引文格式：闫金珠, 李少梅. 港口经济信息地图可视化方法应用研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 45-48. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.08.011

港口经济信息地图可视化方法应用研究

闫金珠[1]，李少梅[1]
（1. 信息工程大学，河南 郑州 450001）

摘　要：港口经济信息的高效表达是人们获取并分析港口经济信息的重要基础，目前的表达方式不利于读者从空间认知的角度快速获取信息。地图作为可视化的一种重要形式，具有高度空间认知功能，在表达信息时具有直观性、交互性、动态性、多维性及集成性等特点。基于此，通过分析港口经济信息的表达内容与可地图化特征，探究了各类港口经济信息适用的地图可视化方法，建立了二者之间的映射关系；从实现方法的角度对现有地图可视化工具进行了分类总结与分析，为港口经济信息地图可视化的实现提供了硬件支持，拓宽了地图可视化的应用领域，促进了港口经济信息地图可视化表达的系统研究。

关键词：港口经济信息；地图可视化；可视化工具
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0045-04

Research on Application of Visualization Method for Port Economic Information Map

YAN Jinzhu[1], LI Shaomei[1]
(1. Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Efficient expression of port economic information is an important basis for people to obtain and analyze port economic information, while the current expression method is not conducive to readers quickly obtaining information from a spatial cognitive perspective. As an important form of visualization, map has a high spatial cognition function and is characterized by intuitiveness, interaction, dynamics, multi-dimension and integration when expressing information. On the basis of this, we analyzed the expression content and mappable characteristics of port economic information, explored the map visualization methods applicable to all kinds of port economic information, and established the mapping relationship between them. In addition, we classified and analyzed the existing map visualization tools from the perspective of realization methods, which could provide hardware support for realizing map visualization of port economic information, broaden the application field for map visualization, and promote the systematic study of port economic information map visualization.

Key words: port economic information, map visualization, visualization tool

港口经济学以港口的经济活动为研究对象[1]，以港口自身及与周边外部环境之间产生的各种经济问题为研究内容，其研究成果多以文字或数字表格的形式进行表达，不利于读者从空间认知的角度快速获取信息。地图作为最重要的空间认知工具[2]，在港口经济信息的研究中不可或缺。

随着港口功能的不断扩充[3]，港口与外界的联系日益频繁与紧密，港口经济得到了越来越多的关注[4]，国内外学者利用经济地理学理论及其他分支经济学理论对港口经济信息进行了许多专业研究。但是，探究以地图的形式表达港口经济信息的文章相对较少，在现有的文献中，地图或图表也只是作为插图出现，缺乏系统的可视化应用研究。相关的可视化成果主要体现在《中国沿海港口图集》、《中国北方枢纽港港航地图集》和《世界港口交通地图集》等不同主题的港口地图集中。

针对港口经济信息表达与地图可视化结合不紧密的问题，分析港口经济信息的内容和可地图化特征，为港口经济信息的地图可视化表达提供理论基础；具体分析各类信息的表征指标与可地图化特征，明晰各类信息的地图可视化方法，建立二者之间的映射关系；对现有的地图可视化工具进行分类、总结与对比分析，为港口经济信息地图可视化的实现提供硬件支持。

1　港口经济信息的内容与地图化特征

1.1　港口经济信息的内容

港口经济信息是指在对港口经济进行研究时所表达的相关信息，为了进行港口经济信息的地图可视化，参照港口经济学[4]对港口经济研究内容的划分方法，根据信息的表达主体是否是港口自身，将港口经

收稿日期：2022-04-12；修回日期：2022-07-22。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（42101454、41771487、42101455）。
第一作者简介：闫金珠（1997—），硕士研究生，主要研究方向为地图可视化，E-mail：yanjinzhu_0925@163.com。

济信息分为港口内部经济信息和港口外部经济信息。

1.1.1 港口内部经济信息

港口内部经济信息是指研究与港口自身相关的经济问题时所表达的相关信息，具体内容如表1所示。

表1 港口内部经济信息

信息分类	信息表达内容
港口概况	港口位置、港口历史、港口结构、港口类型
港口经济能力	港口经济的发展水平、发展趋势
港口吞吐能力	港口吞吐量的发展水平、发展趋势
港口现代化建设	科技创新、信息港口建设、智慧港口建设
港口群的划分	港口间的地理位置差异
港口规模与国家经济的关联关系	关联程度

其中，港口概况信息是对港口基本情况的介绍，包括港口的位置、结构、类型和发展历程；港口的经济能力包括港口经济的发展水平和发展趋势信息；港口的吞吐能力是衡量港口发展规模的重要指标，包括港口吞吐量的发展水平和发展趋势信息；港口的现代化建设是对港口现代化发展水平的介绍，主要包括港口的科技创新、信息化和智慧化建设；港口群的划分是依据各港口在地理空间中的实际距离的相近程度将港口划分为不同的区域；港口规模与国家经济的关联关系是制定港口与港口城市发展战略的依据，主要包括港口发展规模与国家经济指标之间不同角度的关联程度信息。

