

现代港口土建施工新技术应用

李海龙

天津港航工程有限公司 天津 300457

摘要:在现代港口建设蓬勃发展的当下,本文聚焦现代港口土建施工新技术应用,涵盖地基处理、主体结构施工、施工智能化与机械化、绿色施工等多方面。详细阐述深层搅拌加固、大跨度梁板预制安装、施工机器人、节能施工等关键技术原理、操作要点及应用效果。这些新技术有效提升港口施工效率与质量,增强地基承载力与结构稳定性,降低能源消耗与环境污染,推动港口土建施工向高效、智能、绿色方向发展,为港口工程建设提供有力技术支持与参考。

关键词:现代港口;土建施工;新技术应用;地基处理;绿色施工

引言:港口作为交通运输枢纽,在经济全球化进程中扮演关键角色。随着港口规模扩大与功能升级,土建施工面临更高要求,传统技术难以满足需求。在此背景下,新技术不断涌现并应用于港口施工领域。从地基处理到主体结构建造,从智能化机械操作到绿色环保施工,新技术正重塑港口土建施工模式。深入研究这些新技术应用,对提升港口建设水平、保障港口安全运营、推动行业可持续发展具有重要意义。

1 港口地基处理新技术应用

1.1 深层搅拌加固技术应用

深层搅拌加固技术作为港口地基处理的关键手段,通过特制深层搅拌机械,将水泥等固化剂与地基土进行充分搅拌。在搅拌过程中,固化剂与土体发生一系列物理化学反应,使土体颗粒胶结成整体,形成具有较高强度和稳定性的加固体^[1]。这种技术适用于处理厚度达8米以上的软黏土、淤泥质土等软弱地基,能有效将地基承载力提升至150kPa以上,减少地基沉降量至50毫米以内。在港口工程中,对于码头后方堆场、引桥基础等部位的地基处理,深层搅拌加固技术展现出显著优势,处理后的地基可满足重型设备运行和货物堆存的需求,为港口正常运营提供坚实基础。

1.2 高压喷射注浆加固技术应用

高压喷射注浆加固技术利用高压喷射流,将水泥浆液等固化材料强力冲击切割土体,使浆液与土体充分混合。随着浆液的凝固,在土体中形成具有一定形状和强度的固结体。该技术可根据不同地质条件和工程要求,调整喷射压力在20-40MPa之间、流量在80-150L/min范围内和喷射方式,形成旋喷桩直径可达0.8-1.5米、定喷墙或摆喷墙等不同类型的加固结构。在港口防波堤、护岸等工程中,高压喷射注浆加固技术可有效增强地基的抗冲

刷能力和稳定性,防止地基因水流冲刷而失稳,保障港口设施的安全。

1.3 真空预压加固技术应用

真空预压加固技术通过在需要加固的地基表面铺设密封膜,利用抽真空设备形成负压环境。在负压作用下,地基土体中的孔隙水逐渐排出,土体发生固结沉降,强度得到提高。这一技术具有施工简便、工期短、成本较低等优点,尤其适用于大面积软土地基处理。一般适用于面积超过5000平方米的软土地基,处理后地基承载力可提高至120kPa以上,工期相较于传统方法可缩短30%-50%,成本降低20%-30%。在港口集装箱堆场、物流园区等区域,真空预压加固技术可快速提升地基承载力,满足大规模货物堆存和机械设备作业的要求,为港口的高效运作创造条件。

1.4 低能量强夯加固技术应用

低能量强夯加固技术采用较低能量的夯击能,对地基土进行反复夯击。夯击产生的冲击波使土体颗粒重新排列,孔隙体积减小,土体密度增加,从而提高地基承载力和抗变形能力。与高能量强夯相比,低能量强夯对周围环境的影响较小,适用于对振动控制要求较高的港口工程区域。夯击能一般控制在500-1500kN·m之间,经过处理后地基承载力可提升至100-130kPa,能有效将地基沉降量控制在30毫米以内。在港口道路、小型建筑物基础等部位的地基处理中,低能量强夯加固技术可有效改善地基性能,确保工程结构的安全稳定。

2 港口主体结构施工新技术应用

2.1 大跨度梁板预制与安装新技术应用

大跨度梁板在港口工程中承担着重要结构功能,传统施工方式在精度与效率上存在局限。如今,大跨度梁板预制采用高精度模板体系,模板设计依据梁板形状与

尺寸精准定制,确保预制构件表面平整度与几何尺寸偏差控制在极小范围内^[2]。在混凝土浇筑环节,运用分层振捣工艺,依据混凝土流动性与振捣设备性能,合理划分浇筑层厚度,保证混凝土密实度均匀。安装阶段,大型浮吊与智能定位系统协同作业,浮吊依据梁板重量与吊装高度选择合适吨位,智能定位系统通过卫星定位与传感器反馈,实时调整梁板位置与姿态,实现精准就位,提升大跨度梁板安装效率与质量。

