

# 重型货车ABS/EBS检测

高恩壮，于彦权，王鹏理，秦文博  
一汽解放汽车有限公司 吉林长春 130011

**摘要：**重型货车的生产过程中需要对ABS/EBS系统进行相关检测，确保其功能正常，满足使用要求。简单介绍了重型货车常用的ABS/EBS系统、转鼓检测原理及流程，并分析了检测作业时遇到的几种故障案例。

**关键词：**ABS；检测；故障分析

防抱死系统（ABS）几乎已成为国内重型货车的标配，甚至随着道路交通法规的日益严格，电子制动系统（EBS）也被逐步普及。ABS/EBS是一种重要的主动安全系统，其性能的好坏关乎行车安全。对于产线生产的车辆而言，如果出现ABS/EBS系统的管路、电路连接错误，尤其是左右侧管路的反接，电磁阀、轮速传感器电路的反接，车辆在紧急制动或者弯道制动时可能会出现车轮异常抱死、制动跑偏及甩尾等非正常制动现象，甚至会酿成翻车等严重交通事故。通过检测手段将气路、电路问题在生产阶段及时发现，可避免问题车辆流入市场，消除安全隐患。

## 重型货车ABS/EBS系统简介

### 1. 重型货车ABS系统

重型货车ABS系统与乘用车存在一些区别，其中一个原因是重型货车的车桥和车轮数量较多，因此多采用四通道ABS系统（即4S/4M）。对于后桥使用空气悬架且在空载状态可提起的重型货车，则还会选用六通

道ABS系统（即6S/6M），如图1所示。一些驱动形式为6×6的特种车也会采用六通道ABS系统。所谓通道是指ABS系统中能独立进行压力调节的制动管路<sup>[1]</sup>。



图1 采用六通道ABS的后提升重型货车

常见的四通道ABS系统主要包括一个ECU、四个轮速传感器、两个前桥ABS电磁阀、两个后桥ABS电磁阀及开关（如ASR或ESC取消开关）。如今很多后桥电磁阀被集成为后桥制动模块，如图2所示。

如果是六通道ABS系统，除了包含上述组成部件外，还增加了两个轮速传感器和两个后桥ABS电磁阀。表1为各类重型货车选用的ABS系统，其中8×4重型载货车采用的四通道ABS系统如图3所示。

