

基于跨座式旅游单轨工程车辆黏着力调整装置的研究与分析

张永亮

中铁宝桥集团有限公司 陕西 宝鸡 721006

摘要: 针对跨座式旅游单轨系统的客车故障牵引救援需求的问题, 基于牵引救援工程车辆自身重量约为客车重量20%的条件, 对工程车的导向轮和稳定轮机构进行分析研究, 基于车辆牵引理论, 得出一套可解决上述问题的导向轮稳定轮装置和调整方法。

关键词: 跨座式旅游单轨; 工程车辆; 黏着力调整

1 前言

随着全国疫情形势的不断好转, 近年来我们国家的旅游业也出现了“报复式”发展, 一片向好, 而跨座式旅游单轨系统作为游客集散系统和观光系统具有其天然的优势, 在各大景区也发挥着重要的作用。为了保障游客安全, 跨座式旅游单轨系统往往配套有用于紧急牵引救援的工程车辆, 该工程车辆在平时主要用于线路日常检修和维护, 当客车发生故障无法自行行走时, 通过与工程车连挂, 将客车牵引至邻近车站, 清客后将故障车辆牵引回库检修。这就要求工程车至少可以牵引满载的客车在平道上起步, 在最大坡道上运行和制动。

以某一景区为例, 客车满载总重为20t, 线路最大坡度为60‰, 考虑客车的基本阻力 R_0 、坡道阻力 R_p , 同时考虑车辆预留加速所需的加速阻力 R_a ,^[1]其所需外部救援牵引力约为14.5kN, 工程车的自重约为4t, 考虑工程车自身的牵引需求, 工程车本身的牵引力至少为17.4kN^[2]。在不增加任何措施条件下, 黏着系数需求约0.45。但目前跨座式旅游单轨轨道梁一般采用钢箱梁结构, 轨道梁面为钢板, 表面一般采用增大摩擦系数的油漆, 但随着系统的运行, 摩擦系数会大幅降低, 考虑到湿度等影响, 黏着系数一般在0.25和0.6之间。因此在雨天等气候环境下, 工程车无法满足故障客车牵引救援的需要。

当然也可采用增加工程车自重来增加动力轴轴核的方法来满足工程车牵引力的需求, 但由于跨座式旅游单轨系统往往采用钢结构梁柱高架的方式, 增加车重也就意味着需要增加轨道梁柱的承载能力, 这就会大幅度的提高整个系统的建设成本, 降低项目的性价比。

2 设计方案

2.1 需求分析

经分析, $F_\mu = N \cdot \mu$, 在车辆自重和轮轨关系不变条件

下, 可采用增大轮轨作用力 N 来实现黏着力增大的问题^[3]; 接着前言中的例子分析, 黏着系数取值为 $\mu = 0.25$, 因此整个工程车的轮轨力应大于69.6kN, 取值70kN。减去工程车自重的40kN, 因此工程车走行轮与轨道之间还需要增加30kN的作用力; 增加的30kN, 会增大车辆自身的基本运行阻力, 不会增加车辆的坡道阻力等参数, 因此在计算初期需考虑一定的余量。

无论采用何种装置, 需要保证车辆的通过性, 确保车辆转向架在遇到在公差要求范围内的轨道梁错台时, 仍然可较好的通过。

2.2 黏着力调整装置方案

工程车在日常自走行线路维护检修时, 根据黏着力计算, 车辆自重就可以满足走行黏着力需要, 如果再增加黏着力, 反而会增大车辆的运行阻力, 提高工程车的能耗。在连挂上故障客车以后, 按照2.1节的需求分析, 就需要增加黏着力了, 因此黏着力的大小需要设置有调节装置。

跨座式旅游单轨车辆的轮轨关系与一般的跨座式单轨交通不同, 具体见图1。从轮轨关系中可以看到, 走行轮与稳定轮一上一下夹着轨道梁的上盖板运行, 因此可以利用稳定轮, 在稳定轮装置和转向架构架之间设置一组液压油缸, 利用液压油缸有杆腔的作用力, 在不增加整车重量的前提下, 来实现走行轮与轨道梁之间的作用力。

