

温差法进行汽车列车主挂车制动匹配优化的方法研究

洪光远 郭鼎凡 李保林

陕西重型汽车有限公司汽车工程研究院 陕西 西安 710200

摘要：牵引车作为公路运输的主力军，在重卡行业占有相当重要的地位。甩挂运输的运营模式极大的提高了运营效率。在甩挂运输的运营模式下，汽车列车的主挂车制动匹配的优劣，直接关系到汽车列车的制动安全，关系到物流运输安全及道路交通安全。本文提供一种基于汽车列车各制动器的温度分布趋于一致的目标，优化主挂车制动匹配方法。其方法的关键要点主要有两条：首先对牵引车及挂车各制动器温度分布情况进行监测，确定当前车辆主挂车各轮承担的制动强度。其次通过对制动系统的关键参数（如扭矩梯度、挂车越前量等）进行优化，以此改变车辆制动时每个车轮的制动强度。目标是将牵引车和挂车的各轮制动强度趋于一致，以实现主挂车制动匹配合理的目的。

关键词：温度分布；主挂制动匹配；制动强度；扭矩梯度；越前量

1 背景及行业现状

随着我国经济飞速发展，公路运输在物流运输行业中已经占据主导地位。而汽车列车作为公路运输的主要运输工具应用广泛。甩挂运输的运营模式在物流企业普遍应用，它实现了运输效率提高、生产资料得到充分利用。

目前市场上牵引车和挂车由不同的汽车厂商制造。各汽车制造商在整车制动系统设计制造环节存在一定差异。设计环节中对于制动系统的系统参数、制动器形式存在一定差异，制造环节中零部件的工作特性，零部件在整车上的布置均存在差异。由此带来各车辆在制动系统性能上出现参差不齐。导致牵引车与挂车之间的制动匹配可能会出现不合理。再加上甩挂运输模式的应用，牵引车与挂车的链接组合是随机不确定的，导致主挂车制动匹配不合理的情况更为普遍。而由于主挂车制动匹配不合理引发的汽车列车“推头、摆尾、折叠”危险情况发生越来越多，造成道路公共安全及交通参与者的人身财产安全受到威胁。多起血泪的事故教训促使我们对汽车列车主挂车制动匹配合理性更加重视。

2 理想的主挂车制动匹配

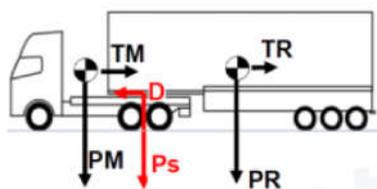


图1

汽车列车的制动功能是由牵引车及半挂车共同实现的。而由于车辆载荷的分布情况及在制动过程中的轴荷转移等因素的影响，汽车列车每个轴轮所提供的制动力矩存在一定的差异。最理想的制动模型为各轴的制动力

矩与轴荷的比值是趋于一致的，即为各轴的制动强度相等。因此理想的主挂车制动匹配状态为：牵引车的制动强度与挂车制动强度相等，即（ $T_M/P_M = T_R/P_R$ ）。如图1所示。

T_M/P_M ：牵引车制动强度；

T_M ：牵引车所有车轮产生的制动力之和；

P_M ：路面对牵引车所有车轮的法向反力之和

T_R/P_R ：半挂车制动强度；

T_R ：挂车所有车轮周缘的制动力之和；

P_R ：路面对挂车所有车轮的法向反力之和；

3 车辆的制动原理及制动中的能量转化

牵引车及挂车均采用气压制动。牵引车的制动原理是空压机产生的压缩空气经干燥罐干燥后通过管路连接储气筒内，前后制动回路的储气筒分别给前轴继动阀、后桥继动阀及脚阀供气。前轴继动阀出气口通过管路与前轴气室相连，后桥继动阀出气口通过管路和后桥制动气室的行车腔相连。当车辆有制动时，司机通过脚踏制动踏板促动脚阀工作，使脚阀输出控制气压给前轴继动阀和后轴继动阀的控制口，控制气压促使前轴继动阀和后桥继动阀的出气口按比例打开，此时压缩空气进入前轴制动气室和后桥的制动气室行车腔^[1]。制动气室在气压作用下推杆推动制动器产生摩擦，实现车辆制动。

牵引车上装配有挂车阀，通过红黄螺旋管及握手接头与挂车相连，红色螺旋管对挂车储气筒进行供气，黄色螺旋管对挂车制动进行控制。

半挂车的制动原理是挂车阀、红色螺旋管及握手接头连接到挂车的双释放阀处。空压机产生的压缩空气通过的管路及阀体连接进到挂车自带的储气筒。黄色螺旋管是实施挂车制动的控制管路，当车辆制动时，司机踩

