

ICS 07.040

CCS A 75

团 体 标 准

T/ZGDLXH 005—2024

城市人口分析单元划分技术规范

Technical specification for urban population analysis unit
division

(征求意见稿)

202X-xx-xx (年-月-日) 发布

202X-xx-xx (年-月-日) 实施

中国地理学会 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
城市人口分析单元划分技术规范.....	1
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 划分原则.....	2
4.1 单元类型.....	2
4.2 一般性原则.....	2
4.3 场景适用性原则.....	2
5 划分方法.....	3
5.1 格网单元的划分.....	3
5.2 行政单元的划分.....	3
5.3 专题单元的划分.....	3
6 形式化表达.....	4
6.1 空间基准.....	4
6.2 时间基准.....	4
6.3 空间尺度基准.....	4
6.4 形式化表达概念模型.....	4
7 证实方法.....	7
7.1 证实目标.....	7
7.2 数据准备与试验区选择.....	8
7.3 证实内容.....	8

前 言

本标准依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准首次制定。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国地理学会不负责对其任何该类专利的鉴别。

本标准由中国地理学会提出并归口。

本标准起草单位：武汉大学，湖北省自然资源厅信息中心，武汉市自然资源和规划信息中心，武汉市测绘研究院，吉奥时空信息技术股份有限公司。

本标准起草人：李锐，李江，吴华意，彭明军，周海燕，李海亭，李盼盼，朱毅，杨孝锐，胡秋实、汤磊，李红艳，王好峰，王顺利，王俊豪，夏晶，叶丰，孙雪。

引 言

城市人口时空分析指获取人口分布与人口变化的信息、规律和模式。其中城市人口分析单元（Urban Population Analysis Unit, UPAU）是城市人口时空分析模型表达、特征统计、计算操作和空间可视化的空间单元，其划分与形式化表达是城市人口时空相关研究和应用需要开展的基础性工作，对于有效表达人口活动信息，支撑人口时空模式分析，适应不同城市应用需求至关重要。同时，城市应用场景为城市人口分析单元划分与形式化表达提供时空范围与语义限定，并赋予分析结果实际意义，不同城市应用场景使得城市人口分析单元的划分和应用需求存在差异。因此，面向城市应用场景信息进行城市人口分析单元划分，并以此为基础开展空间多尺度的城市人口分析单元表达，是支撑精细化人口时空变化规律和模式分析挖掘及其应用的基础。

根据国家的发展需求和规划要求，加强智慧城市建设、提升城市精细化管理水平和优化人口服务资源配置已成为建设高质量发展的新型城市的重要任务。而城市人口分析单元是城市管理和人口服务资源配置的基本单元，为其规定统一的划分方法与形式化表达结构不仅能为城市建设和管理、人口服务资源配置等提供必要的基础支持，同时有助于深化人口地理学和城市地理学的理论创新和实际应用。

城市人口分析单元划分技术规范

1 范围

本标准规定了城市人口分析单元划分原则、划分方法、形式化表达以及证实方法。
本标准适用于全国范围内城市人口分析与应用领域的人口分析单元划分工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 3102.1-93 空间和时间的量和单位
GB/T 2260-2007 中华人民共和国行政区划代码
GB/T 10114-2003 县级以上行政区划代码编制规则
GB/T 12409-2009 地理格网
GB/T 33187.1 地理信息 简单要素访问 第1部分：通用架构
GB/T 43156-2023 地理信息 矢量数据模型与存储规范
CJJ37-2012 城市道路工程设计规范
MZ/T 092-2017 省、地、县级行政区划图(集)编制规范

3 术语和定义

3.1

城市人口分析单元 urban population analysis unit
城市人口时空分析模型表达、特征统计、计算操作和空间可视化的空间单元。

3.2

原子单元 atomic unit
在既定分析范围内最小、不可再分的人口分析与表达的空间单元。

3.3

专题单元 derivative unit
依据特定分析需求或应用目的，在充分考虑地理环境、人口分布、社会经济活动等因素基础上构建的空间单元。

3.4

格网 grid

由两组或多组曲线集所组成的网络，曲线集中的曲线按某种算法相交。

[来源：GB/T 12409-2009，3.2]

