基于元数据框架的吉林特色文化路灯产品设计

余从刚[1,2]，金芳[2]，季铁[1]
（1.湖南大学，长沙 410082；2.湘潭大学，湘潭 411105）

摘要：目的 针对特色文化产品设计中文化元素和产品元素的匹配问题进行研究，获取特色文化产品的设计元素，进行特色文化产品的创新设计。**方法** 通过元数据框架对特色文化和产品载体进行数据分解，获得具备数据特征的文化元素和产品元素，以及设计元素的数据表征；利用互信息理论构建设计元素之间的特征数据关联，通过设计元素之间关联程度的大小选取合适的设计元素，基于设计元素进行产品的创意生成；通过吉林特色文化路灯工业设计案例，对特色文化产品的设计过程和设计方法进行深化和验证。**结果** 获得了文化元素和产品元素的元数据框架表征，并通过互信息理论实现了设计元素的关联匹配，能够辅助获取特色文化产品的设计元素，实现创意生成。**结论** 基于元数据框架和互信息理论，可以对文化元素和产品元素进行数据分解和数据关联，获取关联程度最优的设计创意元素，辅助生成创意。

关键词：产品设计；特色文化；设计元素；元数据；互信息
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)24-0050-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.008

Design for Jilin Characteristic Cultural Street-Lamp Based on Metadata Framework

YU Cong-gang[1,2], *JIN Fang*[2], *JI Tie*[1]
(1.Hunan University, Changsha 410082, China; 2.Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

ABSTRACT: The work aims to research the matching of cultural elements and product elements in the characteristic cultural product design, to acquire the design elements of characteristic cultural products and creatively design the characteristic cultural products. The characteristic cultural and product carriers were disassemble into data through metadata framework to acquire the cultural and product elements provided with data characteristics and the data representation. The characteristic data association between design elements was constructed based on the mutual information theory. Appropriate design elements were selected according to the correlation degree between design elements. The industrial creativity was generated based on the design elements. The design process and design methods of characteristic cultural products were deepened and verified by an industrial design case of Jilin characteristic cultural street lamp. The metadata framework representation of cultural elements and product elements were obtained, and the correlation matching between the design elements that were achieved based on the mutual information theory could assist in obtaining the design elements of characteristic cultural products, and generate creativity. Based on metadata framework and mutual information theory, cultural elements and product elements can be decomposed and correlated into data to obtain the creative design elements with the best degree of association and assist in generating creativity.

KEY WORDS: product design; characteristic culture; design elements; metadata; mutual information

特色文化产品是将特色文化内容进行提取，转化成设计语言，并基于现代人的审美需求，结合现代化的产品开发方式运用于产品开发过程而获得的产品形式[1]。从构成角度来看，特色文化产品包含特色文化内容与硬件载体两个共存的对象，特色文化内容不能独立存在，它需要寄托于具体的产品对象。特色文

收稿日期：2019-09-11
基金项目：中国博士后科学基金“数据驱动的产品设计方法研究”（2018M632953）
作者简介：余从刚（1979—），男，湖北人，湖南大学博士后，湘潭大学副教授，主要研究方向为数据驱动设计创新。
通信作者：季铁（1971—），男，湖南人，湖南大学教授、博士生导师，主要研究方向为特色文化创新设计。

化产品设计是特色文化内容和产品内容之间的匹配，因为匹配需要适合的相关元素，需要相关特征进行关联，所以元素分解和产品特征关联是实现特色文化内容与产品内容匹配的关键。元素分解是对特色文化元素及产品元素充分剖析后，进行分解和描述，特征关联是对特色文化元素和产品元素进行筛选，寻找特色文化元素和产品元素之间的共同特征，通过共同特征建立关联，实现特色文化产品设计的创意生成。

对于设计师而言，元素分解和特征关联过程具有不确定性，一是设计师没有系统的元素分解工具，很难完美地进行元素分解，分解过程具有不确定性；二是特色文化元素和产品构成元素之间的关联过程存在不确定性，设计元素之间是“一对一”的模糊对应关系，也是“多对多”的模糊对应关系。元数据框架为消除这种不确定性和模糊性提供了新的思路。

1　元数据框架的核心特征

元数据是“数据的数据（Data about Data）”，是通过结构化的方式对数据对象的属性特征进行描述的数据[2]。元数据能够将数据本体按照一定的层次和规则进行多维度的分解，实现数据间的互操作，通过元数据能够找到数据之间的相关性，建立起数据关联的桥梁，将分散孤立的数据进行系统化关联，实现数据共享。数据分解和数据关联是元数据的两个重要特征。