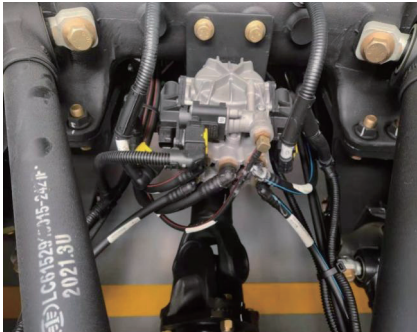


图2 后桥制动模块

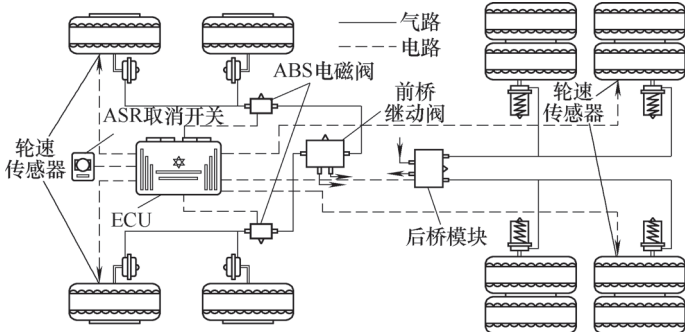


图3 8×4重型载货车的四通道ABS系统示意

表1 常见的重型货车ABS系统分类

| 驱动形式    | 4×2    | 6×4                                      | 6×2F<br>(双前桥转向)                          | 6×2R<br>(后桥提升) | 8×4<br>(双前桥转向)                   |
|---------|--------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|----------------------------------|
|         |        |                                          |                                          |                |                                  |
| ABS类型   | 4S/4M  | 4S/4M                                    | 4S/4M                                    | 6S/6M          | 4S/4M                            |
| 轮速传感器分布 | 所有车轮   | 一桥左、右车轮<br>三桥左、右车轮                       | 一桥左、右车轮<br>三桥左、右车轮                       | 所有车轮           | 一桥左、右车轮<br>四桥左、右车轮               |
| 通道控制方式  | 各轮独立控制 | 一桥车轮独立控制；<br>二、三桥左轮共用一通道；<br>二、三桥右轮共用一通道 | 一、二桥左轮共用一通道；<br>一、二桥右轮共用一通道；<br>三桥车轮独立控制 | 各轮独立控制         | 一、二桥同6×2F的一、二桥；<br>三、四桥同6×4的二、三桥 |

2.重型货车EBS系统

EBS系统是ABS的升级版，不仅集成了常规的防抱死功能、驱动防滑转功能（ASR），甚至还有车身稳定性控制功能（ESC），而且制动响应更快。重型货车的EBS系统通常会和盘式制动器配合使用才能更好地发挥其功能，因为盘式制动器的结构特点更适合执行高频点制动动作，这种匹配在危险品运输车上尤为常见，GB 7258—2017中也对此作了相关明确规定<sup>[2]</sup>。

与ABS系统组成类似，四通道EBS也包括一个ECU、四个轮速传感器和两个前桥ABS电磁阀，但后桥制动阀被称为双通道电子压力控制模块（简称双通道模块），还增加了单通道电子压力控制模块（简称单通道模块）和脚阀模块。EBS的脚阀模块可看作是普通脚制动阀的电控版，它的存在是EBS区别于ABS在制动响应速度方面重要的因素，它将驾驶员制动踏板位置信号转化为电信号，实现了响应更迅速的“电控气”，而ABS则是“气控气”。如图4所示为6×4牵引车采用的四通道EBS系统示意图，未展示脚阀模块。

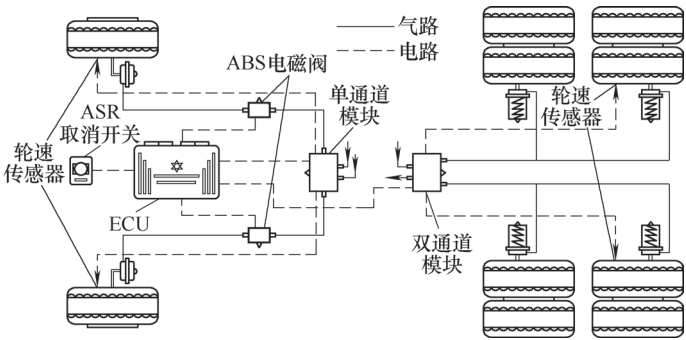


图4 6×4重型牵引车的四通道EBS系统示意

转鼓检测

1.检测设备简介

根据产线节拍的不同，重型货车生产企业通常可将ABS/EBS检测设置为单一工位，也可与制动检测集成在同一工位，共用转鼓系统，节约设备购置成本。

目前重型货车企业最常用的ABS/EBS检测设备是单轴式转鼓系统，即每次只允许单根车桥的左右两轮

进行检测，如图5所示。以某型号的单轴式转鼓系统为例，其主要组成包括左右侧转鼓台、横向辊子（可选）、工控机、OBD连接电缆和显示器，其各自功能见表2。



图5 单轴式转鼓检测台

表2 某单轴式转鼓系统组成及功能

| 名称       | 主要功能                      | 备注                                   |
|----------|---------------------------|--------------------------------------|
| 转鼓台      | 定位车辆，驱动车轮，制动力检测           | 采用双速电动机，轮速检测时转速为5km/h，电磁阀检测时为2.5km/h |
| 横向辊子（可选） | 双后桥的车辆检测时承载非检测状态的后桥车轮     | 布置在转鼓的前后侧                            |
| 工控机      | 与ABS/EBS系统ECU通信，控制转鼓运行    |                                      |
| OBD连接电缆  | 连接车辆OBD诊断接口，为工控机与ECU的通信媒介 | 也可采用无线通信                             |
| 显示器      | 显示检测过程，提示检测步骤             |                                      |

