

ICS 43.040.20

CCST38

团体标准

T/CSAExx-20xx

汽车座椅用石墨烯加热片 通用技术要求及试验方法

General technical requirement and test of
Graphene heating sheets for vehicle seats

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202*-**-**发布

202*-**-**实施

中国汽车工程学会发布

中国汽车工程学会2341

工程学会2341

工程学会2341

工程学会2341

目录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 技术要求.....	1
5 试验条件.....	3
6 试验方法.....	4
7 检验规则.....	9
8 附录.....	11

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

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这些专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京创新爱尚家科技股份有限公司、北京汽车研究总院有限公司、北京石墨烯技术研究院有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、浙江天成自控股份有限公司、深蓝汽车科技有限公司、舒茨曼座椅（宁波）有限公司、北京市计量检测科学研究院、北京市产品质量监督检验研究院、北京石墨烯研究院有限公司

本文件主要起草人：陈利军、张鹏程、李俊贤、高永乐、张佑专、王旭东、高郁、王司民、李伟、李莉、李亮、王安琪、王景轩、周启凡、吕庆斌、沈上坦、李燕、许莉、干静

汽车座椅用石墨烯加热片通用技术要求及试验方法

1 范围

本文件规定了汽车座椅用石墨烯加热片通用技术要求，给出了相应的试验方法及检验规则。本文件适用于汽车座椅用石墨烯加热片的设计、开发及检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T2421-2020 环境试验概述和指南

GB/T2423.1-2008 电工电子产品环境试验第2部分:试验方法试验A:低温

GB/T2423.2-2008 电工电子产品环境试验第2部分:试验方法试验B:高温

GB/T2423.3-2016 电工电子产品环境试验第2部分:试验方法试验Cab:恒定湿热试验

GB/T2423.22-2012 电工电子产品环境试验第2部分:试验方法试验N:温度变化

GB/T6663.1-2007 直热式负温度系数热敏电阻器第1部分:总规范

GB/T7287-2008 红外辐射加热器试验方法第10章升温试验和第11章功率偏差试验

GB8410-2006 汽车内饰材料的燃烧特性

GB/T37130-2018 车辆电磁场相对于人体暴露的测量方法

QC/T413-2002 汽车电器设备基本条件

QC/T29106-2014 汽车低压电线束技术条件

QC/T950-2019 汽车座椅加热垫技术要求和试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 石墨烯加热片 graphene heating sheet

以含有石墨烯材料的导电层为工作介质，利用石墨烯材料通电后产生辐射加热的原理，通电后能够在其表面产生一定热量的片状加热装置。包括但不限于含有石墨烯的导电层、载流金属带、温度传感或控制单元、封装绝缘保护层和线束等结构。

3.2 面温升速率 Surface temperature rise rate

在设定的时间范围内，含有石墨烯加热片的座椅发热区整面的表面温度从第一预设温度值变化至第二预设温度值的平均速率。

注：通常以每分钟的温度变化值来计量，单位为 $\Delta^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 石墨烯加热片的产品性能，应符合本标准及QC/T413-2019中3.1.3的技术要求。

4.1.2 石墨烯加热片应在VOC释放、气味性、ELV、RoHS、电磁辐射性能方面满足相关规范或法规的要求。

4.1.3 温度范围

工作温度范围： $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$ 。

储存温度范围： $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 结构要求

石墨烯加热片应包括但不限于含石墨烯材料导电层、载流金属带、导电银浆层、绝缘防护层等多层功能材料复合而成，外加线束。

4.3 外观质量

4.3.1 石墨烯加热片外形尺寸偏差不应超过产品图样尺寸的 $\pm 1\%$ 或规定值。

4.3.2 石墨烯加热片边缘无分层，不同层错边 $\leq 2\text{mm}$ ，外观轮廓及功能孔无发热膜及电极外露；产品表面无异常鼓包、划伤、飞丝、污染、破损、缺料、烧蚀及开裂现象。

4.4 关键部件性能

4.4.1 按照 6.3.1 进行试验，石墨烯加热片电阻应满足产品图样技术要求的规定值，电阻值偏差不应超过标准值的 $\pm 10\%$ 。

4.4.2 石墨烯加热片在正常条件下工作，其输入功率和额定功率偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。

