

团体标准

T/SHJX063-2024

氢燃料电池公交客车维护技术要求

Technical requirements for maintenance of hydrogen fuel-cell bus

2024-03-18 发布

2024-03-18 实施

上海市交通运输行业协会 发布

目 次

前 言	III
氢燃料电池公交客车维护技术要求	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 维护总体要求	3
5 维护作业项目	5
6 维护作业技术要求	5
附录 A（规范性） 氢燃料电池公交客车维护安全基本要求	12
附录 B（规范性） 氢燃料电池公交客车维修作业安全要求	14
附录 C（规范性） 氢气浓度传感器的维护技术要求	17
附录 D（资料性） 燃料电池系统的绝缘检测	18

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海市交通运输行业协会提出并组织实施，本文件由上海市交通运输行业协会归口。

本文件主要起草单位：上海申沃客车有限公司、上海奉贤巴士公共交通有限公司、上海临港新片区公共交通有限公司、上海市交通运输行业协会公交分会。

本文件主要起草人：顾福中、李少峰、朱杰、伍伟朝、赵雄辉、瞿承伟、何家银、沈丹、路伟、张鸣山

氢燃料电池公交客车维护技术要求

1 范围

本文件规定了氢燃料电池公交客车维护的分级、周期、项目、作业要点、作业方式和相关技术要求。

本文件适用于上海市内氢燃料电池公交客车的维护作业要求和检验要求。

本文件适用于符合上海市DB31/T 306生产的氢燃料电池公交客车，车载氢系统的额定工作压力不大于35 MPa。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 4962 氢气使用安全技术规程

GB/T 5624 汽车维修术语

GB/T 19596 电动汽车术语

GB/T 20042.2-2023 质子交换膜燃料电池 第2部分：电池堆通用技术条件

GB/T 24548 燃料电池电动汽车 术语

GB/T 26990 燃料电池电动汽车 车载氢系统 技术条件

GB/T 29124-2012 氢燃料电池电动汽车示范运行配套设施规范

GB/T 29729 氢系统安全的基本要求

GB/T 35544 车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶

GB 38900 机动车安全技术检验项目和方法

JJG 693 可燃气体检测报警器

DB31/T 306 公交客车运行技术要求

DB31/T 1362 纯电动公交客车维护技术要求

IEC 61508（所有部分） 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全（Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems）

3 术语和定义

GB/T 5624、GB/T 19596、GB/T 24548、DB31/T 306界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

清洁 clean

采用相应的人力或除尘设备、设施清除相关零部件表面积尘、泥垢等杂物，使其保持整洁的作业。

3.2

检查 inspect

主要凭感官或使用简单的检查工具，观察和判别总成、零部件技术状况的作业。

3.3

检测 detection

利用车载仪表或专用仪器、设备,确定车辆或特定总成系统技术状况或工作能力的检查和测量作业。

[来源: GB/T 5624-2019, 2.2, 有修改]

3.4

更换 change

按维护周期要求,强制调换同类型全新件的作业。

3.5

检换 check and replace

按技术要求进行检查、调整、紧固,对不符合要求的总成或部件予以调换的作业。

3.6

紧固 tighten

使用各类工具,对指定总成或部件的连接紧固件,按技术要求规定的拧紧力矩进行校紧的作业。

3.7

诊断 diagnosis

使用车辆/部件故障诊断仪(专业工具),检查各传感器信号及系统工作状态、读取车辆故障码等的作业。

3.8

检视 examine

在车辆完成维护后,检验人员主要凭感官或使用简单的工具,对所完工的车辆、总成及零部件的技术状况所实施的检查,使其符合维护技术规范的作业。

[来源: GB/T 5624-2019, 6.3.4, 有修改]

3.9

燃料放空 defuel

将压力容器或其他管路内的燃料排空的过程。

[来源: GB/T 24548-2009, 3.1.8]

3.10

吹扫 purge

借助外部条件把燃料电池电堆及管路进行排空的过程。

[来源: GB/T 24548-2009, 3.1.9]

3.11

加注 refueling

通过氢气加注口连接加氢装置,在安全工作范围内的最高加注压力(通常为额定加注压力的1.25倍)下,向车载储氢系统补充氢气。

3.12

气体泄漏 gas leakage

除正常排气、放空外,供气系统和燃料电池系统中出现的气体外泄现象。

[来源: GB/T 24548-2009, 3.5.1.1]

3.13

润滑 lubrication

对零部件按规定加注润滑油或润滑脂的作业。

3.14

走合维护 *running-in maintenance*

车辆在走合期满实施，以清洁、检查、紧固、更换、检测为主，清除整车零部件（包括燃料电池、高压动力及辅助系统设备）上的灰尘和油污，检查燃料电池、整车各高压动力、辅助系统设备及高低压线束和接插件的状况，检查、紧固整车各总成及零部件的连接螺母，更换转向、空压机润滑油等的维护作业。

[来源：GB/T 5624-2019，6.1.5.6，有修改]

3.15

一级维护 *elementary maintenance*

除日常维护作业外，以清洁、检查、紧固、检测、润滑为作业中心内容，并检查有关制动、操纵等系统中的安全部件，清除整车零部件（包括燃料电池、高压动力及辅助系统设备）上的灰尘和油污，检查燃料电池、整车各高压动力、辅助系统设备及高低压线束和接插件的状况等的维护作业。

[来源：GB/T 5624-2019，6.1.5.3，有修改]

3.16

二级维护 *complete maintenance*

除一级维护作业外，以清洁、检查、紧固、检测、润滑、检换、更换为主的作业内容，检查、调整制动系、转向操纵系、悬架等安全部件，并拆检轮胎，进行轮胎换位，检查、紧固燃料电池、各高压动力系统和辅助系统设备的高低压线束和接插件，检查调整动力系统工作状况等的维护作业。

[来源：GB/T 5624-2019，6.1.5.4，有修改]

3.17

附加维护 *additional maintenance*

对维护周期超过12个月的主要总成或系统（包括：燃料电池、驱动电机、驱动桥、冷却系统等）进行的维护作业。

3.18

竣工检验 *completed inspection*

在维修后，对车辆所作业项目及其附加作业的质量进行检测评定的工作，包括试车。

[来源：GB/T 5624-2019，6.3.3，有修改]

