

吊装作业中汽车起重机的选型及吊装作业技术

邵红军

神华准格尔能源有限责任公司设备维修中心 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 在露天煤矿开采规模不断持续扩大的这种背景之下, 各类大型设备的安装维护作业对起重设备的需求明显提升, 汽车起重机凭借其卓越的机动性能和灵活的操作特性, 已然成为露天煤矿吊装作业的主要使用设备, 鉴于矿区复杂的作业环境以及多样化的吊装需求, 科学选择起重机型号并掌握先进吊装技术就显得十分重要, 本研究着重探讨露天煤矿作业中汽车起重机的选型方法、关键参数计算模型, 还有吊装作业的核心技术要点与安全保障体系, 为提高矿区安全生产效率提供理论依据和技术支持。

关键词: 露天煤矿; 汽车起重机; 选型; 吊装作业技术

1 引言

在露天煤矿进行开采作业的过程里, 吊装作业作为关键环节贯穿大型采掘设备安装调试、日常维护更换等整个流程, 汽车起重机依靠其显著的技术优势, 已然成为该领域吊装作业方面的核心设备, 不过露天煤矿作业环境存在地形复杂、气候多变等特点, 再加上吊装任务十分繁重, 这对汽车起重机的选型以及操作提出了严峻挑战, 不当的设备选型或者违规操作不但可能引发严重的安全事故, 造成人员伤亡以及重大经济损失, 而且会直接影响煤矿的生产效率, 基于这样的情况, 系统探讨露天煤矿吊装作业中汽车起重机的选型标准以及操作规范具备重要的实践价值。

2 汽车起重机的选型流程

2.1 明确吊装任务需求

露天煤矿作业的时候汽车起重机面临多样吊装需求, 其性能指标得按照具体工况做差异化选择, 就拿矿用设备安装来说大型挖掘机等重型设备自重常达数百吨, 这要求起重机必须具备卓越的起升能力, 小型零部件更换作业更注重起重高度和工作半径等参数, 所以在设备选型时需要综合考量被吊物重量几何尺寸安装位置空间限制等关键因素, 另外针对高频次吊装作业场景要优先选用可靠性强维护便捷机型, 以此最大限度降低设备故障率确保生产连续性。

2.2 分析作业环境条件

露天煤矿开采作业时, 因其作业环境有特殊性, 对汽车起重机的选型提出严格要求, 从地质条件这方面来说, 当作业区域存在明显坡度变化或者土质松软的情况, 传统轮式起重机常常难以满足通行方面的需求, 采用履带式结构或者具备越野特性的起重机, 因其接地比压较低而表现出更好地地形适应性, 气象因素同样会对设

备选型产生重要影响, 在风力比较大的矿区, 必须优先考虑配备防风装置且经过严格风载计算的机型, 作业场地的空间局限性也是选型的关键考量因素, 特别是在巷道狭窄或者设备密集的区域, 需要选择具有较小回转半径和优异机动性能的起重机型号。

2.3 初步筛选起重机类型

根据不同吊装工况以及现场环境特征情况, 可以对汽车起重机的选型开展初步评估工作, 在露天煤矿这类大型吊装作业场景当中, 全地面起重机把优异机动性能和强大起重能力相融合, 能够充分满足大吨位与大跨距的作业实际需求, 针对空间受限且地形复杂的施工具体环境, 越野轮胎起重机依靠其卓越通过性和操作灵活性体现出显著优势, 要是碰到有超高吊装高度需求的情况, 在场地条件允许的情形之下, 桁架臂汽车起重机凭借其特有的结构特点可以提供更高起升高度。

2.4 验证关键性能参数

确定起重机选型方案之后要对其主要技术指标做系统校核, 对于起重参数要保证设备在各工况条件下额定载荷值超被吊物体吊具及索具总质量且考虑安全裕度, 动载系数通常设定为1.1, 多机协同作业不平衡系数控制在1.1-1.25区间, 单机作业时取值为1, 对于起升高度参数需综合计算设备安装基准面标高、安装预留间隙(建议0.2-0.3m)、构件绑扎点至吊装后底部垂直距离以及吊索具高度, 确保起重机最大提升高度满足实际吊装需求, 作业幅度参数要根据吊点与起重机支点水平间距合理选择起重臂长度和工作半径防止超负荷作业, 同时必须对钢丝绳、卸扣等吊具进行强度验算确认其抗拉性能符合吊装作业要求。

