

翻车机 U 型梁螺栓孔开裂分析及修复工艺优化

刘昱奎

(秦皇岛港股份有限公司第九港务分公司 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 为提高翻车机 U 型梁工作可靠性, 通过分析在翻卸过程中作用在 U 型梁上的受力情况, 将载荷施加在三维模型中进行有限元分析, 结合现场实际确定易出现螺栓孔开裂位置。根据 U 型梁螺栓孔开裂情况, 制定可靠的维修工艺优化方案, 以保证结构强度。

关键词: U 型梁; 受力分析; 有限元分析; 维修工艺优化

0 引言

翻车机是煤炭装卸港口的关键设备之一, 其工作效率影响着铁路运输的通畅性。据统计, 2019 年, 秦皇岛港煤五期翻车机的平均设备使用率在 60% 左右, 2020 年在 54% 左右。当市场需求向好, 尤其是电煤抢运期间, 翻车机的使用强度会进一步提高, 对于满负荷运转下的翻车机, 其驱动设备、电气装置及整体结构的可靠性也就愈发重要。秦皇岛港煤五期翻车机已连续使用 16 年, 现场使用环境较为恶劣, 长时间受到中水及积煤对翻车机钢结构的侵蚀。翻车机主体外表漆皮脱落的部位易出现明显锈蚀, 螺栓连接部位也会因涂装工艺不足而出现局部锈蚀, 如不及时采取措施必然影响设备的使用寿命。

靠车板油缸底座通过 36 条高强螺栓连接在翻车机 U 型梁上, 在煤炭翻卸过程中, 靠车板伸出与运煤厂车车厢贴合, 承受着车厢的作用力, 其大小随着翻转角度而变化。靠车板将承受的载荷作用在 4 根靠车板油缸底座上, 油缸底座与翻车机 U 型梁相互作用, 承受垂直方向的拉力。受工作环境影响及载荷的作用, U 型梁螺栓孔处容易发生开裂情况, 如图 1 所示。

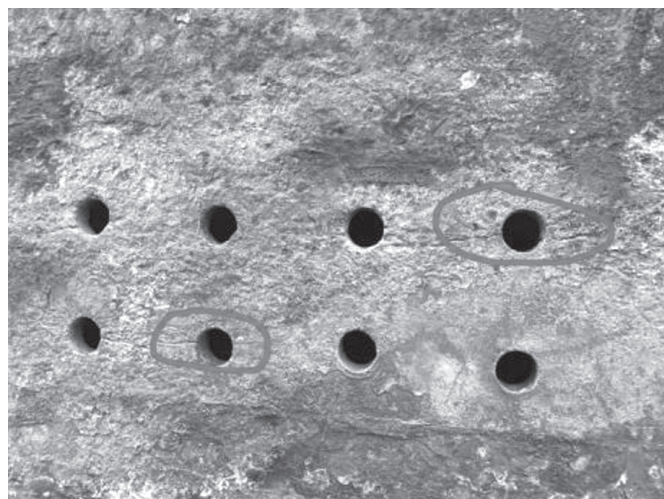


图 1 U 型梁螺栓孔开裂情况

1 翻卸过程中 U 型梁受力分析

翻车机处于水平位置时, 靠车板油缸伸出使其与车厢贴合, 在翻转的初始阶段, U 型梁承受的载荷逐步加大。因

翻车机翻转到一定角度后物料开始下落, U 型梁的受力在达到某一峰值后开始减少, 当翻转到 165° 时, 物料被完全排空。翻车机返回时, U 型梁在 90° 位置时受力最大, 但远小于重载翻卸时的受力。

煤炭在堆放时能够保持自然稳定状态的最大角度, 即煤炭安息角, 与其颗粒大小、含水率、煤种等特性有关, 一般取 45°。当翻车机稳定翻转时, 物料与水平面的夹角始终维持在 45° 左右。

