

朱妍, 王蜜蕾, 薛碧颖, 等. 青岛市海岸带地质环境问题与空间规划对策建议[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(8): 1-7.

ZHU Yan, WANG Milei, XUE Biying, et al. Geological environment issues and spatial planning countermeasures in the coastal zone of Qingdao City[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(8): 1-7.

青岛市海岸带地质环境问题与空间规划对策建议

朱妍¹, 王蜜蕾², 薛碧颖², 邹亮², 窦衍光²

(1 自然资源部人力资源开发中心, 北京 100000; 2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:充分认识海岸带地质环境问题关系到所有沿海城市居民的生命财产安全, 对于优化城市规划布局和国土空间开发, 实现空间转型升级和城市集约、绿色、可持续发展具有重要意义。青岛市是中国沿海重要中心城市, 正在全力建设全球知名的海湾都会, 同时, 当前也面临一定程度的地质环境问题。本文系统分析了青岛市海岸带地区地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流等)、不良地质条件、海(咸)水入侵、海岸侵蚀、构造断裂、水土污染等地质环境问题的现状及其分布特征和产生原因, 并针对国土空间优化、韧性城市建设、生态城市建设、智慧城市建设和相关规划、法律体系构建等方面提出了对策建议, 为城市科学规范空间规划提供参考, 为地区经济与社会可持续发展提供系统科学的地质资料。

关键词:海岸带; 地质环境; 空间规划; 城市建设; 青岛市

中图分类号:P736

文献标识码:A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2023.134

0 引言

地质环境是城市建设与发展的重要基础。城市规划、建设的快速发展对城市地质环境影响越来越强, 产生了不同程度的环境地质问题与地质灾害。因此, 遵循地质环境自然演化规律, 充分认识城市存在的潜在地质环境问题, 防范和防治各类地质灾害, 针对不同的地质环境合理有效开发, 是保障城市可持续发展的重要举措^[1-2]。

青岛市是中国沿海重要中心城市, 同时也是滨海度假旅游城市、国际性港口城市、国家历史文化名城, 围绕国家赋予其搭建“一带一路”国际合作新平台的历史使命, 以国家中心城市的标准, 建设全球知名的海湾都会。青岛市在山东半岛蓝色经济区建设战略布局中担当核心区和先导区的角色。当前, 青岛市面临一些地质环境安全问题, 充分认识青岛市城市地质环境问题关系到所有居民的

生命财产安全, 对于优化青岛城市规划布局和国土空间开发、实现空间转型升级和城市集约、绿色、可持续发展具有重要意义。本文系统分析了青岛市地质环境问题的分布特征与原因, 提出了青岛市在城市化建设过程中应对地质环境问题的对策建议, 以期能够为青岛市社会经济的可持续发展提供有力的地质支撑。

1 青岛市地质环境概况

青岛市属于滨海丘陵型基岩城市, 地势东高西低, 南北两侧隆起, 中间低凹, 山地约占总面积的 15.5%, 丘陵占 2.1%, 平原占 37.7%, 洼地占 21.7%。西北部地势较低, 地貌类型为山前冲洪积平原和河谷冲积平原, 地形较平坦, 微有起伏, 海拔一般 < 100 m; 东南部主要为花岗岩组成的中低山-丘陵环境地质区, 地貌成因类型属剥蚀构造-构造剥蚀, 崂山山地海拔多 > 250 m。青岛市海岸线(含岛屿)总长 870 km, 占山东省岸线的 1/4, 岸线曲折蜿蜒、岬湾相间, 主要由基岩海岸、砂质海岸、粉沙淤泥质海岸组成。

青岛处于新华夏隆起带次级构造单元胶南隆起区的东北缘和胶莱凹陷区的中南部。古生界地层及部分中生界地层缺失, 但白垩系青山群火山岩

收稿日期: 2023-05-17

资助项目: 中国地质调查局“重要经济区和城市群综合地质调查”工程二级项目“青岛多要素城市地质调查”(DD20189230)

作者简介: 朱妍(1989—), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事国土空间规划及相关学科建设方面的研究工作。E-mail: 346730918@qq.com

层发育充分,出露十分广泛。青岛市第四系覆盖物之下主要为中生代燕山晚期的艾山式花岗闪长岩和崂山式花岗岩,第四系沉积层平均厚度约 13 m。

青岛市构造以断裂构造为主,断裂构造主要为 NE 向、NNE 向和近 EW 向。自古近纪以来,区内以整体性较稳定的断块隆起为主,上升幅度一般不大。青岛地区历史上未有过破坏性地震,仅发生过有感地震。区内新构造运动幅度不大,表现为整体性抬升,构造带的新构造运动相对比较强烈,崂山