4 维护总体要求

4.1 维护原则

安全为重、预防为主、周期维护、定期检测、视情修理。

4.2 维护分级

车辆维护按作业级别分为：走合维护、一级维护、二级维护、附加维护等。

4.3 维护周期

4.3.1 公交企业自行选择里程或时间作为参照标准，但二级维护每年不少于2次。

4.3.2 维护周期间隔里程偏差应在±10%之内，间隔时间不应超过规定的天数，维护周期应满足间隔里程或间隔时间先到为准的要求。

4.3.3 各级维护的质量保证期限：走合维护、一级维护质保期为不小于7天，二级维护、功能维护质保期为不小于15天。

4.3.4 各级维护周期见表1。

表 1 维护周期

维护分级	间隔里程	间隔时间
走合维护	5,000 km	30天
一级维护	7,500 km	45天
二级维护	30,000 km	180天
附加维护	按6.4的规定结合各级维护执行	
注：走合维护为新车出厂后的首次维护。		

4.4 维护作业要点

4.4.1 除走合维护外，各级维护在执行前应对整车进行清洁。注意禁止使用高压水流清洁燃料电池及高压电气部件。

4.4.2 在执行各级维护中，高一级维护作业包含低一级维护的作业和技术要求。

4.5 维护安全要求

4.5.1 氢燃料电池公交客车的维护作业应在专用维保场地（车间）内进行，维护作业场所安全的基本要求应符合附录 A 的规定。涉氢相关维修作业安全要求应符合附录 B 的规定。

4.5.2 车载氢系统发生泄漏等故障的汽车，必须排除故障或将氢系统内的压力排至不大于 0.05 MPa 才能进入停车场所和维修车间。

4.5.3 车辆进入维保车间前，应满足以下要求。

- 检查车载氢系统及安全装置，确保其工作正常，无故障发生。
- 对整车进行氢气泄漏检查与检测，包括：车辆仪表上显示的氢气传感器工作正常，无氢气泄漏报警，且使用氢气检漏仪检测车上涉氢部件，确认车辆无氢气泄漏故障情况。有关氢气检漏仪检测位置点及要求，应符合表 2 中的要求。
- 关闭燃料电池系统，等待燃料电池系统吹扫结束后，车辆以纯动力电池驱动模式进入维修车间。
- 确认场地内的氢泄露报警装置、火焰探测装置、强制通风和消防系统等均处于正常工作状态。

表 2 整车氢气检漏检测点及要求

检测位置点	检测合格指标	操作要求
瓶口阀、瓶口阀与气瓶间接口、瓶口阀与管路间接口	1. 检漏仪，数值 < 100 ppm； 2. 检漏液，无气泡产生。	检漏仪与被测点应零距离接触，若检测数值超过 100 ppm，则结合检漏液进行 3 分钟检测，若无气泡，则判定合格，否则不合格。
减压阀、减压阀与管路间接口		
加氢口、加氢口与管路间接口		

4.5.4 车辆进入维保车间后，应满足以下要求。

- 车间门窗等设施应处于打开状态，或者开启强制通风系统，确保车间通风畅顺。
- 车辆停稳后，关闭整车手动低压总电源开关，悬挂“严禁启动”标牌。

4.5.5 在进行氢燃料电池车辆维修时，禁止内燃机车辆、非维修人员，以及明火作业进入车间区域。

4.5.6 在执行任何维护前，须让燃料电池系统冷却下来，避免灼伤。

4.5.7 不应在停车场所和维修车间内对车辆进行加氢作业。

4.5.8 停车场所和维修车间中的安全报警系统发出危险警报时，应立即关闭氢系统、切断电源，在场工作人员按安全事故应急预案进行相关的处理。

5 维护作业项目

- 5.1 有关整车功能测试、试车与竣工的各级维护作业项目及方式，应符合 DB31/T 1362 的要求。
- 5.2 有关动力电池、电机系统、底盘、低压电气、高压电气等部分的各级维护作业项目及方式，应符合 DB31/T 1362 的要求。
- 5.3 有关燃料电池、储氢管路系统的各级维护作业项目及方式，应符合表 3 的要求。
- 5.4 附加维护中的维护周期要求见 6.4。
- 5.5 维护作业过程中，发现有工艺规范规定作业项目之外的零部件故障或故障隐患，应及时报专业人员处理。

表 3 维护作业项目及方式

编号	作业项目	走合维护	一级维护	二级维护	附加维护
1	燃料电池系统				
1.1	空压机空气滤芯	检查	检查	更换	—
1.2	去离子器滤芯	检测&更换	检测&更换	检测&更换	—
1.3	去离子冷却液（去离子水）	检测&补给	检测&补给	检测&补给	更换（2年）
1.4	散热器颗粒过滤器	清洁	清洁	清洁	—
1.5	空气、水管路	检查&紧固	检查&紧固	检查&紧固	—
1.6	燃料电池的外表	清洁	清洁	清洁	—
1.7	电导率传感器	检查	检查	检查	检查&清洁（1年）
2	车载氢系统				
2.1	气瓶	检查	检查	检查	气瓶审验（3年）
2.2	气瓶固定支架	检查&紧固	检查&紧固	检查&紧固	—
2.3	气瓶固定绑带及橡胶垫	检换	检换	检换	—
2.4	管路及卡箍	检查&紧固	检查&紧固	检查&紧固	—
2.5	管路及接头密封圈	检测&更换	检测&更换	检测&更换	—
2.6	瓶口电磁阀	检测&更换	检测&更换	检测&更换	—
2.7	加氢口	清洁&检查	清洁&检查	清洁&检查	—
2.8	加氢口单向阀阀芯及防尘盖	检测&更换	检测&更换	检测&更换	—
2.9	减压器	清洁&检查	清洁&检查	清洁&检查	—
3	控制装置				
3.1	控制器及开关、仪表	检查&诊断	检查&诊断	检查&诊断	—
3.2	控制器线束	清洁&检查	—	清洁&检换	—
3.3	氢气浓度传感器	检查	检查	检换	更换（2年）
3.4	碰撞传感器	—	—	检查	—
3.5	绝缘检测	—	—	检查	检测（1年）