任意角度下, 车厢的受力情况如图 2 所示。

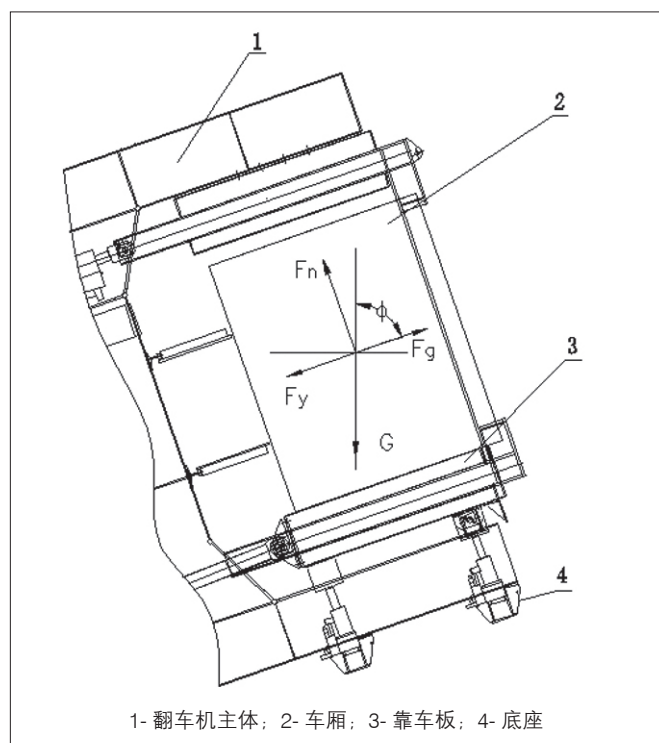


图 2 翻转过程车厢受力情况

其中, G 为车厢自重, N , F_n 为靠车板对车厢的支撑力, N , F_g 为轨道对车厢的支撑力, N , F_y 为压车梁对车厢的下压力, N 。在上述载荷的作用下, 车厢相对静止于翻车机上, 当 $\phi < \arctan(b/a)$ 时:

$$G = G_k + G_w = 1.96 \times 10^5 + \left[7.84 \times 10^5 - \left(\frac{a^2 \times \tan(\varphi - 45^\circ)}{2ab} \right) * 7.84 \times 10^5 \right] = 1.96 \times 10^5 + 7.84 \times 10^5 \times \left(1 - \frac{a}{2b} \tan(\varphi - 45^\circ) \right) \quad (1)$$

式中： G_k 为空车皮的自重， N ； G_w 为车皮内剩余物料的重量， N ； a 为车厢宽度， m ； b 为车厢高度， m 。

根据上图中的受力关系，支撑力 F_n 的大小为：

$$F_n = G \times \sin \quad (2)$$

每根靠车板油缸底座受力 F 为：

$$F = 1/4 F_n \quad (3)$$

由上述公式可知，底座受力 F 与翻转角度 ϕ 有关，通过对公式 (1) 及公式 (3) 进行求解，得到当 $\phi = 65^\circ$ 时，受力最大，其最大值为 $F_{\max} = 193862.58N$ 。当 $\phi > \arctan(b/a)$ 时，车厢内物料仍在不断减少，U 型梁受力仍在逐渐降低。翻车机返回时，斗内为空，受力情况远小于重载翻转时，此处不再单独计算。U 型梁受力情况与翻转角度关系如图 3 所示。

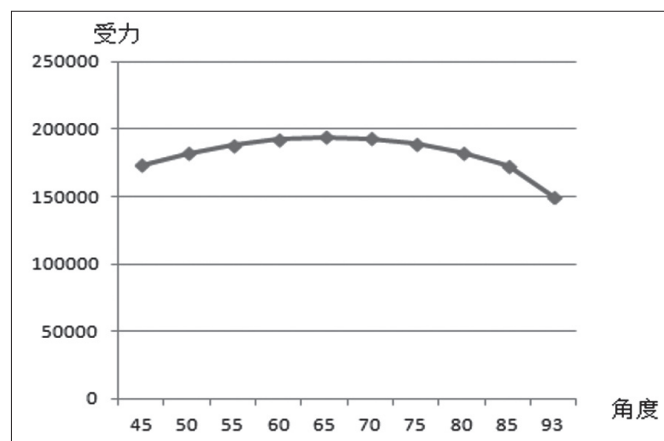


图 3 U 型梁受力与翻转角度关系图

2 模型建立及有限元分析

翻车机靠车板的设计强度远高于油缸底座及 U 型梁，为了简化模型，将其视为刚体，不承受压力变形。在三维模型中建立油缸底座、连接销轴、螺栓组件及 U 型梁模型，并进行装配，忽略油缸影响。

