

基于事物特性表的敏捷设计系统^①

陈俊林, 骆艳洁, 仲梁维, 朱娟

(上海理工大学 机械工程学院 CAD 中心, 上海 200093)

摘要: 由于传统的产品设计流程存在较多弊端, 如何缩短产品设计周期显得尤为重要。借助描述标准化和规范化产品信息的事物特性表, 基于大批量定制产品的开发设计技术上, 以 Solidworks 为具体应用对象, 研究了基于事物特性表进行产品变型设计的原理及关键技术, 通过二次开发技术, 实现了产品变型设计的方法和过程。最后, 通过应用实例, 验证了方法的可行性, 并且给出了基于事物特性表的敏捷设计系统流程。

关键词: 事物特性表; 变型设计; 桥式起重机; 敏捷设计

Agile Design Based on Tabular Layouts of Article Characteristics

CHEN Jun-Lin, LUO Yan-Jie, ZHONG Liang-Wei, ZHU Juan

(CAD Center, Mechanical Engineering School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: As there are many drawbacks exist in the traditional design process, it's important to reduce the circle of the product design. The article relies on the SML, which describes standardization and regularization information of product. According to the method of product development and design system for MC, making the CAD system SolidWorks as application tool, principle and core technology of variant design based on SML are analyzed. Through the second development, the product's variant design is implemented. Finally, an application example is given to verify the feasibility of method. Additionally, the procedure of agile design system is given.

Key words: tabular layouts of article characteristics; variant design; crane; agile design

制造类企业如何快速的响应市场需求, 如何在最大程度上满足客户个性化的需求的同时, 尽可能的提高开发新产品的速度, 以及减少成本, 是摆在企业面前的一道难题。有调查研究表明, 制造类企业的产品生产周期是由产品设计制约的, 只有 30% 左右的产品设计是通过创新设计实现的, 换言之, 大部分的产品设计都可以通过修改产品的原有模型进行设计。基于设计重用基础上, 产品变型设计即可达到提高设计效率、节约产品设计成本, 缩短研发周期, 进而达到缩短上市周期的目的^[1]。

大批量定制 (Mass Customization, MC) 是一种将相似性原理、重用性原理和全局性原理与应用实践相结合的生产方式^[2]。大批量定制的基本原理、大批量定制的产品开发设计技术、大批量定制的管理技术以

及大批量定制的制造技术组成了大批量定制生产方式的技术体系, 其中, 大批量定制的产品设计技术为其生产模式的核心以及关键。

针对如何提高企业的设计效率、降低设计成本、缩短市场反应周期的基础上, 以 Solidworks2010 为具体研究对象, 研究了基于事物特性表进行变型设计的原理和过程, 并对基于事物特性表的敏捷设计系统的关键技术进行了较为深入的探讨, 提出了基于事物特性表的敏捷设计系统的流程。

1 系统概述^[3]

面向大批量定制的开发设计技术的主要内容有: 根据合同和方案信息, 将设计过程中确定的产品零部件的相关信息 (如供货商和价格等文档) 综合起来进

① 基金项目: 上海市教委重点学科建设 (J50503)

收稿时间: 2011-06-22; 收到修改稿时间: 2011-07-14

行快速准确的报价；利用产品开发过程中确定的产品模型和过程模型快速地设计和制造符合顾客需求的个性化产品。

制造类企业的的设计任务大致分为两种：方案设计和合同设计。方案设计的主要目的在于快速报价，快速报价，只需 1~2 张工程总图，无需详图；合同设计则需要详细的工程图，并且满足一定的交货周期。其设计流程如图 1 所示。

