

一种基坑作业多功能装置的研发与应用研究

曾庆余

贵州电网都匀供电局，贵州省都匀市，558000；

摘要：城镇化进程加速，电网建设持续发展，输电线路杆塔基础施工面临效率低、安全隐患严重等挑战，基坑物料运输困难，深基坑通风不良，本文研发多功能装置，整合升降、通风、安全预警功能，装置采用高强度铝合金框架，集成电动绞盘、鼓风机、超声波测距模块等核心部件，实现物料高效运输、环境实时监测与智能预警。实际应用显示，施工效率提升 50% 以上，劳动强度下降，人力投入减少 30%，施工安全得到保障，事故率降低 90%。这为输电线路杆塔基坑施工提供创新解决方案，应用前景广泛。

关键词：基坑作业；多功能装置；物料运输；通风系统；安全预警

DOI：10.64216/3080-1508.25.09.003

引言

电网建设快速发展，输电线路杆塔基础设施持续向偏远山区和各类复杂地形延伸，基坑施工面临的挑战空前突出，深基坑作业往往需要开挖 5 至 10 米，部分区域甚至要挖到更深位置，传统施工模式依赖大量人力配合简单机械，不仅效率偏低，劳动强度也极大，山区这类复杂地形里，物料运输和设备搬运格外不便，直接推高了作业成本，也大幅延长了施工周期。基坑不断加深会引发通风条件差、有害气体积聚等安全问题，氧气浓度时常不足，一氧化碳、硫化氢等有毒气体容易聚集，严重危及施工人员的生命安全，要解决这些问题，电网建设领域迫切需要智能化设备，以此提升作业效率，切实保障施工安全，有效降低劳动强度。

当前，国内外基坑施工研究常聚焦单一设备优化，像卷扬机、通风机这类设备，对多功能集成设备的研发投入不足，难以满足现代基坑作业在效率、智能与安全方面的要求，面对这一状况，本文设计出集物料运输、通风保障、气体监测及安全预警功能于一体的多功能基坑作业装置。依托一体化设计思路与智能化技术的深度融合，装置改进了传统作业模式，作业效率得以提升，施工周期相应缩短，智能监控和预警系统同步运行，保障作业安全，守护施工人员生命安全，该装置填补多功能集成设备领域的空白，为输电线路杆塔基坑施工提供创新方案，应用前景值得期待。

1 装置设计与技术方案

1.1 装置主体结构设计与功能优化

基坑作业多功能装置选用高强度铝合金材质，结构设计妥帖，能在复杂地形和恶劣环境中保持稳定与安全，铝合金质地轻、强度高，装置维持强度的同时减轻重量，

方便运输与安装，装置分底座、立柱、横梁、顶部支架四个部分。如图 1。

底座搭配合理配重与可调平衡装置，在不平地面也能稳定运行，规避翻倒风险，立柱高度可调节，范围 5 至 10 米，适配不同深度基坑，保障最佳工作状态，横梁强化整体刚性，让设备高负荷下依旧稳定运行。顶部支架承载提升机构与控制设备，模块化设计方便拆卸安装，为提升系统提供支撑，控制设备集成实现操作智能化，支持远程监控，作业精确性与效率随之提升，这些设计让装置在复杂作业环境中高效稳定运行。

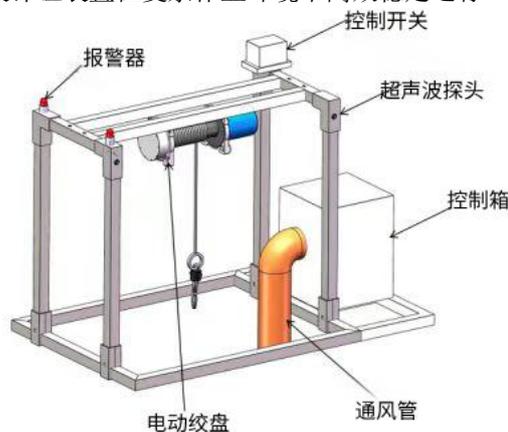


图 1：基坑作业升降装置设计图

1.2 核心功能模块

1.2.1 高效提升系统

高效提升系统是基坑作业多功能装置的核心，目标是显著提高物料运输效率，系统用电动卷扬机作动力源，配高强度钢丝绳和定制吊篮，电动卷扬机动力强劲，能在短时间内把重物平稳从基坑底部提升到指定位置，大幅减少人工运输的时间与体力消耗^[1]。高强度钢丝绳保证安全性与耐用性，抗拉强度出色，适应高负荷作业环

境；定制吊篮确保物料提升过程中的稳定性和安全性，避免因物料倾斜或掉落引发安全事故，对比传统人力提升方式，电动提升系统运输效率提升 80% 以上，明显缩短施工周期，提高作业效率，这一系统的设计让物料运输更高效，在减少人工成本和提升施工安全方面也作用显著。

