

城市轨道交通车辆

广州地铁B1型轮对压装 故障原因分析与对策

肖 强, 孙正士, 殷桂明

(广州市地下铁道总公司 运营事业总部, 广东 广州 510380)

摘 要: 阐述了B1型轮对的压装情况及故障统计, 就故障问题在轮对压装曲线、轮轴装配应力以及压装配合面状态三方面进行了分析, 并采取了调整车轮内孔直径的正向锥度、控制过盈量比以及保证设备加工精度等有效的应对措施。实践表明, 该措施较好解决了B1型轮对压装的故障问题, 为地铁车辆轮对的检修维护提供了借鉴。

关键词: 轮对压装; 故障; 原因分析; 压装曲线; 应力; 广州地铁

中图分类号: U231; U260.331+.1 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2014)06-0083-02
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.06.023

1 广州地铁B1型轮对压装概况

地铁车辆轮对的压装技术水平的高低是衡量中国城市轨道交通装备现代化的重要标志之一, 也是确保机车车辆行车安全的关键技术。广州地铁B1型轮对的轮轴压装采用冷压装工艺, 车轮磨耗到限后退卸, 车轴轮座状态不变(若出现拉伤、锈蚀等损失需上磨床磨削或上车床车削加工), 车轮内孔由立式车床按轮座尺寸进行过盈量的匹配加工, 轮对压装曲线合格率可达到95%。但一次压装合格率却不到80%, 其中部分还需要进行二次压装, 严重影响了轮对压装效率与质量, 具体见表1所示。

表1 B1型轮对压装情况统计表

线路	类型	总数	一次压装合格数	二次压装合格数	故障率
3号线	动车(B1D)	82	59	24	29.3%
3号线	拖车(B1T)	26	21	5	19.2%

注: 统计时间为2012年6月~2013年6月。

产生轮对压装故障的因素主要表现为压装曲线平直降吨、小吨、大吨等, 其中主要故障情况为压装曲线平直降吨, 具体数据如表2。

表2 B1型轮对压装故障情况统计表

线路	类型	总数	平直降吨	小吨	大吨
3号线	动车(B1D)	24	18	5	1
3号线	拖车(B1T)	5	3	2	0

注: 统计时间为2012年6月~2013年6月。

2 轮对压装的原理

轮对压装为过盈配合的冷压装工艺。B1型轮对采用的过盈量为0.212~0.287 mm, 在压装过程中, 车轴的轮座部分沿车轮轮毂孔移动, 在压装配合面产生弹性变形和塑性变形, 当压装力克服了压装配合面上正压力产生的摩擦力时, 才能产生相对移动, 实现轮对压装, 如图1所示。

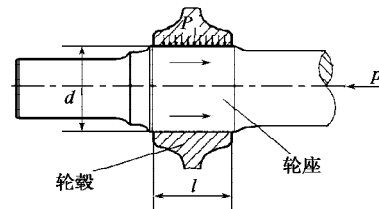


图1 轮对压装车轴受力示意图

压装力的大小主要决定于径向正压力和摩擦系数。摩擦系数的大小取决于配合面的表面质量、材质的硬度、润滑油的种类及压装速度等。径向正压力 P_1 和材料的性质及过盈量有关, 但主要取决于过盈量的大小^[1]。

3 故障情况的原因分析

3.1 主要故障情况

3.1.1 压装曲线平直降吨问题

在所有的一次压装不合格轮对中, 压装曲线末端平直降吨的故障所占比例为72.4%。对合格的轮对曲线进行研究发现, 压装曲线末端平直降吨的现象非常普遍, 只是未超过TB/T 1718—03中规定的“曲线末端平直线长度不得超过该曲线投影长度的15%”。标准规定“末端降吨曲线的长度不得超过该曲线投影长度的10%, 其降吨数不得超过按该轮毂孔直径计算的最大压力的5%, 如末端平直线和降吨同时存在, 而降吨数又不超过规定时, 其合并长度不得超过该曲线投影长度的15%。”

3.1.2 压装曲线小吨问题

轮对压装不合格的故障情况中, 压装曲线小吨问题也是导致一次压装合格率较低的重要因素, 所占比例约为24.1%。

压装力的大小主要取决于过盈量的影响, 当过盈量过小时, 轮座在压入过程中轮毂孔的直径变大, 轮毂孔中产生的拉应力相应变小, 影响车轴与轮毂孔的结合力。

当轮座不断压入车轮轮毂孔时, 涂抹在表面的润滑油可能因涂抹偏多导致在压装时压装力偏小; 也可能因为润滑油膜在压装末端未能形成, 当轮座与轮毂孔在末端配合时, 造成润滑油堆积, 引起压装曲线的吨位下降。

3.2 轮对压装曲线分析

从图2所示的压装曲线来看, 在整个压装过程中压装力的变化是增加的, 整个压装曲线的前2/3部分为斜直线, 此时压装力达到了最大值, 但在后1/3的部分压

装力的变化趋缓,不再保持与装配面长度成正比的关系,这说明在装配面的摩擦因数、轮座直径、过盈量比、材料的弹性模量中存在变量,轮轴的材质未发生变化,摩擦因数和轮座直径的变化非常小,对压装力的影响不明显,因此推断压装力增加的趋势发生变化是由过盈量比发生改变造成的^[2]。