1.1　基于元数据框架的数据分解

分解思维是将数据属性进行分别描述，以便于直观地看到数据的各种特征，一般通过构建元数据框架来进行数据分解。元数据框架是一种对数据及其元数据之间的关系进行管理的工具，它通过类型化、层次化的方法，对数据进行系统性的梳理分解，基于元数据框架的分解见图 1。元数据框架是一种系统性的数据分解工具，因此，在对设计元素进行数据分解的过程中，通过构建元数据框架能够全面系统地将设计对象的属性呈现出来，帮助设计师充分认识和理解设计对象，实现设计元素的充分呈现和有效运用。

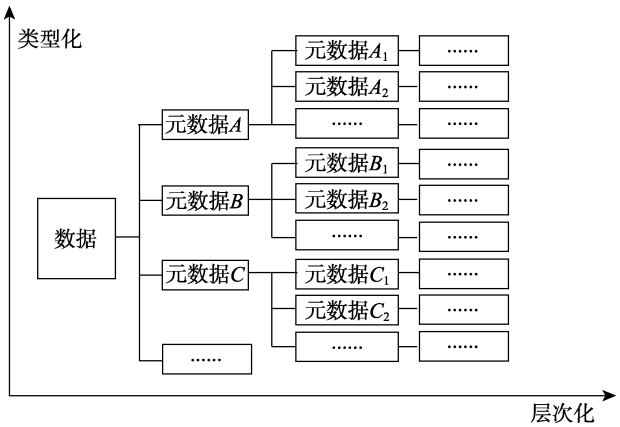

图 1　基于元数据框架的分解

Fig.1　Decomposition based on metadata framework

1.2　基于设计特征的数据关联

数据之间存在着一些相关的属性，以这些相关属性作为桥梁，可以建立起数据之间的关联。数据关联就是通过相同的属性特征建立起设计对象之间的关系，实现互操作。在产品设计领域，产品是一个复杂的数据集合，数据是产品的组成形式[3]，多个数据一起形成新的数据关系，新的数据关系是数据意义的集中，设计师在认识和理解相关数据之后，通过想象和思考在脑海中形成一种深层的心理结构，能够激发设计创意，形成设计决策。

特色文化产品设计中所涉及到的“文化”和“产品”这两个设计对象都是复杂的集合体，它们分别由丰富的文化元素和种类繁多的产品元素构成。从某种意义上来说，产品和文化两个设计对象都是内容信息丰富的数据对象，将元数据思维植入到特色文化产品设计情境中，从数据分解和数据关联的角度，对元素分解和特征关联的设计问题进行分析与处理，帮助设计师进行全面系统的数据分解，充分地挖掘数据信息，建立数据之间的关联，实现特色文化产品设计的系统化设计操作，保证设计元素的充分利用，提高设计效率。

2　吉林特色文化和路灯产品载体的数据分解

特色文化产品包括文化和产品载体两个数据对象，在设计过程中从设计视角对特色文化和产品载体进行设计数据分解。

特色文化是人类生活过程中的产物，是人类为适应所处的生活环境而形成的结果，根据文化层次理论[4]，将特色文化分为外层、中间层和内层。外层指能够通过视觉、触觉感知的物质文化的总和，其中包括工具、器械、建筑等实体物质形态；中间层是能够通过视觉、触觉感知的行为文化的总和，其中包括人们的生活行为、象征仪式、风俗活动、生产技术等实际的人类生活行为；内层是指看不见、摸不着、不可直接感知的意识和观念等精神文化的总和，其中包括故事传说、文学艺术、价值观念、宗教信仰、规章制度等无形的认知[5-6]。根据各层次文化内容的特征，将特色文化层次类型概括为物质层、行为层和精神层，以此为依据构建特色文化对象的元数据框架，见图 2，针对每个层次的类型进行下一层子项的细化，可以直到不能分解为下一层子项或者分解程度足够为止，通过元数据框架的构建，能够系统、全面、清晰地呈现特色文化对象的数据信息，帮助设计师获取完整细化的设计元素。

产品载体是除去特色文化内容之后具有一般产品属性的物质载体，且具有一般产品的相关特征。唐纳德·诺曼将产品系统分为本能层、行为层和反思层。本能层主要包括产品的外观、触摸感受，其设计主要受产品的形态、色彩、工艺以及材质等可直接感知的

