

ICS 01.040.01
P50/54

TB

团体标准

T/CI 022—2021

城市群空间范围识别与评价技术规程

Technical specification for spatial scope identification
and evaluation of urban agglomerations

2021-08-19 发布

2021-08-19 实施

中国 国际 科技 促进 会 发布

前 言

为合理界定城市群空间范围，科学评价城市群发育水平，发挥城市群作为国家新型城镇化主体和承载生产要素主要空间形式的重要作用，优化城市群空间组织格局，制定本规程。

针对城市群概念界定混乱、城市群空间范围识别标准不统一和城市群发育程度评价方法及分级标准不一致等现象，应从科学技术角度制定统一的城市群空间范围识别标准和评价技术规程。本规程通过定性与定量相结合方法进行城市群空间范围识别和城市群发育程度评价，可为城市群空间范围界定和编制实施城市群规划提供科学依据。本规程是城市群规划建设和运行管理的指导性文件。

本规程按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。

本规程适用于城市群空间范围识别和城市群发育程度的评价。

本规程为首次发布，今后将根据城市群空间范围识别的要求及技术发展情况适时修订。

本规程由中国科学院地理科学与资源研究所负责管理，并对具体技术内容进行解释。为了提高规程质量，请各单位在使用过程中，总结经验和积累资料，及时将发现的问题和意见反馈给中国科学院地理科学与资源研究所，以供今后修订时参考。联系方式：北京市朝阳区大屯路甲 11 号，邮编：100101，E-mail: fangcl@igsrr.ac.cn。

本规程组织起草单位：中国科学院地理科学与资源研究所。

本规程参与起草单位：中国城市规划设计研究院，中国城市建设研究院，新疆大学，北京师范大学，中山大学，浙江大学，西南大学。

本规程主要起草人：方创琳，鲍超，王振波，马海涛，李铭，祁伟锋，刘海燕，王少剑，方恺，罗奎，任宇飞，刘晶，高倩，陈丹，牟旭方，郭晓敏

目 录

1 适用范围.....	1
2 术语和定义.....	1
3 城市群空间范围的识别标准.....	3
3.1 定性识别标准.....	3
3.2 定量识别标准.....	4
4 城市群空间范围的识别程序.....	4
4.1 识别都市圈空间范围作为城市群的核心辐射极.....	4
4.2 框定城市群空间范围边界.....	4
4.3 判断城市群内各城市与中心城市的交通通达性.....	5
4.4 判断城市群常住人口的总规模.....	5
4.5 判断城市群人口的聚集性和空间范围的连片性.....	5
4.6 识别城市群产业的聚集性和经济的外向度.....	5
4.7 判断城市群的创新性及发育程度.....	5
5 城市群发育程度评价技术与分级标准.....	5
5.1 城市群发育程度评价指标体系.....	5
5.2 城市群发育程度评价指数模型.....	6
5.3 城市群发育程度评价分级标准.....	7
6 城市群紧凑程度评价技术与分级标准.....	7
6.1 城市群紧凑度评价类型.....	7
6.2 城市群紧凑度评价方法.....	8
6.3 城市群紧凑度评价分级标准.....	10
7 城市群空间结构稳定度评价技术与分级标准.....	10
7.1 城市群空间结构稳定度评价模型.....	10
7.2 城市群空间结构稳定度评价分级标准.....	12
8 附 则.....	12
附录 1 城市群空间范围的拓展过程.....	13
附录 2 中国城市群发育程度综合评价案例分析.....	15

城市群空间范围识别与评价技术规程

1 适用范围

本规程规定了界定城市群的术语和定义，界定了城市群空间范围的拓展过程，从定性与定量角度给出了城市群空间范围的识别标准，给出了城市群发育程度、紧凑程度、稳定程度的评价方法和分级标准。

本规程适用于城市群空间范围识别和城市群发育程度的评价。

2 术语和定义

2.1 城市群 (Urban Agglomeration): 指在特定地域范围内，以 1 个超大、特大或辐射带动功能强的大城市为核心，由至少 3 个以上都市圈 (区) 或大城市为基本构成单元，依托发达的交通通信等基础设施网络，所形成的空间组织紧凑、经济联系紧密、并最终实现高度一体化的城市组合体。

2.2 都市圈 (Metropolis circle): 是以超大、特大城市或辐射带动功能强的大城市为中心、以 1 小时通勤圈为基本范围的城镇化空间形态。是都市区发展到高级阶段的产物，是城市群的核心区和高度同城化地区。

2.3 规划共同体——规划同编 (Planning community—Planning co-editing): 包括城市群规划编制的共同体和规划实施的共同体。在编制城市群规划中必须照顾到各城市的利益，各城市在城市群平台上是优势互补、利益共享、问题共解、责任共担的共同体。

2.4 经济共同体——产业同链 (Economic community—Identical industry chain): 打破各城市行政区划的限制，坚持“统一分工，统一链条，统一布局，统一建设，统一占领市场”的原则，突出特色，深化分工，延伸产业链条，在城市群内形成有链有群的产业体系，把城市群建成为各城市风险共担、利益共沾的经济共同体。

2.5 城乡共同体——城乡统筹 (Urban-rural community—Urban-rural integration): 城市与乡村是一对相互依存、相互作用的有机体，城市群是以若干个城市为中心，以广大乡村地区为基质的城乡一体化区域，城市群形成发育过程就是化解“城市病”和“乡村病”，推动城乡深度融合的城乡一体化过程。

2.6 交通共同体——交通同网 (Traffic community—Identical traffic network): 即在城市群内部建设客运快速化、货运物流化的综合交通运输体系，实现城市之间交通同环、收费同价、道路同网、标准同等，形成由城区快速轨道交通系统、城际高速铁路系统和环状或放射状高速公路网系统组成的综合交通运输系统，为实现半小时经济圈、1 小时经济圈和 2 小时经济圈提供重要支撑。

2.7 信息共同体——信息同享 (Information community—Information sharing): 建设面向经济区和城市群的大容量高速传输网，实现通讯同局同城同价，把城市群内部的本地电

话网统一为大区域网，实现同城计算机网络互联互通互享，建成覆盖面广、功能强大、用户种类多样的信息化体系；实现移动通讯系统在城市群内部同城计费。

2.8 金融共同体---金融同城 (Financial Community—Financial integration): 在城市群内部建设以中央银行网络处理中心和安全认证中心、其他商业银行为网络处理中心的安全、高效、统一的金融网络系统，实现中央银行与各商业银行和其他金融机构的网络互连，建立统一的通信出入口和网络防火墙体系。实施金融卡工程，全面实现城市群“金融同城”，通存通兑。形成一体化的电子纳税系统，银行信贷系统，票据同城交换系统等。