1.1.2 港口外部经济信息

港口外部经济信息是指研究港口与其周边外部环境之间产生的经济问题时所表达的相关信息，具体内容如表2所示。

表2 港口外部经济信息

信息表达主体	信息表达内容
港口城市	城市经济的发展水平和发展趋势、港城互动信息
港口腹地	腹地经济的发展水平和发展趋势、腹地类型、合作发展空间布局
港口航运	航线信息、航运节点信息
港口产业	港口产业分布、产业类型、产业群的分布

1）港口城市。港口城市是港口经济发展的载体，其经济信息包括港城互动信息、城市经济的发展水平与发展趋势信息。其中：城市经济的发展水平与发展趋势信息是对港口城市经济信息全面的细致表达；港城互动信息本质上是对港口城市类型的描述，是探讨如何促进港口和港口城市共同发展的重要依据。

2）港口腹地。港口腹地是港口经济发展的依托，其经济信息包括腹地类型、腹地的合作发展空间布局、腹地经济的发展水平与发展趋势信息。其中：腹地经济的发展水平与发展趋势信息和腹地的合作发展空间布局信息分别是对其经济信息的细致表达与宏观表达。

3）港口航运。港口航运是港口经济发展的交通支撑，其经济信息包括航线信息和航运节点信息。其中：航线信息是指2个或2个以上港口间有货物运输关系，是促进海上腹地经济发展的重要基础。航运节点信息是优化海运航线网络布局的重要依据，具体包括节点的连通性信息和重要性信息。连通性信息是指不同节点之间实现货物流通的便捷程度，用于描述节点在航运网络中的互联互通水平，分为以港口为节点的连通性信息和以国家为节点的连通性信息；重要性信息是指不同节点之间直接与间接的综合联系程度，用于描述港口在航运网络中的地位。

4）港口产业。港口产业是港口经济发展的成果，其经济信息包括港口产业的分布、类型和产业集群的分布。港口产业的类型与分布信息同时体现了港口产业经济和港口自身的发展特点；在港口功能多样性、一体性的背景下，在空间上呈现积聚性的产业集群是港口产业发展的普遍规律。

1.2 港口经济信息的可地图化特征

地图可视化方法的选择是由港口经济信息的可地图化特征所决定的。因此，基于地图上所表达专题要素的主要特征，探究总结港口经济信息的可地图化特征，具体如图1所示。

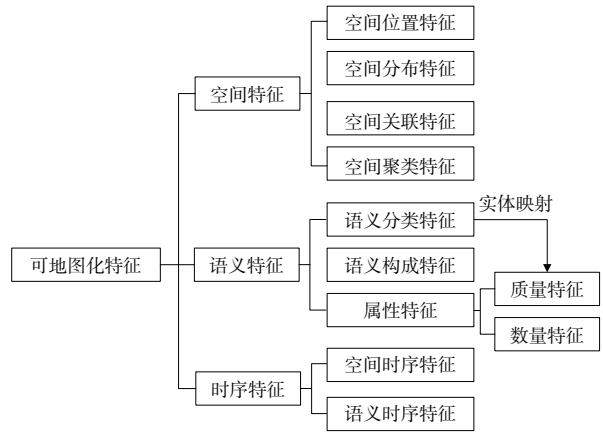


图1 港口经济信息的可地图化特征

1.2.1 空间特征

①空间位置特征。空间位置特征是对港口、港口城市等港口经济相关实体的位置、范围等几何信息的表达。地理空间是港口进行经济活动的载体，港口城市、港口腹地进行运输、生产等一系列的经济活动时都离不开地理空间位置的制约。②空间分布特征。空间分布特征是对港口经济要素基于地理空间位置的分布情况的表达，例如：产业带的分布。③空间关联特征。空间关联特征是对不同地理实体间的距离、拓扑

（相离、相交、邻接、包含等）和方位关联关系的表达。不同实体或许在地理位置上是分离的，但是由于某种联系而关联在一起，例如：港口群的通达情况。④ 空间聚类特征。空间聚类特征是指地理实体基于某一空间特征的相近程度，将地理实体划分为多个组别，用来描述地理实体的质量特征。如根据距离将离散分布的港口聚类成不同的港口群。

1.2.2　语义特征

1）属性特征。属性特征包括质量特征和数量特征。质量特征是描述地理实体间质的区别，比如：港口这一实体的类型、名称等；数量特征是指港口经济指标要素的数量、等级等信息，例如：表示港口吞吐能力的集装箱吞吐量、货物吞吐量等。

