

# 数据仓库和 OLAP 技术在生产绩效管理中的应用

## Application of Data Warehouse and OLAP Technology on Production Performance Management

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 徐冠寒 杨建军  
中航工业西安庆安公司 晏克麟

**[摘要]** 讨论了商业智能中的数据仓库和 OLAP 技术在制造企业生产绩效管理中的应用技术。通过对生产绩效多维评价指标体系、KPI 多维数据模型的研究与构建,实现了生产绩效的多维可视化应用系统,有效解决了企业管理者难以对分布在不同系统中的大量生产绩效业务数据进行多角度、快速以及一致分析的问题。

**关键词:** 生产绩效管理 数据仓库 OLAP

**[ABSTRACT]** The applications of data warehouse and OLAP technology on production performance management are discussed. In order to analyze the mass data in different systems and realize the multi-dimensional visualization, the multi-dimensional production performance evaluation system is constructed and the multi-dimensional KPI data model is built up.

**Keywords:** Production performance management Data warehouse OLAP

为了提高企业生产运行绩效,大多数制造企业实施了 ERP/MES/CAD/CAM/CAPP/PDM/SCM/CRM 等信息管理系统的工程应用,然而这些分布在不同的系统平台上、具有多种存储形式的生产数据却随着时间和业务的发展不断膨胀。企业管理人员希望通过分析与整合这些繁杂的存贮在不同应用系统中且相互关联的生产数据,了解企业的发展趋势。而传统数据库只分散地保留了当前的生产业务信息,并没有整合出决策分析所需的整体运营信息,同时大量的历史信息也没有得到保存。

数据仓库(Data Warehouse, DW)和联机分析处理(On-Line Analytical Processing, OLAP)技术的发展为企业绩效管理和决策提供了一个崭新的分析工具。数据仓库建立了一种体系化的数据存储环境,将绩效分析决策所需的大量分散、不一致的操作数据从传统的操作环境中分离出来,形成集成、统一的信息。而 OLAP 以数据仓库为平台、以多维分析为基础,能够从多角度对绩效数据进行快速、一致、交互的分析,从而使不同层次的管理人员获得对数据更深的了解<sup>[1]</sup>。

本文以离散制造企业为背景,在分析了基于商业智能技术的管理驾驶舱在生产绩效管理中的应用情况的基础上,构建了生产绩效多维评价指标体系,并利用商业智能的核心技术数据仓库及 OLAP 建立了 KPI 多维数据模型,实现了对企业生产运营绩效的多维分析、可视化。

### 1 制造企业生产绩效管理的发展趋势

在复杂制造过程管理需求的驱动下,具备“集成”、“协同”特点的生产管控平台,是企业生产绩效管理工具的发展趋势。其中,“集成”不仅包含与生产管理知识领域的功能集成,还要考虑与其他系统如 ERP、MES、CRM、PDM 等系统的应用集成,相当于把平台看作是一个计算机主板,其他业务系统看作是插件,只要建立起信任机制,就可以实现数据共享,实现综合管理;“协同”则指地域分散的各协作单位通过资源、流程和信息等相互作用,建立起一套全新的生产管理体系,借助综合信息管理平台将生产经营业务内在的关联显现实、可视化,以实现制造过程中的各个管理过程进行深度、多角度的分析。

在此背景下,国外许多公司提出了企业控制系统,工厂到商务之间的协同能力、协同制造,企业制造智能,实时制造绩效管理,制造绩效服务,卓越制造战略等概念。其核心是提高企业总体运行绩效,其特点是绩效性能管理的实时动态化<sup>[2]</sup>。其中,最有代表性的产品是 SAP 推出的企业管理驾驶舱。

管理驾驶舱作为一种新颖的管理工具,它的总体思路是利用平衡计分卡的概念把企业的关键绩效指标按层次分派给各个部门,并以个性化的图形展示给高级管理人员。管理驾驶舱的提出标志着企业绩效管理可视化的实现,即借助管理驾驶舱能够从需要展现的内容中提取出绩效指标<sup>[3]</sup>。

