

西部特殊景观区钻探取样技术展示

王 达

(中国大陆科学钻探工程中心,北京 100011)

摘 要:针对西部特殊景观区海拔高、地势险峻、地形地质条件复杂、自然条件恶劣、地理位置偏远、交通不便等问题,我国科研人员经过多年努力,开发并完善了一批适合于特殊景观区的钻探技术——空气组合钻探技术、水文水井泡沫增压钻探技术、复杂地层钻探取样新技术、液动潜孔锤钻进技术、特殊地层取样钻机及钻探工艺、节水钻探新技术、新疆吐鲁番铀矿勘探及罗布泊环境科学钻探用取样工艺、西部特殊景观区资源勘查及重大建设工程中地质灾害监测和防治新技术、存储式多点连续测斜仪等,介绍了各项新技术的原理、研究进展及取得的成果。

关键词:西部特殊景观区;钻探;勘查;空气组合钻探;泡沫增压钻探;液动潜孔锤;节水钻探;环境科学钻探;地质灾害;存储式多点连续测斜仪

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**C **文章编号:**1672-7428(2005)01-0001-05

Summary of Drilling Sampling Tech. at Special Sightseeing Areas in West China/WANG Da (Chinese Continental Scientific Drilling Engineering Center, Beijing 100011, China)

Abstract: Being dead against the problems of high altitude, rugged topography, sophisticated geological conditions, severe natural conditions, remote geography location and inconvenient traffic in special sightseeing areas of west China, the researchers and engineers in our country developed, through several year efforts, a batch of drilling techniques suitable for special sight area, including air combined drilling technology, water well drilling technology with foam pressure increase, complicated formation sample drilling technology, hydraulic down hole hammer drilling technology, sampling rig and drilling techniques in special formations, environment drilling techniques, water save drilling technology, geological disaster control technology, memory multi-shot deviation measurement device, and so on. The work principles of above technology, research advancement and achievement were introduced briefly.

Key words: special sightseeing areas in West China; environment scientific drilling; perambulation; air combined drilling; drilling with foam pressure increase; hydraulic down hole hammer; water save drilling; geological disaster; memory multi-shot deviation measurement device

2004 年 11 月 24 ~ 26 日,中国地质调查局在北京召开了“西部特殊景观区勘查技术报告会”。会上,展示出来的钻探技术在西部地区的应用,同样取得了突出的进步。

所谓西部特殊景观区是指中高山深切地形、高原高寒湖泊沼泽、低山干旱荒漠戈壁、岩溶石山、黄土高原、热带雨林等 6 大特殊景观区。这些地区有很多地方海拔高、地势险峻、地形复杂、自然条件恶劣、地理位置偏远、交通十分不便,在这些地区开展地质调查工作,特别是钻探施工作业有极大困难,有些地区甚至无法进行钻探施工。

在这些地区进行钻探施工,对装备和钻探技术有特殊要求。首先应有安全可靠和快捷经济、高性能的运输装备,其次要有便于搬迁和组装的功能齐

全的轻便化钻探设备及增压装置或电力驱动及轻便钻具,还要配备适合高原条件的的生活装备和劳动保护装备,以及物资保障,在极端缺水的地区还要采用节水的钻探技术等。

科研人员经过多年努力,开发并完善了一批适合于特殊景观区的钻探技术。

1 空气组合钻探技术

空气组合钻探工艺研究以中国地质科学院勘探技术研究所为主完成,是为了满足新一轮地质大调查地质钻探需要和进一步提高我国地质钻探综合水平而研究的一种新型钻探技术。它是将当前先进高效的空气钻进与绳索取心钻探技术有机地结合起来,达到因地施钻、满足地质要求、提高钻探效率、降

收稿日期:2004-12-20

作者简介:王达(1943-),男(汉族),天津人,中国大陆科学钻探工程中心主任兼现场总指挥,中国地质学会副理事长、探矿工程专业委员会主任委员,《探矿工程(岩土钻掘工程)》编委会主任,中国地质调查局原党组书记、副局长,探矿工程专业,从事科学钻探、钻探设备和钻探技术的研究、工程勘察与地基基础工程施工的生产技术管理工作,北京市德外黄寺大街 24 号院 21 号楼,(010)51632300,wda@ccsd.org.cn。