3.5

格网单元 grid cell

构成格网系统中某级格网的基本单位。

[来源：GB/T 12409-2009，3.3]

3.6

行政区划 administrative division

国家为了进行分级管理而实行的区域划分。

[来源：MZ/T 092-2017，3.1]

3.7

行政单元 administrative unit

依据国家行政区划体系划定的空间单元。

4 划分原则

4.1 单元类型

按照城市人口分析单元的构建依据与适用场景，城市人口分析单元包括以下类型：

- 格网单元；
- 行政单元；
- 专题单元。

4.2 一般性原则

根据不同类型城市人口分析单元的特性和应用需求，城市人口分析单元划分应遵循以下原则：

- a) 格网单元的划分原则，应遵守 GB/T 12409-2009 第 4 章中的有关规定。
- b) 行政单元的划分原则，应遵守 MZ/T 092-2017 第 4 章中的有关规定，本文件补充以下原则：
——一致性原则：单元编码应与 GB/T 2260-2007 和 GB/T 10114-2003 保持一致，确保边界衔接清晰、具有唯一标识码；
- c) 专题单元的划分应遵循以下原则：
——适用性原则：单元划分应服务于特定的研究目的或应用场景，满足对空间粒度、语义表达及边界精度的差异化需求，确保划分结果具备实际应用价值。
——灵活可扩展原则：应具备良好的灵活性与扩展性，支持多尺度、多场景的单元重构或聚合，适应复杂或动态变化的分析需求。
——数据驱动原则：划分过程宜以多源数据支撑为基础，如遥感影像、道路网络、建筑物轮廓、基础设施分布、人口分布与活动特征，提升单元边界识别的客观性与精准性。
——空间一致性原则：划分结果应在空间上具备逻辑连续性和几何完整性，避免出现空洞、重叠、断裂等空间逻辑错误。

