

盐田港东作业区地质风险分析*

赵树光, 李孝杰

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对大型填海造地项目拟建物多、工程规模大、地质条件复杂, 较多的地质风险导致后续施工中易出现质量隐患的问题。以盐田港东作业区为例, 对项目特点、工程地质特征、深圳地区经验进行研究和 technical 分析, 在参照传统地质灾害危险性综合评估基础上, 结合项目中存在的地质风险源, 提出大型陆域形成港口的地质风险分析流程, 按此流程进行风险分析, 划分风险等级。结果表明: 项目存在吹填淤泥插板易断带、软岩区基岩顶板判定困难、桩基参数难以确定、碎石类填土桩基施工中易塌孔等4个高风险因素, 提出了风险预防措施及处理方案, 将施工过程中实际出现的问题与风险分析进行反馈, 并得到验证, 有利于施工中规避风险, 可为类似大型水运项目的设计施工提供指导意见。

关键词: 地质风险; 软土; 软岩; 地基处理

中图分类号: U652.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)03-0109-07

Geological risk of east operating area of Yantian Port

ZHAO Shuguang, LI Xiaojie

(CCCC Third Harbor ConsultantsCo., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: To large number of proposed buildings, large-scale engineering, and complex geological conditions in large-scale land reclamation projects, there are many geological risks that may lead to quality hazards during subsequent construction. Taking the east operation area of Yantian Port as an example, the project characteristics, engineering geological features, and experience of Shenzhen area are studied and technically analyzed. Based on the comprehensive assessment of traditional geological hazards and the geological risk sources existing in this project, a geological risk analysis process for ports formed on large land area is proposed. According to this process, risk analysis is carried out and the risk levels are divided. The results show that: there are four high-risk factors in the project, including the easy breakage zone of the hydraulic fill silt insertion plate, the difficulty in determining the bedrock roof in soft rock areas, the difficulty in determining pile foundation parameters, and the easy collapse of holes in the construction of gravel filled soil pile foundations. Risk prevention measures and treatment plans are proposed, and feedback analysis is conducted on the actual problems and risks analysis during the construction process, which is verified and beneficial for avoiding risks during construction, providing guidance for the design and construction of similar large-scale water transportation projects.

Keywords: geologic risk; soft soil; soft rock; foundation treatment

1 工程概况

盐田港东作业区坐落于广东省深圳市盐田区, 大鹏湾北岸, 地理坐标东经 114°17'31.1"、北纬

22°34'57.8", 位于已建盐田港东作业区规划的中段岸线, 东作业区一期工程岸线与中作业区三期扩建工程东侧岸线平行, 两端岸线相距 1 040 m,

收稿日期: 2024-09-27

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFB2604200)

作者简介: 赵树光(1982—), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事岩土工程勘察设计工作。

共用 800 m 直径的回旋圆,通过现有的盐田港区支航道连接大鹏湾天然航道进出港。中、东作业区间通过拟建的中东大桥连接贯通。项目包括水工结构和陆域建筑物,具有拟建物多、工程规模大、地质条件复杂等特点,存在较多的地质风险,会直接影响项目的质量、工期和造价,有必要对其进行研究,本文提出水运工程风险分析流程,并对项目进行地质风险分析,划分风险等级,结合部分具体案例分析高风险的原因,提出预防措施和解决方案,并在施工中得到验证,旨在为设计方案的合理确定和后续施工提供地质依据和参考。

2 工程特点

2.1 规模大、涉及范围广

项目的主要建设内容包括但不限于水工结构、工艺设施、陆域形成及地基处理、道路、堆场、房屋建筑及其配套设施等。其中水工结构包括拟建设 3 个 20 万吨级集装箱泊位,设计年吞吐能力 300 万 TEU,将建成全球领先的超大型全自动化专业集装箱码头,岸线长度 1 470 m。

后方陆域道路及堆场区包括 4 部分:已完成地基处理区、已完成堆载预压但未完成卸载区、未进行地基处理区及未填海区。

陆域单体建筑物众多,包括闸口、中控楼、设备维修配套辅助用房、前沿办公楼、变电所等数十个拟建单体,基础类型包括条形基础、筏形基础、桩基、基坑等。

2.2 地质条件复杂

陆地地貌类型为海积台地,其上覆土层为第四系全新统至晚更新统松散堆积层。海底地貌呈港湾内堆积平原,具滩槽相间特点,槽与滩高差不大,水下岸坡平缓,低潮时滩地干出,属潮间带范围。