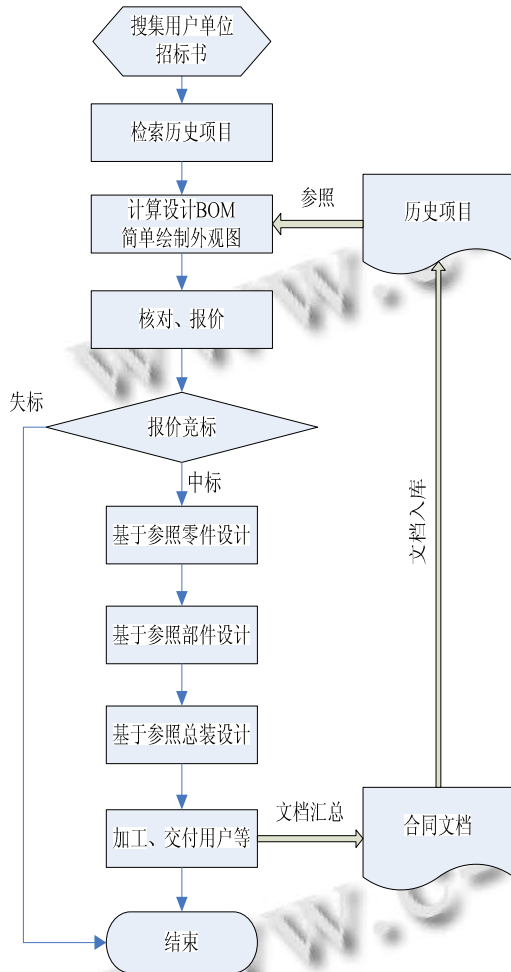


图 1 传统设计方法设计流程

传统的串行产品开发模式上存在较多的弊端，如重复借用的可靠性不能保证、人力资源的重复、企业设计知识无法积累和继承，设计周期大幅的延长，交货期的不确定性等。大批量定制产品的开发设计技术即为解决这些弊端的强有力的手段，在大批量定制产品的开发技术的哲理上，结合基于事物特性表的产品变型技术，建立起产品 3D 模型和事物特性表之间的关系，搭建产品变型系统，从而快速准确的驱动产品

模型。

2 基于事物特性表的产品变型设计原理

2.1 事物特性表原理^[4]

事物特性(Tabular layouts of article characteristics, SML)是指表征部件、零件的功能、几何、制造等事物特性，并以固定格式表的形式反映出来的信息集合。它源于德国，并与 1981 年制定了相关的国家标准，直至 1995 年我国才制定了相关的《事物特性表定义和原理》GB/T1009.1-95，如表 1 所示。

表 1 GB/T10091 规定的事物特性表的空白规范结构

从 n	事物特性表 GB/T 10091.XX.XX									
	(此域填写对象组名称)									
特性代码	BLD	A	B	C	D	E	F	G	H	J
特性名称	图号									
单位										

由此可见，事物特性表和其他的表格一样，也由行与列组成。表中的第 3 行分别给出了产品零部件的属性，第 4 行描述了事物特性的名称。一行描述了一个具体的形状特征或零部件；表的列组成事物特性表（表头）的对象，包含着属性的单位以及相关的取值。

对于同一个产品的不同层次上，事物特性表也描述了隶属于不同层次上的内容，例如在零件层次上，它描述了零件相关的几何特性和物理特性；产品装配层次上，存放着产品上游、下游零部件的关系。换言之，事物特性表中存放着产品以及相关模型的属性、特性、约束关系都用事物特性表表达出来，根据制定的约束关系，将需要的零部件选择出来。由此可见，事物特性表可以将产品进行变型设计。

除此之外，需要采用从一般到抽象的方法，将大部分的近似对象集合起来，但前提是满足预先设定的规定，对于变型程度比较大的产品，可以采用模板的方法，结合事物特性表和数学关系进行产品变型设计。用螺栓说明，特性包括螺纹规格，螺纹大径，公称长度等。所以产品可以按部件、零件及它们具有的特性建立表，修改这些特性进行修改，从而达到产品的变型设计。

2.2 基于事物特性表(SML)的变型设计原理^[5,6]

