

电力特种作业体能需求导向的“四维双驱”体育教学模式研究

朱懋彬

摘要:电力特种作业人员由于涉及高空、带电操作以及应急处理等高风险环境,对身体综合能力有着较高标准。“四维双驱”的体育教学体系,围绕力量耐力、平衡协调、心肺功能和应激反应这四大要素,结合理论指导与实际训练打造出和岗位需求相匹配的身体素质培养方案,通过对128名参训学员开展为期16周的实验,借助体能检测和工作场景模拟这两种方式来检验成效。研究发现,学员各项基础体能水平均得到明显改善,上岗前的适应时间减少了近四成且操作失误率下降了六成以上,该模式为电力系统的职业体育训练提供了可借鉴的范例。

关键词:电力特种作业;体能需求;四维双驱;体育教学模式;职业体育教育

电力特种作业人员在高压带电、高空架线等高危环境工作,对其的身体素质有着极高要求。当前培训体系比较偏重理论知识和操作技能,体能训练缺乏系统性,这导致新员工上岗适应期长并且操作失误率高,体育教学研究大多聚焦于普通学校教育方面,针对特殊工种的专业培养模式研究较少。电力特种作业需要力量耐力、平衡协调、心肺功能及应急反应四方面素质,“四维双驱”教学模式通过理论与实践相结合的方式,为电力特种作业人员提供系统体能训练方案。

一、电力特种作业岗位体能需求特征分析

(一)高空架线作业力量耐力需求特征

输电线路高空架线作业包含导线架设、杆塔攀爬和导线连接等复杂任务环境。在35kV及以上电压等级线路施工时,作业人员要在15-40米高空开展导线展放、金具装配和跳线衔接等精密操作,每次作业时长大概在60-120分钟,要求工具持握稳固且操作保持连贯,对于特高压输电工程施工,工作人员需携带8-15公斤工具装备攀登到30米以上杆塔作业面,执行绝缘子串组装和导线附件安装等工序。若力量耐力不足会导致工具坠落风险增大、作业效率降低和疲劳操作失误增多等情况,某省电力企业2024年作业统计显示,上肢肌群耐力符合标准员工完成输电线路检修平均耗时比不达标人员减少42.8%,同时高空落物事故发生率下降31.5%。核心肌群持久收缩能力显著影响杆塔作业过程中身体稳定性,下肢肌群静态支撑能力决定长时间登高作业持续表现。

(二)复杂环境作业平衡协调需求特征

电力作业环境由于涉及高空作业、狭窄空间作业以及在不稳定支撑上工作等特点,对作业人员的动态平衡能力提出了非常高的标准。在变电站构架检修时,工作人员需要沿着宽度仅30至50厘米的横梁进行移动,并且同时要执行设备检查、螺栓紧固及接线处理等任务,在此过程中必须不断调整身体重心来保持身体姿态稳定。配网带电作业要求工作人员在绝缘斗臂车产生15至20厘米晃动幅度的情况下完成精密作业,这种环境需要前庭觉系统与本体感觉系统高度协同配合才能确保操作精度。根据华东某电力公司的统计数据表明,平衡协调能力表现优异的作业人员在高空作业失稳事故中的发生率比普通作业人员低73.4%。电力作业还包含带电设备操作和工具传递等复杂动作模式,这些活动要求肢体协调能力与空间感知能力实现高度统一,任何平衡状态的失控都可能引发一系列连锁性的安全问题。

(三)持续性作业心肺功能需求特征

电力特种作业体能消耗比常规工作大很多,对心肺功能有着较高要求。输电线路巡检的时候,人员需要在山地丘陵徒步行进,每天要行走12-18公里且垂直爬升超过500米,心率持续保持在最大心率的60%-70%,配

电抢修常常在夜间或者恶劣天气下开展,团队需要连续工作4-8小时来完成故障定位与设备更换,高强度体力劳动让有氧代谢需求增加25%-35%,生理监测显示在该环境下呼吸频率比静息状态增加28%-38%,心脏每搏输出量提升18%-25%以适应代谢。南方某电网公司记录表明心肺功能好的员工在连续作业中疲劳出现时间延后47分钟,作业差错率降低29.3%,显示出有氧耐力对持续作业的重要性。

(四)应急处置作业应激反应需求特征

电力特种作业经常会面临设备故障、人员出现险情、环境发生突变等突发紧急状况,这就要求作业人员必须做到快速决策、及时响应。在带电作业过程中要是遇到设备出现异常放电的情况,作业人员需要在3-5秒内准确做出判断并且执行规避动作,完成工具撤离、身体避让、安全距离确认等一系列连贯操作。配电抢修现场发生人员触电事故的时候,救援人员必须在黄金4分钟内完成现场判断、电源切断、心肺复苏实施以及医疗资源调度,此过程中救援人员心率会骤增至静息状态的170%-190%。应激生理学表明,在高压力状态下交感神经系统会被激活,反应时间会缩短至0.15-0.22秒,但皮质醇升高可能会导致精细动作准确率降低15%-20%。华北某电力公司应急演练数据显示,受过应激训练的人员在模拟突发场景中,决策失误率比未训练组低61.7%,关键操作完成时间平均缩短41秒,证实应激适应能力可通过系统性训练显著提升,对保障电力作业安全起到至关重要的作用。