将三维模型导入有限元分析软件，对其进行网格划分及约束施加，设置接触形式，将最大载荷施加在油缸销轴面上。分析结果如图 4 所示，最大应力点出现在第一组连接螺栓上，最大值 234MPa，U 型梁上应力最大值出现在第一组螺栓孔区域，最大值在 130MPa 左右。该位置在翻转过程中易产生积煤，在冬季作业时振打装置投入，冲击力对设备也会产生一定影响，加上中水的腐蚀，前三组螺栓孔最易出现开裂现象。

3 结构加固维修

煤五期 CD6 翻车机入口第二组上方 U 型梁螺栓孔出现

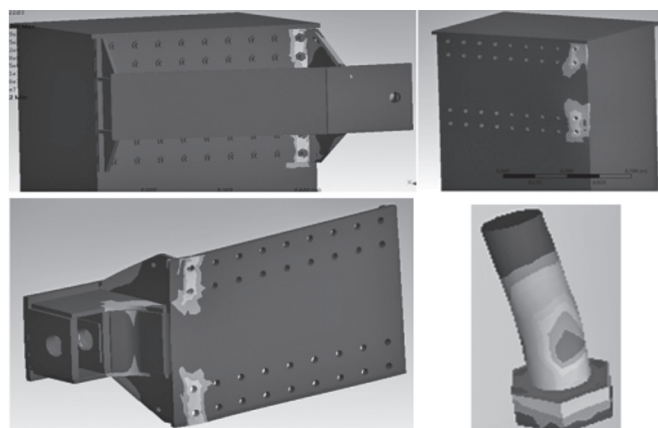


图 4 受力仿真结果

多处开裂，为了避免出现严重机损，需及时进行加固维修。螺栓孔分布范围较大，为了确保整体强度，需对螺栓孔整个区域进行更换，挖补尺寸为 $940mm \times 1000mm$ ，将旧板切除，安装新板。

为了进一步增加更换后结构强度，防止螺栓孔继续出现开裂，对母板局部进行加厚 8mm 的处理，使其与靠车板底座强度进一步接近，同时不影响装配及焊接。加厚以后进行上述有限元分析，U 型梁最大应力值降低 20%。

旧板切除后，对切割部位进行打磨坡口，对新板旧板平面焊接部位打磨新板坡口，单面角焊缝焊接，采用二氧化碳保护焊，低合金结构钢焊丝，全熔透焊接，焊接层数为至少 4 层，每层交错焊接，层间焊道清理干净，防止发生气孔、夹渣等缺陷，采用锤击焊缝释放应力，焊接全部完成后采取保温措施。焊接完成后进行磁粉探伤，检查无缺陷后进行补漆，恢复油缸及底座。

4 结语

掌握翻转过程中靠车板及 U 型梁的受力情况，为设备应力分析及优化维修工艺提供理论依据，对翻车机 U 型梁结构进行局部加强后，降低了发生设备故障的可能性，使设备在高强度、低温、中水等恶劣环境中可靠运行。

参考文献：

- [1] 李绍伟. 翻车机钢结构优化设计 [D]. 清华大学, 2013.
- [2] 梁凯. 翻车机主体结构寿命预测 [D]. 燕山大学, 2019.
- [3] 王卫东. 翻车机动力学仿真及靠板疲劳分析 [D]. 华中科技大学, 2017.

作者简介：刘昱奎 (1988.01-)，男，河北唐山人，研究生，研究方向：港口机械。