中国标准化协会标准

《汽车用钢板极限尖冷弯性能测试及评价规范》

编制说明

一、**工作简况**

**1、任务来源**

随着汽车工业蓬勃发展，汽车保有量不断增大，给人们出行带来方便的同时也带来了能耗、排放和污染等问题，我国作为第一汽车产销大国，如何降低汽车能耗，减少排放一直是汽车厂关注的重点。智能化、电动化和轻量化是汽车工业未来发展方向。发展汽车轻量化技术，是在保证汽车刚度、强度、模态及其它安全性能的前提下，尽可能地降低汽车的整备质量，从而提高汽车的动力性和操控性，减少燃料消耗，降低排气污染。汽车轻量化是结构优化设计、轻量化材料应用和先进制造工艺技术的集成。当前，先进高强钢（AHSS）、超高强度钢(UHSS)和热成形钢（PHS）的应用是实现汽车轻量化的重要手段之一，AHSS、UHSS和PHS的应用在保证汽车安全，降低乘员舱碰撞过程侵入量的同时，实现零部件减重，达到轻量化的效果。目前，在合资和自主品牌汽车的白车身上，安全件和结构件已大量应用这三类钢种。目前，汽车上普遍应用的超高强度热成形钢已经达到1.5GPa的抗拉强度，下一代1.8GPa和2.0GPa级别的热成形钢也即将实现试产试用。一般情况下，汽车用钢板随着强度级别的不断提高，材料的延伸率和韧性逐渐下降。超高强度钢的应用，在考虑材料强度级别的同时，需考虑材料的韧性匹配，防止材料韧性不足，在碰撞过程中或在低温服役环境下发生脆性断裂，伤害乘员安全。因此，当前汽车行业亟待制定出满足热成形钢这一类超高强度钢板碰撞韧性的测试评价方法。

当前，针对评价金属板材韧性的方法，国内外一些研究机构、高校或企业采用不同的方法来评价，包括多点弯曲试验、叠片冲击、缺口拉伸等试验。而目前针对金属板材在平面应变状态下断裂韧性的评价尚无统一的国家规范或行业规范。目前应用较多的是参照德国汽车工业协会规范VDA238-100“Plate Bending test for metallic materials”开展先进各类金属板材尖角冷弯试验。在汽车碰撞过程中，结构件如车门防撞梁将会弯曲甚至折叠，在折叠区域将会出现材料呈尖锐角度的弯曲，这种应变对应了平面应变拉伸状态，也对应材料的最低延性，此工况的弯曲断裂代表了平面应变的断裂极限。在尖角冷弯的工况下，沿着板厚方向有很大的应变梯度，这样可以使薄板外层表面在颈缩失稳之前就发生开裂，从而可以为平面应变状态下材料性能提供更为直接的测试方法。VDA238-100所提供的测试试验方法具有无颈缩、更符合平面应变条件、方便快捷及评价参量明确等优点。另一方面VDA238-100“Plate Bending test for metallic materials”的中译名称容易和评价板材弯曲成形性的规范相混，另外一些试验细节也需要进一步规范，目前行业内尽管都按这一方法进行试验，但受设备刚度、板材曲率、压头偏转、夹辊移动等影响，不同单位的试验结果偏差较大，可比性需要提升。因此，有必要对该规范进行修改、补充和完善，并制定国内汽车行业的以极限尖角冷弯来评价各类汽车钢板材韧性的试验方法和规范。

综上所述，基于当前国内汽车结构件用材服役性能的测评技术发展需求，制定先进高强钢、超高强钢、热成形钢的极限尖冷弯测试评价C-SAE行业技术规范。未来将通过持续在国内行业内逐步推广应用，基于规范本身不断完善化，精确化，通用化，着力形成相应的国标。中国标准化协会于2018年8月1日批准本标准立项，并将《汽车用钢板极限尖冷弯性能测试及评价规范》团体标准制定列入2018年计划，中标协标准立项通知编号：[2018]XXX号。

**2、工作过程**

（1）～2018年3月31日，本标准编制团队初步建立，并针对团队所涉各单位技术、人力物力、资源的整合，协同推进标准制定事宜达成共识，并联合开展了标准编制前期调研工作。

（2）～2018年5月31日，由中国汽车工程研究院股份有限公司牵头基于前期国内外行业发展现状调研资料、各团队成员研究成果及提供的合理化建议基础上编撰了标准初稿，并在重庆进行了第一轮研讨会广泛听取了行业意见。

