

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.03.07

夏雨波,郭旭,马震,王冰,韩博,赵长荣,李海涛,孟庆华. 2024. 基于多因子分级加权指数和法的雄安新区工程建设适宜性评价[J]. 华北地质, 47(3):63-73.

Xia Yubo, Guo Xu, Ma Zhen, Wang Bing, Han bo, Zhao Changrong, Li Haitao, Meng Qinghua. 2024. Suitability evaluation of Xiong'an New Area engineering construction based on multi-factor grading weighted index sum method[J]. North China Geology, 47(3):63-73.

基于多因子分级加权指数和法的 雄安新区工程建设适宜性评价

夏雨波^{1,2,3}, 郭旭^{1,2,3}, 马震^{1,2,3}, 王冰⁴, 韩博^{1,2,3},
赵长荣^{1,2,3}, 李海涛⁵, 孟庆华^{1,2,3*}

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心(华北地质科技创新中心), 天津 300170; 2. 天津市海岸带地质过程与
环境安全重点实验室, 天津 300170; 3. 中国地质调查局雄安城市地质研究中心, 天津 300170;
4. 天津地热勘查开发设计院, 天津 300250; 5. 中国地质环境监测院, 北京 100081)

摘要:【研究目的】河北雄安新区是一座即将建设的城市,为保障新区规划建设地质安全开展雄安新区工程建设适宜性评价。【研究方法】根据雄安新区地质条件,按照规划建设千年大计的要求,量身定制了工程建设适宜性评价指标体系,采用多因子分级加权指数和法对雄安新区工程建设适宜性进行了评价。【研究结果】结果显示:雄安新区工程建设适宜性较好,均为适宜区(925 km²)和较适宜区(845 km²),较适宜区分布于研究区中南部和东北部,其他地区为适宜区,雄安新区部分地区存在一定程度的地面沉降、砂土液化、软土、水土污染和水土腐蚀性等环境地质问题。环境地质问题的存在直接影响了综合评价结果,但未在综合评定中直接排除建设的可行性。【结论】构建了雄安新区工程建设适宜性评价的全要素参数体系,并参数量化了评价因子,确定了较为合理的权重取值,形成了地质调查工作服务国土空间布局、工程建设、地下空间开发等为重点的地质调查评价方法体系,可为相关城市规划建设提供借鉴。

关键词:雄安新区;工程建设适宜性评价;多因子分级加权指数和法;地质调查工程

创新点:构建了基于多因子分级加权指数和法的雄安新区工程建设适宜性评价方法,该方法解决了基于大数据、多参数评价中的体系建立、因子量化和权重确定等科学问题,为第四纪深覆盖区具有较系统工程地质资料的规划区、拟建区和建成区的工程建设适宜性评价提供了方法,成果可直接服务于雄安新区规划建设。

中图分类号: P642; TU984

文献标志码: A

文章编号: 2097-0188(2024)03-0063-11

Suitability evaluation of Xiong'an New Area engineering construction based on multi-factor grading weighted index sum method

XIA Yubo^{1,2,3}, GUO Xu^{1,2,3}, MA Zhen^{1,2,3}, WANG Bing⁴, HAN bo^{1,2,3},
ZHAO Changrong^{1,2,3}, LI Haitao⁵, MENG Qinghua^{1,2,3*}

收稿日期: 2024-02-26

基金项目: 中国地质调查局项目“雄安新区水土质量与地质调查评价(DD20189122)”

作者简介: 夏雨波(1982-),男,博士,正高级工程师,2011年毕业于吉林大学,地质资源与地质工程(地下水科学与工程)专业,现从事城市地质调查评价、水工环地质调查评价工作, E-mail: sosodragon@163.com。

*通讯作者: 孟庆华(1983-),女,博士,高级工程师,2011年毕业于中国地质科学院,地质工程专业,现从事城市地质调查评价、水工环地质调查评价工作, E-mail: mengqh2201204@163.com。

- (1.Tianjin Center(North China Center for Geoscience Innovation), China Geological Survey, Tianjin 300170, China;
- 2.Tianjin Key Laboratory of Coast Geological Processes and Environmental Safety, Tianjin 300170, China;
- 3.Xiong'an Urban Geological Research Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;
- 4.Tianjin Geothermal Exploration and Development- Designing Institute, Tianjin 300250, China;
- 5.China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China)

Abstract: This paper is the research on the suitability evaluation of engineering construction.

[Objective] Xiongan New Area of Hebei Province is a city to be built soon. To ensure the geological safety of the planning and construction of the new area, the suitability evaluation of the Xiong'an New Area engineering construction is carried out. **[Methods]** A customized evaluation index system for the suitability of engineering construction has been developed based on the geological conditions of Xiong'an New Area and in alignment with the millennium plan for planning and construction. The evaluation of engineering construction suitability in Xiong'an New Area was conducted using a multi-factor graded weighted index sum method. **[Results]** The engineering construction suitability in Xiong'an New Area is favorable, with both suitable areas covering 925 km² and relatively suitable areas covering 845 km². The more suitable areas are primarily located in the central and southern parts of the research area, while other areas are classified as suitable. Some parts of Xiong'an New Area face environmental geological challenges such as ground subsidence, sand liquefaction, soft soil, soil and water pollution, soil and water corrosiveness. These environmental geological issues directly impact the overall evaluation results, although they do not completely rule out the feasibility of construction in the comprehensive evaluation. **[Conclusion]** A comprehensive parameter system has been developed for evaluating the suitability of engineering construction in Xiong'an New Area. The evaluation factors have been quantified, reasonable weight values have been determined, and a geological survey evaluation method system has been established. The system is designed to serve national spatial layout, engineering construction and underground space development, offering valuable insights for relevant urban planning and construction.

Key words: Xiongan New Area; Suitability evaluation of engineering construction; Multi-factor hierarchical weighted index sum method, geological survey project

Highlights: The authors have innovatively constructed a suitability evaluation method system for engineering construction in Xiong'an New Area, which plays a scientific and technological support role in solving engineering geological survey work and serving the planning and construction of Xiong'an New Area.

