

工程设计的哲学方法

——工程设计中的系统方法

李 钝

(武汉水利电力大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 从系统的层次性及层次结构中各元素结合的紧密程度自上而下逐层递增的哲学原理出发, 论述了工程设计及其教学中要研究低层系统直至单元对象、对系统进行分解与综合、软件工程中追求模块内高内聚和模块间松耦合等问题的哲学依据。运用系统方法处理对象的基本原则, 均体现在工程设计创建模型的构思之中, 根据系统的基本特性和系统方法的基本原则, 系统建模均应统一到对象的结构模型和对象的行为模型的研究上来。为此, 还介绍了结构模型和行为模型的描述方法, 并根据数字化时代发展的需要着重介绍了工程 CAD 软件系统结构模型的描述方法。

关键词: 系统; 要素; 结构; 对象; 内聚; 耦合

中图分类号: B023.2; BT21 **文献标识码:** A

系统是指由相互联系、相互作用的若干有特定属性的要素构成的具有特定功能的统一的整体。也就是说, 系统由若干具有特定属性的要素组成, 系统中各要素间存在着特定的关系, 形成一定的结构, 系统的这种结构使它成为一个有特定功能的整体, 系统的功能则是在系统与外部环境的相互作用中表现出来的, 且系统总是存在于一定的环境之中。系统的若干要素之所以能结合成系统, 是因为它们之间通过物质、能量、信息的交换而发生的相互作用, 系统的这种相互作用的运动, 便导致了系统某种关系的确立^[1]。工程设计的目的是要建造某种人工自然物, 许多人工自然物本身就是庞大的系统(如房屋、机器、舰船等), 这些人工自然物都具有一定的结构及其形成这种结构的内在的规律性的运动, 系统方法就是探讨系统的存在方式和运动变化规律的学问。系统方法要求人们把研究对象看作一个整体, 把事物的普遍联系和永恒运动看成一个总体过程, 全面地把握和控制对象, 综合地探索系统中要素与要素、要素与系统、系统与环境、系统与系统的相互作用和变化规律, 把握住对象的内环境与外环境的关系, 从而有效地认识和改造对象。

一、系统结构的层次性

系统结构的层次性是系统的一个十分重要的特性。在系统的层次结构中, 低层系统对高层系统具有

构成性关系。即低层系统必然是高层系统的构成部分, 而高层系统也只能以低层系统为存在基础。此外, 同一层次的系统之间还存在着相干性关系。正是由于同层系统的相干性关系, 各子系统才能结合起来构成高一级的系统。层次结构中的相干性关系是物质系统间的横向关系, 正是由于这种横向关系的存在, 才导致了纵向层次间的质的差异。系统结构的上述基本特点决定了系统中各层结合的紧密程度互不相同。随着层次由低到高推进, 结合的紧密程度由大到小而递减^[1]。

系统的层次性及各层结合紧密程度互不相同的特性, 是创建人工自然物的工程设计中所依据的重要哲学规律。依据这种规律, 才能获得稳定的底层系统(对象), 并可由这些底层系统通过功能耦合, 使系统适应环境的变化而形成新的结构。这对于工程设计尤为重要, 因为工程设计是一个不断创造模型、评价模型和修改模型的过程, 因此, 所创建的模型必须适应需求不断变更的需要。人们之所以能对系统进行分解和综合, 正是利用了系统的这种特性。由于系统内成分结合的紧密程度随着层次由低到高逐层递减的趋势, 高层系统的解体不仅可以不影响低层系统的稳定性, 而且有可能在稳定的低层结构之上重新建立新构型, 出现变构过程中的稳定转变。高层系统出现之后, 低层系统及其规律并没有消失, 只是在高层系统的整体中, 其活动有了新的约束, 其功能、属性、规律以扬弃的形式表现出来^[1]。有鉴于此, 工程设计中才广泛采用模块化

方法、黑箱方法。这也是工程设计中人们要研究低层系统,直至单元对象的理由。为此,工程设计的教学才设立了专门教授系统组成成分的课程,如机械工程科学中的机构学、机械零件,土木建筑工程科学中的钢筋混凝土结构和钢结构等。