管理驾驶舱的应用基础是商业智能系统,如图 1 所示。底层是生产经营所产生的源数据,这些数据通过提取、转换和加载进入数据仓库,在这个基础上再进行 OLAP、Data Mining 和报表查询等<sup>[4]</sup>。

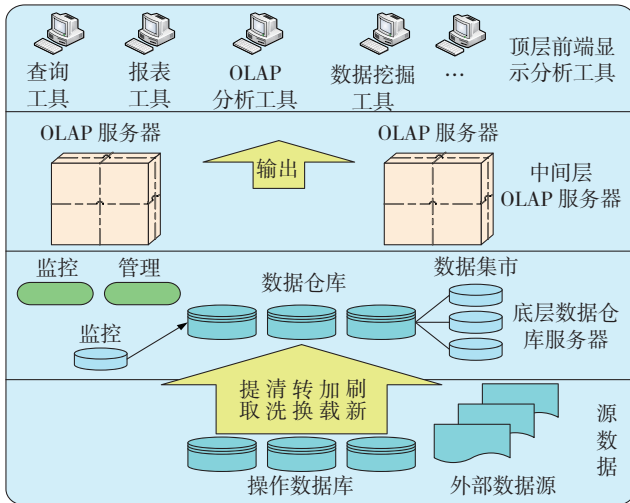


图1 商业智能系统  
Fig.1 BI system

## 2 生产绩效多维评价指标体系的构建

为了实现对生产绩效的有效监控与及时管理,以多维的方式分析企业生产绩效数据,就需要明确企业在分析绩效数据时的一般分析角度和分析领域。

### 2.1 指标分析主题域的设计

主题域是数据的实际意义,也称为事实,即描述数据“是什么”。通过对企业各生产部门的责任分析以及采用平衡记分卡的思想进行目标分解,建立企业生产KPI指标体系。其包括计划、质量、物流以及成本4个分析主题域,每个领域下包括的具体指标如图2所示。

### 2.2 指标分析维度的设计

维度是人们观察数据的特定角度。企业在考察生产中的交付及时情况时,可能希望通过了解某一产品的零件在不同单位的交付及时情况来掌握加工的瓶颈零件,这是从组织的维度去查看计划情况;也可能企业关心某一产品在某单位一年内交付情况的变化趋势(环

比)或者今年与去年情况的对比(同比)以掌握企业的运营趋势,这是从时间的维度去查看;类似也可以从组织的维度去查看。

分析得出,生产关键绩效指标分析维度主要包括产品、时间、组织3个方面。而每一个维度的细节都有程度不同的多个描述方面,称为维度的层次。时间维度可以分为年、季度、月、周、日;而组织维度可以分为供应商、客户、内部组织,同时,在这3个分类下又可以有不同的层次结构,如内部组织又分为生产单位、物资供应部门等;产品也可以按产品成熟度、军民品、主管人员分为不同的类别,不同类别下又有更细节的分类,如图3所示。