2.2 海上墩台施工新技术应用

海上墩台施工面临海洋环境复杂、施工空间受限等挑战。新型海上墩台施工采用自升式平台技术,平台通过液压系统升降,可根据水位变化调整作业高度,调整范围在5-15米之间,为施工人员提供稳定操作空间。在基础施工方面,采用大直径钢管桩施工技术,钢管桩直径可达1.5-2.5米,通过振动锤或液压锤打入海底,打入深度依据地质条件与墩台荷载确定,一般打入深度在20-40米,确保基础承载力。墩台主体施工运用滑模施工技术,模板沿墩台高度方向逐层爬升,每层爬升高度控制在300-500毫米,混凝土连续浇筑,减少施工缝,提升墩台整体性与外观质量。

2.3 沉箱预制与浮运安装新技术应用

沉箱是港口重力式码头重要结构形式。沉箱预制采用分层预制工艺,依据沉箱高度与起重设备能力划分预制层数,一般分为3-5层,每层预制时设置预留孔与连接件,保证层间连接强度。预制过程中,采用蒸汽养护技术,通过控制蒸汽温度在60-80℃与养护时间在48-72小时,加速混凝土强度增长,缩短预制周期。浮运安装环节,利用半潜驳船作为运输工具,半潜驳船载重吨位一般在5000-10000吨,沉箱在半潜驳船上固定后,半潜驳船下潜至一定深度,使沉箱浮起,再通过拖轮拖运至安装位置,安装时借助定位系统与助浮设施,实现沉箱精准安装,安装偏差控制在100毫米以内。

2.4 薄壁结构施工新技术应用

薄壁结构在港口工程中应用广泛,对施工精度与质量控制要求严格。薄壁结构施工采用高强度模板与高效脱模剂,模板材质选用铝合金或钢模板,保证模板刚度与平整度,高效脱模剂减少混凝土与模板粘结,便于拆模且保证构件表面质量。混凝土浇筑采用细石混凝土,通过调整配合比与添加外加剂,提升混凝土流动性与密实性,采用附着式振捣器与插入式振捣器相结合方式,附着式振捣器功率选用1.5-2.5kW,插入式振捣器振动频率在12000-15000次/分钟,确保混凝土振捣质量,避免薄壁结构出现蜂窝麻面等缺陷。

3 港口施工智能化与机械化新技术应用

3.1 施工机器人应用

在港口施工场景中,施工机器人正逐步发挥关键作用。焊接机器人凭借高精度传感器与先进算法,可依据预设程序对钢结构进行精准焊接,不仅焊接质量稳定,焊缝均匀美观,还能在复杂空间环境下持续作业,大幅提升焊接效率^[3]。涂装机器人则通过灵活的机械臂与智能喷涂系统,根据构件形状与表面状况自动调整喷涂参数,实现均匀喷涂,有效避免人工涂装易出现的流挂、厚度不均等问题,且能在有毒有害环境中替代人工,保障施工人员的健康安全。此外,还有用于混凝土表面处理的打磨机器人,通过高速旋转的打磨盘与智能导航系统,对混凝土表面进行高效打磨,提升表面平整度与粗糙度,为后续施工工序创造良好条件。

3.2 BIM技术在施工中的集成应用

BIM技术为港口施工带来了全方位的变革。在设计阶段,通过建立三维数字化模型,将建筑、结构、设备等各专业信息集成于一体,实现各专业之间的协同设计与碰撞检查,提前发现并解决设计冲突,减少施工过程中的变更与返工。进入施工阶段,BIM模型与施工进度计划相结合,形成4D施工模拟,直观展示施工过程与各阶段状态,帮助施工管理人员优化施工顺序与资源配置,提前规划施工场地与临时设施布置。BIM模型还可与物料管理系统对接,实时监控材料进场、使用与库存情况,实现物料的精准管控,避免材料浪费与供应不足。

3.3 智能监测与控制技术应用

智能监测与控制技术为港口施工安全提供了坚实保障。在结构健康监测方面,通过在关键结构部位布置各类传感器,如应变传感器、位移传感器、加速度传感器等,实时采集结构应力、变形、振动等数据,并传输至监控中心进行分析处理。一旦数据超出预设阈值,系统立即发出预警,提醒施工人员采取相应措施,确保结构安全。在施工设备监控方面,利用物联网技术将施工设备与监控平台连接,实时监测设备运行状态、工作参数与故障信息,实现设备的远程控制与智能调度,提高设备利用率与施工效率。