4.3 场景适用性原则

根据不同的人口分析与应用需求，推荐各类城市人口分析单元的适用场景如下：

a) 对于大范围、快速的地理分析、统计分析以及网格化计算等人口相关的研究与应用场景，宜采用格网单元；

b) 对于政府规划、区域发展、政策分析等能够反映行政区划边界对人口分布和活动影响的人口相关研究与应用场景，宜采用行政单元；

c) 对分析精度要求较高，或有特定需求的场景，如复杂的社会经济活动分析、灾害应急响应、公共卫生管理等人口相关研究与应用场景，宜采用专题单元。

5 划分方法

5.1 格网单元的划分

应遵守 GB/T 12409-2009 第 6 章中的有关规定。

5.2 行政单元的划分

应遵守 MZ/T 092-2017 8.2 中的有关规定。

5.3 专题单元的划分

宜采用以下流程（图 1）划分专题单元：

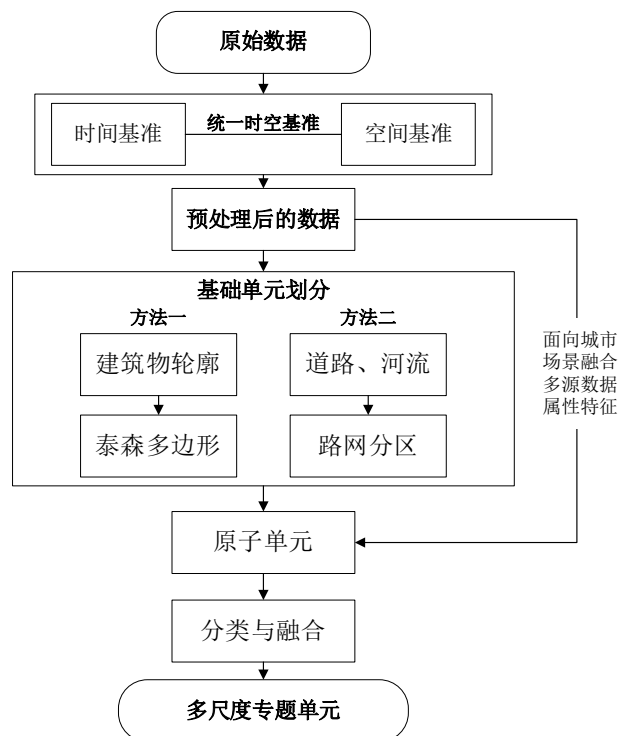


图 1 专题单元划分流程

a) 数据预处理：收集道路、河流、建筑物、人口、设施等基础地理数据，统一时空基准，得到预处理后的数据；

b) 原子单元划分：宜采用泰森多边形法或者路网分区法划分原子单元，具体方法如下：

——前者宜采用建筑物几何边界增密点生成泰森多边形，对由同一建筑物折点或增密点生成的泰森多边形进行融合，并为融合后的多边形附加其对应建筑物的基础属性信息，如面积、周长、

楼层数或高度、建筑功能类型等，融合后的多边形内部应包含 1 个建筑物，擦除大型湖泊、河流等水系要素；

——后者宜采用道路和水系数据，生成由道路中心线和河流中心线共同构成的不规则面，即路网分区，每个路网分区为一个闭合空间单元，内部应包含 0 个、1 个或多个建筑物，可为路网分区附加建筑物的平均基础属性信息；

c) 宜为每个原子单元提取除建筑物本身属性外的其他特征（参考附录 A）；

e) 可基于步骤 b) 所得原子单元及步骤 c) 提取的属性特征对原子单元开展空间聚类分析，并依据聚类结果对相邻单元进行融合，形成面向应用场景的多尺度专题单元。融合操作宜参照以下规定：

——对于属性特征聚类类别相同且空间相邻的原子单元，宜直接进行融合，生成新的单元；

——在需构建更大尺度单元的情况下，可对类别不同的相邻单元进行融合，融合后复合单元中主导类别的面积占比应不低于 50%；

——融合过程中应保持空间连续性，避免生成碎片化或孤立单元；

——融合后的单元宜继承组成单元的属性（可取平均值、众数或者总量），具体方法可结合应用场景需求进行设定。

专题单元划分示例可参照附录 B。

6 形式化表达

6.1 空间基准

6.1.1 坐标系统

坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系。

6.1.2 投影方式

直角坐标系宜采用高斯-克吕格投影，采用 6° 分带或 3° 分带。

6.2 时间基准

应采用中国标准时间（UTC+8）作为统一的时间基准。

6.3 空间尺度基准

本文件中的空间尺度表示单元的大小。规定各类型单元的空间尺度如下：

——格网单元，若采用大地坐标系，尺度宜遵循 GB/T 12409-2009 6.2.2 中的经纬坐标格网分级规定，若采用直角坐标系，尺度宜遵循 GB/T 12409-2009 6.3.2 中的直角坐标格网系统分级规定；

——行政单元，按国家行政区划体系划分，城市内常见尺度包括县级、乡级、街道级；

——专题单元，最小尺度应为原子单元，融合原子单元后所得的专题单元，其平均面积不得超过县级尺度单元的平均面积，当专题单元面积与县级尺度相当时，可视为其最大尺度。

6.4 形式化表达概念模型

6.4.1 城市人口分析单元概念模型

规定城市人口分析单元由时间、空间、语义和城市市场组合而成，其形式化表达为包含城市人口分析单元、时间信息、空间信息、语义信息及城市市场信息的概念模型，对应的 UML 图见图 2。

