。鉴于此,二层架构还无法实现各组织内部及外部资源的充分整合,架构的整体性、灵活性或可扩展性都还有待加强。

## 5 工程管理信息化的四层架构

工程管理信息化实现涉及不同组织的多个业务系统。由于各类应用系统种类繁多,建设年代先后不一,技术标准有异,供应商也各不相同,因而直接对应用系统进行集成的难度和所花费的成本较大;而且应用系统间的两两集成,会造成系统的灵活性下降,对于某些外部购买的系统,可能还会因为供应商的软件升级而变更集成方案。此外,不同业务流程之间的数据交换有时是临时性的,为此设置专门的集成方案则过于低效。因而,在充分保持现有应用系统状态的情况下,通过建立集成式的公共平台完成系统是比较合理的选择。

四层架构在二层架构的基础上增加了资源层和服务层:通过资源层,实现数据的集中传递和备份,借此实现数据的专门存储和建立灾难恢复机制;通过服务层,进行不同系统之间的数据交换和消息传递,形成跨组织沟通和远程应用。架构的4个层分别是:服务(service)、应用(application)、资源(re-

source)和基础设施(infrastructure),取各层的第一个字母,将其称之为SARI<sup>[8]</sup>,如图3所示。

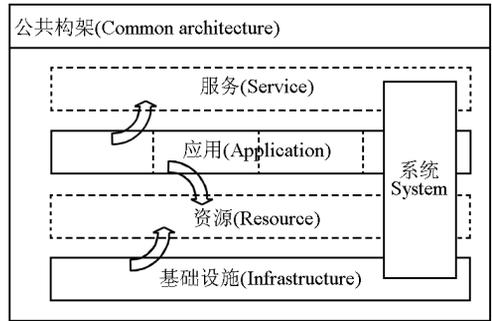


图3 四层信息化架构(SARI)

Fig. 3 4-layer architecture(SARI)

### 5.1 四层架构概述

SARI 可以适应工程全生命周期中多组织进行有效协作及持续变革的需求。相比较而言,二层架构只是基础设施层面的整合,而 SARI 则是各个层面的全面集成和共享,因而架构的整体性、灵活性、可扩展性和可操作性有了较大的提升。

1)基础设施层(infrastructure layer)。基础设施层为技术架构的其他层面提供统一的支持。作为供多个流程及系统共享的物理平台,基础设施层主要包括网络及共用设备两部分。基础设施的网络部分包括由有线、无线及其他特殊网络构成的园区网络,它涉及各类线路及相关的软件及硬件设备。园区网络与外部网络的整合能够采用 VPN 及 VLAN 等技术,通过构建虚拟网络来支持各类系统的运作,即在互通互联的基础上,通过建立单一的技术标准和规范,按照统一的规划对相关的网络进行分期分步合并,将各类外部网络接口纳入统一管理,进行物理上的集中,从而形成真正意义上的基础设施共享平台。随着技术的发展,诸如自动识别、楼宇控制、媒体传输、通信设备等都可以采用基于 IP 的技术进行改造。基于 IP 的技术,意味着这些设备可以运行于公共平台之上,相互之间的数据传输可以不再依赖于专门的网络。同时,这也意味着这类设备不再被特定的系统所独占,并可以为多个信息系统或业务流程提供支持。

2)资源层(resource layer)。资源层实现对工程相关数据资源的集中管理,在具体实现上,它包括支持日常运作的运营数据库(operation database, ODB)、支持管理事务的管理数据仓库(management data warehouse, MDW),及与之相关的存储、备份及灾难恢