要素影响；行为层包括产品的功能、易用性等特征，其设计主要受用户体验的影响；反思层是人在感知产品之后所产生的情感反馈，包括产品的文化内涵、象征寓意、美好回忆等情感特征，其设计主要受产品意义和产品用途影响[7]。本文根据产品各层次的内容特征和实际操作特征，将产品系统概括为造型层、功能层和意义层。根据产品认知层次以及产品对象在各个层次的属性特征分类，构建出产品载体对象的元数据框架，见图 3。

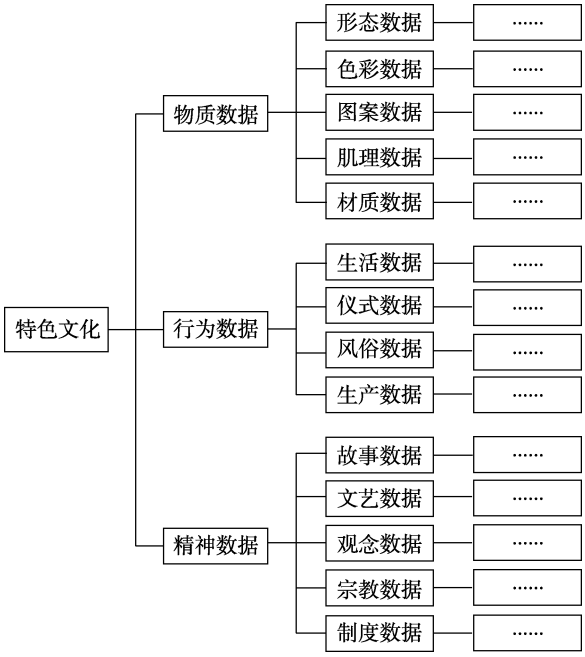

图 2 特色文化对象的元数据框架

Fig.2 Metadata framework for special cultural objects

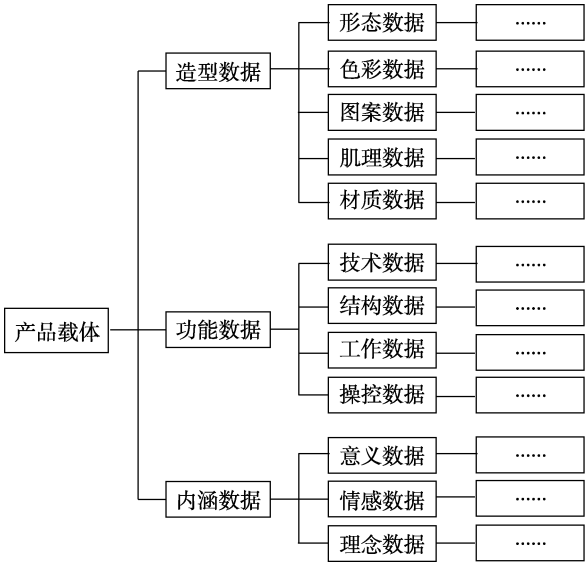

图 3 产品载体的元数据框架

Fig.3 Product carrier metadata framework

在进行吉林大路路灯设计时，首先对吉林省相关特色文化进行筛选分析，天池是吉林省的知名文化代表，在用户调研过程中获得的支持最高，因此选取天池作为路灯的特色文化内容，元素分解针对天池文化和路灯产品进行数据分解。天池文化数据包括行为数据、物质数据和精神数据，通过对天池文化进行分析，构建元数据框架，见图 4。路灯产品数据与设计中的路灯产品数据类型相同，包括功能数据、造型数据和意义数据三大类，路灯产品的元数据框架见图 5，通过图 4—5 的元数据框架，完成了天池特色文化元素和路灯产品元素的数据分解。

