

引文格式:宋树华,董芳,陈东,等.基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元统一标识模型研究[J].测绘学报,2016,45(S1):99-105. DOI:10.11947/j.AGCS.2016.F012.
SONG Shuhua,DONG Fang,CHEN Dong,et al.Research on Real Estate Unit Unified Identifier Model Based on GeoSOT Code [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2016,45(S1):99-105. DOI:10.11947/j.AGCS.2016.F012.

基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元统一标识模型研究

宋树华¹,董芳²,陈东^{3,4},赵金玲⁵,李滨⁶,张乐¹,王希营¹,李世忠⁷,翟卫欣³,孙忠秋³

1. 苍穹数码技术股份有限公司,北京 100081; 2. 61541 部队,北京 100094; 3. 北京大学地球与空间科学学院,北京 100871; 4. 国家信息中心,北京 100045; 5. 中国石油新疆油田公司数据公司,新疆 克拉玛依 834000; 6. 北京昊云科技有限公司,北京 100088; 7. 中国天绘卫星中心,北京 102102

Research on Real Estate Unit Unified Identifier Model Based on GeoSOT Code

SONG Shuhua¹,DONG Fang²,CHEN Dong^{3,4},ZHAO Jinling⁵,LI Bin⁶,ZHANG Le¹,WANG Xiyong¹,LI Shizhong⁷,ZHAI Weixing³,SUN Zhongqiu³

1. KQ GEO Technologies Co. Ltd., Beijing 100081, China; 2. Troops 61541, Beijing 100094, China; 3. School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871, China; 4. State Information Center, Beijing 100045, China; 5. Data Company of Xinjiang Oilfield Branch of Petrochina, Karamay 834000, China; 6. Beijing XYZ3D Science & Technology Co. Ltd., Beijing 100088, China; 7. TH Center of China, Beijing 102102, China

Abstract: It is a spatial uncertainty for existing real estate unit identifier. So, in order to reflect the spatial position based on real estate unit identifier directly, it proposes a real estate unit code model based on GeoSOT code, encoding method, and the spatial location information transformation scheme between this model and spatial location, after we study the existing real estate unit identifier model. The test shows that it is very useful and direct to show the spatial location with the real estate unit identifier based on GeoSOT code.

Key words: real estate unit;identifier of real estate unit;GeoSOT;GeoSOT code

摘 要:针对现有不动产单元编码存在空间位置信息模糊的问题,以寻求更加直接反映空间位置的不动产编码为目标,在对现有不动产单元编码深入研究的基础上,提出了基于 GeoSOT 网格编码的不动产单元模型、编码方法,以及该模型与空间位置信息转换方案。试验证明,基于 GeoSOT 的不动产单元编码更加直观,具有很好的实用性。

关键词:不动产单元;不动产单元编码;GeoSOT;GeoSOT code

中图分类号:P208 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1595(2016)S1-0099-07

由于行政体制等历史原因,我国土地、房屋、林地、草原、海域等不动产分属国土、住建、农业、林业、海洋等不同机构进行登记和管理,且各部门采用各自行业 的标准、规范和登记体系,由此带来了登记结果重叠、遗漏甚至相互矛盾等诸多弊端,造成了诸多的产权的交叉或冲突^[1-2]。为此,党的十八届三中全会审议通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》提出:“对水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等自然生态空间进行统一确权登记。”2013 年 11 月 20 日召开的国务院

第 31 次常务会议决定,由国土资源部负责指导监督全国土地、房屋、草原、林地、海域等不动产统一登记职责。由于不动产统一登记涉及国土、住建、农业、林业、海洋等多个部门,数据复杂、流程繁琐,导致不动产统一登记难以实施,特别在实施部门间数据整合与共享时更是困难重重。而在不动产统一登记中,不动产单元统一编码是实现不动产统一登记管理信息化的重要支撑,是实现国土资源综合监管的必要手段,也是实现国土、住建、农业、林业、海洋等部门间不动产标识、信息处理