怎样划分子系统和单元对象,获得稳定的低层结构,使系统中各层结合的紧密程度随着系统的层次由低到高,其结合的紧密程度由大到小而递减呢?这在有上百年、乃至上千年发展历史的电气工程、机械工程、土木工程等领域中均已基本解决,而在新兴的软件工程中,虽然人们早就制定了符合上述哲学原理的模块化处理原则,即“模块内的高内聚和模块间的松耦合原则”,以求最大限度地重复使用已有的程序模块去构造新的系统,使系统适应外部环境的变化而形成新的结构。但由于设计中的思维方式受到冯·诺衣曼机过程方式的约束,因此,这个问题一直都没有得到很好的解决。受冯·诺衣曼机约束而采用的过程方式,在实践上述原则方面存在着如下棘手的难题:

(1)客观世界的对象,其功能往往具有多样性,这与面向过程方法追求功能单一模块的主张是矛盾的。

(2)如果我们追求“求解空间与问题空间在结构上一致”的原则,那么,我们就必须构造符合客观世界对象的“多功能模块”。然而在过程调用模式的框架中,这样构造模块又必将导致系统内各模块之间的紧耦合。

如何构造既符合客观世界对象的“多功能模块”,且又不会导致系统内各模块之间产生紧耦合?这个问题直到本世纪80年代初Smalltalk-80语言的出现,人们才真正开始寻找到解决这一问题的途径,这就是面向对象的方法。面向对象的分析和设计方法使得工程CAD软件的系统结构与现实世界的工程对象的系统结构相一致。采用这种方法,构成系统的单元模块是封装了对象属性数据和对这些属性数据进行操作的“抽象数据类型”。如图1所示,类模块分为外部特性和内部实现两部分。类模块的内部实现反映了对象适应外部条件的变化而改变其自身结构的内部规律;外部特性反映了系统各要素根据需求的改变,发生功能耦合而形成新的系统结构的接口(接口中一条消息模式反映了对象的一种功能)。接口接收到消息,便激活内部模块中实现相应功能的操作,改变自身的状态变量,以使自己能参与系统的功能耦合。“内因通过外因而起作用”的哲学规律,就是通过这个接口来实践的。这样的模块,不仅客观地反映了对象功能的多样性,科学地模拟了客观世界中事物的状态和状态改变的内在规律,而且也自然地获得了稳定的低层结构。

由于模块与模块之间仅通过消息通信而发生功能耦合的机制,这也就自然地避免了系统内各成分之间紧耦合的产生。由这样的模块构成的系统,可最大限度地满足“再设计”的需要。遗憾的是,软件工程目前尚未给这种耦合起一个名称,这里,我们还是按哲学的概念称它为“功能耦合”。

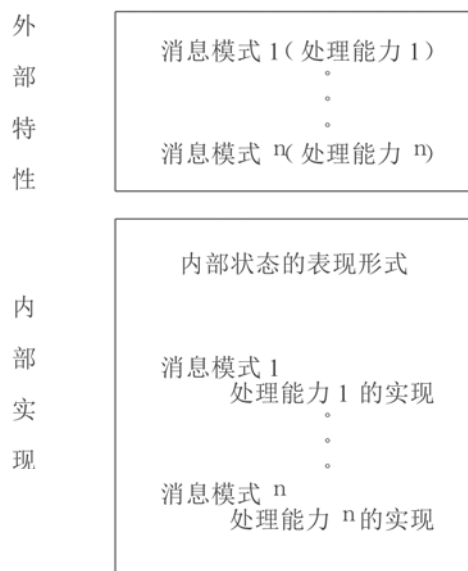


图1 类模块的形式

工程设计的发展历史证明,人们的设计方法如果遵循系统结构的自然规律,则会推动工程设计的发展,反之,则必然会阻碍工程设计的进行,甚至造成巨大的经济损失,这已被发生在本世纪60年代的软件危机的历史所证明。为了克服软件危机,人们才按工程设计的哲学规律提出了软件工程的观念,软件工程概念的提出、软件工程方法的研究和发展,都说明了这个真理。事实证明,对象模型是一个真正的柔性系统,也即是说该模型能以自身极其良好的可调整性来满足对象变化的需求。按照这种模型制作的程序模块(类模块),其结构最稳定,重用性也最好。由这种模块通过消息通信而联接起来所构成的系统,才是真正松耦的系统。面向对象方法的提出,使软件系统设计也与其他的设计一样,都统一到对象、对象的结构和对象的行为的研究上来。