4.4.3 按照 6.3.1 进行试验，负温度系数传感器的 B 值应在设计要求值的 $\pm 1\%$ ，电阻值应在设计要求值的 $\pm 3\%$ 。

4.4.4 按照 6.3.3 进行试验，自动温度控制器控制下的石墨烯加热片的温度控制范围及偏差符合设计要求。

4.4.5 按照 6.3.4 进行试验，线束与加热单元连接处拉伸破坏强度应不小于 60N。

4.5 模拟人体进出座椅性能（导入导出）

按 6.4 前排座椅进行 25000 次，后排座椅进行 10000 次试验后，座椅加热垫应无短路、异常发热、漏电、脱落、覆盖层损伤和其他各种失效情形，产品性能应符合 4.4 的规定。

4.6 模拟道路颠簸和蠕动性能

按 6.5 座垫进行 100000 次、靠背进行 50000 次试验后，座椅加热垫应无短路、异常发热、漏电、脱落、覆盖层损伤和其他各种失效，产品性能应符合 4.4 的规定。

4.7 模拟膝压性能

按 6.6 各测试点 10000 次试验后，座椅加热垫应无断线、短路、异常发热、漏电、脱落、覆盖层损伤和其他各种失效，同时应符合 4.4 的规定。

4.8 热性能

4.8.1 按照 6.7.1 进行试验，加热开始 5 分钟或设定值后，座椅加热区域表面温度不低于 30°C 或要求值。

4.8.2 按照 6.7.2 进行试验，在各时间点，座椅加热区域表面温度的最大和最小温度差值不超过 6°C ，各个测温点与平均温度值的最大温差应不超过 5°C 。

4.8.3 按照 6.7.3 进行试验，试验后，石墨烯加热片不得有烧蚀、烧灼等热损伤，石墨烯加热片及周围组件不得出现功能性损坏。

4.9 电气安全性能

4.9.1 按照 6.9.1 进行试验，绝缘电阻大于 $5.0\text{M}\Omega$ 。

4.9.2 按照 6.9.2 进行过电压性能试验，试验后，加热片不得出现功能性损伤，并且加热片及其周围部件不得出现损坏，恢复常规工作状态后石墨烯加热片功能应正常。

4.10 环境耐受性能

- 4.10.1 按照 6.10.1 进行低温耐受性能试验, 试验后不得出现断线、短路、异常发热和其他各种失效, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。
- 4.10.2 按照 6.10.2 进行高温耐受性能试验, 试验后不得出现断线、短路、异常发热和其他各种失效, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。
- 4.10.3 按照 6.10.3 进行恒定湿热耐受性能试验, 试验后不得出现断线、短路、异常发热和其他各种失效, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。
- 4.10.4 按照 6.10.4 进行热冲击性能试验, 试验后不得出现加热启动失控、断线、短路、异常发热和其他各种失效, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。
- 4.10.5 按照 6.10.5 进行耐水性试验, 试验后应保证加热片性能无异常, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。
- 4.10.6 按照 6.10.6 进行耐液性试验, 试验后应保证加热片性能无异常, 同时符合 4.4.1 和 4.4.2 的要求。

4.11 耐弯折性能

按照 5.11 进行耐弯折性能试验, 试验前后加热片元件阻值变化公差 $\pm 10\%$, NTC 必须符合相应环境温度下的电阻值。通过热成像仪进行影像检测, 必须保证测试区域无任何热点。

4.12 阻燃性能

按照 6.8 进行试验, 燃烧速率不大于 $100\text{mm}/\text{min}$ 。

4.13 电磁辐射性能

按照 6.12 进行试验, 实验结果应满足附录 B 中表 3、表 4 和表 5。

4.14 必要时, 可根据附录 A 进行主观评价。

5 试验条件

5.1 试验环境

试验应在无风室内环境下进行, 环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; 相对湿度 $50\% \pm 10\%$; 大气压强 $90\text{kPa} \sim 110\text{kPa}$; 环境中磁感应强度低于附录 B 中限值的 10%

5.2 电源适用性

在 $9\text{V} \sim 16\text{V}$ 输入电压条件下, 产品应可靠工作。

5.3 试验仪器

- 5.3.1 试验用的电气测量仪器, 其标准不低于 0.5 级。
- 5.3.2 试验用的温度测量仪器, 其分辨率不大于 1°C 。
- 5.3.3 试验用的拉力测量仪器, 其误差不高于 $\pm 1\%$ 。
- 5.3.4 试验用的电磁测量仪器, 频率范围应满足 $10\text{Hz} \sim 400\text{kHz}$ 要求。磁场探头为各向同性, 外径应不超过 13cm 。频域测量仪器数据采集频率分辨率最低要求见表 1。