隆起还表现出间歇性特点。

2 地质环境问题分析

青岛市海岸带地区主要地质环境问题包括地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流等)、不良地质条件、海(咸)水入侵、海岸侵蚀、构造断裂、水资源短缺、水土污染等,主要地质环境问题分布如图 1 所示,海岸带地质环境问题与空间规划对策建议如表 1 所示。



图 1 青岛市海岸带主要地质环境问题分布

Fig.1 Distribution of main geological and environmental issues in the coastal zone of Qingdao City

表 1 青岛市海岸带地质环境问题与空间规划对策建议

Table 1 Geological and environmental issues and spatial planning countermeasures for the coastal zone of Qingdao				
地质环境问题	分布状况	危害性	产生原因	发展趋势
活动断裂	主要断裂3条(NE、NNE、NEE向);次要断裂6条(以NNE向为主)	隧道、地铁等工程施工中可能会发生垮塌、涌水等方面的突发事件	沧口断裂最新活动时代为晚更新世中期,以走滑活动为主。NW向断裂具有张扭性构造特征,具有很强的透水性	对断裂带认识不清,调查精度不够
地质灾害	地质灾害隐患点共299处,崩塌279处,滑坡15处,泥石流5处,主要分布在崂山、大泽山、小珠山、大珠山、铁镰山等山地丘陵区	基础设施破坏、人员伤亡、经济损失	强降雨、地质条件不稳定造成崩滑流;采石场关闭后遗留大量地下采空区	技术上,加强监测预警; 管理上,要按照“谁引发谁治理”原则,督促相关责任人落实防治主体责任; 法规制度上,制定地质灾害规划防治方案
不良地质条件(富水砂层和软土)	富水砂砾石层面积约4 814.6 km ² ,软土主要分布于在环胶州湾的滨海浅滩和部分河流的中下游,分布面积约487.2 km ²	地铁坍塌事故	富水砂砾石层结构松散,渗透性高、赋水性好,在基坑开挖时影响基坑侧壁稳定;软土易引发基坑侧壁失稳	对不良地质条件认识程度不够
水资源短缺	2018年水资源总量16.0亿m ³ ,其中地表水资源量10.6亿m ³ ,地下水总量8.303亿m ³ ,全市人均占有水资源量170.7 m ³	地下水超采漏斗、水污染、海(咸)水入侵	主要受大气降水控制;过量开采地下水	加快调水和水源工程建设,进一步加强对地表/地下水资源保护,保护大沽河水源地,推进农业节水灌溉
城市内涝	2020年累计降水量626.6 mm;入汛以来累计降水量422.2 mm。总损失约2.589亿元;2020年7月强降雨,部分地铁线路暂时停运	2007年8月暴雨,全市直接经济损失约2.589亿元;2020年7月强降雨,部分地铁线路暂时停运	特大暴雨在1971—1990年频次整体呈上升趋势,极端降水情况频现	加强城市暴雨内涝基础研究;做好排水系统规划建设
水土污染	土壤环境质量III类和劣III类土壤面积约为5.71 km ² ;花岗岩山地丘陵陵区浅层地下水水质属于III类以上的水占总面积的54.19%	重金属元素超标和水质污染会造成种植某些农作物可食部分超过安全临界值从而威胁人类生存健康	即墨、莱西市青山群地层主要与铁矿及硫铁矿中伴生的金或铜矿化有关;人类开采矿床过程中产生的污染物质进入土壤	技术上,增加大比例尺土壤地球化学调查,加强已有污染土地的生态修复治理;管理上,加强排污监管力度
海(咸)水入侵	胶州湾沿岸入侵面积最大,达417.20 km ²	供水污染、农业灌溉用水匮乏、居民饮水困难	海岸带地下水水位低且水力坡度小,含水层透水性较好;超采地下水、陆地海产养殖、上游蓄水	技术上,监测预警;管理上,严格管控不法开采地下水;法规制度上,建立节水法规
海岸侵蚀	海岸侵蚀主要发生于砂质海岸区域,如灵山湾、第一海水浴场、沙子口湾等。对于基岩海岸,岸线侵蚀后退相对较缓慢	破坏前海防潮石坝以及沿海路基,加剧岸线后退	河流上游筑库拦水,导致河流入海泥沙减少,引起海岸动态平衡破坏;海平面上升和台风暴雨等自然因素的变化也是不可忽略的	严守海岸带生态红线,加强海岸带生态修复与保护;建立海岸带侵蚀淤积监测系统