踏制动踏板促动脚阀工作。脚阀输出的控制气压经过挂车阀出气口、黄色螺旋管、握手阀及挂车的双释放阀，作用在挂车紧急继动阀控制口处，促使紧急继动阀动作。而紧急继动阀的进气口与挂车的储气筒相连，出气口与挂车的制动气室相连。因此当脚阀动作时，紧急继动阀输出气压到挂车制动气室，使挂车进行制动^[2]。

制动过程中的能量转化：牵引车及挂车的制动过程相似，都是通过压缩气体促动制动气室产生推力，从而产生制动器摩擦力对车辆实施制动。其能量转化过程如图2所示：司机促动制动踏板使系统阀体工作，输出制动气压到各轴的制动气室，气室促动制动器动作产生摩擦制动。在此过程中是将车辆的动能通过制动器的摩擦副产生摩擦而转化为热能。而热能是可以通过各轴制动器温度的升高表现出来的。因此各轴制动器的温度分布情况反应了在车辆的制动过程中各轴的制动强度情况^[3]。

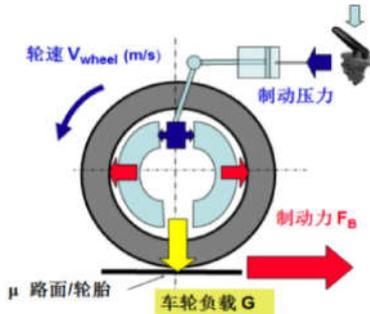


图2

4 温差法进行主挂车制动匹配优化方法简述

温差法进行主挂车制动匹配优化所需的设备有：温度传感器、连接线束、数据采集器、远程数据监控仪、EBS诊断设备、专用计算机及配件。

温差法进行主挂车制动匹配优化的连接原理图如图3所示：通过整车CAN通讯获取到制动信号，加装温度传感器监测制动器温度数据，上述信号通过数据采集器及远程数据监控仪发送到后台终端，通过专用计算机可查看车辆的制动状态及各轴的制动器温度情况。而通过EBS诊断设备可以对车辆制动参数进行优化调整，从而实现使各制动器温度趋于一致的目的。具体的方法步骤如下：

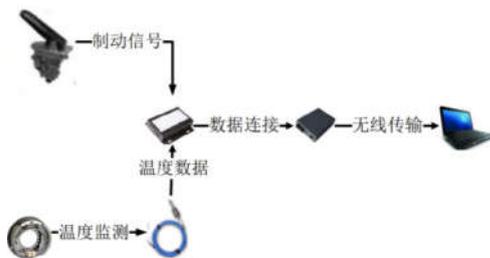


图3

4.1 车辆制动状态的监测。在制动踏板处安装位置传感器（或通过整车CAN通讯获取制动信号）用来监测司机的制动动作。以此辨识制动器发热是由车辆制动造成的，而非其他因素导致。

4.2 制动器温度监测。在主车及挂车的每个的制动器处布置温度传感器，用来监测每个轴轮的制动器的温度情况。

4.3 主挂车制动匹配优化评价。理想的制动器温度分布为各轴制动器温度趋于一致，实际应用中考虑到车辆前运行时的风速、制动器的布置位置等对制动器散热情况效果的影响不尽相同。经验总结为以前轴制动器温度作为基准，允许中后桥制动器温度高于前轴温度，温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。挂车制动器温度高于后桥温度，温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。在满足此要求时，认为主挂车制动匹配是合理的。

5 温差法主挂匹配的实例分析（以6×4牵引车带三轴挂车为例）

第一步：车辆数据的采集。

通过车辆的OBD接口接入整车CAN网络，获取车辆的EBC1报文信号获取制动信号。当司机踩下制动踏板时，EBC1信号会反馈制动开关信号，以此监测车辆的制动频次及制动持续时长。

在牵引车及挂车的每个制动器处安装温度传感器。对于鼓式制动器可将温度传感器固定在制动蹄片底板上（盘式制动器将温度传感器固定在卡钳底板上）。以此监测各轴轮制动器的温度。

