

Analysis and Optimization Strategy of the Problem of the Looseness of the Installation Bolt of the Forklift Brake

Hao Liu

Baoji Heli Forklift Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721001, China

Abstract

As a critical component of the drive axle, the installation bolts of forklift brake systems directly impact braking safety and operational stability, with potential to cause malfunctions and accidents. This study examines bolt loosening through four dimensions: design, manufacturing, assembly, and maintenance, considering operational characteristics such as load fluctuations and braking impacts. The analysis identifies three primary causes: inadequate anti-loosening effectiveness, insufficient installation plane precision, and environmental vibration coupled with delayed maintenance. Countermeasures proposed include optimizing anti-loosening processes, improving installation accuracy, strengthening assembly control, and refining maintenance protocols. Practical validation demonstrates that these improvements significantly enhance bolt connection reliability and reduce failure rates, providing technical support for the safe and stable operation of drive axle braking systems.

Keywords

fork crane brake; installation bolt; bolt loosening; problem analysis; optimization strategy

叉车制动器安装螺栓松动问题剖析与优化策略

刘浩

宝鸡合力叉车有限公司，中国·陕西 宝鸡 721001

摘要

叉车制动器安装螺栓作为驱动桥核心连接部件，其松动直接威胁制动安全与运行稳定，易引发故障及事故。本文结合叉车作业载荷波动、制动冲击等工况特点，从设计、制造、装配及运维四维度分析该螺栓松动问题，明确防松效果欠佳、安装平面精度不足、环境振动及维护不及时为主要成因。据此提出优化防松工艺、提升安装精度、强化装配管控及完善运维规范等对策。实践验证显示，改进措施可有效提高螺栓连接可靠性、降低松动故障率，为驱动桥制动系统安全稳定运行提供技术支撑。

关键词

叉车制动器；安装螺栓；螺栓松动；问题剖析；优化策略

1 引言

在现代物流与工业生产中，叉车是关键物料搬运设备，广泛应用于工厂、仓库、港口等场景，其高效稳定运行直接关系到生产顺畅与作业效率。鼓式制动器作为叉车制动系统核心部件，其安装螺栓承担连接紧固重任，直接影响制动效能。螺栓一旦松动，会导致叉车制动跑偏、异响、制动力下降，严重时引发制动失效，造成侧翻、碰撞等安全事故，危及人员安全、损毁货物设备，给企业带来重大经济损失。因此，深入研究该螺栓松动问题，对提升叉车运行安全性、降低事故风险，具有重要现实意义。

2 故障现象

据市场反馈，某型小吨位叉车在使用一段时间后，偶发制动时制动跑偏、异响、制动力下降等现象。经售后人员对故障车辆驱动桥拆解后发现，用于固定制动器的安装螺栓存在松动现象，导致车辆在刹车过程中，制动器产生位移，从而导致制动蹄片与制动鼓接触异常后产生制动跑偏、异响、制动力下降等故障。经对故障车辆的制动器安装螺栓重新紧固后，故障消除。

3 原因分析

该型叉车制动系统采用鼓式制动器，由左右对称的2个高强度铰制孔螺栓和6个高强度标准螺栓将制动器总成安装于驱动桥桥壳上（结构原理见图1）。

【作者简介】刘浩（1987-），男，中国陕西咸阳人，本科，工程师，从事机械设计制造及其自动化研究。

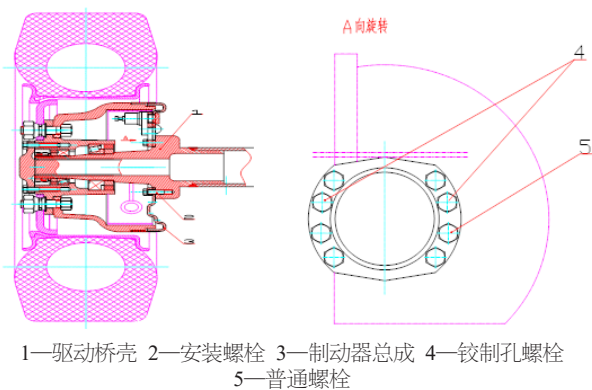


图 1 鼓式制动器安装结构

造成制动器安装螺栓松动有多方面的原因。尤其是叉车在运行过程中,要经受复杂工况考验,满载高频前后行驶、制动以及路面颠簸,使得制动器的安装螺栓持续承受交变载荷下的剪切和高频振动。