低钻探成本的最终目的。这套技术包括空气反循环连续取样钻探技术,空气反循环连续取心钻探技术,空气正循环取心钻探技术(含空气正循环提钻取心钻探技术、绳索打捞空气潜孔锤取心钻探技术)等。

由于西部地区干旱缺水,地层破碎漏失,如果采用液体作为循环液的钻探方式,仅供水的费用将占总施工费用的 30%。目前西部许多取心钻探施工过程中需要配备专门的施工供水车,有的要到离工地几十公里以外的地方拉水,但水源难以满足生产需要。另外,采用水钻的钻探效率要比空气取样钻探效率低 50%~100%,常规钻探的成本是空气钻探成本的 2~3 倍。今后几年我国中西部地区钻探工作量将超过 100 万 m(成本 400 元/m)。如果有 40 万 m 的钻探工作量用空气组合钻探方法完成,每米成本节约 200~250 元,可节省直接钻探费用 0.75~1 亿元。

特殊景观地区地质条件及地理环境对采用以液体作为循环介质钻探施工带来极大的实际困难,空气作为无处不在的特殊介质为人类在无水地区实施钻探活动提供了物质保障。因此,应充分利用空气的优点,采取取心取样并举的组合钻探技术,“因地施钻”,必将为加速我国特殊景观地区的地质调查发挥重要作用。特别在我国已经开始实施的“危机矿山接替资源勘探”施工中,充分利用以压缩空气作为循环介质的地质找矿钻探取心取样钻探技术,不仅可大大加快勘探速度,而且将为国家节省大量的费用。

建议国家有关部门应加大空气钻探设备、器具及应用的扶持力度。地质人员应改变观念,修订规范,在地质编录过程中接受采样质量更好的岩屑样品。

2 水文水井泡沫增压钻探技术

该项目以吉林大学建设工程学院牵头完成,主要技术创新点是泡沫增压装置(见图 1)。该装置利用普通泥浆泵,将低压空压机的压缩空气和泡沫液加压后,作为钻井的冲洗介质。这项技术适用于西部干旱地区施工深水井,进一步改进后还可以配合潜孔锤施工矿产勘查取心取样钻探。

研究人员通过理论研究和试验分析,在缸体与气阀结构设计方面有所创新,已获国家专利。与国外同类装置相比,容积效率大幅提高,与进口高压空压机比较压力可提高 1.0 MPa,成本降低 119 万元,功率减小 88 kW;与进口增压机比较压力可提高 1.0

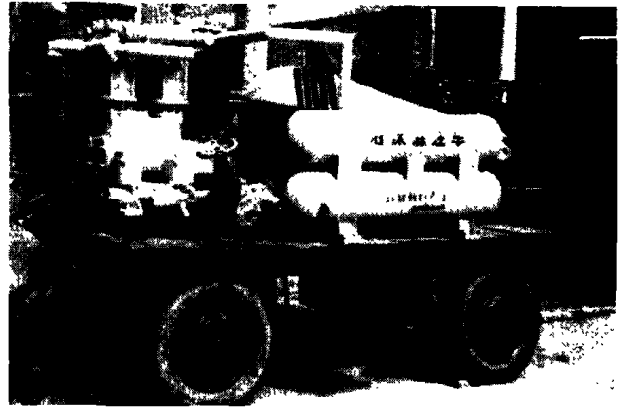


图 1 泡沫增压装置实物图

MPa,成本降低 138 万元,功率减小 115 kW。该技术总体技术水平和主要技术经济指标达到国际领先水平。经野外生产试验,取得了显著成果。在 618 口井中大量推广使用后,创产值近亿元,其中外汇 423.7 万美元,为支援西部开发和老少边穷地区作出了贡献,获得了巨大的经济社会效益。该项目已荣获国土资源一等奖。

3 复杂地层钻探取样新技术

复杂地层钻探取样历来是钻探技术的难题,中国地质科学院探矿工艺研究所的科研人员针对坍塌掉块地层(砂卵石层、堆积体、松散土层、缩径的地层)、冲洗液漏失地层(裂隙发育的地层,有洞、孔、地下暗河等的地层)的复杂特征,研究开发了冲击式金刚石取心跟管钻进技术,煤系地层钻探取样技术,屏蔽式孔底双循环取心技术等方法,大幅度地提高了钻进效率,提高了岩心采取率和取心质量。可以供现场技术人员在遇到类似情况时,根据复杂地层的具体情况,采用不同的钻进取心工具和钻进技术工艺。

