

高原水利水电施工机械管理中的问题及应对方法

华 涛

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：高原低温严寒、昼夜温差悬殊、低氧低压的特殊环境，严重制约水利水电施工机械稳定运行。平原通用设备难以适配高原特殊工况，极易出现构件老化、管路冻裂、动力衰减等故障，同时设备选型不科学、运维流程不规范、管理体系不完善等问题，进一步加剧设备损耗。本文结合高原施工实际，梳理机械设备运行与管理的突出问题，制定设备适配优化、工况专项防护、动力设备改良等应对举措，搭建专属运维保障体系，有效提升高原施工机械管理的规范化质量。

关键词：高原环境；水利水电；施工机械；设备运维；设备管理

引言：高海拔水利水电工程所处区域环境恶劣，低温大温差、低氧低压的特殊工况，彻底区别于平原施工环境，对施工机械性能和运维管理提出严苛要求。目前施工大多沿用平原设备选型标准与运维模式，通用设备环境适配性较差，长期作业故障频发、损耗加剧。传统管理模式的适配短板，直接影响工程施工效率与设备运行稳定性。立足高原施工现状剖析机械管理问题、优化管控策略，可有效补齐现场管理短板，为高原工程机械设备安全稳定运行提供保障。

1 高原特殊环境下施工机械适配性管理问题

1.1 高低温及昼夜大温差引发的设备适配问题

高原地区昼夜温差悬殊，冬季低温严寒，特殊气候会对水利水电施工机械运行形成明显制约。市面上常规施工机械均按照平原气候设计，整体结构与运行性能无法适应高原极端温度。机械金属构件耐温性能薄弱，长期处于大幅温差环境中，低温会降低金属材质韧性，提升结构脆性。反复的温度交替会加速构件疲劳老化，引发变形、开裂等永久性损伤。机电配套部件的适配缺陷较为突出，普通电机的结构与运行参数仅适配温和的平原气候^[1]。面对高原大幅温差，电机内部精密元器件易出现工作紊乱，运行状态波动频繁，作业稳定性大幅下降，无法契合高原施工工况。施工机械水路、油路系统故障频发，管路与水箱构件耐寒性能不足，原厂结构缺乏低温防护设计。高原冬季低温环境下，管路内部介质容易冻结，造成管路堵塞、管线开裂、水箱破损等问题，直接影响施工机械正常启停与运行。

1.2 低氧低压环境导致的动力设备适配问题

高原空气稀薄、含氧量低、大气压强偏低，特殊环境会大幅影响内燃及动力类施工机械的运行性能，暴露常规设备的设计短板。内燃发动机依靠空气供氧完成

燃料燃烧做功，高原环境进气量不足，进气配比偏离设备设计标准，直接造成进气工况失衡。设备动力输出紊乱，额定作业功率无法稳定维持，整体运行工况受到极大限制。氧气供给不足会造成燃料燃烧不充分，大幅降低燃烧利用效率。机械动力储备持续衰减，长期作业状态疲软，作业时长与作业质量均会出现明显下滑。常规动力设备的结构参数均依据平原常压常氧环境设定，未针对高原低压低氧环境做专项优化。设备运行参数与高原实地环境不匹配，作业功率、承载负荷难以达标，无法保障水利水电工程持续稳定施工。

1.3 高原专属工况下设备选型匹配问题

高原水利水电施工多为露天作业，施工环境复杂恶劣，特殊工况让设备选型适配问题集中显现。现阶段设备选型多沿用传统思路，没有针对高原大温差、低氧低压的特殊环境建立专属选型标准。大量平原通用设备直接投入高原施工现场，设备环境耐受能力与实地施工条件不符，长期运行故障频发，整体稳定性较差。机电与动力设备选型维度单一，仅考量设备基础作业能力，忽略高原特殊气候对设备运行稳定性、环境适应性的硬性要求。筛选投入的设备仅能完成基础施工动作，难以长期适配高原恶劣作业场景。辅助配套设备选型存在明显疏漏，管路防护配件、动力辅助组件、温控设施等设备的选用，均未兼顾高原低温、低压环境特点。主设备与配套设备适配脱节，整套机械作业体系环境适应性偏弱，难以满足高原水利水电施工的运行需求。