3.1 螺栓涂胶工艺不合理

通过对螺栓安装过程进行检查,发现螺栓采用弹簧垫片加螺纹紧固胶的方式防松,在螺栓紧固过程中,工人采用风动扳手先拧紧序 4 的两个铰制孔螺栓,随后呈对角线沿顺时针方向依次对序 5 的 6 个普通螺栓进行拧紧,对拧紧力矩采用首、中、末“三检”的频次进行抽检,从抽检记录来看力矩符合要求。在对松动螺栓拆解后发现螺栓上的紧固胶呈

局部布置,未在螺纹接触部位全部涂抹,这将导致防松效果大幅下降。

3.2 制动器安装平面精度不足

制动器安装平面的精度对螺栓连接有着重要影响,平面度误差过大,会使螺栓在拧紧时,各部位受力不均,产生附加弯矩。检测数据显示,部分制动器的安装平面度误差达到了 0.2mm,远超设计允许范围(通常应控制在 0.15mm 以内)。螺栓在拧紧过程中,会承受额外的弯曲应力,导致螺栓局部应力集中。在某叉车生产企业的实际案例中,由于安装平面加工精度不足,部分叉车在使用一段时间后,固定螺栓出现了断裂现象,经分析,主要原因就是安装平面不平,使螺栓承受了过大的附加弯矩。图 2 和图 3 分别展示了平面度检测过程和检测数据情况。



图 2 制动器安装面平面度检测

序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度	序号	平面度
1	0.10	13	0.10	25	0.10	37	0.15	49	0.10	61	0.15	73	0.15	85	0.10
2	0.10	14	0.10	26	0.15	38	0.10	50	0.15	62	0.10	74	0.15	86	0.15
3	0.10	15	0.15	27	0.15	39	0.15	51	0.15	63	0.10	75	0.15	87	0.10
4	0.15	16	0.15	28	0.10	40	0.15	52	0.15	64	0.20	76	0.15	88	0.15
5	0.10	17	0.10	29	0.15	41	0.15	53	0.18	65	0.10	77	0.10	89	0.15
6	0.10	18	0.15	30	0.10	42	0.15	54	0.15	66	0.10	78	0.15	90	0.15
7	0.15	19	0.15	31	0.10	43	0.15	55	0.10	67	0.15	79	0.10	91	0.10
8	0.15	20	0.10	32	0.15	44	0.10	56	0.15	68	0.15	80	0.10	92	0.15
9	0.10	21	0.15	33	0.15	45	0.15	57	0.10	69	0.10	81	0.10	93	0.15
10	0.15	22	0.15	34	0.10	46	0.15	58	0.15	70	0.15	82	0.15	94	0.15
11	0.10	23	0.18	35	0.15	47	0.12	59	0.15	71	0.15	83	0.10	95	0.15
12	0.15	24	0.15	36	0.10	48	0.10	60	0.15	72	0.10	84	0.15	96	0.18

图 3 平面度检测数据

3.3 维护保养不及时

部分叉车的维护保养制度执行不到位,未定期检查螺栓紧固情况。根据统计数据,当检查周期超过一个月时,螺栓松动故障率会增加 50% 以上。某物流企业的叉车,由于维护人员未能按照规定的两周检查周期对螺栓进行检查,在一次作业中,因螺栓松动导致制动失效,险些引发安全事故。未及时更换制动蹄也会影响螺栓的紧固状态。例如,制动蹄磨损到一定程度后,会使制动时的作用力发生变化,对固定螺栓产生额外的冲击力,加速螺栓松动。当制动蹄磨损量超过 10mm 时,固定螺栓的松动风险会显著增加。通过对多起叉车制动故障案例的分析发现,因维护保养不及时导致螺栓松动的比例高达 30%-40%,可见维护保养工作对防止螺栓松动的重要性。