6 维护作业技术要求

6.1 走合维护

- 6.1.1 氢燃料电池公交客车走合维护作业项目、作业方式和技术要求见表 4。
- 6.1.2 零部件的紧固扭矩要求，应符合生产企业规定的相关数据要求。

表 4 走合维护作业项目、作业方式和技术要求

编号	作业项目	作业方式	技术要求
1	燃料电池系统		
1.1	空压机空气滤芯	检查	a) 注意防尘处理； b) 检查空压机空气滤芯。
1.2	去离子器滤芯	检测&更换	a) 检测去离子冷却液电导率，应不超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ； b) 如电导率超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，则更换去离子器滤芯； c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标，则更换去离子冷却液。
1.3	去离子冷却液（去离子水）	检测&补给	a) 补充去离子冷却液应使用同一品牌同一型号冷却液，检测电导率不超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ； b) 如电导率超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，则更换去离子器滤芯； c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标，则更换燃料电池冷却液。
1.4	散热器颗粒过滤器	清洁	a) 清洗过滤器，无残余杂质。
1.5	空气、水管路	检查&紧固	a) 管路连接钢管及金属接头固定可靠，无渗漏，无干涉磨损。 b) 管路连接胶管无龟裂、无凹瘪，无硬化、无干涉磨损、无渗漏，固定可靠。
1.6	燃料电池的外表	清洁	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好。
1.7	电导率传感器	检查	a) 仪表中的电导率传感器数值是否正常，是否有相应故障码。
2	车载氢系统（储气装置）		
2.1	气瓶	检查	a) 气瓶检定审验有效；（审验要求3年一次，专门机构进行审验） b) 气瓶表面应无严重划伤、凹凸、裂纹等缺陷。
2.2	气瓶固定支架	检查&紧固	a) 固定支架完好、无裂纹、固定牢固，垫片完好、无损坏。
2.3	气瓶固定绑带及橡胶垫	检换	a) 气瓶固定绑带及橡胶垫完好、无裂纹、固定牢固，垫片完好、无损坏，气瓶应固定可靠，无窜动和旋转现象。
2.4	管路及卡箍	检查&紧固	a) 高压管路及接头应无擦伤及其他损伤； b) 卡箍齐全完好，安装牢固，位置正常。
2.5	管路及接头密封圈	检测&更换	a) 打开瓶阀让管路中充满氢气，用高精度氢气探测仪探测管路接头处氢气浓度，探测仪不报警（检测连接点的泄漏值应小于100 ppm）； b) 如泄漏超标值，则再采用专用的检漏液对泄漏部分进行检测，3分钟内没有连续气泡，则判定合格； c) 视情更换管路及接头密封圈（此项维护应由专业人员操作）。
2.6	瓶口电磁阀	检测&更换	a) 接线牢固、可靠，安装牢固、无松动； b) 阀门开闭性能良好； c) 使用高精度氢气探测仪探测瓶口电磁阀处氢气浓度，探测仪不应报警； d) 检测如有氢气泄漏，更换瓶口电磁阀或瓶口电磁阀密封圈（此项维护应由专业人员操作）。

表4 走合维护作业项目、作业方式和技术要求（续）

编号	作业项目	作业方式	技术要求
2.7	加氢口	清洁&检查	a) 加氢口固定牢固、清洁。 b) 加氢口工作可靠。
2.8	加氢口单向阀阀芯及防尘盖	检测&更换	a) 单向阀工作可靠无漏气现象，防尘盖可靠有效； b) 使用高精度氢气探测器探测加氢口处氢气浓度，探测器不应报警； c) 防尘盖与加氢口应紧密配合，防尘盖橡胶完好，防尘可靠、有效。
2.9	减压器	清洁&检查	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好。
3	控制装置		
3.1	控制器及开关、仪表	检查&诊断	a) 开关灵活、可靠； b) 气量显示正常，与储气瓶气压、储气量协调一致； c) 用故障诊断仪检查各传感器信号及系统工作正常。
3.2	控制器线束	清洁&检查	a) 线束连接可靠，无磨损现象； b) 线束连接正确，固定牢固、可靠； c) 电路电源连接正确。
3.3	氢气浓度传感器	检查	a) 仪表信号显示正常，无故障报警显示。

6.2 一级维护

6.2.1 氢燃料电池公交客车一级维护作业项目、作业方式和技术要求见表5。

6.2.2 零部件的紧固扭矩要求，应符合生产企业规定的相关数据要求。

表5 一级维护作业项目、作业方式和技术要求

编号	作业项目	作业方式	技术要求
1	燃料电池系统		
1.1	空压机空气滤芯	检查	a) 注意防尘处理； b) 检查空压机空气滤芯。
1.2	去离子器滤芯	检测&更换	a) 检测去离子冷却液电导率，应不超过 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ； b) 如电导率超过 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ，则更换去离子器滤芯； c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标，则更换去离子冷却液。
1.3	去离子冷却液（去离子水）	检测&补给	a) 补充去离子冷却液应使用同一品牌同一型号冷却液，检测电导率不超过 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ； b) 如电导率超过 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ，则更换去离子器滤芯； c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标，则更换去离子冷却液。
1.4	散热器颗粒过滤器	清洁	a) 清洗过滤器，无残余杂质。
1.5	空气、水管路	检查&紧固	a) 管路连接钢管及金属接头固定可靠，无渗漏，无干涉磨损。 b) 管路连接胶管无龟裂、无凹瘪，无硬化、无干涉磨损、无渗漏，固定可靠。
1.6	燃料电池的外表	清洁	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好。
1.7	电导率传感器	检查	a) 仪表中的电导率传感器数值是否正常，是否有相应故障码。