和共享交换等工作的基础^[3-5]。因此,不动产单元统一编码如何制定对不同部门间的数据查询与共享息息相关,是不动产登记中需要解决的关键技术点。

在国内,有很多学者对土地、宗地等不动产统一编码国外情况^[6]、国内编制背景^[5]、规则^[7-9]、实现^[3]、新旧宗地代码转换^[10]、基于宗地统一代码的城乡一体化地籍管理^[11]进行了探讨。同时,相关部门也纷纷出台相关文件与政策,推动相关工作^[5-6,12]。如2010年11月国土资源部作出在全国范围内开展宗地统一编码工作的重要指示;同年12月国土资源部科技与国际合作司编制推荐性国家标准项目建议书并完成标准网上申报工作^[5]。2011年国土资源部就着手收集、整理国内外相关资料^[12],借鉴国外宗地编码的相关技术方法^[6],形成《宗地编码规则》。2015年5月国土资源部发布《不动产单元设定与代码编制规则(试行)》^[13]。

《不动产单元设定与代码编制规则(试行)》中的不动产单元代码通过理论和实践证明,基于行政区划、地籍区、地籍子区等不动产单元代码可很好地继承我国林地、宗地等不动产单元的编码,实现了不动产单元编码的全国唯一性,具有很好的实用性。但目前的不动产单元代码解决了代码的唯一性,却存在空间位置不直接、不明确的问题,即不动产单元编码空间范围主要依靠行政区划、地籍区、地籍子区等编码来确定,基于此3种区划的空间范围较大,不动产单元空间位置具有一定的模糊性,不能通过直接不动产单元编码确定不动产单元具体的地理空间范围,例如对于房产不动产单元需借助于楼盘中的地理位置对不动产单元进行精确定位,而必须通过不动产单元的序号等来进行精确定位。针对上述问题,文献^[14]基于GeoSOT编码对建设物的空间区位编码进行了学术上的探讨。本文借助于地球剖分GeoSOT编码的全球唯一性和空间位置确定性特点,在分析目前的不动产单元设定与代码编制规则和GeoSOT剖分编码的基础上,寻找两者的契合点,对基于GeoSOT剖分编码的不动产单元统一编码方案进行了探讨。

1 现行的不动产单元统一编码

1.1 不动产单元及其代码

根据《不动产单元设定与代码编制规则(试

行)》不动产单元代码(identifier of real estate unit),即不动产单元号,是按一定规则赋予不动产单元的唯一可识别的标识码。在具体实现中,不动产统一代码一般采用行政区码、地籍区和地籍子区、特征码、顺序号等进行标识,下面作具体介绍。

1.2 不动产单元编码结构

根据《不动产单元设定与代码编制规则(试行)》规定,不动产单元代码采用7层28个字符的层次码结构(图1),编号的顺序分别是6位县级行政区划代码、3位地籍区代码(码值为000~999)、3位地籍子区代码(码值为000~999)、2位宗地(宗海)特征码(第1位用G、J、Z表示,第2位用A、B、S、X、C、D、E、F、G、H、W、Y表示)、5位宗地(宗海)顺序号(码值为00001~99999)、1位定着物特征码(用F、L、Q、W表示)、8位为定着物单元编号代码(若为房屋,前4位与后4位码值为0001~9999;若为森林、林木或其他定着物则为00000001~99999999;若无定着物则为00000000)。