4 液动潜孔锤钻进技术

我国从 20 世纪 50 年代由地质部勘探技术研究所(现中国地质科学院勘探技术研究所)开始进行液动锤的研究,之后长春地质学院(现吉林大学建设工程学院)等单位也进行了此项技术的研究。80 年代初在小口径岩心钻探中大规模地推广应用,并取得了良好的经济效益。据统计,我国使用液动锤累计进尺近 100 万 m,其中约 60% 为金刚石液动锤钻探,其余为硬质合金或牙轮钻头液动锤钻探。大量的小口径金刚石液动冲击回转钻探生产实践证明,液动冲击回转钻探是增加硬岩破碎烈度、预防钻孔弯曲、节约钻探成本的有效措施。与常规的回转

钻探相比,钻速至少提高 20%~60%,回次进尺长度可增长 10%~20%,钻头寿命可延长 10%~25%,综合钻探成本可降低 10%~15%。

多年来应用液动锤的成功经验表明,使用液动锤钻进技术是解决西部特殊景观区钻探施工技术难点最直接、最经济有效的技术手段。具体表现在以下几点。

(1)使用方便,安全可靠。使用液动锤无需对现场设备作任何改变,常规的泥浆泵即可满足液动锤的工作要求。液动锤设计、选材及加工时将外管的强度作为首要因素来考虑,另一方面,由于某种原因导致液动锤不工作时也不影响正常钻进,此时可以当作常规的回转钻进继续进行。

(2)钻进时效大幅度提高。由于液动锤产生的高频冲击作用,使岩石产生体积破碎,因此使得钻进时效大幅度提高。

(3)岩心堵塞明显减轻,回次进尺增加,岩心采取率大幅度提高。液动锤产生的高频脉冲载荷有利于岩心进入岩心管内,从而大大缓解岩心堵塞现象,增加回次进尺。由于岩心能够顺利地进入岩心管,避免了岩心在进入岩心管前的磨损,这样便保证了岩心采取率。

5 特殊地层取样钻机及钻探工艺

地质调查取样钻机在国外发达国家发展较早,种类很多。我国地质取样钻机起步于 20 世纪 70 年代,主要有 JD-2、JD-2B、争光 10、争光 10-1、JD-30 型取样钻机, HZ10 型回转式全自动海洋取样钻机, ZH10 型振动式全自动海底取样钻机等。这些钻机在过去地质普查工作中发挥了很大作用,但是也存在一些缺点,如钻机的动力源为小型汽油机,在野外尤其是酷热和严寒地区的启动性和耐寒性较差;钻进方法简单。80 年代后,随着地质勘查工作的锐减,市场对这种钻机的需求量减少,所以这些取样钻机早已停止生产。

随着国民经济发展的需要,新一轮地质大调查工作的深入开展,西部大开发正成为地调工作的重点,而该区具有地质条件复杂、地层坚硬的特点,难以钻探和取样。20 世纪 90 年代末,北京探矿工程研究所承担了 TGQ 系列取样钻机(具)的研究。钻机采用分体式变速箱设计,有两种转速,更换部件方便,可满足不同钻探工艺方法的需求,拓宽了地层使用范围。钻机结构简单、易操作、质量轻,可拆装性强,既能取土样,又能取岩样;动力机可靠性高、效率

高。但不足之处是:取土样与取岩样的减速箱是分体的,土层、岩层交错的地层取样必须更换减速箱,操作很麻烦;不能满足特殊地层取样的要求。

针对永冻层、软硬互层、砂砾层、硬脆碎地层这 4 种特殊地层取样,拟研制一种多功能钻机,采用回转和潜孔锤冲击钻进的复合工艺,钻机有 3 种不同的回转输出速度,分别适合软、中、硬地层取样,同时附加冲击来实现对永冻层及砂砾层的取样,配上高钻速螺旋钻具、射流式取心工具及软土层的动力式取土样工具,具有体积小、质量轻、拆卸、搬运方便、坚固耐用的特点,适用于多种地层的化探、物探、地质普查取样钻进。