随着检测手段的革新，国外检测设备供应商甚至研发了重型货车用的综合转鼓系统，这种大型检测设备可同时满足车辆的制动、ABS/EBS这种低转速类项目的检测，还可进行车速、差速器功能、辅助制动及发动机功率检测等较高转速类的检测，综合转鼓如图6所示。

用综合转鼓作ABS/EBS检测时，车辆的全部车轮可同时进行检测，能实现多个转鼓差速运转，检测效率大幅提升。但是设备造价高昂，普通企业难以承受。

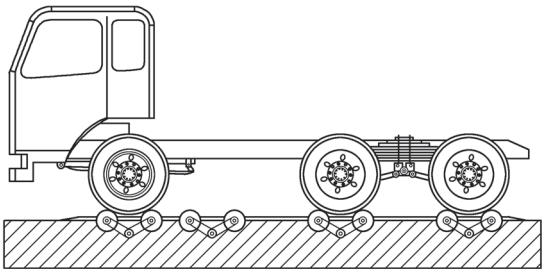


图6 综合转鼓示意

2.基本检测原理

轮速传感器的检测原理是：转鼓带动车轮转动时，轮速传感器会激发电压信号，该信号被ECU采集并被转发至工控机，同时电压信号也被ECU计算为车速。工控机对采集到的电压信号、车速信号与设定的阈值比较即可判断轮速传感器是否合格。

检测时，通常要求左右两侧转鼓接力运转，即一个车轮检测完毕后，另一侧转鼓才能起动检测其对应的车轮。检测时转鼓的转速为5km/h，因为轮速传感器电压与车轮转速成正比<sup>[3]</sup>，转速过低时电压信号太弱，不宜采集。

电磁阀的检测原理是：驾驶者踩下制动踏板使电磁阀充气，工控机向ECU发送控制指令，ECU再控制电磁阀的执行动作，控制制动气室压力的增减，进而引起车轮制动力和车轮对转鼓的反作用力（矩）的变化。工控机将采集到的反作用力通过一定的算法映射为电磁阀的气压衰减率和恢复率，再与设定的阈值比较即可判断电磁阀运行状态是否正常。

3.基本检测流程

ABS/EBS检测流程基本相同，都包括静态检测和动态检测两部分。某工厂的ABS检测流程如下（以6×4重型货车为例）。

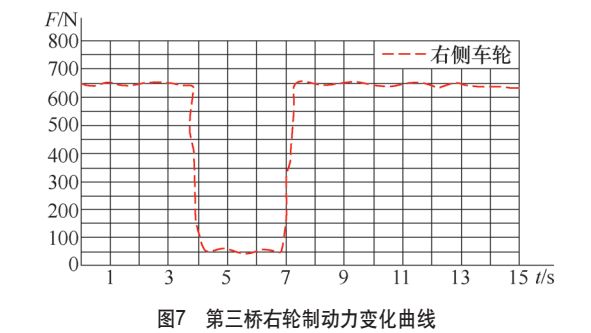
- 1) 车辆前桥到位，工控机与车辆ABS系统ECU通过OBD电缆建立通信，读取车辆的VIN、ABS基本信息（如软件版本、ECU电压、报警灯状态等）及读清故障码等，完成静态检测。
- 2) 左侧转鼓先起动，在完成左侧轮速传感器的检测后转鼓停转。
- 3) 右侧转鼓起动，完成右侧轮速传感器的检测后转鼓停转。
- 4) 左右侧转鼓同时起动，进入电磁阀检测步骤。
- 5) 司机踩下制动踏板，左侧电磁阀将按照ECU的指令先动作。左侧电磁阀检测完毕后，右侧电磁阀也接收ECU指令动作，完成右侧电磁阀检测后转鼓停转。
- 6) 车辆前行，进行第三桥的检测，重复步骤2)~5)。