About the first author: Xia Yubo, male, born in 1982, PhD, Senior Engineer, engaged in Urban geological survey and evaluation, hydraulic and environmental geological survey and evaluation; E-mail: sosodragon@163.com

About the corresponding author: Meng Qinghua, female, born in 1983, PhD, Senior Engineer, engaged in Urban geological survey and evaluation, hydraulic and environmental geological survey and evaluation; E-mail: mengqh2201204@163.com

Fund support: Supported by the projects of China Geological Survey (No.DD20189122), "Soil and Water Quality and Engineering Geological Survey and Evaluation in Xiong'an New Area"

地质的不均一性作为城市地下空间勘探的主要不确定因素,决定了工程投资的成本和质量控制难易程度(Lu et al., 2016)。在建设用地的适宜性评价过程中,评价方法和指标体系的构建是尤为重要的步骤。一个好的指标体系不仅能充分反映研究区建设用地的质量水平,而且能决定建设用地的可持续性(Yu et al., 2016)。

工程建设适宜性评价是支撑规划建设重要抓手,在多地规划建设中发挥了重要作用。如支撑北

京西山八大处文化景区规划建设(李军辉等, 2015)以场地稳定性、地形地貌、地基稳定性和场地排水条件等为要素进行了场地适宜性评价工作,上海深层地下空间开发规划和建设(史玉金等, 2016)同时考虑了地下空间开发中重大地质环境问题对地质环境的适宜性进行了分区,类似的评价也应用于廊坊北三县(白耀楠等, 2019)、广州增城(Gong et al., 2012)、江苏丹阳(邢怀学等, 2018)、杭州市(Xu et al., 2011)、合肥市(Zhang et al., 2013)、德阳市(Fan

et al., 2011)、巩义市(周广宇等, 2015)等城市, 研究城市规划、土地开发和工程建设潜力以及城市建设扩张速度和范围预测。国外也开展了相关的研究工作, 美国为了研究城市发展趋势, 对储备用地的适宜性进行了评价(Collins et al., 2001; Shearera et al., 2009)。墨西哥Cuitzeo湖流域也采用这种方式, 筛选符合环境法规和市际标准的区域(Delgado et al., 2008)。马来西亚雪兰莪州吉隆坡区沿海地区也将土地可持续发展作为重要课题, 采用适宜性评价筛选出最佳的土地利用(Pourebrahim et al., 2011)。河内市将适宜性评价作为总体规划中评价绿地适宜性的主要方法(Uy et al., 2008)。同时, 在线性工程规划建设方面, 工程建设适宜性的评价工作也起到了关键性的作用。

工程建设适宜性评价的关键在于评价指标的选取。所选指标不仅要全面、准确地涵盖地质要素的自然禀赋, 还需突出体现工程建设的限制因素。与工程相关的社会经济、生态环境等要素也可以作为适宜性评价的指标(Li et al., 2017), 但首要考虑的还是地质条件。

以往的评价方法多采用GIS软件的栅格图层叠加和DPS系统聚类功能(李军辉等, 2015), 运用物质元理论对土地开发适宜性进行评价(Gong et al., 2012), K均值聚类和BP神经网络(Xu et al., 2011)等等, 最终的目的是尽可能地以现有数据综合评价用地的适宜性和可靠性(杨丽芝等, 2023; 刘宏伟等, 2022)。虽然它们具有伸缩能力和自适应性, 但对离群数据敏感, 易过度拟合, 容易陷入局部最优解。相比之下, 多因子分级加权指数和法是一种基于工程经验和最新研究成果的综合评价方法, 可以更准确地反映实际情况。该方法考虑了更多影响因素, 并为它们赋予不同权重, 具有科学性、先进性、适用性和可操作性, 成为一种有效的综合评价工具。持续优化和调整因子及其权重可以进一步提高其应用效果。在实际应用中, 需注意数据的可靠性和准确性, 以确保评价结果的可信度。

本文综合考虑雄安新区条件, 利用中国地质调查局在雄安新区开展工程地质与地下空间调查工作(林良俊等, 2017), 取得的工程地质、水文地质、环境地质和土地质量地球化学调查等系列高精度

地质调查数据成果, 按照“世界眼光、国际标准、中国特色、高点定位”的要求, 建立了一套适用于雄安新区工程建设适宜性的评价指标体系, 采用多因子分级加权指数和法进行了工程建设适宜性评价, 评价结果直接服务于城市规划与建设, 有力支撑了雄安新区总体规划纲要的编制工作(马震等, 2022; 林良俊等, 2017; 杜亚楠等, 2023)。本方法适用于处于第四纪深覆盖区且具有较系统工程地质资料的规划区、拟建区和建成区的工程建设适宜性评价, 评价结果可有效服务城市规划建设和运行管理, 具有较强的推广价值。

1 研究区概况

雄安新区大地构造位置位于冀中凹陷, 断裂现代活动微弱, 千年以来未发生里氏6.0级以上破坏性地震。全境内地势由西北向东南逐渐降低, 地面高程多在5~26 m, 坡降小于2‰, 属堆积平原地貌。第四系多以冲洪积、冲湖积、冲积为主, 形成厚度较大的松散覆盖层(图1)。地表埋深100 m内工程地质条件良好, 局部存在地面沉降、地裂缝、砂土液化、软弱土、水土腐蚀性等5类不良地质作用(韩博等, 2024b), 虽然局部地区发生的地面沉降较为严重, 但在华北平原地区较轻(郝爱兵等, 2018; 张竞等, 2018)。地下水类型以第四系松散岩类孔隙水为主, 分为浅层地下水与深层地下水两大类(李海涛等, 2021)。地下水水质随地下水运移发生变化



图1 研究区位置与地貌分区图

Fig.1 Study area location and geomorphologic zoning map

(夏雨波等,2022;Xia et al.,2022)

地表出露地层为第四系松散层,下伏地层依次为新近系、古近系、奥陶系、寒武系、中上元古界、太古界等(韩博等,2020)。冲洪积平原亚区位于雄安新区北部,主要分布在雄县乐善庄村-雄县县城-容城县小里镇一线以北。冲湖积平原亚区位于雄安新区中南部地区,分布于雄县乐善庄村-雄县县城-容城县小里镇一线以南,由近代河流冲积和湖沼沉积形成(周亚龙等,2021)。

2 评价方法

2.1 评价方法的确定

本次单因子评价利用现行行业标准和规范进行计算,根据评价因子的量化标准(表1)对二级因子进行定量评定分析;采用多因子分级加权指数和法对雄安新区工程建设适宜性进行综合评定。

因子的筛选是在《城乡规划工程地质勘察规

范》(CJJ 57-2012)的评价体系基础上,排除雄安新区不会发生的部分限制性因素,细化承载力等主导因素后,重新构建的工程建设适宜性评价方法体系。其中,承载力因子分项和定级是根据雄安新区未来地下空间开发利用深度确定的,0~50 m为地下空间开发深度,0~30 m为重点开发深度。评价因子量化标准详见表1。鉴于雄安新区规划建设为千年大计,各评价因子取低值进行评价,使评价结果偏保守而保证建设用地的安全性。该体系以雄安新区作为例子,广泛适用于平原深覆盖区的工程建设适宜性评价。

2.2 适宜性指数的计算方法

按照下式计算评价单元的适宜性指数(I_s),并根据表1标准判定评价单元的工程建设适宜性分级。

$$I_s = \sum_{i=1}^n \omega'_i (\sum_{j=1}^m \omega''_{ij} \cdot X_j)$$
 (1)

式中:n-参评一级因子总数;

