

工程设计的哲学方法

——认、知、行的方法

李 钝

(武汉水利电力大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 从基础科学与工程科学研究过程的区别入手, 阐述了工程设计中进行需求分析的目的、任务和重要性, 从认、知、行的哲学道理上阐述了应使分析、设计和实现一个系统的方法符合“设计—评价—再设计”规律的理由, 以及将工程设计定义为根据需求创造模型或概念结构的活动的理由。

关键词: 需求; 问题空间; 方法空间; 系统; 模型

中图分类号: B023.2; TB21

文献标识码: A

哲学是关于自然科学知识和社会科学知识的概括和总结。工程设计的哲学方法是学习工程设计科学知识并用它从事人类生产活动的指导思想。在科学技术更深入地朝着大科学、高新技术发展的今天, 哲学方法无论是对于高层次教学, 还是对于工程设计的实践都是至关重要的。

工程设计具有自身的许多特点, 譬如说, 它是以自然科学为基础的, 是科学性与艺术性结合的生产活动, 具有很强的实践性、社会性和综合性, 等等。关于这些特点, 在“设计方法论”的三大主流派的论著中均有论述。本文仅从设计任务的提出和设计的本质两方面来探讨工程设计的哲学方法。

一、工程设计的任务是由人类社会的需求提出的

工程设计任务的提出与基础科学任务的提出不同。基础科学研究任务是根据客观世界的自然现象而提出的, 如万有引力、相对论等; 而工程设计的任务则是由人类社会的需求而提出的, 如人造飞行器、车辆, 等等。因此, 工程设计以满足人类社会需求为目标, 无论是土木工程、机械工程, 还是现代的信息工程均是如此。图1表示了这两种科学的研究过程。

从图1可以看出, 由于工程设计以满足社会需求为宗旨, 因此, 正确、完整地定义需求则是设计活动首要的和关键的一步。然而, 人们认识客观世界的规律却是一个渐进的过程。对于一个大型、复杂的问题, 认识上的偏差有时只有深入到局部细节上考虑, 甚至只有到详细设计、制作乃至使用维护中才能发现。因

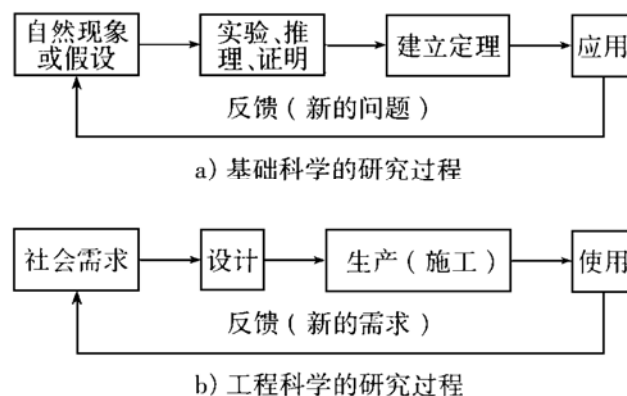


图1 基础科学和工程科学的研究过程

此, 工程设计中存在着认识需求与准确、完整定义需求之间的矛盾。设计中的这种矛盾, 便决定了工程设计必须遵循“设计—评价—再设计”的规律。从飞机的发明, 直到现代飞行器的设计实践, 可以清楚地看到这种规律性。

认识需求, 定义需求, 探索问题的解, 并由此进行工程设计, 实质上是人们的认识由感性阶段上升为理性阶段, 并以此指导我们的设计, 最终制作出满足社会需求的产品的过程。定义需求并不是目的, 目的是按照所定义的需求去寻求问题的解。毛泽东同志在实践论中指出: “辩证唯物论的认识运动, 如果只到理性认识为止, 那末还只说到问题的一半。而且对于马克思主义的哲学说来, 还只说到非十分重要的那一半。马克思主义的哲学认为十分重要的问题, 不在于懂得了客观世界的规律性, 因而能够解释世界, 而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”正因如此, 在分析问题和解决问题的过程中, 必须使我们分析、设计和实现一个系统的方法符合“设计—评价—再设计”的规律性, 与我们认识客观世界的过程相一致。

