

基于单一产品数据源的产品全寿命周期 XQBOM 生成方法研究*

Research of Method for Generating XQBOM of Product Life-Cycle Based on Single Source of Product Data

西北工业大学管理学院 张 晶 梁工谦

[摘要] 针对产品寿命周期各阶段产生的质量信息管理问题,将质量管理信息在各 BOM 中分配和体现,实现系统性、全面性、一致性的质量信息转换和质量问题跟踪与管理。以单一产品数据源作为底层数据支持,利用面向对象的方法,构建出设计、工艺、制造三个产品主要寿命周期阶段的航空武器装备 XQBOM 生成模型。

关键词: 单一产品数据源 质量物料清单 面向对象 质量数据 产品结构树

[ABSTRACT] In order to manage the mass quality information that every production stage produces in product life cycle, every BOM is assigned and embodied quality control information to realize managing the mass information changing and tracking mass problem systematically, completely, and identically. The single source of product data is used as the bottom data support and the method of Object-Oriented is also used to design the model of product XQBOM management in the main three product life cycle stages of design, technology, and manufacturing.

Keywords: Single source of product data Quality bill of material Object-Oriented Quality data Product structure tree

军工产品的研制和生产,直接代表着我国国防事业的发展水平。军工产品的质量优劣是关系到战争胜负和国家、民族安危的大问题,所以与一般民用产品相比,它有更高的产品质量保证要求。需要研究的一个问题是,产品寿命周期中有不同形式的物料清单(Bill of Material, BOM),这些 BOM 孤立地存在于企业的各个信息系统中,给数据的一致性维护和数据管理带来了困难,而且这些 BOM 没有很好地与企业质量信息集成,对实

现全寿命周期的质量跟踪管理带来了困难,难以满足军工产品高质量、高安全性、可追溯性的要求。

本课题根据军工产品生产的实际情况构建成了研究路线。以单一产品数据源(Single Source of Product Data, SSPD)作为整个系统的底层数据核心,以所有相关产品数据的共同访问资源作为产品数据管理提供数据支撑平台。在 SSPD 的支撑下,本课题利用面向对象的方法分析了 XQBOM 的生成演化过程,并提出了设计质量物料清单、工艺质量物料清单、制造质量物料清单的生成模型,以利于发现设计、生产中的质量问题。

1 SSPD

SSPD 是波音公司在构建与实施飞机构型控制与制造资源管理(Define and Control of Airplane Configuration/Manufacturing Resource Management, DCAC/MRMD)计划时提出的。SSPD 通过建立产品数据的逻辑联系,将物理上分布的产品数据形成逻辑上的统一整体,为产品数据的访问与操作提供唯一的数据源^[1-2]。

1.1 SSPD 的功能

SSPD 的概念表述了一种数据的组织方式,并不代表在进行数据管理时使用一个集中式的数据库。SSPD 的思路是将原来物理上分布于多个数据库中的产品数据,经过精心的组织形成一个逻辑上单一的数据源,在分布于不同数据库中的产品数据之间建立严格的约束,以便保证产品数据是一致的、最新的、完整的、无冗余的和可靠的。

飞机制造数据源管理一般包括 3 个方面,即工程数据管理、工艺数据管理和制造资源管理,但从总体上看又处在以 SSPD 为基础的产品数据管理的支持环境里。SSPD 是产品数据管理、生产计划管理、制造资源管理的核心,是提供单一产品数据的存取点,它是产品数据的唯一管理源,能提供多种正确而清晰的数据表,如满足

* 航空科学基金(2007ZG53078)资助项目。

工程设计要求的设计物料清单,控制生产的工艺计划的工艺物料清单,以及用于生产制造的制造物料清单^[3]。

用单一产品数据源为飞机产品提供支持,公司中任何一个需要飞机结构数据的人员都可以在同一个单一的系统上访问这些数据,使遍布全球的设计、工程、市场和采购人员、承包商和各级管理人员都可以在全球各地实时访问、获得精确的BOM数据。

SSPD的建立和实施能够保证企业产品数据多流向和各节点数据同步,使各部门的数据唯一、无冗余,同时也确保了全部产品数据的一致性和可追踪性,使企业各部门的数据能够及时共享、跟踪和更改,使管理工作、计划生产能够及时进行,降低了成本,提高了质量。