2.9 市场共同体---市场同体 (Market community—Market homology): 是在城市群内统一市场建设，形成统一开放、功能齐全、竞争有序、繁荣活跃的区域性市场体系，统一市场准入和市场退出机制，实现城市间的相互开放，最终推行区域市场建设的一体化。

2.10 创新共同体---科技同兴 (Innovation Community—Science and technology co-prosperity): 是整合城市群内部科技创新资源，构建面向城市群创新体系，建设创新型城市和创新型区域，建立不同等级的创新网络和创新高地，推动城市群形成研发共同体、教育共同体、科技服务共同体、自主创新共同体和科技成果转化共同体。

2.11 环保共同体---污染共治 (Environmental protection community—Joint pollution control): 是指在城市群内部建立起环境污染综合治理联盟和环境保护战略联盟，做好跨流域污水综合治理、跨区域大气污染综合防治和区域性固体废弃物综合防治，合理布局区域性污水处理设施、垃圾填埋设施等，实现对城市群大气环境和水环境的同防同治。

2.12 生态共同体---生态同建 (Ecological community—Ecological co-construction): 是指推进城市区域性生态建设的一体化和景观生态结构的同构同建，实现共享一片蓝天，共饮一河清水，共建生态环境的共建共享目标。

2.13 城市群产业发展与布局一体化 (Integration of industrial development and layout in urban agglomerations): 是指在城市群内各城市之间打破行政界限跨区延伸产业链，构建统一的现代产业体系，包括城市群现代农业产业体系、现代工业产业体系和现代服务业产业体系，形成优势互补、分工合理、特色鲜明、运行高效、区域协调、利益共沾的一体化产业发展与布局格局。

2.14 城市群基础设施建设一体化 (Integration of infrastructure construction in urban agglomerations): 是指在城市群区域内开展交通、通信、水利、生态环境保护等重大基础设施建设等的合作与协调，统筹规划，合理布局，同步建设，综合利用，实现跨行政区域基础设施的互联互通、共建共享，最大限度提高基础设施的利用率和规模经济效益。

2.15 城市群区域市场建设一体化 (Integration of regional market construction in urban agglomerations): 指在城市群内坚持“资源共享、市场共通、利益共享”的原则，消除条块分割的市场壁垒，构建多层级的区域市场网络，形成内外商品和生产要素无障碍自由流动的一体化市场机制，重点突出城市群商品市场一体化、金融市场一体化、人才和劳动力市场一体化、技术市场一体化建设。

2.16 城市群城乡统筹与城乡建设一体化 (Integration of urban-rural coordination and urban-rural construction in urban agglomerations): 是指建立一种新的发展平台与协调机制，淡化行政区划意识，强化城乡间经济技术联系，形成经济与市场高度一体化的发展态势，促进生产要素在城乡之间合理流动，搭建科学合理的城乡一体化建设框架，提出城乡一体化

发展的空间结构、圈层结构、等级规模结构和职能结构。

2.17 城市群环境保护与生态建设一体化 (Integration of environmental protection and ecological construction in urban agglomerations): 是指在城市群内部各城市之间针对共同面临的区域性环境污染综合治理和生态建设等问题,开展污染联防联控联治,生态建设共建共享,实现共享一片蓝天,共赢一江净水的保护与治理目标。

2.18 城市群社会发展与基本公共服务一体化 (Integration of social development and basic public service in urban agglomerations): 是指在城市群内部建立高度一体化的基础教育体系和科技创新体系,建设城市群突发公共事件应急系统,推进城市群内社会发展和基本公共服务均等化,构建城乡统一的基本公共服务体系、社会保障体系、劳动就业保障体系、医疗卫生保障体系、社会救助保障体系、居民健康保障体系和公共安全保障体系。

3 城市群空间范围的识别标准

3.1 定性识别标准

城市群是不断拓展的,精准识别其空间范围相当复杂,无论采用何种识别标准和方法得出的城市群空间范围都是相对的,严格意义上讲,由于城市群的空间辐射范围一直处在动态变化之中,所以不可能划出绝对明确的界限。尽管如此,识别城市群空间范围十分必要。从对 100 多年来城市群空间范围识别的各类标准和城市群空间范围四次扩展历程的认知中,提出五大定性识别标准:

3.1.1 要有相当数量的城市和人口规模

城市群是以一个或几个城市化水平较高的超大、特大或大城市为中心,吸引一定人口和产业,形成一定人口规模、人口密度和城市数量的连续性城市化区域。一定的人口规模是城市群的重要标志之一,人口规模不低于 2000 万人是界定城市群的下限。

3.1.2 要有密切的经济技术联系和社会往来

城市群不仅仅是传统理论上的空间连续性,而且是建构在中心城市以及由此形成的节点间的轴(人流、物流、资金流、信息流)相互联系基础之上的城市集合体。只有城市之间各种“流”的量上和速率频繁,经济社会联系紧密,在功能上形成一定网络,以若干大城市为核心并与周围地区保持强烈交互作用和密切社会经济联系的城市化区域才能被看作城市群。

3.1.3 要有功能完善的节点网络和基础设施支撑

城市群除了一个或多个规模较大、经济发达和辐射带动能力较强的超大、特大和大城市外,在这些城市周边分布着大小不等、规模等级不一的大城市和中小城市,以及众多的小镇,作为城市群网络结构形成的不同节点,不同等级节点之间通过不同等级的交通网络互联互通。

3.1.4 要有形成发育的强大动力驱使快速实现集聚

城市群形成发育的本质在于城市之间生产、消费和交易活动的集中,这种集中一方面提供了相互需求的市场,有利于专业化生产;另一方面也方便人们的消费和产品交易,有利于信息的传递和知识经验的交流,因而劳动分工和专业化经济、交易效率和多样化消费偏好成为推动城市群形成的主要动力。农村收入机会的减少、产品市场潜力的增加、劳动力素质的提高、城市间运输成本的降低会显著地促进城市增长并推进形成城市群。

3.1.5 要有相似的自然环境和历史文化环境

地域文化认同感的力量是推动城市群形成发育和提升竞争力的重要驱动力。相邻城市之

间除具有相近的地理区位外，具有相似的自然环境、相似的文化底蕴、历史渊源、生活习俗等，是城市群凝聚力增强、竞争力加强的持久推动力。各城市群独特的文化底蕴成为城市群可持续发展的直接推动力，也是城市群形成特色产业、特色优势和特色地位的重要基础。