堆场区原为海域浅滩,场地堆载预压之前,根据各区的特点被分为七大区域,分别采用开山土石挤淤、吹填港池航道疏浚土等方式形成陆域,不同的成陆方法导致各区软土厚度变化大,分布

极不均匀,最大软土层厚度达 24 m 以上。场地后期通过堆载预压处理,地层条件发生了变化,地层性质及分层均需调整。场地的填土层成分复杂、多无规律,填筑历史不同,使得人工填土(石、淤泥)层厚度不一,成分差异大,密实程度不均。另外,场地风化层起伏大,存在两种硬度的岩石,不利于桩基施工,特别是软岩的判岩标准易引起争议。

根据项目特点以及复杂的地质条件,场地存在较大的工程地质风险,需要进行风险评估。

3 地质风险分析

地质灾害危险性是在某种诱发因素作用下,一定区域内某一时间段发生特定规模和类型地质灾害的可能性。常见的评价方法有模糊综合评价法、多元回归分析法、证据权法、人工神经网络法、层次分析法、灰色关联分析法等^[1-3]。地质灾害危险性评价的主要目的是查明场地及其周边地质环境条件和现状地质灾害类型、规模、发育特点和规律;预测区域内各类工程建设过程中和建成后可能引发或加剧地质灾害的可能性,评价工程本身可能遭受地质灾害的危险性;进行地质灾害危险性综合分区,综合分析建设用地的适宜性,并提出地质灾害防治措施和建议,为区域内工程建设活动提供地质灾害方面的防灾减灾建议。

地质灾害危险性综合评估要求较高,需根据《地质灾害防治条例》等文件完成,在全面收集利用已有的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、地震地质、气象水文及隐患点周边工程建设规划等资料的基础上,进行评估区野外地质灾害综合调查,并对可能出现的地质灾害进行重点观察,确定场地区域地质灾害危险评估分级,提交评估专题报告。

地质风险分析指对项目存在的潜在地质风险源进行分析、分类评价,提出预防措施和解决方案,从而为降低地质风险提供一套科学和系统的方法。

地质风险分析的主要目标为:通过对工程中

存在的地质风险进行分析评价, 提出相对应的预防措施和有效控制措施, 为设计施工提供有效的预防措施及建议, 可有效规避各类地质风险, 更好地保证工程建设质量, 促进工程建设的有序性和安全性。

目前在隧道、高边坡、矿产和区域灾害等方面开展的地质风险研究较多, 对于水运工程特别是吹填成陆的港口项目, 地质风险分析较少, 缺乏权威的规范、技术规程和相关文献, 很多项目在施工过程中产生了具有争议性的技术问题。以福建莆田某吹填成陆的堆场项目为例, 该项目面积超过 20 万 m², 由于对吹填材料缺乏详细了解, 导致勘察阶段未能查明吹填材料中淤泥的含量, 给后续地基处理方案造成重大风险。因此需要紧密结合项目特点、地勘资料、设计施工过程中可能出现的问题、类似工程经验、地区经验等进行针对性分析, 并将风险分析成果体现在勘察成果报告中。大型陆域形成港口地质风险分析流程图见图 1。

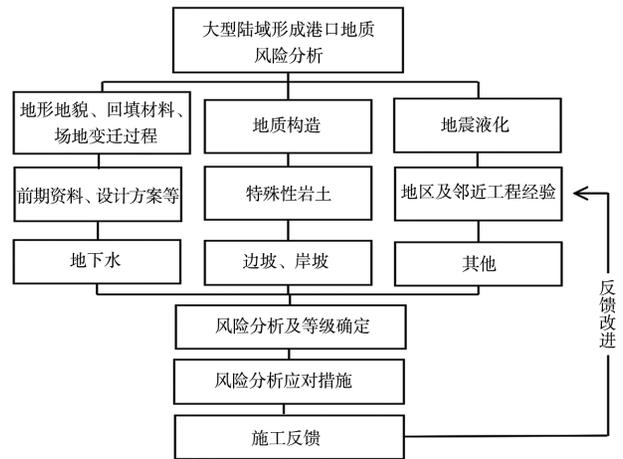


图 1 大型陆域形成港口地质风险分析流程

Fig. 1 Analysis of geological risks flow in large land formation ports

4 工程地质风险分析

在水运项目施工过程中, 编制施工方案应包括施工过程的风险分析内容^[4], 但地勘报告中很少提及。以盐田港东作业区为例^[5], 根据上述流程分析地质风险(表 1), 为设计方案和后续施工提供有效的预防措施及建议。