在此基础上对转向架的导向轮稳定轮装置进行优化设计。如图2.2-2所示, 整个方案由安装座、活动架、固定架、滑块组件、轴系、聚氨酯轮组、油缸等组成。导向轮、稳定轮通过轴系安装在安装座上, 油缸的活塞杆端、活动架与安装座同样采用轴系连接, 均释放转动自由度, 活动架与固定架支架采用滑块组, 释放纵向滑

动自由度，油缸缸筒端与转向架构架通过销轴连接，固定架通过法兰连接在转向架构架上。

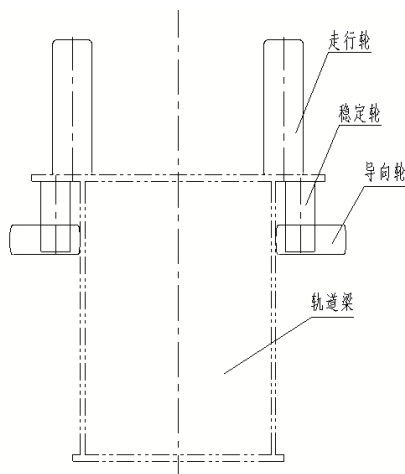


图1 轮轨关系图

如图2所示，在活动架和固定支架之间的设置的滑块组由上滑块和下滑块组成，其中下滑块与固定架采用螺栓固定，与活动架预留必要的间隙或接触；上滑块采用压装形式固定在活动架尾端，与固定架预留必要的间隙或接触，如此既可以满足固定架与活动架的导向需求，又为油缸加紧时夹紧力与轮轨力产生的局部弯矩提供支撑与约束，预留的间隙使车辆能够良好的通过轨道梁微小错台。

小错台。

液压油缸由齿轮泵提供动力，油缸的有杆腔和无杆腔油路均设置压力阀。有杆腔作用时，油缸执行收回动作，活塞杆带动安装座向上提升，稳定轮与轨道上盖板接触并产生加紧力，同时增加走行轮与轨道梁上盖板的轮轨作用力，从而增加走行轮与轨道之间的黏着力。活动架沿着滑块在固定架筒内活动，为整个提升动作进行导向，确保提升动作轨迹，同时提供必要的反力和反力矩，稳定整个导向轮稳定轮装置，直到有刚度的工作压力达到压力阀设置的压力值。

由于工程车需要两种不同的黏着力，因此在有杆腔设置了两个压力值不同的压力阀，利用换向阀根据实际工况需要来选择。日常维护时为了降低工程车运行阻力，利用工程车自重所产生黏着力即可满足需要，因此就选择压力值的溢流阀；救援时选择压力值的溢流阀来满足需要。需要特别注意的是，压力阀由低到高时，直接选择后，继续给油压就行，当由高到低选择时，压力阀选择转换后，需要油缸无杆腔动作，让稳定轮与轨道梁刚刚离开无接触或很小一端距离，此时需要保持车辆在轨道上静止，再重新利用油缸腔给油，系统方可达到低压力阀对应的压力值，否则压力会保持高压状态。

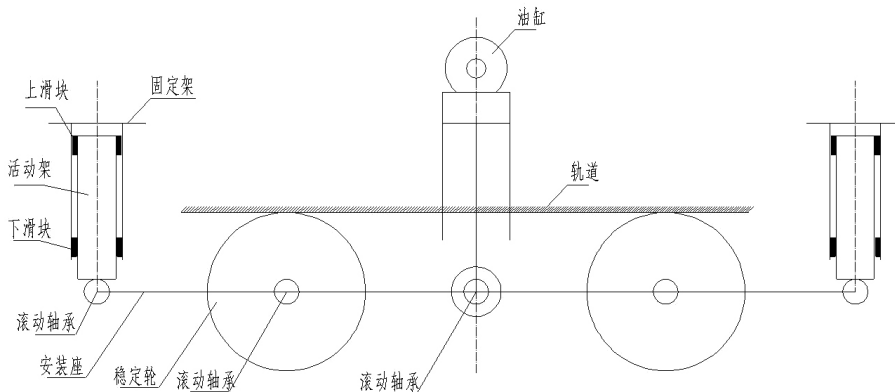


图2 黏着力调整装置原理图

3 方案分析

3.1 通过性分析

跨座式旅游单轨轨道梁通常情况下采用钢箱梁结构，在焊接制造及现场安装过程中，即使采用必要的措施，往往还有一定的制造误差，轨道梁安装完成后梁与梁之间会存在一定范围内的错台，同时环境温度变化、日照方向与线路走向的关系、地基不均匀沉降等因素也会产生轨道梁错台。一般情况下，对于低速车辆往往控制轨道最大错台尺寸不得大于a，超过a就需要进行调整和维护以满足使用。