3.2 定量识别标准

综合分析近 120 年来国际国内有关专家提出的都市区、都市圈、城市群、都市连绵区等的判标准，充分考虑中国所处的城镇化发展阶段和城市群形成发育的政府主导特殊性，提出城市群空间范围识别的如下 10 大定量标准：

(1) 城市群内都市圈或大城市数量>3 个，其中作为核心城市的超大城市（市区常住人口大于 1000 万人）或特大城市（市区常住人口介于 500-1000 万人）至少有 1 个，其中西部和东北地区城市群中辐射带动能力强的大城市（市区常住人口介于 200-500 万人）至少有 1 个。

(2) 城市群内人口总规模>2000 万人，其中西部和东北地区处在培育期的城市群人口总规模>1500 万人。

(3) 城市群内城镇化水平>75%。

(4) 城市群人均 GDP 超过 10000 美元，工业化程度较高，一般处于工业化中后期。

(5) 城市群内按当年价计算的经济密度>1500 万元/ km²，其中西部和东北地区城市群按当年价计算的经济密度>1000 万元/ km²。

(6) 城市群内形成由城际轨道、高速公路等构成的高度发达的综合运输通道和半小时、1 小时和 2 小时经济圈。

(7) 城市群非农产业产值比率>95%，其中西部和东北地区城市群非农产业产值比率>85%。

(8) 单核心城市群的核心城市首位度>40%，双核心城市群首位度>50%，三核心城市群首位度>60%，具有跨省际的辐射带动功能。

(9) 城市群的经济外向度>30%，其中西部和东北地区城市群经济外向度>20%，承担着世界经济重心转移承载地的功能。

(10) 城市群内各城市的地域文化认同感>70%，具有相似的自然人文地理环境和地域文化环境。

4 城市群空间范围的识别程序

考虑到城市群是以高度同城化的都市圈为核心向外拓展并实现高度一体化的空间组织形态，可以划定的都市圈空间范围为核心，通过以下七步识别城市群空间范围：

4.1 识别都市圈空间范围作为城市群的核心辐射极

根据市区常住人口规模，将东中部地区大于 500 万人、西部和东北地区大于 200 万人的城市作为都市圈中心城市。省会城市原则上均列为都市圈中心城市。根据东、中、西部地区都市圈发育程度的差异，将城区周边 80-120 公里范围内的县级行政单元，划入都市圈；结合现状公路或轨道交通的可达性，将从中心城市城区边缘 1-1.5 小时的交通可达范围纳入都市圈范围。

4.2 框定城市群空间范围边界

以国务院或省级人民政府批准实施的城市群规划范围为最外边界，以位于城市群范围内的都市圈范围为最内边界，采用边界逼近法在内外边界范围内以县级行政区域为单元，识别城市群扩展的现状边界并校核。

4.3 判断城市群内各城市与中心城市的交通通达性

以县级行政区域为单元,在外边界范围内,以都市圈中心城市政府驻地周边区域为起点,将凡是通过城际轨道交通、高速铁路设站通过、或高速公路 1.5 小时到达等交通方式实现与中心城市高效联接和高度一体化的县级行政单元,纳入城市群的空间范围。

4.4 判断城市群常住人口的总规模

借鉴国际上将总人口规模作为城市群识别的首要标准的做法,在第二步识别的现状边界范围内将东、中部地区常住人口达到 2000 万人、西部与东北地区常住人口达到 1500 万人的区域纳入城市群空间范围。

4.5 判断城市群人口的聚集性和空间范围的连片性

以县级行政区域为单元,将东、中部地区在内外边界范围内人口密度达到 200 人/km²,西部与东北地区在内外边界范围内的县级行政单元人口密度达到 100 人/km² 的县域,纳入城市群空间范围,并适当兼顾县级行政区划的完整性和城市群空间范围的连片性。

4.6 识别城市群产业的聚集性和经济的外向度

以县级行政区域为单元,将东、中部地区现状边界范围内按现价计算的经济密度大于 1500 万元/km²、非农产业产值比重超过 95%、经济外向度大于 30%,西部与东北地区经济密度大于 1000 万元/km²、非农产业产值比重超过 85%、经济外向度大于 20%的城市群,纳入城市群空间范围。这些城市群具有跨省际的辐射带动功能和世界经济重心转移承载地的功能,发挥着国家增长中心和国际增长中心的作用。

4.7 判断城市群的创新性及发育程度

结合国际经验和专家经验判断,将综合发育程度大于 2、中心城市综合创新能力大于 0.3 的识别为城市群。其中:将综合发育程度介于 5-10、中心城市综合创新能力大于 0.5 的识别为成熟型城市群,综合发育程度介于 2-5 之间、中心城市综合创新能力介于 0.3-0.5 的识别为成长型城市群,将综合发育程度小于 2、中心城市综合创新能力小于 0.3 的识别为发育型城市群。

5 城市群发育程度评价技术与分级标准

5.1 城市群发育程度评价指标体系

选用 14 个指标作为城市群发育程度的评价指标。各指标的计算公式为:

(1) 城市群经济发展总体水平指数 CFD_1 : 为该城市群当年人均 GDP 占有所有城市群人均 GDP 比重与该城市群经济密度占有所有城市群经济密度比重之积的平方根。

(2) 城市群交通运输条件指数 CFD_2 : 为该城市群当年货运量占有所有城市群货运量比重、客运量比重和人均客运量比重、人均货运量比重之积的四次方根。

(3) 城市群邮电通讯指数 CFD_3 : 为该城市群当年每 10 万人邮电局所拥有量占有所有城市群的比重、万人电话机拥有量所占的比重、邮政业务总量所占的比重,电信业务总量所占的比重之积的四次方根。

(4) 城市群基尼系数 CFD_4 : $CFD_4 = 1.067 - 20.22(1/A) - 0.089 \ln A$, A 为当年人均 GDP。

(5) 城市群内部城镇密度指数 CFD_5 : 为城市群内部城镇数与城市群总面积的比值。

(6) 城市群中首位城市发育指数 CFD_6 : 该城市群当年建成区 GDP 占该城市群 GDP

的比重、与该城市群建成区人口占该城市群人口的比重之积的平方根。

(7) 城市群内行业区位熵指数 CFD_7 : $CFD_7 = \sum_{i=1}^9 x_i R_i$ ($i=1, 2, \dots, 9$, x_i 为行业重要性指数), R_1 为交通仓储邮电业职工数, R_2 为批发零售业人数, R_3 为金融保险职工数, R_4 为房地产业人口数, R_5 为社会服务业人口数, R_6 为教育、文化、广播和影视业职工数, R_7 为科研综合技术服务人口数, R_8 为制造业从业人员数, R_9 为机关和社会团体从业人员数。