二、工程设计中的系统方法

系统方法的手段是模型化,即采用把真实系统抽象为模型的方法来研究系统。上面已经介绍了如何使模型能适应对象的变化而具备可调整性的问题,这里主要讨论模型化处理中怎样用模型描述系统的问题。

在创建人工自然物的工程设计中,系统方法要求人们在运用系统的观点研究和处理对象时,应把握整

体性原则、动态性原则、最优化原则和模型化原则,而所有这些原则都体现在工程设计的模型化处理之中。模型有很多种,但任何工程设计所要构造的系统模型都可以归结为两种,这就是静态的结构模型和动态的行为过程模型。系统的静态结构模型描述了系统组成的要素及各要素的属性,描述了系统各要素之间的联系及其由此而形成的系统结构。系统的动态行为模型描述了系统在一定的外部环境的约束下,系统运动内在的规律性。系统的这种内在规律性的运动,因研究需求的不同,描述的侧重点也不同。当我们侧重于从关系、集合的角度研究系统时,系统的动态行为模型则侧重于描述系统结构形成的内在规律性,即按需求(需求中最主要的是功能需求)而进行该系统对象设计的行为,这种行为的目的是要确定组成系统的单元、子系统和系统的物理结构。当然,系统的物理结构应最大限度地满足设计任务书所规定的各项指标,达到整体优化的目的。当我们侧重于从输入、变换、输出的角度研究系统时,系统的动态行为模型则侧重于描述系统功能实现的行为和过程。如机械设计中的机构运动和动力学分析,自动控制过程中对象状态的改变、事件的发生、信号的产生、传递和控制功能的实现过程,等等。工程设计是以满足需求为宗旨的,而最基本的需求则

是功能需求。因此,实际中往往是先分析功能的实现原理,寻求实现功能的载体,并确定组成系统的逻辑结构,然后再设计对象的物理结构,因此,上述两种描述形式往往都需要。

在求取对象物理结构的机器、厂房、舰船、飞机等对象的设计中,系统的静态结构模型最终结果主要为工程图,而反映系统动态行为的模型则为设计计算书。设计计算书是由自然语言符号和人工语言符号组成的符号系统。一般说来,上述厂房、舰船、飞机等设计对象的静态结构模型都比较形象,这种形象的描述方法,十分有利于工程师在创建模型过程中的形象思维,而这对于结构分析和工业造型来说,是不可缺少的。但是,在机械、土木等工程 CAD 软件的开发中却不能用像工程图那样形象的图形方式来描述其系统的静态结构。因为软件不是一种物理实体,而是一种不可见的、抽象而又复杂的逻辑实体,因此,软件的静态结构只能以抽象的图形符号来描述。如图 2 所示用 E-R 模型表示的水工闸门启闭机系统顶层的概念模型,图 3 所示用数据结构所表示的水工闸门启闭机系统顶层的结构模型^[2]。这些模型都描述了系统的静态结构,只是用于不同的设计阶段而已,E-R 模型用于软件的概念设计,即用于软件需求分析阶段描述组成闸门启闭机系统的实体、实体的属性、各实体之间的联系、联系的属性。而图 3 所示的层次结构模型则用于软件结构