表5 一级维护作业项目、作业方式和技术要求（续）

编号	作业项目	作业方式	技术要求
2	车载氢系统（储气装置）		
2.1	气瓶	检查	a) 气瓶检定审验有效；（审验要求3年一次，专门机构进行审验） b) 气瓶表面应无严重划伤、凹凸、裂纹等缺陷。
2.2	气瓶固定支架	检查&紧固	a) 固定支架完好、无裂纹、固定牢固，垫片完好、无损坏。
2.3	气瓶固定绑带及橡胶垫	检换	a) 气瓶固定绑带及橡胶垫完好、无裂纹、固定牢固，垫片完好、无损坏，气瓶应固定可靠，无窜动和旋转现象。
2.4	管路及卡箍	检查&紧固	a) 高压管路及接头应无擦伤及其他损伤； b) 卡箍齐全完好，安装牢固，位置正常。
2.5	管路及接头密封圈	检测&更换	a) 各接头紧固良好，无漏气现象，使用氢气检测仪工具，检测气体泄漏情况（检测连接点的泄漏值应小于100 ppm）； b) 如泄漏超标值，则再采用专用的检漏液对泄漏部分进行检测，3分钟内没有连续气泡，则判定合格； c) 视情更换管路及接头密封圈（此项维护应由专业人员操作）。
2.6	瓶口电磁阀	检查&紧固	a) 接线牢固、可靠，安装牢固、无松动； b) 阀门开闭性能良好； c) 使用高精度氢气探测仪探测瓶口电磁阀处氢气浓度，探测仪不应报警； d) 检测如有氢气泄漏，更换瓶口电磁阀或瓶口电磁阀密封圈（此项维护应由专业人员操作）。
2.7	加氢口	清洁&检查	a) 加氢口固定牢固、清洁。 b) 加氢口工作可靠。
2.8	加氢口单向阀阀芯及防尘盖	检测&更换	a) 单向阀工作可靠无漏气现象，防尘盖可靠有效； b) 使用高精度氢气探测仪探测加氢口处氢气浓度，探测仪不应报警； c) 防尘盖与加氢口应紧配合，防尘盖橡胶完好，防尘可靠、有效。
2.9	减压器	清洁&检查	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好。
3	控制装置		
3.1	控制器及开关、仪表	检查&诊断	a) 开关灵活、可靠； b) 气量显示正常，与储气瓶气压、储气量协调一致； c) 用故障诊断仪检查各传感器信号及系统工作正常。
3.3	氢气浓度传感器	检查	a) 仪表信号显示正常，无故障报警显示。
注：本表中的“作业项目编号”与表2中的“作业项目编号”一致，在本表中未出现的“作业项目编号”，则说明本维护等级不需要做。			

6.3 二级维护

6.3.1 氢燃料电池公交客车二级维护作业项目、作业方式和技术要求见表6。

6.3.2 零部件的紧固扭矩要求，应符合生产企业规定的相关数据要求。

表 6 二级维护作业项目、作业方式和技术要求

编号	作业项目	作业方式	技术要求
1	燃料电池系统		
1.1	空压机空气滤芯	更换	a) 注意防尘处理; b) 检查空压机空气滤芯; c) 更换相同规格的空压机空气滤芯。
1.2	去离子器滤芯	检测&更换	a) 检测去离子冷却液电导率, 应不超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$; b) 如电导率超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 则更换去离子器滤芯; c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标, 则更换去离子冷却液。
1.3	去离子冷却液(去离子水)	检测&补给	a) 补充去离子冷却液应使用同一品牌同一型号冷却液, 检测电导率不超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$; b) 如电导率超过10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 则更换去离子器滤芯; c) 如更换去离子器滤芯后电导率仍不达标, 则更换去离子冷却液。
1.4	散热器颗粒过滤器	清洁	a) 清洗过滤器, 无残余杂质。
1.5	空气、水管路	检查&紧固	a) 管路连接钢管及金属接头固定可靠, 无渗漏, 无干涉磨损。 b) 管路连接胶管无龟裂、无凹瘪, 无硬化、无干涉磨损、无渗漏, 固定可靠。
1.6	燃料电池的外表	清洁	a) 外观清洁, 安装牢固, 无泄漏现象, 各部件性能良好。
1.7	电导率传感器	检查	a) 仪表中的电导率传感器数值是否正常, 是否有相应故障码。
2	车载氢系统(储气装置)		
2.1	气瓶	检查	a) 气瓶检定审验有效;(审验要求3年一次, 专门机构进行审验) b) 气瓶表面应无严重划伤、凹凸、裂纹等缺陷; c) 气瓶有下列情况应更换: ---瓶体或附件出现裂纹、灼伤、鼓包、渗漏或明显的凹陷、膨胀、弯曲; ---外表面明显损伤、瓶口螺纹损伤或严重锈蚀; 更换用气瓶应符合GB/T 35544的规定。
2.2	气瓶固定支架	检查&紧固	a) 固定支架完好、无裂纹、固定牢固, 垫片完好、无损坏; b) 气瓶及支架安装紧固, 安装位置符合GB/T 26990的规定。
2.3	气瓶固定绑带及橡胶垫	检换	a) 气瓶固定绑带及橡胶垫完好、无裂纹、固定牢固, 垫片完好、无损坏, 气瓶应固定可靠, 无窜动和旋转现象。
2.4	管路及卡箍	检查&紧固	a) 高压管路及接头应无擦伤、无损伤及挤压变形, 与相邻部件无碰擦现象; b) 卡箍齐全完好, 安装牢固, 位置正常。
2.5	管路及接头密封圈	检测&更换	a) 各接头紧固良好, 无漏气现象, 使用氢气检测仪工具, 检测气体泄漏情况(检测连接点的泄漏值应小于100 ppm); b) 如泄漏超标值, 则再采用专用的检漏液对泄漏部分进行检测, 3分钟内没有连续气泡, 则判定合格; c) 视情更换管路及接头密封圈(此项维护应由专业人员操作)。