变型设计即在现有零部件和产品的基础上，通过

改变产品的几何参数以及尺寸关系，进而形成于现有零部件模板和产品相类似的零部件和产品的变型设计方法。而事物特性表中存储的事物属性、特性描述了零部件的某些特征。

在产品变型过程中设计变量和用户变量组成了变型过程中的重要因素，设计变量，顾名思义，源自设计过程，工程师可根据经验公式获得；用户变量为次要变量，是自定义变量，为满足变型设计过程中美观和协调，通过定义数学关系，将其与尺寸变量控制起来。

参数化系统 Solidworks 提供了相应的开发程序接口 (API 函数)，可直接实现对其特征及其参数的的驱动， Solidworks 也提供了相类似的零件设计表功能，用户可在此基础上建立事物特性表，通过程序开发语言 Visual Basic6.0 将访问相关函数接口，从而实现产品变型设计。

图 2 为国内某厂家生产的硬齿面减速器外形事物特性表，对于某一系列不同型号的减速器 3D 建模完全可以采用基于事物特性表变型设计的原理与方法，如图 2 所示，其中，Part Id (零件代码)是唯一标识产品的标识码；D4@草图 1 是基本事物特性，导出特性通过建立方程式的方式建立，当确定好模板的属性的事物特性表之间的关系之后，在 Solidworks 的配置中，就可以点击相关的标识码自动生成新的配置模型，产品变型的目的达到。

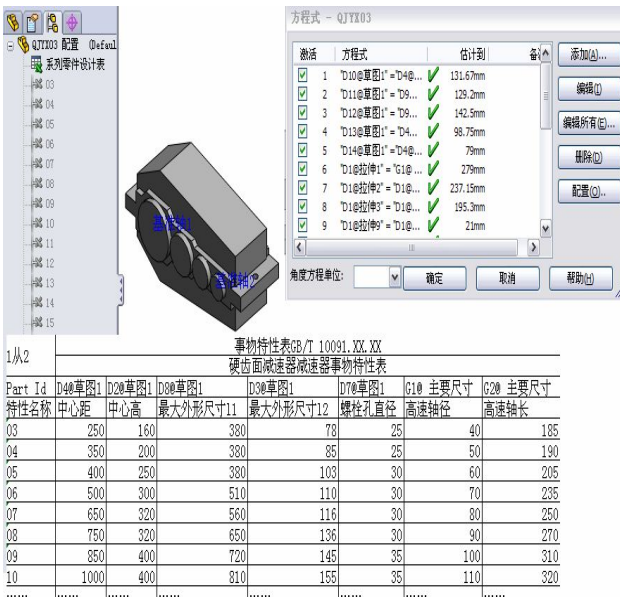


图 2 某厂家减速器硬齿面事物特性表

3 基于事物特性表的敏捷设计系统的关键技术和方法

3.1 产品全息信息模型的构建技术

进行产品全息模型的构建之前，必须要先对产品信息模型进行详尽的分析，主要是针对企业的现有产品进行详细的分析，形成规范化和标准化的文档，与其相关的产品分析有：产品编码技术；产品原理分析；产品结构分析；产品参数分析；生产分析等。

产品编码可以有效的地位相关的变型产品，当变型设计系统需要相关的零部件时，可以准确而迅速地查找已有的变型实例，提高设计产品的重用性；产品的原理分析主要包括，产品的工作原理、工作条件、工作性质等，通过产品原理分析，可以明确零部件之间的关系以及相关属性；产品的结构分析则是通过分析产品结构的形似性，将不同零部件进行模块功能划分；参数分析则是指产品的的几何属性进行分析，如产品的设计尺寸、用户尺寸，关联尺寸等，以达到产品变型的尺寸准确性和美观性，通过以上分析，着手编制产品的事物特性表的部分属性；生产分析主要用于构建产品在生产过程中的装配、工艺模型和数控模型。

通过以上详尽分析，紧接着就需要明确产品信息模型以及上下游子模型之间的关系，进行要以事物特性表为核心，以 3D 模型为基础，结合参数，并通过将零部件的参数通过映射和事物特性表的特性相联系，即全息建模^[7]。