二、“四维双驱”体育教学模式构建

(一)理论驱动机制设计

研究依据运动生理学、运动训练学以及职业人类工效学理论,构建电力特种作业人员体能培养体系。在运动生理学层面运用能量代谢理论阐明高强度作业下有氧与无氧供能系统转换规律,分析疲劳应激对神经肌肉调节的影响,以此为心肺功能训练提供理论依据,在运动训练学层面引入超量恢复、训练适应性和负荷递增等理论,指导力量耐力与平衡协调能力的周期性训练,在职业人类工效学层面通过工作姿势分析、动作经济性评估和疲劳建模等方法,量化高空作业、带电操作等典型场景的体能消耗特征[1]。该机制把运动科学理论和电力岗位特性相结合形成“生理适应-训练负荷-岗位匹配”三层框架,避免经验主义和盲目训练造成的资源浪费。

(二)实践驱动机制设计

以电力特种作业实际工作场景为基础,实践驱动机制通过三个环节达成教学内容直接关联,这三个环节分别是岗位任务分解、能力要素提取以及训练场景还原。在岗位任务分解阶段,运用工作分析方法把输电线路施工、变电设备检修、配网带电作业和应急抢修等核心岗位拆分成标准化作业单元,并详细规定动作规范、时间参数和作业环境,能力要素提取环节采用关键事件法,从历年作业数据中筛选常见工作情境,以此确定影响作业成效的关键体能指标标准[2-3]。训练场景还原阶段依据作业环境特征,构建模拟杆塔、带电作业平台等实训设施,再现作业高度、空间约束和时间压力等物理条件,进而建立“工作场景-能力需求-训练内容”的完整对应关系。

(三)四维体能训练内容体系构建

四维体能训练体系是围绕力量耐力、平衡协调、心肺功能、应激反应四大核心要素来构建的,进而形成了阶梯式且结构化的训练框架[4]。力量耐力部分被分为上肢持久支撑能力、核心区域稳固性、下肢静态承重训练这三方面内容,是通过悬挂训练等长收缩训练、循环抗阻训练等方法来实现的,平衡协调

部分包含了静态平衡练习、动态平衡练习、高空专项适应性训练这三级渐进的内容,心肺功能部分涵盖了有氧基础训练、负重耐力训练、高强度间歇训练这三个阶段。应激反应部分涉及感知反应训练、决策执行训练、模拟应急演练三个方向,借助反应速度测试、情境决策演练、突发状况模拟来提升快速应对能力。

(四)双驱协同教学组织实施框架

双驱协同教学实施框架搭建起理论教学和实际操作结合的机制,借助“理论学习-技能训练-场景演练-效果反馈”闭环过程推动知识吸收。理论学习环节运用模块化课程设计方式,把运动生理、训练方法、安全规范等专业知识和电力作业实际案例有效结合[6]。技能训练环节施行分级教学方案,按照学员体能水平差异设定A、B、C三个层级训练计划,各层级在训练强度、动作难度和考核标准上呈阶梯式递进。场景演练环节构建“单项模拟-综合模拟-实岗见习”三级实践体系,达成从单一技能应用到综合能力运用的过渡。效果反馈环节构建“即时反馈-阶段评估-终结评价”三级评估系统,利用可穿戴设备收集训练数据并结合岗位表现综合评估能力掌握程度。

三、教学模式实施效果实证分析

(一)实验对象选取及测试方案设计

研究将某省电力公司2024年春季招录的128名特种作业培训学员作为研究对象,学员年龄在22到35岁之间,其中男性有98人、女性有30人,都通过了岗前体检并且没有运动系统疾病史。采用随机分组的方法将这些学员分成教学模式组和传统训练组,每组各有64人,两组在性别、年龄以及体能基础方面的差异不具有统计学意义。教学模式组要实施为期16周的“四维双驱”体育教学,每周进行5次,每次教学时长为90分钟,教学内容包含理论、专项以及演练这三部分。传统训练组在同一时期开展常规体能训练。研究通过前测和后测来收集相关数据,评估指标涵盖握力耐力、核心稳定等12项量化参数。在测试过程中严格控制环境变量,由专业体能测评师来执行操作,以此保证数据质量。