（3）～2018年8月31日，由中国汽车工程研究院股份有限公司牵头，团队在北京汽车工程学会参加了标准立项会，顺利通过立项。

（4）～2019年3月31日，团队通过微信群、网络会议等形式，团队提出了第二轮修改完善意见系列。

（5）～2019年7月31日，由中国汽车工程研究院股份有限公司牵头，基于第二轮团队内修改建议，进行了标准完善，编撰了第二版标准文件，并如期提交送审稿至学会。

（6）～2019年8-9月，后续本团队将按照学会流程，参加专家评审会议等活动，并在2019年年底完成按照专家组建议对标准的第三轮完善，并向学会提交最终的版本，并实现在行业内的发布公示。

**3、主要起草单位及起草人所做的工作**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 主要参加单位 | 成员 | 主要工作 |
| 中国汽车工程研究院股份有限公司 | 宋磊峰、赵岩、冯毅、马鸣图 | 本规范指定牵头单位、规范起草、规范试样及规范夹具、成组测试参考数据、C-SAE规范委员会报备、数据处理分析及计算程序、起草单位落实。 |
| 中信金属股份有限公司 | 路洪洲 | 参与规范起草、组织会议、C-SAE规范委员会联系。 |
| 马鞍山钢铁股份有限公司 | 张武、崔磊 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 重庆长安汽车股份有限公司 | 刘波、杨琴 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 通用汽车中国科学研究院 | 王建锋 | 参与规范起草、测试影响因素分析、VDA参考规范分析、数据处理分析、部分示意图。 |
| [吉利汽车有限公司](https://www.baidu.com/link?url=mHin7KPjzj-E6Kl8G7KaZVL5S695kcZUIRi_7aRoyqi&wd=&eqid=96084e580003f9a0000000055afe7428) | 姜发同、祁学军 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 奇瑞汽车股份有限公司 | 李军 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 安徽江淮汽车集团股份有限公司 | 阚洪贵 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 爱驰汽车有限公司 | 韩志勇 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 北京汽车研究总院有限公司 | 孙垒 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| [河钢集团邯钢公司](https://www.baidu.com/link?url=K39epR6Xy1cdRi0i3VzwC6bkXMw7WUZmzh7OlftU8rqohRRwuJnKTst6FtrT22mWSN7jx883lFAOmrvtv1knIfTGlrSn4yCdvhOsWYuy4Me&wd=&eqid=ba7836c900000f74000000055b03af60) | 张龙柱 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 涟源钢铁集团有限公司 | 田飞、李晓少 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 鞍钢蒂森克虏伯(重庆)汽车钢公司 | 蒙菁 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 武汉钢铁有限公司 | 胡宽辉 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 宝钢股份中央研究院 | 洪继要 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| [本钢集团有限公司](https://www.baidu.com/link?url=81wyaJCzBleijCGevWsrY7ErEMLn3Lu9ipYyeFPsgZ07PVHfCGodYkUQmebtfNnC&wd=&eqid=e46011930002f211000000055c4662ab) | 赵亮 | 参与规范起草、典型材料提供试样及测试验证。 |
| 东莞豪斯特热冲压技术有限公司 | 王子健 | 参与规范起草、平板模淬火、规范试样。 |
| 东北大学 | 易红亮 | 参与规范起草、提供试样及测试验证、不同厚度测试结果转换方法。 |
| [凌云工业股份有限公司](https://www.baidu.com/link?url=CREoKlxa6auQi0bW7b3zY7G943-pFHwsAiDHPtUs51aN5eeYxHp6tyXPrxJ26iv1&wd=&eqid=bec8abe400038102000000055afe7443) | 胡淼 | 参与规范起草、平板模淬火、规范试样。 |
| 上海迅仿工程技术有限公司 | 潘锋、黄宁宁 | 开展冷弯试验过程仿真分析结果，提供指导。 |
| 同济大学 | 闵峻英 | 开展冷弯试验过程仿真分析结果，提供指导。 |

**二、标准编制原则和主要内容**

**1、 标准制定原则**

 （1）原则性：根据《中华人民共和国标准法》及其《实施细则》、《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》GB/T 1.1－2009进行编制。

（2）适应性：本规范规定了汽车用钢板极限尖冷弯性能测评原理、相关参量名、符号和单位、试样、实验环境、实验设备、实验过程、数据处理和报告内容要求等方面。适用于测试抗拉强度大于780MPa的各类汽车用钢板的极限尖冷弯角。

**2、标准主要技术内容**

（1）本规范基于当前汽车轻量化技术发展需求，根据汽车用钢材料强度级别，厚度规格发展趋势及存在的韧性问题，提出以抗拉强度≥780MPa的各类先进高强钢、超高强钢板为目标，满足其韧性指标测评技术需求。