3.2 网络结构设计技术

目前，分布式网络体系结构主要有文件/服务器 (File/Server, F/S)、客户/服务器(Client/Server, C/S)、浏览器/服务器(Browser/Server, B/S)三种模式。F/S 模式对数据一致性的控制能力较差，不符合要求；对于数据的安全性和一致性方面控制较为成熟，是 C/S 架构的一大优点，很大程度上满足了基于事物特性表的敏捷设计系统的要求，其逻辑拓扑结构图,如图 3 所示。

建立各个事物特性表的 ODBC 数据源，使用 Connection 对象连接 SQL Sever 数据库，并用 RecordSet 对象实现对数据库中的记录操作序中引用了 ADO 之后，就可以使用 Connection 对象连接 SQL 数据库，进而就可以操作数据库中的记录。

3.3 基于事物特性表的产品变型设计系统

基于事物特性表的产品变型设计系统背后有一个

庞大的事物特性表和数据库作支持，只需要工程师根据合同方案信息进行必要的参数输入，就可以驱动得到相关的产品模型，进而得到准确的产品施工图纸。基于笔者在起重机公司的项目开发，开发出卷筒快速设计、起升机构快速设计、运行机构快速设计以及桥架快速设计系统，如图 4 所示。

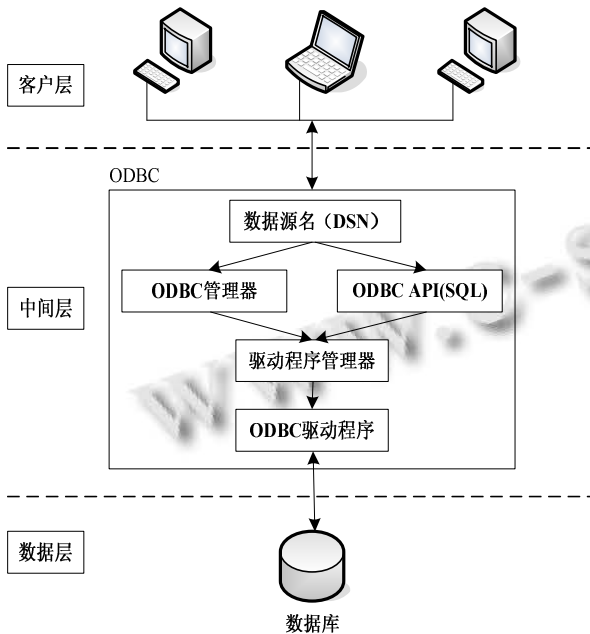


图 3 基于事物特性表的产品变型设计系统的网络体系结构

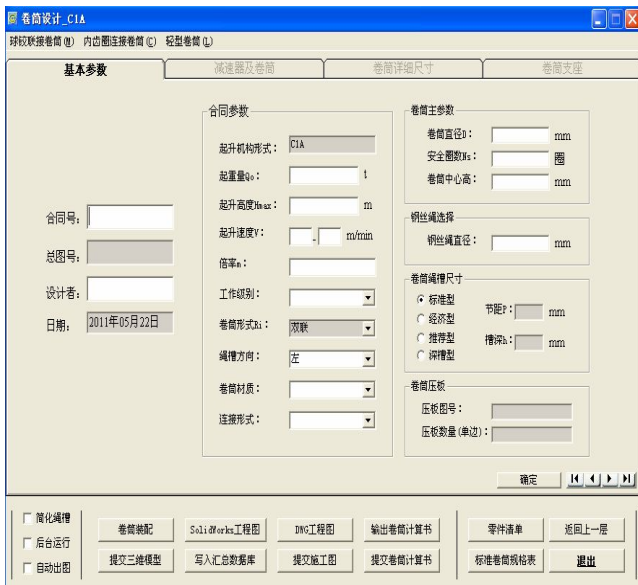


图 4 基于事物特性表的卷筒快速设计系统

在具体的产品变型过程中，系统首先会根据合同

方案信息在已有的产品族中进行查找，若不能借用，则需要进行新产品变型设计，步骤如下：首先存贮在事物特性表中的合同方案信息会在系统界面显示，并根据一定的规则公式自动计算相关参数，另外一部分参数需要工程师对其进行人为修改；将以上得到的参数导入到 Solidworks 中进行模型产品的驱动，生成相关实例和图纸；最后系统将客户参数、设计参数存入相关的事物特性表中^[8]。如图 5 为基于事物特性表的变型设计系统流程图。