表1 评价因子的量化标准表
Table 1 Quantitative standard table of evaluation factors

序号	一级因子	二级因子	量化标准			
			所属分级 (1≤X _j <3分)	所属分级 (3≤X _j <6分)	所属分级 (6≤X _j <8分)	所属分级 (8≤X _j <10分)
			1级	2级	3级	4级
1	地形地貌	地形形态	地形破碎,分割严重,非常复杂	地形分割较严重,复杂	地形变化较大,较完整	地形简单完整
2		地面坡度i	i≥50%	25%≤i<50%	10%≤i<25%	i≤10%
3	水文	洪水淹没可能性	洪水淹没深度或用 地标高低于设防洪 水位超过1.0 m	洪水淹没深度或用 地标高低于设防洪 水位0.5~1.0 m	洪水淹没深度或用 地标高低于设防洪 水位<0.5 m	无洪水淹没,或用 地标高高于 设防高度
4	工程地质	0~5 m地基承载力f _a	f _a <80 kPa	80 kPa≤f _a <100 kPa	100 kPa≤f _a <130 kPa	f _a ≥130 kPa
5		5~10 m地基承载力f _a	f _a <100 kPa	100 kPa≤f _a <130 kPa	130 kPa≤f _a <160 kPa	f _a ≥160 kPa
6		10~15 m地基承载力f _a	f _a <110 kPa	110 kPa≤f _a <130 kPa	130 kPa≤f _a <170 kPa	f _a ≥170 kPa
7		15~30 m地基承载力f _a	f _a <130 kPa	130 kPa≤f _a <160 kPa	160 kPa≤f _a <200 kPa	f _a ≥200 kPa
8		30~50 m地基承载力f _a	f _a <130 kPa	130 kPa≤f _a <160 kPa	160 kPa≤f _a <200 kPa	f _a ≥200 kPa
9		软土发育程度d	d>7 m	7 m<d≤5 m	2.5 m<d≤5 m	d<2.5 m
10	水文地质	地下水埋深	<1 m	1 m~3 m	3 m~6 m	>6 m
11		土、水腐蚀性	强腐蚀	中等腐蚀	弱腐蚀	微腐蚀
12		土、水污染	严重,不可修复	重度,可修复	轻微,可不处理	无污染
13	不良地质作用和地质灾害	地裂缝	有地裂缝		无地裂缝	
14		地面沉降	沉降速率大于50 mm/a		沉降速率30~50 mm/a	沉降速率小于30 mm/a
15	活动断裂和地震效应	地震液化	严重液化	中等液化	轻微液化	不液化
16		活动断裂	强烈全新活动断裂	微弱、中等全新活动断裂	非全新活动断裂	无活动断裂
17		抗震设防烈度	>IX度区	IX度区	VIII、VII度区	≤VI度区

m-隶属于第i项一级因子的参评二级因子总数;

ω'_i -第i项一级因子权重;

ω''_{ij} -隶属于第i项一级因子下的第j项二级因子的权重。

2.3 单元多因子分级加权指数和一级、二级因子权重的确定

(1)根据各级因子对工程建设适宜性的影响程度,划分为主控因素、次要因素或一般因素。

(2)一级因子权重(ω'_i)、二级因子权重(ω''_{ij})应满足下列要求:

$$\sum_{i=1}^n \omega'_i = 1 \quad (2)$$

式中:n为参评一级因子总数;

$$\sum_{j=1}^m \omega''_{ij} = 10 \quad (3)$$

式中:m为隶属于第i个一级因子的参评二级因子总数。

(3)一级、二级因子的权重宜根据对其划分的类别按表2。

权重根据区内地质方面专家打分经验进行确定(表3)。

表2 因子权重取值
Table 2 Factor Weights

因子类别	一级因子权重(ω'_i)	二级因子权重(ω''_{ij})
主控因素	$\omega'_i \geq 0.50$	$\omega''_{ij} \geq 5.00$
次要因素	$0.20 \leq \omega'_i < 0.50$	$2.00 \leq \omega''_{ij} < 5.00$
一般因素	$\omega'_i < 0.20$	$\omega''_{ij} < 2.00$

表3 雄安新区因子权重表
Table 3 Factor Weight Table of Xiong'an New Area

序号	一级因子	一级权重	二级因子	二级权重
1	地形地貌	0.05	地面形态	6
2			坡度i	4
3	水文	0.15	洪水淹没可能性	10
4	工程地质	0.20	天然地基承载力 f_a	6
5			软土发育程度d	4
6	水文地质	0.20	地下水埋深	6
7			土、水腐蚀性	1
8			土、水污染	3
9	不良地质作用	0.20	地裂缝	2
10			地面沉降	8
11	地震效应	0.20	地震液化	8
12			活动断裂	1
13			抗震设防烈度	1

2.4 各评价单元的工程建设适宜性判定

工程建设适宜性需根据评价单元的适宜性指数按表4判定。

表4 评价单元的工程建设适宜性判断标准
Table 4 Evaluation unit of suitability criteria for engineering construction

评价单元的适宜性指数	工程建设适宜性分级
$I_s < 20$	不适宜
$20 \leq I_s < 45$	适宜性差
$45 \leq I_s < 70$	较适宜
$I_s \geq 70$	适宜

3 评价结果

3.1 单因子评价

单因子评价是对表3中因子按照相关规范评级,获取单因子分级图,也为工程建设适宜性评价提供基础数据支持。

3.1.1 地形地貌

雄安新区属冲洪积、冲湖积平原,地形简单完整,地形形态因子全区量化标准所属分级均为4级。新区地形平坦,全区坡度小于10%,地面坡度因子全区量化标准所属分级均为4级。

3.1.2 水文

白洋淀现行水位保持在6.5~7 m,防汛警戒水位9 m。雄安新区中南部高程较低,白洋淀周边存在洪水淹没风险(图2)。

3.1.3 工程地质

(1)地基承载力分级

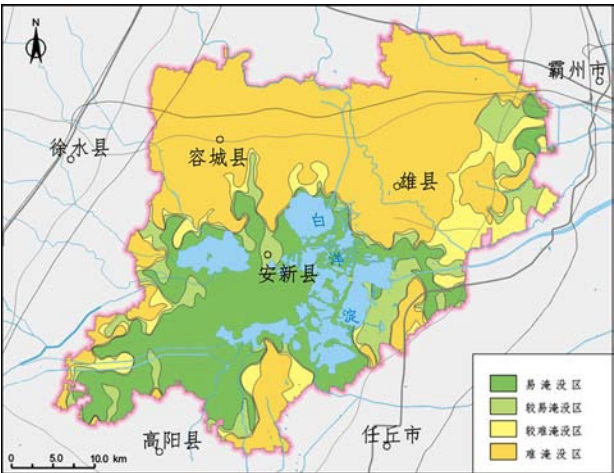


图2 洪水淹没可能性分区图

Fig.2 Zoning map of flood submergence possibility

雄安新区地下空间分为三层:浅层空间,以方便居民生活作为主要控制关系,涵盖商业活动和日常出行;中层空间,以市政基础设施建设为主;深层空间,以雄安新区轨道交通线路为主。