6 节水钻探新技术

西部多为地表无水、地下浅部漏水的地区,冲洗液清洁孔底、冷却钻头后,携带岩屑上返将漏失掉。堵漏材料将造成环境污染。顶漏钻进则浪费大量地表水,增加成本,而且可能诱发事故。而深部往往有水。不消耗宝贵的地表水,利用地层水实现孔内局部循环并保证高水平的钻探效率,将是最经济、最环保的钻进方法。尤其在我国西部缺水地区。利用地下水局部循环来完成钻井作业是一个创新的思维。

自 2003 年开始,中国地质大学(武汉)在中国地质调查局的支持下,与俄罗斯合作立项开展“节水钻探新技术”的研究。

节水钻探新技术主要由“加在地表泥浆泵出水阀上的脉动器”和“孔内潜水泵钻具”两部分组成(见图 2)。当整个系统(地表泵、管线和孔内钻具)充满了水之后,来自地表泵的水力压力脉冲驱动潜水泵柱塞,把柱塞下方的液体经出水阀排入岩心管。地表泵的活塞反向行程时,来自高压管线的承压液体打开脉动器的反向阀进入地表泵活塞缸。这时潜水泵吸入孔内岩心管外环空间的水,从而完成了一次孔底的局部循环。由于地表泵压出的地表水仅作为传递水力脉冲的载体,并不参加孔底循环,也不接触漏失地层,所以可实现基本不消耗地表水的节水钻探。为了不消耗地表水,必须尽量防止钻杆接头处的漏失。在生产试验中取得了使钻进过程用水量下降 80%~90% 的成果,而且钻探效率明显提高。

试验第一回次用硬质合金钻头,地层岩性为 8~9 级硅质灰岩,21 min 钻进进尺 0.13 m,地表压力表指针在 0.5~5 MPa 间摆动,说明孔底潜水泵工作正常。起钻后发现取粉管中存有大量岩粉,说明孔底局部循环良好,有足够的冲洗强度,甚至把以前孔

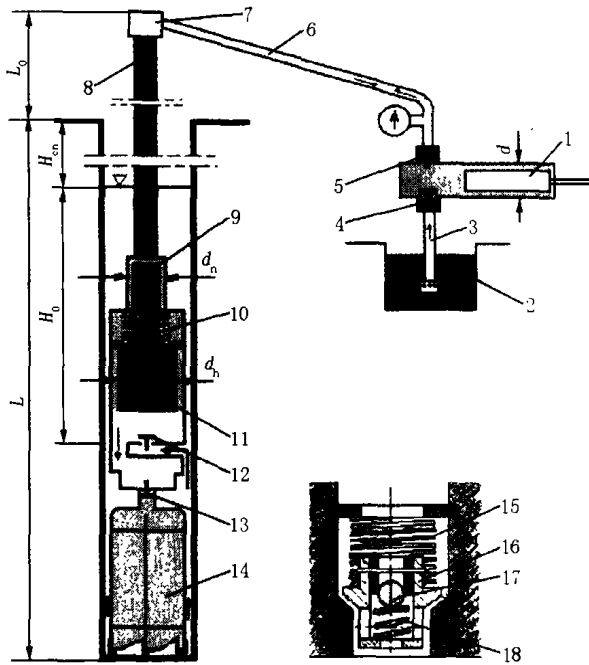


图2 节水钻探技术原理示意图

1—水泵活塞缸套;2—泥浆池;3—吸水管;4—吸水阀;5—排水阀;6—送压管路;7—水笼头;8—上部钻杆;9—潜水泵柱塞;10—压缩弹簧;11—柱塞;12—潜水泵吸水阀;13—潜水泵出水阀;14—钻具;15—脉动器弹簧;16—脉动器阀体;17—反向阀;18—反向阀弹簧

内沉淀的岩粉也都排出。整个钻进过程基本没消耗地表水,说明该钻具能达到节水钻进的目的,且提高钻探效率。

在整个生产试验过程中,由于钻具组合中一直带着取粉管,所以人们原先担心的岩粉埋钻事故并没有出现。

为了防止出现孔底岩屑埋钻事故,还开发了“多功能防事故接头”;为了提高效率开发了不用地表水驱动的“节水钻探液动冲击器”。

节水钻探技术有十分广阔的推广应用前景。

7 新疆吐鲁番铀矿勘探及罗布泊环境科学钻探用取样工艺

吐鲁番铀矿区位于盆地西南缘,试验区内为典型的戈壁砾漠地貌,交通不便,区内干旱少雨,夏季最高气温 52°C ,冬季最低温度 -18°C ,最大风力12级,需自备电站和水车运水。