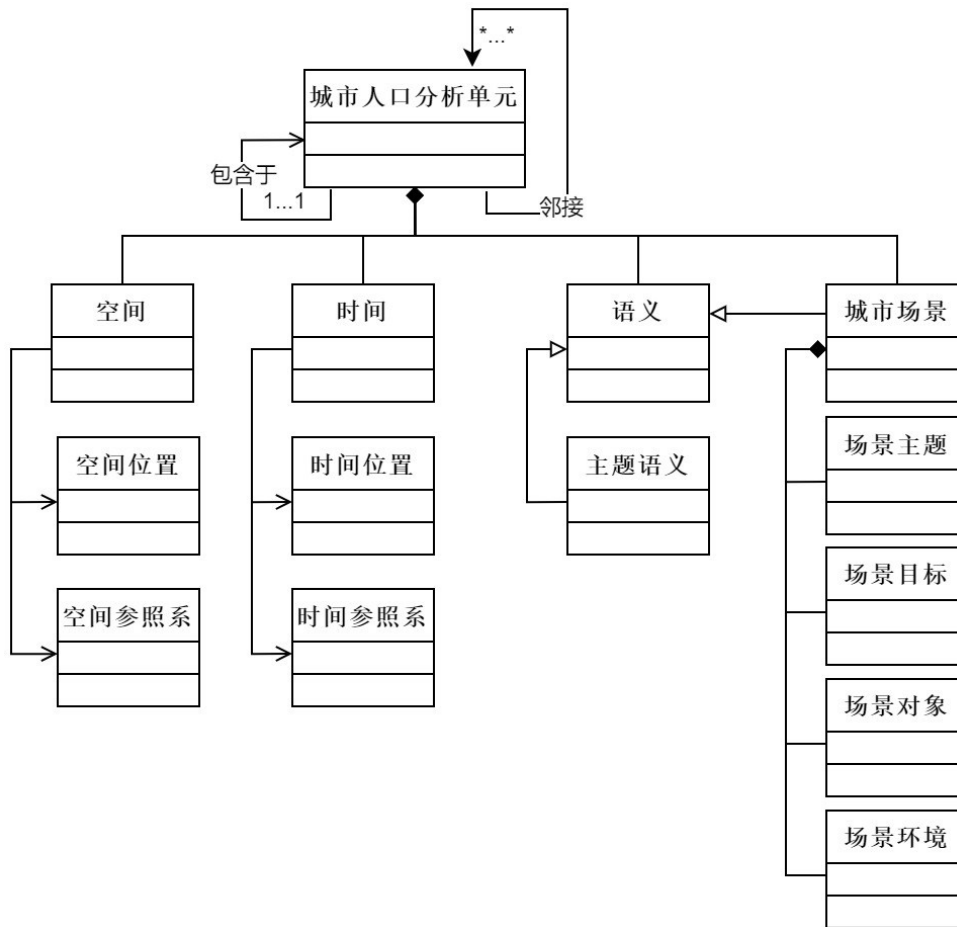


图 2 城市人口分析单元概念模型

各类信息应遵照下列要求：

a) 空间信息：空间位置由地理要素的几何属性表示，包括几何数据类型和几何数据编码，几何数据类型应符合 GB/T 23707 的要求，几何数据编码宜采用 WKT (Well-known text) 格式。空间参照系应按照 GB/T 33187.1 的要求，采用 WKT 形式进行描述。

示例 1：

空间数据类型：某城市区域的边界可以用**多边形**表示；

几何数据编码：该多边形的几何信息应使用 WKT 格式编码，如 POLYGON ((30 10, 40 40, 20 40, 10 20, 30 10));