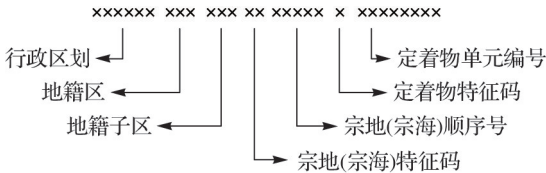


图1 不动产单元编码结构示意图

Fig.1 Structure of real estate unit identifier

1.3 不动产单元编码空间位置查询原理

以房屋不动产单元为例,说明在不动产登记系统中如何通过不动产单元编码对不动产单元空间位置查询的过程。

(1) 通过不动产单元编码中的行政区码、地籍区和地籍子区等编码进行分析,即可知道不动产单元所在地籍子区的位置,即房子所在的街坊、行政村或居委会。

(2) 根据宗地(宗海)顺序号,则可获得房屋所在宗地,如小区。

(3) 通过定着物单元编号,确定查找房屋所在的自然幢(图2)。基于上述步骤,完成由不动产单元编码定位不动产单元的空间位置,但只是到房屋所在的自然幢空间范围,不一定是房屋本身空间位置,例如商品房中一幢多户的情况,是不能直接定位的。



图 2 不动产单元编码实例

Fig.2 Example of real estate unit identifier

根据不动产单元编码结构以及不动产单元空间定位过程可知,不动产单元编码是由具有空间信息的行政区码、地籍区和地籍子区等编码和具有属性信息的特征码与顺序号等进行构成,由此达到对全国所有使用权宗地(宗海)内的房屋、林木等定着物、构筑物进行空间定位与唯一标识的目标,有效地对不动产进行“身份”标定^[13]。同时,由于不动产单元编号中的空间位置信息由行政区码、地籍区和地籍子区等编码体现,导致其空间范围较大,无法利用行政区码、地籍区和地籍子区等编码对宗地(宗海)内的定着物内部的不动产单元进行唯一编码,因此必须借助于宗地(宗海)顺序号和定着物单元编号来进行唯一标识。另外,顺序号是非固定的,是根据业务办理的先后顺序来确定的,具有随机性。针对此问题,本文设计了一套基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元编码,拟对使用权宗地(宗海)内的房屋、林木等定着物、构筑物进行唯一标识。

2 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码

2.1 GeoSOT 地球剖分及其编码

目前,对地球剖分主要采用地球离散网格的方式,总的归纳起来分别是基于柏拉图立体的正多面体、基于正六边形的全球离散网格^[15-17]、基于 Voronoi 图的自适应全球离散网格^[18-20]和基于地理坐标划分的全球离散网格,如我国测绘数据网格^[21]、多级网格^[22]、Google Earth 和 Google Maps 网格^[23]、Worldwind 网格^[23]、天地图网格^[24]、Bing Maps 网格^[24]和 GeoSOT 网格^[25]等。基于经纬度剖分的 GeoSOT 网格具有边界不重复、网格正交、经纬一致、与传统数据规格兼容性好等特点^[25],被国内外科研人员广泛关注。关于 GeoSOT 网格与编码方法请参见文献^[25]。

鉴于一定空间范围内的不动产单元具有排他性,且具有唯一标识性的不动产单元编码是由用行政区码、地籍区和地籍子区加上特征码和顺序号组成,不动产单元编码对不动产单元所在的宗地、宗海等附着物内部不动产单元空间定位具有

位置精度低或者定位模糊性。同时,我国目前空间信息多采用地图分幅进行空间信息管理,而 GeoSOT 网格与地图分幅体系具有天然的同构性^[25]、不同层级的 GeoSOT 剖分面片对空间位置模糊性表示具有天然的优势,且随着层级的增加,剖分面片具有点面二项性,因此本文采用 GeoSOT 网格编码实现对不动产单元进行唯一编码。另外,由于不动产单元编码中的行政区码、地籍区和地籍子区具有位置位置精度低或者定位模糊性,因此在采用 GeoSOT 编码时,无需考虑不动产单元跨多个 GeoSOT 网格剖分面片的问题,而只需采用不动产单元包含的剖分面片(集)中的一个剖分面片即可。为此,本文采用不动产单元中心对应的剖分面片编码实现对不动产单元编码,具体如下。

2.2 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码模型

鉴于 GeoSOT 编码具有空间位置特性,且具有全球唯一性,可用 GeoSOT 编码来标识全球空间地物的空间范围。因此,可利用 GeoSOT 编码结合不动产单元的相关属性编码对不动产单元进行统一编号,即通过 GeoSOT 剖分编码与不动产单元宗地(宗海)代码、定着物特征码、定着物单元编号代码等组成不动产单元统一编码(图 3)。