1.2 SSPD的组织原理

企业的所有信息系统都以SSPD作为数据访问的目标,各系统从SSPD中读取数据,进行信息处理后将它们所生成的新的数据按SSPD的要求存放到SSPD之中供其他系统使用。SSPD中存放有产品的几何数据、工艺计划数据、工艺装配数据、服务支持数据、质量数据和BOM等。这些数据都是以产品设计及制造过程中定义的各种类型的产品结构为核心进行组织的,因此产品结构是SSPD进行数据组织的主线,而产品结构存在于各种类型的BOM中,因而对BOM的支持是单一产品数据源的主要内容。以单一产品数据源作为底层支持,物料清单为组织核心,构建BOM对象模型,并应用于产品结构与配置管理之中,如图1所示。

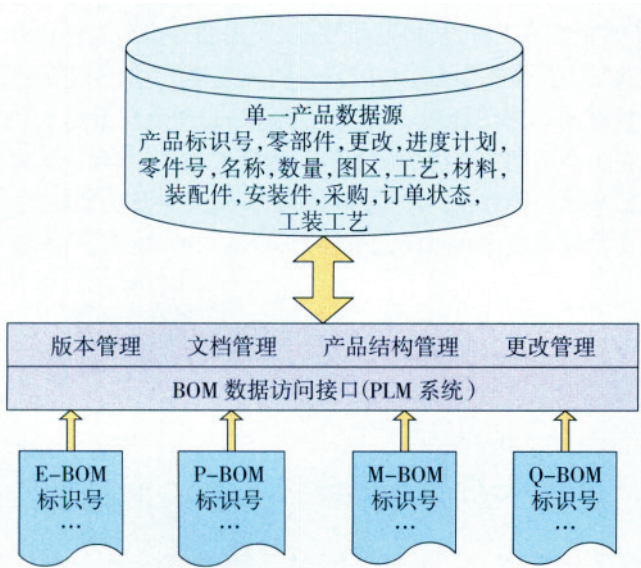


图1 基于单一产品数据源的组织模型
Fig.1 Organization model based on single source of product data

2 物料清单

产品数据的物料清单(BOM)是对产品配置关系的描述,其中包括产品对象的结构关系和基本属性信息。它对应于制造企业中传统工程图纸的明细表目录,是描述一个产品、部件或组件内部的所有零件名称、数量、性质及相互关系的文档。影响BOM复杂性的首要因素是产品结构复杂,大量零件、组件的相互借用关系,使层次装配关系的产品结构树实际上变成了网状的结构关系;影响BOM复杂性的另一因素是企业产品的系列化,产品构型的状态随客户的要求而不断变化,而BOM信息又是随产品构型而动态改变的^[3]。

E-BOM、P-BOM、M-BOM是产品寿命周期中3个重要阶段的物料清单。

设计BOM(Engineering BOM, E-BOM)是产品设计阶段所使用的产品数据结构视图,精确地描述了产品设计中的产品、部件、组件、零件、标准件之间的关系。

工艺BOM(Process Planning BOM, P-BOM)是设计部门用业组织和管理生产某种产品及其相关零部件的工艺文件,它是在设计BOM的基础上由工艺部门根据企业工艺装备特点编制产品的装配件、零部件和最终产品的制造方法,同时在P-BOM中确定了零部件的加工设备、工装夹具、刀具、辅具等工艺信息。P-BOM可能修改E-BOM中定义的零部件装配顺序,同时可能因为工艺需要添加工艺中间件。

制造BOM(Manufacturing BOM, M-BOM)表达了产品的制造结构,即实际生产中的制造装配顺序。通常,制造结构要比设计结构和工艺结构更加详细,层次更加复杂。