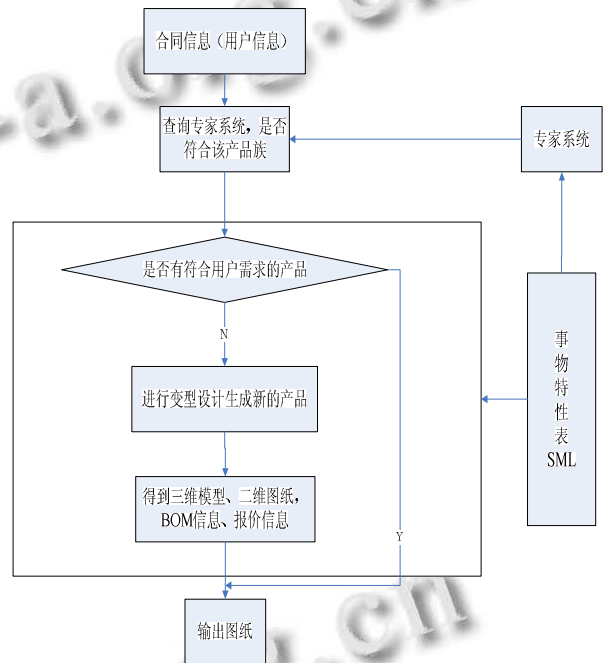


图 5 基于事物特性表的变型设计系统流程图

3.3.1 SolidWorks 二次开发技术和 ODBC 技术

基于产品事物特性表的产品变型设计系统的开发结果是独立运作的软件，它主要实现了在 SolidWorks 环境中利用 ODBC 技术访问数据库的功能，对该功能进行封装和发布，提供给其他的 SolidWorks API 进行二次开发，Solidworks 中存在相当数量的类，通过二次开发技术可以很方便的查找到相应的对象。例如，当要访问 DisplayDimension 对象是，首先要得到 Solidworks 对象，利用 Solidworks 中的方法可以访问一个 DrawingDoc 对象，进而可以访问 View 对象，最终控制 DisplayDimension 对象。

3.3.2 知识工程与事物特性表的整合技术

知识工程 knowledge based engineering (KBE) 在计算机上建立专家系统的技术。知识工程这个术语最

早由美国人工智能专家 E.A.费根鲍姆提出^[9]。由于创建的基于事物特性表的专家系统存贮着专家的设计知识以及企业的知识库，就像是在数据处理中数据是处理对象一样，又称知识处理学。知识的获取、知识的表述以及知识的运用和处理等是其主要的研究内容，敏捷设计系统能够满足以上三大方面，具有以下特点：

① 为了解决敏捷设计系统中的产品设计问题、除了需要一些公共领域的知识，更需要大量的能够解决问题领域密切相关的知识，如设计知识。

② 产品变型设计过程中，很多参数不是数学算法和公式得到，可以采用启发式的试探性解决产品变型设计过程中的难题。

③ 除了采用演绎的方法外，基于新概念新知识的目的，不得不采用归纳和抽象的方法。

总之，在敏捷设计系统的构建过程中，事物特性表和知识工程的整合技术需要不断的总结创新，巩固、修正和创新企业的知识工程，只有这样，问题才能解决。

5 系统实现及应用实例

笔者结合项目实际开发经验，在 VB 的环境下，采用面向对象技术，集成了参数化系统 CAD 系统（SolidWorks）和数据库系统（SQL Sever），开发了一套产品变型系统的原型，并用电动机模型的变型设计对其进行了验证。