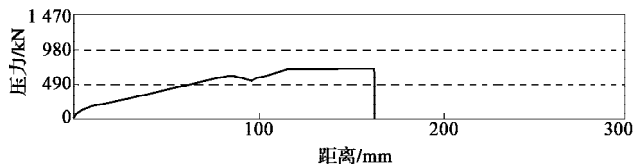


图2 B1D 1004765-6417 左侧车轮压装故障的压装曲线

3.3 轮轴装配面应力分析

轮轴装配是过盈冷压装,在压装过程中轮座和轮毂孔都产生弹性和塑性变形,在配合面上产生正压力,从而产生压装应力。日本学者原荣对轮座直径为190 mm 的车轴与辐条车轮压装时轮座表面的应力测试,测得在径向有辐条的位置上应力最大,辐条之间的位置上应力最小。根据轴向上的应力绘制了车轴装配面应力分布图,可知在轮毂两个侧面辐条之外的位置上应力较小,有辐条的位置上应力较大^[3]。产生这种情况的原因是辐条的存在改变了轮毂壁的厚度,增强了轮毂在轮轴组装过程中抵抗变形的能力,在相同过盈比的压装过程中产生较大的应力,因此正压力就大。

B1 型辐板车轮与辐条车轮虽然在结构和形式上有所不同,但在压装过程中对轮表面应力分布是可以类推的。由图3的B1型车轮结构图可知,车轮的轮毂厚度在距轮毂内侧面约2/3的范围内由于车轮辐板的原因逐渐增加,约从距轮毂内侧面2/3处开始逐渐远离车轮辐板,轮毂的厚度在逐渐减小,此时轮座表面的应力随着轮毂壁的厚度减小而减小,应力减小导致装配面的正压力也随之减小,由此可以认为装配面正压力减小是由轮毂壁变薄导致过盈量比(过盈量/直径)变小造成的。虽然此时配合长度在增加,但由于过盈量比的减小,压装力不再保持原有的增加趋势,压装曲线出现了末端平直降吨的现象,这与压装曲线反映的情况相吻合^[4]。

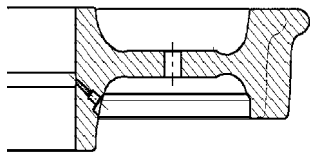


图3 B1型车轮的结构形式简图

3.4 压装配合面状态分析

3.4.1 车轮内孔表面状态

由于立式车轮的不稳定性及加工精度影响,加工后的B1型车轮轮毂孔尺寸锥度控制存在不稳定性,甚至出现内孔倒锥、“鼓型”的车轮,需要长时间人工圆周打磨修复,且存在打磨力度不易控制、圆周尺寸打磨不均匀、内孔多个锥度分段等不利情况,如此同样影响轮对压装的过盈量比,使压装配合中过盈量比异常变化,从而导致压装曲线末端平直降吨情况发生,不利于压装合格率的提高。

3.4.2 车轴轮座表面状态

压装前需对B1型车轴轮座表面进行打磨、磨削或车削处理,由于打磨方法及修磨设备不同导致轮座尺寸及粗糙度的变化不同甚至异常,影响压装配合中过盈量比的变化,也是导致曲线末端平直降吨情况发生的因素之一。

3.4.3 形位公差因素

车轴轮座与轮毂孔的圆柱度工艺要求分别是0.015 mm、0.020 mm,由于目前缺少测量圆柱度的仪器与方法,所以在轮对压装过程中无法保证圆柱度的合格。当轮毂孔的圆柱度比轮座的较大时,轮对压装到轮座的后半部分,过盈量要相应减少,压装结束时过盈量减少量为最大值。由于过盈量比的变化,导致压装曲线末端降吨、平直。

3.4.4 突悬形结构因素

B1型轮对压装后的突悬量为8~10 mm,因车轮内侧轮毂孔段接触应力较轮辋宽度范围内的接触应力低,采用突悬结构后车轮内侧轮毂孔到轮辋内侧区间的轮座与轮毂孔接触应力消失了,随着压装的继续进行,压装力不断减小,就会产生末端平直降吨,在此情况下甚至产生小吨的现象^[5]。

4 应对措施

通过分析认为,车轮辐板的结构形式是造成轮对压装后1/3过程的过盈量比减小,使装配面的正压力减小,压装力不增反降现象的主要原因。实际情况的车轮内孔和车轴轮座的表面状态变化影响压装过程中过盈量比的变化,从而可能导致曲线末端平直降吨情况发生。解决该问题的应对措施如下:

①为控制压装过程中过盈量比的变化,车轮内孔的正向锥度在工艺检修标准允许的情况下应尽可能地大一些。

在现场通过调整立式车床加工时的精度偏差,将车轮轮毂孔的正向锥度提高到0.04 mm,进行车轮内孔直径的正向锥度对压装曲线影响的对比试验。通过试验表明:当车轮内孔的正向锥度控制在0.02 mm以下时,轮对压装曲线出现平直降吨、小吨的故障情况依然明显,未有任何效果;在不改变其他因素影响的基础上,把车轮内孔的正向锥度控制在0.03~0.04 mm时,轮对压装曲线的故障情况得到有效控制,一次压装合格率达到95%,具体统计如表3。

表3 B1型轮对压装在不同正向锥度下的压装合格率统计表

正向锥度/mm	类型	总数	一次压装合格数	二次压装合格数	故障率/(%)
0.01~0.02	动车(B1D)	82	59	24	29.3
0.01~0.02	拖车(B1T)	26	21	5	19.2
0.02~0.03	动车(B1D)	36	33	3	8.3
0.02~0.03	拖车(B1T)	18	16	2	11.1
0.03~0.04	动车(B1D)	45	43	2	4.4
0.03~0.04	拖车(B1T)	22	21	1	4.5

注:统计时间为2012年6月~2013年12月。(下转第94页)