空间参照系：使用 WKT 格式描述该城市区域的坐标系统，如：“EPSG:4490”表示 CGCS2000 地理坐标系。

b) 时间信息：时间位置表示方式应遵循 GB 3102.1-93 1.7 的规定，采用以下形式：

- 时间点；
- 时间间隔；
- 持续时间。

时间单位应符合 GB 3102.1—93 的规定，且时间表示应至少精确到“年”。

示例 2：

时间点：某个人口数据的统计时间为**2020 年 12 月 31 日**；

时间间隔：人口的流动变化可以用**1年**的时间间隔来表示；

持续时间：城市规划项目的持续时间为**2年**，表示该项目的实施时间跨度。

c) 语义信息

语义信息由主题信息语义和城市场景信息语义两类组成。

主题信息语义用于描述人口统计、土地利用、社会经济等的属性特征。

示例 3：某单元的主要土地利用类型为建筑用地，单元内常住人口数量为 5 万人。主题信息语义为：

{人口数量：5 万人}

{土地利用类型：建筑用地}

城市场景信息语义则细分为场景主题、场景目标、场景对象和场景环境，用于表征人口活动所处的具体城市语境。

d) 城市场景信息作为语义信息的重要组成部分，可对城市人口研究的语境进行系统化描述：

场景主题：用于确定人口分析的宏观应用类别，明确场景所属的研究或应用领域。宜在下列类别中选择或扩展：

—— 城市空间规划与建设；

—— 交通出行；

—— 公共卫生与医疗服务；

—— 应急与灾害管理；

—— 城市公共服务与治理。

示例 4：研究城市通勤人口的通勤时间。场景主题为：

{场景主题：交通出行}

场景目标：用于明确在特定主题下所需分析或解决的具体人口问题。应在场景目标中列出至少一项定量或定性指标，例如：

—— 人口分布格局（静态分析）；

—— 人口数量变化趋势（动态分析）；

—— 人口流动方向或范围；

—— 人口密度或可达性差异。

示例 5：研究城市通勤人口的流动特征。场景目标可以是：

{场景目标：人口流动方向和距离}

场景对象：用于界定场景分析所涉及的研究对象，应明确所包含的三类对象中的至少一类：

—— 人口对象：具有群体性特征的人口集合（如户籍人口、常住人口、就业人口、流动人口）；

—— 事物对象：除人口以外的自然或人文要素（如土地利用、植被、公共设施、经济活动等）；

—— 地理空间对象：上述对象所处的空间范围（如行政区、功能区、栅格网格）。

示例 6：研究武汉市交通设施的布局与人口通勤方式的关系。场景对象为：

{人口对象：就业人口}

{事物对象：交通设施}

{地理空间对象：武汉市}

场景环境：用于描述影响场景对象状态和行为的外部条件，应至少说明以下两类环境要素之一：

—— 自然环境（如气候条件、地形地貌、灾害事件）；

—— 人文环境（如政策制度、节假日、大型活动）。

例 5：研究某个节假日对城市人口流动的影响，场景环境为：

{人文环境：xx 节假日}

6.4.2 城市人口分析单元信息更新

宜通过信息集、更新集和状态集记录城市人口分析单元当前信息和历史信息，三者关系如下图所示 3:

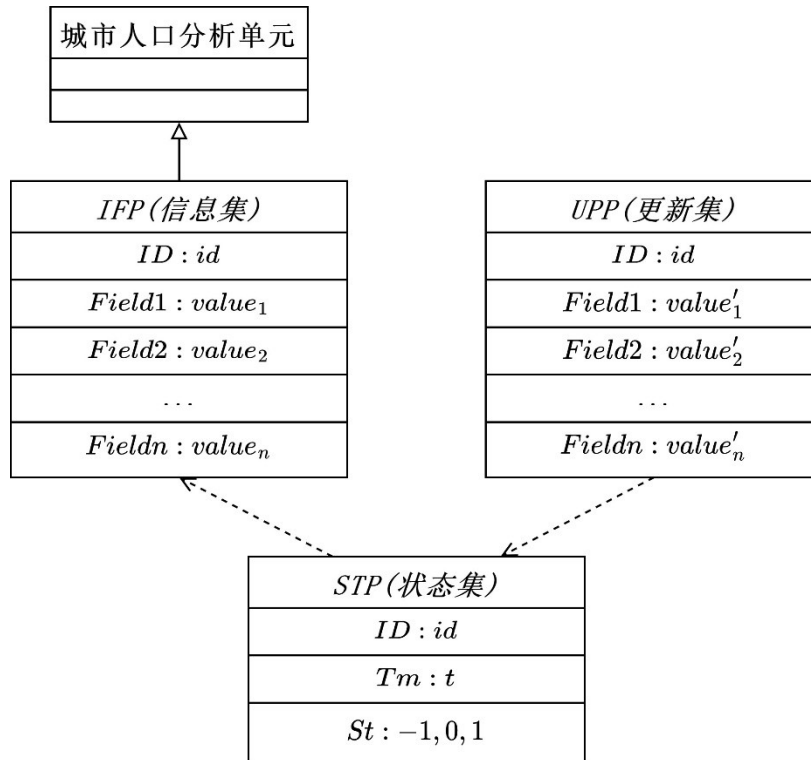


图 3 城市人口分析单元信息更新

a) 信息集 (IFP) 存储当前有效的、经过验证的数据，即城市人口分析单元的主数据。它包含所有字段的数据，如 ID (单元唯一标识符) 和对应的各个字段值 (例如: Field1 的 value1、Field2 的 value2 等)。

b) 更新集 (UPP) 记录了信息集中的数据项的所有变动。每当信息集中的数据发生变化时，变动的数据项的历史值会被记录在更新集中，确保数据更新的追溯性。更新集和信息集具有相似的结构，包含 ID、Field1、Field2 等字段及它们的历史值。

c) 状态集 (STP) 用于记录每个数据项的状态，指示它们是否已经发生了变化。状态集的字段包括:

ID: 单元的唯一标识符;

Tm (时间戳): 表示数据项的更新时间;

St (状态标识): 用来指示数据项的当前状态，宜用以下代码表示:

-1: 表示数据项的删除;

0: 表示数据项的创建;

1: 表示数据项的更新。

7 证实方法

7.1 证实目标

证实方法宜围绕以下关键目标展开：

- a) 划分逻辑一致性验证：验证格网单元、行政单元和专题单元的划分逻辑是否符合本标准第4章所提出的划分原则；
- b) 流程实施可操作性验证：验证第5章划分方法中所述操作流程在不同区域、不同数据基础上是否具备可操作性与稳定性；
- c) 单元表达规范符合性验证：检验所生成的单元数据是否符合第6章形式化表达中规定的数据结构、编码规则与参照系标准。

7.2 数据准备与试验区选择

测试区域面积应不小于 10 km²，宜选取具备多源基础数据支持的区域。

所需基础数据宜包括但不限于以下项：

- 建筑物轮廓与属性数据；
- 道路、水系等空间线要素；
- 最新人口统计数据与人口活动动态数据（如移动信令、社交位置信息等）；
- POI 数据；
- 高分辨率遥感影像；
- 行政边界数据。

7.3 证实内容

7.3.1 划分逻辑一致性验证

按照本文件第5章专题单元划分流程，检查原子单元是否为封闭面状要素。

7.3.2 操作流程可实施性验证

- a) 属性提取验证
 - 随机抽取若干原子单元，验证其空间属性与遥感、道路、POI 等数据的空间匹配关系；
 - 核查认知属性的字段完整性、命名一致性与数据类型规范性。
- b) 聚类与融合单元验证
 - 检查融合结果是否满足“空间连续性”和“主导属性占比不低于 50%”的要求；
 - 使用地图叠加与人工审核方式对边界是否存在碎片、断裂、重叠进行检查。

7.3.3 表达规范符合性验证

- 将试验区划分后的单元转换为 6.4 节中 UML 类图所描述的数据模型结构；
- 检查各类字段是否符合第6章中关于空间参照系、时间表达、尺度等要求；
- 使用格式校验工具或空间数据库规则检查工具验证边界数据的拓扑合法性和属性一致性。

