

基于本体的包装设计辅助决策支持方法

吴隔格¹, 石宇强¹, 姜辉², 梁士超¹

(1. 西南科技大学, 绵阳 621000; 2. 华东理工大学, 上海 200237)

摘要: **目的** 针对目前包装设计决策知识组织和重用问题, 研究一种基于本体的包装设计辅助决策支持方法。 **方法** 构建了包装设计知识的五元组模型, 以设计案例、设计元素和设计资源等包装设计知识为基础, 设计了包装设计语义本体模型, 并构造了包装设计辅助决策Jena推理规则, 使用SPAQRL查询潜在的语义包装设计知识。 **结果** 结合实例, 从表示层和决策层等4个层次说明了辅助决策服务的实现。其结果表明, 该决策支持方法真正从本体层面实现了包装设计知识的语义共享, 能够达到包装设计辅助决策的目的。 **结论** 该决策支持方法为提高包装设计领域辅助决策的智能性提供了良好的方法与技术支持。

关键词: 包装设计; 辅助决策; 本体; 推理

中图分类号: TB482 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)03-0059-06

Support Method Used to Assist Decision Making in Packaging Design via Ontology

WU Ge-ge¹, SHI Yu-qiang¹, JIANG Hui², LIANG Shi-chao¹

(1. Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China;

2. East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

ABSTRACT: To propose an assistant decision-making support method based on ontology, aiming at the problem of knowledge representation and reuse in packaging design area. A quintuple packing design knowledge model was built firstly, and then the packaging design semantic ontology model was designed, which was based on packaging design knowledge such as design cases, design resources and design elements. The Jena reasoning rules for packaging design assistant decision making were constructed, and lastly SPAQRL was adopted to query the underlying knowledge based on ontology. In order to show the feasibility of the method, the paper gave a case study which described the fulfillment of decision making service in four layers including the presentation layer and decision-makers. The result showed the method was capable of assisting decision making during the packaging design process. This study provides methods and technology for improving the intelligence of packaging design decision support.

KEY WORDS: packaging design; decision support; ontology; reasoning

随着包装设计领域的发展, 包装设计过程知识量的大幅增加, 需要对大量图表数据进行综合管理, 从而转换为计算机可直接推理的资源^[1], 形成有价值的包装设计信息资源以支撑决策支持系统, 辅助和指导设计师进行正确高效的设计。目前在包装设计领域决策者面临的问题有: 包装设计图和设计资料以文档

的形式储存在文件夹, 无法有效组织设计方案和信息重用; 包装设计涉及一些业务规则, 在查询规则^[2]以及没有明确提供的标准、匹配方案和设计准则时可能错误; 据统计约有90%的产品设计可以重用以前的设计知识^[2], 但对于旧项目数据的索引和利用缺乏结构化^[3]的设计知识管理方法, 容易导致不必要的重复设计。

收稿日期: 2014-06-27

作者简介: 吴隔格(1990—), 女, 四川内江人, 西南科技大学硕士生, 主攻知识管理。

通讯作者: 石宇强(1974—), 男, 四川绵阳人, 西南科技大学副教授, 主要研究方向为制造业信息化、工业工程等。

综上所述,包装设计过程中知识的组织和重用是研究的难点,因此,有效组织包装设计知识、形式化定义规范说明、明确表达包装设计涉及的业务规则和客户的特殊要求^[4],以及从语义层面精确检索出设计方案等,对于支持包装设计辅助决策具有重要意义。由此,将本体引入到辅助决策支持环节。国内包装设计辅助决策领域的研究集中在颜汝明等^[5]提出的基于编码技术的军品包装设计辅助决策,以及刘志鹏等^[6]提出的基于专家系统和规则推理设计的包装设计方案智能决策系统,但均未涉及语义信息,从而导致决策知识缺失,决策质量严重下降。这里以包装设计相关知识为基础,构建了包装设计辅助决策领域五元组本体模型,进一步利用Jena规则语言建立包装设计辅助决策基本规则,并设计语义查询和辅助决策案例,为包装设计辅助决策支持应用提供了良好的方法与技术支持。

1 包装设计辅助决策本体模型设计

1.1 包装设计语义本体模型定义

本体(Ontology)是一种强有力的知识描述手段^[7]。本体模型提供领域的一个通用模型^[8],辅助决策支持问题的知识都可以由本体给出其形式化方法^[7]。以文献[9]为依据,提出了包装设计辅助决策知识本体模型。