表6 二级维护作业项目、作业方式和技术要求（续）

编号	作业项目	作业方式	技术要求
2.6	瓶口电磁阀	检测&更换	a) 接线牢固、可靠，安装牢固、无松动； b) 阀门开闭性能良好； c) 使用高精度氢气探测仪探测瓶口电磁阀处氢气浓度，探测仪不应报警； d) 检测如有氢气泄漏，更换瓶口电磁阀或瓶口电磁阀密封圈（此项维护应由专业人员操作）； e) 视情拆检阀门，更换密封圈。
2.7	加氢口	清洁&检查	a) 加氢口固定牢固、清洁，无油污、灰尘； b) 加氢口工作可靠。
2.8	加氢口单向阀阀芯及防尘盖	检测&更换	a) 单向阀工作可靠无漏气、无渗漏现象； b) 使用高精度氢气探测仪探测加氢口处氢气浓度，探测仪不应报警； c) 防尘盖与加氢口应紧配合，防尘盖橡胶完好，防尘可靠、有效。
2.9	减压器	清洁&检查	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好。
3	控制装置		
3.1	控制器及开关、仪表	检查&诊断	a) 开关灵活、可靠； b) 气量显示正常，与储气瓶气压、储气量协调一致； c) 用故障诊断仪检查各传感器信号及系统工作正常。
3.2	控制器线束	清洁&检换	a) 线束连接正确，固定牢固、可靠，无磨损现象； b) 电路电源连接正确； c) 视情更换线束或接头。
3.3	氢气浓度传感器	检换	a) 仪表信号显示正常，无故障报警显示； b) 传感器外壳完好，进气口目视无堵塞，更多关于氢氧浓度传感器的校准，参考附录C。
3.4	碰撞传感器	检查	a) 通过仪表检查，无故障码。
3.5	绝缘检测	检查	a) 通过仪表检查整车绝缘值，无绝缘报警。

6.4 附加维护

6.4.1 氢燃料电池公交客车附加维护作业项目、作业方式和技术要求见表7。

6.4.2 零部件的紧固扭矩要求，应符合生产企业规定的相关数据要求。

表7 附加维护作业项目、作业方式和技术要求

编号	作业项目	作业周期	作业方式	技术要求
1.3	去离子冷却液	2年	更换	a) 更换或补充冷却液时注意各开放接口的防尘处理以及更换或补充冷却液设备的清洁度（要求最大颗粒直径 ≤ 0.4 mm），避免异物或灰尘进入系统内部； b) 去离子冷却液应使用经制造商确认过的品牌型号。

表7 附加维护作业项目、作业方式和技术要求（续）

编号	作业项目	作业周期	作业方式	技术要求
1.7	电导率传感器	1年	检查&清洁	a) 仪表中的电导率传感器数值是否正常，是否有相应故障码； b) 先手动擦除探头可见的表面极化物，然后置于纯水中通电，待电导率稳定后继续等待5-10分钟即可。
2.1	气瓶	3年	审验	a) 由专门机构进行审验； b) 更换用气瓶应符合GB/T 35544的规定。
3.2	氢气浓度传感器	2年	更换	a) 更换氢气浓度传感器； b) 传感器外壳完好，进气口目视无堵塞。
3.5	绝缘检测	1年	检测	a) 整车绝缘检测； b) 燃料电池系统绝缘检测见附录D。
<p>注1：本表中的“作业项目编号”与表2中的“作业项目编号”一致，在本表中未出现的“作业项目编号”，则说明本维护等级不需要做。</p> <p>注2：目前经制造商确认过的冷却液，有巴斯夫 G20 和张家港迪克 FC-35 或 FC-40，如需使用其他品牌冷却液，应将样品给供应商进行确认。</p>				

6.5 竣工检验

6.5.1 氢燃料电池公交客车竣工检验作业项目、作业方式和技术要求，应符合 DB31/T 1362 中竣工检验的要求。有关机动车安全技术检验应符合 GB 38900 的要求。

6.5.2 氢燃料电池公交客车涉氢部分的竣工检验作业项目、作业方式和技术要求，还应符合表8中的要求。

表8 竣工检验项目、检验方法和技术要求

编号	作业项目	检验方法	技术要求
1	静态检验		
1.1	气瓶及固定支架	检视	a) 气瓶检定审验有效；（审验要求3年一次，专门机构进行审验） b) 气瓶及支架安装紧固，安装位置符合GB/T 26990的规定； c) 气瓶体或附件无出现裂纹、灼伤、鼓包、渗漏或明显的凹陷、膨胀、弯曲的情况； d) 气瓶外表面无明显损伤、瓶口螺纹损伤或严重锈蚀的情况。 e) 更换用气瓶应符合GB/T 35544的规定；
1.2	瓶口电磁阀	检视	a) 阀门紧固处无松动、无泄漏。
1.3	加氢口、减压器	检视	a) 外观清洁，安装牢固，无泄漏现象，各部件性能良好； b) 加氢口单向阀工作可靠、无渗漏。
1.4	线束	检视	a) 线束连接可靠，无磨损现象。
2	上电检验		
2.1	CAN 仪表	检视	a) 气量显示正常，与储气瓶气压、储气量协调一致； b) 燃电系统启动后，冷却液电导率能够下降并且稳定在10 $\mu\text{s/cm}$ 以内。
3	动态检验		
3.1	氢气浓度传感器	检视	a) 信号显示正常，无故障报警显示。

附 录 A
(规范性)
氢燃料电池公交客车维护安全基本要求

A.1 维修作业场所安全基本要求

- A.1.1 维修作业场所必须符合安全规定并能满足燃料电池系统所需的安全要求。氢燃料电池车辆检修与一般维护场地应设置防火墙，且具备防爆功能。防火墙等设施要满足当地的防火管理部门要求。
- A.1.2 维修作业场所内需要铺设能释放静电的环氧地坪，同时配备静电释放桩。
- A.1.3 维修作业场所应醒目标记氢燃料电池公交客车专用维护车位及明示防火、防静电标志。
- A.1.4 维修作业场所应配置通风设备保持通风良好，车库顶部不应有可能形成气体积聚的死角并配置氢气浓度检测报警设备及火焰探测器。
- A.1.5 维修作业场所应采用防爆灯具和防爆开关。
- A.1.6 维修作业场所应远离火源，作业区域（包括氢燃料电池公交客车内）禁止吸烟。
- A.1.7 维修作业场所应配置随时可用的功能良好的二氧化碳灭火器或水基型灭火器。
- A.1.8 维修作业场所应保持通道畅通，消除可能导致绊倒、滑倒或跌落的安全隐患。
- A.1.9 禁止特殊气候下（雷雨、台风等灾害性气候）的露天维护作业。