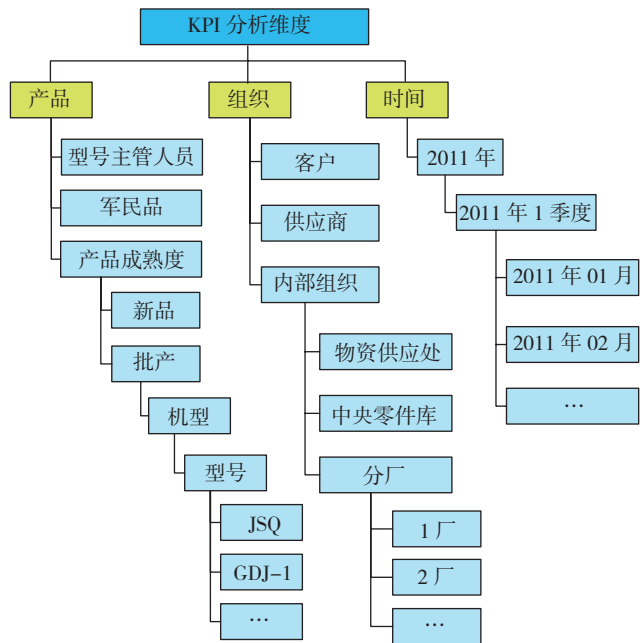


图3 生产关键绩效指标分析维度  
Fig.3 Production KPI analysis dimension

### 2.3 指标数据立方体的建立

数据立方体是OLAP数据组织的基本单元。一个数据立方体由主题域和维度组成,包含若干个单元格。数据立方体并不一定限于三维,因此又称为超立方体。在立方体的实现中,立方体对应一个多维数组。基于上述对生产绩效指标体系的分析,指标立方体包含产品、组织、时间3个维度以及计划、质量、物流、成本4个主题域,如图4所示。