采用增加轮轨压力的方案实现黏着力的方案，会让稳定轮与走行轮一起加紧轨道梁上盖板，如此就会带来另一个问题：在加紧的情况下，车辆如何较好的通过有错台的轨缝而不会卡住；该装置在设计初期就考虑到这一点，活动架和安装座的连接采用了销轴连接，释放了转动自由度。

如图3所示，车辆通过轨道错台时，通过几何关系得两个稳定轮与轨道平面的夹角大小为：

$$\theta = \arcsin \frac{a}{L}$$

其中： a 为错台高度， L 为稳定轮中心距；

此时走行轮正位于错台中间位置，油缸的安装距不发生变化，但由于转向架为单轴转向架，转向架的姿态由车架确定，因此认为固定架的姿态保持不变。

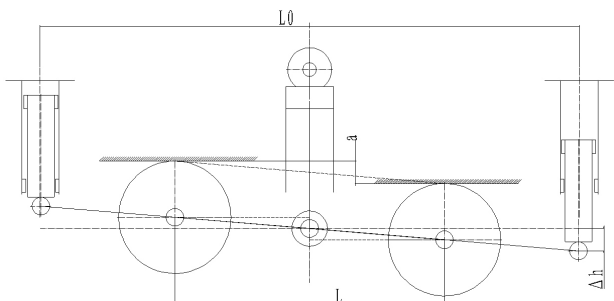


图3 黏着力调整装置通过性分析图

按照图3分析，通过过程中活动架上升或下降的高度为：

$$\Delta h = L0 \times \tan \theta = a \times \frac{L0}{L}$$

按照图3分析，同时活动架会发生前后偏移，偏移量 e

$$e = L0 \times (1 - \cos \theta)$$

因此在结构设计时，活动架与固定架之间滑块组设计组，需要预留满足制造误差的余量外，还应预留用于活动架上升或下降量 Δh 和前后偏移量 e 的活动空间。

为了提高车辆运行的可靠性，如图4在液压油缸有杆腔的液压回路上，同样设置压力阀和蓄能器，当上述结构仍然无法使车辆通过时，轨道梁上盖板错台的最大包络厚度会使走行轮和稳定轮之间的距离强行变大，使油缸有杆腔的压力增大，压力超高压力的阈值时，有杆腔的液压油通过压力阀释放，如此可使车辆通过该错台。当通过错台后，由于轨道梁上盖板等效厚度相对错台时减小，油缸的封闭压力会瞬间为0，此时设置液压油路上的蓄能器，能有效补充油缸腔的液压油，保持需要的压力，确保车辆后续仍由足够的黏着力以满足车辆牵引救援的需求。