制动信号及温度信号通过线束连接到数据采集器。数据采集器将温度值信号及制动信号通过远程数据监控仪发送给计算机。实现对每个制动器的温度监测。

第二步：主挂车制动匹配优化方案的制定。

分析采集到的制动频次、时长及温度数据，制定主挂车制动匹配的优化方案。主挂车制动匹配优化的方法有以下几种方式：

5.1 挂车阀越前量的调节。挂车越前量的设计是为解决牵引车与挂车制动的同步性问题。汽车列车在制动时，由于牵引车各轴制动管路长度与挂车制动管路长度存在较大差异，为保证牵引车与挂车制动同步，因此在挂车控制阀处设定挂车越前量参数。以此来消除管路长度差异引起的挂车制动滞后问题。挂车阀越前量合理的范围在0.2bar—0.4bar之间。当挂车制动器温度低于前轴制动器温度时，表示挂车制动器承担的制动分配偏小，此时需要调大挂车阀越前量，以提高挂车制动器参与制动的比例。反之，表示挂车制动器承担的制动分配较大，需要调小挂车越前量。

5.2 汽车列车各轴制动器扭矩梯度的调整。扭矩梯度表示制动器产生的制动扭矩与制动气压大小的比例关系。制动器扭矩梯度是由制动器形式，摩擦片大小及材料等因素决定的，目前制动器扭矩梯度是按照制动器形式采用默认值，盘式制动器扭矩梯度在3600Nm/bar—5400Nm/bar，鼓式制动器扭矩梯度在3000Nm/bar—4800Nm/bar。而实际装车的制动器由于供应商不同，扭矩梯度存在一定差异。因此需要进行实车标定确认。当某一轴制动器温度高于前轴制动器温度时，此时需要对此轴的制动器扭矩梯度值调大。以此来减少制动过程中该轴的制动气压，从而减少此轴的制动分配占比。反之则需要将此轴的制动器扭矩梯度值调小。

5.3 各轴制动间隙的检查与调整。制动间隙是影响制动一致性的关键因素，制动间隙一般在0.7—1.2mm之

间，制动器间隙的不均也会导致各轴制动分配的不均。因此需要对各轴制动间隙进行调整或检查。目前市面上大部分车辆已经配置有自动间隙调整臂，在此情况下只需检查制动间隙在合理范围内即可。

第三步：主挂制动匹配优化后效果的验证。

按照上述方法过程对某6×4牵引车带三轴挂车的汽车列车进行主挂车制动匹配优化。优化结果如图4所示。优化前通过测试发现挂车制动器温度远高于主车。挂车制动器温度126℃，主车接近环境温度，表面此时主挂车制动匹配严重不合理。优化后挂车温度降低至82℃，中后桥制动器温度在65℃，前轴温度平均46℃。各轴制动器温差明显缩小，趋于一致，温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ ，说明主挂车制动匹配已得到明显改善优化，制动力分配合理。

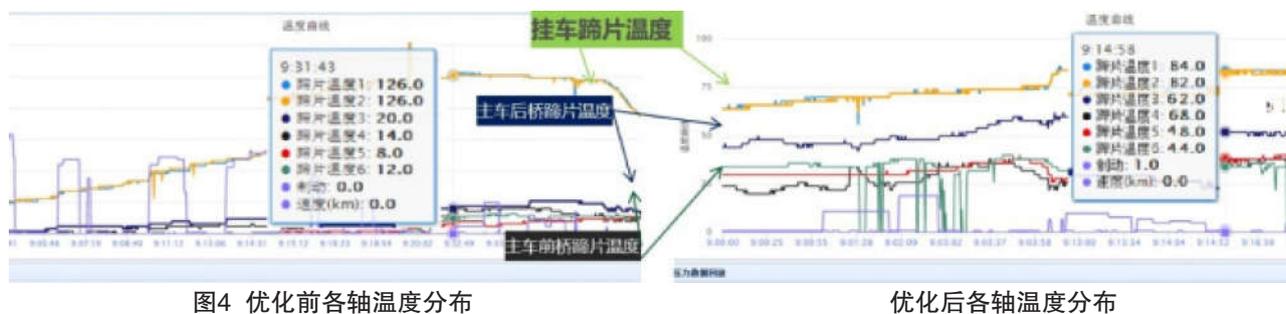


图4 优化前各轴温度分布

优化后各轴温度分布

结语

汽车列车的制动性能不仅与牵引车及挂车自身的制动性能优劣相关，与两者之间的制动匹配协调也有很大关联。主挂车制动匹配是否合理直接影响汽车列车制动安全。因此对于汽车列车重点关注整车制动性能的影响，并非刻意强调牵引车或挂车自身的制动性能。

本文所述的温差法进行主挂车制动匹配的优化方法在一定程度上可以对主挂车制动匹配的状态进行优化提升。

参考文献

- [1] 栾亚伦. 斯达-斯太尔汽车500问[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000年11月出版. 第267—278页。
- [2] 梅彦利, 鲍远通. 重型多轴全挂车气制动系统[J]. 重型汽车, 2002第6期: 第24—26页。
- [3] 张文春. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014年2月出版. 第114-126页。