注:“—”为无内容。

2.1 地质灾害

青岛市已查明的地质灾害类型主要包括崩塌、滑坡、泥石流和采空塌陷^[3]。截至2020年5月,青岛市共查明崩塌、滑坡、泥石流地质灾害隐患点299处(其中崩塌279处,滑坡15处,泥石流5处),主要分布在崂山、大泽山、小珠山、大珠山等山地丘陵区;采空塌陷(5处)主要分布在胶州市南部和莱西市东北部地区^[4]。

2.2 不良地质条件

青岛市不良地质条件以富水砂砾石层和软土问题最为突出^[5-6]。富水砂砾石层广泛发育,主要分布于现代河流流域、冲积平原。其透水性强含水量丰富,具有一定的承压性,埋深、厚度受成因等条件控制变化较大,在主城区砂砾石层分布区埋深一般为3~5 m,厚度一般<20 m。青岛市软土以全新世海侵-海退过程中沉积的海相淤泥和淤泥质土为主,主要分布于环胶州湾滨海浅滩及胶州湾周边河流中下游,整体埋深较浅,厚度一般<12 m。

2.3 海(咸)水入侵

据最新调查数据,青岛市海(咸)水入侵主要分布于环胶州湾沿岸,其他区域零星分布。红岛经济区大沽河下游-胶州湾一带海(咸)水入侵严重,分布范围广泛,分布总面积约120.3 km²,其中,严重侵染区分布面积较大,约94.16 km²。主城区西北部入侵面积29.73 km²,鳌山湾入侵面积13.72 km²,古镇口湾入侵面积16.1 km²。

2.4 海岸侵蚀

近10年来,灵山湾附近的砂质海岸因被侵蚀而后退了约70 m,平均蚀退率约为7 m/a。据统计,自20世纪60年代以来,沙子口湾顶岸线平均后退10~15 m,最剧烈的蚀退发生在湾顶东段,岸线最大后退距离达70 m,平均每年2~3 m,仅1997年11号台风期间,湾顶东段近200 m的岸线后退了5~7 m。

近些年,海面的上升加剧了青岛市海岸带侵蚀。由于全球气候变暖,近年来海面上升速率明显高于地壳上升速率(约1~2 mm/a),未来几十年将以2.5 mm/a的速率持续上升。海面上升0.5 m,将导致湾岸线后退63.9 m,汇泉湾岸线后退64.6 m,浮山所岸线后退18.3 m。

2.5 构造断裂

青岛市NE向断裂晚更新世以来的现代活动性趋于稳定,NW向断裂较活跃,且具有张性、张扭性构造特征,具有很强的透水性^[7]。调查数据显示,胶州湾地层内存在EW向断裂,疑似沧口断裂的次生张性断裂,可能具有透水性。断裂下盘是花岗岩,上盘为青山群地层,断层的性质与周边岩层的接触关系探明或识别不清,存在一定的工程风险。据史料记载,胶东半岛及其附近地区,自公元前70年至公元2005年共发生Ms≥4级地震24次。因此,胶州湾应成为青岛城市地震活动重点监测区域之一。

2.6 水土污染

青岛市土壤环境质量状况总体较好,Ⅲ类和劣Ⅲ类土壤面积约为5.7 km²,约占总面积的0.06%^[8-9]。利用《地下水质量标准》对浅层地下水水质进行综合评价,结果表明,青岛地区浅层地下水环境质量状况明显受地质背景控制,花岗岩山地丘陵区浅层地下水质量良好。胶莱盆地第四系地层覆盖区及其边缘白垩系地层覆盖区水质较差,主要影响因素是锰、溶解性总固体、亚硝酸盐、氯化物、氟化物和总硬度。

3 地质环境问题产生原因

3.1 地质灾害

青岛市崩塌地质灾害主要为岩体的崩塌。由于低山丘陵区地势陡峻,地形高差变化大,冲沟发育。断裂带构造和裂隙发育使得组成山体斜坡的岩体在重力、地表水、地下水、震动等作用下易发生失稳而快速下落^[10]。此外,随着社会对资源需求的增加,采矿、修路与工程建设等人类活动,破坏了边坡的自然平衡,增加了崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的隐患。采空塌陷受人类活动影响最为显著。目前,青岛城市区域内所有采石场已全部关闭,但是许多采石场在关闭之前爆破的矿石没有清理,存有大量历史遗留的地下采空区,从而留下了严重的地质灾害隐患^[11]。