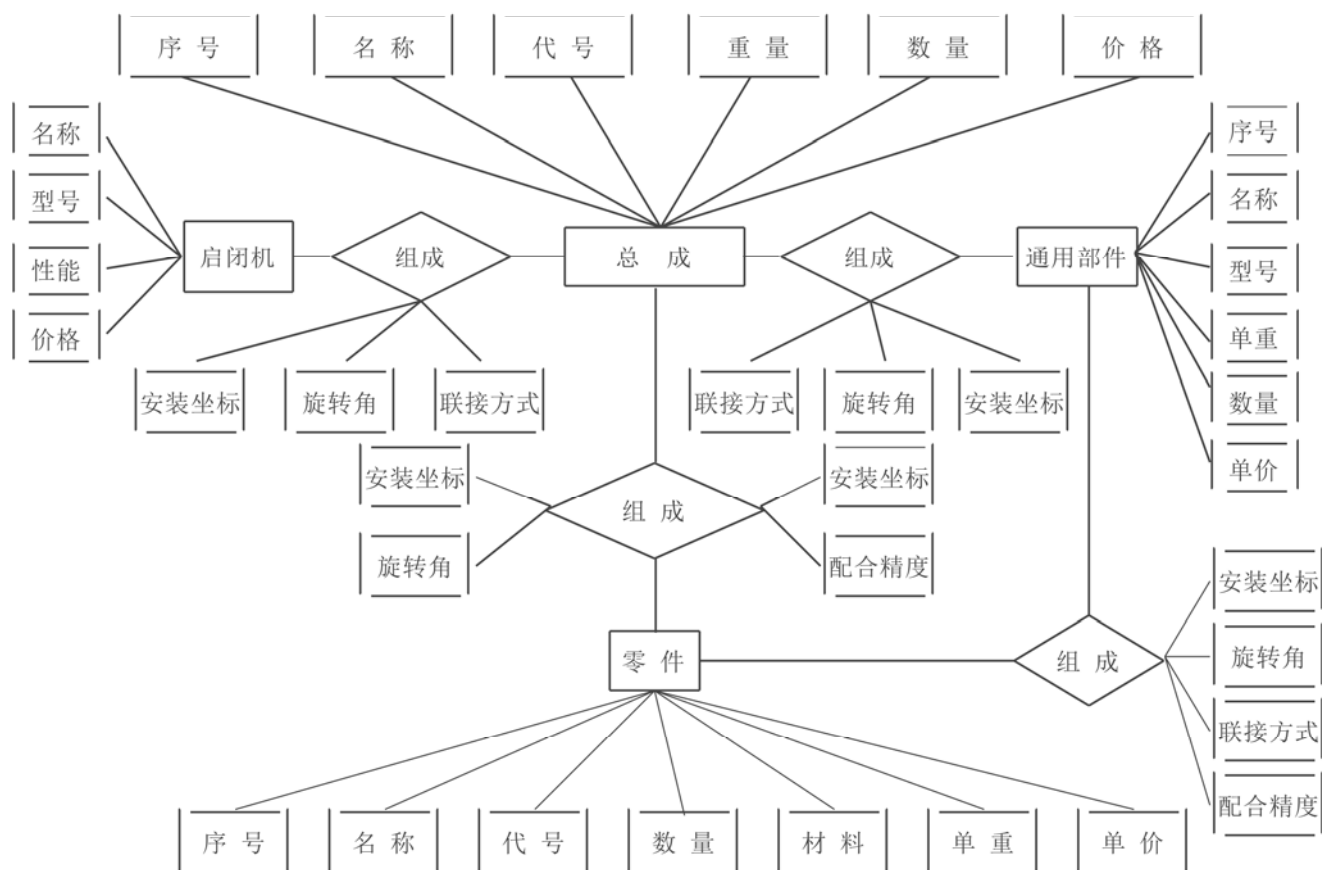


图2 水工闸门启闭机 E-R模型

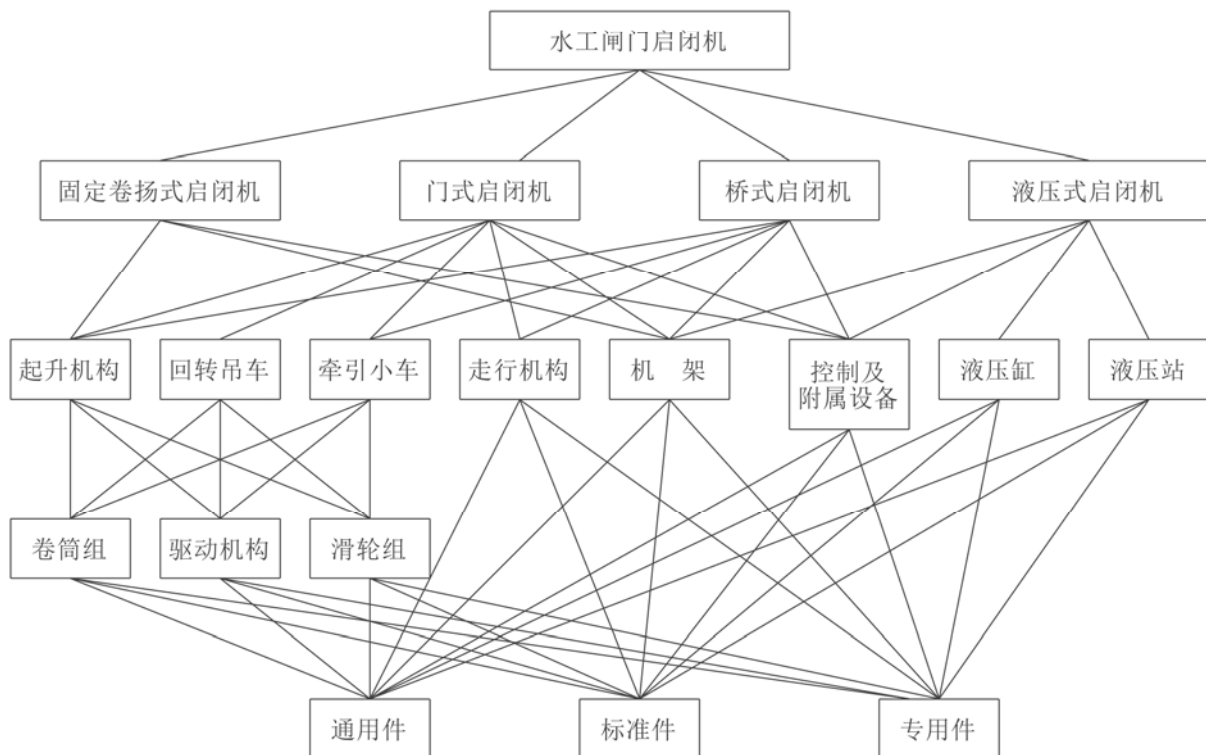


图3 水工闸门启闭机系统的层次结构模型

设计阶段描述水工闸门启闭机 CAD 软件系统组成的层次结构。可以用上述抽象图形符号构造静态结构模型的方法自顶向下地，逐层揭示软件系统的结构。本文所提供的上述静态结构模型，仅仅只是为了说明问题而已，并不见得是最好的。构思模型是一个创造性的设计活动，是一个不断地评价、再设计的优化过程。软件系统动态行为模型描述方式也有很多种形式，如 Coad—Yourdon 方法的对象状态图、服务图等，这些

方法实质上也是语言符号系统，本文不再赘述。

参考文献：

- [1] 国家教委社会科学研究所以与艺术教育司. 自然辩证法概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [2] 李 钝, 陈小圻. 工程 CAD 软件系统开发[M]. 武汉: 武汉工业大学出版社, 1997.

(责任编辑 杨忠豪)

编辑主体论纲要

陆 敏

一、编辑主体的涵义。编辑主体就包含两个部分：(1)编辑组织。即指由一定的编辑人员组成，具有一定的组织形式，并遵循一定的制度和程序进行编辑活动的机构，即编辑部。(2)编辑者。现代编辑虽是群体活动，但在编辑组织内部，是以分工方式进行的。