1.2.2 主动式通风系统

深基坑作业中，通风是保障作业人员安全的关键环节，装置专门配备主动式通风系统，集成的高效鼓风机能持续不断地向基坑底部输送足量新鲜空气，有效防止各类有害气体在坑内积聚，保证氧气浓度始终稳定在安全标准水平，通风系统可实时精准监测基坑内氧气含量，以及一氧化碳、硫化氢等常见有毒气体的浓度变化，一旦检测到有害气体浓度超出安全阈值，系统会立刻自动启动通风设备，以较快速度向坑内输送新鲜空气，确保作业人员始终处于安全的工作环境中。主动式通风系统的设计全面提升了通风效率，成功解决了传统作业模式下长期存在的通风难题，从根本上规避了对作业人员健康可能造成的潜在威胁，鼓风机采用高效低噪的特殊设计，既能保障通风系统长时间持续稳定运行，又不会对周围作业环境造成明显的噪音污染，这类综合性的通风保障措施让作业环境得到显著改善，作业人员面临的安全风险也因此大幅降低。

1.2.3 智能安全防护

为提高基坑作业安全性，装置配备智能安全防护系统，包含超声波测距传感器和警示灯，作业人员接近危险区域或装置关键位置时，超声波测距传感器实时监测周围人员位置，接近设定危险距离便自动触发声光报警系统，警示灯与警报声第一时间发出警示，提醒作业人员及时远离危险区域，避免因疏忽进入高风险区引发安全事故。系统融合现代智能技术与传感器技术，提供全方位安全保障方案，能第一时间识别潜在危险因素，通过警示系统迅速采取防范措施，智能防护系统可与其他核心功能模块协同工作，出现异常情况时自动调节操作，进一步保障作业人员安全，这一系统设计提升了设备安全性，为基坑作业营造更智能、可靠的工作环境。

1.3 创新点

一体化集成设计是该装置首要创新，传统基坑作业常需多个单独设备配合，像升降系统、通风机、电力驱动装置之类，不仅占用空间多，还增加设备转运和安装的时间成本^[2]。装置将升降、通风、电力驱动等多功能有机融合成整体系统，大幅减少设备间转运时间与安装环节，让施工现场操作更简便高效，集成化设计降低设

备重复性投入，提高资源利用率，作业效率得到进一步优化。

智能预警技术是装置的另一创新亮点，装置搭载的超声波距离感应器，能不间断捕捉施工环境内的动态，精准测量作业人员与各危险区域之间的实时距离，当人员的移动轨迹进入预设的危险范围，超声波传感器会在瞬间启动连接的警示灯和警报系统，高频闪烁的灯光与尖锐的警报声同步发出，清晰提醒作业人员迅速撤离危险区域，从根源上降低因操作疏忽、判断失误等人为因素引发安全风险的可能性，这一技术的实际应用，让装置智能化程度得到显著提升，可在危险征兆出现的第一时间启动预警机制，通过及时有效的干预，切实阻止安全事故的发生。

全方位通风保障借主动式通风系统处理深基坑作业氧气不足及有害气体积聚问题，系统带高效鼓风机和气体传感器，持续监测空气质量，让基坑内氧气浓度保持安全范围，有毒气体浓度升高，通风系统即刻启动，保障作业人员在恶劣环境中的健康与安全。

2 实施效果与优势分析

2.1 提升施工效率

基坑作业多功能装置将电动卷扬机与定制吊篮组合，物料升降和运输效率提升明显，传统人力运输方式难以比拟，系统物料提升效率超 50%，电动卷扬机动力更强，短时间可完成重物快速运输，人工操作时间成本大幅降低，定制吊篮设计让物料升降更稳定，传统方式中人工操作不当引发的物料倾斜或掉落风险得以避免。装置一体化设计减少设备组装时间，现场施工效率更高，所有核心功能模块集成于一个装置，不同设备间的协调与切换减少，基坑作业得以同步开展，施工现场作业效率提升，系统能灵活适应多个基坑同时作业，施工效率提高，项目整体周期也随之缩短。

2.2 保障作业安全

该装置保障作业安全优势突出，通风系统时刻监测基坑内氧气浓度变化，精准维持在安全数值区间，从源头阻止有毒气体在坑内积聚，一旦有害气体浓度攀升至危险阈值，系统便会即刻自动启动通风装置，持续不断向基坑深处输送外界新鲜空气，全方位保障作业人员呼吸安全，智能预警系统依托超声波测距传感器，实时追踪人员与各危险区域的实际距离，从根本上避免人员因疏忽误入高危区域^[3]。当作业人员脚步逐渐接近危险区域边缘时，系统会迅速自动触发声光警报，清晰提醒人员及时撤离，最大程度减少事故发生可能，凭借智

