

工程设计的哲学方法

——工程设计中的抽象方法

李 钝

(武汉大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 以工程 CAD 软件设计为例, 具体介绍了用模型进行系统级抽象、概念级抽象和数据级抽象的方法。

关键词: 系统; 概念; 抽象数据类型; 模块; 接口

中图分类号: B023.2; TB21 文献标识码: A

抽象是在思维中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, 从而做到从个别中把握一般, 从现象中把握本质的认知过程和思维方法^[1]。科学抽象是人们的认识由感性阶段向理性阶段飞跃的决定性环节, 是工程设计哲学方法的最基本的方法。没有科学抽象的成果——概念、符号和思想模型, 人们就难以进行深入的认知活动, 人们的感性认识就无法上升到理性阶段。

各工程设计领域都结合自身的特点广泛使用着各种各样的抽象方法, 本文仅以软件工程中所使用的抽象方法为例来介绍工程设计中的各种抽象方法。之所以如此, 是因为软件工程中的抽象方法更具有代表性。另外, 由于现在的世界已处于信息社会, 计算机的普遍采用, 尤其是 CAD 技术的广泛应用, 而这些方法无论对于从事机械工程和土木工程设计的工程技术人员学习计算机科学, 还是从事工程规划设计都是很有裨益的。

抽象很重要的一个特点是具有层次性。抽象的层次性可以帮助我们从不同的层次来认识问题、分析问题和求解问题。高层次的抽象忽略了相当多的枝节, 因而使得问题更加概括, 更易于理解。然而, 高层次的抽象必须通过低层次的抽象去解释、实现才行, 否则便会失去特定问题原来的特征和解决的可能。例如, 机械学是通过像机床、汽车、起重机等这样一些较低层次的抽象去解释、实现的, 而起重机则又是通过像门式起重机、桥式起重机、固定卷扬式起重机等较低层次的抽象去解释、实现的。按谭浩强先生的看法^[2], 在工程 CAD 软件系统的开发中主要涉及到如下级别的抽象:

- (1) 系统级的抽象;
- (2) 概念级的抽象;
- (3) 实现级的抽象;
- (4) 数据级的抽象;
- (5) 过程级的抽象;
- (6) 控制级的抽象。

由于篇幅所限, 本文仅就系统级抽象、概念级抽象和数据级抽象谈一些看法。

一、系统级的抽象

系统是一个由若干成分以一定的结构相互联系而成的具有特定功能的有机整体, 而且这种由不同元素构成的整体具有不同于各组成元素的新的功能。系统按抽象程度的不同分为实物系统、逻辑系统和概念系统三类。

系统方法主张从整个系统出发, 始终着重于从整体与部分之间, 整体与外部环境的相互联系、相互作用、相互制约的关系中综合地、精确地考察对象, 以揭示系统的特征和运动规律。为此, 人们往往忽略一些与解题无关或关系不大的枝节, 以便能集中精力去观察、研究原系统的组成规律和变化规律, 从而把现实系统抽象成模型。因此, 模型是现实系统的替代物或者说是现实系统的抽象, 模型是对于对象和行为过程的某一方面本质属性的表述。因此, 作为科学抽象的结果, 模型也是一种科学概念, 但它不同于一般的科学概念。模型作为理想化的形态, 都是在现实世界中找不到的东西, 然而它又并不是不可捉摸的东西, 它作为抽

象思维的结果,是对客观事物的一种反映,它突出了客观事物的主要矛盾和主要特征,而完全忽略了次要的矛盾和特征。因此,引入模型来研究系统,可以使问题的处理大大简化而又不会发生大的偏差^[3]。

对应于系统上述三个级别的抽象形式,系统可以用实体模型、逻辑模型和概念模型来表示。这就是所谓的系统级的抽象。如反映系统加工过程和数据在各加工之间流动和变换的数据流图(逻辑模型),反映组成系统的实体及其相互之间联系的 E-R 图(概念模型)等。