2.5 综合评估与确定选型

在起重机选型评估的整个过程当中, 除了核心性能

指标之外，还需要构建起包含经济性、可靠性以及可维护性等维度的综合评价体系，经济性评估要涵盖设备全生命周期的成本，其中包括初始购置（或者租赁）费用、运行能耗支出以及周期性维护费用等关键要素，可靠性评价应重点考察设备品牌的市场认可度、故障率统计等质量指标，以此确保吊装作业能够保持连续性，可维护性方面需要评估售后服务体系的完善程度、备件供应的时效性等指标，从而最大限度降低设备的停机时间，基于上述多维度的系统分析内容，最终遴选出最符合露天煤矿工况要求的汽车起重机型号。

3 吊装设备的选型和相关参数计算

3.1 吊装设备选型

3.1.1 吊装荷载计算

在汽车起重机进行选型的过程当中，吊装荷载属于非常关键的参数，它的计算需要综合去考虑被吊物本体重量以及附属吊具的重量。按照GB/T 3811-2008《起重机设计规范》相关要求，单机作业时候的计算荷载能够采用下面这样的表达式， $Q_j = k_1 \times k_2 \times Q$ 。式子当中各个参数的具体含义如下所示， Q_j 所表示的是计算荷载的具体数值， k_1 属于动载系数（标准取值设定为1.1），其作用是用来表征起升机构加速运动所产生的动力效应， k_2 代表的是不平衡系数（单机作业的时候取值为1，多机协同作业的时候取值在1.1-1.25之间），主要反映多机配合时候的载荷分配存在的差异， Q 包含了设备自身的重量以及吊具的总重量。拿某露天矿采掘设备吊装这个例子来说，设备自身重量达到50吨，配套吊具重量为2吨，经过计算能够得出 $Q_j = 1.1 \times 1 \times 52 = 57.2$ 吨。

3.1.2 起重高度计算

吊装工程里精确计算起重高度是保障作业安全与成功重要前提，其计算模型可这样表述为 $H \geq \sum H_i$ （ $i = 1-4$ ），式中各参数具体定义情况如下， H 代表起重机作业半径内吊钩到停机面垂直距离， H_1 表征安装基座和停机面的高程差值， H_2 是安全裕度建议取值0.2-0.3m避免吊装时结构干涉， H_3 表示构件起吊后底面到绑扎点垂直间距， H_4 反映索具系统的高度参数情况，以某露天煤矿设备安装工程为例来说，当 $H_1 = 10\text{m}$ 、 $H_2 = 0.2\text{m}$ 、 $H_3 = 3\text{m}$ 、 $H_4 = 5\text{m}$ 时经计算最小起重高度 $H_{\min} = 18.2\text{m}$ 。

3.1.3 工作幅度确定

起重机作业半径是衡量其工作覆盖范围的关键指标，在露天煤矿这种复杂工况条件下有决定性影响，工程实践里操作人员要依据吊装点和起重机基座水平间距，科学配置起重臂长度与作业半径相关参数，以15米水平距离的吊装任务作为例子，必须严格校核选定起重

机在该作业半径下额定载荷性能，确保其满足实际吊装具体需求，除此之外还需综合分析起重臂仰角变化对作业半径动态影响，防止因半径参数选择不当引发设备过载风险。

3.2 吊索选择

3.2.1 钢丝绳选择

钢丝绳是工程吊装作业里广泛应用的承载构件，它的安全荷载要通过下面这个计算模型来确定，也就是 $S = S_b / K_1$ ，这里面 $S_b = \beta \cdot P_g$ ，而 P_g 值要参照钢丝绳技术参数表来选取。在这个计算体系当中，各个参数都有着明确的工程意义， S 所表征的是许用荷载设计值， S_b 代表的是钢丝绳极限破断拉力， β 是荷载分布不均匀修正系数，针对 6×19 、 6×37 、 6×61 这三种典型结构的钢丝绳，其 β 值分别取0.85、0.82和0.80， K_1 为安全储备系数，它的取值范围需要结合具体工况来确定，通常是控制在5-8这个区间。特别要说明的是，在露天采矿等恶劣工况条件之下，考虑到设备承受的周期性冲击载荷以及表面磨损效应，建议采用上限安全系数，比如重载频繁作业工况就取 $K_1 = 8$ ，以此来确保吊装系统的可靠性。