(8) 城市群内部建成区面积指数 CFD_8 : 为建成区面积占城市群总面积的比例。

(9) 城市群内部规模以上企业结构成长指数 CFD_9 : $CFD_9 = \sqrt{\sum_{i=1}^2 \alpha_i C_{pi}}$, 其中 α 为不同性质企业对地区经济发展作用系数, C_p 为企业的总产量。

(10) 城市群内部商品流通指数 CFD_{10} : 为该城市群当年人均批发零售贸易业商品销售总额占所有城市群的比重、社会消费品零售总额所占比重之积的平方根。

(11) 城市群的产业熵指数 CFD_{11} : 为当年第一、二、三产业的区位熵之积的立方根。

(12) 城市群的经济外向度指数 CFD_{12} : 用进出口商品总值占 GDP 的比重表示。

(13) 城市群的城市化水平指数 CFD_{13} : 用城市化水平表示。

(14) 城市群的工业化成长指数 CFD_{14} : 用工业化水平表示。

5.2 城市群发育程度评价指数模型

用城市群经济发展总体水平指数、城市群交通运输条件指数、城市群邮电通讯指数、城市群基尼系数、城市群内部城镇密度指数、城市群中首位城市发育指数、城市群内行业区位熵指数、城市群内部建成区面积指数、城市群内部规模以上企业结构成长指数、城市群内部商品流通量指数、城市群的产业熵指数、城市群的经济外向度指数、城市群的城市化水平指数、城市群的工业化成长指数共 14 个测度指标作为衡量城市群发育程度的评价指标, 采用熵技术支持下的专家群民主决策模型对每个评价指标进行赋值, 计算城市群发育程度指数 φ_i , 计算公式为:

$$\varphi_i = \sum_{i=1 \neq 4}^{14} \omega_i CFD_i - \omega_4 CFD_4$$

式中, ω_i 代表城市群第 i 测度指标的影响系数, 采用熵技术支持下的专家群民主决策模型计算 (见表 2), CFD_i 代表城市群第 i 测度指标指数值, CFD_4 代表城市群基尼指数, 由于基尼系数是关于居民收入分配的指数, 其值越大代表收入差异越大, 所以在计算城市群发育程度时按负项指标计算。

表 2 中国城市群形成发育中各指标的影响系数 ω_i

指标代码	CFD_1	CFD_2	CFD_3	CFD_4	CFD_5	CFD_6	CFD_7
ω_i	2.0259	0.6650	0.2660	0.1330	0.5320	1.5961	0.7980
指标代码	CFD_8	CFD_9	CFD_{10}	CFD_{11}	CFD_{12}	CFD_{13}	CFD_{14}

ω_i	0.3990	1.0640	1.4631	1.1476	0.9310	1.3301	1.7291
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

5.3 城市群发育程度评价分级标准

根据城市群发育程度评价模型计算结果，按发育程度将城市群分为五个等级（表 3）。

表 3 城市群发育程度的分级标准

等级	发育阶段	城市群发育类型	发育程度分级 φ_i
一级	鼎盛阶段	鼎盛型城市群	$\varphi_i > 10$
二级	成熟阶段	成熟型城市群	$5 < \varphi_i < 10$
三级	成长阶段	成长型城市群	$3 < \varphi_i < 5$
四级	发育阶段	发育型城市群	$2 < \varphi_i < 3$
五级	萌芽阶段	萌芽型城市群	$\varphi_i < 2$

（1）鼎盛型城市群。为一级城市群，城市群发育程度指数超过 10，可建成世界级超大城市群，成为国际增长中心。

（2）成熟型城市群。为二级城市群，城市群发育程度指数介于 5-10 之间，今天是国家增长中心，未来建成世界级超大城市群，成为国际增长中心。

（3）成长型城市群。为三级城市群，城市群发育程度指数介于 3-5 之间，可建成区域级城市群，成为国家增长中心。

（4）发育型城市群。为四级城市群，城市群发育程度指数介于 2-3 之间，可建成区域级城市群，成为区域增长中心。

（5）萌芽型城市群。为五级城市群，城市群发育程度指数小于 2，是未来引导培育的城市群，可建成地区增长中心。

6 城市群紧凑程度评价技术与分级标准

6.1 城市群紧凑度评价类型

城市群紧凑度是指在城市群形成与发育过程中，所体现出的城市（城镇）、产业、资源、资金、交通、技术、人才等物质实体按照一定的经济技术联系在空间上的集中程度，包括城市群产业紧凑度、城市群空间紧凑度和城市群交通紧凑度等类型。评价的技术思路如图 2。

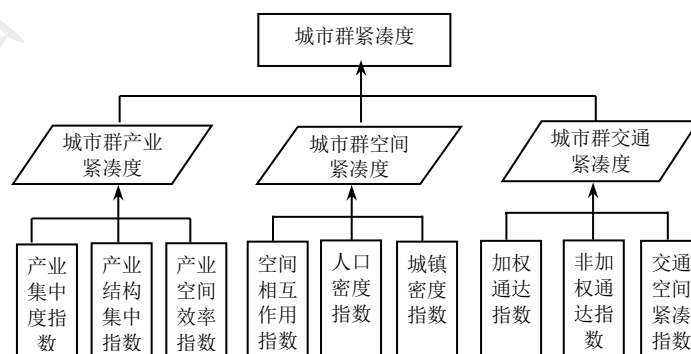


图 2 城市群紧凑度综合评价思路示意图

(1) 城市群产业紧凑度是指城市群内部各城市之间按照产业技术经济联系，在产业合理分工与产业链延伸过程中所体现出的产业集聚程度。

(2) 城市群空间紧凑度是指城市群内部各种生产要素在空间上的集聚程度，是衡量土地集约利用和空间产出效益的核心指标，城市群空间紧凑度的大小也决定了城市群形成和发育程度。

(3) 城市群交通紧凑度是从通达性角度衡量城市群内节点城市交通联系便利程度的指数，通过节点城市数量、交通距离、区域范围大小体现城市群内节点间的交通联系，进而反映城市群的紧凑程度。