2 高原水利水电施工机械日常运维管理问题

2.1 低温环境设备防护运维缺失问题

高原冬季严寒持续时间长，昼夜温差变化剧烈，恶劣低温条件对施工机械防护运维提出更高要求。现场防护运维工作普遍存在落实不到位的情况，设备关键部件

长期暴露在外,极易产生各类低温故障^[2]。水箱、输水管道和油路管线承担设备介质输送工作,整体耐寒性能偏弱。现场缺少成熟可靠的保温手段,裸露箱体与管线长期处于低温环境,内部介质容易冻结,引发管线胀裂、管路堵塞、箱体破损等常见故障。设备作业结束停机后,现场大多未执行规范的保温与封存流程。频繁的冷热交替会持续侵蚀设备构件,加速零部件老化磨损,缩短设备整体使用寿命。日常运维管控较为松散,低温防护细节存在诸多管理盲区,未建立适配高原低温气候的常态化检查养护机制。细小的部件损伤和管路老化问题得不到及时处理,隐患不断累积,最终发展为结构性破损,干扰机械设备正常作业。

2.2 低氧环境设备运维管控不到位问题

高原低氧低压的特殊环境会大幅改变动力设备运行状态,设备损耗规律与平原地区存在较大差异。现行日常运维管控模式存在明显短板,难以适配高原特殊工况的养护需求。发动机进气系统与动力核心总成受低氧环境影响最为显著,现阶段检修工作多套用常规平原标准,检修覆盖范围不够全面。运维重点未结合低氧环境造成的设备损耗特征调整,环境诱发的隐性故障隐患无法彻底排查。设备巡检标准长期沿用传统体系,未根据高原低氧低压环境优化升级。动力输出波动、燃烧工况异常、部件运行偏移等隐性问题难以快速发现,故障隐患长期留存设备内部。动力设备长期在低氧条件下持续负荷作业,构件损耗速度更快、损耗程度更高。常规运维周期和养护方式无法适配高原设备损耗节奏,损耗问题持续堆积,逐步削弱设备整体作业性能。

2.3 高原特殊环境运维流程不规范问题

高原水利水电施工现场的机械运维体系存在明显缺陷,适配高原特殊环境的标准化运维模式尚未完善。运维人员普遍沿用平原地区的机械运维流程,忽视高原温差、低氧、低压带来的设备运行变化。传统运维模式适配性不足,无法有效解决高原环境催生的各类设备故障。施工现场设备种类繁多,电机设备、动力机械、管路辅助设备的运行原理和环境薄弱点各有不同。现场未针对各类设备特性制定专属运维方案,统一化的运维模式无法处理设备个性化损耗问题。设备养护、故障检修、环境防护等运维环节衔接松散,各模块工作相互割裂,整体流程连贯性不足。针对高原环境的专项运维举措执行力度不足,流于表面形式,无法切实提升机械设备运维质量,设备故障问题难以从管理层面得到有效管控。

3 高原特殊环境施工机械管理优化应对策略

3.1 基于高原环境的设备适配优化措施

高原大温差、低氧、低压的特殊环境,会暴露平原通用施工机械的各类适配短板。结合现场施工条件,可通过设备更换、结构改造、规范选型的方式开展专项优化。逐步替换现场使用的普通电机与常规动力设备,换装适配高原极端环境的专用机型。专用设备经过针对性结构优化,耐低温、耐低压性能更为突出,可适应高原温差波动与低压作业环境,从源头改善设备适配不足的问题^[3]。对现场在用机械设备实施局部改造升级,重点优化管路、水箱、发动机等核心部件。提升各类管线的抗冻抗压能力,强化水箱低温耐受性能,改良发动机基础结构,全方位提升机械设备对高原工况的适应能力。结合高原水利水电施工的环境特点,建立专属设备选型标准。摒弃传统平原选型思路,优先选用低温抗性强、可适应低氧工况的施工机械,保证进场设备性能贴合高原施工条件,保障设备长期稳定运行。

3.2 低温工况设备专项防护优化措施

针对高原冬季低温、昼夜温差悬殊引发的设备损伤问题,需搭建针对性强的设备防护体系。对水箱、输水管道、油路管线等低温敏感部件,落实常态化保温防护工作。通过加装保温层、配套防护构件等方式隔绝低温影响,减少管路介质冻结、结构冻裂等常见故障。规范设备启停作业与停机封存的保温操作流程,贴合高原昼夜温度交替的变化规律调整防护方式,削弱温差反复变化对设备结构的持续损伤。细化低温环境日常防护管理细则,明确各类设备、重点部件的防护重点与管控标准。强化管路、箱体、机电构件的日常检查与防护管控,将低温防护贯穿设备日常管理全过程,有效降低低温环境导致的设备故障概率。