表 1 频率分辨率最低要求

频率范围	频率分辨率
$10\text{Hz} \leq f < 5\text{kHz}$	$\leq 1\text{Hz}$
$5\text{kHz} \leq f < 50\text{kHz}$	$\leq 5\text{Hz}$
$50\text{kHz} \leq f \leq 400\text{kHz}$	$\leq 50\text{Hz}$

6 试验方法

6.1 结构

使用剪刀/刀截面剪开，分层拆解后目测的方式对石墨烯加热片多层结构进行检验。

6.2 外观质量

用目视法检验。

6.3 关键零部件

6.3.1 使用电阻测试仪进行阻值测量。

6.3.2 使用可调式稳压电源接通石墨烯加热片正负极，进行测量，读取功率数值并记录。

6.3.3 使用直流稳压电源和热成像仪对石墨烯加热片进行温度测量。

6.3.4 使用万能试验机对线束与加热单元连接处拉伸破坏强度进行测试，如下图。

测试方法如下：

a) 将末端线束在距离加热单元 50mm 处扎定，加热单元在距线束出线端 50mm 处与万能试验机拉件压定；

b) 以 50mm/min 速度拉伸，进行拉力测试。拉至线束、加热单元脱离，或超过破坏强度仍未脱离；

c) 检验并记录结果。

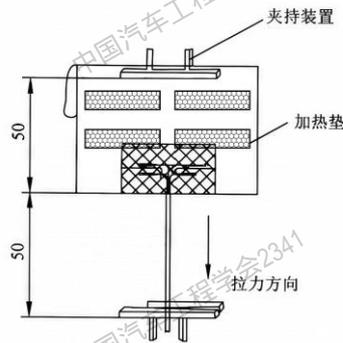


图 1 线束拉伸强度测试示意图

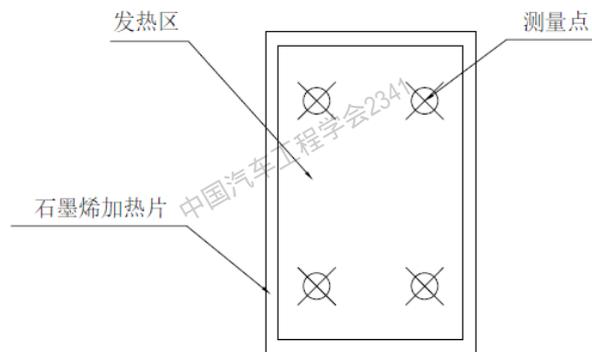


图 2 加热性能测试示意图

6.4 模拟人体进出座椅性能（导入导出）

按照 QC/T950-2019 中 5.14 进行。

6.5 模拟道路颠簸和蠕动性能

按照 QC/T950-2019 中 5.16 进行。

6.6 模拟膝压性能

按照 QC/T950-2019 中 5.15 进行。

6.7 热性能

6.7.1 温升试验

试验步骤如下：

- 在 $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行试验。
- 在加热片表面左右对称选取至少 8 个测量点，测量点需避让缝合线或结构避让区域(如安全带提醒传感器、通风孔洞等)，以避免产生不稳定测量结果，或按规定操作。
- 温度传感器（探头）设置方式：用胶带将尺寸为 $40\times 40\text{mm}$ ，厚度为 0.1mm 固定温度传感器的铜片或铝片贴在测量中心位置。
- 温度测量方式：测试环境温度稳定在目标温度 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ，2h 后开始通电加热并计时。
- 试验结果记录：测试过程中记录电压、电流、石墨烯加热片表面温度、环境温度并生成曲线图。