6.2 城市群紧凑度评价方法

(1) 城市群紧凑度的综合评价模型。构建基于产业、空间和交通 3 个因素的城市群紧凑度的综合评价方法。设 I_c 表示城市群产业紧凑度指数， I_s 为城市群空间紧凑度指数， I_t 为城市群交通紧凑度指数， α 、 β 、 γ 分别为代表产业紧凑度、空间紧凑度和交通紧凑度的加权影响系数，则城市群综合紧凑度指数 U_c 为：

$$U_c = \alpha I_c + \beta I_s + \gamma I_t$$

(2) 城市群产业紧凑度评价模型。令 I_{cc} 为产业集中度指数， I_{cj} 为产业结构集中度指数， I_{cs} 为产业结构空间效率指数，则城市群产业紧凑度指数 I_c 的计算公式为：

$$I_c = \alpha_c I_{cc} + \beta_c I_{cj} + \gamma_c I_{cs}$$

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \frac{\sum x_i}{n}}, \quad x_i = \frac{M_i^2}{GDP_i}$$

$$I_{cj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \frac{\sum x_i}{n}}, \quad x_i = \frac{\delta F_i + \varphi S_i + \omega T_i}{GDP_i}$$

$$I_{cs} = \frac{\sum_{k=1}^2 (\beta_i x_{ik} \cdot \gamma_j x_{jk})}{\sqrt{(\sum_{k=1}^2 x_{ik}^2 \sum_{k=1}^2 x_{jk}^2)}} \quad i \neq j$$

式中， α_c 、 β_c 、 γ_c 为权重，通过熵技术支持下的 AHP 模型计算可知， $\alpha_c = 0.30$ 、 $\beta_c = 0.36$ 、 $\gamma_c = 0.34$ 。 x 表示选取的某个城市群内第 i 城市的指标值， $\bar{x}$ 表示各指标的平均值（下同）， n 为城市群内城市个数。 M_i 为城市群内第 i 城市的工业增加值， GDP_i 为第 i 城市的地区生产总值。 δ 、 φ 、 ω 分别为三次产业加权值（通过熵技术支持下的专家群民主决策法计算得知 $\delta = 1.50$ 、 $\varphi = 3.87$ 、 $\omega = 4.67$ ）， F_i 、 S_i 、 T_i 分别为各地级市三次产业产值。 x_{ik} 为城市群第 i 城市第 k 产业的比重， x_{jk} 为城市群第 j 城市第 k 产业比重， β_i 、 γ_j 为第二、三产业空间相对重要性的权重。

(3) 城市群空间紧凑度评价模型。根据城市群空间紧凑度概念，选取空间相互作用指数 I_{si} 、人口密度指数 I_{sp} 和城镇密度指数 I_{su} 作为计算城市群空间紧凑度的指标。则城市群

空间紧凑度指数 I_s 的计算公式为:

$$I_s = \alpha_s I_{si} + \beta_s I_{sp} + \gamma_s I_{su}$$

$$I_{si} = \frac{\sum_{i,j=1}^n \frac{\sqrt{P_i \cdot GDP_i} * \sqrt{P_j \cdot GDP_j}}{D_{ij}^2}}{1 + 2 + \dots + (n-1)}$$

$$I_{sp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \frac{\sum x_i}{n}, \quad x_i = \eta_j \frac{P_i}{A_i}$$

$$I_{su} = \frac{\sum \alpha_j N_j}{\sum A_i}$$

式中, I_{si} 为空间相互作用指数, I_{sp} 为人口密度指数, I_{su} 为城镇密度指数, α_s 、 β_s 、 γ_s 为权重, 采用熵技术支持下的 AHP 模型求得 $\alpha_s = 0.35$ 、 $\beta_s = 0.28$ 、 $\gamma_s = 0.37$ 。 P_i 、 P_j 为第 i 、 j 市的总人口, GDP_i 、 GDP_j 为第 i 、 j 城市的地区生产总值, D_{ij} 为第 i 、 j 城市的距离, n 为城市群内城市个数。 x_i 表示选取的某个城市群第 i 城市的相应指标值, $\bar{x}$ 表示相应指标的平均值, n 为城市群内城市个数。 η_j 为不同城市等级的权重 (通过熵技术支持下的专家群民主决策法计算获得), j 为 1-5, 即超大城市、特大城市、大城市、中等城市和小城市五个等级, 相应的权重分别为 0.36、0.28、0.20、0.12 和 0.04, P_i 为第 i 地级市的总人口, A_i 为第 i 地级市的面积。 α_j 为不同城市等级的权重, N_j 为相应等级的城市数量 (含县级单位), j 为 1-5, 即五个等级的城镇体系, A_i 为某一城市面积。

(4) 城市群交通紧凑度评价模型。根据交通紧凑度概念, 选取加权通达指数 I_{tt} 、非加权通达指数 I_{tf} 和交通空间紧凑性指数 I_{ts} 三个指标测算城市群交通紧凑度指数 I_t :

$$I_t = \alpha_t I_{tt} + \beta_t I_{tf} + \gamma_t I_{ts}$$

$$I_{tt} = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} * \sqrt{GDP_j * P_j})}{\sum_{j=1}^n \sqrt{GDP_j * P_j}}$$

$$I_{tf} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \frac{\sum x_i}{n} \quad x_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} T_{ij}}{n-1}$$

$$I_{ts} = \frac{n \sum_{i=1}^n L_{Ni}}{\sum_{i=1}^n A_i \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}$$

式中, I_{tt} 、 I_{tf} 、 I_{ts} 分别为加权通达指数、非加权通达指数和交通空间紧凑性指数, α_t 、 β_t 、 γ_t 为权重, 采用熵技术支持下的专家群民主决策法计算得到 $\alpha_t = 0.28$ 、 $\beta_t = 0.16$ 、

$\gamma_i = 0.56$ 。 I_{it} 为城市群内节点 i 的加权通达性指数。 T_{ij} 为节点 i 到达经济中心 j （或活动目的地）所花费的最短时间； $\sqrt{GDP_j * P_j}$ 为评价系统范围内某区域中心和活动目的地 j 的某种社会经济要素流的流量； n 为评价系统内除 i 节点以外的节点总数。 GDP_j 为 j 城市的地区生产总值， P_j 为 j 城市人口。 x_i 表示选取的某个城市群内城市第 i 城市相应指标值， $\bar{x}$ 表示相应指标的平均值， n 为城市群内城市个数。 T_{ij} 为节点 i 到达经济中心 j 所花费的最短时间。 L_{Ni} 为节点 i 的对外直接联系线方向数量， n 为城市群内节点数， A_i 为 i 城市的区域面积， x_i 为节点之间直线距离， $\bar{x}$ 为节点间联系的直线平均距离。