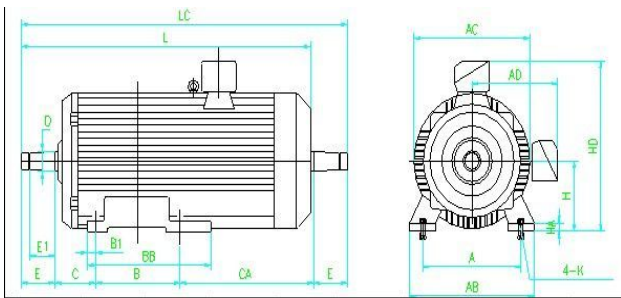


图 6 电动机外形尺寸示意图

实例中，电动机采用分类码+识别码的编码方式，首先利用 Solidworks 建立一个基于事物特性表的电动机的主模型，同时得到相对应的变量表，其中，变量表的制定规则应该按照给出的外形尺寸示意图（图 6 所示），如图 7 所示，电动机主要具有以下事物特性中心高、安装螺栓位置、孔大小、出轴轴径、出轴轴长、

极数、接线盒位置等，产品变型的过程，结合 Solidworks 零件设计表功能，并对尺寸赋予一定的意义，大批量的庞大的电动机产品变型设计就可以迅速的实现。

基座号	主要安装及外形尺寸(供三维图形用)					
	1	2	3	4	5	6	
H	A	B	C	CA	K	
YTSZ112M	112	190	140	70		12
YTSZ132M	132	216	178	89		12
YTSZ132S	132	216	140	89		12
YTSZ160L	160	254	254	108		15
YTSZ160M	160	254	210	108		15
YTSZ180L	180	279	279	121		15
YTSZ200L	200	318	305	133		19

图 7 电动机外形事物特性表

经过笔者的项目实际开发经验，结合国内制造类企业的实际情况，对基于事物特性表的敏捷设计系统开发进行了大量的富有成效的研究工作，并在此基础上绘制了起重机类产品敏捷设计系统的流程(见图 9)，该流程同样适用于其他面向大批量定制产品的敏捷设计系统。

图 8 给出了对电动机快速变型设计的实例。

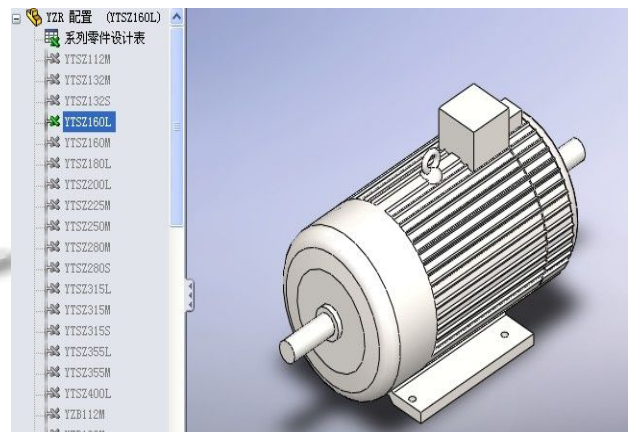


图 8 变型设计的电动机实例

6 结语

基于事物特性表的敏捷设计系统在一定程度上颠覆了传统的串行产品开发模式，不仅缩短了产品设计开发周期，减少了大量的重复性工作，同时也实现了与工艺系统的并联式衔接，但是原型库、企业知识库的建立，以及模块化平台的开发以及涉及到软件的高级应用，需要不断的探索与研究。