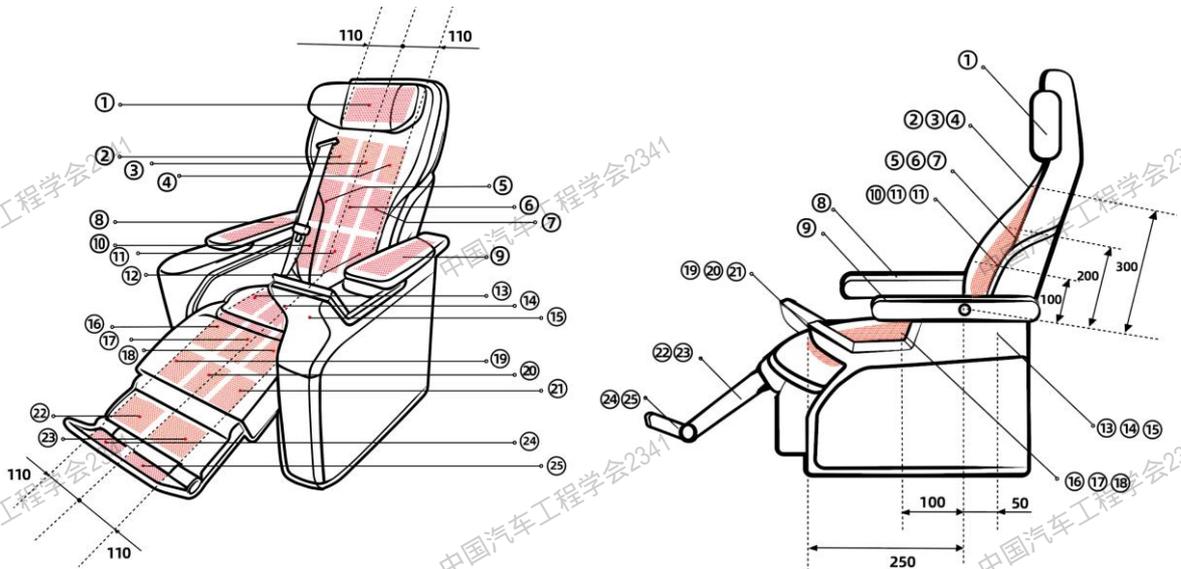


图 3 座椅温升贴点示意图

6.7.2 热成像图试验

- 输入电压 13.5V 。
- 加热垫装配到整椅状态下测试，座椅在受控状态下测试，用最高档位。
- 用热感相机垂直拍摄热感照片分别取第 1min 、 3min 、 5min 、 8min 、 10min 的热感照片，记录整个升温过程和温度均匀性。

6.7.3 非受控状态温度试验

- 输入电压 13.5V 。
- 加热垫装配到整椅状态下测试，座椅在受控状态下测试，用最高档位。
- 用热感相机垂直拍摄热感照片取第 10min 的热感照片，找出座垫最高温度的两个点。
- 将两个温度传感器布置在石墨烯加热片与座垫最高温度的两个点对应的位置处。
- 将温度控制单元或自动温度控制器短路，连续工作 2h 。
- 对两个温度传感器的温度数据进行记录，并找出最大值。
- 将座椅面套进行拆解，进行目视观察。

6.8 阻燃试验

按照 GB8410 进行。

6.9 电气安全性能

6.9.1 将兆欧表的接地极 (E) 与铁板连接, 将电极 (L) 与加热片线束连接端子连接, 在端子和铁板间加载 DC500V 电压, 测量并记录绝缘阻抗的数值。

6.9.2 将温度传感器粘贴到石墨烯加热片表面测试点位置上, 给石墨烯加热片加载工作电压的 1.35 倍电压, 并持续通电 1h。然后记录座椅加热片升温曲线。试验后对加热片功能进行检测。

6.10 环境耐受性能

6.10.1 在 $-40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下持续放置 96h, 试验按照 GB/T2423.1 进行, 然后室温放置 24h 后, 接通电源观察其变化。

6.10.2 在 $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下持续放置 96h, 试验按照 GB/T2423.2 进行, 然后室温放置 24h 后, 接通电源观察其变化。

6.10.3 在相对湿度 90%~95%, 温度 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下持续放置 96h, 试验按照 GB/T2423.3 进行, 然后室温放置 24h 后, 接通电源观察其变化。

6.10.4 在 $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 中持续放置 0.5h, 然后在 1min 内置于 $-40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 中, 放置 0.5h, 再于 1min 取出, 完成 1 个测试循环, 按照 GB/T2423.22 规定的方法进行, 150 个循环周期结束后, 在室温放置 24h 后, 接通电源观察其变化。