定义包装设计辅助决策领域本体模型由五元组构成,记作 $P_Ontology = \langle P_Concepts, P_Relations, P_Individuals, P_Restriction, P_Rules \rangle$ 。

1) $P_Concepts = \{concept\}$, 是包装设计辅助决策领域中概念的集合,包括包装设计案例、设计参与人员、设计资源和设计元素。

2) $P_Relations = \{r(c_1, c_2)\}$, 其中 r 为关系的名称, $c_1, c_2 \in P_Relations$ 。 $P_Relations$ 是包装设计辅助决策领域内概念之间、概念与属性之间的二元关系集合,代表在包装设计领域中概念及属性之间的交互作用。

3) $P_Individuals = \{individual\}$, $\delta (individual) \in P_Individuals$, $P_Individuals$ 是包装设计辅助决策领域内概念实例的集合,实例是指属于某概念类的具体个体,如设计实例 camera 中的“Camera packaging design 2010”。

4) $P_Restriction = \{restriction\}$, 是包装设计辅助决策领域内概念间约束的集合。如“Has_material exactly 1 thing”表示约束的含义是“只可以使用一种材料”。

5) $P_Rules = \{rule\}$, 是包装设计辅助决策规则的集合,形如 $(?x \text{ subClassOf } ?y), (?y \text{ differ from } ?z) \rightarrow (?x \text{ differ from } ?z)$ 结构的规则。

1.2 包装设计本体构建

在分析研究包装设计的基础上,针对包装设计辅助决策,抽取包装设计领域(涵盖设计案例、设计元素、设计资源等)^[10]相关术语,使用 protege 工具构建包装设计本体,部分本体见图 1。

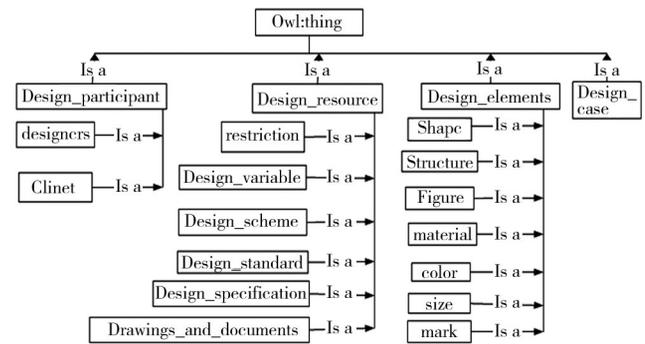


图1 部分包装设计领域本体

Fig.1 Part of packaging design ontology

属性包括对象属性(Object Properties)和数据属性^[11](Data Properties),属性可以限制作用范围,用域(Domain)和取值范围(Range)^[12]来表示。部分包装设计领域属性见表1。此处列举如下2个重要的属性。

表1 部分包装设计领域概念属性
Tab.1 Part attributes of packaging design concepts

中文名	英文名
性质	Has
材料属性	Has_material
结构属性	Has_structure
形状属性	Has_shape
色彩属性	Has_color
商标属性	Has_mark
尺寸属性	Has_size
满足条件	Satisfies
图形属性	Has_figure
客户要求属性	Has_client_requirement
图文档属性	Has_Drawings_and_documents
设计方案属性	Has_Design_scheme
设计者属性	Is_designed_by
设计标准属性	Has_Design_standard
设计规范属性	Has_Design_specification
图文档记录属性	Records

1) Has_client_requirement(客户要求属性):其域为"Design_case",取值范围为"client_requirement",该属性把“客户要求”关联到“设计案例”类及实例。

2) Has_material(材料属性):其域为"Design_case",取值范围为"matetial",该属性把“材料”关联到“设计案例”类及实例。

在图1中,顶层概念和相应的下层概念之间是继承关系^[13]。子类下层概念 camera_packaging_case(摄影机包装案例)、cellphone_packaging_case(手机包装案例)、computer_packaging_case(电脑包装案例)继承父类顶层概念 Design_case(设计案例)所有的属性,见图2。

