四象限变频器在有重力势能差皮带的应用

张金亚 单昌杨 李正飞 陈磊

摘要:矿山、工业场景的高差式皮带运输系统,存在显著重力势能差,物料高位至低位输送时势能持续释放,对皮带启停、匀速运行、张力控制造成极大干扰。传统单象限变频、机械制动等控制方式,无法适配势能差带来的动态负载变化,易出现运行失稳、能耗过高、设备磨损严重等问题。四象限变频器具备能量双向流动、高精度动态调控的核心优势,可针对性解决高差皮带的运行痛点,为该类设备的优化控制提供全新方案,具备重要的工程研究价值。

一、研究意义

高差皮带系统应用四象限变频器,可从稳定性、安全性、节能性三方面优化设备运行。其独有的能量回馈功能,能将皮带制动、下行过载产生的再生能量回馈电网,实现节能降耗。同时,该设备动态响应快、控制精度高,可抑制皮带振动、打滑等故障,降低设备维护成本、延长设备使用寿命,助力工矿运输行业实现智能化、绿色化升级。

二、四象限变频器的优势

(一)重力势能差对皮带运行的影响。高差工况下的重力势能差,会直接改变皮带的运行速度、张力分布与功率负荷。物料下行时,势能转化为动能,易导致皮带超速运行,引发纵横振动,加剧皮带疲劳磨损。设备启停、加减速过程中,动态张力会剧烈波动,造成皮带松弛、打滑,严重时引发飞车事故。在功率特性上,系统负载呈动态周期性变化,下行重载工况下,重力会持续驱动设备运转,需要持续制动力平衡负载。常规驱动设备转矩调控精度不足,无法适配这种双向负荷特性,难以保障系统稳定运行。

(二)传统控制方式的不足。传统控制方案存在三大核心缺陷。一是调速稳定性差,单一象限变频器与机械制动装置响应滞后,无法抑制重力引发的超速问题,工况适配性极差。二是能源利用率低,下行产生的再生能量无法回收,仅依靠制动电阻消耗,不仅造成能源浪费,还会引发设备过热故障。三是系统稳定性弱,启停阶段张力波动大、能量传递失衡,系统易振荡,设备故障率高,难以满足长期连续生产需求。

三、四象限变频器工作原理及技术优势

(一)工作原理。四象限变频器核心优势为能量双向流动,适配皮带电动、发电两种运行状态。由于带载运行时做负功,因异步电动机的运行速度高于它的同步转速,即异步电动机就进入发电状态。反馈制动时,电动机从轴上吸取功率后,一部分转换为转子铜耗,大部分则通过空气隙进入定子,并在供给定子铜耗和铁耗后,反馈给电网,所以,反馈制动又称发电制动,这时异步电动机实际上是一台与电网并联运行的异步发电机。在变频器拖动电机的系统中,若电机处于发电状态,变频器的直流母线直流电压升高,普通变频器控制模块检测到母线电压升高时会自动停止变频器的运行,因此在该系统中选用四象限能量回馈变频器。变频器通过IGBT全控器件与PWM脉宽调制技术,实现交直流电能双向转换:皮带上行电动时,将电网交流电整流为直流电,再逆变为可调交流电驱动电机;皮带下行发电时,将电机产生的再生电能整流滤波后回馈电网。设备搭载矢量控制算法,可实时监测电机转速、负载转矩与电网参数,动态调控运行状态,实现电动、发电模式的无缝切换。同时配备过压、过流、过载等多重保护,可抵御电网波动、负载突变等异常工况,保障高差皮带系统长期稳定运行。

(二)相较于传统变频器的优势。一是控制精度更高,依托矢量控制技术实现转速、转矩精准调控,有效抑制负载变化引发的速度波动,解决皮带张力不稳问题。二是动态响应更快,可毫秒级完成工况模式切换,适配高差皮带瞬时负载变化,杜绝飞车、打滑隐患。三是节能效果显著,摒弃制动电阻耗能模式,再生能量高效回网,矿山下运皮带系统节能率可达30%以上。四是防护体系完善,可适配复杂工矿环境,大幅降低设备故障概率,减少运维成本。

四、工程应用案例分析

本文以攀钢白马铁矿、云南都龙矿区两大典型高差皮带项目为研究对象,分析四象限变频器的实际应用效果。

(一)项目概况。都龙矿区废土物料输送皮带存在大高度落差,运行中重力干扰强,传统软启动、普通变频方案频繁出现超速、振动、能耗过高等问题,设备运维压力大。项目均采用“四象限变频器+PLC”的智能控制方案,实现皮带精准调速、能量回收与稳定运行。

(二)应用效果。运行稳定性方面,应用四象限变频器后,皮带纵横振动幅度分别降低25%、30%,设备启停平滑无冲击,多机驱动功率平衡度大幅提升,系统故障率较传统方案下降40%,彻底杜绝飞车安全隐患。节能效益方面,都龙矿区皮带系统每年节电超200万kWh,减排二氧化碳约1500吨;煤矿、铁矿同类工况应用后,平均节能率达25%以上,能源利用率大幅提升。运维成本方面,设备多重保护功能有效降低元器件损耗,年均维护成本降低20%,结合远程监测、故障诊断功能,大幅减少人工运维投入,经济效益显著。