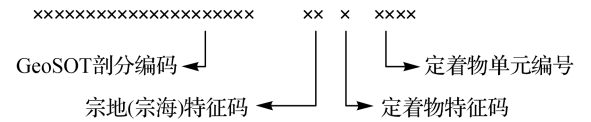


图 3 基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元编号模型

Fig.3 Identifier of real estate unit based on GeoSOT code

上述不动产单元编码模型采用采用 4 层 28 位层次码结构,分别是 21 位 GeoSOT 剖分编码、2 位宗地(宗海)代码、1 位定着物特征码和 4 位为定着物单元编号代码。其中 GeoSOT 剖分编码为不动产单元中心剖分面片编码;不动产单元宗地(宗海)代码和定着物特征码取值与现有的不动产单元相应的取值一致。4 位定着物单元编号代码取值为 0000~9999。

鉴于中国地理范围在 72°E—136°E、0°N—54°N,若以 GeoSOT 网格 4°为单元间隔,则中国的地理范围在经向上共有 16 个单元格、纬向上共有 14 个单元格(见表 1 和表 2)。则对国内不动产登记单元编码时,经向上从 72°E—136°E 可用 A—P 字母标识,纬向上从 0°N—56°N 可用 A—

N 字母标识。

表 1 中国范围内沿经向上剖分单元的编码
Tab.1 Instead GeoSOT code along longitude line direction in China

72°	76°	80°	84°	88°	92°	96°	100°
A	B	C	D	E	F	G	H
104°	108°	112°	116°	120°	124°	128°	132°
I	J	K	L	M	N	O	P

表 2 中国范围内沿纬向上剖分单元的编码
Tab.2 Instead GeoSOT code along Latitude line direction in China

0°	4°	8°	12°	16°	20°	24°
A	B	C	D	E	F	G
28°	32°	36°	40°	44°	48°	52°
H	I	J	K	L	M	N

因此,21 位 GeoSOT 剖分编码中,第 1 位为经向编码,由 A—P 进行标识;第 2 位为纬向编码,由 A—N 字母进行标识;第 3 位至第 19 位由第 8 层至第 26 层 GeoSOT 剖分编码进行标识。不动产单元编码中的 GeoSOT 剖分网格可到第 26 层,其大小为 $(1/32)''$,所代表的空间范围为 1 m^2 左右,即通过 GeoSOT 剖分面片编码,可精确定位到面积大小为 1 m^2 以内的不动产单元。

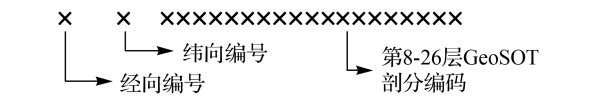


图 4 不动产单元编号模型中剖分编码结构
Fig.4 Structure of GeoSOT code in real estate unit identifier

相对于现有的不动产单元编码,基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元编码具有更加精确的空间位置信息,可以实现对不动产单元准确定位,有效避免了不动产单元范围的不确定性,保证了不动产单元编码的唯一性和空间位置的确定性。

2.3 不动产单元编码与转换方法

(1) 基于 GeoSOT 的不动产单元编码生产方法

对于任一不动产单元,首先判断其是否与空间数据关联,若已经关联空间数据,则直接获取该不动产单元中心的经纬度信息,若没有与空间数据关联,则通过参考其他地理空间数据,如天地

图、Google Earth 或实地定位等,获取不动产单元中心的经纬度信息。根据 GeoSOT 剖分编码模型,将经纬度换算成第 26 层的 GeoSOT 剖分编码,以及在经向和纬向上剖分网格所对应的编号。最后,结合经向编码、纬向编码、以及第 8 至第 26 位 GeoSOT 剖分编码,即为不动产单元的编码。