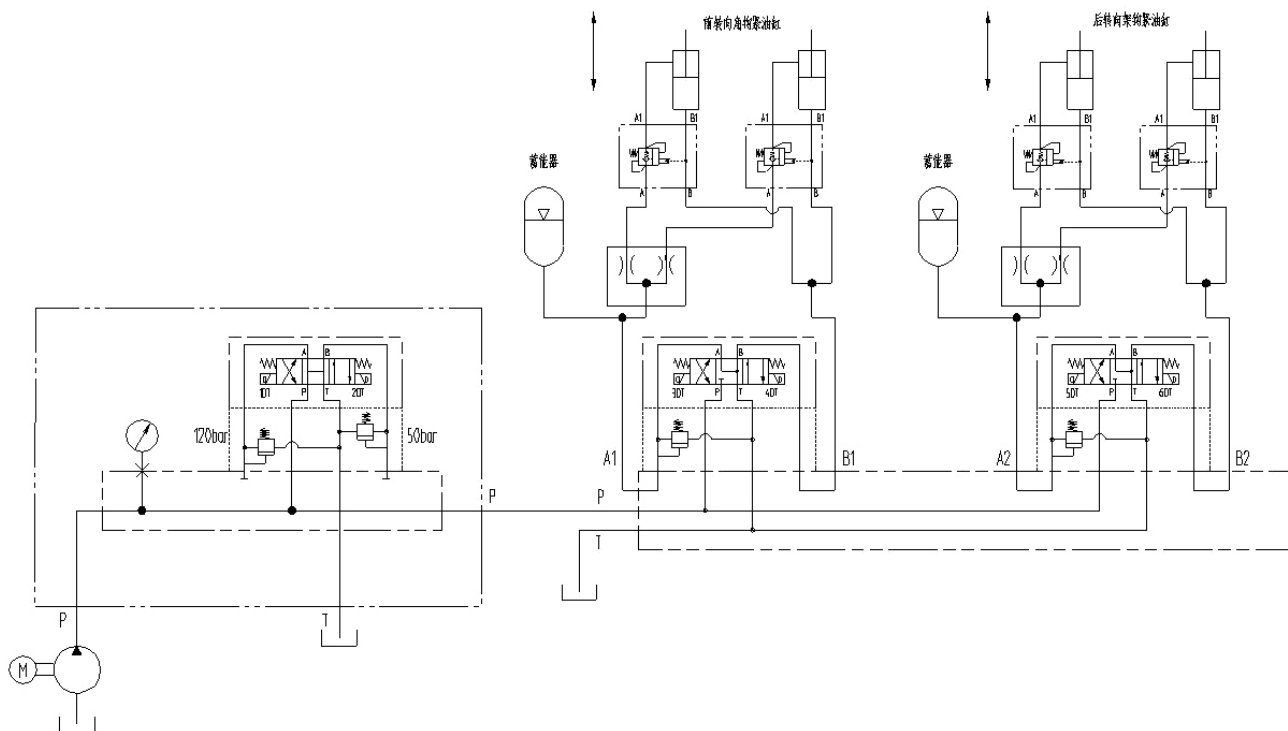


图4 部分液压原理图

3.2 结构分析

(1) 载荷分析

根据设计方案，结合工程车的设计使用工况，车辆计算时需要考虑的载荷有：自重、牵引载荷、增加的正压力；计算时考虑1.2倍的冲击系数。

由于设计牵引车钩设置在转向架上，因此计算时分两种工况考虑：1) 计算转向架直接进行牵引救援；2)

计算转向架通过车架进行起牵引救援；

设计完成后，将设计模型导入到有限元软件进行模型处理、网格划分，得到有限元模型，网格以桥单元为主，滑块等采用实体模块，总计约39万个单元。采用弹簧单元模拟液压油缸，施加油缸加紧力；

经过计算得到结果如图5、图6，其变形趋势与设计一致，说明计算边界条件施加准确。计算结果显

示：工况1黏着力调整装置最大应力为163MPa，工况2黏着力调整装置最大应力为162MPa，均出现在下滑块连接孔位置，黏着力调整装置设计选用Q355材料，计算应力远小