表3为某6×4重型货车的ABS转鼓检测结果。电磁阀气压衰减率和恢复率的计算是按照程序设

定的算法，通过制动力曲线可近似计算，如图7所示为表3中第三桥右轮电磁阀检测时绘制的制动力变化曲线。

表3 某6×4重型货车ABS检测结果

| 车轮          | 第一桥左轮 | 第一桥右轮 | 第三桥左轮 | 第三桥右轮 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 轮速/（km/h）   | 5.1   | 5.1   | 5.0   | 5.1   |
| 最大电压/mV     | 1400  | 1680  | 1820  | 1910  |
| 最大电压/mV     | 1500  | 1920  | 2080  | 2160  |
| 最大电压/最小电压   | 1.07  | 1.14  | 1.14  | 1.13  |
| 电磁阀气压衰减率（%） | 4.3   | 1.5   | 2.1   | 5.4   |
| 电磁阀气压恢复率（%） | 97.4  | 98.7  | 98.3  | 93.9  |



衰减率的计算公式可近似为（50×3）/（650×4）=5.77%，同理，恢复率的计算公式近似为（650×7-50×3）/（650×7）=96.7%。从计算公式和表3中数据可知，电磁阀气压衰减率远小于恢复率。

图7还表明，采用该检测转鼓获取的制动力曲线呈凹字形，即两侧制动力大，中间制动力小。电磁阀动作与制动力对应关系见表4。

表4 电磁阀动作与制动力对应关系

| 阶段    | 第0～4s | 第4～7s    | 第7～15s   |
|-------|-------|----------|----------|
| 电磁阀动作 | 增压—保压 | 泄压       | 增压—保压    |
| 制动力变化 | 高位且平稳 | 下降至车轮阻滞力 | 恢复至高位且平稳 |

**检测故障分析及排除方法**

车辆在设计、生产制造等环节造成一些常见的ABS/EBS系统故障或质量缺陷是可以被转鼓系统检测出来的。笔者在从事汽车检测工作时曾发现并处置过几种故障，这其中涉及到研发、装配、制件及操作方法等多个方面的因素。本文还将对故障产生的原因作

相应分析，让读者对重型货车ABS/EBS系统工作原理有更深入地了解。

1.案例一

某车进行ABS检测时前桥的单侧车轮无轮速值和电压值，电磁阀检测结果正常。

（1）原因分析 由于轮速和电压值均没有，表明ECU未采集到轮速传感器激发的电信号，通常的排查方向是从轮速传感器线束插接、轮速传感器安装情况入手，故障如图8所示。

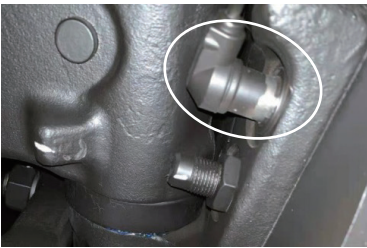


图8 轮速传感器凸出

（2）排除方法 如果是传感器线束脱开，重新插接即可；如果是轮速传感器从夹持体中凸出，则需要对传感器重新安装，因为传感器与齿圈的间隙越大，传感器产生的电压信号越弱。

2.案例二

某车进行EBS检测时前桥的两侧车轮均无轮速值和电压值，电磁阀检测结果正常。

（1）原因分析 EBS与ABS的一个不同之处是，前者的轮速传感器信号不直接传给ECU。例如前桥的轮速传感器信号先传至单通道制动模块，再由制动模块通过私有CAN转发至ECU，图3、图4中的电路接线也反映了这个区别。对于同一桥的两轮无轮速和电压信号的现象，通常查看前后桥制动模块的线束插接情况。

如果制动模块线束连接正常，而两侧车轮的轮速检测又是接力完成的，则应考虑左右两侧轮速传感器电路是否存在反接的问题。例如当左轮检测时，而工控机却采集了右侧轮速传感器的信号，但右轮处于静止状态，同理检测右轮时，却采集了左轮的信号，就会出现这种两侧车轮均无轮速值和电压值的现象。轮速传感器电路反接是一种严重的质量缺陷，容易引发交通事故，必须引起高度重视。

(2) 排除方法 对于前后桥制动模块线束接头脱落、漏接现象，如图9所示，重新连接即可，再次检测时故障可排除。如果怀疑是传感器电路反接，可通过测量传感器与ECU之间接线的通断即可判断，对电路反接问题必须做质量追溯，查明真正原因。