6.10.5 按照 QC/T950-2019 中 5.17 的耐水性规定进行。

6.10.6 按照 QC/T950-2019 中 5.17 的耐液性规定进行。

6.11 耐弯折性能

对石墨烯加热片电阻值进行测量, 测量完成后将加热片固定在测试台上。固定时必须保证弯折点位置布置有石墨烯加热片。固定完毕后, 以 0.5-1Hz 的频率对加热片进行弯折, 每个弯折点进行 100000 次的弯折循环。在进行每次弯折时, 加热片沿滑台水平移动 50mm。试验后, 对加热单元进行测量, 并用红外热成像仪对加热片进行影像和电阻检测 (如下图)。

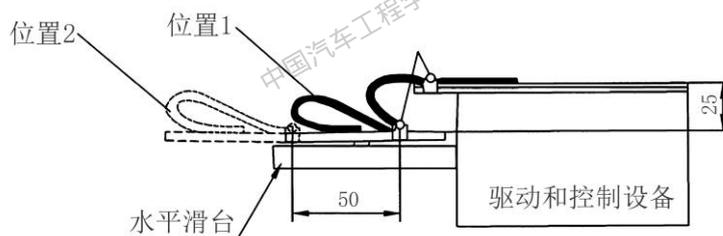


图 4 石墨烯加热片耐弯折性能实验

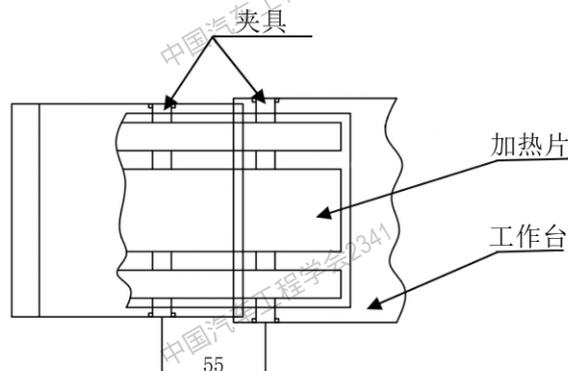


图 5 石墨烯加热片耐弯折性能实验安装示意图

6.12 电磁辐射性能

6.12.1 测量位置

测试点如图6所示，为通过座椅中心线的3个固定测试点：a)头枕中央，b)座椅靠背中央，c)座垫中央；脚部空间区域均分为四个子区域，测试点为每个子区域中心点，如图7中A、B、C、D点所示；

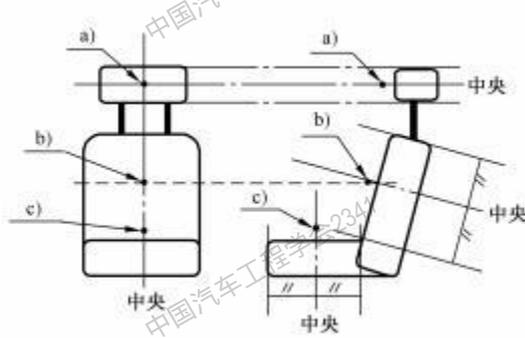


图6 座椅位置测试点示例

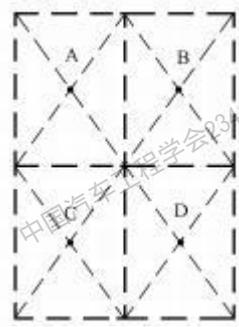


图7 脚部空间区域测试点示例

6.12.2 时域测量方法

时域测量方法步骤如下：

- 选定标准及限值，并将测量仪器调至对应的时域加权测量模式；
- 将测量探头置于座椅测试点和脚部空间区域测试点；
- 待读数稳定时，使用“最大值保持”功能记录各测试点以百分比表示的磁感应强度加权测量值；
- 重复步骤b)、c)完成所有测试点的测量。

6.12.3 频域测量方法

频域测量方法步骤如下：

- 选定标准及限值，将测量仪器调至频域测量模式；
 - 将测量探头置于座椅测试点和脚部空间区域测试点；
 - 测量并记录各测试点以频谱表示的磁感应强度测量值；
 - 重复步骤b)至步骤c)完成所有测试点的测量。
- 注：可使用示波器的FFT模式或其他等效频谱分析仪器记录测量探头的输出数据。

7 检验规则

7.1 检验分类及检验项目

7.1.1 产品检验分为 PV 试验（批量生成阶段验证）、型式检验和出厂检验，石墨烯加热片检验项目见表 1。

7.1.2 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或者老产品转厂生产的试制定型鉴定。
- b) 正式生产后，如材料、工艺有较大变更，可能影响产品性能。
- c) 产品停产一年以上，恢复生产。
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差。
- e) 国家质量技术监督部门和行业管理部门提出型式检验要求。