二、概念级的抽象

科学认识的成果都是通过各种概念来加以总结和概括的,各门科学都有自己一系列的概念。例如热力学中有熵的概念,工程力学中有力、弯矩、扭矩、刚体、质点等概念,软件工程中有信息、数据、系统、对象、属性、活动、状态、事件等概念。概念是反映事物本质属性的思维形式。由于工程设计的关键是创造模型,因此本节仅讨论系统建模中所采用的概念抽象方法。在系统的研究中,只有形成科学的概念,才能够把握住事物的本质和规律。在工程 CAD 软件系统的开发中,鉴于抽象的层次属性,我们可以把系统模型的顶层看成是从外部看到的具有系统全部功能的抽象机器。这架机器是由许多部分组成的,每一部分承担一种功能,形成抽象机器的抽象部件,成为系统模型的下一层。每个部件又由一些部件和零件所组成,如此一层一层地往下,直至承担更小功能的零件。构成一个部件的所有零件所完成功能的集合,便保证了该部件功能的完成。从这一角度看,系统的层次模型也可以看成是系统的概念层次图,最上层(顶层)给出整个系统的概念,它由低一层次的一些子概念构成,每一子概念又由一些更精确的子概念构成。这样就使得抽象逐层向具体化发展,直到具体的底层。解决了低层次的功能任务,它的上一层便可以实现,逐次向上求解,整个系统的设计任务便获得了解决^[3]。例如,为了建立汽车 CAD 系统,首先必须研究它的组成及各组成部分之间的联系。为此我们可以先用 E-R 模型分别建立某种汽车发动机、车身、底盘、电器系统和冷却润滑系统的概念模型,然后再建立这种汽车整体的概念模型,最后再在不同种类汽车概念模型的基础上建立包括小轿车、大客车和卡车的整个汽车 CAD 软件系统的概念模型。至于说怎样用 E-R 模型建立系统的概念模型,可参考有关数据库设计方面的资料。

三、数据级的抽象

数据抽象是工程设计中的一个极为重要的方法,是自然辩证法中的科学抽象在工程设计中的应用。在工程 CAD 软件系统的开发中存在着三个级别的数据抽象:

(1)变量是对其存储的实体对象属性值的抽象;

(2)数据类型是对数据在更高层次上的抽象,它不仅是对一组二进制码的解释,而且是值的集及其值集上的一组操作的封装;

(3)抽象数据类型是最高层次的数据抽象,其核心是将模块与数据类型等同起来,形成数据抽象模块。

在程序设计中,我们接触到整数、实数、布尔量、字符以及由它们组成的数组、记录,等等数据类型。这些数据类型虽然简单明了,但对于给定的问题来说,往往不能比较自然地加以表达,这主要是由于这些数据类型的定义只描述了数据的形式,而没有描述它们的功能。从工程应用的角度来说,人们希望数据类型能以比较自然的方式描述问题,既要给出数据的形式,又要给出作用于数据的操作。之所以如此,是因为自然界的一切物质都具有一定的结构和属性,物体之所以具有确定的形态,是因为物质运动有其相对静止的一面。另一方面,物体还具有适应外部条件变化而改变运动状态的属性。正是由于物体具有显著变动的一面,物质才能从一种状态变换为另一种状态,即事物之所以能从一种状态转化为另一种状态,主要是受其内部规律性的支配,也是事物内部矛盾性所致。

客观世界的事物,都有一个名字,这个名字可用字符表示,这就是数据。如渐开线圆柱齿轮,它就是一个具有一定结构的数据类型,其结构参数(模数、齿数、压力角、螺旋角、齿宽、材料及热处理等)不同,使用的场合也不同。这些参数的改变则引起齿轮状态的改变。例如,当螺旋角为零度时,其状态为渐开线直齿圆柱齿轮,而当螺旋角为 11° 时则为渐开线斜齿圆柱齿轮。为了研究它,我们可用 m 、 z 、 α 、 β 、 B 、 $material$ 、 $heat-treatment$ 等变量来描述齿轮的上述属性参数。因此,用机械设计的理论所确定的上述基本量,反映了该对象的量的规定性,刻划了对象的属性状态和特性,这就是最低一级的数据抽象。即变量是对实体对象的属性值的抽象。

齿轮的这些参数怎样才能满足实际工程的需要呢?这是齿轮应用必须要解决的又一个问题。在我们对机器中某一对齿轮进行了运动和动力分析之后,我们便量化了工程对这一对齿轮的要求。怎样才能满足

这种要求而设计出保证质量的齿轮呢?