按照《河北省建筑地基承载力技术规程》的规定对雄安新区18个工程地质层及亚层承载力进行计算,获取雄安新区不同深度范围的承载力,分级标准综合考虑不同类型建筑对地基承载力的需要。

① 0~5 m 土层

按照《建筑地基基础设计规范》GB 5007-2011设计要求,按照地基基础设计等级为丙级(场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑;次要的轻型建筑物)进行计算。承载力按照130 kPa、100 kPa、80 kPa作为分级标准。评价结果显示,容城县周边承载力为4级区,其他地区为3级区(图3)。

② 5~10 m 土层

按照地基基础设计等级为乙级(除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物)进行计算。承载力按照160 kPa、130 kPa、100 kPa作为分级标准。评价结果显示承载力4级区位于小里镇-大河镇-平王乡-晒马台乡以北地区、米家务乡以北地区、寨里乡、三台镇,其他地区为3级区(图4)。

③ 10~15 m 土层

参照地基基础设计等级为乙级(除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物)进行计算。承载力按照170 kPa、130 kPa、110 kPa作为分级标准。评价结果显示承载力4级区位于容城县西部地区,2级地区位于大王镇、张岗乡、赵北口镇、郑州镇、端村镇,其他地区为3级区(图5)。

④ 15~30 m 土层

按照地基基础设计等级为甲级(重要的工业与民用建筑物、30层以上的高层建筑、体型复杂且层数相差超过10层的高低层连成一体建筑物、大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)、对地基变形有特殊要求的建筑物、对原有工程影响较大的新建建筑物、开挖深度大于15 m的基坑工程)进行计算。承载力按照200 kPa、160 kPa、130 kPa作为分级标准。评价结果显示承载力4级区位于南张镇、小里镇周边、大河镇,老河头镇-安州镇-

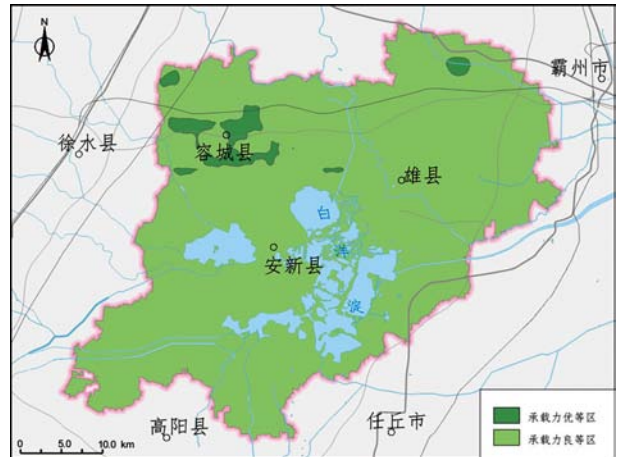


图3 雄安新区0~5 m地基土承载力分级图

Fig.3 Classification chart of bearing capacity of 0~5 m foundation soil in Xiong'an New Area

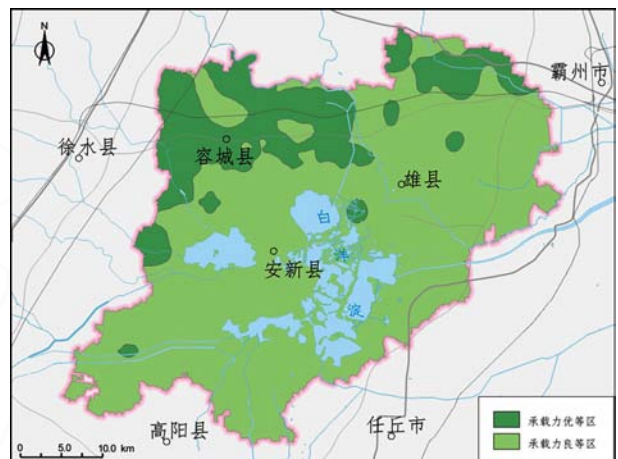


图4 雄安新区5~10 m地基土承载力分级图

Fig.4 Classification chart of bearing capacity of 5~10 m foundation soil in Xiong'an New Area

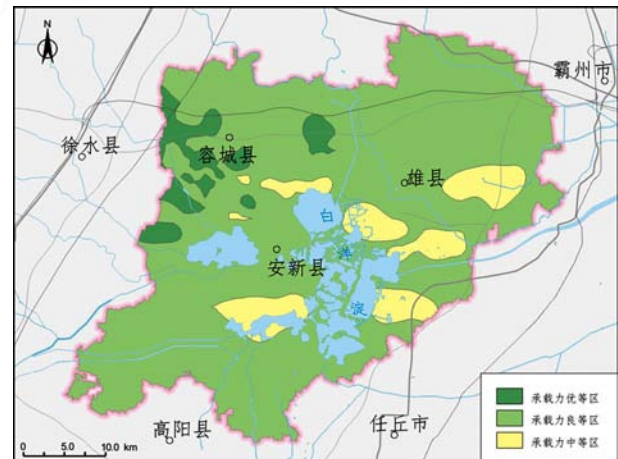


图5 雄安新区10~15 m地基土承载力分级图

Fig.5 Classification chart of bearing capacity of 10~15 m foundation soil in Xiong'an New Area

安新县-赵北口镇-雄州镇-大营镇-北沙口乡以北、米家务乡北-胙岗乡西为3级区,其他地区为2级区(图6)。

⑤ 30~50 m土层

按照地基基础设计等级为甲级(重要的工业与民用建筑物、30层以上的高层建筑、体型复杂且层数相差超过10层的高低层连成一体建筑物、大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)、对地基变形有特殊要求的建筑物、对原有工程影响较大的新建建筑物、开挖深度大于15 m的基坑工程)进行计算。承载力按照200 kPa、160 kPa、130 kPa作为分级标准。评价结果显示容城县城周边、南张镇、大营镇北、米家务乡、安新县周围承载力为4级区,龙化乡、端村镇、郑州镇以西、张岗乡以东为2级区,其他地区为3级区(图7)。

(2)软弱土发育程度分级

本次工作按照《软土地区工程地质勘察规范》(JGJ83-91)规定开展软弱土评价。

软弱土轻度发育区主要分布在雄县东部、郑州镇及北部淀区、刘李庄镇-任丘市北部、安新县西部、安州镇西部地区,埋藏深度大于1 m,厚度0.41~2.46 m,发育面积为193 km²,占总面积的10.7%,与无软弱土区同属于4级。部分地区累计厚度在2.5~2.8 m之间,零星分布于雄县东部、安新县西部和安州镇西部,属于3级(图8)(马震等,2021)。