3.2.2 麻绳选择

在轻型物件的起重作业过程当中，麻绳依旧具备特定的应用价值，它的承载能力能够通过以下公式来确定，也就是 $S_0 = S_z / K_2$ ，这里面 S_0 所表示的是麻绳的许用载荷， S_z 代表着断裂强度（对于白棕绳来说，使用过的绳索其断裂强度大概为新绳的40%-50%）， K_2 是安全系数，通常取值是在4-6这个范围，在露天采矿作业当中采用麻绳开展吊装工作时，必须要严格限定它的使用条件，不可以将其用于重物提升或者极端工况，以此确保作业安全并且防范绳索断裂风险。

3.3 抗倾覆验算

在汽车起重机实施吊装作业时，其抗倾覆稳定性是确保施工安全的关键因素。根据《起重机设计规范》要求，需通过稳定性验算确保抗倾覆力矩满足 $M = K_G \cdot M_G + K_Q \cdot M_Q + K_W \cdot M_W \geq 0$ 的计算条件。式中各参数含义如下： K_G 表示自重荷载系数，标准取值为1； K_Q 为起升荷载系数，考虑动载效应建议取1.15； K_W 代表风荷载系数，通常取1； M_G 、 M_Q 、 M_W 分别对应起重机自重、起升载荷及风载荷对倾覆边的力矩值。以某露天煤矿大型设备吊装工程为例，通过精确计算各项载荷力矩，有效保障了起重机在不同工况下的稳定运行，从而避免了可能发生的倾覆事故。

3.4 地基承载力验算

在露天煤矿开采区域里因为地质条件有显著非均质

性使得地基承载力存在较大波动性所以实施大型设备吊装作业前必须开展地基承载力精确计算,按照工程力学原理汽车起重机在三点支撑工况下往往处于力学最不利状态其地基压力可通过以下公式进行验算即 $\sigma = N/A \leq [\sigma]$,式中 σ 表示地基实际承受压强值、N代表支腿反力荷载、A为支腿接地面积、 $[\sigma]$ 指代地基允许承载力标准值,当现场检测发现地基承载力不满足要求时可采取铺设加厚钢板设置枕木垫层等临时加固方案或通过机械夯实浇筑钢筋混凝土基础等永久性处理措施以确保起重机在吊装作业全过程中的结构稳定性与安全性。

4 露天煤矿吊装作业技术要点

4.1 作业前的全面检查

要确保吊装作业能够安全进行,就得对汽车起重机各系统执行严格预检程序,针对机械装置这一方面,需要重点核查钢丝绳磨损程度和断丝数量,要是断丝比例达到10%就得马上更换,同时还要验证滑轮运转灵活性和制动装置可靠性,以此保证起吊和制动功能可以正常发挥,电气设备检查应该包含线路绝缘状况评估、接地装置检测和各类控制开关及遥控装置功能测试,从而消除潜在的电气方面安全隐患,液压系统检测内容涵盖油液位监测、温度控制、管路密封性检查和工作压力稳定性测试,一旦发现异常情况就需及时维修,避免作业过程中出现液压系统故障。

4.2 精准的起重机定位与支腿设置

露天煤矿开采作业时因为地质条件复杂多变,起重机械精确定位成确保安全生产重要环节,具体操作流程如下,选址阶段要优先考虑地质结构稳定且承载力符合要求区域作设备停放点,严格规避存在软土层、坡度超标或潜在塌陷风险地段,设备就位后需马上进行水平校准,可借助车载水平检测装置或外置测量仪器完成精度验证,支腿系统规范操作直接关系到设备稳定性,展开前必须确认支撑面平整度与承压能力,必要时用专用垫板进行接触面强化处理,支腿伸展过程须严格遵循标准作业程序,确保各支腿同步伸展到位并完成机械锁定,杜绝作业过程中的位移风险,最终调试阶段需复测设备水平参数,确认所有技术指标均达到安全作业标准。

4.3 规范的起吊操作流程

实施吊装作业的时候一定要严格遵照标准化操作规程,作业人员要在吊装前对被吊物件固定状态、吊点选择合理性仔细核查,以此预防吊运过程中可能出现的位移或偏斜现象,特别要强调的是必须全面贯彻“十不吊”安全准则,具体涵盖指挥信号不明确或违章指挥时禁止吊装、超过额定载荷时禁止吊装、工件固定不牢固

时禁止吊装、吊物上存在人员时禁止吊装、安全保护装置失效时禁止吊装、工件埋置于地下时禁止吊装、斜拉工件时禁止吊装、作业环境光线不足时禁止吊装、小型配件或短料装载过满时禁止吊装、未对棱角物件采取防护措施时禁止吊装,吊装过程中操作人员要先缓慢提升吊钩,等吊索充分受力后确认被吊物件状态正常才能继续平稳起升,在整个起升阶段要保持匀速运动,严禁急加速或急停以此控制惯性力的产生,当被吊物件接近安装位置时要降低起升速率实施精确定位操作确保安装精度符合要求。