A.2 维修作业人员安全

- A.2.1 维修人员必须经过整车制造企业或具有培训资质的社会培训机构的氢能系统的维修专业培训并取得培训合格证，做到持证（合格证）上岗。维修人员须进行每年定期的再教育培训，确保相关安全技能的更新。
- A.2.2 维修人员不得留长发，在从事维护作业前必须移除可能导致短路的所有首饰、手表、戒指和衣服上的金属等物体。
- A.2.3 维修人员着装、防护标准要求，参考 GB/T 29729 和 GB 4962，应穿着防静电的全棉制品工作服，在从事维护作业前应穿戴绝缘手套、防护鞋和护目镜等劳动保护用品。
- A.2.4 维修人员至少两个人必须同在维护作业现场，以便在紧急情况下其中一人充当救助者。
- A.2.5 维修人员作业前，应准备好完成维护作业所需的正确工具和设备并确认这些工具和设备的完好。
- A.2.6 维修人员在对氢能冷却系统维护时，专用冷却液如果与眼睛接触，用水冲洗至少 15 分钟，立即就医；如果与皮肤接触，立即用肥皂和水清洗；如果与被污染的衣服接触，立即脱去污染的衣物。

A.3 汽车的停放与存放

- A.3.1 日常停放：车辆应停放在专门为其设计的停车场所内或指定地点，并应符合 GB/T 29124 — 2012 第 7 章的相关规定。
- A.3.2 临时停放：车辆应将汽车停靠在不影响其他车辆行驶的场所，应远离火源、热源、高压线、易燃、易爆物等危险物品，并设置停车警告标志。
- A.3.3 长期存放：停驶存放的汽车，应关闭电源主开关，车上**氢燃料**储存压力应释放至厂商规定的最低值。应由专业人员定期对车辆进行检查、维护，检测结果应详细记录并存档。车辆在重新使用前按照制造商提供的活化方法对燃料电池堆进行活化。

A.4 燃料电池安全措施

由于燃料电池堆中有燃料和其他已经储备能量的储能物质(例如:易燃物质、加压介质、电能、机械能等),燃料电池堆制造商应对所有合理的可预见的危险进行评估,在实际可行的条件下,应按照以下顺序为燃料电池堆采取相应安全措施:

- a) 在这些能量尚未释放时,首先消除燃料电池堆外部的隐患;
- b) 对这些能量进行被动控制(如采用泄压阀、隔热构件等),确保能量释放时不危及周围环境;
- c) 对这些能量进行主动控制(如通过燃料电池中的电控装置)。在这种情况下,由控制装置故障引发的危险应逐一加以考虑,对功能安全的评价应符合 IEC 61508(所有部分)的规定。另一方面,可将危险告知燃料电池系统集成制造商。提供适当的、与残存危险有关的安全标记。

附 录 B
(规范性)
氢燃料电池公交客车维修作业安全要求

B.1 涉氢系统维修作业

B.1.1 氢燃料电池公交客车的检修工作，应安排在符合安全防护要求的专用维保场地（车间）内进行，有关车辆维保场地的安全要求，应符合附录 A 中的要求。车辆在进入维修车间前，须首先开启室内的氢安全报警系统。

B.1.2 在对氢系统的管道、阀门、接头等进行氢气泄漏检查时，应采用规定的仪器和方法进行。氢气泄漏检测设备应定期检定，周期不大于 1 年，设备的检定应符合 JJG 693 中的要求。

B.1.3 在进行汽车检修前，应符合以下要求：

- 应进行氢燃料电池公交客车储氢系统专用装置的密封性检查，如有泄漏应先排除故障，在确认系统密封良好后再进行维护作业；
- 对氢燃料电池车辆进行接地，并在维修工作中一直保持接地状态，防止产生静电。

B.1.4 在维修作业中，应先进行涉及氢气使用的检查、维护等作业，然后关闭气瓶截止阀并使管路内的氢气排尽，再进行其他项目的维护。

B.1.5 当车辆需要进行焊割等有明火的作业时，应符合以下要求：

- 应拆掉蓄电池及重要总成的电控元件；
- 应安全拆卸气瓶并放入专业库房妥善保管；或在符合安全防护要求的专用场地，由专业人员对储氢系统氢气进行泄压将氢气供气系统卸压，用氮气将气瓶及管路内残留氢气置换干净，严禁带压作业，保证供气系统内无氢气；
- 应保证动火区域的氢气体积分数在安全范围以内，周围氢浓度低于 0.5%；
- 动火作业应有专人监护，作业前应清除动火现场及周围的易燃物，或采取其他有效安全防护措施，并配备消防器材，满足作业现场应急需求；
- 检修或检验设施应完好可靠，个人防护用品应穿戴符合要求；
- 动火检修应选用铜质工具。

B.1.6 如需在气瓶附近打磨或切割时，应先将其拆掉或有效隔离。应由具备认可资质的单位、人员从事气瓶维护与检测，严禁在气瓶上进行挖补、焊割等作业。

B.1.7 新安装或大修后的氢气系统必须做耐压、吹扫和气密试验，经检验并符合有关的要求，才能投入使用。

B.1.8 不应在氢气系统运行时检修车辆，也不允许对运行中的氢气系统进行敲击、紧固和带压修理。

B.1.9 如发生漏气，应立即关闭电源和气瓶截止阀，然后在专用场地进行处理。如果高压管路破裂或脱落导致气体大量泄漏而无法关闭气瓶截止阀时，应立即隔离气源、待氢气散尽再作处理。

B.1.10 如发生火情，应立即关闭电源和气瓶截止阀，并隔离现场，立即采取有效的灭火和救援措施。

B.1.11 电气设备（例如正在移动升降的起重机）在车辆上方的危险区域操作时，必须事先检测车辆是否存在氢气泄漏。

B.1.12 车间内的报警系统如被触发（氢气发生泄漏或积聚时），作业人员须立即停止相关工作，并关闭气源，不得进行可能发生火花的一切操作，立即离开车间，待排除隐患后才能继续工作。