表 1 石墨烯加热片检验项目

序号	试验项目	技术要求	试验方法	PV 试验	型式检验	出厂检验
1	一般要求	4.1	-	+	+	-
2	结构要求	4.2	6.1	+	+	+
3	外观质量	4.3	6.2	+	+	+
4	关键零部件	4.4	6.3	+	+	+
5	模拟人体进出座椅性能	4.5	6.4	+	-	-
6	模拟道路颠簸和蠕动性能	4.6	6.5	+	-	-
7	模拟膝压性能	4.7	6.6	+	-	-
8	热性能	4.8	6.7	+	-	-
9	阻燃试验	4.12	6.8	+	+	-
10	电气安全性能	4.9	6.9	+	+	-
11	环境耐受性能	4.10	6.10	+	-	-
12	耐弯折性能	4.11	6.11	+	-	-
13	电磁辐射性能	4.12	6.12	-	-	+

注：+表示需要进行检验的项目，--表示不进行检验的项目。

7.2 组批

产品以批为单位进行检验，相同材料、相同工艺、相同生产设备的产品为一批。

7.3 抽样

出厂检验的样品应随机抽取一个完整的产品。抽取规则如下：

7.3.1 对于批量不大于 3 件的产品，出厂检验由产品生产企业质量检验部门逐件进行检验。

7.3.2 对于批量大于 3 件的产品，出厂检验的样品从生产线终端随机抽取不少于 10%的样品，但不少于 3 件。

7.4 判定规则

7.4.1 型式检验中，电气安全性能不合格时，该次型式检验为不合格。若其它项目出现不合格，应在同一批产品中加倍抽取样品，对不合格项进行检验，若仍不合格，该次型式检验判定为不合格。

7.4.2 出厂检验中，检验合格后签发合格证/章，方可出厂。抽取不少于 30%的样品进行出厂检验，若抽取样品全部合格则整个检验批合格，签发合格证/章，允许出厂，若有一件不合格，应对整批进行逐件检验，剔除不合格产品。

附录 A 主观评价

A.1 概述

可以根据需要针对具有石墨烯加热片的汽车座椅开展主观评价。主观评价包含不同年龄、性别、身高和体重的评价人员的主观感知。评价信息填写到表 2：主观评价表中。

A.2 评价人员

至少三名健康成年人参与评估，测试人员体重应分别覆盖以下区间：

60 至 80 千克，81 至 100 千克，101 至 120 千克。

评价人员需穿着冬季气温匹配的服装，不穿外套。

A.3 评价方法

评价人员坐在待测座椅上，在座椅加热器关闭状态下完成评估项目 1，随后打开加热器，完成评估项目 2-6，将评估结果填写到表 2：主观评价表中。

表 2：主观评价表

评价表编号：

抽检座椅编号：

日期：

开始时间：

结束时间：

项目序号	评价项目	评价结果 (在对应分数下面打√)											
		一般					较好			优秀			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	开始就坐时的座椅舒适性												
2	打开加热开关后座椅产生热量的响应时间												
3	调节加热挡位时座椅加热的响应速率												
4	座椅恒定产生热量的能力												
5	座椅加热区域的布局												
6	最大加热温度的舒适性												
总分													

附录 B
(资料性附录)
电磁场公众暴露限值

实际测试时参考的限值标准主要包括：GB8702—2014、ICNIRP 导则 1998 版、ICNIRP 导则 2010 版，其中公众暴露限值如表 3~表 5 所示。

表3 GB8702—2014公众暴露限值

频率范围	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	磁感应强度 μT
1Hz~8Hz	8000	$3.2 \times 104/f^2$	$4 \times 104/f^2$
8Hz~25Hz	8000	$4000/f$	$5000/f$
0.025kHz~1.2kHz	$200/f$	$4/f$	$5/f$
1.2kHz~2.9kHz	$200/f$	3.3	4.1
2.9kHz~57kHz	70	$10/f$	$12/f$
57kHz~100kHz	$4000/f$	$10/f$	$12/f$
0.1MHz~3MHz	40	0.1	0.12
3MHz~30MHz	$67/f^{1/2}$	$0.17/f^{1/2}$	$0.21/f^{1/2}$
30MHz~3000MHz	12	0.032	0.04
3000MHz~15000MHz	$0.22f^{1/2}$	$0.00059f^{1/2}$	$0.00074f^{1/2}$
15GHz~300GHz	27	0.073	0.092
注 1：频率 f 的单位为所在行中第一栏的单位。			
注 2：本表引自 GB8702—2014 中表 1。			