表 1 盐田港东作业区工程地质风险分析

Tab. 1 Engineering geological risk analysis of east operation area of Yantian Port

风险因素	可能造成的风险	预防及处理措施	风险等级
填土层的 不均匀性	拟建场地为较厚填料层, 不同区段性质差异较大, 如上部填料处理不均匀可能造成沉降和不均匀沉降, 该层中的块石碎石等对桩基施工会造成一定影响; 承载力难以确定	合理选用地基加固处理方法, 并采用适宜的方法检测加固效果, 加大检测密度。针对填料中块石碎石等, 桩基施工时采取预钻引孔等方式; 采用荷载板试验、地区经验等确定	高
软土	拟建场地分布深厚的软土层, 特别是吹填淤泥含水率高, 在上部荷载作用下, 易产生沉降和不均匀沉降, 甚至发生地基失稳; 采样难; 插板机械下沉, 插板易断带	控制后期施工程序, 进行必要的监测, 预留工后沉降; 改进取样设备, 参照地区经验提供参数; 铺设刚性支撑结构, 改装插板机械的振动锤, 插板管靴改为锥形, 插板过程中配合灌水等	高
基坑开挖	开挖深度填土层内混砂性土, 基坑开挖时可能发生流砂、管涌等现象。开挖基坑过程中原地基土层出现侧限削弱影响基坑侧壁稳定性; 填土、风化层难采样, 提供基坑参数难度大	基坑开挖时应做好降水、排水工作, 防止坑壁坍塌、坑底流砂、管涌、隆起等现象的发生。基坑开挖时不宜大量堆载; 结合地区或类似项目经验推荐合理的计算参数	高
软岩	软岩区桩基施工较快, 基岩顶板判定困难; 桩基设计参数缺乏依据	需根据施工记录、钻机速率、出渣情况等综合判定; 参照地区和类似项目经验综合判定	高
风化层易软化, 基岩起伏大	具有遇水软化的特点, 强度受影响; 基岩面坡度大, 采用预制桩时, 以基岩为持力层, 桩端进入岩层深度有限, 容易造成桩端滑移	减少施工作业时间; 桩端应进入岩层足够深度, 以免产生滑移, 参与施工判岩, 及时关注施工情况, 合理调整桩长	中等
地形地貌和周边环境	拟建码头对面为运营的泊位, 过往船只较多, 后期工程船施工过程中存在船只碰撞的风险	提前做好施工应急预案, 安排好施工工况顺序, 加强现场对现场过往船只的瞭望	中等
滑坡	拟建码头区局部区域附近存在高陡的天然边坡, 后期打桩施工引起的振动, 易产生滑坡的可能	控制堤身及坡面填筑材料, 合理设置堤身结构, 加强施工过程的监测, 合理安排施工工艺	中等

续表1

风险因素	可能造成的风险	预防及处理措施	风险等级
堤脚抛石	现有岸坡处有大量的抛石,这对后期码头后沿灌注桩施工存在影响	在桩基础施工前,先清理堤脚处的抛石	中等
港池疏浚	港池疏浚和开挖过程中,有部分区域存在礁石或岩层埋藏较浅,需要炸礁,届时带来的振动可能会影响岸坡稳定	提前做好预案和监测工作,合理安排施工工艺	中等
管线及障碍物	影响施工安全和质量	采用物探等手段进行探摸	低

4.1 填土层的均匀性

场地填土层分布极其复杂,根据回填土性质可分为6类,回填时间一般为5~10 a。其中①₁素填土、①₁₋₁填砂主要由黏性土、粉土和砂土组成,尚未完成自重固结;①₂人工填石主要由碎块石组成,填充黏性土和砂土,仅在岸边回填;①₃填土混碎石、①₄碎石混填土由黏性土、粉砂土和碎石组成,属于碎石土,碎石粒径不均匀,局部空隙大,均匀性差,承载力较好,尚未完成全部主固结;①₅粉质黏土成软塑-可塑偏软状,原为吹填形成的淤泥,后经堆载预压处理,性质有所改善,土名调整为粉质黏土,仍具有含水率高、压缩性高、均匀性差、工程性质差等特点。上述土层累计厚度大,分布规律性和均匀性较差,承载能力不均匀,在上部荷载作用下易产生滑动剪切破坏和不均匀沉降,宜采取合适的处理措施。各填土的承载力推荐值见表2。