6.3 城市群紧凑度评价分级标准

综合分析城市群综合紧凑度、产业紧凑度、空间紧凑度和交通紧凑度，采用聚类分析方法，将城市群综合紧凑度划分为高度紧凑、紧凑、中度紧凑、低度紧凑和不紧凑（分散）五个等级（表 6）。

表 6 城市群综合紧凑度 U_c 的分级标准

级别	紧凑程度	紧凑度指数 U_c 分级
一级	高度紧凑型城市群	$U_c \geq 1.00$
二级	紧凑型城市群	$0.50 \leq U_c \leq 1.00$
三级	中度紧凑型城市群	$0.35 \leq U_c \leq 0.50$
四级	低度紧凑型城市群	$0.15 \leq U_c \leq 0.35$
五级	不紧凑型城市群	$0.00 \leq U_c \leq 0.15$

7 城市群空间结构稳定度评价技术与分级标准

城市群空间结构的稳定性是指城市群构成元素在拓扑空间通过共生增长和空间自组织过程的配置达到空间组织结构相对有序平衡的特性。

7.1 城市群空间结构稳定度评价模型

（1）中心性指数模型。假定各县、县级市在同一个城市群内具有相同的地位，主要为所属或相近的地级市服务，并处于最低等级。中心性指数模式如下：

$$CI_i = \sum_{j=1}^n \underbrace{\frac{\sqrt{GDP_j * POPU_j}}{D_{ij}}}_A + \underbrace{\frac{\sqrt{GDP_j * POPU_j}}{D_{ii}}}_B \quad i \neq j$$

式中 D_{ij} 表示两个经济实体（城市） i 、 j 之间的距离， D_{ii} 表示 i 城市内距离，定义为

与城市 i 等同面积的圆半径的 $1/3$ ， $POPU_j$ 表示市区人口数。计算出每个城市的中心性指数，得出每个城市群的总和中心性指数，以进行稳定性判定；然后对城市群内各城市的中心性指数进行插值计算，以 3D 面板形式表现出来，直观表现各城市的主要经济联系方向及各节点的中心地位。

中心性指数越大的城市群空间结构稳定性越强。依据中心性指数，可将城市群划分为单核分割型、单核偏离型、单核集中型、双核平衡型和双核偏离型 5 类。不同类型城市群的空间稳定性与中心性指数大小、不同中心性强度的节点空间配置、城市群发育程度呈正比关系。中心性指数越大，与中心地结构相似性程度越高，空间稳定性越强；双核平衡结构的城市群

稳定性要大于双核偏离型城市群。

(2) 网络维数方法。假设各城镇节点所在空间是无标度的, 则该参数表征城镇分布结构的均衡性。首先根据 W.Christaller 中心地交通原则下 1:4 的关系对中心性指数最低的“地级市”与“县及县级市”进行第一次赋值, 然后根据“地级市”中心性指数大小, 以指数大小的比值建立各地级市之间的等级关系 (图 3)。具体做法是:

第一步, 逐级格网化分析。通过在 ArcGis 的 Visual Basic for Application 环境下进行编程, 实现对城市群网络分析的批处理。处理时要求按不同等分将城市群所在的平面切割成 K^2 份。设行号为 i 、列号为 j 的网格, 被填充网格数为 N_{ij} , 城镇总数为 N , 则每个网格能够填充节点数的概率为:

$$P_{ij} = N_{ij} / N$$

通过程序进行循环判断, 直至每个填充的网格内只有一个节点。可设置 Delta 值为 5km, 即距离在此范围内的城镇合并为一个城镇, 防止城市群区域被无限制等分下去。

第二步, 添加节点。根据中心性指数确立的“等级”关系进行“节点数”换算, 在原中心性城市周边进行等密度节点添加。如假设中心性指数最低的地级市其指数值为 α , 另外一个城市指数为 β , 则指数为 α 的城市代表 4 个节点, 指数为 β 的城市代表 $4 \times \beta / \alpha$ 个点。为了确保点数添加不至于导致中心城市无限扩张, 再在整个平面进行 2 次 K^2 等分 (见图 4)。

第三步, 计算信息维。逐级格网化分析后得到信息量, 假设每个城市群所占据方格的长度为 1, 则 $\varepsilon = 1/K$ 。 I_0 为常数, D_i 为信息维, 也称为分维 $I(\varepsilon)$, 其计算公式为:

$$I(\varepsilon) = - \sum_i \sum_j P_{ij}(\varepsilon) \ln P_{ij}(\varepsilon) = I_0 - D_i \ln \varepsilon$$

假设 K^2 个网格内被城镇数占据的网格数为 $N(\varepsilon)$ 个, 取不同的 K 值对应不同的 $N(\varepsilon)$ 。

第四步, 计算网络维数。做双对数坐标图 $\ln N(\varepsilon) \sim \ln(\varepsilon)$ 及 $I(\varepsilon) \sim \ln(\varepsilon)$, 对点列 $(\ln(\varepsilon), \ln N(\varepsilon))$ 和 $(\ln(\varepsilon), I(\varepsilon))$ 所确定的曲线分别直接进行线性回归 (不是通过线性回归先确定无标度区间, 再二次进行线性回归以得到相应参数), 得到常数项 I_0 和容量维 D_i , 实现在技术上由无标度空间向二维空间的转化。

网络维数越大的城市群空间结构稳定性越强。从风险学角度分析, 网络维数越少, 中心地结构越简单的城市群, 其经济社会发展抵御风险的能力越低。节点数越多的城市群空间结构稳定性相对越强, 节点数是构成复杂结构与稳定结构的基础, 节点数越多 (即点列数越长), 则稳定性相