(2) 基于 GeoSOT 的不动产单元编码的空间转换

前文介绍了将经纬度转换为不动产单元编码的方法,这里介绍将不动产单元转换为经纬度的方法。针对某基于 GeoSOT 的不动产单元编码,先提取该编码的前两位,即经向编码和纬向编码;根据经向纬向剖分单元编码对应表(见表 1 和表 2),即可查出经向和纬向的经纬度;将经纬度按照 GeoSOT 编码规则换算成 7 层级的 GeoSOT 编码;将 7 层级 GeoSOT 编码与不动产单元的 GeoSOT 编码相结合,生成 26 位 GeoSOT 编码;由 26 位 GeoSOT 编码方向计算所在经纬度,则该经纬度即为不动产单元的精确经纬度。

3 试验与分析

根据上述不动产单元编码模型,对江西省共青城地税局西侧某小区某幢中心点坐标为 $(29.252^{\circ}\text{N},115.789^{\circ}\text{E})$ 的房屋进行了不动产单元编码。沿经向方向, 115.789° 在 $(112^{\circ}\text{E},116^{\circ}\text{E})$ 之间,则沿经向方向的字母为 K;沿纬向方向, 29.252° 在 $(28^{\circ}\text{N},32^{\circ}\text{N})$ 之间,对应纬向字母为 H。 $(29.252^{\circ}\text{N},115.789^{\circ}\text{E})$ 对应的 GeoSOT 剖分编码为 G001132213103333301032201320。由于该不动产为房屋,则宗地代码为 GB、定着物特征码为 F,且定着物单元编号代码为 0000。因此该房屋的不动产单元的编码为 KH13103333301032201320 GBF0000。图 5 为基于现有标准的不动产单元统一编码和基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码。

根据图 5 中不动产单元编码结果以及从编码中提取位置信息的流程对比可知,基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码具有如下优点:

(1) 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码实现了对不动产单元唯一标识。由于 GeoSOT 编码具有全球唯一性,且不动产单元在空间位置上具有排他性,因此基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码具有对不动产单元唯一标识性。