表2 填土承载力
Tab.2 Bearing capacity of fill soil

土层序号	名称	标贯范围/击	标贯平均值/击	波速/(m·s ⁻¹)	地基承载力/kPa
① ₁	素填土	4~18	11.1	-	80
① ₁₋₁	填砂	4~19	10.9	217.81	80
① ₂	人工填石	150~750	481.5	-	80
① ₃	填土混碎石	41~750	173.8	-	80
① ₄	碎石混填土	107~375	229.2	198.61	80
① ₅	粉质黏土	4~9	6.3	219.13	80

根据表2可知,填土性质很不均匀,性质变化大,难以确定其承载力。地勘报告中提供的80 kPa承载力仅为推荐值,实际是不合理的。由于各填

土密实度差异较大,预计承载力应超过100 kPa,因此填土的承载力确定一直是个难题,特别是抛石层或碎石层,通常很难进行标准贯入试验。对于部分块径较大的碎石层,动探试验也不适用,大部分地区承载力均以查表法为主,主要针对黏性土、砂土和风化层,来源于TJ 7-74《工业和民用建筑地基基础设计规范》,该内容在2002版基础规范修订时被删除,但仍在沿用并结合区域经验进行更新,逐渐延伸到行业和地方标准。福建地区仅提供了瓦砾填土和黏质填土的承载力经验范围值,其他地区或行业规范通常缺少填土的承载力经验值,均依据经验推荐其承载力。素填土或碎石层用于成陆时,一般可满足面层承载力要求,但由于其不均匀性,易引起不均匀沉降,作为堆场应采用强夯法、碾压等方式进行加固处理,还需通过载荷板试验确定处理后的实际承载力。

盐田港东作业区填土层是整个道路堆场区的主要影响土层,根据其性质主要选择强夯地基处理方案,强夯后采用多组载荷板试验,测得的地基承载力均满足180 kPa的要求,取得了良好的效果。

填土中混碎石通常具有较大的孔隙和松散结构,钻孔桩施工过程中容易导致漏浆,从而影响桩基施工的质量和效率,这也是填土的一个高风险因素,并在施工过程中得到了验证。以项目陆域单体某钻孔桩为例,钢护筒顶高程5.375 m、底高程1.375 m(绝对高程),内径80 cm、外径90 cm,

孔内水位距离护筒顶 2.95 m, 钻进过程中在筒顶向下约 18 m 处发现有泥浆流失现象。主要原因为旋挖钻机在成孔过程中遇到块石或碎石, 发生钻头绕行或挤压等现象, 块石跟随钻头跟进, 孔壁扰动或破坏, 导致成孔不规范, 从而产生漏浆和浇筑混凝土充盈系数过大, 因此需要改进施工工艺, 包括对施工工艺进行验证, 采用钢护筒和优质泥浆护壁或采用冲击钻等工艺进行施工。

4.2 软土

在上部荷载作用下, 深厚软土层极易导致工后沉降和次固结沉降, 甚至发生地基失稳。场地吹填成陆后被切割成不同的小区, 各区软土厚度、性质不均匀。局部叠加厚度大, 最大软土厚度超过 24 m, 存在较大的沉降风险。以盐田港三期工程及扩建工程为例^[6], 通过挖除港池淤泥吹填形成陆域, 吹填料含有大量的砂料, 泥砂混合, 软硬不一, 从而形成复杂的地层。根据地区经验, 一般采用插板和堆载预压, 施工中试验区全部下沉至淤泥面以下, 无法进行后续工作, 软硬互层由此排水板产生高达 20% 损耗的回带、断带问题尤为严重。为解决上述问题, 分别采取了铺设刚性支撑结构、改装插板机械的振动锤、插板管靴改为锥形、插板过程中配合灌水等措施, 最大工后沉降均小于 10 cm, 取得了良好的地基处理效果。

堆载预压处理后, 场地分布的吹填淤泥层转变为①₅ 粉质黏土, 其性质已明显改善。后期堆场及浅基础区选择强夯或冲击碾压等地基处理方式^[7], 根据现场载荷板试验和监测数据结果, 地基处理取得了较好的加固效果, 其承载力和变形均满足要求, 最大限度地降低了软土对工程产生的风险。

软土特别是吹填淤泥和流泥难以采取原状土

样。流泥的土质极软, 采取原状土样难度非常大, 导致缺乏相关的指标, 且相关经验缺乏, 不利于开展设计工作, 因此, 通过改进取样设备, 采取部分原状土样, 搜集经验数据^[8-10], 结合项目的原位测试数据(现场十字板剪切、微小十字板、静探)等, 提供抗剪强度等经验值。

