

左侧门车窗升降时右侧门车窗联动故障分析与改进

李仁明¹, 刘建波²

(1. 湖北省齐星汽车车身股份有限公司技术中心, 湖北 随州 441300;

2. 江苏旭顺东明云智能科技有限公司, 江苏 靖江 214500)

摘要:针对某电动汽车开发中出现的接通左侧门车窗升降器开关时右侧门车窗玻璃联动的故障, 对 BCM 电路进行详细分析, 指出绘制整车电气原理图时电气部件原理图简化、成熟电气部件移植到新车型上的注意事项。

关键词:BCM 电路; 车窗升降器开关; 联动故障

中图分类号: U463.83⁺5

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)01-0049-05

Analysis and Improvement of Right Door Window Linkage Failure When Left Door Window Lifter Working

LI Renming¹, LIU Jianbo²

(1. Hubei Qixing Automobile Body Co., Ltd., Suizhou 441300, China;

2. Jiangsu Xushun Dongming Cloud Intelligent Technology Co., Ltd., Jingjiang 214500, China)

Abstract: According to the failure about right door window glass lifter having linkage when the switch of left door window lifter is turned on, this paper analyzes the BCM circuits in detail, points out that the precautions when the schematic diagram of electrical components is simplified during drawing the whole vehicle schematic diagram and the precautions for transplanting mature electrical components to new models.

Key words: BCM circuit; window glass lifter switch; linkage failure

汽车电气产品开发过程中有时会出现以下现象: 某电器部件的某功能有问题, 联系供应商改进后, 该问题得到解决, 但原本正常的功能却又出现问题。即产品的改进引发了新问题。本文针对此现象进行问题诊断和解决。

1 故障现象

近期在某双门单排电动轻卡低压部分(电压为 12 V)开发中, 第 1 版车身控制器 BCM 按遥控时中控门锁(中控门锁、车窗升降控制电路均集成在车身控制器 BCM^[1]内)不工作。供应商将改进后的第 2 版 BCM 样品寄来验证时, 发现遥控中控门锁不工作问题已解决, 但接通驾驶侧门上的左侧门窗玻璃升降器

开关(以下简称“左侧门开关”)时, 副驾侧车门(以下简称“右侧门”)车窗玻璃有时跟着联动, 有时却不动; 接通驾驶侧门上的右侧门窗玻璃升降器开关(以下简称“驾驶侧右侧门开关”)时, 左侧门窗玻璃有时跟着右侧门窗玻璃联动, 有时不动。但接通副驾侧门窗玻璃升降器开关(以下简称“右侧门开关”)时一切工作正常。驾驶室两门车窗玻璃升降器开关的安装位置如图 1 所示。

然而第 1 版 BCM 左右侧门窗的所有玻璃升降功能均正常。进行产品开发多年, 从未遇到过这种左右侧门窗玻璃升降器联动的问题。下面对此进行分析与改进。

收稿日期: 2023-08-10。

第一作者: 李仁明(1969—), 男, 高级工程师; 主要从事汽车驾驶室与整车电气系统的设计与制造工作。E-mail: 13469710288@126.com。

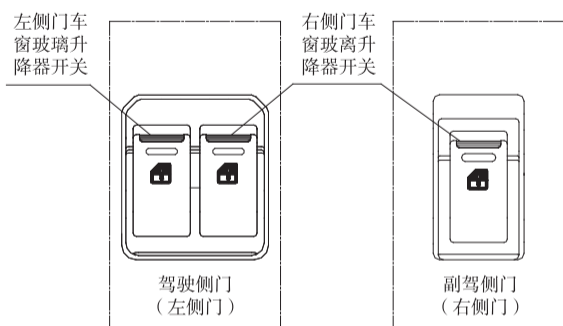


图1 驾驶室门上的车窗玻璃升降器开关安装位置示意图

2 第2版 BCM 车窗玻璃升降器工作异常原因分析

为查清上述故障的原因,协调厂家提供第2版 BCM 内部与车窗玻璃升降控制相关的局部电气原理图,将其添加到整车电路图后如图2所示。通过分析该电路并结合以往经验,怀疑是串电引起的^[2]。