3.1.4 水文地质

(1)地下水埋深分级

地下水埋深成果来源于中国地质环境监测院李海涛团队2017年调查结果,根据评价体系对地下水埋深进行分级评价。

地下水位埋深直接反应了建筑物受抗浮水位的影响关系(韩博等,2024a)。全区浅层地下水水位埋深通常介于5~35 m之间,除白洋淀淀区周边一般小于6 m,属于3级以外,其他地区均为4级(图9)(韩博等,2024b)。

(2)土、水腐蚀性分级(夏雨波等,2022)

水、土腐蚀性结果根据《工程地质手册(第四版)》评价方法进行计算。

地下水对地基具有弱至强腐蚀性,属于1~3级。中腐蚀性地区位于淀区西部的圈头乡、端村

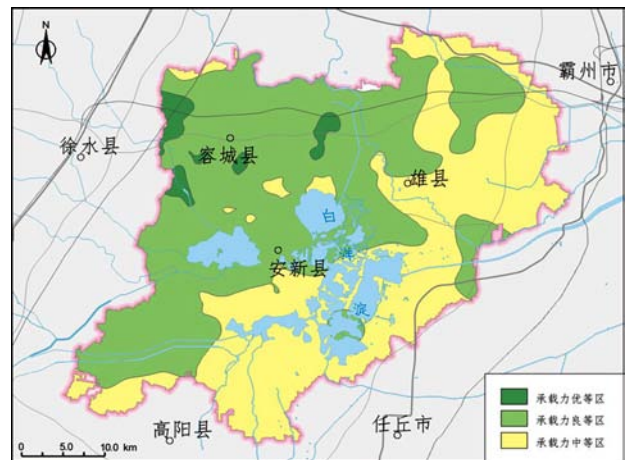


图6 雄安新区15~30 m地基土承载力分级图

Fig.6 Classification chart of bearing capacity of 15~30 m foundation Soil in Xiong'an New Area

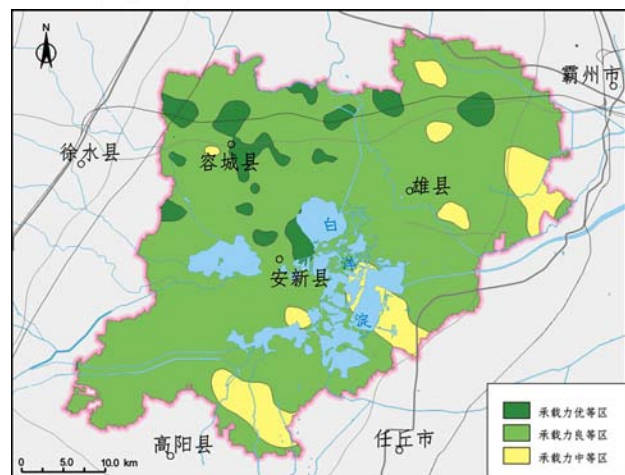


图7 雄安新区30~50 m地基土承载力分级图

Fig.7 Classification chart of bearing capacity of 30~50m foundation soil in Xiong'an New Area

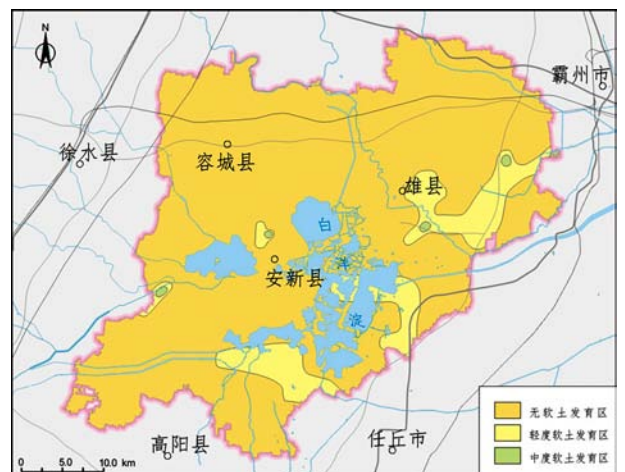


图8 软弱土发育程度分级图

Fig.8 Classification of soft soil development degree

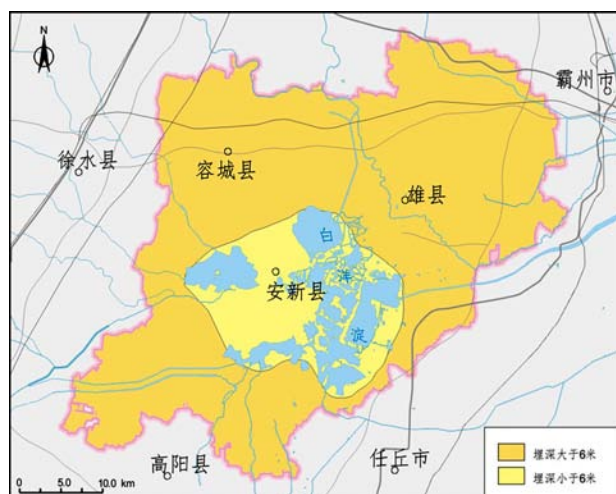


图9 地下水水位埋深分级图

Fig.9 Groundwater table classification map

镇、同口镇安新县北部、郑州市西、苟各庄镇、咎岗镇南、双堂乡史各庄镇以北地区,属于2级;强腐蚀性位于刘李庄镇以西至同口镇以东地区、安新县以北及双堂乡以西地区零星分布,属于1级;其他地区属于3级(图10)。

土壤对地基具有微至强腐蚀性,属于1~4级。容城县、小里镇、南张镇、贾光乡、八于乡、大河镇、晾马台乡、平王乡、安新县东等地区为4级,龙湾镇以东、米家务乡乡内、郑州市、同口镇镇内及周边、老河头镇东南部为2级,郑州市北部、史各庄镇西为1级,其余地区为3级(图11)。