4.3 基坑开挖

陆域部分单体为基坑工程, 开挖深度填土层内混砂性土, 基坑开挖时可能发生流砂、管涌等现象。开挖基坑过程中原地基土层出现侧限削弱影响基坑侧壁稳定性。

对于基坑来说, 土层参数的选取至关重要, 填土及风化层难以采取原状样且缺少经验, 提供指标的难度大, 影响设计进度, 如提供的参数不合理易产生各种质量风险。以盐田港东作业区中控楼为例, 项目结构类型为框架剪力墙, 具有地下结构, 基础埋深 5.4 m, 基坑安全等级为三级。基坑开挖及影响深度内的土层为①₃ 杂色填土混碎石; ①₄ 杂色碎石混填土, 均为前期人工回填形成; ①₃ 杂色填土混碎石以黏性土和砂性土为主, 混不规则石块; ①₄ 杂色碎石混填土以碎石块为主, 块体坚硬, 间隙充填黏性土和砂性土; ①₃ 和 ①₄ 互相交替混合。基坑开挖打破了土体原有平衡, 易产生侧向位移, 拟建场地较空旷, 总体基坑周边环境条件较为宽松, 具备放坡开挖条件, 开挖深度一般较小, 坡率允许值可取 1:2.0。由于 ①₃ 杂色填土混碎石, ①₄ 杂色碎石混填土无法采取原状土样进行室内渗透试验, 也无法获得土层渗透系数。根据地层揭露情况, 很难通过室内试验确定参数, 除少数水文参数可通过抽水试验等方法确定, 其他参数均需依据经验确定。基坑影响范围内土层设计参数需充分结合地区或类似项目经验推荐, 见表 3。

表 3 中控楼基坑设计参数
Tab. 3 Design parameters of foundation pit of central control building

土层序号	土层名称	标贯击数/击	天然密度 $\rho/(g \cdot cm^{-3})$	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^{\circ})$	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$	土体与锚固体间粘结强度标准值 q_{sik}/kPa
① ₁	褐红色素填土	-	1.79	25.1	17.7	2.00*	16
① ₁₋₁	灰色填砂	27	1.91*	9.7*	30.7*	40.00*	30
① ₃	杂色填土混碎石	-	2.00	8.0*	20.0*	50.00*	60
① ₄	杂色碎石混填土	-	2.05	5.0*	25.0*	70.00*	70
③ ₂₁	灰黄-灰色中粗砂	23~29	1.95*	4.0*	35.0*	30.00*	90
⑤	褐黄色残积土	15~28	1.87	23.5	25.6	0.05*	55
⑨ ₁	全风化花岗岩	31~49	1.89*	18.4*	28.0*	0.05*	90
⑨ ₂₋₁	砂土状强风化花岗岩	>50	1.93*	19.5*	30.0*	0.05*	150
⑨ ₂₋₂	碎块状强风化花岗岩	≥50	2.25*	-	-	-	200
⑨ ₃	中等风化花岗岩	-	2.35*	-	-	-	500

注：* 值为经验值。

4.4 软岩

常见的软岩有砂岩、泥岩、角砾岩、绿泥石片岩、黏土岩等。分布在盐田港东作业区东侧的中等风化角砾岩层，为典型的软岩类型，主要的地质特征为：棕红色、稍湿、坚硬，碎屑结构，块状构造，原岩结构较清晰，节理裂隙发育，一般呈短柱状，局部风化呈碎块状。岩石饱和单轴抗压强度平均值为 5.4 MPa，标准值为 3.8 MPa，为极软岩，岩体完整性指数为 0.38~0.54，岩芯较破碎，岩体基本质量等级为 V 级。典型的岩芯照片见图 2。



图 2 中等风化角砾岩典型岩芯照片

Fig. 2 Typical core photo of moderately weathered breccia

在工程实际中，软岩区钻孔灌注桩施工速度较快，给基岩顶板判定造成困难，往往根据速率判断岩性，特别是当每米的钻进速率过快会将软岩误判为土层，导致施工判岩存在争议，影响项目的正常工期，国内外已有多个类似案例，给项