规定 U_{Au} 和 U_{Ad} 为 BCM 上驾驶侧左侧门开关在

车窗升、降工作时图中 A 点的电压; U_{Bu} 和 U_{Bd} 为 BCM 上驾驶侧右侧门开关在车窗升、降工作时图中 B 点的电压; U_{Cu} 和 U_{Cd} 分别为 BCM 上右侧门开关在车窗升、降工作时图中 C 点的电压。由图2可知,BCM 内部这3个车窗升降开关到 MCU 的外围接口电路的电气原理及元件参数完全相同,下面对车窗升、降工作时 BCM 电路 A、B、C 3 点电压进行计算分析。该电路比较复杂,下面分3种情况详细分析车窗玻璃升降器工作不正常的具体原因。

2.1 左侧门开关接通升挡时

此时,通过左侧门开关接通升挡触点的电流来自2条电路:

1) 支路1:从 BCM 内 VCC→R171→A 点。规定其电流为 I_1 。

2) 支路2:从 BCM 内 VCC→R172→B 点→BCM C21 脚→Y507 线→驾驶侧右侧门开关降常闭触点 (D2)→E 线→左侧门开关降常闭触点 (D1)→G508

线→BCM C24 脚→A 点。规定其电流为 I_2 。

然后这2条支路电流在 BCM 内的节点 A 汇合后,流向如下:A 点→R17→BCM C23 脚→R509 线→左侧门开关升挡常开触点 (U1)→搭铁。规定其电流为 I_3 。

根据电路的基尔霍夫第一定律:在任一瞬时,流向某一节点的电流之和恒等于该节点流出的电流之和^[3]。下面简单计算升挡时 A 点电压 U_{Au} (因 MCU 主要是检测电压信号,其分流很小可忽略不计^[4-6];导线^[7]、开关触点、插接件^[8]的压降也忽略不计),其关系