3.3 低氧低压动力设备优化措施

高原低氧低压环境会造成动力设备工况衰减、作业性能下滑,需开展针对性优化与养护工作。对发动机进气系统进行结构改造,调整进气布局与配比方式,适配高原空气稀薄、氧气不足的环境条件。有效改善燃料燃烧效果,让发动机做功更加充分,稳定设备动力输出,解决动力作业疲软的问题。结合高原低氧低压的环境特征,重新校准动力设备运行参数。脱离平原常规参数设定逻辑,依据高原实地施工工况调整设备负荷与运行阈值,切实改善设备作业状态,提升施工运行效率。制定适配高原环境的动力系统专项养护机制,合理规划养护周期与作业内容。定期对发动机、进气组件、动力传动结构开展全面检修保养,清除低氧燃烧产生的杂质积垢,减轻环境因素造成的设备损耗,延缓设备性能衰减,长期维持机械设备良好的作业状态。

4 高原水利水电施工机械常态化管理保障提升路径

4.1 构建高原专属设备运维管理体系

传统平原地区沿用的机械管理模式,适配场景较为单一,无法适配高原复杂恶劣的施工环境。想要改善高原施工机械管理现状,需要跳出常规管理框架,摒弃固化的平原运维管理模式。结合高原低温严寒、昼夜温差悬殊、低氧低压的独有环境特征,搭建一套完全适配本地工况的专属机械设备运维管理体系。根据施工现场各类机械设备的结构特点和运行属性,细化不同设备品类的专项运维标准。结合电机设备、动力机械、管路配套设备的不同工作原理与环境短板,制定区别分明的运维规范和管控要求,让各类设备运维工作更具针对性^[4]。依托高原施工实际工况重构管理流程,搭建适配特殊环境的常态化工作机制,将日常巡检、定期养护、环境保护等工作串联整合,完成机械设备全作业周期的专项管控,彻底弥补通用管理模式在高原施工场景中的不足。

4.2 强化高原设备专项管理管控力度

高原特殊的气候与施工条件,让施工机械长期处于高负荷、高损耗的运行状态,设备日常管理存在诸多薄弱环节,常规管控方式难以有效规避环境诱发的故障隐患。需要聚焦现场管理痛点,全面强化高原设备专项管控力度。重视低温季节的设备防护工作,把设备保温防护落实为常态化管控内容,严控水箱、管路、动力系统的关键部位的低温损伤风险。针对低氧工况下动力设备功率衰减、工况不稳的问题,加大设备运行状态的监督力度,及时处置设备运行异常。细化施工现场设备管理工作分工,梳理各岗位的工作权责,清晰划分设备运维、环境保护、隐患排查等工作的职责边界,杜绝管理缺位、责任模糊等问题。结合高原环境下设备故障的高发规律,建立前置化预防管控机制。主动梳理低温冻损、动力不足、管路老化等常见隐患,提前落实预防性养护和防护举措,从源头降低设备损耗速度,减少各类故障发生,保障机械设备稳定运行。

4.3 提升高原施工机械专项管理能力

高原水利水电露天施工的特殊工况,对设备管理的

专业性、精细化程度有着更高要求,持续提升专项管理能力是保障设备长效稳定运行的关键。结合高原设备运行的独有特点,针对性开展管理人员技能提升工作,围绕高原专属运维方式、低温防护实操技巧、特殊工况故障排查等核心内容开展系统培训。夯实现场管理人员的实操能力,积累高原设备管理实战经验,充分适配特殊环境下的设备管理工作需求。持续优化传统设备管理思路,转变粗放式管理模式,立足高原温差、低氧、低压的环境特性,推行精细化、差异化的管理模式。根据季节气候变化、设备类型、作业场景调整管理侧重点,提升设备管理工作的针对性和有效性。搭建长效化的管理能力提升机制,持续总结现场管理经验,优化管控流程与管理方式,动态适配高原水利水电工程的施工节奏与设备运行要求,稳步提升整体设备管理水平。

结束语

高原特殊工况给水利水电施工机械的适配运行与日常运维带来诸多难题,设备性能适配不足、专项防护缺失、运维体系不健全等问题,直接影响现场施工的有序开展。针对各类核心问题落实设备改造、低温防护、动力优化等专项举措,可有效消除设备运行故障隐患。搭建适配高原环境的专属运维体系,强化现场精细化管理,持续提升人员专业能力,能够全面补齐机械管理短板,稳步提升高原水利水电施工机械设备的运行质量与管理水平。

参考文献

- [1]崔广卓.高原深防渗墙接头管法施工关键技术研究[J].水上安全,2026(2):154-156.
- [2]朱晓明.生态型水利护岸施工技术创新[J].大众标准化,2026(6):64-65,68.
- [3]欧作飞,吴波,李长青.高原高拱坝泄洪深孔倒悬体结构施工技术研究与应用[J].四川水力发电,2026,45(1):88-92,106.
- [4]董庆煊.高原地区水电工程混凝土施工温控技术研究[J].工程技术研究,2025,10(15):67-69.