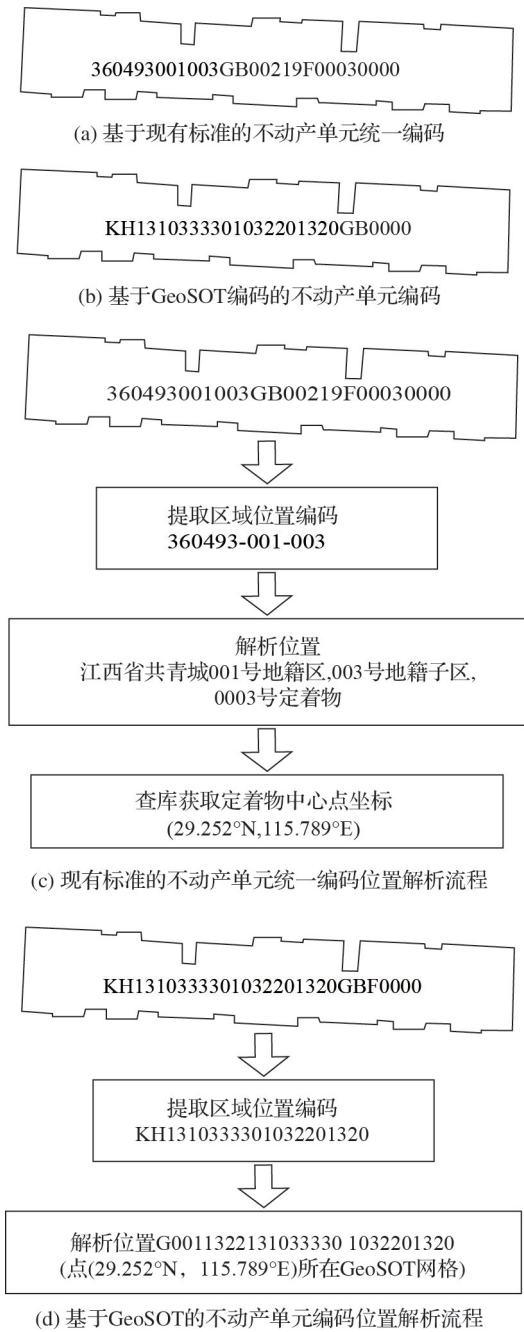


图5 不动产单元编码对比

Fig.5 Comparison of real estate unit identifier

(2) 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码具有空间位置高精度性。基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码中的 GeoSOT 编码采用了 GeoSOT 网格的第 26 层剖分面片的编码,而第 26 层剖分面片空间范围精度达到 $(1/32)'' \times (1/32)''$,即 1 m^2 左右,因此基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码可实现对面积小于 1 m^2 的不动产单元进行唯一标识,即达到 1 m 以内的空间精度。而现有的不动产单元编码中空间定位只能定

位到自然幢。因此,本文提出的不动产单元编码的空间定位精度,比现有的不动产单元编码中的自然幢的空间精度,至少提高了 3 个数量级。

(3) 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码实现了不动产单元的空间位置误差可量化。现有不动产单元编码的空间位置误差为地籍子区空间位置误差,而地籍子区的空间范围大小因不同省市县不相同、是不确定的,因此现有的不动产单元编码的空间位置误差具有不可量化性。而基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码采用了 26 层 GeoSOT 网格剖分面片,因此其空间位置误差就是 $(1/32)''$,即 1 m 以内,实现了不动产单元空间位置误差可量化。

(4) 基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码实现了对不动产单元直接定位。现有不动产单元编码的空间定位是通过不动产单元中的地籍子区加上定作物编号进行定位,例如房屋所在的自然幢(见图 2),而对自然幢中具体不动产单元房屋无法定位;基于 GeoSOT 编码的不动产单元编码可利用 GeoSOT 网格剖分编码直接定位到该自然幢中某套房不动产单元的中心点,从而实现对不动产单元直接定位。

由于本文中的 GeoSOT 网格剖分面片编码只能对地球二维球面上不动产单位进行空间编码与标识,对同一空间范围上不同高度的不动产单元唯一标识有困难,需借助于顺序码进行实现。

4 结 论

本文对基于 GeoSOT 剖分编码的不动产单元编码模型进行探讨。对比基于现有标准的不动产单元统一编码,本文提出的不动产单元编码不仅具有编码的唯一性,而且更能直接反映不动产单元的空间位置,有效避免了现有不动产单元编码空间位置的模糊性,有利于与空间数据关联,具有诸多优点。同时,由于 GeoSOT 网格与编码是对地球表面空间进行划分与编码,因此在表达同一空间位置上不同高度的不动产单元时受到一定限制,例如对自然幢中不同楼层的不动产单元还需采用顺序号进行编码。因此下面将研究基于 GeoSOT-3D 剖分编码^[26]对三维中不动产单元进行定位。

参考文献:

[1] 黄亮,张鹏.不动产统一登记新思路——谈以土地所有权

- 为基础的不动产统一登记体系构建[J]. 中国土地, 2013(3): 47-48.
- HUANG Liang, ZHANG Peng. New Ideas for Real Estate Unified Registration-the Construction of the Unified Registration System of Real Estate Based on the Land Ownership[J]. China Land, 2013(3): 47-48.
- [2] 尹鹏程, 王履华, 曲欣, 等. 市县级不动产统一登记实施模式探讨[J]. 国土资源信息化, 2015(3): 18-22.
- YIN Pengcheng, WANG Lühua, QU Xin, et al. Unified Registration with Implementation Model of Real Estate of City and County[J]. Land and Resources Informatization, 2015(3): 18-22.
- [3] 李双青, 杨如军, 陈耿. 宗地统一编码编制与变更管理的设计与实现[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2013, 30(2): 61-65.
- LI Shuangqing, YANG Rujun, CHEN Geng. Design and Implementation of the Land Parcel Unified Code and Its Alteration Management[J]. Journal of Guangxi Teachers Education University (Natural Science Edition), 2013, 30(2): 61-65.
- [4] 易湘生, 李伟方, 裴志远, 等. 农村土地承包经营权要素编码规则研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(35): 269-273.
- YI Xiangsheng, LI Weifang, PEI Zhiyuan, et al. Research of Coding Rule for the Elements of Right to Rural Land Contractual Management[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(35): 269-273.
- [5] 孙成林. 浅析宗地统一代码编制的重大意义[J]. 国土资源, 2013(2): 54-55.
- SUN Chenglin. Discussion on the Compilation of Unified Code of Parcel[J]. Land & Resources, 2013(2): 54-55.
- [6] 庄澜. 上海市土地登记编码系统优化研究[J]. 上海国土资源, 2015, 36(2): 55-59.
- ZHUANG Lan. Optimizing Encoding Systems for Land Registration in Shanghai[J]. Shanghai Land & Resources, 2015, 36(2): 55-59.
- [7] 王国华, 廖明伟, 张镇东. 宗地统一编码方法研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(13): 5980-5982.
- WANG Guohua, LIAO Mingwei, ZHANG Zhendong. Investigation on Parcel Unified Coding Method[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(13): 5980-5982.
- [8] 陈国平, 赵俊三, 谷苗, 等. 宗地统一编码方法及应用[J]. 国土资源科技管理, 2014, 31(4): 81-87.
- CHEN Guoping, ZHAO Junsan, GU Miao, et al. Unified Land Parcel Encoding Method and Its Application[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2014, 31(4): 81-87.
- [9] 张鸿儒, 胡志超. 基于宗地代码的不动产统一代码编制规则研究[J]. 林业调查规划, 2015, 40(1): 15-18.
- ZHANG Hongru, HU Zhichao. Research of Rules for Preparation in Real Estate Based on Parcel Code[J]. Forest Inventory and Planning, 2015, 40(1): 15-18.
- [10] 沈陈华, 王德江. 宗地统一编码过程中新旧代码无损转换方法[J]. 中国土地科学, 2012, 26(9): 83-86.
- SHEN Chenhua, WANG Dejiang. Method of the Lossless Old-to-New Code Conversion for Land Cadaster[J]. China Land Science, 2012, 26(9): 83-86.
- [11] 易志辉. 基于宗地统一代码的城乡一体化地籍管理信息化建设探讨[J]. 国土资源信息化, 2013(5): 15-18.
- YI Zhihui. Discussion on Integration of Urban and Rural Cadastral Management Information Construction Based on Unified Code of Parcel[J]. Land and Resources Informatization, 2013(5): 15-18.
- [12] 蔡先变, 尹鹏程, 李钢. 土地管理业务全要素编码与应用——基于宗地代码的编制规则[J]. 国土资源科技管理, 2014, 31(1): 62-67.
- CAI Xianluan, YIN Pengcheng, LI Gang. Encoding and Application of Land Management Business Total Elements Based on Unified Coding Rules of Land Parcel [J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2014, 31(1): 62-67.
- [13] 国土资源部关于做好不动产权籍调查工作的通知[EB/OL]. (2015-05-04). http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201505/t20150504_1349570.htm.
- Notice of the Ministry of Land and Resources on Real Estate Cadastral Survey Work[EB/OL]. (2015-05-04). http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201505/t20150504_1349570.htm.
- [14] 付晨. 建筑物空间区位编码模型研究[D]. 北京: 北京大学, 2014.
- FU Chen. Research on Building Spatial Location Code Model[D]. Beijing: Peking University, 2014.
- [15] GOLAY M J E. Hexagonal Parallel Pattern Transformations [J]. IEEE Transactions on Computers, 1969, C-18(8): 733-739.
- [16] 童晓冲, 贲进, 秦志远, 等. 基于全球离散网格框架的局部网格划分[J]. 测绘学报, 2009, 38(6): 506-513. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2009.06.007.
- TONG Xiaochong, BEN Jin, QIN Zhiyuan, et al. The Subdivision of Partial Grid Based on Discrete Global Grid Systems[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2009, 38(6): 506-513. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2009.06.007.
- [17] 贲进, 童晓冲, 张永生, 等. 球面等积网格系统生成算法与软件模型研究[J]. 测绘学报, 2007, 36(2): 187-191. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2007.02.013.
- BEN Jin, Tong Xiaochong, ZHANG Yongsheng, et al. Research on Generating Algorithm and Software Model of Discrete Global Grid Systems[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2007, 36(2): 187-191. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2007.02.013.
- [18] 徐寅峰, 杨波艇. Voronoi 图在球面上的推广[J]. 工程数学学报, 1995, 12(2): 93-96.
- XU Yinfeng, YANG Boting. The Generalized Voronoi