2）语义分类特征。语义分类特征作为反映地理实体内在属性结构的特征，是指根据地理实体的某一或某一些属性特征对地理实体进行分类分级[5]，例如：根据港口的用途属性，将港口划分为商港、工业港、渔港、军港和避风港。将语义分类对应实体的内涵映射为地理空间的属性，便是地理实体的质量特征。

3）语义构成特征。语义构成本质上是整体与部分的关系，它反映的是一个地理实体由不同的几个对象组成，对象和整体之间在语义上主要体现的是一种结构和功能上的联系。例如：港口这一地理实体在结构上由港口水域、码头岸线和港口陆域三部分构成。

4）时序特征。时序特征反映实体或要素的空间特征和语义特征在时间尺度上的动态变化情况。例如：青岛这一港口城市的生产总值从2011年的6 615.60亿元发展到了2021年的14 136.46亿元。

2　内部经济信息地图可视化方法应用

2.1　港口概况信息

港口的位置信息是描述港口在真实地理空间中的位置，具有空间位置特征，可以通过定点符号法来表示；历史发展信息是描述港口的发展过程，具有语义时序特征，可以用时间线法表示；结构信息是描述港口这一实体的结构组成，具有语义构成特征，可以用概念图、拓扑图等无空间概念的可视化方法表示，也可以用隐喻地图来表示；类型信息是描述港口所属类型，具有语义分类特征，可以用概念图、拓扑图等方法表示，或将其内涵映射为空间属性，作为港口的质量特征进行描述，用定点符号法表示。

2.2　港口经济能力和吞吐能力信息

港口经济能力信息和吞吐能力信息本质上均是对港口某一要素的数量特征和时序特征的表达，表示方法一致，故一起进行阐述。

1）发展水平信息。经济能力和吞吐能力的发展水平分别通过不同经济指标和不同类型吞吐量指标的统计数据来表征，具有数量特征，可以采用定位图表法、定点符号法、矩形树图、景观图法等来表示。

2）发展趋势信息。经济能力和吞吐能力的发展趋势分别通过不同经济指标和不同类型吞吐量指标的多截面时间序列数据来表征，具有时序特征，可以用动态地图、动态图表、静态的趋势类图表法和时间序列专题图法表示。

2.3　港口群的划分

港口群的划分是根据各港口在地理空间中的实际距离的相近程度，将港口划分到不同的区域，具有空间聚类特征，可以采用线状符号法、定点符号法、质底法表示。

2.4　港口的现代化建设信息

本质上是港口的质量属性表达，可以利用定点符号法，通过添加文字标注或图表标注的方式对具体的现代化设施进行表达；或者通过符号形状来表示港口的现代化类型。

2.5　港口规模与国家经济的关联关系信息

港口规模与国家经济的关联关系是表达港口发展规模和国家经济之间的关联程度，通过整体关联度、时序关联度和指标关联度数据来表征，研究二者的关联关系时涉及港口集装箱吞吐量、GDP、吸引外资总额等指标的面板数据，具有类型多、维度高等特点，单一视图无法实现对二者关联关系的全面表达，可以采用多视图协同的方法，通过多个视图的交互联动实现港口与国家经济关联关系的可视化，使用户从多属性、多维度、多类型的复杂数据中快速获取有效信息。

3　外部经济信息地图可视化方法应用

基于以上分析，将港口内部经济信息的地图可视化表达方法总结如下（图2）。

3.1　港口城市经济信息地图可视化方法应用

3.1.1　发展水平信息

发展水平信息通过进出口贸易等城市经济指标的统计数量来表征，具有数量特征，可以采用矩形树图、分区统计图表法、Necklace Maps、等值区域法、面状Cartogram表示。