(3) 土、水污染分级

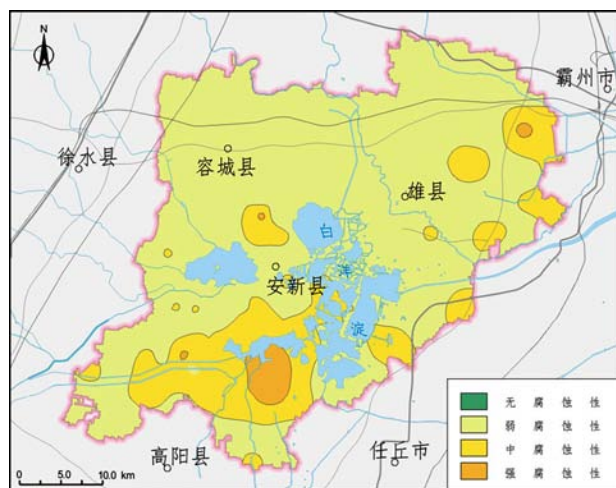


图10 雄安新区地下水腐蚀性分区图

Fig.10 Groundwater corrosivity zoning map in Xiong'an New Area

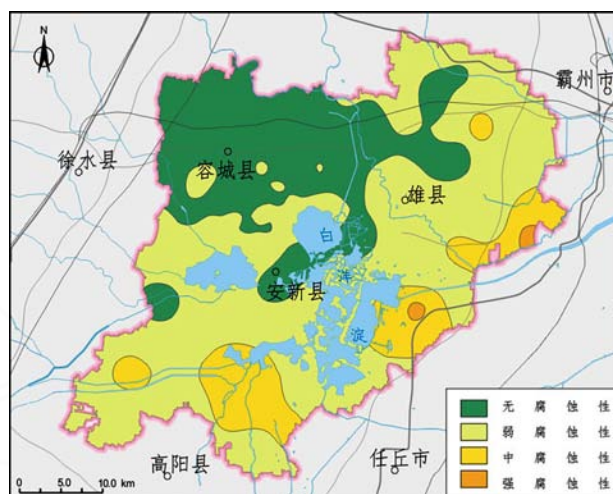


图11 雄安新区土壤腐蚀性分区图

Fig.11 Soil corrosivity zoning map in Xiong'an New Area

地下水污染按《地下水质量标准 GB/T 14848-93》进行评价,土地质量按照《土地质量地球化学评价规范 DZ/T0295-2016》进行评定。

地下水水质为3~5级。浅层地下水三氮含量较低;重金属中仅六价铬在个别点超标;有机污染物检出共43种,但超标率低,存在一定程度污染。全区地下水为无污染或轻微污染可不作处理,属于4级,极个别地方受到污染可修复,呈点状分布,属于3级。成果来源于中国地质科学院水文地质环境地质研究所荆继红团队。

土地质量为4级的地区面积209.5万亩,占调查面积的96.7%(周亚龙等,2021)。3级及以下地区位于安新县老河头镇一带,其中3级污染较轻的土地面积分别为16 161亩。2级重度可修复的污染耕地分布在安新西南部的西喇喇地村、李胡桥村等局部地区,面积为55 900亩(马震等,2022)。成果来源于中国地质调查局天津地质调查中心张素荣团队。

3.1.5 不良地质作用和地质灾害

(1) 地面沉降分级

雄安新区地面沉降速率总体小于30 mm/a,属于4级;地面沉降速率30~50 mm/a的地区主要分布在容城县城北部零星地区、北沙口乡-大营镇以东至朱各庄乡-张岗乡-咎岗乡米家务乡、芦庄乡北部-龙化乡北部,属于3级;地面沉降速率大于50 mm/a的地区主要分布在雄县北-北沙口乡东、安新县芦庄乡以东、龙化乡以西地区属于2级(图12)(韩博等,2024b)。成

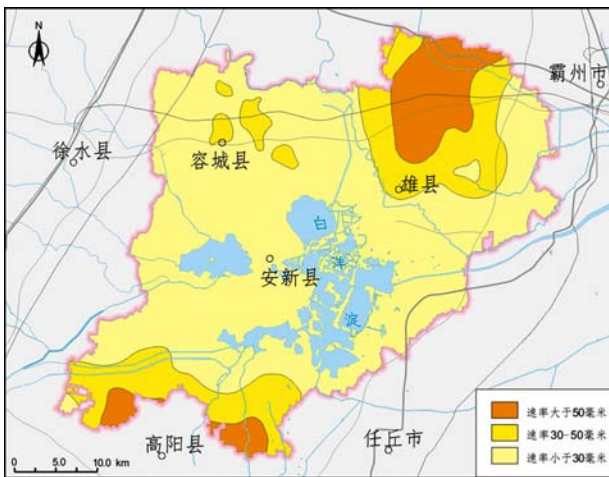


图12 雄安新区地面沉降速率分级图

Fig.12 Grading map of land subsidence rate in Xiong'an New Area

果来源于中国地质环境监测院郭海朋团队。

(2)地裂缝分级

雄安新区地裂缝主要分布在雄县以西、雄州镇-大王镇以北地区,非构造地裂缝,且大多地裂缝发育于林地中,不构成对建筑物的威胁,地裂缝的评价等级为3级,其他地区为4级。由于发育的地裂缝在现行比例尺下规模较小,因此对结果的影响可忽略不计。成果来源于中国地质调查局水文地质环境地质调查中心马学军团队。

3.1.6 活动断裂和地震效应

(1)地震液化分级

根据《建筑抗震设计规范(GB50011-2010)》中液化判别公式进行评价,基本设防烈度VIII度(0.2g),按现状水位进行计算。

现状砂土液化区分布于雄州镇-安新县-赵北口镇-苟各庄镇-郑州镇,安州镇-同口镇-端村镇-七间房乡-刘李庄镇-龙化乡等地,属于3级;2级、1级零星分布于区内;其他地区为4级(图13)(韩博等,2024b;马震等,2021)。

(2)活动断裂分级

区内无活动断裂分布,全区为4级。

(3)抗震设防烈度

雄安新区抗震设防烈度按8.0度考虑,全区均为3级。

3.2 工程建设适宜性综合评价

在单因子评价的基础上,采用多因子分级加权

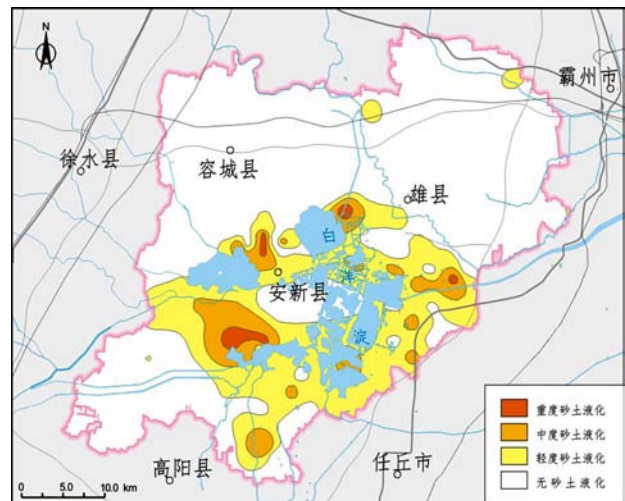


图13 雄安新区砂土液化分区图

Fig.13 Sand liquefaction zoning map of Xiong'an New Area

指数和法对雄安新区工程建设适宜性进行评价。两种评价结果可以清晰的获得适宜性分区,并明确不同分区存在的环境地质问题。

雄安新区工程建设适宜性评价分为适宜区和较适宜区(图14)。

较适宜区分布于安新县、赵北口镇、圈头乡、端村镇同口镇、老河头镇、安州镇、北沙口乡、大营镇、米家务乡西,面积为845 km²,占总面积47.8%。其中,老河头镇周边(II₂)主要的影响因素是土地重金属污染,安新县、赵北口镇、圈头乡、端村镇同口镇、