毛泽东同志在矛盾论中指出,事物变化的根本原因,“不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性”,“外因是变化的条件,内因是变化的依据,外因通过内因而起作用”。因此,我们必须研究上述刻画齿轮的状态变量的变化规律。

由机械设计的理论知道,齿轮传动的主要失效形式是轮齿的弯曲疲劳断裂和轮齿表面的接触疲劳点蚀,而决定轮齿弯曲疲劳强度和接触疲劳强度的主要参数分别是模数 m_n 和中心距 a ,而模数 m_n 和中心距 a 又由如下一系列参数所决定^[4]:

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1 Y_\beta \cos^2 \beta}{\Phi_d Z_1^2 \epsilon_a} \left| \frac{Y_{Fa} Y_{\sigma_a}}{[\sigma]_F} \right|}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\Phi_d \epsilon_a} \cdot \frac{u \pm 1}{u} \left| \frac{Z_H Z_E}{[\sigma]_H} \right|^2}$$

$$a = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$$

$$\vdots$$

$$b = \Phi_d d_1$$

上述的一系列公式反映了渐开线圆柱齿轮的状态变化的规律,它们是齿轮根据实际工况的变化而变化的内部原因。由这个例子可以看出,对于客观世界中的事物(对象),我们不仅要用一些变量来描述其状态,而且还要用一些操作来描述其状态改变的规律。于是,我们把一组数据及其作用于其上的一组操作组成为一个设计实体,并用一个名字标识它,这个名字就是一个数据类型,为了区别于一般的数据类型,我们称它为抽象数据类型。有了抽象数据类型的概念,我们便可以按图1所示的方法组织齿轮类的模块^[5]。

从图1中可以看出,类模块由两部分组成,上面一部分为该模块的接口,其消息模式不仅定义了对对象所能受理的消息,而且还定义了该对象所具有的处理能力。因此,消息模式是定义对象接口的唯一信息。这样,我们使用对象时,只需了解其消息模式就可以使用它(即按功能使用它)。因此,这种数据抽象的运用具有特别重要的价值。图中下面的部分表示了对象内部

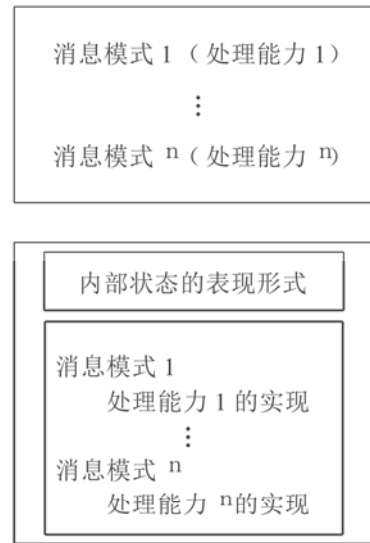


图1 类模块的形式

的实现,对象的状态由一组描述对象属性的状态变量来定义,而对应于接口中的消息模式则由实现这种处理能力的相关操作来实现。这些操作序列的集合,反映了物体适应外部条件的变化而改变其自身结构状态的内部规律。按照这种方法构成的系统,系统中的各个对象模块才具有真正的独立性。另一方面,由于组成系统的各个模块之间的联系完全由消息通信而发生,因此,这种系统才是真正松耦合的系统。这就像人类社会一样,每个人都是独立的社会单元,人与人之间通过消息通信而联系,从而构成人类社会。

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] 谭浩强,张基温,徐士良. 程序设计与开发技术[M]. 北京:清华大学出版社,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.
- [4] 濮良贵. 机械设计[M]. 北京:高等教育出版社,1989.
- [5] 汪成为,郑小军,彭木昌. 面向对象分析设计及应用[M]. 北京:国防工业出版社,1992.

(责任编辑 杨忠豪)