（2）本规范总体参照VDA 238-100，利用专用试验设备及工装，对试验样品施加持续的弯曲载荷，测定板材样品在不发生破坏条件下所对应的极限尖冷弯角，以此作为汽车制造业评价不同类别超高强汽车用钢板材韧性的一项关键性能指标。

（3）本规范制定过程中参照了如GB/T 1.1，SAE-China J2206，VDA 238-100，GB/T 14452，GB/T 2975等多个国家及行业规范，力求既体现其行业适应性，又突出其不同于其他类似规范的特性。

（4）本规范涉及的参数涵盖了工装，样品，试验参数，试验结果等，对各参数的符号，定义，单位进行了详细说明。

（5）针对试验环境，提出除非有特殊需求，否则一般均应在常温常压条件下进行试验。若需考查钢材在诸如低温环境下的极限尖冷弯性能变化，需在报告中注明试验条件。此外，基于当前行业发展现状规定了试验的最低温度不宜低于-40℃。

（6）针对试验样品，综合考虑样品的处理状态，取样方式，表面状态及质量，加工方式等因素，均提出了具体要求：

① 针对样品，提出可直接在板料上或零件上取样，对取样板料的外形，尺寸，状态，取样方式等进行了规定；

② 由于在实际服役过程中钢板材均是以成形（或成形+烤漆硬化状态）状态存在的，因此相比于板材，对其加工态进行极限尖冷弯性能测评更有意义。基于此，本规范参照VDA 238-100规范要求，提出了预应变拉伸处理制备试样的方法。

③ 基于VDA 238-100规范要求，结合前期试验数据结果表明当样品宽度大于60mm时测得的极限尖端冷弯角趋于稳定，故对样品的尺寸（默认：长60mm×宽60mm）设定进行了规定；

④ 针对样品表面是否有脱碳层，镀层，氧化皮等情况，面向不同用户需求，提出了较为灵活的处理方式；

⑤ 为降低加工给样品组织性能造成的影响，推荐采用线切割或激光切割加工方式，并要求加工后对试验样品边缘进行去毛刺及倒角处理，避免对试验的干扰；

⑥ 针对低温试验，提出了相应的技术要求。

（6）针对试验设备及工装，在参照VDA 238-100，GB/T 14452等规范要求基础上，提出了具体要求：

① 针对加载试验机，对其功能体系，系统组成，精度等级及维护保养等方面均进行了规定；

② 为满足系统整体刚度要求，参照GB/T 14452，提出了工装各关键部位硬度不得低于样品硬度的规定；

③ 为确保试验精度，针对支撑辊轮，压头各自的尺寸规格及相互间的装配尺寸，表面摩擦状态，各自在试验过程中的相对运动状态等进行了规定；

④ 为顺应当前技术发展趋势，将先进的DIC测量设备纳入到了本规范内；

⑤ 针对低温试验，也提出了相应的设备技术要求。

（7）针对试验过程，从试验前准备（含设备及样品），加载工装装配参数设置，系统刚度检测验证，样品加载位置调整，试验加载流程及相关参数设置，试验终止条件，曲线数据处理流程及要求，试验重复次数等多方面提出了具体规定：

① 针对加载试验机，提出应按规程开机，并进行试验前状态确认工作；

② 针对样品，提出应确认其表面表面质量，尺寸规格，边部质量等是否满足试验要求；

③ 针对工装装置的安装，参照VDA 238-100，对左右两辊轮的最小间距的设定及完成工装安装后的刚度检测均提出了具体的技术要求；

④ 针对样品与工装各部位之间的相对位置提出了具体要求；

⑤ 参照VDA 238-100规范，结合前期试验结果数据分析，针对试验过程中的预加载弯曲载荷力，加载方向，加载速率（根据前期研究结果认为在低速率条件下试验结果更为稳定），试验终止判定条件等方面，提出了具体要求；

⑥ 针对试验重复次数，为确保试验数据的可靠性，提出了具体规定。

⑦ 将DIC测量纳入本规范中。

⑧ 参照前期相关试验经验，针对低温试验流程也提出了相应的技术要求。

（8）针对试验结果数据处理，参照VDA 238-100规范，提出了三种极限尖冷弯角的获取方法。

（9）针对试验报告，本着完整，可靠原则，提出了相应的内容要求。

**三、主要试验（或验证）情况分析**

本规范基于实际汽车零件服役工况及性能需求，借鉴当前国内外汽车用金属板材弯曲性能测试评价技术研究最新成果，通过专题研究，在积累了大量实验数据和经验的基础上，按照GB/T 1.1—2016《规范化工作导则 第一部分：规范的结构和编写规则》的要求编撰，主要适用于测定抗拉强度大于780MPa的各类汽车用钢板极限尖冷弯角，作为评价其安全服役断裂韧性的依据。