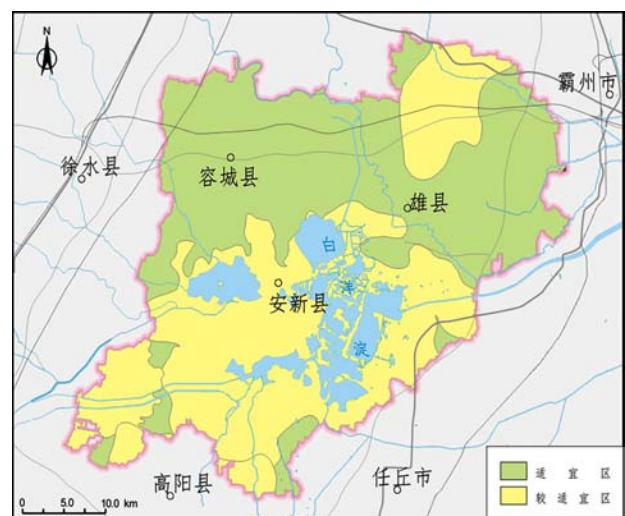


图14 雄安新区工程建设适宜性分区图

Fig.14 Suitability zoning map for construction of Xiong'an New Area

安州镇影(Π_1)响因素是砂土液化、存在洪水淹没可能性,大营镇-北沙口乡-米家务乡(Π_3)影响因素是地面沉降。

其他地区为适宜区,面积为925 km²,占总面积的52.2%。

4 结论

本文采用多因子分级加权指数和法,对雄安新区工程建设适宜性进行了评价。结论如下:

(1)在工程建设适宜性指标体系建设中,根据雄安新区自身地质条件和规划的需求,细化了工程地质禀赋条件,并调整了适用因子,构建了雄安新区工程建设适宜性评价方法体系,以适应雄安新区规划建设千年大计的需要。

(2)综合评定雄安新区工程建设适宜性为适宜区和较适宜区。较适宜区分布于白洋淀周边、雄县东北部、老河头镇、唐河新道及赵王新渠沿岸等地区,面积845 km²,占总面积47.8%。其他地区为适宜区,面积925 km²,占总面积52.2%。

(3)单因子评价结果显示,雄安新区部分地区存在一定程度的地面沉降、砂土液化、软土、水土污染和水土腐蚀性等环境地质问题,白洋淀周边地区还存在被洪水淹没的可能性,工程规划建设仍要重视相关环境地质问题。

(4)本次工作有力支撑了雄安新区总体规划纲要的编制工作,是城市地质调查工作全面支撑规划建设的一次有力实践,形成了地质调查工作服务国土空间布局、工程建设、地下空间开发等为重点的地质调查评价方法体系,对探索后工业化时代地质工作模式、推动地质工作转型升级具有借鉴意义。

中文参考文献

- 白耀楠,马震,张竞,等. 2019. 廊坊北三县工程建设适宜性评价[J]. 地质调查与研究,42(02):117-122.
- 杜亚楠,李传金,朱辉云,等. 2023. 雄安新区岩土标准地层序列划分[J]. 地质通报,42(09):1494-1504.
- 韩博,高伊航,马震,等. 2024a. 雄安至北京大兴国际机场快线起步区地下段结构抗浮设防水位取值研究[J]. 地球学报,45(03):397-409.
- 韩博,马震,夏雨波,等. 2024b. 雄安新区地下空间资源开发利用地质适宜性评价[J]. 地质通报,43(04):594-610.
- 韩博,夏雨波,裴艳东,等. 2020. 雄安新区地下空间工程地质特征及环境地质效应[J]. 工程勘察,48(03):1-8.
- 郝爱兵,吴爱民,马震,等. 2018. 雄安新区地上地下工程建设适宜性

- 一体化评价[J]. 地球学报,39(5):513-522.
- 李海涛,凤蔚,王凯霖,等. 2021. 雄安新区地下水资源概况、特征及可开采潜力[J]. 中国地质,48(04):1112-1126.
- 李军辉,王晨清,王珊珊. 2015. 北京西山八大处文化景区工程建设场地稳定性及适宜性评价[J]. 城市地质,(s1):175-181.
- 林良俊,韩博,马震,等. 2021. 雄安多要素城市地质标准体系研究[J]. 水文地质工程地质,48(02):152-156.
- 林良俊,胡秋韵. 2017. 雄安新区地质调查锁定八项重点工作[J]. 资源与产业,19(04):5.
- 刘宏伟,王国明,马传明,等. 2022. 沉积平原区地下空间开发利用适宜性评价指标体系研究—以北京通州区和河北廊坊北三县为例[J]. 华北地质,45(04):68-74.
- 马震,黄庆彬,林良俊,等. 2022. 雄安新区多要素城市地质调查实践与应用[J]. 华北地质,45(01):58-68.
- 马震,夏雨波,李海涛,等. 2021. 雄安新区自然资源与环境-生态地质条件分析[J]. 中国地质,48(03):677-696.
- 史玉金,张先林,陈大平. 2016. 上海深层地下空间开发地质环境条件及适宜性评价[J]. 地质调查与研究,39(2):130-135.
- 夏雨波,郭旭,王冰,等. 2022. 雄安新区水土腐蚀性地质成因研究[J]. 华北地质,45(03):69-76.
- 夏雨波,王冰,李海涛,等. 雄安新区浅层地下水化学成因及健康地质区划研究[J/OL]. 中国地质,1-18.
- 邢怀学,葛伟亚,李亮. 2018. 基于GIS的丹阳城镇工程建设适宜性评价[J]. 华东地质,40(1):59-66.
- 杨丽芝,王国明,韩博,等. 2023. 城市地质环境问题分析与评价—以山东省聊城市为例[J]. 华北地质,46(02):51-62+68.
- 张竞,马震,吴爱民,等. 2018. 基于岩性光谱特征的雄安新区地面古河道识别研究[J]. 地球学报,39(5):542-548.
- 周广宇. 2015. 城乡总体规划中的用地建设适宜性评价—以河南省巩义市为例[J]. 建设科技,(22):82-85.
- 周亚龙,郭志娟,王乔林,等. 基于土壤化学元素探讨雄安新区沉积地貌特征、物质来源及其与环境的关系[J/OL]. 中国地质,1-16.