3.4 大型专用施工机械应用

大型专用施工机械是港口施工的重要力量。大型起重机械具备强大的起重能力与灵活的操作性能,可轻松吊装大型构件,如沉箱、预制梁板等,起重能力一般在500-2000吨之间,满足港口工程对重型物件吊装的需求。打桩船配备先进的打桩设备,可根据不同地质条件与桩型要求,采用不同的打桩工艺,确保桩基施工质量与承载力,

打桩直径可达1.5-3米,打桩深度可达50-80米。此外,还有用于疏浚作业的大型绞吸式挖泥船,通过绞刀切削与泥浆泵输送,将水下泥沙高效疏浚,绞刀功率一般在2000-5000kW,疏浚能力可达3000-8000立方米/小时,维持港口航道与泊位的水深要求,保障船舶通航安全。

4 港口绿色施工新技术应用

4.1 节能施工技术应用

在港口施工过程中,节能施工技术正发挥着日益重要的作用。照明系统采用智能感应控制技术,根据施工现场的光线强度和人员活动情况自动调节照明亮度。在白天光线充足时,系统自动降低照明功率甚至关闭部分灯具;在夜间或光线较暗区域,根据人员靠近程度逐步提高亮度,避免不必要的能源浪费^[4]。施工机械设备选用节能型产品,这些设备通过优化发动机性能、改进传动系统和采用先进的液压控制技术,降低能源消耗。例如,新型起重机配备智能能量回收系统,在设备下降或制动过程中,将势能转化为电能并储存起来,供设备下次启动或运行时使用,有效提高能源利用效率。此外,施工现场的临时用电系统采用分布式供电模式,根据不同施工区域的用电需求合理分配电力资源,减少线路损耗,实现节能目标。

4.2 环保材料应用技术

环保材料在港口施工中的应用是绿色施工的关键环节。在结构工程中,推广使用高性能混凝土,这种混凝土通过优化配合比、添加矿物掺合料和高效减水剂,在保证强度和耐久性的前提下,减少水泥用量,降低二氧化碳排放。高性能混凝土还具有较好的工作性能,便于施工操作,提高施工质量。在装饰装修方面,选用环保型涂料和胶粘剂,这些产品不含有害物质如甲醛、苯等,能有效减少室内空气污染,保障施工人员的身体健康。对于临时设施,采用可回收利用的环保板材和轻钢结构,这些材料在施工结束后可进行拆卸和重复使用,降低资源消耗和废弃物产生。

4.3 施工废弃物资源化利用技术

施工废弃物资源化利用技术为港口施工的绿色发展提供了有效途径。对混凝土块、砖块等建筑垃圾进行破碎、筛分处理,制成不同粒径的再生骨料。这些再生骨

料可用于制备再生混凝土、再生砖等建筑材料,实现废弃物的循环利用。钢筋等金属材料通过分类回收、熔炼再生,重新制成新的钢材,用于港口工程的后续建设。对于施工过程中产生的淤泥,采用固化处理技术,加入固化剂使淤泥硬化,达到一定强度后可用于场地平整或作为路基填料,既解决了淤泥处置难题,又节约了土方资源。

4.4 水土保持与生态防护技术应用

港口施工易对周边水土环境和生态系统造成破坏,水土保持与生态防护技术至关重要。在施工区域周边设置截水沟和排水沟,将地表径流引至指定排水系统,防止雨水冲刷导致水土流失。对裸露的边坡采用植被防护措施,根据当地气候和土壤条件选择适宜的草种、树种进行种植,形成植被覆盖层,增强边坡的稳定性,减少水土流失。同时,在施工现场设置沉淀池和过滤池,对施工废水进行沉淀、过滤处理,去除其中的悬浮物和杂质,使处理后的废水达到排放标准或回用于施工降尘、车辆冲洗等环节,保护周边水环境质量。

结束语

现代港口土建施工新技术的广泛应用,为港口建设带来显著变革。地基处理新技术有效改善软弱地基性能,主体结构施工新技术提升工程质量与施工效率,智能化与机械化新技术实现施工精准化与自动化,绿色施工新技术推动港口建设与环境保护协调发展。这些技术的综合应用,不仅解决传统施工难题,还提升港口整体竞争力。持续探索创新施工技术,将进一步推动港口土建施工领域的技术进步与行业发展。

参考文献

- [1]刘擘,杨亚一,付龙龙.建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究[J].门窗,2025(15):61-63.
- [2]宁燕,张杰,刘延霞.建筑桩基础土建施工技术的应用[J].现代装饰,2024(14):79-81.
- [3]马毅.建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究[J].装饰装修天地,2023(22):127-129.
- [4]王磊.桩基础施工技术在建筑工程中的应用[J].消费导刊,2021(44):23-24.