1）针对弯曲加载设备精度、加载工装与样品之间的摩擦系数、加载工装硬度要求等参量的确定，基于本标准试验所用设备、试验过程与传统金属材料弯曲试验过程的国家及行业标准间的共性内容要求，参照相关标准要求确定。针对加工工装的刚度要求及测评方法，团队做了10余组验证试验，具体试验验证过程要求参照VDA 238-100-2017执行，结果表明：当确保工装刚度满足VDA 238-100-2017设定要求时，试验结果误差很小，数据较为稳定；而当工装刚度不满足该标准设定要求时，试验数据分散性大，验证了VDA 238-100-2017提供的刚度测评方法是切实有效的，因此在本标准中针对加工工装的刚度要求及其测评技术方案参照VDA 238-100-2017内容执行。

2）针对加载过程中，两端支撑辊轮之间最小间距的设定，团队分析认为现有VDA 238-100-2017标准中设定要求合理，与实际汽车板材碰撞变形工况相匹配，但还是进一步验证了辊轮最小间距的变化对试验结果的影响（10余组），结果表明：随着间距值增加，将导致测试结果逐渐偏大，因此本标准中还是沿用VDA 238-100-2017标准中的设定要求。

3）针对样品的尺寸规格确定，团队做了10余组验证试验，结果表明：当样品与加载压头加载棱边值平行的以便宽度≥40毫米后，板材的极限尖冷弯角测试结果趋于稳定，可认为样品的尺寸效应基本消除，所以在本标准中沿用VDA 238-100-2017推荐的样品长60mm×宽60mm，以确保未来国内钢厂的钢板在参照本标准进行测试时，测试结果与国外类似标准要求之间的可互验证性。此外针对弯曲加载速率要求，VDA 238-100-2017标准中设定为20mm/min，但是团队通过重复10余组试验，结果表明：速率较高时，测试结果波动性也随着增加，所以设定以接近准静态的5mm/min为推荐加载速率值。

4）针对表面氧化皮，团队做了10余组重复试验。将同牌号、同厚度规格热成形钢板材样品，在同一工况下进行测试，结果表明：在氧化皮条件下，弯曲载荷力-位移量曲线发生剧烈抖动，无法有效测得极限尖冷弯角；去除氧化皮的样品曲线平滑，试验结果可靠。因此，本标准设定所有测试样品，均需要去除表面氧化皮。

5）针对热成形钢等经过热处理的钢板，表面均带有脱碳层。所以需要对其对钢板极限尖冷弯角的测试结果的影响做评估，作为样品状态确认依据。团队做了10余组重复试验，结果表明：对于保留、去除脱碳层厚度；不同厚度脱碳层等状态条件下，测试数据具有显著差异性，同一牌号、规格条件下，带脱碳层的样品极限尖冷弯角偏低。基于此，在标准中设定，测试委托双方应明确是否在带脱碳层条件下测试，若带则应在报告中注明脱碳层厚度值。

**四、标准中涉及专利的情况**

 本标准中没有涉及专利的情况。

**五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况**

随着汽车轻量化及安全技术发展，车身安全零件强度级别逐步提升，超高强汽车用钢在车身上的应用比例越来越高。在实际车辆碰撞过程中，不仅要求这些安全零件具有足够高的强度，还要求其具有良好的韧性，以防止碰撞时发生脆性断裂，进而达到保障车内驾乘人员安全的目的。车辆安全事故中，零件碰撞后多为凹陷或折叠变形，变形（特别是折叠变形）最大部位为裂纹高发位置，此时材料一般呈平面应变状态，极限尖冷弯实验是在辊间距很小的支撑条件下，由半径很小的压头对材料做弯曲实验，材料为平面应变变形，因此极限尖冷弯角可作为材料平面应变状态断裂韧性的量化表征手段，可作为汽车材料安全服役断裂韧性的表征参量。车身用钢板材强度级别提高，其一般韧塑性降低，在碰撞中更有容易发生脆断，因此，针对各类超高强度汽车用钢板及其零件，建立平面极限尖冷弯性能的测评规范，对超高强钢质车身的安全结构设计、选材及车身构件加工制造等具有重要的指导意义。