B.2 涉高压电气维修作业

B.2.1 个人安全防护要求，应符合以下要求：

- 维修人员必须佩戴必要的安全防护用品，如：绝缘手套（需准备防高压电工手套以及防电池电解液酸碱两种手套）、绝缘胶鞋、绝缘胶垫和防护眼镜等，其耐压等级必须大于需要测量的最高电压的 1.5 倍，且不得穿戴金属饰品；
- 使用前必须检查绝缘手套是否有破损、破洞或裂纹等，应完好无损；绝缘胶鞋等防护用品，不能带水进行操作，保证内外表面洁净、干燥，确保安全；
- 维修车辆高压电气时，必须设置安全监护人一名，安全监护人工作职责为监督维修的全过程；
- 严禁未经培训的人员进行高压部分检修，禁止一切带有侥幸心理的危险操作，避免发生安全事故；
- 在检修有电解液泄露的动力电池包时（应有专业人员进行），需佩戴防护眼镜，以防止电解液溅入眼中；
- 不能随意用手指触摸高压设备及线束插接件里的带电部分以免触电；

B.2.2 安全维修操作规范，应符合以下要求：

- 在维修车辆高压电气前请采用安全隔离措施（使用警戒栏或者划分专用维修位等进行隔离），并树立高压警示牌，以警示相关人员，避免发生安全事故；
- 检修高压系统时，点火开关必须处于 OFF 档（车辆处于非充电状态），断开手动低压总电源开关（如有），随后拔下高压手动维修开关（MSD，如配置有或者断开动力电池正、负极总线）；紧急维修开关按下后，由安全监护人员监管，并确保在整个维修过程中，在不允许通电的情况下，严防有人违规将其开启；
- 在断开高压维修开关 5 分钟后，检修高压系统前应使用万用表测量整车高压回路，确保无电。装置断开连接并防止重新连接都完成以后，电气装置零件可能仍带有电荷，例如电容和电缆，应利用适当装置放电；
- 维修过程中，在车辆显眼处应张贴相应警示标识；
- 维修工作完毕之后，在车辆上电前，注意确认是否还有人员在进行高压维修操作，避免发生危险；并在安全监护人确认安全的前提下，由维修人员恢复高压电源；
- 涉及任何高压元器件接插件的连接，必须恢复到断开前的正常状态。

B.3 涉放氢气作业

B.3.1 放气操作人员应经过培训、考试合格后上岗操作。

B.3.2 应在专门划定的氢气放散作业工位（空旷露天）操作，放气现场安全区域 30 米内禁止使用明火作业。

B.3.3 放气现场安全区域内禁止携带手机、打火机、非防爆对讲机、火柴等火源火种和易产生静电的物品入内。

B.3.4 放气作业区域，仅用于放气作业，其他作业活动严禁在此区域内进行。

B.3.5 雷雨天气禁止放气作业。

B.3.6 操作人员在放氢气作业前，应符合以下要求：

- 应设置警示标示或隔离带（在排空作业区周边设置不少于 12 m 的警戒区域，禁止其它车辆与非维修人员进入），要触摸静电释放器，将身体静电导除；
- 放气现场严禁穿易产生静电的服装及带铁钉的鞋进入；
- 放气现场安全区域内使用的工具应为防爆工具。

B.3.7 放气作业前的车辆状态，应符合以下要求：

- 应关闭车辆电源，拔下启动钥匙专人保管，除非作业项目有车辆上电要求；
- 应关闭向电堆供氢的管路；
- 被维护车辆必须接地，防止产生静电；
- 必须使用万用表连接电堆正负极输出端，确定燃料电池系统处于非放电状态后（确保电压低于

36 V) 才能进行后续相关的维护作业操作。

B.3.8 放气过程中，应符合以下要求：

- 应关闭车辆的电源及门窗，同时打开车厢内顶部所有天窗；
- 放气过程中，除指定的放气操作人员外，其他人员一律不得入内；
- 被维护车辆各设备应冷却至常温状态；
- 严禁用手检查有无压力泄漏；
- 严禁任何焊接作业。

B.3.9 车辆放完氢气后，需对车辆四周、舱体和车厢内部进行检测，确保无余气后，方可驶离。

B.3.10 车载氢系统排空作业，需大面积拆卸氢系统管道前，应对氢系统进行氮气置换。

B.4 登高（车顶）作业安全

B.4.1 氢燃料电池公交客车的电堆冷却系统以及储氢瓶安装在车顶，应符合以下登高(车顶)作业安全要求。

B.4.2 氢燃料电池公交客车应建有车顶维护作业平台设施；凡不具备车顶作业平台的维护场所，应配置电动或液压顶升装置；对应急使用移动梯子登车顶的须有专人稳固护持梯子（梯在配合人员在），确保登高维护人员登梯安全。

B.4.3 凡患有高血压、心脏病、癫痫症、恐高症及其他不适应登车顶作业的维护人员，一律不准从事登高维修作业。

B.4.4 登高维修人员，不准穿硬底鞋，一律佩戴安全帽、使用安全带。且安全带应高挂低用，即将安全带绳端的钩子挂在高的地方，而人在较低处进行作业。

B.4.5 维修作业人员不准从车顶往地面抛掷物件，也不准从地面往车顶抛递物件，需要时应使用绳索、吊篮等传递物件。

B.4.6 维修人员登高作业时，车辆四周地面须用路障胶带保持 1 米以上封闭的、畅通的通道。

附 录 C

(规范性)

氢气浓度传感器的维护技术要求

C.1 基本要求

C.1.1 氢气浓度传感器感应气体浓度是基于气体扩散并通过传感器的进气口，所以需定期检查进气口是否堵塞，避免影响气体进入感应头腔内。维护时对传感器进气口进行检查，以保证进气口的通顺，如果发现传感器外壳损坏或进气口堵塞需进行更换。进气口堵塞检查，建议进气口用灯光照射（亮）后目视检查。

C.1.2 氢气浓度传感器连接在燃料电池/氢系统的控制器上，当传感器内部硬件（包括连接线束）出现问题，控制器会在 CAN 总线上传输“氢气浓度传感器故障”报警信息，仪表会显示具体哪个氢气浓度传感器故障，对氢气浓度传感器内部硬件和连接线束是否损坏不用做维护检查，或可归为维护技术要求中，相应的“a) 信号显示正常，无故障报警显示”。