4.4 稳定的吊运与就位控制

为确保吊装作业的安全与高效,操作人员需严格控制起重机运行,防止起重臂发生晃动或过度回转。应持续监控起重机各项指标及吊装物品的状况,发现异常立即作业并排查。对于长距离或重型物品的吊装,建议在物品两侧增设牵引绳索,并由指定人员进行操控,以减少物品摆动。吊装物品接近预定位置时,需重新调整起重机位置及角度,确保物品准确就位。在就位阶段,应缓缓降低吊钩,并密切监视物品与支座的对接状况,以防碰撞事故发生。

5 露天煤矿汽车起重机吊装安全保障措施

5.1 完善的安全管理制度

要保证露天煤矿吊装作业能够安全进行,首要工作是搭建起一套系统化安全管理体系,具体来说煤矿企业要编写具备可操作性的吊装作业安全规范,细致划分各个岗位的权责分工并且严格把控作业流程里的关键节点,与此同时要通过开展常态化的安全培训项目,像专题讲座以及事故案例研讨等形式,不断提高从业人员的风险防范意识与专业技能水平,除此之外还要建立多层次的安全监管网络,实行定期巡检和突击检查相互结合的监督机制,对违规操作及时进行纠正并采取预防性措施消除潜在安全隐患。

5.2 专业的人员培训与资质管理

从事吊装作业的人员需接受系统化专业培训,在取得特种设备操作资格证书后方可上岗。培训课程需涵盖汽车起重机结构原理、操作规范、安全规程、工艺流程及应急处置等核心内容。企业应建立定期复训机制,持续提升作业人员的专业素养与技能水平。实施严格的资质审查制度,确保操作人员持有效证件上岗,杜绝无证作业现象。对表现优异、安全绩效突出的作业人员实施正向激励措施,以增强其工作主动性与安全意识。

5.3 可靠的安全防护装置配备与维护

想要确保汽车起重机能够安全运行,就得配置完整

且性能可靠的安全保护系统，同时建立起规范的维护保养制度。这个安全系统主要涵盖了载荷监控装置、吊钩高度控制器、工作幅度调节器、回转角度限制器以及防倾覆机构等关键部件。其中的载荷监控装置能够实时检测起吊重量，一旦超出额定载荷就会自动切断动力输出，吊钩高度控制器可以有效避免出现钢丝绳过卷的现象，工作幅度调节器和回转角度限制器会分别对起重臂的伸展范围和旋转角度进行精确控制。使用单位需要建立完善的安全装置管理档案，定期开展性能检测和参数校准工作，及时维修或者更换失效的部件，以此保证整个安全保护系统能够持续有效运行。

5.4 恶劣天气条件下的作业防护

露天煤矿作业环境易受极端气候条件制约，在实施吊装作业过程中需严格执行气象防护规范。针对强风工况，若实测风速超出设备设计抗风阈值，须立即中止作业流程，将吊臂调整至预设安全仰角并进行锁定；对于重型起重设备，建议加装专业防风锚固系统以提升抗风性能。雨雪天气条件下，需及时清除操作平台、支撑机构等关键部位的积水和覆雪，确保作业面防滑性能；

同时应重点检测电气设备的密封防护等级，预防因绝缘失效导致的系统故障。高温作业环境中，需特别关注液压传动装置及动力单元的热管理状态，防止因油液或冷却液温度异常引发的设备性能衰减。当监测到雷电活动时，须立即启动应急预案，组织全体作业人员撤离至指定避险区域。

结语

在吊装实施阶段，除需校核被吊物件的起吊可行性外，还需重点验算各类设备及构件吊点的结构安全性及变形限值。同时，必须对进场道路条件、作业场地环境等进行综合评估，确保起重设备具备进场条件及足够的作业空间，方能保障吊装全过程的安全可靠性。

参考文献

- [1]俞强华.建筑施工塔吊选型与定位时应注意的问题[J].安徽建筑,2014(4):193-194.
- [2]韦桂球.塔吊在建筑工程中的应用[J].建材与装饰(下旬刊),2008(03):158-160.
- [3]乔会丹,邵冶,赵欣,等.大型城市综合体项目中的施工机械选型布置与管理[J].施工技术,2018,47(S1):929-931.