E-BOM、P-BOM和M-BOM是其他下游BOM的信息基础。这3者也是决定产品生命周期中BOM数据信息一致性、准确性的关键。

M-BOM中装配关系与其在E-BOM中的装配关系完全一致的部件称为继承部件。除了继承部件之外的特殊部件有^[4]:①关键部件,在工艺分解过程中对E-BOM中划分过粗的零件进行细分而生成的部件;②外协部件,本身及其所属的所有零部件都由外协加工而得,其所属零部件不出现在P-BOM中,仅在P-BOM中描述生产类型为外协加工;③虚拟部件,在E-BOM中出现,在P-BOM中有定义,但在实际生产中既不制造也不存储的部件;④中间部件,在E-BOM中不出现,而在实际生产中因为有工艺要求,既要制造又要存储的部件。

造成 E-BOM 和 P-BOM 结构区别的特殊部件是关键部件和外协部件,造成 P-BOM 和 M-BOM 结构区别的特殊部件是虚拟部件和中间部件。

3 质量物料清单及其生成

3.1 质量物料清单

质量物料清单 (Quality BOM, Q-BOM) 是企业的生产管理部门和质量控制部门在实际制造和生产管理过程中生产某种产品所需的零部件质量管理和控制信息清单;是根据产品的 P-BOM 和 M-BOM 对质量的要求,描述各种自制零部件、外协件以及采购件的质量要求、质量检测和质量控制标准,用来指导生产质量控制和检查的提纲^[5]。

对一个产品建立 Q-BOM 之后,便可实现整个产品生命周期内质量信息基础数据有序、分层、关联地存储,为后续环节对质量信息的各种处理在基础数据的结构方面奠定了良好的基础。通过 Q-BOM,我们可以方便地得到质量故障的发生原因、责任单位、发现部门、造成损失、解决措施等方面的信息。Q-BOM 是具有开放性的,用户可以根据自己的需要对其进行扩充,增加任意多的与质量相关联的信息,形成具有本企业产品特色的 Q-BOM。

本文对 Q-BOM 按照产品全寿命周期的 3 个主要阶段进行细化,给产品寿命周期的三个阶段都定义相应的 Q-BOM,从而为全寿命周期产品质量信息的集成做准备。例如,在产品的设计阶段,我们定义设计 Q-BOM。它是在 E-BOM 的基础上,将质量信息添加到设计 BOM 而得到的。我们把产品全寿命周期中各个阶段的 Q-BOM 统称为 XQBOM。

3.2 面向对象的质量物料清单

面向对象 (Object-Oriented, OO) 的方法学认为:客观世界是由各种对象组成的,任何事务都是对象,每一个对象都有自己的运动规律和内部状态,每一个对象都属于某个对象类。面向对象的基本构造是对象,将数据结构与行为合并到单一的对象实体中。通过对比发现对象的相似性,构成对象类,允许各种操作作用于对象类上。类 BOM 是母体,对象 BOM 是类 BOM 所衍生的具有少量不同具体特性的个体。对象可以继承所属类中的属性和方法,避免了数据冗余。

产品数据模型采用产品层次分解的方式组织,类似于产品结构树,在每一结点附加属性关联信息。层与层之间形成面向对象方法中的类属关系、聚合关系,这种

抽象机制满足了产品信息集成的要求。通过对产品数据对象的抽象和提取,形成一棵类树,当用户有新的数据要求时,可以在这棵类树适当的结点上进行扩充,以适应产品数据变化的要求^[3]。

大部分质量数据都来源于产品的加工过程中,主要包括现场采集的质量检验数据,它是随着军工产品加工过程的进行而不断生成和增加的,因此质量数据的种类和数量都是随时间的变化而不断变化的。从产品 BOM 对制造质量数据的引导性角度考虑,制造质量管理中的数据可以分为两大类,一类是由产品配置直接引导的,另一类是由产品配置间接引导的,分别称之为军工产品配置的显性引导和隐性引导^[6]。

显性引导即军工产品的结构配置关系中任一组成零部件都会引导该零部件的质量属性。例如军工产品的质量检验标准、检验规程、检验方法等,这些数据将作为产品类的质量属性,构成产品属性的一部分,成为产品类的公共属性。这些质量属性将直接以类的形式存储于类 Q-BOM 中。

隐性引导即以某一具体化、实例化的配置关系为引导。某一具体的产品结构配置中的某一具体组成零部件会引导该零部件的具体质量属性,例如质量检验记录、产品不合格记录等,这些质量数据不是某一规格产品类的,而是某一规格产品的某一件对象所具有的,因此这些质量数据将被实例化为对象,成为对象 Q-BOM。