3.2 不良地质条件

富水砂砾石层和软土等不良地质条件,成为地

铁工程事故的重要诱发因素。青岛市富水砂砾石层主要为第四系全新统洪冲积相沉积物, 工程地质特征主要为黏性土含量低、结构松散、渗透性高、赋水性好, 通常水量丰富、多为饱和状态, 部分地段具有一定的承压性。在基坑开挖中, 富水砂砾石层会影响基坑侧壁稳定。暗挖隧道开挖通过富水砂砾石层时, 会有地面沉降和塌陷、地下水突涌等施工风险。软土具有流变性、强度低、压缩性高等特征, 基坑开挖时, 易引发基坑侧壁失稳。此外, 部分地铁参建人员对不良地质条件认识程度不足, 造成设计方案或者施工工艺与地质条件不匹配, 控制措施缺乏针对性, 进而导致灾难性的工程事故。

3.3 海(咸)水入侵

海岸地势平坦, 地下水位低且水力坡度小, 含水层透水性较好是导致海(咸)水入侵的自然条件。而人类活动影响是造成海(咸)水入侵的主要原因: ①超采地下水: 过量开采地下水导致地下水水量减小、水位下降, 是引发海水入侵的根本原因。②陆地海产养殖: 引海水进行海产品养殖, 养殖池无任何防渗漏措施, 随着养殖区向内陆的扩大, 致使海水不断向陆地入侵。③上游蓄水: 青岛市内河流为山溪型河流, 上游建有拦蓄工程如水库、塘坝, 大大减少了下游平原地区的地下水补给量, 加速了海水入侵。

3.4 海岸侵蚀

海岸建设工程通常会部分拦截入海河流输送到海岸的泥沙, 导致泥沙供应量减少。同时, 工程改变水动力条件, 引起海岸动态平衡破坏, 导致海岸的堆积过程转化为侵蚀过程。20 世纪 80 年代后期, 沙子口汉河上游修筑的九水水库, 拦蓄了上游泥沙, 加之河道挖沙等因素使得汉河每年入海泥沙总量减少约 1/3, 造成沙子口湾泥沙补给不足, 岸线急剧侵蚀后退。由于汇泉湾区域地面硬化、绿化等工程, 截留了大量入海泥沙使得沙滩不断退化, 导致青岛市第一海水浴场每年需要依靠大量的人工补沙来养护。另外, 因全球变化而导致的海平面上升和台风暴潮次数增加等自然因素的变化也是不可忽略的, 而这些因素在未来的海岸变化中将起着愈来愈重要的作用。

3.5 构造断裂

青岛市 NE 向断裂比较稳定, 但空间展布及发

育规模大, 是青岛市的主要构造框架, 代表性的沧口断裂破碎带内及近侧有多期岩脉侵入, 断裂破碎带由节理密集带、劈理带、构造岩和岩脉组成, 断裂破碎带宽度一般介于 30~60 m, 但最宽 >400 m。NW 向断裂具有张性、张扭性构造特征, 具有很强的透水性, 在海底隧道、地铁建设等开挖工程中, 极易发生隧道垮塌、涌水等方面的突发事件。施工前探测精度、分析程度不够, 对断裂带的性质认识不清也可能造成工程地质安全问题。

3.6 水土污染

土壤环境质量受自然环境和人为因素双重控制。青岛重金属Ⅲ类-劣Ⅲ类土壤环境质量和青岛地区岩性密切相关, 闪长岩的镍、铜、汞、铅等含量明显高于其余岩浆岩, 即墨、莱西市等地区地层主要为白垩系青山群地层, 而青山群地层主要与铁矿及硫铁矿中伴生的金或铜矿化有关。此外, 由于莱西市矿产丰富, 已探明的有石墨、黄金、大理石、铁、钾长石等 26 个矿种, 是中国最大的石墨生产和出口基地, 人类开采矿床过程中产生的污染物质进入土壤, 超过其自净能力, 引起土壤组成、结构、理化性质和肥力性能的劣变, 从而影响作物的正常生长, 产量和质量下降, 最终通过食物链影响人体健康。