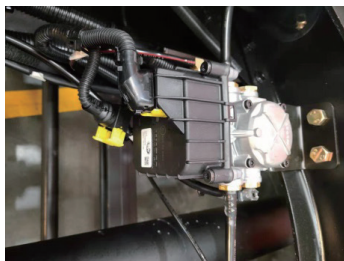


图9 前桥制动模块插头脱落

3.案例三

某车进行ABS检测时控制器与工控机无法建立通信。

(1) 原因分析 可先检查OBD电缆接头是否完好，因为产线生产环境下的OBD电缆被高频使用，容易导致插针损坏，如图10所示，产线也通常将这类设备列为易损件。例如因车辆电控系统网络架构的不同，某些ABS控制器需要通过K线连接，有的则通过诊断CAN经网关、整车控制器等转接，ABS检测前应确保OBD电缆接头状态完好。



图10 OBD插针弯折

除易损件因素外，产线EOL检测时也会对ABS控制器作检测，检测成功的前提也是建立通信。但EOL检测会涉及车辆的多个控制器，检测过程中某些控制器还需要复位、甚至断电以保持数据。笔者曾遇到过某款车在完成产线EOL检测后进行ABS转鼓检测时ECU无法与工控机建立通信，处理方法是车辆断电几秒后再重新上电，即可建立连接。原因是EOL检测完毕后，操作者未执行断电操作，导致OBD诊断接口的诊断CAN一直被占用，导致通信失败。

同理，如果ABS控制器无法在EOL检测时建立通信，则转鼓检测时也会通信失败。

(2) 排除方法 OBD电缆接头插针损坏，应及时更换或修复。如果认为是通信道被占用可断电后再次尝试，结合EOL检测结果确认车辆是否具备转鼓检测的上线条件。

4.案例四

某4×2牵引车进行EBS检测时批量性的驱动桥轮速值不稳定、电压值不合格，电磁阀检测结果正常。

(1) 原因分析 通过调取检测记录发现，该批次的车除了个别车的驱动桥（第二桥）轮速传感器检测合格，大部分均未通过，但前桥均正常。实车检测时发现，驱动桥的车轮在旋转过程中出现数次抱死，轮速变化幅度加剧，电压信号时有时无，如图11所示。造成这种现象的原因很可能是ASR功能被激活，导致车轮在检测时被施加了制动。

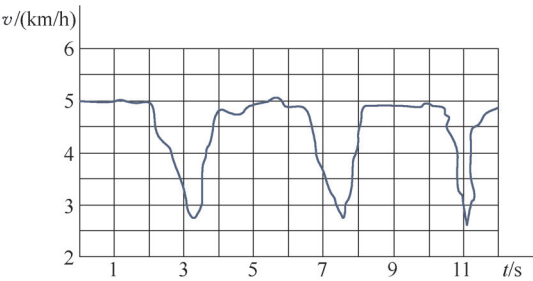


图11 ASR激活时的轮速变化曲线

(2) 排除方法 不同类型的ABS/EBS系统对ASR功能的激活条件有所区别，这涉及到控制器开发时的控制策略及整车网络架构中的匹配问题。ASR功能被激活时，仪表上的ASR警报灯会闪烁，此时按下ASR功能取消开关，暂时将该功能关闭，即可通过检测（见图12）。



