

定扭工具在重型货车车架 装配中的应用

高朋

陕西重型汽车有限公司 陕西西安 710200

摘要： 由于重型货车中采用螺栓联接占比越来越大，车间使用风动扳手紧固螺栓无法保证拧紧力矩，必须用指示式扭力扳手检测后，才知道是否达标，如不达标还需返修后重新检测，严重影响生产节拍且生产噪声大。需要选取一种工具，既能保证螺栓拧紧力矩还需满足降噪的要求。通过市面上各种型号紧固工具对比，首先确定适合要求的工具以及根据生产现场设计工具吊装模式，再对各型号螺栓进行紧固实验对比，选择满足要求的螺栓。最后确认此种工艺模式满足生产需要，当螺栓拧紧力矩达到设定值时，设备就会提示反馈停止转动，螺栓拧紧力矩无需再进行检测，可提升生产节拍，噪声声级限制保证在85dB以内，满足国家对生产装配车间的噪声要求。

关键词： 紧固螺栓；拧紧力矩；生产噪声

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.009

车架总成是重型货车最重要的零部件之一，驾驶室、发动机、变速器及车桥等都是依托纵梁安装在车架总成中，由铆钉和螺栓固定在车架上，螺栓联接具有简单便捷、可以多次拆卸重新装配、标准化程度高、成本低等优势，在汽车、机械装配过程中承担着不可或缺的角色。

螺栓在拧紧过程中，其拧紧力矩的大小直接影响螺栓联接的可靠性，预紧力过大会导致螺栓断裂、重型货车结构发生塑性变形，预紧力过小会引发结构件松动、分离、螺栓疲劳等问题^[1]。当前重型货车行业底盘装配过程中不同结构件和板料厚度所用螺栓规格不同，所有螺栓均用风动扳手一次拧紧，拧紧力矩依靠

加工人经验评估以及抽检，不能保证所有螺栓拧紧力矩精度100%符合工艺要求，且风动扳手运行噪声大，加工人手持操作费力，尤其是空间狭小处的螺栓操作难度更大。

为了防止整车运行中螺栓松动，质量要求保证车架生产中每个螺栓的拧紧力矩都要满足工艺要求，目前使用的风动扳手无法保证螺栓拧紧力矩，需要指示式扭力扳手测量后确认，严重影响生产节拍。风动扳手在紧固螺栓时噪声大，已严重超过国家生产环境噪声标准，工人长期在此环境中作业影响身心健康。为改善员工的生产环境，提升生产节拍保障拧紧力矩精度，急需对现有的装配工艺及工具进行改造升级，以

满足生产需要。

工具选型

在汽车生产装配过程中，为了提高螺栓联接的可靠性，应让螺栓联接副保持一定的轴向夹紧力，即预紧力^[2]。但受各方面影响，直接控制预紧力存在一定难度，最经济可行的方案就是控制扭矩，间接实现轴向

预紧力的调控。

这是一种目前最常用、最广泛使用的拧紧控制和操作方式，拧紧方法原理非常简单且快速，易于标准化^[3]。汽车装配过程中，紧固工具和设备主要涉及扭矩扳手、冲击扳手和自动拧紧机等，这些工具和设备在装配过程中起着至关重要的作用^[4]。

市面现有几种拧紧工具对比见表1。

表1 常用工具对比

工具种类	价格/万元	精度	优缺点
电动定扭工具	10~300	$\pm 1\% \sim \pm 8\%$	优点： 1.精度高，稳定性高，扭矩可调并显示力矩，可追溯 2.拧紧精度高，定扭可追溯 3.耐高温耐磨损，100万次免维护 4.运转平稳，满足生产节拍，噪声小 缺点： 1.价格昂贵 2.维修困难
电池拧紧工具（非定扭）	0.1~1	/	优点：体积小，质量轻，无管线约束，空间适应性强 缺点：仅适用于小扭矩螺栓
气动定扭风枪	8~10	$\pm 8\% \sim \pm 20\%$	优点： 1.不产生反作用力，运转平稳 2.可实现快速拧紧 缺点：精度无法满足现有工艺需求
气动普通风枪	0.05~1	/	优点： 1.价格便宜 2.扭矩范围大，拧紧速度快 3.不产生反作用力 缺点： 1.非定扭工具，拧紧扭矩大小取决于拧紧时间 2.振动，噪声较大