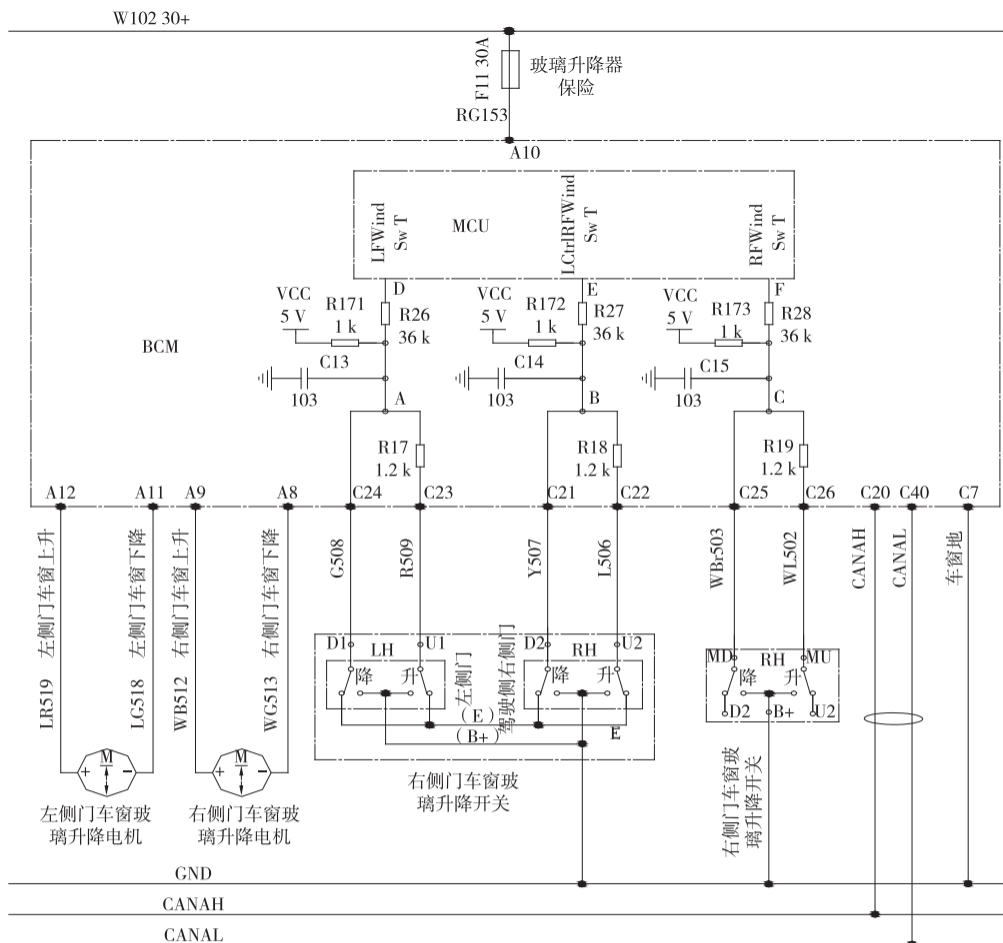


图2 第2版 BCM 中电动车窗部分电气原理图

式如下:

$$I_1 = (U_{VCC} - U_{Au}) / R_{171} \quad (1)$$

$$I_2 = (U_{VCC} - U_B) / R_{172} \quad (2)$$

$$I_3 = U_{Au} / R_{17} \quad (3)$$

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (4)$$

式中: U_{VCC} 表示该电路电源电压, 为 5 V; R_{171} 、 R_{172} 是设计的限流电阻, R_{17} 是 MCU 区分车窗玻璃升降开关是升或降状态的分压电阻, $R_{171} = R_{172} = 1 \text{ k}$, $R_{17} = 1.2 \text{ k}$; U_B 为 B 点的电压, 此时 B 点通过驾驶侧右侧门开关降挡触点和左侧门开关降挡触点、导线等与 A 点直接相连, 因此 $U_B = U_{Au}$ 。

将以上各值代入式 (1) ~ (4), 计算得到 $U_{Au} = U_B = 3.529 \text{ V}$ 。

实际上, MCU 直接检查的是图 2 中 MCU 管脚 D、E、F 处的电压 U_D 、 U_E 、 U_F 。MCU 根据 D、E、F 点的电压值来判断玻璃升降器开关需求及确定后续动作。

1) 若 $U_D < 1.67 \text{ V}$, MCU 判断左侧门开关的需求是使左侧门玻璃下降。MCU 会立即发出驱动信号使 BCM A11、A12 脚电压变为 $U_{A11} = +12 \text{ V}$ 、 $U_{A12} = 0 \text{ V}$, 左侧门玻璃升降器电机旋转, 带动玻璃升降器叉臂机构使左侧门玻璃下降。

2) 若 $1.67 \text{ V} \leq U_D < 1.76 \text{ V}$, MCU 立即发出驱动信号使 A11、A12 脚电压变为 $U_{A11} = U_{A12} = 0 \text{ V}$, 此时左侧门玻璃升降器电机保持不动。此为设计的下降与上升指令之间的安全间隔。

3) 若 $1.76 \text{ V} \leq U_D < 3.92 \text{ V}$, MCU 判断左侧门开关是要求左侧门玻璃上升。MCU 立即发出驱动信号使 A11、A12 脚电压变为 $U_{A11} = 0 \text{ V}$ 、 $U_{A12} = +12 \text{ V}$, 此时左侧门玻璃升降器电机电压反向, 电机反向旋转使左侧门玻璃上升。

4) 若 $U_D \geq 3.92 \text{ V}$, MCU 判断开关信号无效, 此时 MCU 使 BCM A11、A12 脚电压变为 $U_{A11} = U_{A12} = 0 \text{ V}$, 这时左侧门玻璃升降器电机无驱动电压不旋转, 左侧门玻璃保持不动。

由于左侧门开关接通升挡时, $U_B = U_{Au} = 3.529 \text{ V} \approx U_D = U_E$, 在 $1.76 \text{ V} \leq U_D < 3.92 \text{ V}$ 范围内, 因此左、右侧车窗玻璃就会同时上升。

图 2 中 R26 主要起防意外冲击、限流保护 MCU 作用, 正常时其上压降很小。D 点电压与 A 点几乎相同,

通过分析 A 点电压就可以准确分析、判断工作需求。C13 电容主要起消除静电、防止开关抖动等作用^[9]。

因 $R_{172} = R_{173} = R_{171} = 1 \text{ k}$, $R_{18} = R_{19} = R_{17} = 1.2 \text{ k}$ 。其中 R_{173} 是图 2 中 BCM 右侧门开关电路中设计的限流电阻, R_{19} 是 MCU 区分右侧门开关是升或降状态的分压电阻; R_{18} 是 MCU 区分驾驶侧右侧门开关是升或降状态的分压电阻。