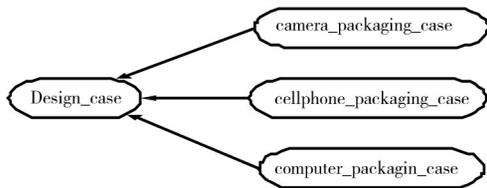


图2 设计案例继承关系

Fig.2 Inheritance relationships of design case

子类既继承父类的约束^[13],也有自身的约束条件,见表2,并且2个不包含的概念间也可以存在联系,如 Client(客户)和 Design_standard(设计标准)是不包含的概念,但同时存在。客户提出 client_requirement(客户要求),这样的要求必然会融合设计标准供设计师参考,但是这对概念需要加上约束,满足充分必要条件。见表2中的约束,只要是 Design_case(设计案例),那么必须满足表2中的约束,这些是必要条件的约束,而表2的第1行约束则为充分必要条件:只要是 Design_case(设计案例),那么必然会产生 Drawings_and_documents(图文档)和 Design_scheme(设计方案); Drawings_and_documents(图文档)和 Design_scheme(设计方案)辅助设计案例的设计。定义了概念间的明确含义和相互关系后,加上相应约束条件,构成了包装设计领域本体库 packaging_design.owl。

2 包装设计辅助决策推理规则

2.1 包装设计辅助决策原理

辅助决策支持建立在对包装设计本体的查询和推理上。语义本体的推理依赖于 Jena 推理。推理机结构^[13]见图3。决策支持应用通过 ModelFactory 类访

表2 包装设计案例的约束条件
Tab.2 Constraint conditions of packaging design case

约束条件	约束与案例的关系
(Has_Drawings_and_documents some Drawings_and_documents) and(Has_Design_scheme some Has_Design_scheme)	≡
Has_Design_specification exactly 1 thing	⊆
Has_Design_scheme some integer[>=2]	⊆
Has_shape exactly 1 thing	⊆
Has_color some integer[<=5]	⊆
Has_material exactly 1 thing	⊆
Has_structure only(one or combined)	⊆
Has_client_requirement some integer[>=0]	⊆

注:≡表示该约束和包装设计案例为充分必要条件;⊆表示该约束是包装设计案例的必要条件,是对本类设计案例的传承。

问推理机制,核心是 InfGraph,应用的执行在 Graph SPI 层^[13]。语义本体的查询依赖 RDF 查询语言^[1](SPARQL)的语义查询。SPARQL采用图形模式匹配,SELECT 查询语句包括查询变量和包含查询变量的三元组^[1]<subject, property, object>^[12]。这里主要利用 com.hp.hpl.jena.query 包中的类。

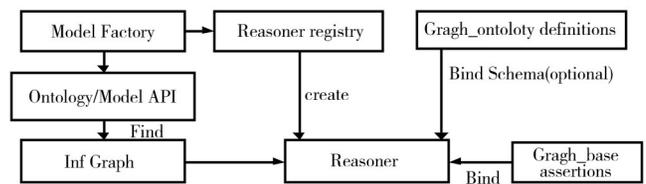


图3 Jena推理机结构

Fig.3 Jena reasoner structure

2.2 构建包装设计辅助决策推理规则和查询

包装设计辅助决策 Jena 推理机制实现 SPARQL 查询的前提如下所述。

1) 包装设计辅助决策本体库用 OWL 表示。通过 protege,已经建立 packaging_design.owl 本体库。

2) 实例转换为 RDF 的表示形式,建立 packaging_instance.rdf。

3) 建立包装设计辅助决策推理规则。根据设计的案例,按 Jena 提供的规则语法构造包装设计推理规则。举例说明 Jena 在构造的4条包装设计推理规则下的推理过程。规则如下:

Rule1: (?x contains ?y) , (?z contains_client_requirement ?y) -> (?x belong_clienttype ?z)

即:如果客户 x 中有客户要求 y, 客户类型 z 中包括客户要求 y, 那么客户 x 属于 z 类型客户。

Rule2: (?x satisfies ?y) (?y belong_clienttype ?z) -> (?x satisfies ?z)

即:如果设计准则 x 可以满足客户要求 y, 客户要求 y 属于 z 类型客户, 那么设计准则 x 满足 z 类型的客户。

Rule3: (?x subClassOf ?y) , (?y differ from ?z) -> (?x differ from ?z)

即:如果某设计方案存在于设计方案案例集中, 一个新的设计案例任务必须与这些设计案例不同, 那么设计师才能免于重复设计。

Rule4: (?x subClassOf ?y) , (?y has_consistency ?z) -> (?x has_consistency ?z)

即:如果某设计准则是设计准则类的子类, 一个新设计任务的设计准则必须与该设计准则一致, 那么设计师能避免在准则选择上出现错误。

3 包装设计辅助决策支持方法案例

应用前述方法设计了一个基于包装设计辅助决策的实例。该实例将辅助决策支持过程定义为4个层次:表示层、阶段层、决策层和行动层, 见图4。以某型号照相机(camera)包装设计为例, 说明实现包装设计辅助决策支持服务。