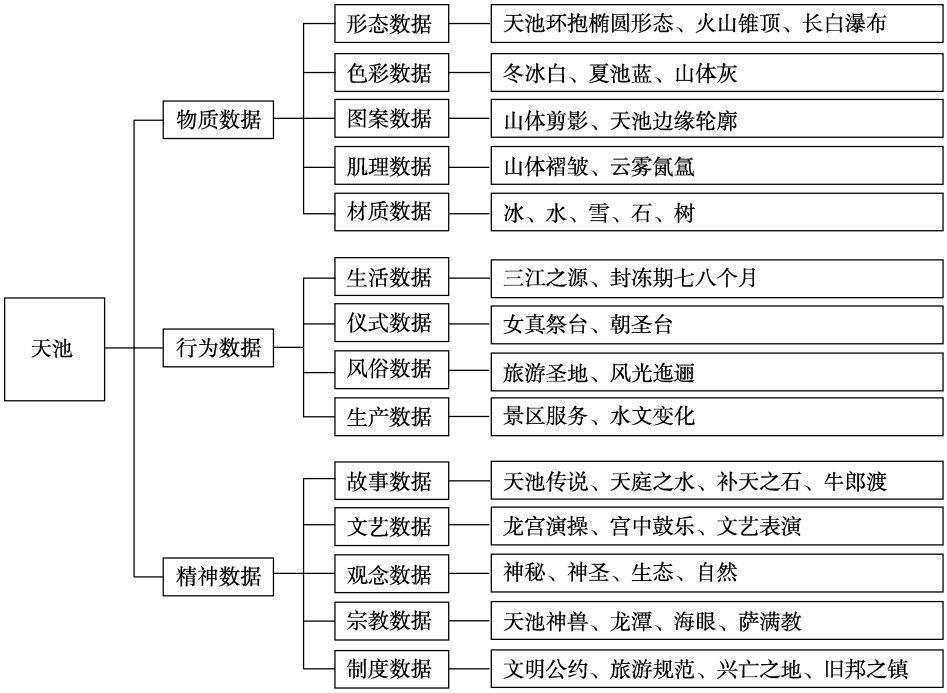

图 4 天池文化的元数据框架

Fig.4 The metadata framework of Tianchi culture

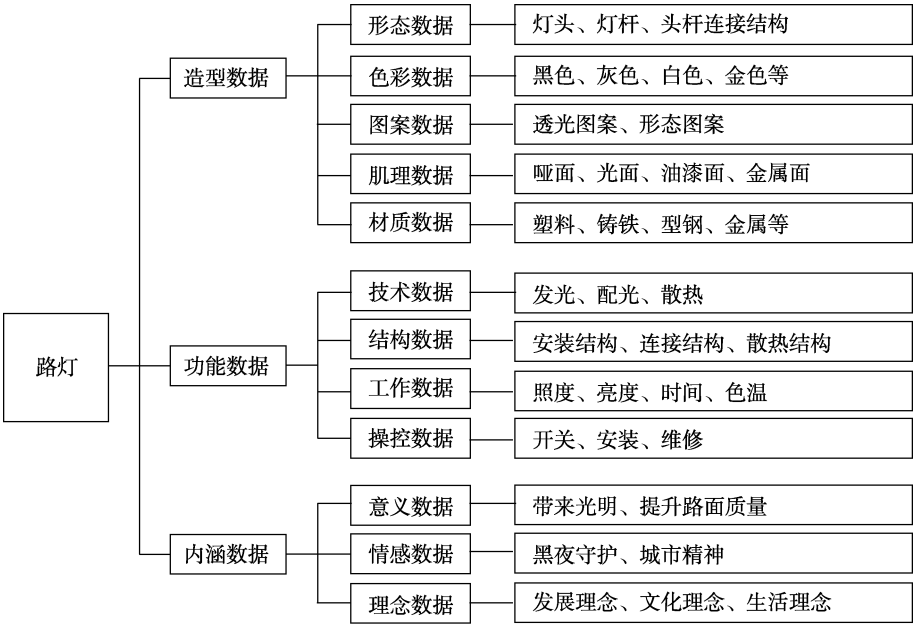

图 5　路灯产品的元数据框架

Fig.5　Metadata framework for street lamp products

3　基于互信息的特征数据关联

3.1　互信息理论的应用

在信息学理论中，为衡量两个随机变量之间相互关联的强弱程度，引入互信息的概念，两个变量之间的互信息越大，两者的关联性就越强[8]。两个随机变量 X 和 Y 的互信息定义如下：

$$I(X;Y)=\sum_{x\in X}\sum_{y\in Y}p(x,y)log\frac{p(x,y)}{p(x)\mathrm{p}(y)} \tag{1}$$

其中：$p(x)$，$p(y)$，$p(x,y)$ 分别表示 X 的概率分布，Y 的概率分布，X 和 Y 的联合概率分布；$I(X, Y)$ 的值越大，说明变量 X 和变量 Y 的相关性就越强，变量 X 和变量 Y 之间的共同特征就越多。