图12 ASR警报灯和取消开关

5.案例五

某车进行后桥电磁阀检测时，输出的左右侧制动

曲线波形变化顺序相反，电磁阀气压衰减率大于恢复率，如图13所示。

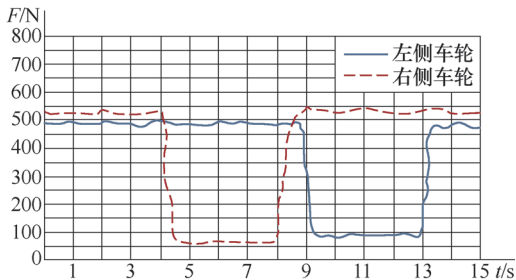


图13 制动波形顺序异常及检测结果示意

(1) 原因分析 图13表明故障车在检测时，右侧电磁阀先动作，而左侧电磁阀后动作，显然与前述“基本检测流程”中约定的正常顺序相反。原因可能是气路接反，或电路接反，无论哪种情况，都会是一种严重的质量问题。前桥左右ABS电磁阀安装在车架两侧，可断定不会是气路反接，如图14所示。如果是后桥出现这种异常波形，则可能是气路反接，因为后桥模块集中为后轮气室供气，左右侧气管接头相距较近会造成气路反接，如图2所示。由于电磁阀动作的顺序异常，导致衰减率和恢复率的数值大小相反。

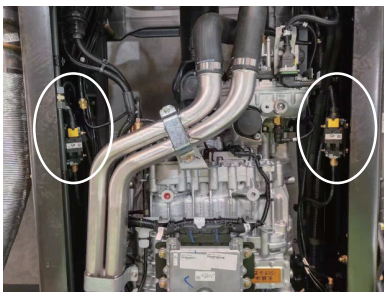


图14 前桥ABS电磁阀安装位置

(2) 排除方法 根据图样测量电磁阀到控制器接线的通断即可排查出是否为电路反接。如果是电路反接则要判断是设计原因还是线束制件原因，避免出现批量性质量问题；如果是气路反接则需要重新插接管路。

## 6.案例六

某8×4重型货车进行ABS电磁阀检测时，前桥左右两轮制动曲线波形近乎稳恒，如图15所示。

(1) 原因分析 实车检测时能听到左右侧电磁阀排气的声音，而且动作顺序也正常，表明电磁阀进气加压和排气泄压的功能正常。制动力曲线却几乎不

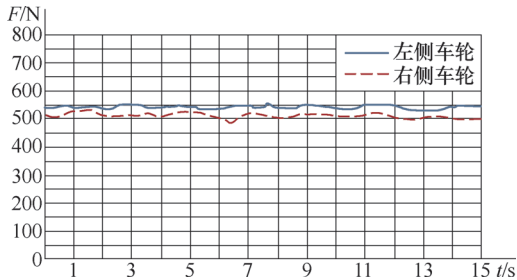


图15 制动波形稳恒示意

变，则可判定泄掉的气压并非来自于制动气室。通过电磁阀原理图来分析造成这种现象的原因，如图16所示。虚线矩形框里的内容为ABS电磁阀内部结构原理图，框内右侧的两位两通阀为进气阀，左侧的为排气阀，二者的供电接线不同（210和211代表供电线号），但采用公共接地。电磁阀的1口为进气口，接供气端，2口为出气口，接制动气室，3口为排气口，通往大气。