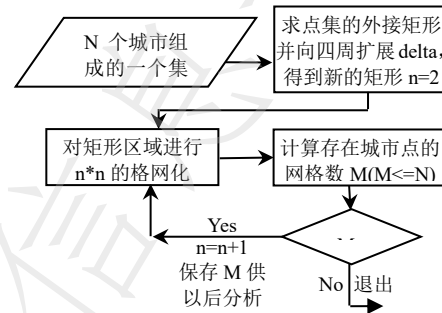


图3 城市群节点体系空间结构逐级格网化分析流程图

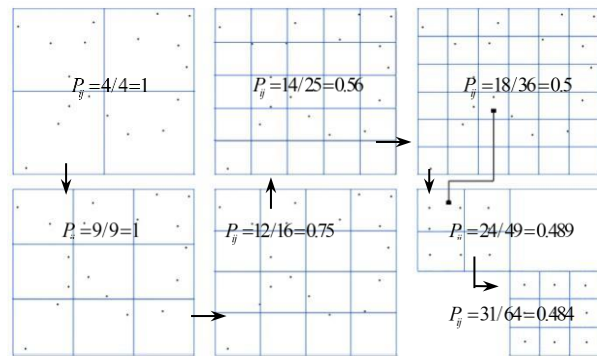


图4 城市群节点体系逐级格网化分析过程示意图（以晋中城市群为例）

对越高。

(3) 半升梯形模糊隶属度函数模型。采用中心性指数模型和网络维数模型，分别计算城市群空间结构的稳定性程度，再采用半升梯形模糊隶属度函数模型进行归一化处理，然后求和取其平均值，得出城市群空间结构稳定性的综合指数。具体计算公式为：

$$W_i = \frac{1}{2} \left[\frac{CI_{ei} - CI_{pi}}{CI_{Mi} - CI_{pi}} + \frac{I(\varepsilon)_{ei} - I(\varepsilon)_{pi}}{I(\varepsilon)_{Mi} - I(\varepsilon)_{pi}} \right]$$

式中， CI_{Mi} 、 CI_{ei} 、 CI_{pi} 分别表示第 i 个城市群中心性指数的最大值、最小值和平均值，

$I(\varepsilon)_{Mi}$ 、 $I(\varepsilon)_{ei}$ 、 $I(\varepsilon)_{pi}$ 分别表示第 i 个城市群网络维数的最大值、最小值和平均值。

7.2 城市群空间结构稳定度评价分级标准

根据城市群空间结构稳定度计算结果，将城市群空间结构稳定性划分为强稳定型、较强稳定型、中等稳定型、弱稳定型和不稳定型 5 个等级（见表 6）。

表 6 城市群空间结构稳定性的分级标准

分级	稳定程度	稳定性综合指数 W_i 分级
一级	强稳定型城市群	0.5-1.0
二级	较强稳定型城市群	0.4-0.5
三级	中等稳定型城市群	0.0-0.4
四级	弱稳定型城市群	-0.2-0.0
五级	不稳定型城市群	<-0.2

8 附 则

8.1 本技术规程自正式发布之日起执行。

8.2 本技术规程的知识产权归起草单位和起草人所有，任何单位和个人使用本技术规程须标注规程编号。

附录1 城市群空间范围的拓展过程

城市群空间范围的拓展沿着从城市—都市区—都市圈—城市群(大都市圈)—大都市带(都市连绵区)这样一条时空演进主线,经历了四次拓展过程,从城市到都市区、再到都市圈,再到城市群,最后到大都市连绵带,城市群的空间范围实现了四次扩展过程(图1)。

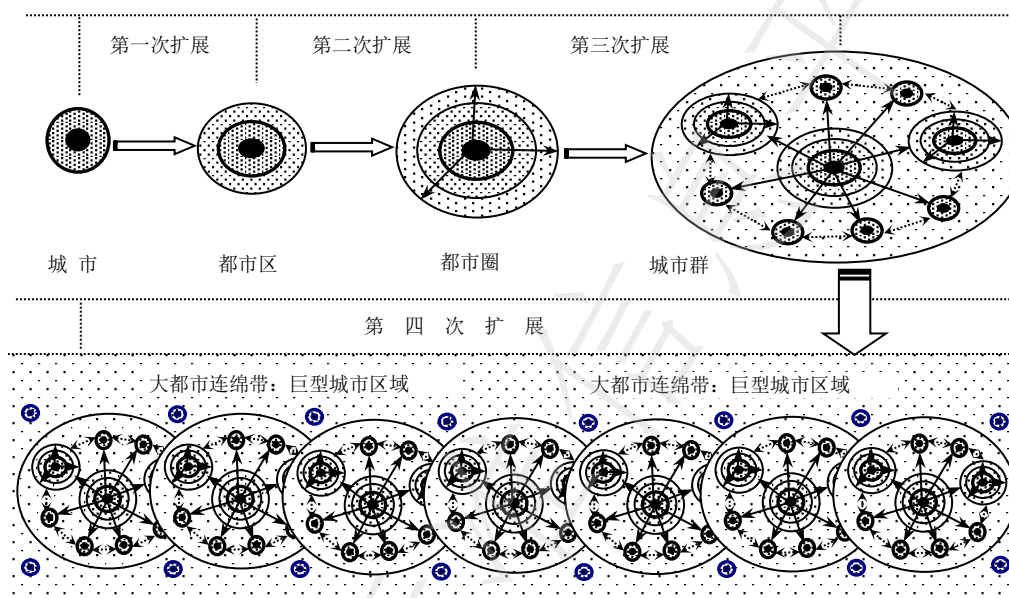


图1 城市群空间范围的四次拓展过程示意图

1.1 城市群空间范围的第一次放大：从城市到都市区

都市区是以一个中心城市和若干卫星城组成的一日通勤城市组团,由于城市外迁人口在中心城市上班,在郊区和中心城市之间形成稳定的通勤流,这样就形成了以大城市为核心,大城市与周围地区密切社会经济联系的城市化地区,这就是都市区。单中心的都市区围绕中心城市向外扩展,形成同心圈层结构。

都市区以1个中心城市为核心逐步向外辐射,与邻近地区发生交通及经济技术联系的城市区域,是都市圈发展的前期阶段,都市区在影响范围上只具有市级意义,采取点环扩张模式,形成单核心圈层结构,人口规模较小,一般不超过500-1000万人,成为城市增长中心。

1.2 城市群空间范围的第二次放大：从都市区到都市圈

都市圈是在都市区建设的基础上,以一个中心城市为核心进一步向外辐射,与周边地区发生交通及经济技术联系、形成的具有区域一体化倾向的城市化地区。都市圈是都市区发展的高级阶段,都市圈具有市际意义,人口规模在1000-1500万人之间,采用点轴扩张模式,形成单核心放射状圈层结构,成为区域增长中心。

1.3 城市群空间范围的第三次放大：从都市圈到城市群

都市圈扩展到一定程度以后,相邻都市圈之间通过交通通讯等基础设施网络发生密切的经济技术联系,逐步形成城市群。从都市圈到城市群,意味着城市群空间范围实现了第三次放大过程,表明城市群发育逐步趋向成熟阶段。