4 改进措施

针对以上分析原因,实施针对性改进。

4.1 对螺纹紧固胶涂抹工艺优化

螺纹紧固胶利用其固化后形成的高强度胶层,填充螺纹间隙,增加螺纹之间的摩擦力,有效防止螺栓松动,适用于对防松要求较高、拆卸频率较低的场合。为消除由于螺纹紧固胶涂抹不规范造成的质量波动,按照操作规范对操作工人进行了培训和指导:在涂胶前检查紧固件表面的清洁度,涂胶时须沿螺栓轴向进行均匀、充分涂抹,特别是在螺纹旋合段的内部和底部,厚度保证在 0.1-0.15mm 之间。以此提高螺栓连接的防松性能,确保在复杂工况下螺栓连接的可靠性。

4.2 提高制动器安装平面精度

制动器安装面的精度实为制动器底板总成的平面度。制动器底板总成为压型底板和加强板采用电阻焊铆接而成，总成的表面处理采用高温喷粉工艺。（结构见图4）

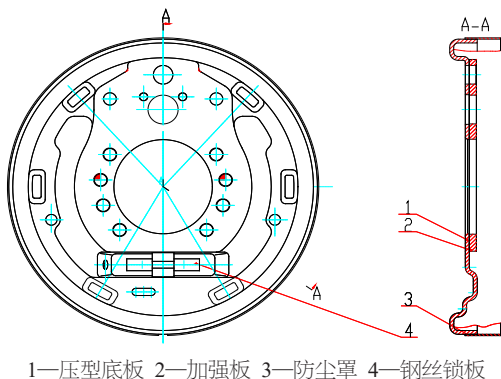


图4 制动器底板总成结构

为探寻提高制动器底板总成平面度的具体方向，分别对压型底板平面度、加强板平面度、加强板铆接后总成的平面度和高温喷粉后总成的平面度分别进行跟踪检测，发现铆

接后和喷粉后均存在平面度超差的情况。为此从以上两道工序分别着手开展提升。

4.2.1 底板铆接工序平面精度提升

铆接工序的平面度超差主要来源于热变形，通过对铆头球面大小进行优化，在保证铆接强度的前提下，减小了电阻焊电流，从而降低了底板总成的热变形；同时通过对铆接位置和先后顺序不同对底板产生的热变形影响，进行了大量试验（见图5、图6试验过程记录），根据实验结果对铆接位置和顺序进行了优化，最大限度的降低电铆对底板热变形影响。

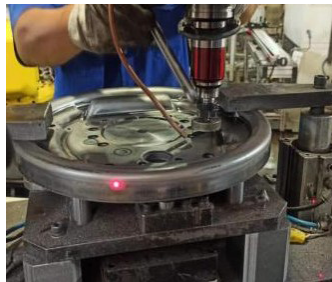


图5 加强板铆接过程

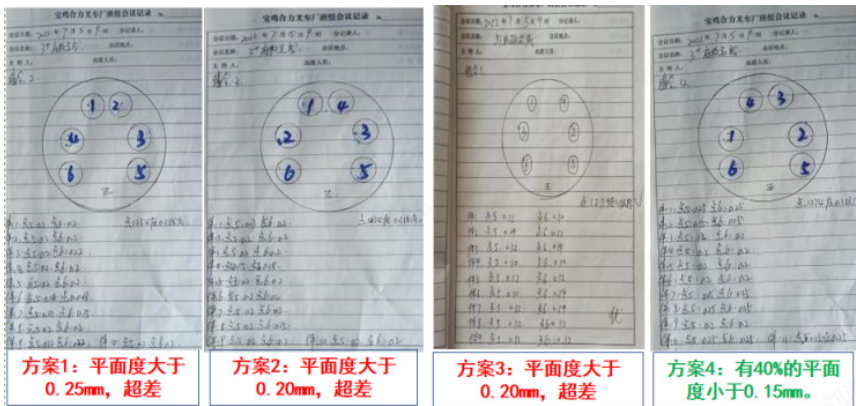


图6 铆接顺序试验记录

4.2.2 底板总成喷粉工序平面精度提升

通过对喷粉前、后底板总成平面度的对比数据发现，喷粉过程中，底板总成在180℃-200℃的粉末固化温箱内持续烘烤30分钟，高温下产生了应力释放，也会导致变形。



图7 底板总成高温喷粉过程

为消除由于铆接和喷粉两道工序产生的热变形和应力释放，引入新的工艺路线：在喷粉后增加整形工序。增加了底板总成压装整形模具，采用油压机进行压装整形，通过反复试验确定了最优压力参数。通过试验验证，整形后平面度合格率100%。