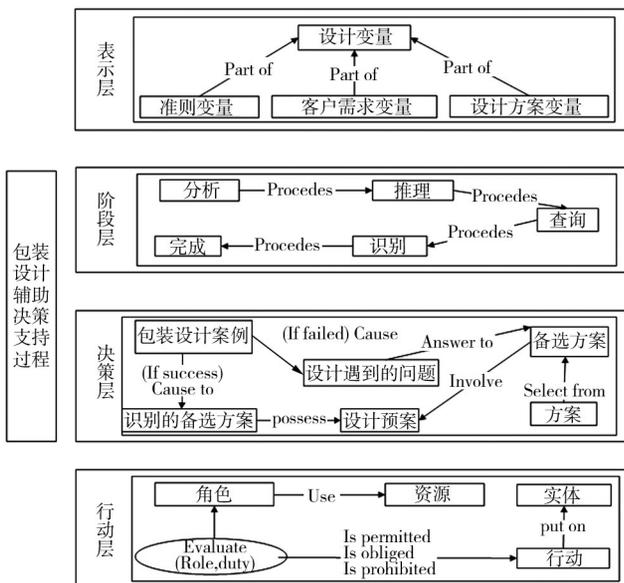


图4 包装设计辅助决策支持方法

Fig.4 Support method of packaging design aided decision making

3.1 表示层

从系统角度出发, 根据设计事件所涉及的变化信息, 确定设计变量, 这里选择设计中经常遇到的“客户需求”、“设计方案”和“设计标准”作为变量。

3.2 阶段层

遵循包装设计辅助决策模式的流程化, 根据问题匹配包装设计需要决策的内容, 针对表示层中确定的设计变量, 通过推理、查询和识别阶段, 得到实例化的方案及方案采用的准则、“客户要求”。

1) 推理阶段。利用规则Rule1 确定顾客的类型为旧客户, 并且 contains_client_requirement (客户要求): 材料、外形、结构; 由 Rule2 推断设计案例必须接受该“客户要求”; 再通过 Rule4 核对设计准则, 保证设计方案准则的准确性; Rule3 判断是否存在已有的 camera 包装设计方案, 如果有, 需要避免重复设计。

2) 查询阶段。采用 SPARQL 查询, 生成查询语句如下。

```
SELECT ?scheme ?material ?shape ?structure ?
Design_standard.
```

```
WHERE {.
```

```
Packging_design: design_case rdf: has_scheme ?
scheme.FILTER regex(?scheme, "camera").
```

```
Packging_design: design_scheme rdf: has_material ?
material.
```

```
Packging_design: design_scheme rdf: has_shape ?
shape.
```

```
Packging_design: design_scheme rdf: has_struct-
ture ?structure.
```

```
Packging_design: design_scheme rdf: has_Design_
standard ?Design_standard.}
```

3) 识别阶段。根据查询的结果(见表3), 判断并识别出设计预案。需要说明查询结果中材料、外形、结构是由引入语义关系和推理规则后通过查询得到的, 使设计师确定客户要求, 并且明确规定是按照中国包装设计标准, 而非欧盟和日本设计标准进行设计。

3.3 决策层

需要对设计的案例与案例预案中对象类的属性值^[15]进行比较, 对于符合匹配度的, 提取出使用的设计预案, 既避免重复设计, 又可以对预案进行细化和改

表3 查询输出结果
Tab.3 Query results

设计预案	材料	外形	结构	设计标准
Camera scheme 2010	Paper	Bag	Portability	China_packaging_standard
Camera scheme 2012	Plastic	Bag	Portability	China_packaging_standard
Camera scheme 2013	Paper	Box	Stack	China_packaging_standard

进,从而得到方案的一般框架。

3.4 行动层

行动=行动资源+行动角色+行动实体。行动层级根据决策层确定的方案框架,作为行动资源扩展方案设计,实例化方案^[4]。根据包装设计师角色分配任务,完成设计变量类、设计案例类、行动类的交互。

4 结语

讨论了基于本体的包装设计辅助决策支持方法,构建了包装设计辅助决策知识本体,研究了基于本体的包装设计辅助决策知识的规则推理与查询方法,为提高包装设计辅助决策的智能性提供了一种新的思路。下一步将完善包装设计辅助决策知识模型,围绕如何利用包装设计知识,实现更有效的辅助决策展开研究。