Q-BOM 在继承产品 BOM 的产品结构和配置关系的基础上,对产品组成中的各零部件的基本质量信息(如质检员工资、质检品质规范、质检设备检测规程和方法等)生成类 Q-BOM;以及在同种规格下,每件零部件具有的不同于任何一件其他零部件的制造质量信息和在生产活动中所生成的所有过程质量信息(如现场采集的质量检验数据、零件报废数据、故障发生及处理数据、检测设备使用和报废记录等)形成对象 Q-BOM,从而形

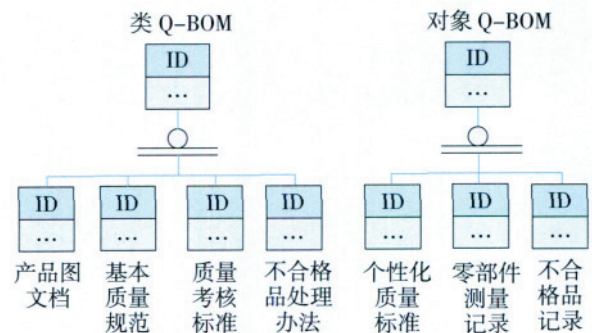


图 2 类 Q-BOM 和对象 Q-BOM 的结构图

Fig.2 Structure of Q-BOM Class and Q-BOM Object

成新的面向对象的Q-BOM形式。面向对象的类Q-BOM和对象Q-BOM的结构形式如图2所示。ID是零部件的唯一标识号,通常含有该零部件的规格号和流水线号信息,它是零部件所有质量信息的唯一索引。

3.3 面向对象的XQBOM的生成

技术部门从产品的使用性能出发,制定出能满足基本功能要求的设计方案,PLM系统可以直接从CAD的相关文件中提取产品结构数据,和属性信息,其中产品结构数据形成E-BOM,属性信息形成设计阶段的类设计质量物料清单(Engineering Quality BOM, EQBOM)以产品类E-BOM为基础,在产品的个性化设计过程中,可将用户需求和市场需求根据企业的具体条件转化为产品的性能指标,利用面向质量的设计技术对产品的设计提出以质量为出发点的设计限制条件,生成面向订单对象的E-BOM。其中类EQBOM只针对部件生成,类EQBOM和对象EQBOM作为属性信息附加在E-BOM结构树上,当根据ID提取这些质量信息时便构成图2所示的树形结构。

当E-BOM结构生成后,根据树的遍历算法生成P-BOM结构这一过程会修改关键部件和外协部件,见图3。

BOM有不同的视图,不同部门因为需要的信息不同,BOM视图在不同部门间展示的信息也不同。E-BOM由产品设计部门设计,它包括了组成产品的所有主要零

部件,例如产品P由零部件A, B, C, D, E组成(图3),部件B又由B1, B2组成, E-BOM向P-BOM转化的过程中主要变化发生在产品的关键件和外协件上,因此在图3中只展示了关键件A和外协件B的变化过程,关键件A需要自己生产,因此在生产前需要工艺部门进行工艺设计,即进行P-BOM的设计,所以工艺部门会对部件A进行细化,即A由零件A1和A2组成,故需添加节点A1, A2。外协件从外部购置,不需要自己生产,因此不需对B展开设计, B的这部分信息对工艺部门和后续的生产部门来说都不需要,所以B的零件组成结构在工艺视图P-BOM视图中就不再显示。C, D,是中间件, E是虚拟件,在E-BOM向P-BOM转化的过程中不发生变化。

根据P-BOM生成工艺质量物料清单(Process Planning Quality BOM, PQBOM),其中在PQBOM中新添加了A1, A2的质量信息,并删除B1, B2的信息,其他节点均在继承类EQBOM和对象EQBOM的信息后,根据工艺的要求在类或对象中添加相应的质量信息。