Diagram on the Sphere[J]. Journal of Engineering Mathematics, 1995, 12(2): 93-96.

[19] ZHAO Xuesheng, CHEN Jun, LI Zhilin. A Mix Global data Structure Based on QTM and Voronoi[C]//Proceedings of XXth ISPRS congress. Istanbul, Turkey: ISPRS, 2004: 791-796.

[20] 赵学胜, 陈军, 王金庄. 基于 O-QTM 的球面 Voronoi 图的生成算法[J]. 测绘学报, 2002, 31(2): 157-163. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2002.02.013.

ZHAO Xuesheng, CHEN Jun, WANG Jinzhuang. QTM-based Algorithm for the Generating of Voronoi Diagram for Spherical Objects[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(2): 157-163. DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2002.02.013.

[21] 国家技术监督局. GB/T 13989—1992 国家基本比例尺地形图分幅和编号[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.

State Bureau of Quality Technical Supervision. GB/T 13989—1992 Subdivision and Numbering for the National Primary Scale Topographic Maps[S]. Beijing: Standards Press of China, 1993.

[22] 李德仁, 朱欣焰, 龚健雅. 从数字地图到空间信息网格——空间信息多级网格理论思考[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(6): 642-650.

LI Deren, ZHU Xinyan, GONG Jianya. From Digital Map to Spatial Information Multi-grid—A Thought of Spatial Information Multi-grid Theory[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(6): 642-650.

[23] 宋树华. 遥感数据标准分景框架及其应用模型研究[D]. 北京: 北京大学, 2011.

SONG Shuhua. Research on a Universal Scene Model of Remote Sensing Data and Its Applications[D]. Beijing: Peking University, 2011.

[24] 宋树华. 基于 GeoSOT 的遥感数据剖分组织与应用研究[D]. 北京: 北京大学, 2013.

SONG Shuhua. Remote Sensing Data Subdivision Organization Based on GeoSOT and Its Application[D]. Beijing: Peking University, 2013.

[25] 宋树华, 程承旗, 濮国梁, 等. 全球遥感数据剖分组织的 GeoSOT 网格应用[J]. 测绘学报, 2014, 43(8): 869-876. DOI: 10.13485/j.cnki.11-2089.2014.0103.

SONG Shuhua, CHENG Chengqi, PU Guoliang, et al. Global Remote Sensing Data Subdivision Organization Based on GeoSOT[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2014, 43(8): 869-876. DOI: 10.13485/j.cnki.11-2089.2014.0103.

[26] 胡晓光, 程承旗, 童晓冲. 基于 GeoSOT-3D 的三维数据表达研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2015, 51(6): 1022-1028.

HU Xiaoguang, CHENG Chengqi, TONG Xiaochong. The Representation of Three-Dimensional Data Based on GeoSOT-3D[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2015, 51(6): 1022-1028.

(责任编辑:陈品馨)

收稿日期: 2016-08-20

修回日期: 2016-10-20

第一作者简介: 宋树华(1980—),男,博士,高级工程师,研究方向为 GIS 理论与应用。

First author: SONG Shuhua (1980—), male, PhD, senior engineer, majors in theory and application on GIS.

E-mail: song-shuhua@163.com