4 对策建议

4.1 国土空间优化

青岛市区域工程地质条件较好, 地下空间开发潜力大, 地下空间资源开发需要统筹保护崂山区和城阳区矿泉水、崂山区及前海沿线地质遗迹、优质耕地等优势地质资源。地下空间开发需要关注与防范海水入侵、地下水含水层、崩滑流等地质灾害和局部软土发育等地质问题。重要含水岩组主要分布在白沙河-墨水河、张村-李村河等大小河流中下游河谷平原, 建议地下空间资源开发时需统筹保护水源地, 禁止开采地下水, 防止海水入侵, 采取措施防止水质污染。地质灾害易发点成点状分布于崂山区及周边, 建议加强灾害点发灾机制的调查与研究; 同时, 加强专业地质灾害监测预警和群策群防体系建设; 进一步加强科普宣传与人类活动的监管, 防范人为活动诱发的地质灾害。

加强青岛市规划区地质问题的调查与评估, 查

明资源禀赋特征与制约因素,加强影响地下空间资源开发利用的地质问题调查,对不良岩土体、活动断裂、地下水、海水入侵等地质问题开展专题调查与评估,进一步加强青岛市地质资源环境承载能力评价^[12]。

4.2 韧性城市建设

积极采用防治结合的原则。例如,青岛胶州市和莱西市的采空塌陷地质灾害主要是由于人为开采矿藏所致,在合理规范人类开采活动的基础上,及时对已经存在的地下采空区进行回填,以防其扩大地面塌陷的范围;对于变形较大或不宜治理的地质灾害体,要采取避让措施;实施拦挡工程,阻抗灾害体;改造、削减或彻底清除灾害体,降低损失。加强地质环境承载力研究。

建议加强以活动断裂、不良地质、海水入侵、地下水位动态变化、海岸侵蚀等为主的综合地质环境监测体系,将地质灾害、断裂带、土地质量等生态因素纳入城市规划,在城市建设过程中规避风险。青岛市是基岩城市,地质条件良好,且地下区域受外部环境的影响较小,可以更好地抵御自然灾害,因此,应加大地下空间开发力度,着力建设“地下城市”。

4.3 生态城市建设

随着青岛市快速的城市化进程和产业结构调整,建设沿海地区绿色生态廊道,保护陆域和海域生态环境,加快生态文明建设,急需加强生态环境地质调查,许多原本位于老城区内的旧工厂区、新规划的重大化工园区、临空经济区、重点生态区和重点农田保护区需要新一期的调查,进一步查明耕地质量、水土污染、湿地退化等现状和存在问题,深化对海岸带生态环境地质作用的认识。

加强地下水资源保护,严守地下水、矿产等资源开发利用红线。加快调水和水源工程建设,进一步加强地表/地下水资源保护,保护大沽河水源地,推进农业节水灌溉。大沽河、白马河-吉利河、洋河-漕汶河-岛耳河、白沙河-墨水河、风河等下游富水地段限制浅层地下空间的开发,次浅层地下空间的开发严禁破坏地下水隔水层。

4.4 智慧城市建设

以应用为导向、“陆海统筹”为特色建设“青岛市城市地质信息服务与决策支持平台”,实现“陆海

一体化、二维三维一体化、地上地下一体化”展示分析。平台可概括为“一个中心,两大系统”。一个中心即青岛市地质大数据中心,包含地质数据库、三维地质模型和数据管理与维护系统。两大系统即①地质信息辅助决策系统,辅助政府部门解决城市发展过程中遇到的地质环境问题,为城市规划、建设、运行及国土资源管理提供地质数据支撑和决策咨询^[13];②地质信息公共服务系统,按照自然资源“一张图”原则,提供公共查询服务,包括青岛市基础地质信息查询服务、基础地质三维模型查询、基础地质资料查询等功能。

4.5 相关规制、法律体系构建

青岛市地下空间开发力度较小,地下空间开发利用总量仅占地上开发总量的3%。为加大地下空间开发力度,青岛市2020年7月颁布实施了《青岛市地下空间开发利用管理条例》。建议将地质灾害纳入城市规划考虑,海(咸)水入侵、地下水位、水质监测、海岸侵蚀监测预警体系纳入相关管理条例;建议建立地质资料汇交机制,建立节水法规。

5 结论

(1)青岛市主要地质灾害类型包括崩塌、滑坡、泥石流和采空塌陷。地形高差是岩体崩塌地质灾害的主因;不良地质条件以富水砂砾石层和软土问题最为突出,砂砾石层会导致地面沉降和塌陷、地下水突涌等施工风险;基坑开挖时,软土易引发基坑侧壁失稳。