C.1.3 氢气浓度传感器的校准需要专业的设备和操作员。这个操作建议由燃料电池/氢系统厂家技术人员进行，间隔时间 180 天。

C.2 氢气浓度传感器的校准

C.2.1 作业目的为检查氢气浓度传感器是否正确，以及校准数值。

C.2.2 这项工作必须由接受过专业培训的人员完成。

C.2.3 应定期检查和更换氢气浓度传感器作为预防性维修。

C.2.4 用于维修校准氢气浓度传感器的主要设备和工具如下：

- 2%氢气（98%空气）校准用试验气体混合物（氢气校准用试验气瓶）。校准用气必须包含多余气体（含氧气成分）才能让氢气传感器正常工作。含有氮气或其他气体的校准用气不适合用于校准；
- 带有流量控制功能的调压器，用于调节校验气瓶的压力。可容至少相当于 0.5SLPM 气体流过的调压器应足以使用；
- 安装有上位机软件的计算机和 CAN 卡，用于读取氢气浓度数值；
- 氢气校准用气的试验喷嘴。

C.2.5 校准步骤，应符合以下要求：

- 锁定车辆以预防有人在校核时启动或驾驶车辆；
- 将计算机通过 CAN 卡连接到燃料电池/氢系统的 CAN 总线上；
- 将试验喷嘴对准并盖住氢气浓度传感器的进气口；
- 将调压器连接至 2%氢气校准用试验气瓶。此时供给阀是关闭的；
- 打开计算机和上位机软件，观察上位机软件内传感器的读数，该读数波动应在 $0 \pm 0.2\%$ 的范围内。如果氢气传感器读数波动超出此范围，则检查氢气传感器的线路是否正确等，以排除故障；
- 打开校准用气的供给阀，保持校准用气进入氢气传感器进气口 10-30 秒，直到传感器的读数趋于稳定。在读数稳定后需尽快关闭供给阀以节约用气；
- 传感器读数应该在 20 000 ppm 左右。如果传感器读数超出阈值范围，则此传感器精度有问题，需进行更换；
- 记录传感器的序列号、读数、日期和工作小时数。

附录 D
(资料性)
燃料电池系统的绝缘检测

D.1 燃料电池系统绝缘检测

D.1.1 燃料电池系统绝缘，主要涉及电堆、BOP（燃料电池辅件）及电堆冷却路的绝缘。

D.1.2 当前燃料电池系统，一般在电堆和后端电压直流变换器（DCF）之间存在继电器，如图 D.1 所示。

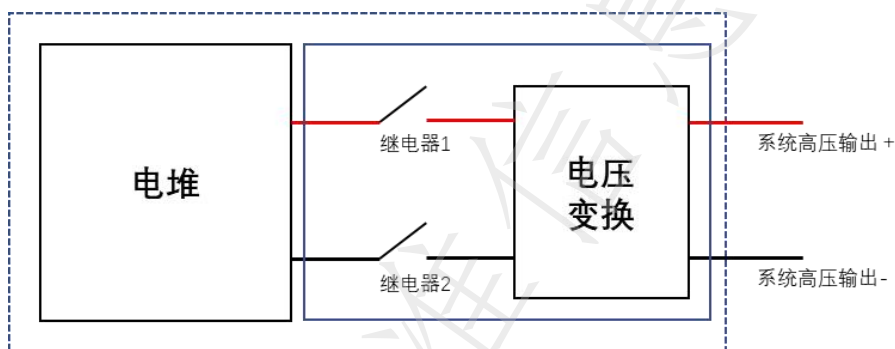


图 D.1

D.1.3 通过外部绝缘表测试整车高压平台对车身电位，无法检测出 FCS 系统内绝缘状态。

D.1.4 整车绝缘测试时，如需确保电堆及其冷却路回路的绝缘能够被有效测试到。在保养时可启动车辆，通过车载在线绝缘检测仪，记录整车绝缘值。

D.1.5 燃料电池系统绝缘检测，应符合 GB/T 20042.2-2023 中 5.3.3 干态绝缘电阻试验方法。

D.2 冷却液电导率对燃料电池系统绝缘的影响因素

D.2.1 燃料电池系统的绝缘值和其电堆冷却路（见图 D.2）的管路状态及冷却液的电导率关系较大。

D.2.2 前期测试过程中发现，当常温电导率高于 $5 \mu\text{s}/\text{cm}$ 后，后续会呈现指数级上升。在车辆或系统保养时，如遇到常温电导率高于 $5 \mu\text{s}/\text{cm}$ ，建议判断一下车辆静态放置时间是否超过 1 个月或检查一下去离子器周期，启动车辆运行 20 min，如电导率不能有效降低，建议更换去离子器。

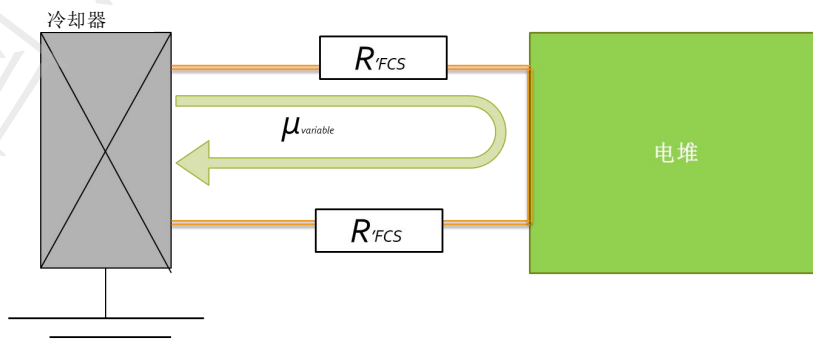


图 D.2

D.2.3 如遇到绝缘较低情况，通过断开燃料电池系统到整车的接插件，测试两端的绝缘电阻，如判断为燃料电池绝缘故障，需联系燃料电池系统售后工程师进行诊断/维修。

参考文献

- [1] GB 4785 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定
 - [2] GB 7258 机动车运行安全技术条件
 - [3] GB/T 18344 汽车维护、检测、诊断技术规范
 - [4] GB/T 24549 燃料电池电动汽车 安全要求
 - [5] GB/T 27876 压缩天然气汽车维护技术规范
 - [6] GB/T 29123 示范运行氢燃料电池电动汽车技术规范
 - [7] GB/T 32960.3 电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第3部分：通信协议及数据格式
 - [8] TSG 23 气瓶安全技术规程
-