企业管理者可以按不同的分类维度层次对立方体数据进行切片、切块、旋转等各种分析,以实现剖析生产运营绩效数据,多角度、多侧面地观察

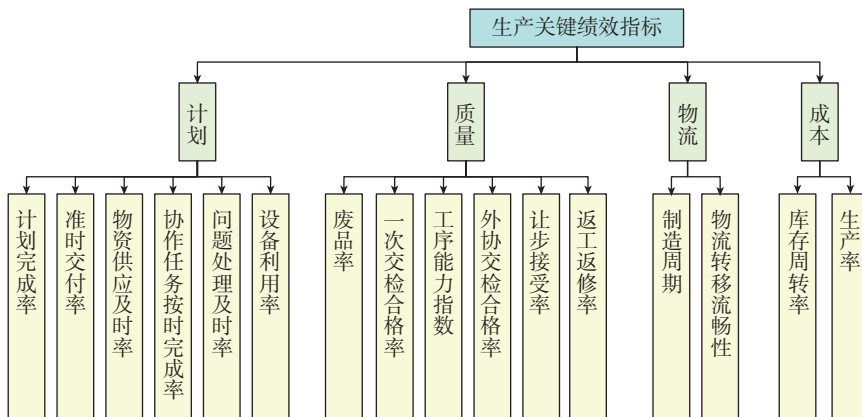


图2 生产关键绩效指标体系  
Fig.2 Production KPI system

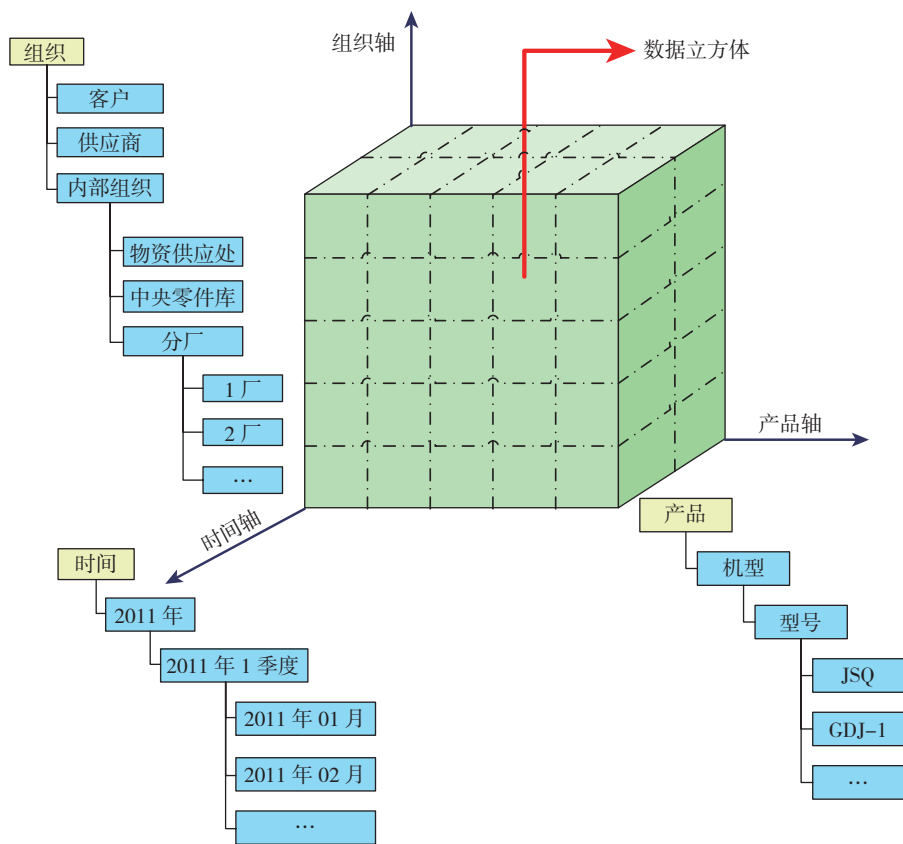


图4 指标数据立方体  
Fig.4 KPI data cube

关键绩效指标,从而深入地了解包含在数据中的信息内涵。

### 3 KPI 多维分析模型的建立

为了提供给企业管理者分析上述生产关键绩效指标的可视化工具,就需要构建一套通用、抽象的企业生产 KPI 多维数据模型;并将分布在不同的系统平台上具有多种存储形式的绩效业务数据抽取、清洗、转换成集成、统一、多维的信息;最终存入基于此模型的数据仓库中。

#### 3.1 KPI 多维模型的构建

OLAP 使用事实、维度和粒度的划分来组织多维数据。其中,事实是观察事物的角度或主题;维度是事实信息的属性;粒度是维度划分的单位,且用度量值表示实际分析的基础数据。多维数据模型分为雪花模式和星形模式,如图 5 所示<sup>[5]</sup>。

本文所构建的 KPI 多维模型在传统模式的基础上进行了一定的改进,将模型分割为维度分类和抽象事实 2 部

分,如图 6 所示。这 2 部分之间的关系就类似于星型模式,事实模型部分以多维数组的方式表达了各维度所有粒度组合的绩效指标考核统计结果集合,而维度模型部分则表达了 3 个维度的分类层次结构,这 2 部分通过外键进行关联。其通用、抽象、参数化的数据组织方式完整表达了指标数据立方体信息,并保证了前端显示与后端数据存储的松耦合。

(1) 抽象的维度定义模型部分。

此部分模型表达了指标数据立方体 3 个维度的分类层次树状结构信息。它支持数据立方体的维度分类层次节点、类型的自定义、可扩展,即可在分类层次树上任意插入、删除、修改不同类型的分类节点(包括有具体属性的实节点与无意义的分类虚节点),如图 7 所示。

在表达维度时,此模型采用的是动态模型与静态模型相结合的方式。对象中仅记录了每个维度分类的名称及树形结构层次(父子)关系,而某些实节点(如具体的加工单位、产品型号等)所包含的详细属性信息则通过与系统中已有的对象(如产品、部门)建立映射关系来进行表达。基于此方式,同样的节点可以出现在不同的分类层次上而不会出现属性的重复定义,极大地消除了信息的冗余,实现了信息的灵活自定义。