从表1中可以看出，电动定扭工具功能适合生产的需要。电动拧紧机精度高、性能稳定并具有防错和可追溯性等功能，能有效保障整车质量^[5]。

因此，可利用车间现有设备和电动拧紧设备进行对比试验，一线采用风动扳手一次拧紧工艺模式，二线采用风扳机预紧加电动拧紧枪复紧工艺模式。为了保证数据的可靠性，安排同一班组的人员在两条线体按周轮换加工，并抽取同一车型同一位置螺栓进行力矩检测，检测数据见表2。

表2 车间装配数据对比表

线体	周次	检测数量/颗	合格数量/颗	合格率/%
铆接一线 (风扳机一次打紧)	第一周	550	539	98
	第三周	773	750	97
铆接二线 (风扳机预紧+电动拧紧枪复紧)	第二周	656	656	100
	第四周	398	398	100

通过检测结果可以看出，二线采用风动扳手预紧加电动定扭工具复紧工艺模式后螺栓力矩100%符合工艺要求。

此工具拧紧精度 $\geq \pm 3\%$ ，角度精度 $\geq \pm 2^\circ$ 。拧紧工具具备数据记录功能，可以记录拧紧过程中的角度变化和对应的扭矩值，同时还能够通过参数设计进行异常报警，提高紧固过程稳定性，降低拧紧过程风险^[6]。

针对电动定扭工具的工艺优化

1.螺栓拧紧工艺方式

按照目前的装配工艺，将螺栓穿入装配孔后，手动拧螺母2~3扣，使用定扭工具对螺栓进行紧固时，会出现螺栓和螺母空转，需要第二人使用扳手卡住螺栓或螺母进行紧固。此工艺方式，严重影响生产节拍，且定扭工具反作用力大，使用手动扳手配合紧固

时存在安全隐患。

为了实现定扭工具对螺栓的快速紧固，需要对现有的工艺模式进行更改。先采用油压脉冲扳手进行快速预紧，消除板料间隙后再使用定扭工具对螺栓进行复紧，即“油压脉冲扳手预紧+定扭工具复紧”螺栓拧紧工艺模式。

设定油压脉冲扳手到预设扭矩值，对螺栓进行快速预紧，基于油压脉冲扳手结构限制，预紧后的螺栓扭矩精度范围仅在 $\pm 8\% \sim \pm 20\%$ 。在后道工序使用低噪声高精度定扭工具进行复紧，定扭工具通过控制转角消除摩擦系数对螺栓扭矩衰减的影响，进一步精确螺栓扭矩，从而使螺栓拧紧力矩精度控制在 $\pm 1\% \sim \pm 8\%$ ，100%满足工艺要求，提升质量合格率。

2. 电动拧紧枪悬挂装置选择

电动拧紧枪需要工人拿取方便且能快速轻松移动，因此采用铝合金导轨，质量比钢轨轻，惯性小，能轻松移动和停止。

拧紧枪在紧固螺栓时会存在反作用力，需要消除反作用力。目前有两种方式，碳纤维杆连接和软连接增加反力杆模式。

升降导向采用碳纤维杆（见图1），可在平行和垂直导轨的两个平面内摆动，自身可旋转和伸缩，有极大的灵活性。与软绳连接相比，碳纤维杆保证刚性的同时，又兼具一定的柔性，碳纤维杆最大质量仅2.8kg，最大抗扭400N·m。与常规钢制的抗扭管相比，拧紧机构质量相同的条件下，碳纤维杆用较小的平衡器就能实现同样功能。行程可达1438mm，缩短时的长度为962mm，伸长后，长度可达2400mm。此特点确保

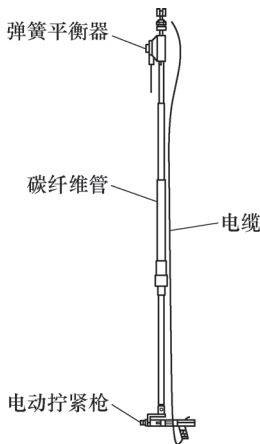


图1 碳纤维杆

工作时能覆盖到最低点的螺栓；不工作时，工装高过工人头顶，确保安全。传统钢制抗扭管为双梁悬挂，碳纤维管单梁即可，移动更加方便。整体设备实现了轻量化、低阻力，兼顾刚性和柔性，使得设备移动灵活，认帽轻松。同时，碳纤维杆自身有抗扭功能，水平拧紧时，可以省掉反力杆，节约对位时间，并防止碰伤工件消除安全风险。