4.3 建立定期维护保养制度

制定详细的叉车维护保养计划和标准，在检查过程中，使用扭矩扳手对固定螺栓的紧固力矩进行检测，确保力矩在规定范围内。如发现螺栓松动，应及时按照规定的拧紧力矩进行紧固。同时，定期更换磨损部件，如制动蹄磨损量超过5mm时，应及时更换新的制动蹄。添加润滑剂，对制动系统的活动部件，如制动分泵活塞、支承销等，每两周添加一次润滑剂，确保部件运动灵活，减少磨损。建立维护保养档案，记录每次维护保养的时间、内容、更换的部件以及发现的问题等信息。通过对维护保养档案的跟踪和分析，及时发

现和解决螺栓松动等潜在问题，如通过分析螺栓松动的频率和位置，找出导致螺栓松动的根本原因，采取针对性的改进措施。

5 效果验证

改进对策实施后，对叉车的制动性能和运行稳定性进

行了实际测试和用户反馈收集。在运行稳定性上，用户反馈叉车在行驶和作业过程中，制动时的抖动异响和跑偏现象明显减少，操作更加平稳，提高了作业效率 and 安全性。综合实际测试和用户反馈结果，改进对策有效提升了叉车的安全性和稳定性，验证了改进措施的可行性和实用性，为叉车的安全稳定运行提供了有力保障。

底板总成安装面平面度喷粉前后对比							
序号		点1	点2	点3	点4	点5	点6
件1	喷粉前	0	0.08	0.06	0.03	0.11	0.08
	喷粉后	0.04	0.16	0.13	0.06	0.18	0.07
件2	喷粉前	0	0.06	0.12	0.06	0.08	0.06
	喷粉后	0.06	0.13	0.05	0.10	0.13	0.12
件3	喷粉前	0	0.08	0.08	0.06	0.12	0.08
	喷粉后	0.06	0.14	0.12	0.12	0.06	0.08
件4	喷粉前	0	0.08	0.06	0.04	0.10	0.08
	喷粉后	0.08	0.12	0.12	0.18	0.12	0.13
件5	喷粉前	0	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06
	喷粉后	0.05	0.12	0.13	0.14	0.14	0.12

图 8 喷粉前、后平面度检测记录

6 结语

本文围绕叉车鼓式制动器安装螺栓松动这一影响制动安全的关键问题，从设计、制造、装配及使用维护多维度剖析成因，针对性提出螺纹紧固胶涂抹工艺优化、安装平面精度提升及定期维护保养制度建立等改进措施。实践验证表明，各项优化策略有效解决了螺栓松动难题，显著降低故障发生率，提升了叉车制动系统运行可靠性。螺栓连接的稳定性是叉车安全作业的重要保障，本文研究成果为同类工程机械连接件的防松设计与维护提供了实践参考。未来可进一步结合智能化监测技术，实现螺栓松动的实时预警，持续完善叉车制动系统的安全保障体系，为物流与工业生产的高效开展筑牢技术根基。

参考文献

[1] 莫易敏,梁绍哲,晏熙,等.汽车高强度螺栓的防松性能影响因素研究[J].机械设计与制造, 2015(9):89-92

[2] 陈海平,曾攀,方刚,等.螺纹副承载分布规律[J].机械工程学报, 2010, 46(9):171-178

[3] 王晓婷,刘文光.螺栓组布局对连接结构承载能力和剪切刚度的影响[J].润滑与密封, 2021, 46(12):99-104

[4] 中国机械工业联合会.工业车辆安全要求: GB/T 10827.1-2014 [S].北京:中国标准出版社, 2014

[5] 李建明,张宏,王强.制动器安装面加工与整形工艺优化[J].制造技术与机床, 2020 (7): 156-159

[6] 机械工业部.叉车维护保养规程: JB/T 3300-2010[S].北京:机械工业出版社, 2010

[7] 巩浩,刘检华,冯慧华.螺纹连接松动机理和防松方法研究综述[J].机械工程学报, 2021, 57(4):1-23.

[8] 谢雁成.浅析装配螺栓松动原因及防松措施[J].装备制造技术, 2015(4):173-175.

[9] 刘传波,孙静明,莫易敏.螺纹紧固件防松性能影响因素研究[J].现代制造工程, 2018 (4):138-143.