1.4 城市群空间范围的第四次放大：从城市群到大都市带

大都市带是城市群发展到高级阶段的产物,是由3个以上的多个城市群通过发达的交通

网络和经济技术联系组成的城市群联合体，类似于都市连绵区，是高度城市化区域。大都市带是城市群发育的顶级阶段，其空间影响范围具有国家及国际意义，人口规模在 2000-3000 万人以上，城市群之间交通网络更密，经济技术联系更强，采用串珠状网式辐射模式，形成多核心星云状高度交织的网络结构，成为国家和国际增长中心。

表 1 城市群空间范围四次拓展过程的基本特征

城市群形成发育的扩展过程		第一次扩展	第二次扩展	第三次扩展	第四次扩展
名称	城市	都市区	都市圈	城市群	大都市连绵带
空间范围	小	逐步扩大	进一步扩大	跨区扩大	跨界扩大
影响范围	市内意义	市级意义	市际意义	大区及国家意义	国际意义
城市个数	1	1	1	3 个以上	多个以上
人口规模	500-1000 万人	500-1000 万人	1000-1500 万人	大于 2000 万人	大于 5000 万人
空间组成	1 个城市	1 个城市及毗邻地区	1 个城市及周边地区	3 个以上大城市或 3 个以上都市圈	3 个以上城市群，数十个城市
交通网络	向市内地区延伸，城市之间交通网络不发达	向邻近地区延伸	向周边地区进一步延伸	向市外地区延伸，城市或都市圈之间交通网络较密	向境外地区延伸，都市圈或城市群之间交通网络更密
产业联系	城市之间很弱	城市之间较弱	城市之间开始互补联系	城市或都市圈之间互补性较强	都市圈或城市群之间互补性更强
地域结构	单核心结构	单核心圈层结构	单核心放射状圈层结构	单核心或多核心轴带-圈层网络结构	多核心星云状高度交织的网络结构
梯度扩张模式	点式扩张	点环扩张	点轴扩张	轴带辐射	串珠状网式辐射
发展阶段	城市群形成的雏形阶段	城市群形成的初级阶段	城市群形成的中期阶段	城市群发育的成熟阶段	城市群发育的顶级阶段
中心功能	城市增长中心	城市增长中心	区域增长中心	国家增长中心	国际增长中心
对国家城镇化的贡献	微小	较小	较大	很大，主体区	很大，主体区
世界经济重心功能	很小	很小	很小	主要承载地	主体承载地

每一次扩展结果使得城市群成为辐射带动能力更强的区域增长中心、国家增长中心和国际增长中心，成为主导国家和世界经济发展格局和城镇化发展格局的核心区，成为世界经济重心转移的主要承载地。

附录 2 中国城市群发育程度综合评价案例分析

2.1 城市群发育程度评价案例分析

采用 2016 年统计数据，根据城市群发育程度评价模型计算得到中国城市群发育程度评价结果，按发育程度将中国城市群分为五个等级（表 2、图 2，图 3）。

表 2 中国城市群发育程度计算结果及分级结果

等级	发育阶段	城市群发育类型	发育程度分级 φ_i	对应的中国城市群名称	个数
一级	鼎盛阶段	鼎盛型城市群	$\varphi_i > 10$	无	0
二级	成熟阶段	成熟型城市群	$5 < \varphi_i < 10$	长江三角洲城市群、珠江三角洲城市群、京津冀城市群	3
三级	成长阶段	成长型城市群	$3 < \varphi_i < 5$	山东半岛城市群、成渝城市群、海峡西岸城市群、辽中南城市群	4
四级	发育阶段	发育型城市群	$2 < \varphi_i < 3$	中原城市群、长江中游城市群、呼包鄂榆城市群、北部湾城市群、哈长城市群	5
五级	萌芽阶段	萌芽型城市群	$\varphi_i < 2$	关中平原城市群、晋中城市群、宁夏沿黄城市群、天山北坡城市群、滇中城市群、黔中城市群、兰西城市群	7



图 2 中国城市群发育阶段分级示意图



图3 中国城市群综合发育程度分布示意图

2.2 城市群紧凑程度评价案例分析

采用 2016 年统计数据，利用城市群综合紧凑度计算模型计算得到中国城市群紧凑程度评价结果，划分为高度紧凑、紧凑、中度紧凑、低度紧凑和不紧凑（分散）五个等级（表 3，图 4）。

表 3 中国城市群综合紧凑度计算结果及分级结果

级别	紧凑程度	紧凑度指数 U_c 分级	城市群名称	个数
一级	高度紧凑型城市群	$U_c \geq 1.00$	无	0
二级	紧凑型城市群	$0.50 \leq U_c \leq 1.00$	长江三角洲城市群、珠江三角洲城市群、京津冀城市群	3
三级	中度紧凑型城市群	$0.35 \leq U_c \leq 0.50$	中原城市群、长江中游城市群、山东半岛城市群、辽中南城市群、关东平原城市群	5
四级	低度紧凑型城市群	$0.15 \leq U_c \leq 0.35$	成渝城市群、海峡西岸城市群、晋中城市群、银川平原城市群、北部湾城市群	5
五级	不紧凑（分散）型城市群	$0.00 \leq U_c \leq 0.15$	黔中城市群、滇中城市群、兰西城市群、哈长城市群、天山北坡城市群、呼包鄂榆城市群	6



图4 中国城市群综合紧凑度分级分布示意图

2.3 城市群空间结构稳定度评价案例分析

采用 2016 年统计数据，利用城市群空间结构稳定度计算模型计算得到中国城市群空间结构稳定度评价结果，将中国城市群空间结构稳定性划分为强稳定型、较强稳定型、中等稳定型、弱稳定型和不稳定型 5 个等级（见表 4，图 5）。

表 4 城市群空间结构稳定性的分级标准

分级	稳定程度	稳定性综合指数 W_i 分级	城市群名称	个数
一级	强稳定型城市群	0.5-1.0	长江三角洲城市群, 京津冀城市群	2
二级	较强稳定型城市群	0.4-0.5	珠江三角洲城市群, 辽中南城市群, 成渝城市群, 中原城市群	4
三级	中等稳定型城市群	0.0-0.4	山东半岛城市群, 关中平原城市群, 哈长城市群, 黔中城市群, 滇中城市群	6
四级	弱稳定型城市群	-0.2- 0.0	长江中游城市群, 兰西城市群, 晋中城市群, 呼包鄂榆城市群	3
五级	不稳定型城市群	<-0.2	北部湾城市群, 海峡西岸城市群, 宁夏沿黄城市群, 天山北坡城市群	4



图5 中国城市群空间结构稳定度分级分布示意图