(2) 抽象的事实模型部分。

立方体数据相当于一个包含 3 个维度和 1 个度量

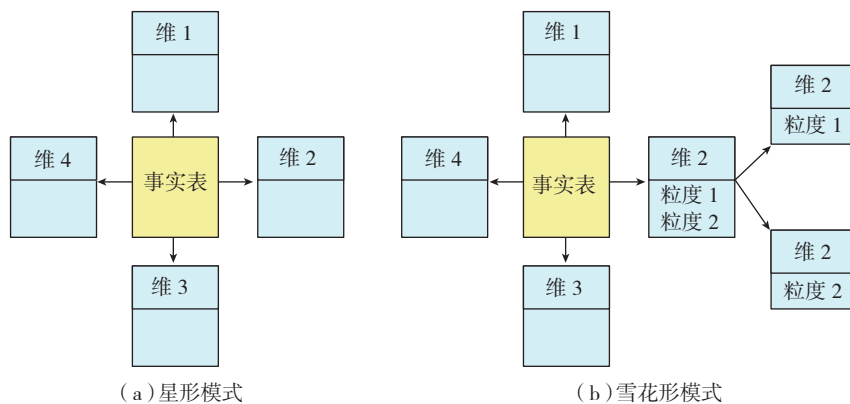


图5 雪花模式和星形模式  
Fig.5 Snow mode and star mode

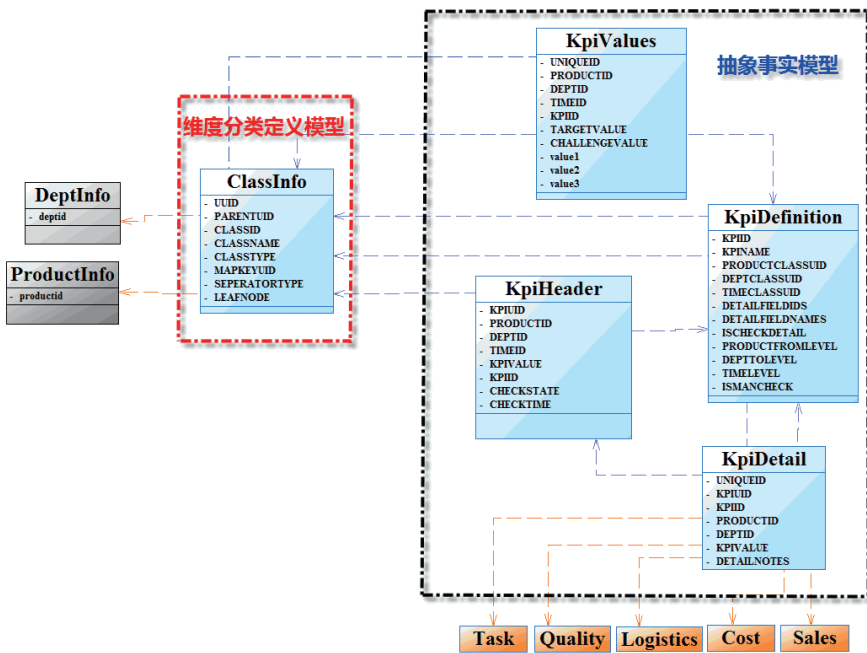


图6 多维数据模型  
Fig.6 Multi-dimensional data model

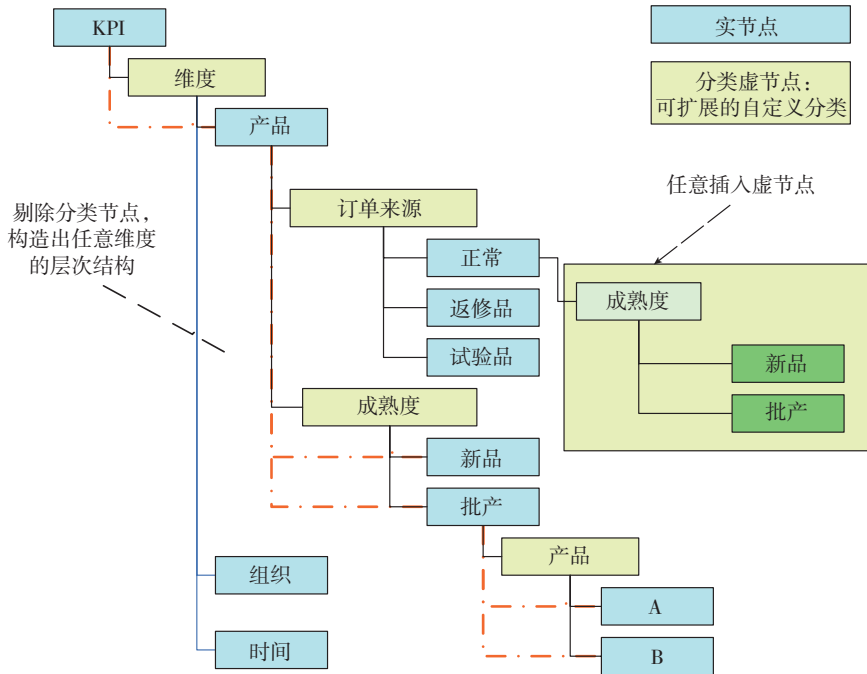


图7 可扩展多维分类树  
Fig.7 Scalable multi-dimensional classification tree

值的多维数组集合,事实模型部分即是用类似多维数据集的抽象化组织方式表达指标立方体,使得前端数据显示与后端的数据内容完全松耦合,实现切片、钻取、旋转等操作。

每一个指标都拥有一个数据立方体,因此需要通过指标定义对象为每一个指标定义不同的分析维度,并用指标的唯一标识区分不同的指标立方体。为了追溯指标值的计算根据,此模型在 Detail 对象中格式化地保留了每个指标计算的细节数据。与此同时,为了满足管理者对考核值与企业目标值差距的分析,此模型可以通过 Value 对象定义每个指标的标杆值。