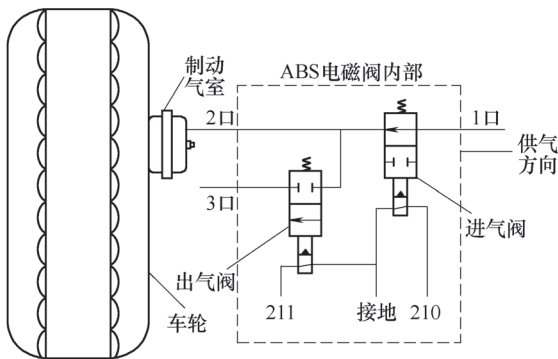


图16 ABS电磁阀电气连接原理

1) 当踩下制动踏板，但ABS电磁阀未动作时，其内部的进气阀等同于直通管，高压空气进入制动气室对车轮施加制动力，对应检测时的增压阶段。

2) 保压阶段时，210线电压处于高电位，进气阀动作，其阀芯移至断位，此时制动气室压力不再增加，趋于恒定。

3) 泄压阶段时，进气阀维持断位，211线也处于高电位，排气阀动作，其阀芯移至通位，高压气体从制动气室经排气阀泄往大气，车轮制动力急剧下降。

4) 恢复加压阶段时，210和211线电压均恢复至低电平，进气阀、排气阀阀芯恢复初始位置，制动气室气压和制动力也再次恢复。

如果ABS电磁阀的出气口2被接入气源，而进气口1接气室，如图17所示，就会出现左右两轮制动曲线波

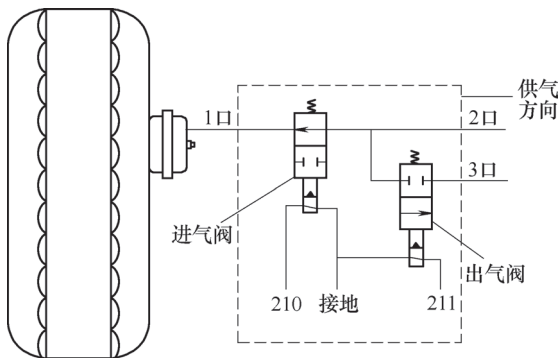


图17 ABS电磁阀气口反接原理图

形近乎稳恒的现象。此种接法在泄压阶段时，进气阀阀芯处于断位，而出气阀阀芯处于通位，此时制动气室处于保压状态，因此车轮制动力维持不变。检测时听到的排气声则是气源空气被排出至外界时产生的。

事实也证明，该车的左右两侧ABS电磁阀的进出口气管确实接反（见图18）。这种反接的结果就是常规制动不受影响，但紧急制动时，前桥ABS功能丧失。

（2）排除方法 重新连接气管，将这种问题反馈给设计部门，从电磁阀安装布局、管路走向方面设置必要的防错结构。



图18 ABS电磁阀及反接的气路方向

7.案例七

某车进行ABS检测时前桥右轮制动力波形异常，如图19所示。

（1）原因分析 从制动曲线变化来看，右侧车轮制动力在泄压阶段出现了一个短暂的尖峰区，这似乎是在泄压后又再次加压的结果。正常情况下单侧电磁阀检测时会发出一声短暂的排气声，而对此车作业观察时发现右侧电磁阀先后经历了两次排气，而之间的

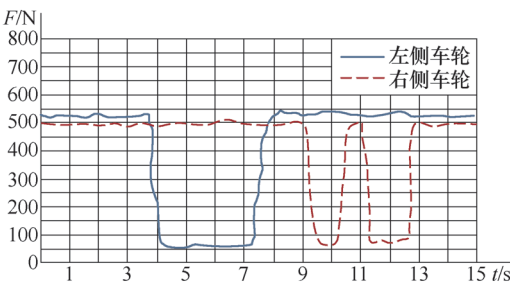


图19 右轮制动波形异常示意

间隔正是出现尖峰的时段，这种情况通常认为是电磁阀本体故障。

但在排除故障过程中，更换电磁阀后故障仍未解除，最终发现是右侧电磁阀的进气阀和排气阀的供电线接反。

结合图19分析产生尖峰的原理：进入保压阶段时，出气阀阀芯动作至通位，电磁阀排气，制动力急剧下降，但此时进气阀阀芯仍处于通位，一部分高压气体仍能进入制动气室，导致制动力再次恢复。当泄压阶段时，进气阀阀芯至断位，高压空气被截止，气室内气压被彻底释放，制动力再次下降。直至再次加压阶段，进排气阀恢复至初始位置，制动气室进气，制动力也恢复。

（2）排除方法 对比ABS电磁阀在图样上的接线和实物状态，如果是图样问题则需求及时反馈设计师。

结语

再次强调ABS/EBS检测的重要性，从以上几个检测故障案例来看，电路、气路的接错现象是可通过检测设备检测出来的，同时也需要汽车检测从业人员对ABS/EBS系统的工作原理有着较为深入的理解和较为丰富的现场经验。

参考文献

[1] 凌永成，于京诺. 汽车电子控制技术[M].北京：北京大学出版社，2011.

[2] 国家质检总局和国家标准化管理委员会.机动车运行安全技术条件：GB 7258—2017 [S].北京：中国国家标准出版社，2017.

[3] 李建秋，赵六奇，韩晓东，等.汽车电子学教程[M].北京：清华大学出版社，2006. **AUTO1950**