表 4 ICNIRP 导则 1998 版公众暴露限值[2]

频率范围	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	磁感应强度 μT
1Hz~8Hz	10000	$3.2 \times 104/f^2$	$4 \times 104/f^2$
8Hz~25Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$
0.025kHz~0.8kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$
0.8kHz~3kHz	$250/f$	5	6.25
3kHz~150kHz	87	5	6.25

0.15MHz~1MHz	87	0.73/f	0.92/f
1MHz~10MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f
10MHz~400MHz	27.5	0.073	0.092
400MHz~2000MHz	1.375f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}
2GHz~300GHz	61	0.16	0.20
注：频率 f 的单位为所在行中第一栏的单位。			

表 5 ICNIRP 导则 2010 版公众曝露限值[3]

频率范围	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	磁感应强度 μ T
1Hz~8Hz	5000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$
8Hz~25Hz	5000	4000/f	5000/f
25Hz~50Hz	5000	160	200
50Hz~400Hz	250000/f	160	200
400Hz~3000Hz	250000/f	$6.4 \times 10^4 / f$	80000/f
3kHz~10MHz	83	21	27
注：频率 f 的单位为所在行中第一栏的单位。			

表 3、表 4 和表 5 磁感应强度限值对比见图 8。

中国汽车工程学会2341

中国汽车工程学会2341

中国汽车工程学会2341

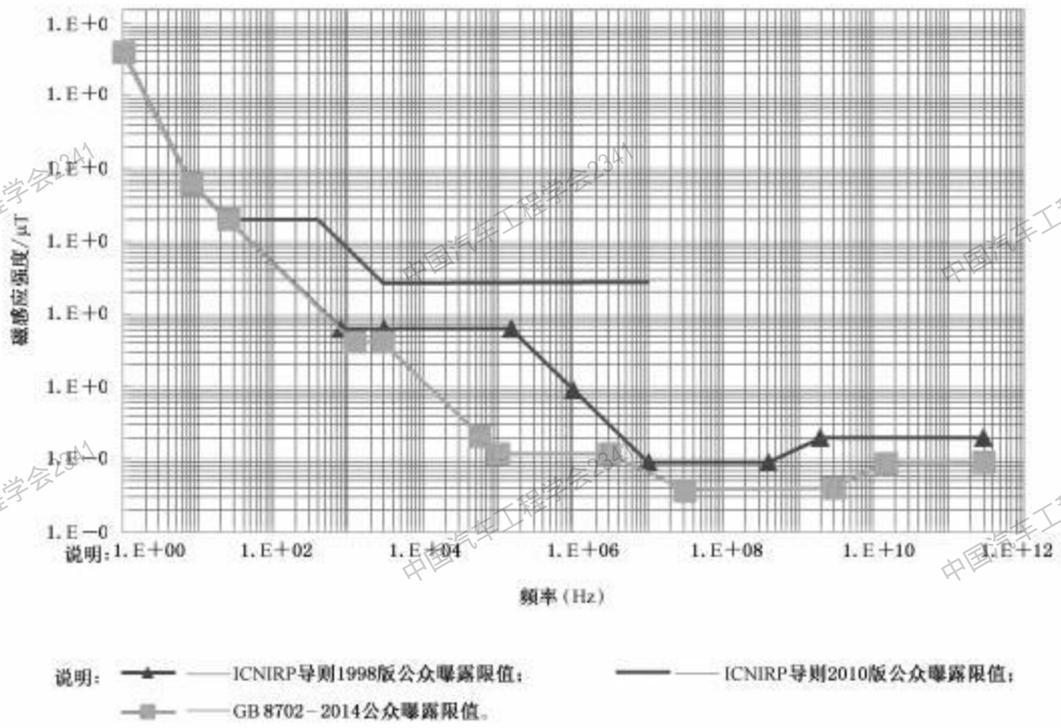


图8 常用公众磁场曝露限值对比

中国汽车工程学会2341

工程学会2341

工程学会2341

工程学会2341