罗布泊环境钻探的工地,位于塔里木盆地东南部,处于罗布泊风蚀湖积平原。区内无饮用水,需从若羌县拉运。气候属大陆性暖温带荒漠干旱气候,年降雨量 22.2 mm ,年蒸发量 2902 mm (是降水量的130.7倍)。无霜期194天,最低气温 -27.2°C ,最高气温 43.6°C ,全年盛行东北风,风灾频繁。

该地区钻探存在的主要问题是:在胶结松散、振动易碎的地层中,取心率很低(10%~30%),地层被分选,上下层位颠倒无序。这些问题一直困扰着钻探界的技术人员,曾特邀乌兹别克钻探专家来华指导,但无好的办法。专家说“松散砂砾石层钻进取心,前苏联钻探界曾投入大量人力、物力,历时30多年,至今未找到很好的方法。”

北京探矿工程研究所针对上述问题,研制了射流式双管钻具,在吐鲁番铀矿勘查现场应用后,不但岩心采取率高,而且能保持地层原状的结构,原来传统钻具所取出的岩心,仅有几个砾石,松散胶结物皆被冲蚀、磨损,已毫无代表性,用射流式取心工具采取的岩心为柱状,采取率为90%以上,地质资料被完整地采取上来。由于提供的矿心准确、可靠,为国家的战备物资铀矿的储量评价提供了科学依据。国内的地质学家十分满意地称赞道:“这种取心工艺解决了世界性的难题。”

采用的技术途径主要有:

(1)成心。采用一种抗涡动的钻头,钻进时无横向振动,使岩心能形成柱状,防止振动破坏岩心柱,使其平稳地进入内岩心管。

(2)护心。首先是防止岩心根部被冲洗液冲蚀,采用特殊的隔水装置,冲洗液只能沿底喷水眼进入孔底,而不直接冲刷岩心。其次是防止岩心磨损,由于岩心的自重,岩心之间互相磨损,影响岩心的采取率。采用射流式取心工具,靠喷射泥浆产生负压,给内管中岩心一个上浮力,使岩心悬浮在液体中,岩心之间不发生相互摩擦,有效地提高岩心采取率。

(3)采心。回次终了提取岩心时球阀密封回水通道,减小岩心上液柱的压力。扭断岩心时由于卡簧内有耐磨材料,能牢靠地卡住岩心,不致脱落。

该技术也曾应用于罗布泊环境钻探,但存在岩心均化,岩心结构被扰动,部分地层采取率不高,个别盐层、石膏层无法采取矿心等问题。对此,课题组研制了冲击活塞式取样器,采用冲击压入式取心技术,在钻具不回转的条件下,以高速度将内岩心管压入土层,同时内岩心管内的活塞排出岩心管的水到顶部,以防止土(岩)心被冲蚀和扰动。在取心过程中,该活塞可以把作用在岩心上的背压减小到最小。土心采取使用翻板式采取器,一次取土样长度可达 $3\sim 9\text{ m}$,取样直径为 62 mm (扩大后可达 100 mm),取样深度可达 1000 m ,通过初步试验,所取出样品完整、采取率高、不扰动,满足环境科学的需要,基本上解决了上述问题。

射流式取心器和冲击活塞式取样器的使用,将会提高我国资源和环境科学研究的水平。

8 西部特殊景观区资源勘查及重大建设工程中地质灾害监测和防治新技术

西部地区是我国生态地质环境脆弱区。随着西部大开发战略实施,人类工程活动将大大增加,目前,许多兴建的西部铁路、公路线路通过地段地质条件复杂,是地质灾害的多发区,由于大规模的开挖将引发滑坡、崩塌等地质灾害,而随意弃土石将引发泥石流灾害。此外,西部地区城镇化加强引发了不少严重的地质灾害。西南、西北不少县城,甚至城市坐落在滑坡体或泥石流堆积体上。目前地质灾害的监测技术,大多还依靠精度低、效率低、成本高的常规手段,对近年来发展起来的自动化程度高、精度高、相对成本小的新技术、新方法(如高精度全球定位系统 GPS、高精度干涉综合孔径雷达及激光监测技术等)的推广应用不够。同时,目前对工程造价低,施工简便,抗灾和防灾效果好,可靠性高的新技术、新方法的研究不够,使得绝大部分地质灾害防抗灾工程无法实施。