导致P-BOM和M-BOM结构区别的特殊部件是虚拟部件和中间部件,见图4。

P-BOM向M-BOM转化的过程主要发生在虚拟件和中间件的结构上, E是虚拟件,虚拟件在实际生产中并不存在,是为了设计方便才虚拟出来的,所以在转化成M-BOM时需将E去掉,实际只生产E的组成零部件E1和E2,所以要删除其父节点E。对于中间件C, D来说,需先生产其父节点件CD,所以在转化成用于指导生产的M-BOM时需补上C, D的父节点件。

进行P-BOM树的遍历时,当判断是中间件时,添加该节点的父节点,将该节点作为子件,并对父节点生成类制造质量物料清单(Manufacturing Quality BOM, MQBOM)和对象MQBOM;当判断是虚拟件时,将其子节点移至其父节点下,删除该节点。其他节点均为继承关系。在P-BOM上扩充制造过程中的相关制造质量属性和制造质量数据,生成面向产品的制造过程Q-BOM。全寿命周期的XQBOM生成过程如图5所示。

Q-BOM是面向对象的,它封装了对象的属性和对对象的操作,质量数据的统计分析就是操作的主要内容之一。如欲对某种产品的某一关

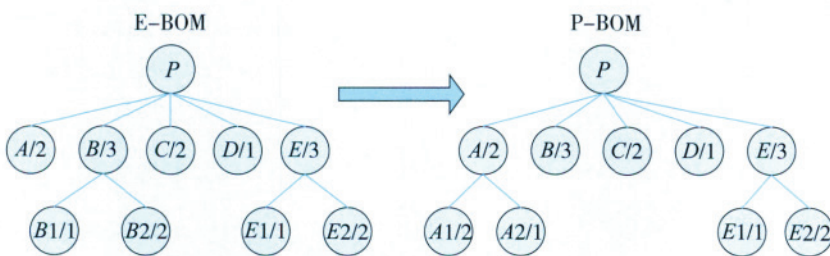


图3 E-BOM转化成P-BOM的结构图

Fig.3 Structure of transformation from E-BOM to P-BOM

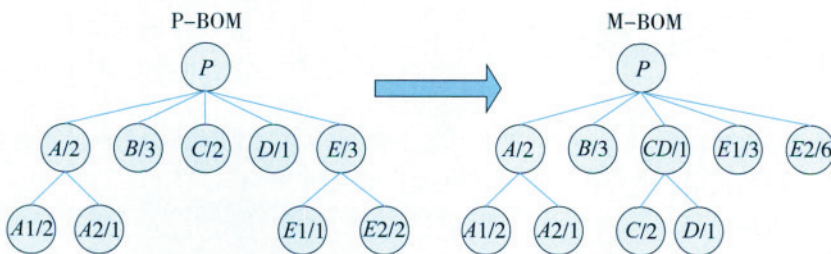


图4 P-BOM转化成M-BOM的结构图

Fig.4 Structure of transformation from P-BOM to M-BOM

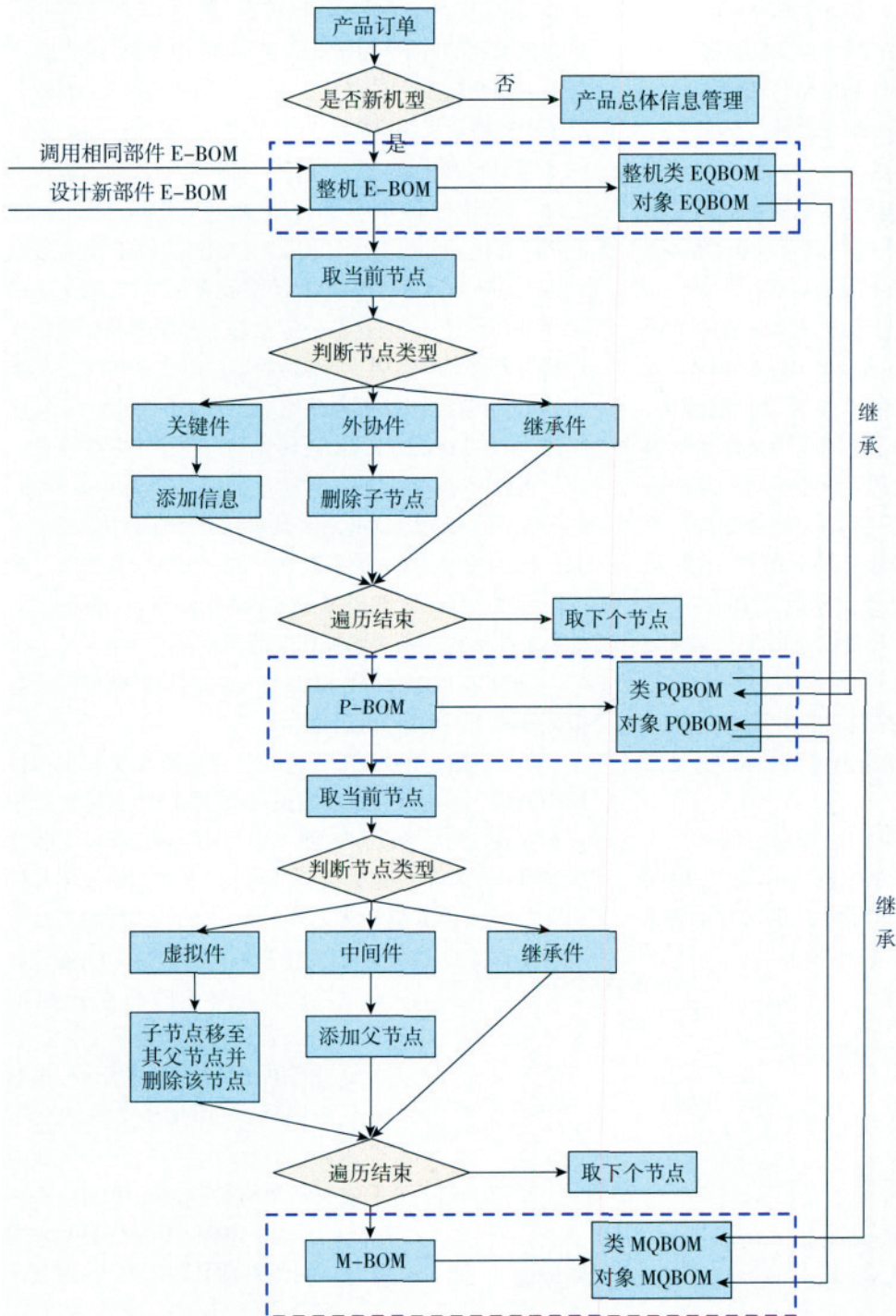


图 5 XQBOM 的生成全过程