故 B 点的分析方法和工作情况与 A 点相同。

2.2 左侧门开关接通降挡时

由于 A 点直接搭铁, 所以降挡时 A 点电压 $U_{Ad} = 0 \text{ V}$, 此时流过驾驶侧右侧门开关的电路为: BCM 内 $VCC \rightarrow R_{172} \rightarrow B \text{ 点} \rightarrow \text{BCM C21 脚} \rightarrow Y507 \text{ 线} \rightarrow \text{驾驶侧右侧门开关降挡常闭触点 (D2)} \rightarrow E \text{ 线} \rightarrow \text{左侧门开关升挡常闭触点 (U1)} \rightarrow R_{509} \text{ 线} \rightarrow \text{BCM C23 脚} \rightarrow R_{17} \rightarrow A \text{ 点} \rightarrow \text{BCM C24 脚} \rightarrow G508 \text{ 线} \rightarrow \text{左侧门开关降挡常开触点} \rightarrow \text{搭铁}$ 。此时:

$$U_B = U_{VCC} / (R_{172} + R_{17}) \times R_{17} \quad (5)$$

将各阻值代入式 (5), 计算得到 $U_B = 2.727 \text{ V}$ 。

$1.76 \text{ V} < U_B < 3.92 \text{ V}$ 。因此, 左侧门开关接通降挡时, 左侧车窗玻璃在下降, 而右侧车窗玻璃在上升。

2.3 右侧门开关接通升挡和降挡时

升挡时 C 点电压:

$$U_{Cu} = U_{VCC} / (R_{173} + R_{19}) \times R_{19} \quad (6)$$

将各阻值代入式 (6), 计算得到 $U_{Cu} = 2.727 \text{ V}$ 。

$1.76 \text{ V} < U_{Cu} < 3.92 \text{ V}$ 。

此时接通降挡 $U_{Cd} = 0 \text{ V}$, 因此右侧门开关升降正常。

由图 2 可以看出, 此时 $U_A = U_B \approx 5 \text{ V} > 3.92 \text{ V}$, MCU 判断开关信号无效, 因此左侧门玻璃不动, 不受右侧门开关工作影响。

2.4 异常原因分析

根据以上分析, 左侧门车窗玻璃上升或下降时右侧门车窗玻璃均上升或不动的情况如下: 接通左侧门开关升挡或降挡时, 右侧门车窗玻璃均上升, 直到右侧门车窗玻璃升到车门最顶部被门框抵住才停止 (此时右侧门电机处于堵转状态)。但当右侧门开关处于升挡或降挡时, 右侧门玻璃可正常上升或下降。驾驶侧右侧门开关接通升、降挡时, 左、右侧车窗的工作情况与上述左侧门开关的工作情况类似。但出现此现

象的真正原因是左侧门开关提供给 BCM 的 C23 脚升挡、C24 脚降挡信号实际上最终是给了 BCM 内部 MCU 的同一 D 端口, MCU 根据 D 端口信号电压值不同来区分、判断开关的升挡、降挡需求。因左侧门开关通过左侧门车窗玻璃升降开关内部连接驾驶侧右侧门开关的 E 线(如图 2 所示)与 BCM 内部的电阻 R17 和 R18 串联影响了 D 点的电压,从而导致工作异常。驾驶侧右侧门开关工作时的故障原因与此完全相同。原因查出后立即通知供应商进行改进。

实际上,出现此故障的根本原因主要是:①产品开发前未仔细核实左侧门车窗玻璃升降开关的原始图纸。②与供应商技术部沟通不到位。③第 1 版 BCM 试制验证时故障未暴露。常规车型 BCM 配的左侧门车窗升降器开关是同右侧门开关完全一样的 2 个独立开关^[10]。最初供方也不知道本车型的左侧门车窗升降器开关是一个组合开关,大家均误认为图