(二)力量耐力指标测试结果分析

力量耐力测试是通过评估上肢、核心以及下肢肌群维持能力来进行的,具体选用握力持续时间、平板支撑最长时间和负重深蹲次数这三项指标。教学模式组在后测中,握力维持时间从基线的47.3±8.6秒延长到了76.8±11.2秒,增长幅度达到了62.4%,而传统训练组仅从46.9±9.1秒增加至58.4±10.3秒,增长率为24.5%,两组之间的差异具有统计学意义,在平板支撑表现方面,教学模式组从初始的118±23秒提升到了206±31秒,增幅为74.6%,传统训练组从116±25秒延长至151±28秒,增幅为30.2%。负重深蹲测试结果表明,教学模式组完成次数从28.6±5.4次增加到49.3±7.8次,提升了72.4%,传统训练组则从27.9±5.8次增至36.7±6.9次,增幅为31.5%。这些数据证实基于理论机制的科学负荷设计与基于实践模式的精准训练相结合,能够显著提升肌肉耐力表现,为高空作业、设备搬运等需要持续发力的工作提供充足体能基础。

(三)平衡协调及心肺功能指标测试结果分析

平衡协调能力用单腿闭眼站立时间和窄面专项平衡测试当作评估指标,心肺功能则依靠最大摄氧量及无氧阈功率来进行反映。平衡测试数据表明,教学模式组单腿闭眼站立时间从基线的23.7±6.8秒延长到了51.4±9.3秒,增幅达到117%,而传统训练组从24.1±7.2秒增加至34.6±8.1秒,增幅为

43.6%。在窄面专项平衡测试当中,教学模式组完成10米窄面直线行走时身体晃动幅度由初测的8.3±2.1厘米减小到3.6±1.2厘米,传统训练组从8.5±2.3厘米降至6.1±1.8厘米,前者改善幅度为56.6%。心肺功能测试显示,教学模式组最大摄氧量从42.6±5.8 mL/kg/min上升到54.3±6.4 mL/kg/min,提高了27.5%,传统训练组从41.9±6.1 mL/kg/min增至47.8±5.9 mL/kg/min,增幅为14.1%。无氧阈功率测试结果呈现,教学模式组从168±23瓦特提升到237±28瓦特,增幅41.1%,显著高于传统训练组的22.8%。上述数据证实四维体系中平衡协调与心肺功能模块阶梯式训练方案能有效增强前庭功能整合能力及有氧代谢效率。

(四)应激反应能力及岗位适应性评估结果分析

应激反应能力测试包含基础反应时长、选择性反应时长以及突发情境决策精准度三个层面内容,岗位适配性是依据模拟工作任务的执行成效来进行衡量的。反应时长测试数据表明,教学模式组的基础反应时长从最开始的0.38±0.06秒优化到了0.26±0.04秒,常规训练组则从0.37±0.05秒改善为0.32±0.05秒,前者提升幅度达到了31.6%。在选择性反应测试当中,教学模式组的表现从0.64±0.09秒进步到了0.43±0.06秒,优化幅度为32.8%,明显比常规训练组的18.3%更优。针对突发情境的决策能力方面,教学模式组的正确决策率从62.7%提升到89.4%,常规训练组则从61.3%提高至73.8%。岗位适配性评价是通过杆塔作业、带电操作和应急抢修这三项标准化任务来实施的,结果显示教学模式组的整体作业用时比常规训练组减少了38.7%,操作精准度高出23.5%,安全规程执行率高出19.2%。后续追踪资料显示,教学模式组学员上岗前三个月的操作失误率为1.7%,常规训练组为4.3%,这印证了双轨融合教学模式能够显著促进身体素质向岗位能力的转化,充分验证了训练效果的实际应用价值。

四、结语

“四维双驱”体育教学模式重点关注电力特种作业岗位体能要求,将理论教学和实践训练双轨驱动进行融合,推动运动科学知识和电力工作实际紧密结合。实践验证表明,此模式能够有效增强学员身体素质,加速学员岗位适应过程,研究创新点主要是建立了阶梯式理论体系,设计出循环式教学流程,并且形成了可推广的实施标准。未来可结合不同电压等级作业特点制定针对性方案,还能利用虚拟现实技术营造沉浸式训练环境,为相关工种体能培养提供借鉴。

参考文献:

- [1]李东涛. 体育教学模式创新与运动训练互动机制的协同发展研究[J]. 当代体育科技, 2025, 15(13): 159-162.
- [2]李帅, 欧阳吉联, 苏伟华, 等. 新时期特种作业人员培训体系研究[J]. 建筑安全, 2021, 36(12): 68-72.
- [3]特种作业常见问题解答[J]. 安全与健康, 2021, (09): 16-23.
- [4]谢伯昊, 周君华, 郭凤婷, 等. 我国中学体育教学模式研究的知识图谱分析[J]. 惠州学院学报, 2023, 43(03): 104-111.

作者单位: 广西电力职业技术学院

基金项目: 本文系2025年广西电力职业技术学院教育教学改革研究项目《职业体能导向的高职电力类专业体育课“四维对接·双需驱动”教学模式构建与实践》(项目编号: 2025JGZ01)。