于许可应力。说明本设计方案中结构的强度指标满足设计要求，同时说明该装置受力情况主要与油缸加紧力相关，与转向架其他载荷关系不大；

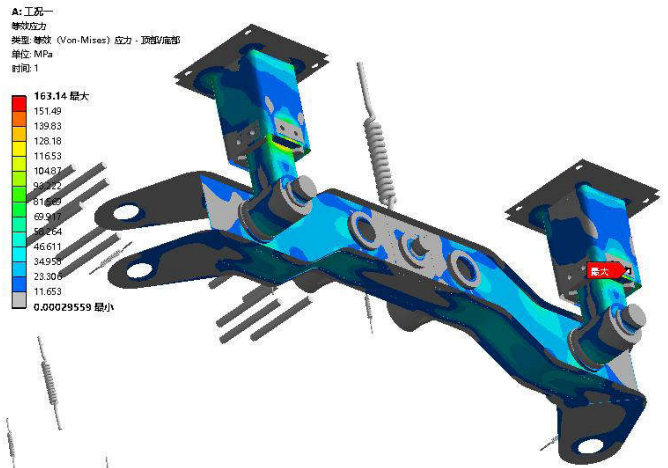
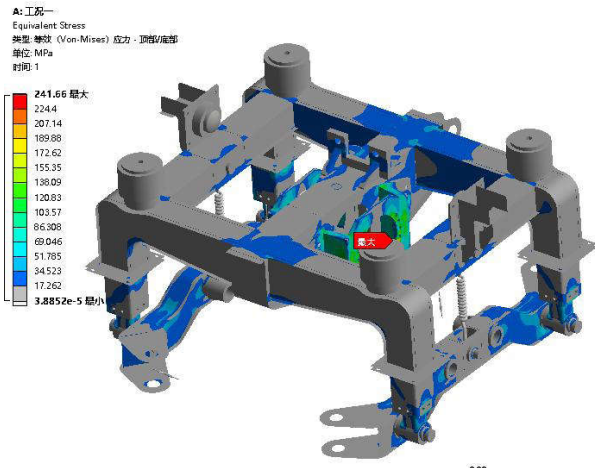


图5 工况1计算应力云图

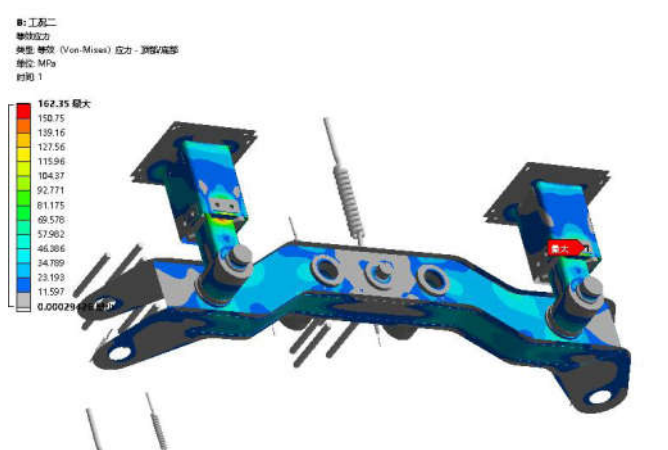
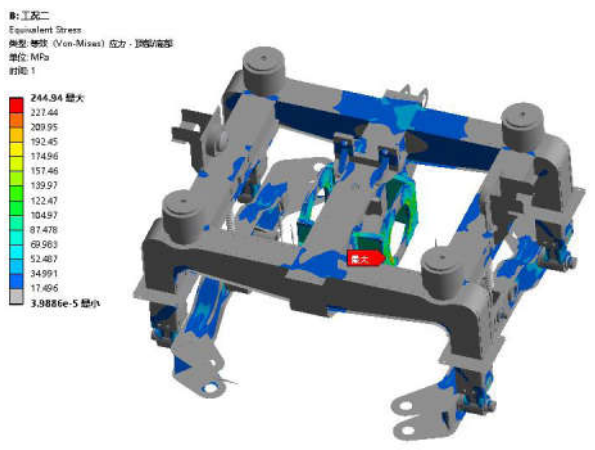


图6 工况2计算应力云图

4 结语

本文对跨座式旅游单轨工程车辆黏着力调整装置方案原理、结构特点进行了详细阐述，从通过性和结构强度对设计方案进行了分析说明。本文所述的黏着力调整装置方案对轻量化的旅游轨道工程车辆实现“小马拉大车”的牵引救援，提供了一种较好的设计思路和调整方法，对后续类似工程车辆的开发具有较强的借鉴和指导意义。

安全是旅游轨道发展的保障，而安全及时的牵引救援是车辆安全运营的“护卫队”。随着工程经验的不断

积累，行业发展也会越来越成熟，对于工程车辆的需求也会越来越全面，需要不断的研究和完善。

参考文献

- [1]严隽耄, 傅茂海等.车辆工程[M].北京:中国铁道出版社, 2017.
- [2]贺观.跨座式单轨交通车辆[M]成都西南交大出版社, 2016.
- [3]应之丁, 李晨欣, 陈家敏.基于电磁作用增强列车黏着力的研究[J].同济大学学报(自然科学版)第49卷第11期.