(2)海(咸)水入侵主要分布于环胶州湾沿岸,人类活动影响是造成海(咸)水入侵的主要原因。灵山湾附近、沙子口湾顶岸线侵蚀速度较快,海岸建设工程是主因。青岛市NE向断裂晚更新世以来的现代活动性趋于稳定,NW向断裂较活跃具有很强的透水性。青岛市土壤环境质量状况总体较好,Ⅲ类和劣Ⅲ类土壤面积较小。

(3)青岛市地下空间开发需要统筹保护崂山区和城阳区矿泉水、崂山区及前海沿线地质遗迹、优质耕地等优势地质资源,同时需要关注与防范海水入侵、地下水含水层、崩滑流等地质灾害和局部软土发育等地质问题。

(4)青岛市韧性城市建设应积极采用防治结合的原则,加强地质环境承载力研究与综合地质环境监测体系建设;生态城市建设应加强地下水资源保

护,严守地下水、矿产等资源开发利用红线;智慧城市建设建议加强青岛市城市地质信息服务与决策支持平台建设。

参考文献:

- [1] 王思敬. 中国城市发展中的地质环境问题[J]. 第四纪研究, 1996, 2: 115-122.
- [2] 张永双,孙璐,殷秀兰,等. 中国环境地质研究主要进展与展望[J]. 中国地质, 2017, 44(5): 901-912.
- [3] 刘海松,管勇,吕沛才,等. 青岛市地质灾害排查报告[R]. 青岛: 青岛地质工程勘察院, 2017.
- [4] 青岛市自然资源和规划局. 青岛市2020年度地质灾害防治方案[R]. 青岛: 青岛市自然资源和规划局, 2020.
- [5] 夏伟强,董杰,何鹏,等. 青岛主城区地下空间开发利用地质因素的影响评价及适宜性分区[J]. 地质学报, 2019, 93(1): 233-240.
- [6] 窦衍光,印萍,陈斌,等. 滨海基岩城市地质调查成果应用探索与理论技术创新: 以青岛市为例[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(9): 1-9.
- [7] 栾光忠,王红霞,尹明泉,等. 青岛城市主要断裂构造特征以及对城市地质环境的影响[J]. 地球学报, 2010, 31(1): 102-108.
- [8] 邹亮,窦衍光,胡睿,等. 青岛古镇口创新示范区土地质量评价及规划利用[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(9): 49-59.
- [9] 代杰瑞,庞绪贵,喻超. 山东省青岛市农业生态地球化学调查与评价[R]. 济南: 山东省地质调查院, 2010.
- [10] 刘璐. 淮南市矿山地质环境问题及防治技术研究[J]. 资源环境与工程, 2021, 35(2): 200-205.
- [11] 青岛市人民政府. 青岛市矿山地质环境保护与治理规划(2018—2025年)[R]. 青岛: 青岛市人民政府, 2018.
- [12] 徐美君,刘洪华,杨宝凯,等. 青岛市地质资源环境承载能力评价关键技术与应用[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(9): 79-88.
- [13] 冯久林,张鹏飞,宋昊成. 基于地质环境问题对襄阳市城市地质工作的思考和建议[J]. 资源环境与工程, 2018, 32(1): 93-96.

Geological environment issues and spatial planning countermeasures in the coastal zone of Qingdao City

ZHU Yan¹, WANG Milei², XUE Biying², ZOU Liang², DOU Yanguang²

(1 Human Resources Development Center, Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Beijing 100000, China;

2 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China)

Abstract: Full understanding of geological environment issues of coastal zone is related to the safety of lives and properties of local societies, which is of great significance for optimizing urban planning and land development, realizing spatial transformation and upgrading of urban development, and achieving intensive, green, and sustainable development goals. Qingdao is an important coastal central city in China, and is striving to build a globally renowned bay city; however, at present, we are facing certain geological and environmental issues. Therefore, we analyzed the state quo of the research, distribution characteristics, and the causes of geological environmental hazards in the coastal zone of Qingdao City, such as geological disasters (collapse, landslide, debris flow, etc.), adverse geological conditions, sea (salt) water intrusion, coastal erosion, fault and fractures, water resource shortage, and water and soil pollution, for which land space optimization, resilient city construction, ecological city construction, smart city construction, and relevant regulations were performed. The countermeasures and suggestions towards the establishment of the legal and regulation systems were proposed. This study provided reference for urban scientific and standardized spatial planning, and accumulated systematic and scientific geological data for regional economic and social sustainable development in future.

Key words: coastal zone; geological environment; spatial planning; urban construction; Qingdao City