通过宣贯、实施本标准，可以推动《汽车用钢板极限尖冷弯性能测试及评价规范》的标准化，满足了市场发展和用户需求，呼吁国内整个汽车行业、钢材行业，更加关注超高强度汽车钢板的韧性提升问题，提供了一种标准化、简易化的匹配实际安全服役工况的超高强度汽车钢板韧性侧碰技术方法，对于主机厂、零件厂、钢材厂而言，从可以提供相应的选材、用材、制材指导，有利于完善当前国内汽车超高强钢板整体应用评价技术体系，提升国内汽车行业超高强度钢板应用技术水平。

（1）对技术指标进行统一规范，避免错误宣传所产生的用户抱怨和市场混乱；

（2）引导行业继续进行服务提升，推进技术产品的迭代升级，从而推动整个汽车超高强钢板行业的健康发展；

（3） 促进企业共同关注用户的服务需求及难题，使标准与用户更加紧密的结合，推进标准化工作的持续发展。

**六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况**

当前，针对评价金属板材韧性的方法，国内外一些研究机构、高校或企业采用不同的方法来评价，包括多点弯曲试验、叠片冲击、缺口拉伸等试验。而目前针对金属板材在平面应变状态下断裂韧性的评价尚无统一的国家规范或行业规范。目前应用较多的是参照德国汽车工业协会规范VDA238-100“Plate Bending test for metallic materials”开展先进各类金属板材尖角冷弯试验。在汽车碰撞过程中，结构件如车门防撞梁将会弯曲甚至折叠，在折叠区域将会出现材料呈尖锐角度的弯曲，这种应变对应了平面应变拉伸状态，也对应材料的最低延性，此工况的弯曲断裂代表了平面应变的断裂极限。在尖角冷弯的工况下，沿着板厚方向有很大的应变梯度，这样可以使薄板外层表面在颈缩失稳之前就发生开裂，从而可以为平面应变状态下材料性能提供更为直接的测试方法。VDA238-100所提供的测试试验方法具有无颈缩、更符合平面应变条件、方便快捷及评价参量明确等优点。另一方面VDA238-100“Plate Bending test for metallic materials”的中译名称容易和评价板材弯曲成形性的规范相混，另外一些试验细节也需要进一步规范，目前行业内尽管都按这一方法进行试验，但受设备刚度、板材曲率、压头偏转、夹辊移动等影响，不同单位的试验结果偏差较大，可比性需要提升。因此，有必要对该规范进行修改、补充和完善，并制定国内汽车行业的以极限尖角冷弯来评价各类汽车钢板材韧性的试验方法和规范。

基于以上情况，拟制定满足我国需求的高强度钢及铝合金板的韧性评价汽车行业标准（或国标），推动我国汽车工业新材料的应用并提升我国当前超高强度钢板材应用水平和汽车产品竞争力。

本标准命名为《汽车用钢板极限尖冷弯性能测试及评价规范》，以现有最新版的VDA238-100-2017为参考，针对其目前存在的相关问题进行进一步明确和规范，基于修正和完善，制定面向国内汽车行业的全新标准。与现有VDA238-100-2017标准相比，本标准重点解决的问题如下。

1）目前仅有的行业标准仅限于常温条件下的测试，对于同样重要的低温测试工况并未涉及。

2）对板材弯曲的工装夹具没有明确的刚度要求，导致各家涉及的弯曲工装多种多样，工装刚度的高低也不同，导致试验结果一致性较差，可对比性不强。

3）针对支撑辊轮和样片之间的摩擦工况要求定义不明确，且二者之间的摩擦力对试验结果的影响也不清楚。

4）对试样的状态定义不明确，包括取样规则，平整度，表面质量、预处理方式等，从而增大了试验结果的分散性。

5）对测试系统的精度无明确要求。

**七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准属于团体标准，与现行法律、法规、规章和政策以及有关基础和相关标准不矛盾。通过本标准建立，针对各类超高强度汽车用钢板及其零件，建立平面极限尖冷弯性能的测评规范，对未来我国汽车行业超高强钢质车身设计、选材及加工制造等均具有重要的指导意义。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准在德国汽车工业协会 VDA 38-100标准基础上，进行修正和完善获得面向国内汽车行业应用的新标准，对VDA 38-100涉及的部分内容有所继承，更有所完善和细化，团队将在本标准发布前，落实与VDA 38-100标准之间知识产权问题，前期已向学会备案，将此作为本标准是否行业发布的必要条件由本项目团队自行负责完成，并如期提交证明材料给学会作为发布凭证材料。

**九、标准性质的建议说明**

本标准为中国标准化协会标准，属于团体标准,供协会会员和社会自愿使用。

**十、贯彻标准的要求和措施建议**

本标准为首次发布。

**十一、废止现行相关标准的建议**

本标准为新起草的团体标准，无废止现行标准。

**十二、其他应予说明的事项**

无。