7.3.4 证实结果形式

试验与验证结果宜形成完整的报告，包括以下部分：

- 试验区域及数据说明；
- 单元划分的操作记录与示例图件；
- 场景分析验证示例；
- 主要问题与修改建议。

附录 A

(资料性)

原子单元其他属性

每个原子单元除建筑物本身属性外的其他属性包括原子单元通用属性和面向城市应用场景的场景属性。

a) 原子单元通用属性是指不依赖特定分析场景、广泛适用于多种人口空间分析任务的基础属性特征，可包括以下信息：

- 遥感影像纹理或光谱特征；
- 建筑物几何中心点至最近道路的欧氏距离；
- 单元内 POI 数量及类型分布；
- 单元所在位置的绿地覆盖率等环境特征。

b) 原子单元场景属性是指根据具体城市场景与分析目标，面向任务需求构建的功能性指标与表达特征，其内容与形式随城市场景而异，示例如下：

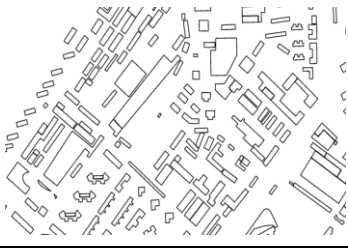
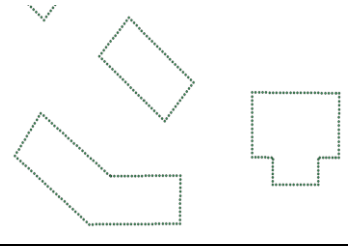

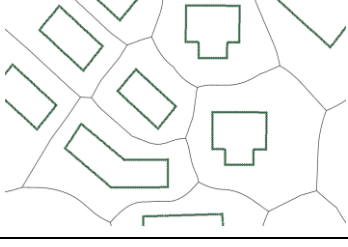
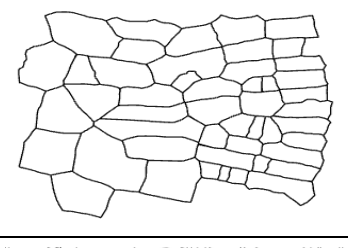

- 1) 城市复杂社会经济活动相关的人口分析宜参考但不限于以下指标：
 - 单元内 POI 的功能多样性指数（如香农熵表示的业态多样性）；
 - 单元日间与夜间人口变化指数（可由流动数据估算）；
 - 单元所属街区的土地功能混合度、商业活跃度等。
- 2) 城市灾害应急响应相关的人口分析宜参考但不限于以下指标：
 - 建筑密度与高度集中度指数；
 - 到达最近避难场所或开放空间的最短路径长度；
 - 单元平均高程；
 - 单元至消防站、急救中心的最短响应时间；
 - 高龄人口占比、儿童人口占比、残疾人口占比；
 - 机动车拥有率或可调配应急车辆密度；
 - 单元至主干路距离，主干路应参照 CJJ37-2012 3.2.1 相关规定。
- 3) 城市公共卫生管理相关的人口分析宜参考但不限于以下指标：
 - 原子单元几何中心至最近公立医院的距离；
 - 单元 15 分钟车程可达范围内的二级及以上公立医疗机构数量；
 - 单元内医疗 POI 的密度或类型分布。
- 4) 城市交通运行分析宜参考但不限于以下指标：
 - 单元内高峰期人口流入/流出强度；
 - 单元内通勤人口通勤距离和通勤耗时中位数；
 - 单元内及周边公共交通站点数量与可达性。
- 5) 城市基础设施服务评估宜参考但不限于以下指标：
 - 单元内各类基本公共设施的供需比，基本公共设施宜参照 GB/T 45581-2025 第 7 章所规定的设施服务；
 - 单元至各类基本公共设施的可达性。