为获得特色文化和产品之间的特征关联，特色文化的特征记为变量 X，产品特征记为变量 Y，变量 X 和变量 Y 的共同特征是，获得的互信息值越大两者的关联就越强。在设计领域，特征是一种创造性的描写，对特征的理解框架不同，对特征的应用就不同，特征之间的关联度也不同，因此引入已知变量 Z，作为特征条件，变量 Z 作为变量 X 和变量 Y 相关性的条件互信息，对特征关联进行特定角度的界定，该已知特征条件是设计目标期望达到的特征，可以引导创意向设计目标方向发展。

由此可见，在已知特征变量 Z 的条件下，来度量两个变量 X 和 Y 的相互关联程度，变量 X 和变量 Y 关于变量 Z 的条件互信息表示为[9]：

$$I(X;Y\mid Z)=\sum_{x\in S_x}\sum_{y\in S_y}\sum_{Z\in S_z}p(x,y,z)log\frac{p(x,y\mid z)}{p(x\mid z)p(y\mid z)} \tag{2}$$

构建文化和产品之间的特征数据关联，就是在产品定义目标变量 Z 的条件下，寻找特色文化变量 X 和产品变量 Y 的最大关联程度值的典型特征。典型特征符合产品定义目标变量 Z 的条件，同时作为变量 X 和变量 Y 的子集，基于典型特征将特色文化变量 X 和产品变量 Y 关联起来，进行产品创意，实现产品的定义目标。

3.2　天池文化与路灯之间的特征关联

在产品定义层面，该路灯的设计目标是：表达新时代吉林人民“发展未来、自信自强、美好生活”的精神气质，选取吉林代表性的文化物象，抽象出现代感的造型元素，结合路灯产品的特点，设计出既具有吉林特征，又具有未来意象的方案。

基于路灯产品的设计目标以及给定的条件变量 Z，分别对文化元数据框架和产品元数据框架进行编码，见图 6。

针对天池文化数据，分别在物质层、行为层、精神层三个层次对数据进行深入理解，并进行数据标定，获得变量 X 的全部子集，将全部子集和产品设计目标条件变量 Z 的相关性进行比较排序，获得变量 X 中相关数据对变量 Z 的相关性重要程度的排序值，这里只列出前十位的变量 X 子集，变量 X 全部子集与变量 Z 前十位相关性的子集 X' 包括：

$$X'\{MA_{1-1},MA_{1-2},SP_{3-3},MA_{3-1},BA_{1-1},BA_{4-1},SP_{1-1},SP_{5-2},MA_{2-1},MA_{5-1}\} \tag{3}$$

针对路灯数据，分别对造型层、功能层和内涵层三个层次的数据进行深入认知和理解，并进行数据标定，获得变量 Y 的全部子集，然后对全部子集和条件变量 Z 的相关性进行排序，获得变量 Y 中相关数据对条件变量 Z 的相关性重要程度的排序值，这里只列出前十位的变量 Y 子集，变量 Y 全部子集与变量 Z 前十