### 3.2 不同数据源数据的处理

由于绩效指标所需的数据可能存储在不同的系统中,即使在同一个系统中其数据的组织方式也无法满足多维查询的目的,因此如何将分散在不同系统中的绩效数据装载入构造的多维数据仓库中变得极为重要。系统对不同数据源数据的处理方式如图 8 所示。

通过 JDBC 及 JAVA 的 API 获取到不同格式的数据后,根据不同的指标公式计算其指标值并将其他的细节信息都格式化为备注信息。然后,将计算后数据中的 3 个维度信息与维度模型中的分类节点进行匹配以转换为统一的模型所能识别的信息。最后,利用 Spring 的依赖注入技术将上述数据处理过程以 Bean 的形式注入每一个指标的考核 Bean 中,并通过其实现类,自动计算出整个数据立方体的所有值组合。以此,不仅实现了对不同数据源数据的抽取、清洗、转换,同时也实现了指标公式的自定义以及指标的多公式化考核。

## 4 生产绩效多维可视化

存储在多维数据集的数据是通用、抽象、不涉及具体属性的,它包含了指标的 3 个维度 ID 以及指

标值,通过指标的 ID 就可以区分不同的指标数据。同时,指标在抽取细节数据时都已经过了多维转换,其细节信息通过统一的标识格式化后存入了备注信息中,因此前端通过参数化的配置就可以实现图形展示的模板