References

- Collins M G, Steiner F R, Rushman M J. 2001. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements[J]. Environmental Management, 28(5): 611-621.
- Delgado O B, Mendoza M, Granados E L, et al. 2008. Analysis of land suitability for the siting of inter- municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico[J]. Waste Management, 28(7): 1137-1146.
- Fan C J, Shen S G, Wang S H, et al. 2011. Research on Urban Land Ecological Suitability Evaluation Based on Gravity-Resistance Model: A Case of Deyang City in China[J]. Procedia Engineering, 21(1):676-685.
- Gong J Z, Liu Y S, Chen W L. 2012. Land suitability evaluation for development using a matter- element model: a case study in Zengcheng, Guangzhou, China[J]. Land Use Policy, 29(2): 464-472.
- Li Q, Huang J, Wang C, et al. 2017. Land Development Suitability

- Evaluation of Pingtan Island Based on Scenario Analysis and Landscape Ecological Quality Evaluation[J]. Sustainability, 9(7): 1292-1292.
- Lu Z, Wu L, Zhuang X, et al. 2016. Quantitative assessment of engineering geological suitability for multilayer Urban Underground Space[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 59:65-76.
- Pourebahram S, Hadipour M, Mokhtar M B. 2011. Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas: case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia[J]. Landscape and Urban Planning, 101(1): 84-97.
- Shearera K S, Xiang W N. 2009. Representing multiple voices in landscape planning: a land suitability assessment study for a park land-banking program in Concord, North Carolina, USA[J]. Landscape and Urban Planning, 93(2): 111-122.
- Uy P D, Nakagoshi N. 2008. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban green space planning in Hanoi, Vietnam[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 7(1): 25-40.
- Xia Y B, Li H T, Wang B, et al. 2022. Characterization of Shallow Groundwater Circulation Based on Chemical Kinetics: A Case Study of Xiong'an New Area, China[R]. Water, 14, 1880.
- Xu K, Kong C F, Li J F, et al. 2011. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China[J]. Computers & Geosciences, 37(8): 992-1002.
- Yu Z, Xudong C. 2016. A Study on the Choices of Construction Land Suitability Evaluation of Ecological Index[J]. Procedia Computer Science, 91:180-183.
- Zhang X R, Fang C L, Wang Z B, et al. 2013. Urban construction land suitability evaluation based on improved multicriteria evaluation based on GIS (MCE-GIS): case of new Hefei City, China[J]. Chinese Geographical Science, 23(6): 740-753.

(上接本期第53页)

- 郭鸿军, 马申坤. 2009. 河北省涿源县张麻井铀钼矿控矿因素分析及外围找矿前景探讨[J]. 地质调查与研究, 32(3):210-215.
- 高金铨, 沈光银, 李先瑞, 等. 2013. 综合物化探方法在460铀钼矿床勘查中的应用[J]. 铀矿地质, 29(1):52-59.
- 耿文辉. 2005. 中国东部中生代次火山岩型铜银多金属矿床地质特征及找矿评价标志[D]. 成都:成都理工大学.
- 耿文辉, 姚金炎, 马文荣, 等. 2006. 中国东部中生代次火山岩型铜银多金属矿床[M]. 冶金工业出版社, 53-67.
- 韩军, 薛伟, 宋庆年. 2015. 内蒙古多伦县核桃坝地区火山岩型铀成矿特征及找矿标志[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 45(3):772-790.
- 黄小军. 2016. 内蒙古义盛店银多金属矿床地质特征及找矿标志[J]. 西部资源, 6:17-18.
- 姜必广, 沈赵明, 祝兵, 等. 2017. 衡阳盆地砂岩型铀矿地质特征与成矿模式—以汪家冲铀矿床为例[J]. 铀矿地质, 33(2):82-88.
- 孔繁辉, 王天意, 宋晓东, 等. 2010. 综合方法找矿在内蒙古吉乐包多金属矿勘查中的应用[J]. 地质调查与研究, 33(2):108-114.
- 金若时, 苗培森, 司马献章, 等. 2014. 铀矿床分类初步探讨[J]. 地质调查与研究, 37(1):1-5.
- 刘文杰, 党伟民, 刘文强, 等. 2015. 内蒙古义盛店铀银多金属矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿产勘查, 4(6):379-384.
- 罗毅, 周德安, 夏毓亮, 等. 1997. 燕辽地区火山热液型铀金多金属矿床成矿特征及分布规律[M]. 北京:原子能出版社.
- 沈光银. 2007. 460铀钼矿床控矿因素及矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, (5):509-514.
- 沈光银, 薛清波. 2011. 涿源火山盆地燕山期次流纹斑岩地质地球化学特征[J]. 矿产与地质, 25(5):412-417.
- 沈光银, 杜俐, 林银山. 2012. 综合物化探方法在寻找隐伏铀钼矿床中的应用[J]. 物探与化探, 36(5):732-736.
- 申宗义, 张立国, 程洲, 等. 2018. 河北省涿源一带铀钼多金属地球化学综合异常特征[J]. 地质调查与研究, 41(01):67-74.
- 文思博, 朱强, 程银行. 2023. 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时代及铀富集时空规律[J]. 华北地质, 46(03):1-11+34.
- 王思力, 聂逢君, 严兆彬, 等. 2018. 鄂尔多斯盆地纳岭沟铀矿床目的层岩石学及铀存在形式[J]. 中国地质, 45(3):573-590.
- 王建青, 刘高杰, 于达, 等. 2022. 河北张麻井铀钼矿床成矿流体特征—来自流体包裹体及氢氧同位素的证据[J]. 铀矿地质, 38(01):38-45.
- 王建青, 刘高杰, 董帅, 等. 2023. 河北省涿源县张麻井铀钼矿“三位一体”找矿预测地质模型[J]. 地质通报, 42(06):931-940.
- 王正邦, 赵世勤, 罗毅, 等. 1993. 燕辽成矿带西段火山盆地铀成矿条件及远景评价[J]. 北京:地质出版社, 1-10.
- 王自力, 李英杰, 胡建勇, 等. 2018. 内蒙古多伦县义盛店银多金属矿控矿构造分析及深部找矿预测[J]. 地质与勘探, 2(54):252-263.
- 薛兰花, 史老虎. 2016. 内蒙古多伦义盛店铀银多金属矿地质特征及控矿因素分析[J]. 黄金科学技术, 24(3):21-28.
- 薛伟. 2019. 涿源—红山子铀成矿带中段铀矿地质特征与成矿规律研究[D]. 中国地质大学.
- 肖志斌, 张然, 叶丽娟, 等. 2020. 沥青铀矿(GBW04420)的微区原位U-Pb定年分析[J]. 地质调查与研究, 43(01):1-4.
- 杨建平. 2011. 激电测深正反演在内蒙古自治区义盛店银多金属矿区的找矿应用[J]. 地质调查与研究, 34(1):71-75.
- 杨桐旭, 俞初安, 荣辉, 等. 2023. 鄂尔多斯盆地东北部中侏罗统直罗组地球化学特征及对铀成矿的指示[J]. 华北地质, 46(04):35-46.
- 赵丹, 王南萍, 周冕, 等. 2018. 活性炭测氮及分量化探在河北省涿源县大官厂研究区铀矿勘查中的应用研究[J]. 铀矿地质, 34(1):39-45.