2 中的 E 线部分是在开关外部的可将左侧门开关和驾驶侧右侧门开关相连接的导线(有故障时可将此线断开并进行分析处理),而实际上该开关是个组合开关,E 线在该开关内部已将左侧门开关和驾驶侧右侧门开关相连接,导致电路经开关 E 线与 BCM 内部电路串电,使装第 2 版 BCM 的产品时出现了故障,且 E 线是印刷在该组合开关内部的 PCB 板上,故不便处理。

3 第 3 版 BCM 车窗玻璃升降器工作情况分析

根据第 2 版 BCM 故障查出的原因,修改 BCM 电气控制原理,让左侧门开关的升挡、降挡信号分别独立接到 BCM 内部 MCU 的 2 个不同的端口,以消除开关的串电影响^[11]。BCM 内部驾驶侧右侧门开关和右侧门车窗玻璃升降开关的控制原理也作同样更改。将整改后的第 3 版 BCM 内部升降开关接口局部电路原理图绘制到整车电路图中后如图 3 所示。

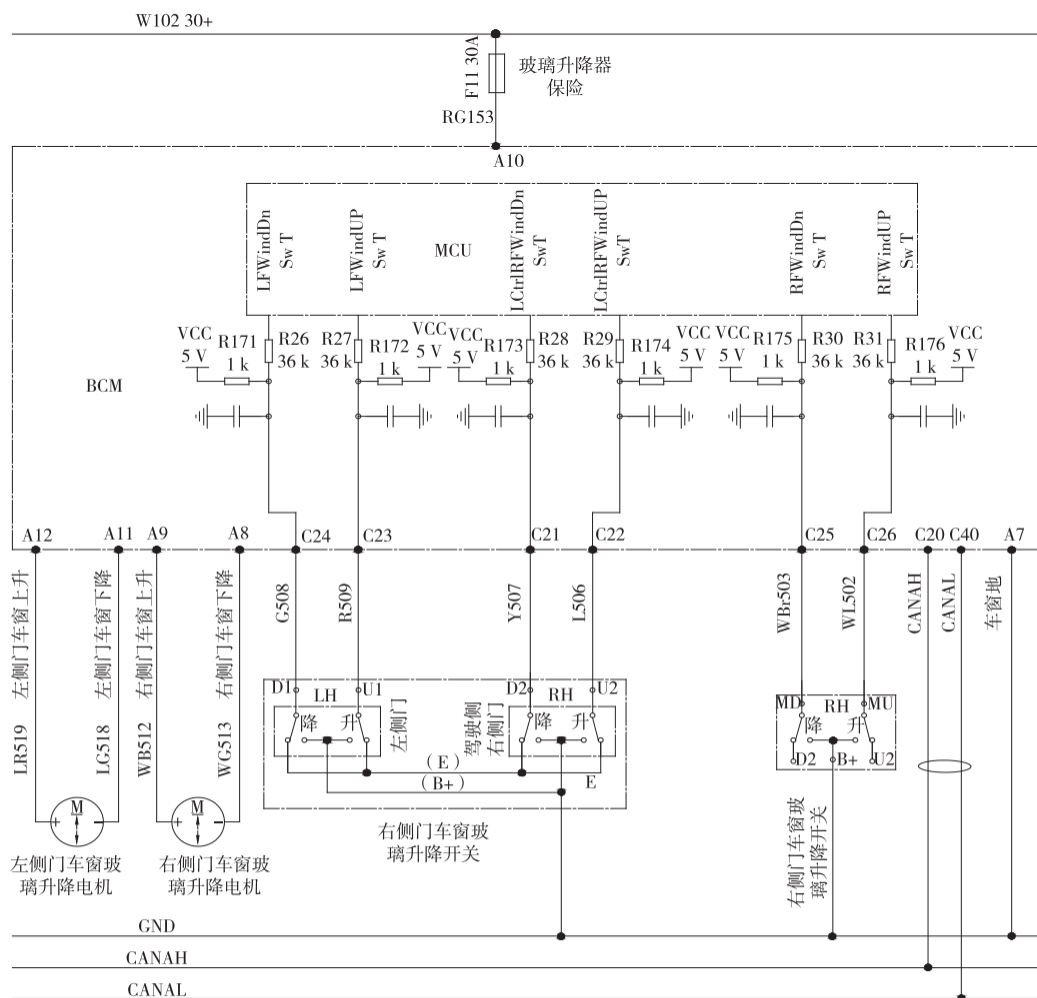


图 3 第 3 版 BCM 中电动车窗开关部分电气原理图

第 3 版 BCM 样件寄来后,经装车试验验证,各项功能终于正常。分析如下:

规定 U_d 为车窗玻璃升降开关接通降挡时 MCU 处降端口检测到的电压(如图 3 中 C24/C21/C25 脚中相关脚电压)、 U_u 为车窗玻璃升降开关接通升挡时 MCU 处升端口检测到的电压(如图 3 中 C23/C22/C26 脚中相关脚电压)。

左侧门开关接通降挡时: $U_d = U_{C24} = 0 \text{ V}$, 此时 $U_{C23} = U_{C21} = U_{C22} = 5 \text{ V}$ 。

左侧门开关接通升挡时: $U_u = U_{C23} = 0 \text{ V}$, 此时 $U_{C24} = U_{C21} = U_{C22} = 5 \text{ V}$ 。

该版各开关升挡、降挡信号分别通过独立管脚给 MCU 提供信号,输入信号均为低有效,此版设计的电压阈值为: $0 \text{ V} \leq U_u \leq 0.7 \text{ V}$ 、 $0 \text{ V} \leq U_d \leq 0.7 \text{ V}$ 。厂家根据此版硬件电路对 MCU 软件程序进行了适当的修改。

4 结束语

本文分析了 3 种版本 BCM 出现问题的根本原因,主要是产品开发前未仔细核实左侧门车窗玻璃升降开关的原始图纸,且与供应商技术部沟通不到位。故应高度重视汽车电气产品开发过程中出现的异常现象,与供应商技术部门仔细沟通所有细节,尽量不要简化电气部件原理,若需简化,不可忽略有疑问的部分。成熟电气部件在不同车型未必通用,一定要经

过试制试验、小批量生产验证后再批量生产。

参考文献:

- [1] 李越,孟胥里. 汽车车身控制器输出电路的设计与分析[J]. 汽车实用技术,2021,46(18):92-94.
- [2] 李仁明. 某电动汽车开发电路串电分析、改进[J]. 汽车电器,2022(9):88-91.
- [3] 刘子叶. 浅谈基尔霍夫第一定律的理解及应用[J]. 黑龙江科技信息,2017(7):13.
- [4] 黎嘉明,张林. 差分放大电路输入电阻的合理计算[J]. 电气电子教学学报,2011,33(3):45-47.
- [5] 杨本涛,刘鹏,杨崔荣,等. 集成运放电路虚短、虚断与实短、实断之关系比较研究[J]. 电子世界,2015(13):146-148.
- [6] 田社平. 也谈理想运放的“虚短虚断”概念[J]. 电气电子教学学报,2018,40(3):90-93.
- [7] 中国机械工业联合会. 汽车用薄壁绝缘低压电线:QC/T 730—2005[S]. 北京:中国计划出版社,2005:4.
- [8] 中国汽车工业协会. 汽车低压电线束技术条件:QC/T 29106—2004[S]. 北京:中国计划出版社,2004:8.
- [9] 薛勇. 汽车车身控制器输入电路的设计与分析[J]. 时代汽车,2022(21):120-122.
- [10] 李仁明. 汽车电动车窗控制电路浅谈[J]. 汽车电器,2019(2):39-42.
- [11] 郑小帆,梁志刚,程来炯. 基于 MC9S12G128 的 CAN 总线汽车组合开关的电子设计[J]. 黄山学院学报,2021,23(3):35-38.

◆ 广告目次

招商局检测车辆技术研究院有限公司	(封面)	太原泰立机电新技术有限公司	(前插三)
厦门金龙旅行车有限公司	(封二)	中车时代电动汽车股份有限公司	(前插四)
《客车技术与研究》理事会名录	(封三)	成都客车股份有限公司	(后插一)
期刊信息	(封底)	北京福田欧辉新能源汽车有限公司	(后插二)
奇瑞万达贵州客车股份有限公司	(前插一)	公益广告	(后插三)
厦门金龙联合汽车工业有限公司	(前插二)	中通客车股份有限公司	(后插四)