也即是使描述问题的问题空间与解决问题的方法空间在结构上尽可能一致。这样才能有利于我们对问题的求解。例如,机械工程师为了获得按一定规律运动的机器而通常采用机械学所制定的、十分形象的机构简图符号进行机构综合分析,求解实现预定运动的机构,并进行机构的运动动力分析。又例如,在进行轴的设计时,机械工程师先将其简化成一条直线和两个支点,采用工程力学的方法求轴所受的弯矩、扭矩和剪切应力,随后便可方便、自然地在此基础上进而考虑轴的结构工艺尺寸。这种方法,从概念设计到结构工艺设计似乎觉察不出有什么界线,而且所有机械工程师都十分自然地认为,轴的设计就应该由这两步组成。在转入结构工艺设计后,当发现问题而需要进行再设计时,可以十分容易地回到概念级的力学模型。工程实践中也有与认知规律相悖的事例,如过去在软件工程中,由于受到冯·诺依曼机的约束而采用的面向过程的设计方法(如曾广泛采用过的结构化方法)。采用这种方法进行设计的前提是必须正确、完整地定义需求。在这一前提下,再通过变换分析或事务分析将需求的定义——呈网络结构的系统逻辑模型(数据流图)转换成软件结构的层次模型。这种描述问题的问题空间与解决问题的方法空间在结构上不一致的方法,违背了“设计—评价—再设计”的设计原则,违背了人们渐进地认识客观世界的规律。因此,这种方法不能从根本上克服软件危机。于是,人们改进了软件工程的方法,而采用了面向对象的方法。

二、工程设计的本质

关于设计,人们下了很多的定义,但一般认为,设计是为了制造某种新东西,事先为它创造一种模式、模型或概念结构的活动^[1]。广义地看,我们用各种语言符号所描述的系统,包括当前系统的概念,直至产品投产之前或工程施工之前所提供的关于这种产品或这项工程及其制造、施工所需的全部图纸和设计计算书均可以看作模型。按照这种模型,我们可以做出或重复地制作出某种物品。

人们之所以这样看待设计,是因为工程设计首先是运用科学抽象的成果——概念、符号和思想模型所进行的认知活动。工程设计中,只有通过科学的抽象,人们才能对同类的事物去除其现象的、次要的方面,抽取其共同的、主要的方面,从而从个别中把握一般,从现象中把握本质。因此,抽象是认识由感性阶段向理性阶段飞跃的决定性环节^[1]。没有抽象,人们就无法进行深入的认知活动。而模型本身就是科学抽象的结

果。因此,采用模型进行工程设计,是主体把握客体本质的认识活动和认识形式。

完整的抽象过程包括思维运动的两次飞跃,即:“感性的具体——抽象的规定——思维的具体”。工程设计中,就模型的制作而言,感性的具体指工程中客观存在的对象,抽象的规定指概念(或模型)的诸要素,思维的具体指这些要素辩证综合所形成的完整概念(或概念模型)。当然,在科学抽象的过程中,除了要运用逻辑思维之外,还特别需要形象思维、直觉思维的积极参与。

例如在机械设计中,我们所能看到的一切客观存在着的具体机器,构成机器的齿轮、螺栓、螺母、轴、轴承等零部件及它们之间的相互联系均是所谓感性的具体。为了获得所需运动的新的机器,为了在分析、综合和求解过程中能把握住问题的本质,有利于进行机构综合和运动动力分析,人们将现实机器系统中的这些成分进行了科学的抽象,而认为机器都是由各种各样的构件及其联接构件的运动副所组成,并用一些规定的符号表示不同的构件和运动副。若干种构件经运动副的有机联接而形成机构。所有构成机械概念的这些要素,就是所谓抽象的规定。有了这些机械概念的诸要素,我们便可以利用它们进行机构综合和运动动力分析,求解所需的机械。创造模型的过程,就是运用这些要素辩证综合,形成完整概念的过程。如内燃机这一完整的概念便是由最基本的构件和运动副所组成的连杆机构、凸轮机构和齿轮机构综合而成。