编辑活动作为创造性的精神劳动，是依靠编辑者的个体，运用各自的编辑能力分工进行的。编辑者是编辑主体的主要因素。它常常是编辑主体研究的主要关注点。二、编辑主体研究的主要内容。根据编辑主体的内涵，编辑主体研究的内容应该包括编辑组织和编辑者。(一)编辑组织的研究包括两个方面，即编辑组织的静态状况和动态状况。编辑组织的静态研究，主要是通常论说较多的组织机构，包括机构设置、隶

属关系、管理体制等，人员组成，包括人员编制、人员结构等；规章制度，包括工作纪律、人事制度、业务制度等。编辑组织的动态研究，主要是指编辑宗旨、编辑目的、编辑方式和任务。(二)编辑者是构成编辑主体的主要因素，是编辑主体研究的主要内容。但从研究现状看，这部分的研究，应该说是比较薄弱的。原因有三：第一，编辑组织的组建，是进行编辑活动的基本条件，因此实践中，常常是首先引起注意的问题，而对于编辑者的研究，在时间顺序上必然是滞后的。第二，对编辑者的研究，与编辑组织相比，带有更多的理论色彩，而编辑理论的创建、发展有一个逐步深化的过程。第三，编者研究具有更为丰富、深广的内容。(三)编辑活动对编辑主体的反作用。编辑主体的状况决定着编辑活动的状况，决定着编辑作品的数量、质量、面貌等，但另一方面，编辑活动对编辑主体又有不忽视的反作用。这主要表现在两方面：1. 编辑过程对编辑主体反作用。2. 编辑作品对编辑主体的反作用。

(转载自《高等学校文科学报文摘》2000 年第三期)