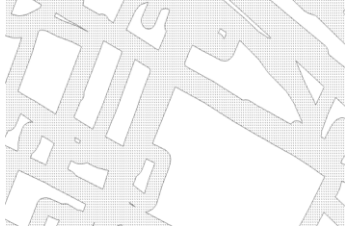
附录 B

(资料性)

专题单元划分主要流程示例

表 B.1 专题单元划分主要流程示例

流程	方法	操作	结果
S1: 原子单元划分	方法 1: 泰森多边形法	S1.1.1: 获取建筑物轮廓	
		S1.1.2: 计算并导出建筑物轮廓增密点	
		S1.1.3: 利用增密点生成泰森多边形	
		S1.1.4: 对属于由同一建筑物增密点生成的泰森多边形进行融合	
		S1.1.5: 擦除大型水体、绿地区域得到最终的原子单元	
	方法 2: 路网分区法	S1.2.1: 获取道路数据	

流程	方法	操作	结果
		S1.2.2: 用道路生成缓冲区	
		S1.2.3: 提取道路缓冲区的中心线	
		S1.2.4: 利用要素转面工具或者算法将道路中心线转为面，并擦除大型水体、绿地区域得到最终的原子单元	
		S2.1: 面向城市应用场景，提取场景特征	以城市基础设施服务评估应用场景为例，可提取原子单元中心距离各类基础设施的距离特征，原子单元内建筑物常住人口数量特征等
S2: 面向城市应用场景的多尺度人口分析单元构建	基于单元聚类与的单元融合法	S2.2: 基于场景特征对单元进行聚类（图中数字表示聚类类别）	
		S2.3: 对于属于同一类别且相邻的原子单元进行融合，得到大尺度的城市人口分析单元	
		S2.4: 若欲获取更大尺度的单元，可以对相邻但不同类的单元进行融合：设定融合单元之间的相似度阈值 Ta 和主面积阈值 Tb (Td ≥ 50%)，在上一步中，若 3 和 1 的相似度高于一设定的阈值 Ta（同时 2 和 1 的相似度低于 3 和 1 的相似度），且 3 和 1 融合后，3 的面积占融合后总面积的比例大于阈值 Tb，则可将 3	

流程	方法	操作	结果
		和 1 融合为一个单元。同理，2 和 6 也可以进一步融合	
		S2.5: 属性继承	大尺度单元的属性计算，如人口数可取原子单元总数，单元至各类设施的距离可以通过原子单元的平均值表示，最终得到含属性信息的城市人口分析单元

注：表 B.1 除 S2.2 中的聚类外其余相关操作均可通过 GIS（Geographic Information System）工具（如 ArcGIS Pro）直接实现。

参考文献

- [1]GB/T 34300-2017 城乡社区网格化服务管理规范
- [2]GB/T 35647-2017 地理信息 概念模式语言
- [3]GB/T 37043-2018 智慧城市 术语
- [4]GB/T 37118-2018 地理实体空间数据规范
- [5]GB/T 45581-2025 完整社区设施服务指南
- [6]GB/T 7408.1-2023 日期和时间 信息交换表示法 第1部分：基本原则
- [7]GB/T 19710.1-2023 地理信息 元数据 第1部分：基础
- [8]GB/T 28174.1-2011 统一建模语言(UML) 第1部分：基础结构
- [9]GB/T 30428.1-2013 数字化城市管理信息系统 第1部分：单元网格
- [10]GB/Z 40524—2021 主题信息空间化集成模型
- [11]TD/T 1065-2021 国土空间规划城市设计指南
- [12]DB11/T 2157-2023 网格化城市管理系统 单元网格划分
- [13]DB42/T 1324.3-2017 社会公共服务网格化 第3部分：人口全程化服务

ICS 07.040

CCS A 75

关键词：人口分析单元、单元划分、城市场景、形式化表达