复的硬件、软件及专用网络,以及数据格式、数据接口标准等内容。ODB 与 MDW 有着很强的联系,前者是后者主要的数据库源。两者基于相同的数据库技术,都需要对数据存储、传输、备份等相关的设施进行物理上的集中。两者的数据都来自多个不同的信息系统,因此,需在数据结构等方面进行逻辑上的集中,才能够有效共享。无论在物理上还是逻辑上,ODB 与 MDW 都不是一个单一的数据库,而是由一系列主题数据库构成的数据库体系。ODB 与 MDW 所不同的是,ODB 的主题数据库一旦确定将长期存在,不会轻易修改,而 MDW 中的主题数据库则可以根据不同的需要而动态设置;ODB 只存储与运作有关的内部数据,而 MDW 不仅包括内部数据,而且还包括经过整理汇总的外部数据。从数据备份及灾难恢复的角度而言,ODB 的重要程度更高一些。

3)应用层(application layer)。与其他3个层次都是作为公共平台所不同的是,应用层可看作一系列应用系统的集合。应用层是一种分散的结构,各系统可根据业务的需要灵活配置、增减或升级,保持了系统组合的灵活性、动态性和可升级性。应用系统的划分与业务流程划分相对应;在业务流程内部,各类相关系统应逐步整合为单一的系统;业务流程之间的数据交互和消息传递分别通过资源层和服务层实现。

4)服务层(service layer)。服务层在整个信息架构中起着重要的作用,既是应用系统界面集成及消息集成的技术平台,又是组织与合作伙伴之间的信息交流渠道。运营系统的远程应用,呼叫中心、办公自动化及知识管理都可以基于此平台实现。服务层主要包括两部分:企业服务总线(enterprise service bus,ESB)和公共服务平台。前者主要完成对应用层系统的消息集成及界面集成,并作为后者的技术提供支持平台。

公共服务平台结合电子商务及远程协作办公等相关技术手段,通过整合应用层的各项远程服务及信息发布功能,为各组织提供包括在线服务、信息共享、远程应用、协同办公、电子商务等功能的在线基础应用平台。

## 5.2 四层架构的优势

集成与共享是 SARI 建立的核心原则。SARI 面向工程的全生命周期,提供对各类业务流程的整体支持,实现全面的信息资源共享。与二层架构相比,四层架构有以下变化:

1)设施共用。在基础设施层面,通过统一规划

基础设施,由简单的互联互通过渡到基于 IP 协议的整合网络,降低了网络的复杂程度;使得二层架构的各项优点得到了进一步的提升。

2)数据共享。将从属于基础设施的数据库硬件及网络资源进行物理集中,将从属于应用系统的数据库资源进行逻辑集中,两者结合形成独立的数据资源层,并在此基础上建立统一的数据存储、备份与灾难恢复机制。

3)应用集成。对各类应用系统,按照业务流程的优化和调整进行合并,通过资源层实现数据集成,通过服务层实现消息集成。这一方面实现了系统之间的有效交互,另一方面又保持了系统的灵活性和独立性。

4)服务统一。对各类应用系统的操作界面进行统一,形成基于浏览器的操作界面,提高了组织间的交互能力;对各类信息沟通渠道进行整合,形成统一的信息沟通渠道,避免了跨组织交互过程中可能产生的信息混乱和无序状态。

SARI 是一种通用架构,可以为工程管理信息化建设提供借鉴<sup>[9]</sup>。在应用过程中,需要对各组织自身的信息化模式做出较大的调整,由完全分散的模式调整为集中与分散相结合的模式。在业务流程方面,SARI 的实现要求将与信息技术应用有关的各类事项整合为一个独立的业务流程,以为其他的业务流程提供统一的支持和服务。

工程管理者需要制定适用于各组织协作的技术标准与规范、日常维护机制,以确保各组织之间的有效联系,建立统一的系统集成标准。它具体包括两方面:一是自有标准的确定,包括硬件设备的选择标准、软件接口标准、软件存储标准、网络协议等;二是通用标准的采用,对有关国际标准、地区标准、国家标准、行业标准、组织标准的选取。两者结合构成组织范围内适用的单一标准体系。