能监控与自动调节的双重功能,装置整体安全性得到显著提升,实际应用数据清晰显示,该系统在有效保障作业安全的同时,让作业现场事故率较传统施工方法下降超 90%,大幅减少了各类人员伤亡和设备损失情况。

2.3 环境适应性

该装置环境适应性较强,能灵活应对不同作业环境中的各类挑战,立柱高度可依照基坑实际深度(5至10米)灵活调整,无论基坑处于何种深度,都能保证装置稳定运行,整体结构设计紧凑,在山地、丘陵等复杂地形中,运输和安装都更为便捷,施工适应能力因此大幅提高^[4]。面对极端高温、潮湿等恶劣环境,装置通过合理选择材料与高效散热系统,维持设备稳定与耐久,确保长时间作业不出现故障,即便身处复杂地理条件,装置依旧能保持高效、安全运行,解决了传统设备在特殊环境下易出现的不稳定性问题,这种灵活性与环境适应能力,让装置可广泛应用于不同类型基坑作业场景,整体施工的可靠性和效率都得到提升。

3 应用前景与效益分析

3.1 经济效益

基坑作业多功能装置提升施工效率,也带来显著经济效益,减少 30% 人力投入,从物料搬运到设备操作各环节用工数量减少,施工过程人工成本随之降低,传统施工方式难以比拟,装置高效物料提升系统与集成化设计,让作业现场对搬运工、安装工等人员的需求大幅减少,既减轻施工人员反复搬运的劳动强度,人工费用也得到有效节约。装置能将工期缩短 20%,通过优化物料运输路径、简化设备安装步骤加快进程,整个施工从前期准备到后期收尾更顺畅,项目整体进度因此提高,既缩短项目施工周期,又让机械、场地等资源得到更充分利用,减少工程延期可能产生的设备闲置、场地租赁等额外成本。

装置的专利转化潜力为企业带来可观经济回报,已申请发明专利 1 项,市场化推广潜力较强,电网建设及其他基坑施工领域,对类似技术的需求日渐增长,市场需求扩展为企业丰富商业机会,技术转化与专利授权过程中,企业不仅从产品销售获取收益,还能借助技术合作、服务外包等多种途径实现持续收入,基坑作业多功能装置推广开来,既为企业带来直接经济效益,又能推动技术创新与产业升级,让企业市场竞争力得到提升。

3.2 社会效益

基坑作业多功能装置的研发与应用给施工企业带来直接经济利益,也产生显著社会效益,装置切实改善施工人员劳动条件,传统基坑作业依赖大量人力,劳动强度大,安全隐患也多,装置引入自动化和智能化技术,减少人工操作需求,智能监控与安全预警系统提升作业安全性,作业人员身体负担大幅减轻,工作环境明显改善,工作积极性与职业健康水平随之提升。

装置的智能化特性推动施工行业向更智能化、更安全化方向发展,技术持续进步,传统人工操作与简单机械在挖掘、运输环节已难以满足现代基坑施工在效率和安全上的双重要求^[5]。装置投入应用,加快物料周转提高施工效率,减少意外降低事故发生率,也推动行业内技术创新与升级,为建筑基坑、地下管廊等类似工程项目提供宝贵技术参考,促进相关领域技术进步与发展,借助这种技术扩散效应,推动整个行业安全管理水平提升和工作环境改善,为社会可持续发展贡献积极力量。

4 结论

本文设计的基坑作业多功能装置依托技术创新,解决了传统施工效率低、安全隐患大等问题,一体化设计、智能化控制与优越环境适应性结合,为输电线路杆塔基坑施工提供高效、安全的解决方案,应用起来,施工效率提高,安全风险降低,还推动基坑作业向智能化、自动化转型,装置可进一步优化模块功能,增设远程监控等,拓展至更多基建与生产领域,助力技术升级和行业发展,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 李少宏. 多种支护方式的协同作业在建筑深基坑中的应用[J]. 四川建材, 2025, 51(05): 122-124.
- [2] 韩学文, 靳义奎, 王春林, 等. 基于多传感器信息融合的深基坑作业一体化监控系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(04): 147-150+163.
- [3] 杨昊, 吴将, 黄杰, 等. 基于物联网的输电线路施工深基坑作业智能救援系统设计[J]. 电子设计工程, 2023, 31(08): 157-160+165.
- [4] 王记住, 梁会永, 田冬, 等. 一体化深基坑作业智能机的设计与应用[J]. 河北电力技术, 2022, 41(05): 90-94.
- [5] 郭明亮, 杨昊, 郑力维, 等. 输电线路施工深基坑作业在线监测与智能救援装置[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2022, 27(01): 11-14.

职创项目: 一种杆塔基坑作业多功能装置(项目编号: 060900KZ25080027)。