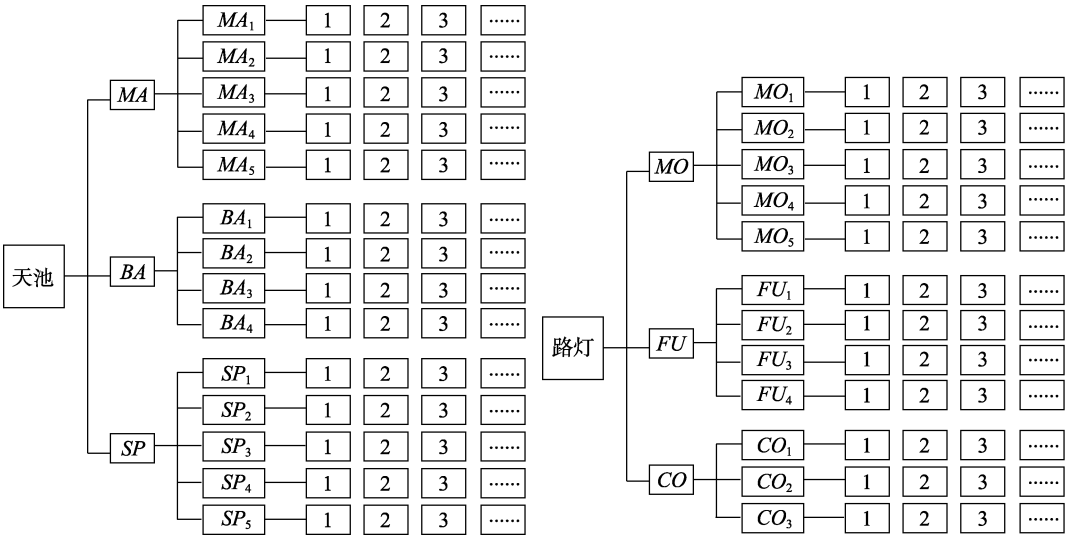

图 6 基于元数据框架的天池文化和路灯产品编码

Fig.6 Tianchi culture and street lamp product coding based on metadata framework

位相关性的子集 Y' 包括：

$$Y'\{MO_{1-1}, MO_{1-3}, CO_{1-2}, FU_{2-2}, CO_{1-1}, CO_{2-2}, FU_{2-3}, MO_{3-1}, FU_{1-1}, MO_{2-3}\} \quad (4)$$

针对变量 X 和变量 Y 的前十排序值，取前三位的两种特征数据构建特征关联的集合（不只取第一位的特征，也不取全部的前十位的特征，取前三位是能保证关联的约束性和设计的开放性的），前三位的数据特征集合 S 包括：

$$S\{MA_{1-1}, MA_{1-2}, SP_{3-3}, MO_{1-1}, MO_{1-3}, CO_{1-2}\} \quad (5)$$

这些特征集合构建了天池文化和路灯产品的特征关联，特征集合 S 包括：天池的围合形态、长白瀑布、生态理念、灯头、灯杆连接结构、提升路面质量六个特征，以此为基础进行产品创意生成。

4 基于关联特征集合的创意生成

不同事物之间的连接可以创造出新颖的创意[10]。特征数据之间的关联为创意生成打下了基础，产品作为文化的载体，依据前文的分析，分为三个层面，即“造型、功能、内涵”，以产品为本体进行创意生成。特色文化产品的“造型”通过形态同构原则获得，主要包括形态、色彩、纹饰、肌理等；“功能”通过动作相似和逻辑相关原则获得，主要包括使用方式、结构连接方式等，关注产品的使用动作及其操作逻辑；“内涵”通过认知共鸣和内涵一致原则获得，主要包括思想理念、人文情怀等，通过精神共鸣被感知[11]。关联特征之间的创意生成原则见表 1。

表 1 关联特征之间的创意生成原则

Tab.1 The principle of creative generation between associated features

关联层次	主要特征	设计诉求	关联原则
造型层	形态、色彩、纹饰、肌理	形态特征	形态同构
功能层	操作方式、连接结构	动作与操作	动作相似和逻辑相关
内涵层	思想理念、人文情怀	内涵特征	认知共鸣和内涵一致

在造型层面，天池的环绕围合意象能代表整体的意象特征，在路灯灯头造型上具备形态同构的条件，即灯头构建圆的围合特征，见图 7，塑造天池的整体形态特征。长白瀑布的整体形态有流水流畅之感，在灯头和灯杆的连接结构上具备形态同构的条件，同时在功能层面，瀑布向下流动的动势和灯头灯杆之间的连接结构具备动作的相似性，该路灯的灯头灯杆取长白瀑布的形态特征，见图 8。而在内涵层面，具有未来感，符合生态都市的发展理念，要求有文化特色的同时具备现代感，因此整体的造型风格采用现代有机

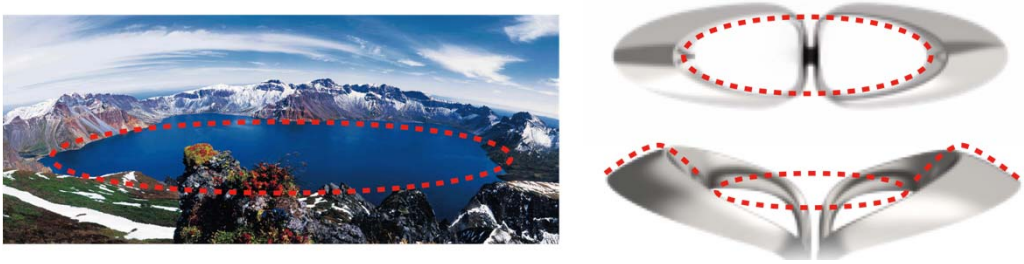

图 7 天池围合形态与灯头形态的同构

Fig.7 The isomorphism of Tianchi enclosed form and lamp head form

的造型语言，来反映天池文化中的生态理念，材质采用金属，表面处理用银色来彰显都市气息，吉林特色文化路灯产品系列设计方案见图 9，特色文化路灯产品在吉林长春路面上的应用见图 10。