参考文献:

- [1] 王艺,王英,原野,等. 基于语义本体的柑橘肥水管理决策支持系统[J]. 农业工程学报,2014,30(9):93—101.
WANG Yi, WANG Ying, YUAN Ye, et al. A Decision Support System for Fertilization and Irrigation Management of Citrus Based on Semantic Ontology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(9): 93—101.
- [2] 胡建. 产品设计知识管理关键技术研究及实现[D]. 南京: 南京航空航天大学,2005.
HU Jian. Study and Implementation of Key Technologies in Product Design Knowledge Management[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2005.
- [3] 吴鹏,王曰芬,丁晟春,等. 基于本体的机械产品设计知识表示研究[J]. 情报理论与实践,2013,36(10):91—95.
WU Peng, WANG Yue-fen, DING Sheng-chun, et al. Research on Ontology-based Mechanical Product Design Knowledge Representation[J]. Information Studies: Theory & Application, 2013, 36(10): 91—95.
- [4] 魏专,蔡佑星,滑广军,等. 融合设计方法的产品战略决策[J]. 包装工程,2010,31(10):95—98.

- WEI Zhuan, CAI You-xing, HUA Guang-jun, et al. Products Strategic Decision of Integrated Design Methods[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(10): 95—98.
- [5] 颜汝明,杨宝忠. 军品包装工程决策咨询系统[J]. 包装工程,2004,25(2):74—75.
YAN Ru-ming, YANG Bao-zhong. Decision Making and Consultation System of Munitions Packaging Engineering[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 74—75.
- [6] 刘志鹏,陈斌龙,张小建,等. 产品包装设计方案智能决策系统的设计与实现[J]. 包装工程,2001,22(2):20—22.
LIU Zhi-peng, CHEN Bin-long, ZHANG Xiao-jian, et al. Design and Implement of Product Packaging Design Scheme Intelligence Decision System (PDIDS) [J]. Packaging Engineering, 2001, 22(2): 20—22.
- [7] 李强,张波. 本体在智能决策支持系统中的应用探讨[J]. 科技创新导报,2011(6):87—89.
LI Qiang, ZHANG Bo. The Application Discussion of Ontology in Intelligent Decision System[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2011(6): 87—89.
- [8] GUO Yuan, HU Jie, PENG Ying-hong. A CBR System for Injection Mould Design Based on Ontology: A Case Study[J]. Computer-Aided Design, 2012, 44(6): 496—508.
- [9] 刘丽华. 包装设计[M]. 北京: 中国青年出版社,2009.
LIU Li-hua. Packaging Design[M]. Beijing: The China Youth Press, 2009.
- [10] 高升,吴鹏,尤少伟. 基于本体的产品设计知识表示综述[J]. 情报杂志,2011,30(11):156—161.
GAO Sheng, WU Peng, YOU Shao-wei. Introduction to Researches on Ontology-based Product Design Knowledge Representation[J]. Journal of Intelligence, 2011, 30(11): 156—161.
- [11] 董坚峰,胡凤. 基于OWL本体的知识表示研究[J]. 情报理论与实践,2010,33(9):89—92.
DONG Jian-feng, HU Feng. OWL-based Research on Knowledge Representation[J]. Information Studies: Theory & Application, 2010, 33(9): 89—92.
- [12] 王红,杨璇,王静,等. 基于本体的民航应急决策知识表达与推理方法研究[J]. 计算机工程与科学,2011,33(4):129—133.
WANG Hong, YANG Xuan, WANG Jing, et al. Research on