使用软连接时，由于设备在拧紧螺栓时会存在反作用力，需要增加反力杆保证螺栓拧紧时设备无晃动。如图2所示，工人在使用反力杆时需要将其靠住零部件后再拧紧螺栓，如果没有确认反力杆旋转方向，随意靠住零部件拧紧螺栓时反力杆就会旋转，对零件存在磕伤风险，工人存在安全隐患，且每个螺栓都要使用反力杆，严重影响生产效率，是碳纤维杆用时的两倍。经过对比之后选择采用碳纤维杆连接。



图2 锁链连接配合反力杆

3. 螺栓的选型

由于装配工艺变更，螺栓装配先采用油压脉冲预紧，再用电动拧紧机复紧的工艺装配方式。在使用普通六角头螺栓和自锁螺母时会出现跟转问题，螺栓拧不紧，需要在复紧时同时用手动扳手卡住另一端再打紧，工人存在夹手风险且严重影响生产效率。

现阶段车间使用分板机紧固自锁螺栓，需要用手动扳手将螺栓一头固定后再用风扳机将其紧固，螺栓紧固时风扳机抖动和反作用力大，效率低且存在安全隐患。长时间操作对加工人的听力和手臂造成伤害。

为了满足定扭工具的使用要求，防止螺栓空转并快速定扭，现对目前使用的各螺栓型号进行对比选型（见图3），确保满足电动定扭工具的使用要求。对比结果见表3。



图3 目前使用的螺栓

表3 各种型号螺栓装配情况对比表

螺栓配对	性能等级	螺栓穿向	拧紧力矩/N·m	使用电动拧紧机情况	优缺点对比
普通六角头螺栓 Q151B14系列+ 自锁螺母 190003888620	10.9/10	由里向外	198±20	跟转，拧不紧，需要 扳手人工卡紧后拧紧	不符合要求且预紧需要扳手卡位，影响 节拍
		由外向里			
法兰螺栓Q18114系列+ 法兰螺母06.11251.2005	10.9/10	由里向外	280±28	不跟转，可拧紧	符合要求，法兰面可代替自锁起到防松 效果；拧紧力矩大提高连接可靠性；可快 速预紧
		由外向里			
法兰螺栓Q18114系 列+ 法兰自锁螺母 06.11251.2005	10.9/10	由里向外	280±28	不跟转，可拧紧	符合要求，增加自锁功能后导致螺母成 本增加且影响装配效率和强度且预紧需要 扳手卡位
		由外向里			

根据表3，第二种法兰螺栓螺母符合工艺要求，满足定扭工具可快速将螺栓紧固，无需使用辅助工具，保证每个螺栓装配扭矩，可取消拧紧力矩自检，提升了车架质量和装配效率。

结语

通过对不同紧固工具和设备的实验对比，电动定扭工具不仅在精度高，而且在装配螺栓时操作灵活且静音。同时具备模块化快速维修结构，便于维护及维修。

通过对不同种类螺栓的装配情况分析，六角法兰螺栓+法兰螺母组合的拧紧力矩大，可提高连接可靠性，螺栓可实现手动快速松带，拧紧过程中不会存在跟转现象，一个人可完成螺栓紧固工作且满足工艺要求。

通过以上工艺措施，实现了定扭工具的使用，满足生产节拍和质量要求，解决了螺栓拧紧力矩过扭和欠扭的问题，车架总成螺栓复紧后设备提示合格，拧紧力矩无需再次检测。同时满足了国家规定工作场所

噪声限制要求。

参考文献：

[1] 邵国强，朱林波，洪军，等.重型卡车螺栓联接扭矩-预紧力关系影响因素分析[J].西安交通大学学报，2015，49（10）：14-21.

[2] 冯兴双.汽车底盘高强度螺栓的拧紧与防松研究[J].山东工业技术，2017（4）：207.DOI：10.16640/j.cnki.37-1222/t.2017.04.183.

[3] 谢富强，买吾拉·阿不都瓦克，于光辉，等.浅谈装配过程中螺栓拧紧控制方法 [J]. 时代汽车，2022（16）：124-127.

[4] 李琨，董玮，宋伟佳，等. 汽车装配过程紧固工具和设备的探究[J].时代汽车，2024（5）：147-149.

[5] 郭昊一. 电动拧紧技术在汽车底盘装配中的应用[J].内燃机与配件，2021（19）：30-31. DOI：10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.19.013.

[6] 于虹，李永波.汽车制造业螺栓拧紧工艺及控制方法[J].现代制造技术与装备，2020（5）：130-131. DOI：10.16107/j.cnki.mmte.2020.0482. **AUTO1950**