五、应用现存问题及解决策略

(一)现存问题。实际工程应用中,四象限变频器仍存在三类问题。一是高频工作产生高次谐波,干扰电网及周边电气设备,引发电磁兼容问题;二是工矿现场电网电压、频率波动频繁,影响能量回馈效率,易触发设备保护停机;三是设备通信协议、电气参数不统一,与现场原有机电设备兼容性较差,制约系统协同运行。

(二)解决策略。针对谐波干扰问题,加装进出线滤波器,搭配AFE主动前端、多脉冲整流技术,从源头抑制谐波产生,优化电网质量。针对电网波动问题,搭载模糊自适应控制算法,让设备根据电网状态动态调整运行参数,同时配置无功补偿、电压稳定装置,提升电网抗干扰能力。针对兼容性问题,优先选用标准化接口、通用协议的变频器,通过信号转换器匹配原有设备参数,结合现场调试优化,保障整套系统协同稳定运行。

六、结论与展望

(一)研究结论。本文通过分析高差皮带系统的运行特性与传统控制缺陷,结合工程案例验证了四象限变频器的应用价值。该设备依托能量双向流动、高精度动态调控的核心优势,可有效解决重力势能差引发的皮带超速、振动、能耗高等问题,大幅提升设备运行稳定性与安全性,节能降耗效果突出,还能显著降低设备运维成本,完全适配矿山、港口等高差皮带输送工况,具备极强的工程推广价值。

(二)未来展望。未来可推动四象限变频器与人工智能、大数据技术深度融合,搭建皮带运行智能监测模型,实现负载预判、参数自优化、故障预警等智能化功能。同时,依托电力电子器件技术升级,进一步提升变频器大功率、复杂工况的适配能力。此外,持续优化谐波抑制、电网自适应控制技术,攻克设备兼容难题,推动四象限变频技术在各类势能差输送设备中广泛应用,助力工业运输领域绿色、智能化发展。

作者单位:云南华联锌铟股份有限公司

党史育人视域下党员党性教育的党建实践探索

董天云

党史是党员党性教育最鲜活的教科书与最厚重的营养剂。以党史育人赋能基层党性教育,关键在于跳出文本学习的局限,深挖党史中的实践智慧与精神内核,探索可落地、可感知、可检验的党建实践路径,推动党员党性修养从理论认知深化为情感认同,最终转化为履职尽责的行动自觉。

一、以党史叙事重构沉浸场景,打破党性教育的空间边界

传统党性教育多依赖集中授课、文件通读的单向传导模式,容易陷入说教感强、代入感弱的困境,党员对党性的理解常停留在概念层面,难以形成深层的情感共鸣。党史育人的独特优势,在于拥有海量可触摸、可共情的历史场景与人物叙事,能够为党性教育提供原生的情感载体与空间依托。

基层党建实践中,可突破传统课堂的物理边界,整合辖区内的革命旧址、红色场馆、历史街巷等资源,打造步行可达、随时可学的红色阵地集群。比如在老旧城区结合城市更新打造党史街巷长廊,将百年党史中的重要事件、本地革命故事按时间轴线嵌入街巷墙面,配套老物件展示台与二维码语音讲解,党员步行即可完成沉浸式党史学习,让党性教育从会议室延伸到日常生活动线。同时,改变一人讲众人听的单一叙事主体,构建老党员讲亲历、中青年党员讲感悟、青年党员讲传承的分层宣讲体系,组织党员参与本地红色口述史抢救工程,通过采访革命先辈后代、老党员,整理第一手党史记忆,让党员在记录与对话中完成党性精神的代际传递。此外,可打造微型化党史情景体验场景,比如在社区党群服务中心设置“长征路上的一碗干粮、解放前夜的一纸情报”等微体验环节,通过道具模拟、情境还原,让党员在角色代入中体会革命先辈的信仰抉择,真正实现“入其境、知其事、悟其理”,让党性不再是抽象的表述,而是可感知的精神力量。

二、以党史精神谱系锚定价值坐标,推动党性要求从识记到内化

党性教育的核心是塑造党员的政治信仰与价值追求,中国共产党百年奋斗构建起的精神谱系,正是党性价值的集中具象。以往部分党性教育存在重知识点识记、轻价值内化的倾向,党员对精神内涵多停留在背诵层面,未能转化为自身的行为准则与价值遵循。以党史育人深化党性教育,需将精神谱系从学习内容转化为党性标尺,构建分众化的精神对标体系,让党性教育更具针对性与实效性。