统一的技术保障体系是工程管理信息化架构的重要组成部分,具体包括整体的技术保障体系和支持团队的建设。技术保障体系包括对所有硬件、软件、网络,与之相关的弱电系统等其他设施的维护、更新等,以及用户的定期培训机制。团队建设则包括与信息技术有关的人力资源方面的工作,以及形成信息技术人员间相互沟通、资源共享、协作创新的氛围。

## 6 结语

文章探讨了构建工程管理信息化架构的缘由、

构成和实现方式。架构的实现不仅包括单纯的技术方面,而且还包括与之相关的运作模式变革及业务流程优化等相关内容。整合与协调运作的信息系统集合,能够为工程项目的实施提供有效的技术支持和资源保障。

SARI 架构的核心是集成与共享,涉及网络、数据、流程、界面等各个方面;集成包括物理上的集成和逻辑上的集成,具体为由物理集成形成共用平台,逻辑集成形成各类系统;各类系统在不同的层面通过共用平台进行交互,共享平台的各类资源。

从纯技术的角度而言,工程管理信息化的实现并不需要特定的专有技术,所有用到的技术都是现有的成熟与通用的技术。SARI 架构所关注的并不是追求先进的技术设施,而是关注如何选择合适的技术,如何确定适用的技术组合,以及如何更有效地使用相关技术的问题;更重要的是,信息化架构应该关注与技术应用相关的组织运作模式变革及业务流程优化所带来的一系列问题。工程管理信息化的实现过程是各利益相关团体有效协作与资源充分共享的过程,这也是信息化架构逐步由专用与独占模式演变到集成与共享模式的过程。

## 参考文献

- [1] 朱高峰. 对工程管理信息化的几点认识[J]. 中国工程科学, 2008,10(12):32-35.
- [2] 刘人怀,孙 凯. 工程管理信息化的内涵与外延探讨[J]. 科技进步与对策,2010,27(19):1-4.
- [3] 孙 凯. 关于澳门国际机场实施虚拟化机场战略的初步设想 [C]// 亚洲战略管理学会;亚澳论坛论文集,2008.
- [4] Sun Kai,Guo Wei. Airport business model with integrated services platforms for transportation, commerce & information [C]// Wuhan; Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering and Business Management, 2011.
- [5] Sun Kai,Guo Wei. Analysis on partners & customers of airport management informatization [C]// Wuhan; Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering and Business Management, 2011.
- [6] 刘人怀,孙 凯,孙东川. 大型工程项目管理的中国特色及与美苏的比较[J]. 科技进步与对策,2009,26(21):5-12.
- [7] 刘人怀. 工程管理:管理对国民经济的深度加入[C]// 广州:首届中国工程管理论坛论文集,2007.
- [8] Sun Kai,Weng Chio Lai. SARI:A common architecture for information systems planning [C]// Changsha; Proceedings of the 2010 International Conference on Future Information Technology, 2010.
- [9] Sun Kai,Weng Chio Lai. Integrated passenger service system for airport based on SARI [C]// Changsha; Proceedings of the 2010 International Conference on Future Information Technology, 2010.

## Research on architecture of engineering management informatization

Liu Renhuai, Sun Kai

(Strategic Management Research Center, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

[ **Abstract** ] This paper proposes a reference approach to the establishment of Engineering Management Informatization (EMI) through the analysis of various stakeholders involved in the implementation process. It also brings up the 4 - Layer architecture (SARI) which consists of Service Layer, Application Layer, Resource Layer and Infrastructure Layer by the analysis of the process of evolution and the corresponding model of EMI architecture. This paper describes the content of SARI and its application to EMI. SARI is a common architecture with the characteristics of integrated system application, centralized data storage, unified IP - based networks, completed security mechanism and efficient intelligent management, achieves facilities sharing, data sharing, applications integration and services unification which provides a reference for the implementation of EMI.

[ **Key words** ] engineering management; informatization; organization cooperation; common platform