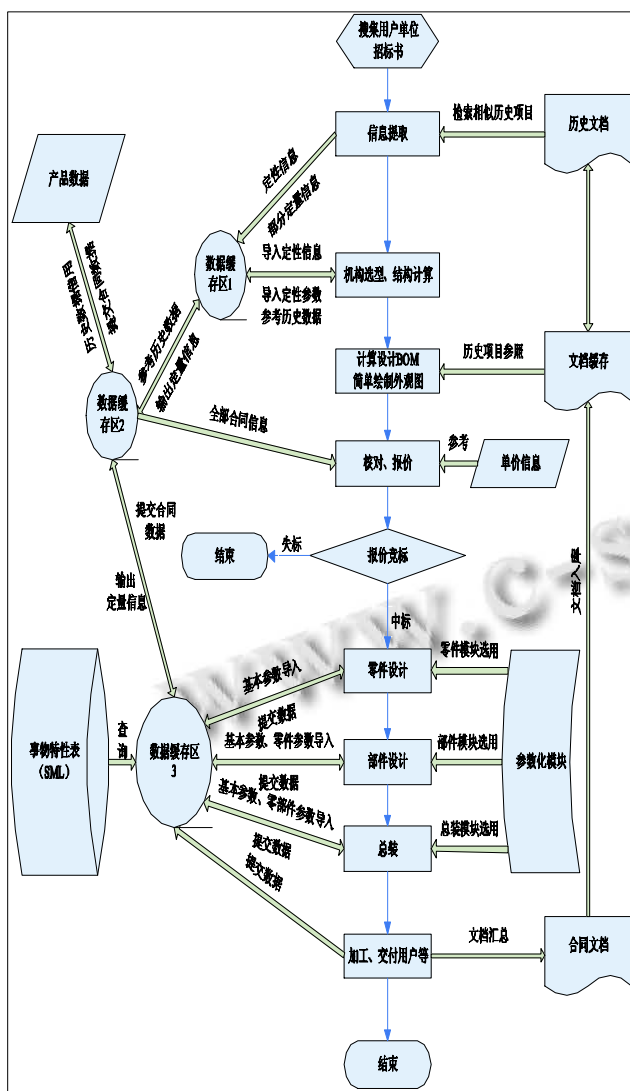


图 9 基于事物特性表的敏捷设计系统开发流程

参考文献

- 1 何岸杨.快速敏捷设计平台研究.上海:上海理工大学,2008.
- 2 David M, Anderson B, Pine II J.21 世纪企业竞争前沿:大批量定制模式下的敏捷产品开发.冯娟,李和良,白立新译.北京:机械工业出版社,1999.
- 3 祁国宁,顾新建,谭建荣,等.大批量定制技术及其应用.北京:人民邮电出版社,2003.
- 4 鲍仲平.数据库中的事物特性表.北京:中国标准出版社,2002.
- 5 胡宇翔,蒋平.产品变型设计的建模研究.华北工学院学报,1999,20(2):155-158
- 6 鲁玉军,余军合,祁国宁,等.基于事物特性表的产品变型设计.计算机集成制造系统-CIMS,2003,9(10):840-844.
- 7 钟文名,祁国宁,顾巧祥.基于事物特性表的产品变型设计的开发过程研究.制造业自动化,2006,28(6):7-10.
- 8 夏正行.基于事物特性表的参数化系统研究.上海:上海理工大学,2011.
- 9 王智明,杨旭,等.知识工程及专家系统.北京:化学工业出版社,2006.

(上接第 4 页)

6 结语

根据石化企业对原油管道实时安检系统的要求，采用最先进的 GSM / GPRS 网络及以太网数据传输技术、管道测漏技术、节能优化技术以及软件设计技术，有效的对管道的传输状态和设备的运行状态进行实时监控和优化。该系统能够使管理者及时准确地了解管道输送原油的变化情况及设备的运行情况，真正实现了监测自动化，优化现场设备的运行和管理自动化水平。

参考文献

- 1 游保华.输油管道泄漏检测技术.甘肃科技,2009,25(14):41-43.

- 2 朱玉龄,高金库,陈伟.吉林油田原油集输管网的优化运行.油气田地面工,2008,27(1):42-44.
- 3 吕爱华,郭文敏.含蜡原油长距离管道输送节能技术的探讨.应用能源技,2008,4:4-6.
- 4 许南山,石佳锐.基于 B / S 模式的数据监视技术研究与实践.计算机工程与科学,2009,31(7):126-129.
- 5 李铭.C#高级编程.第 6 版.北京:清华大学出版社,2008.
- 6 周涛,吕伟臣,廉颖.SQL Server 2005 数据库企业级应用.北京:清华大学出版社,2008.