针对不同领域、不同岗位的党员,匹配对应的党史精神范本,避免“一刀切”的笼统要求。机关行政党员可对标焦裕禄精神、谷文昌精神,重点检视宗旨意识与政绩观偏差;窗口服务单位党员可对标张思德精神、时传祥精神,重点查摆服务群众的态度温差与效率落差;科技创新领域党员可对标“两弹一星”精神、科学家精神,重点检视科研攻坚的担当与定力;农村与社区基层党员可对标脱贫攻坚精神、“枫桥经验”,重点梳理扎根群众、化解矛盾的实绩差距。在此基础上,推行党性画像评议机制,将党史中共产党人的核心特质提炼为“忠诚、为民、担当、清廉”四个维度,每个维度对应具体的党史人物事迹与行为标准,在组织生活会与民主评议中,引导党员对照画像标准,结合自身岗位实际谈具体差距、找问题根源、定整改措施,彻底避免空泛表态与形式主义自评。同时,挖掘本地党史中的先进典型,将其精神品质提炼为本土化的党性教育素材,开展“每周一星”党史人物分享会,让身边的先辈故事成为党员可感可学的榜样,增强价值认同的亲近感与说服力,真正让精神谱系成为党员日常言行的价值坐标。

三、以党史实践逻辑赋能行动转化,构建知行合一的党性闭环

党史育人的最终落点是知行合一,党性教育的成效最终要体现在党员履职尽责、服务群众的实际行动中。百年党史不仅是一部思想理论史,更是一部波澜壮阔的实践奋斗史,蕴含着丰富的群众工作方法、攻坚克难经验与基层治理智慧,能够为党员践行党性提供清晰的路径指引。基层党建实践中,需打通“党史学习—问题破解—成效检验”的实践链条,构建党性教育的闭环机制,破解学用脱节的形式主义难题。

推行“党史解题工作法”,每个党支部结合辖区民生痛点与治理难点,从党史中寻找解题思路与方法借鉴。比如在老旧小区改造中,借鉴“鞍钢宪法”的群众参与原则,建立“党员议事会+居民代表会”的共建机制,充分吸纳群众意见优化改造方案;在基层矛盾化解中,借鉴“枫桥经验”的群众路线,打造党员调解工作室,将情理法与党史中的群众工作方法相结合,把矛盾化解在萌芽状态;在重点项目攻坚中,借鉴大庆铁人精神,成立党史先锋突击队,设立攻坚先锋岗,同步开展战地党课,把党史学习搬到项目一线,用奋斗史激励党员冲锋在前。同时,深化“我为群众办实事”实践,推行“一支部一民生实事、一党员一微心愿”机制,每个支部认领一项民生难题,每名党员结对一个困难群众,将党史学习成果转化为具体的民生服务行动。此外,建立党员党性实践档案,将党员参与民生服务、攻坚任务、志愿服务的具体表现、群众评价记入档案,作为民主评议、评优评先的核心依据,以实绩导向倒逼党员将党性要求转化为日常行动自觉,真正把学习成效转化为干事创业的动力与实效。

四、以党的自我革命基因淬炼自省机制,实现从外在约束到内在自觉

勇于自我革命是中国共产党区别于其他政党的显著标志,百年党史中蕴含的自我净化、自我完善、自我革新、自我提高的宝贵经验,是党性教育的深层滋养。当前部分党性教育偏重正面引导与外在要求,党员自我反思、自我革命的主动性不足,党性修养的内生动力有待激发。以党史育人深化党性教育,需充分激活自我革命的历史基因,构建党员党性自省的长效机制,推动党性教育从要我做向我要做转变。

打造党史中的纪律场景化教育模块,依托党群服务中心打造微型纪律教育展厅,梳理百年党史中的纪律建设案例,既有黄克功案等反面警示教材,也有周恩来十条家规、陈云三不准等正面典范,通过正反对比、场景还原,让党员深刻认识纪律严明是党的生命线,强化守纪律、讲规矩的政治自觉。借鉴延安整风惩前毖后、治病救人的方针,建立党员党性季度体检机制,设置理想信念、宗旨意识、纪律作风、担当作为四个维度的体检指标,每个指标都对应党史中的党性标准,党员逐项自查、支部互评、群众参评,形成问题清单与整改清单,实行销号管理,确保整改落到实处。同时,规范党员“政治生日”仪式内涵,在重温入党誓词的基础上,增加“重读入党志愿书+回望党史入党故事+认领先锋任务”三个环节,引导党员回望入党初心,对照革命先辈的入党初心检视自身思想偏差,同时结合岗位实际认领一项先锋任务,将仪式感转化为行动力,不断强化党员的身份意识与党性自觉,实现自我净化、自我提升的良性循环。

党史育人是新时代党员党性教育的源头活水,也是基层党建守正创新的重要着力点。深挖党史的党性教育价值,不断丰富场景载体、锚定价值坐标、打通转化路径、淬炼自省机制,才能让党性教育真正入脑入心。唯有持续推动党史学习教育常态化长效化,才能引导广大党员在历史滋养中锤炼坚强党性,以实干担当践行共产党人的初心使命。

作者单位:华东交通大学