抽象过程中思维运动的两次飞跃的又一个很好的例子是数据库设计中的“三个世界”的概念。数据模型是数据库系统的核心和基础。各种机器上实现的DBMS(Data Base Management System)软件都是基于某种数据模型的。为了把现实世界中的具体事物抽象、组织成为DBMS支持的数据模型,人们常常首先将现实世界抽象为信息世界,然后再将信息世界转换为机器世界。即是说,首先利用信息世界概念所涉及的一些要素(如实体、属性、联系,等等)把现实世界中的客观对象抽象为某一种信息结构,如数据库设计中曾普遍采用的E—R方法(Entity—Relationship Approach)所表示的信息结构。这种信息结构并不依赖于具体的计算机系统,不是某一个DBMS支持的数据模型,而是概念级的模型。然后再把概念模型转换为计算机上某一DBMS支持的数据模型。如图2所示^[2]。因此,概念模型是现实世界到机器世界的一个中间层次。

概念模型是工程原型的映象和摹写。一般说来,工程规律只有在相应的概念模型中才能得到严格的和精确的体现。例如,我们欲建立一个水工闸门启闭机

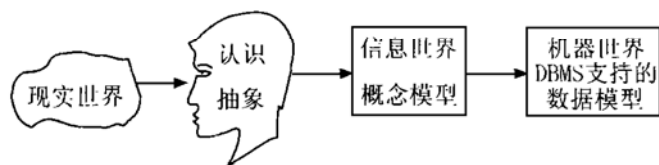


图2 数据库技术中的三个世界

CAD 软件系统, 那末, 我们必须研究这个系统的组成和构成这个系统各个成分之间存在着的特定关系, 探讨这个系统的结构。水工闸门启闭机 CAD 软件系统是一个包括门式起重机、桥式起重机、固定卷扬式起重机、液压启闭机以及螺杆式启闭机的庞大而又复杂的系统。显然, 这个系统的结构肯定不同于特定的门式起重机、桥式起重机、固定卷扬式起重机、液压启闭机和螺杆式启闭机, 它应该是上述各种形式起重机的综合^[3]。那末, 我们该怎样认识和描述这个系统呢? 显然, 我们不能仅凭几套图纸和设计计算书来表示这个系统。因为一套图纸及其相应的设计计算书仅仅只是反映了一种起重机类型的某一种特定型号起重机产品的静态结构和动态行为(即设计过程), 也就是说, 它们只是这一类对象系统的一个实例对象。如果我们在综合分析上述各种类型的起重机后采用实体—联系图

(即 E—R 模型), 我们就能够清晰地描述这个系统。有了用 E—R 图表示的系统的概念模型, 我们就可以在此基础上进行数据库的设计和应用程序的设计。因为概念模型正如毛泽东同志在实践论中所指出的, 它“已经不是事物的现象, 不是事物的各个片面, 不是它们的外部联系, 而是抓着了事物的本质, 事物的全体, 事物的内部联系了”。科学认识的成果是精神生产的产品, 科学概念是在科学认识中反映事物本质属性的思维形式。在工程设计中, 如果不能为思维操作提供具有可操作性的规则或模式, 人们就无法实现从精神到物质, 从认识到实践的飞跃。这也正是我们将工程设计定义为根据需求创造模型或概念结构的活动的理由。

参考文献:

- [1] 国家教委社会科学研究所与艺术教育司. 自然辩证法概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [2] 萨师煊, 王 珊. 数据库系统概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1991.
- [3] 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)

Philosophical Method of Engineering Desing —— method of recognition and practice knowing

LI Dun

(Hydraulic and Electric Engineering, Wuhan UNiv. of Hydr. & Elec. Eng., Wuhan 430072, China)

Abstract : This paper, based on the distinguish between the research process of the basic science and technical science, discuss the target, task and importance of requirement analysis in the engineering-design; and explain the reason why the method of analysis, design and implement of a system must accord with the rule of design-evaluation-redesign in the view of philosophic understand, acknowledge and action, and discuss the reason that define engineering-design to activity of creating a model or concept framework.

Key words : requirement; problem space; method space; system; model