3.1.2　发展趋势信息

发展趋势信息通过进出口贸易等城市经济指标的

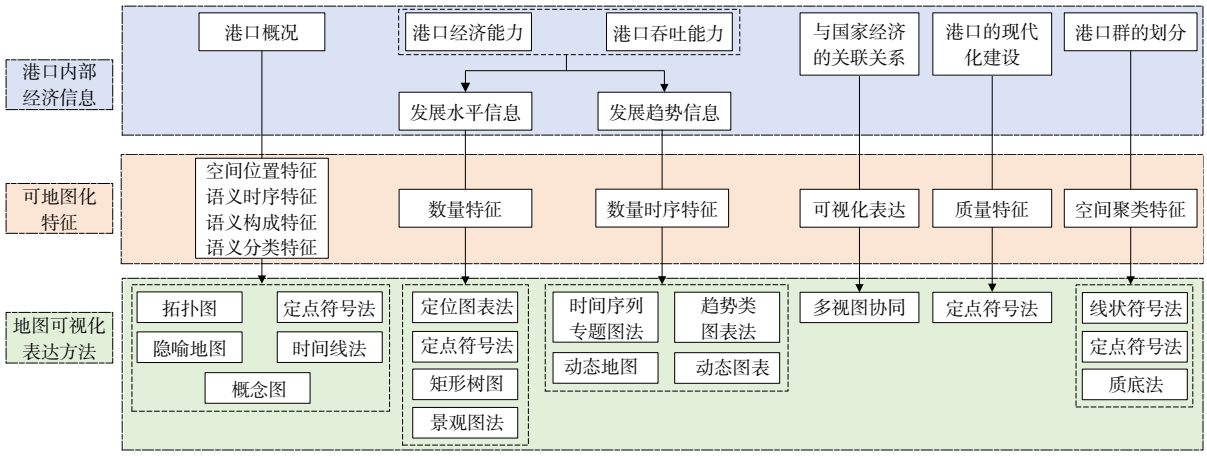


图2 内部经济信息地图可视化方法应用总结

时间序列统计数据来表征，具有数量时序特征。采用动态地图、动态图表表示，也可以用静态的趋势类图表法和时间序列专题图法表示。如图3通过静态的趋势类图表法反映2013—2017年间深圳市各地区GDP的增长幅度和趋势。

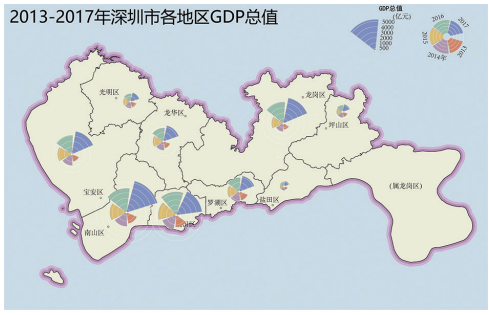


图3 深圳市各地区GDP统计

3.1.3 港城互动信息

港城互动信息本质上是依据RCI指数、关联度数据等相关数据表示港口城市的类型信息。其中，利用RCI指数数据划分港口城市类型是从整体上反映港城互动信息，利用不同指标的关联度数据是从具体的细节特征上全面反应港城互动信息。二者具有语义分类特征，可以用概念图、拓扑图等方法表示，或将其内涵映射为空间属性，分别用等值区域法和分区统计图表法反映港城互动信息的整体特征和具体细节特征。

3.2 港口腹地经济信息地图可视化方法应用

1）腹地经济的发展水平和发展趋势信息。与城市经济的发展水平和发展趋势信息一致，其本质也是表达面状要素某一经济指标的数量特征和数量时序特征，故表示方法一致。

2）腹地类型信息。根据不同参考依据对腹地类型进行划分，具有语义分类特征，可以用拓扑图等方法表示，或将其内涵映射到腹地的地理空间，用质底法表示。

3）腹地的合作发展空间布局信息。主要是描述腹地在经济发展方面的整体布局情况，具有空间关联特征，可以用线状符号法、质底法表示。

3.3 港口航运经济信息地图可视化方法应用

3.3.1 航线信息

航线信息是指2个或以上港口间有货物运输关系，具有空间关联特征，可以通过动线法表示。

3.3.2 航运节点信息

具体包括节点的连通性信息和重要性信息，二者均是基于复杂网络理论，利用相关复杂网络拓扑指标来表示相应的信息。

1）连通性信息。连通性信息包括以港口和国家为节点2种情况。其中，以港口为节点时，本质上是表达点状要素连通属性的数量特征，可以采用定点符号法和矩形树图表示；以国家为节点时，包括国家的单边连通性信息和双边连通性信息，本质上是表达面状要素连通属性的数量特征和不同面状要素之间的空间关联特征，可以分别通过矩形树图、等值区域法、分区统计图表法、Necklace Maps、面状Cartogram和动线法、网络图表示。如图4通过简单非连续Cartogram表示的东南亚各国单边连通性信息。

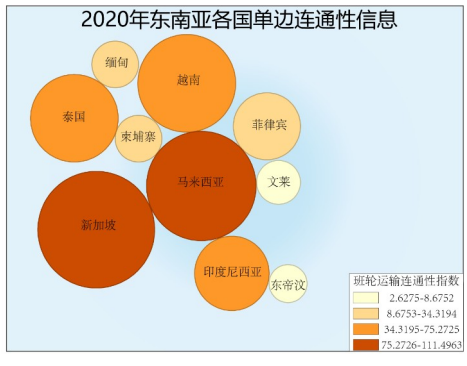


图4 东南亚各国单边连通性信息

（下转第57页）