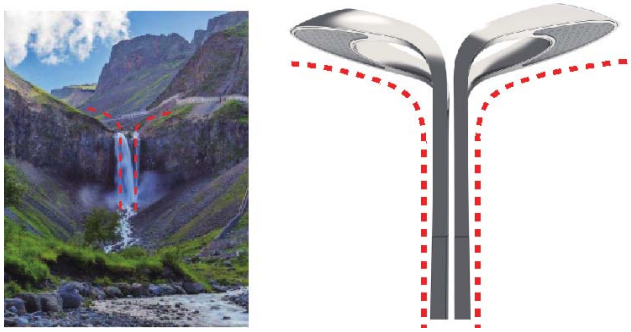

图 8　长白瀑布与灯头灯杆的连接结构的相似性
Fig.8　Similarity of connection structure between Changbai Waterfall and lamp holder

图 9　吉林特色文化路灯产品系列设计方案
Fig.9　Design scheme of Jilin characteristic cultural street lamp product series

图 10　特色文化路灯产品在吉林长春路面上的应用
Fig.10　Application of characteristic cultural street lamp products in pavement of Changchun, Jilin

5　结语

在特色文化产品设计中，由于设计师自身经验、灵感、视觉感受具有一定的随机性和跳跃性，难以形成能够具体化执行的设计方法与流程，设计过程存在一定的模糊性和不确定性，所以本文尝试将数据科学领域的元数据引入特色文化产品设计中，针对设计过程中的模糊性和不确定性问题，进行流程化提炼，基于元数据框架进行数据分解，充分呈现特色文化和产品载体的设计元素，基于互信息理论，结合元数据的数据关联特点，构建文化元素和产品元素的特征数据关联，通过吉林特色文化路灯的设计案例，验证了设计方法，实现了设计创意。

参考文献：

[1] 魏鹏举. 文化创意产业导论[M]. 北京：中国人民大学出版社, 2014.
WEI Peng-ju. Introduction to Cultural and Creative Industries[M]. Beijing: Renmin University Press, 2014.

[2] 吴显义. 我国元数据研究现状分析[J]. 情报科学, 2004, 22(1): 55-58.
WU Xian-yi. Analysis of Metadata Research in China [J]. Information Science, 2004, 22(1): 55-58.

[3] DAVID M, ROWE F. What Does Plms (Product Lifecycle Management Systems) Manage: Data or Documents? Complementarity and Contingency for Smes[J]. Computers in Industry, 2016, 75: 140-150.

[4] 陈文华. 文化学概论新编[M]. 上海：上海文艺出版社, 2001.
CHEN Wen-hua. New Edition of Introduction to Culture [M]. Shanghai: Shanghai Literature and Art Publishing House, 2001.

[5] CHANG W C, HSU M R. A Study on the Application of Cultural Elements in Product Design[M]. Internationalization, Design and Global Development: Springer Berlin Heidelberg, 2011.

[6] 创新设计发展战略研究项目组. 中国创新设计路线图[M]. 北京：中国科学技术出版社, 2016.
Project Group on Innovative Design Development Strategy. Road Map of Innovative Design in China[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2016.

[7] 诺曼・唐纳德・A. 情感化设计[M]. 北京：中信出版集团, 2005.
NORMAN D A. Emotional Design[M]. Beijing: CITIC Publishing Group, 2005.

[8] BATTITI R. Using Mutual Information for Selecting Features in Supervised Neural Net Learning[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1994, 5(4): 537-550.

[9] FLEURET F. Fast Binary Feature Selection with Conditional Mutual Information[J]. Journal of Machine Learning Research, 2004(5): 1531-1555.

[10] 赖声川. 赖声川的创意学[M]. 北京：中信出版社, 2006.
LAI Sheng-chuan. Lai Sheng-chuan's Creativity[M]. Beijing: CITIC Press, 2006.

[11] 郑林欣. 文化构成设计方法学研究及应用[D]. 杭州：浙江大学, 2016.
ZHENG Lin-xin. Research and Application of Cultural Composition Design Methodology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.