- Ontology-Based Knowledge Presentation and Reasoning in Civil Aviation Emergency Decision[J]. Computer Engineering & Science, 2011, 33(4): 129—133.
- [13] 屈志毅, 张菲菲, 李一伟, 等. 基于本体的强对流天气查询系统[J]. 计算机工程, 2008, 34(18): 283—285.
QU Zhi-yi, ZHANG Fei-fei, LI Yi-wei, et al. Weather Query System of Strong Convection Based on Ontology[J]. Computer Engineering, 2008, 34(18): 283—285.
- [14] 温立, 周书民, 王延章. 基于辅助决策的应急事件本体模型研究[J]. 情报杂志, 2010, 29(2): 131—134.
WEN Li, ZHOU Shu-ming, WANG Yan-zhang. The Ontology Model of Emergency Event Based on Decision Support[J]. Journal of Intelligence, 2010, 29(2): 131—134.
- [15] 翟丹妮, 黄卫东. 基于语义网的应急案例知识表示研究[J]. 情报杂志, 2011, 30(8): 120—123.
ZHAI Dan-ni, HUANG Wei-dong. Research on Knowledge Representation for Emergency Cases Based on Semantic Web [J]. Journal of Intelligence, 2011, 30(8): 120—123.
-
- (上接第35页)
- Quality Performances of Sweet Corn[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1994, 16(4): 117—120.
- [6] SALTVEIT M E. A Summary of Requirements and Recommendations for Controlled and Modified Atmosphere Storage of Harvested Vegetables[C]// Proceedings of 5th International CA Research Conference on Pullman, 1989: 78—86.
- [7] GAMAL S R. A Atmosphere Modification to Control Quality Deterioration During Storage of Fresh Sweetcorn Cobs and Fresh-cut Kernels[D]. Florida: University of Florida, 2004.
- [8] GAMAL S R, JEFFREY K B. Sweetcorn Tolerance to Reduced O₂ with or without Elevated CO₂ and Effects of Controlled Atmosphere Storage on Quality[J]. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 2003, 116: 390—393.
- [9] SILVA F M, CHAU K V, REECHT J K, et al. Tubes for Modified Atmosphere Packaging of Fresh Fruits and Vegetables: Effective Permeability Measurement[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1999, 15(4): 313—318.
- [10] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. 包装工程, 2011, 32(15): 33—38.
LI Jia-zheng. Principle and Application of Modified Atmosphere Packaging (MAP) for Fruit and Vegetable[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(15): 33—38.
- [11] SANZ C, PEREZ A G, OLIAS R, et al. Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene[J]. Journal of Food Science, 1999, 64(4): 748—752.
- [12] LEE D S, KANG J S, RENAULT P. Dynamics of Internal Atmosphere and Humidity in Perforated Packages of Peeled Garlic Cloves[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2000, 35: 455—464.
- [13] TIM N A L. The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Honeye and Korona Strawberries[J]. Food Science, 2008, 107: 1053—1063.
- [14] 李方, 卢立新. 果蔬微孔膜气调包装模型与试验验证[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 375—379.
LI Fang, LU Li-xin. Theoretical Model and Experimental Validation for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables with Micro Perforated Film[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 375—379.
- [15] 李晓旭, 李家政. 优化蒽酮比色法测定甜玉米中可溶性糖的含量[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(4): 24—27.
LI Xiao-xu, LI Jia-zheng. Determination of the Content of Soluble Sugar in Sweet Corn with Optimized Anthrone Colorimetry[J]. Storage and Process, 2013, 13(4): 24—27.
- [16] 纪淑娟, 尹竞男, 李家政, 等. 静态顶空气相色谱法测定蜜柚中乙醇和乙醛含量[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(4): 17—20.
JI Shu-juan, YIN Jing-nan, LI Jia-zheng. Determination of Alcohol and Acetaldehyde in Pomelo by Static Head-space Gas Chromatography[J]. Storage and Process, 2010, 10(4): 17—20.
- [17] 张桂霞, 王英超, 石璐. 草莓果实成熟过程中VC和可溶性固形物含量的变化[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(12): 6995—6996.
ZHANG Gui-xia, WANG Ying-chao, SHI Lu. Research on Changes of Vc Content and Soluble Solid Concentration Content during Strawberry Fruit Ripening[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2011, 39(12): 6995—6996.
- [18] 李家政, 毕大鹏. 不同保鲜膜包装对蜜柚冷藏效果和货架品质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(s1): 315—319.
LI Jia-zheng, BI Da-peng. Influence of Film Packaging on the Storage and Shelf-life Quality of Pumelo Fruit[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(s1): 315—319.
- [19] 王春辉, 王清章, 严守雷, 等. 气调对甜玉米贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(4): 2305—2307.
WANG Chun-hui, WANG Qing-zhang, YAN Shou-lei, et al. Effect of Modified Atmosphere on Quality of Sweet Corn during Storage[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2011, 39(4): 2305—2307.
- [20] 龚魁杰, 朱立贵, 陈利容, 等. 鲜食糯玉米采后糖代谢变化[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 72—75.
GONG Kui-jie, ZHU Li-gui, CHEN Li-rong, et al. Changes of Carbohydrate Metabolism of Postharvest Fresh Waxy Corn [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(16): 72—75.