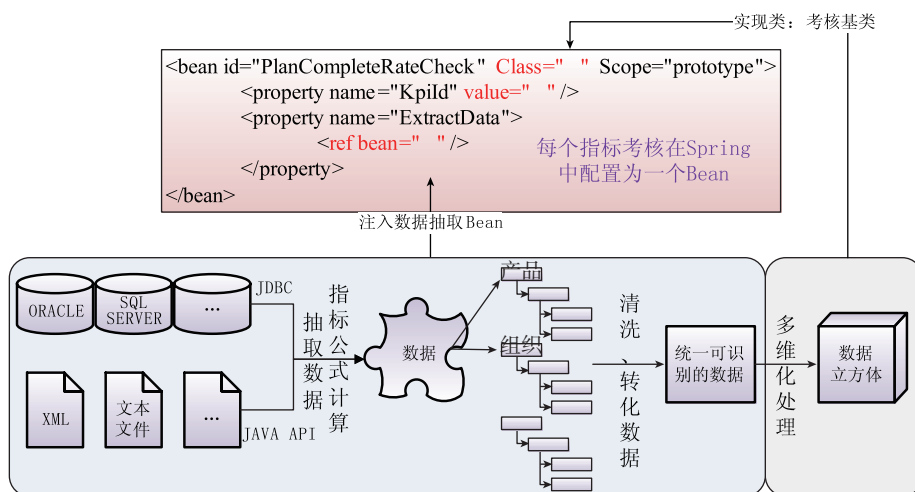


图8 异构数据源数据处理方法

Fig.8 Data processing methods in heterogeneous data sources

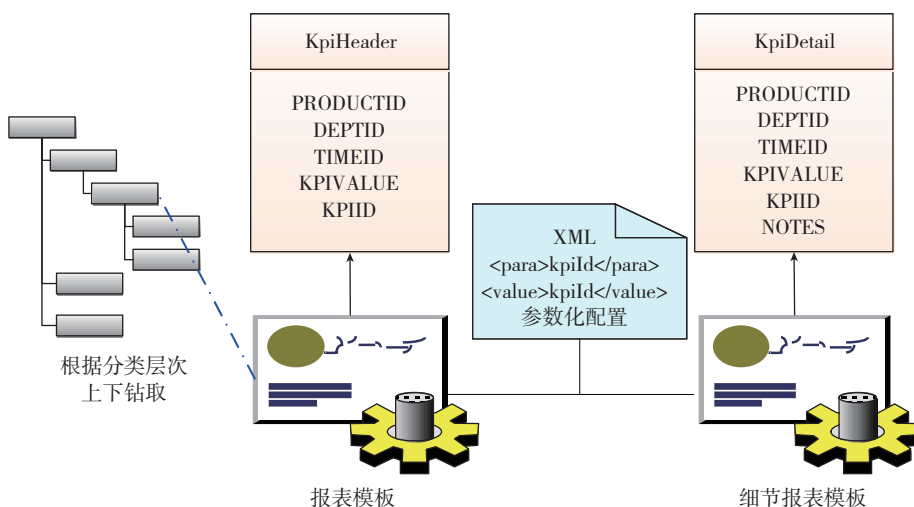


图9 基于报表模板的前端多维可视化

Fig.9 Multi-dimensional visualization based on report template



图10 生产绩效多维可视化

Fig.10 Multi-dimensional visualization of production KPI

化、多元化,如图9所示。

基于报表模板的生产绩效多维可视化系统实现了多角度、多视图(方便的图形、表格切换)对生产绩效关键指标多维数据集的切片、钻取、旋转操作,以及对历史数据的同比、环比分析,如图10所示。

## 5 结论

本文通过对基于商业智能技术的管理驾驶舱在生产绩效管理中的应用情况的分析,讨论了商业智能中的核心技术数据仓库和 OLAP 在制造企业生产绩效管理中的应用。通过构建完整的,拥有产品、组织、时间 3 个分析维度,计划、物流、质量、成本 4 个分析主题域的离散制造企业生产绩效关键绩效指标体系以及基于数据仓库和 OLAP 技术的生产 KPI 多维模型,实现了企业管理者对不同数据源中大量绩效数据的多维可视化,为制造绩效管理决策提供了一个崭新的分析工具。

## 参考文献

[1] 方红萍,陈和平,顾晋广,等.基于数据仓库与 OLAP 系统的设计与实现.武汉科技大学学报,2004,27(1):69-71.

[2] 李萍,陆明亮,华贵.一种智能化的企业实时绩效管理方法.计算机与应用化学,2005,22(6):411-420.

[3] Sayal M, Casati F, Dayal U, et al. Business process cockpit.Hong Kong: Proc of the VLDB' 02,2001:313-321.

[4] 倪曼,徐晓飞,邓胜春.面向企业信息基础设施集成的商务智能系统框架.计算机科学,2004,6:92-95.

[5] 潘铁军,郑蕾娜,魏仰苏,等.面向 CIMS 的数据库体系化环境和 OLAP.计算机工程,2004,30(16):75-77.

(责编 深蓝)