Fig.5 Whole process of producing XQBOM

键质量特性进行控制图的绘制时,则可首先对某时间段内该产品关键特性的历史实测数据进行有选择的提取构成样本,再通过统计曲线功能绘制该样本质量特性的控制图。如果检测出某一零部件出现质量问题,可以根据对象 Q-BOM 树进行反查,对质量问题进行追踪。

4 结束语

通过以单一产品数据源为基础对数据管理提供的平台支持,以及应用面向对象的产品数据表达技术生成 XQBOM 模型实现对 XQBOM 的管理,其效果可以体现在如下几个方面:

① 可以实现全寿命周期 Q-BOM 与结构 BOM 的映射及在全组织中的信息共享。

② 可以提高制造的精度,在设计和制造过程中,各 BOM 视图的生成依据同一产品数据,减少了工程变更单的数量。

③ 可以实现质量问题的可追溯性,落实产品质量责任问题。

④ 有利于实现单机管理。

不同的 Q-BOM 在企业不同部门间有效传递并收集各类质量信息,有利于实现企业的精细化管理,提高生产与管理质量。

参考文献

[1] 范玉青. 波音公司 DCAD/MRM 系统. 北京:北京航空航天大学学报,1997.

[2] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.

[3] 张和明,熊光楞. 制造企业的产品生命周期管理. 北京:清华大学出版社. 2006: 64-72.

[4] 黄学文,范玉顺. BOM 多视图和视图之间映射模型的研究. 机械工程报,2005,41(4):97~101.

[5] 贾斌. 面向产品全生命周期的 xBOM 的研究 [D]. 大连理工大学,2005.

[6] 高文俊. 面向军工产品制造过程质量跟踪与管理技术 [D]. 哈尔滨工业大学,2006.

(责编 俯芷)