目正常施工带来风险。

盐田港东作业区码头区桩位 A7~78 存在类似的问题，该桩直径为 1.4 m，采用旋挖钻进，根据钻探资料揭露，在-34.3 m 以下为中等风化角砾岩。根据施工记录表，每米的钻进时间均小于 10 min，且钻孔返回渣样与传统的硬质岩石差异大，渣样见图 3。经核实，地勘与实际地层一致，主要原因为：软岩在水下施工过程中，受浸水及钻头钻进过程中摩擦扰动的影响，具有软化的特点，渣样会呈泥化，易引起误判。



图 3 中等风化角砾岩典型渣样照片
Fig. 3 Typical slag sample photo of moderately weathered breccia

软岩区另外一个风险因素为软岩桩基承载力的确定,承载力将直接影响终孔标准,进而影响项目成本。硬质岩石的判岩相对简单,当由土层进入岩层时,钻机反应较为明显,而软岩反应不明显,导致软岩顶板难以明确判断,这就需要将桩基承载力作为终孔的主要因素,即确定桩基进入软岩的具体深度。硬质岩石桩基端阻力标准值一般可达 10 MPa 以上,《建筑桩基技术规范》以及常见的地区规范一般都没有软岩的桩基参数推荐值或经验值,地区规范中仅有广西地区提出软岩桩基端阻力经验值,确定软岩桩基承载力的主要依据有地区经验、出渣情况、钻进速率、渣样点荷载、桩基静载、大应变试验等因素,或选择典型区段进行桩基试验,进一步验证参数的可靠性,A7-78 桩即采用该方法进行处理。在满足承载力前提下,即使钻进速率快,也不必因入岩深度过大造成不必要的浪费。

其他中低地质风险因素已有丰富的处理经验,或风险存在可能性小,如根据现场成陆的特点,地下管线存在风险的可能性较低,未进行重点分析。

5 结论

1) 盐田港东作业区包括水工结构和陆域建筑物,具有拟建物多、工程规模大、地质条件复杂等特点,有必要对地质风险进行分析。

2) 地质风险分析可为设计施工提供有效的预防措施及建议。

3) 本文提出大型陆域形成港口地质风险分析流程,以盐田港东作业区作为案例,提出 10 个风险因素,并进行风险等级划分,其中填土层的不均匀性导致桩基塌孔以及软岩的终孔标准导致施工判岩争议等问题已在后续的施工中出现,按提出的预防措施给予解决,并得到了验证。

4) 对于大型水运工程项目,应加强地质风险因素分析,降低风险给项目带来的危害和损失,更好地保证工程建设质量,特别是高风险因素应

引起重视。水运项目应不断积累风险分析经验。

参考文献:

- [1] 姚万森,王文川,闫永新,等. 浅谈 1:5 万地质灾害风险调查评价:以兴隆县为例[J]. 河北地质, 2022(3): 24-30.
YAO W S, WANG W C, YAN Y X, et al. A brief discussion on 1:50 000 geological hazard risk investigation and evaluation: taking Xinglong county as an case [J]. Hebei geology, 2022(3): 24-30.
- [2] 胡现振,付少杰,迟宏庆,等. 基于层次分析-信息量耦合模型的地质灾害风险评价:以河北省武安市为例[J]. 中国地质调查, 2023, 10(5): 109-117.
HU X Z, FU S J, CHI H Q, et al. Geological hazard risk assessment based on AHP-information coupling model: a case study of Wu'an City in Hebei province [J]. Geological survey of China, 2023, 10(5): 109-117.
- [3] 赵海亮. 基于层次分析法的矿山地质风险评价研究[J]. 世界有色金属, 2024(7): 133-135.
ZHAO H L. Research on mine geological risk assessment based on analytic hierarchy process [J]. World nonferrous metals, 2024(7): 133-135.
- [4] 武铮. 港口工程施工中的危险源辨识和控制分析[J]. 江西建材, 2015(21): 109.
WU Z. Identification and control analysis of hazards in port engineering construction [J]. Jiangxi building materials, 2015(21): 109.
- [5] 易阳,杨锋,赵树光,等. 深圳港盐田港区东作业区集装箱码头工程一期工程勘察测量项目岩土工程勘察报告[R]. 上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2022.
YI Y, YANG F, ZHAO S G, et al. Geotechnical investigation report for the first phase of the container terminal project in the east operating area of Yantian Port Area, Shenzhen Port [R]. Shanghai: CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., 2022.
- [6] 刘成民,戚玉红. 塑料排水板在盐田港工程中的应用[J]. 港工技术, 2009, 46(3): 42-43.
LIU C M, QI Y H. Application of plastic drainage board for Yantian Port [J]. Port engineering technology, 2009, 46(3): 42-43.

(下转第 138 页)