中国地质科学院探矿工艺研究所近几年来开发了 QXY - II 型钻孔倾斜仪、高精度多功能钻孔倾斜仪、BHT - II 型光纤滑坡推力测量系统、CQ - 2 型光电连续测斜仪、压电陀螺测斜仪、定向岩心采取装置、BCT - 1 型崩塌滑坡变形自动化监测系统、DZ - 1 型地质灾害土层含水量测试仪、DMY - 1 型激光隧道断面测量仪等一系列监测仪器。还开发了基于 GPS 和 GPRS 的监测预警工程软件,主要功能有:(1)滑坡基础数据管理;(2)治理工程概况;(3)监测基本方法与仪器管理;(4)监测数据管理;(5)监测预警;(6)历史档案查询等。

在巴东黄土坡滑坡位移监测、成南高速冯店段高边坡变形位移监测、国道 318 线二郎山—康定段滑坡监测、内宜高速边坡稳定监测、上海地铁一号线人民广场站变形测量、成渝铁路白庙子隧道监测、丹本高速全线隧道变形监测、重庆奉节县城区刘家湾滑坡监测等工程中获得成功应用。

9 存储式多点连续测斜仪

钻孔(井)弯曲度的测量是检测钻探工程施工质量的重要指标。这一工作的好坏取决于测量方法和仪器的优选。我国从 20 世纪 50 年代起就开始钻孔测斜仪的引进和研制,发展到现在可归纳分为磁针罗盘式、磁针电位器电测式、磁通门加速度计电测式、照相式、陀螺定向式、环测导向式、光电式、磁阻加速度计式等类型,传输方式分有线与无线两种,有线传输方式,需要电缆、绞车,较笨重,而利用电磁波、泥浆脉冲作为数据传输介质的随钻量测技术,传输稳定性不好、操作繁琐、售价高,现场使用问题较多。利用磁阻加速度计式的时空多点连续存储式测斜的新方法将是一种解决钻孔弯曲量测技术的发展方向,并为定向钻进、岩心定向取心提供性能更为可靠的技术手段。

中国地质科学院探矿工艺研究所研制开发了存储式多点连续测斜仪,仪器能够快速、多点连续测量,消除测量误差,取得准确的测量数据,对需要加密测斜的钻孔尤为适用。仪器结构简单、耐振性强、操作简便、故障少、精度较高,探管测斜采用磁敏感测量元件,同时实现钻孔倾角与方位角的测量。测量数据依靠存储器录取,不需顶卡的装置,消除了产生的位移误差,提高了精度,克服了电缆笨重、易损坏、易受电磁干扰、信号传输远等问题。与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较,具有很强的实用性;同时该仪器成品成本低、使用方便、应用广泛,在钻探及监测领域具有非常广阔的销售市场。

10 结语

我国探矿工程技术在 20 世纪 80 ~ 90 年代经历了辉煌的发展之后,进入了一个低迷紧缩的时期,现在面对经济高速发展后产生的资源短缺、环境恶化的局面,地质找矿工作将有一个新的发展机遇,同样这个机遇期也会给探矿工程事业的发展提供一个良好的环境。几年来地质大调查所研究开发的新技术,特别是西部特殊景观区的技术进步,将会大有用武之地。

大连松木岛港正式开建 年吞吐能力为 1200 万吨

【大连晚报】消息 位于瓦房店市炮台镇的大连松木岛港正式开工建设,该项目预计总投资高达 78 亿元,全部建成后的设计年吞吐能力为 1200 万 t。大连松木岛港的开发建设标志着环渤海港口群中一个新兴港口的崛起。据了解,在大连松木岛港的总体布局规划中

将包括 12 个泊位,其中 3 万吨级集装箱码头 3 个;1 万吨级杂货码头 3 个,1 万吨级滚装码头 3 个,3000 吨级杂货码头 3 个。目前开工建设的一期工程将包括 2 个 1 万吨级滚装码头和一个 3000 吨级杂货码头,预计建设周期为 18 个月。