中国标准化协会标准

《超高强度汽车钢板氢致延迟断裂敏感性测试及评价规范》

编制说明

一、**工作简况**

**1、任务来源**

近年来随着国内外汽车工业的快速发展，迫于能源及环境压力与日俱增，节能型及新能源车正成为新的汽车市场增长领域。轻量化是推进汽车节能减排发展目标的关键技术领域，而材料是实现汽车轻量化的基础，当前以热成形钢，DP钢，TRIP钢，Q&P钢，M钢，TWIP钢等为代表的超高强钢材因其在安全性能，减重，工艺性能，成本等方面的综合性优势，已成为各大车企推进其相关车型产品轻量化发展最为倚重的一类轻量化用材。

目前，随着汽车用钢强度级别的逐年提升，当钢种抗拉强度≥1000MPa以后，其氢致延迟断裂趋向性显著提升，已成为制约当前超高强度汽车用钢成熟应用的一大关键技术问题。近年来针对超高强度汽车用钢的氢致延迟断裂已得到了国内外汽车业界的高度重视，对此各国均开展了大量的基础性及应用性研究。其中，针对抗氢致延迟断裂性能测试评价技术方法的研究又是重中之重。多年来，国内外对此已开展了大量研究，相继得出了多种技术方法，代表性方法诸如恒载荷法，慢应变速率法，准静态拉伸法，氢渗透法，断裂力学试验法等，然而截至目前尚未形成能在行业内通行的技术标准，大量研究成果尚难以直接用于指导各类超高强汽车用钢的生产及产品制造。近年来国外已有部分车企及钢铁企业基于己方产品开发技术需求，制定了相应的氢致延迟断裂测评标准，但国内目前依旧处于空白阶段，对于当前国内广大汽车主机厂而言，迫切需要尽快制定出可满足其超高强汽车用钢应用需求，且合理可行的超高强汽车用钢氢致延迟断裂性能测评技术标准。

基于上述分析，在中国汽车工程学会等行业机构牵头下，由中国汽车工程研究院股份有限公司联合国内广大骨干车企，零件企业及钢铁企业，在参照国内外已有研究基础上，通过进一步开展相关工作制定出满足我国汽车行业需求的超高强汽车用钢氢致延迟断裂测试及评价技术规范。中国标准化协会于2018年8月1日批准本标准立项，并将《超高强度汽车钢板氢致延迟断裂敏感性测试及评价规范》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12月31日，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 | 冯毅、赵岩、马鸣图、宋磊峰 | 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、数据处理分析等、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。 |
| 通用汽车中国科学研究院 | 王建锋 | 参与规范起草、提出要求及验证。 |
| 马鞍山钢铁股份有限公司 | 詹华、崔磊 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 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。 |
| [吉利汽车有限公司](https://www.baidu.com/link?url=mHin7KPjzj-E6Kl8G7KaZVL5S695kcZUIRi_7aRoyqi&wd=&eqid=96084e580003f9a0000000055afe7428) | 祁学军、姜发同 | 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。 |
| 观致汽车有限公司 | 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) | 贾彩霞 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 涟源钢铁集团有限公司 | 张益龙、刘景佳 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 鞍钢蒂森克虏伯(重庆)汽车钢公司 | 蒙菁 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 武汉钢铁有限公司 | 胡宽辉 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 宝钢股份中央研究院 | 周庆军 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 本钢集团有限公司 | 刘宏亮 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |
| 东北大学 | 易红亮 | 参与规范起草、氢脆样品微观表征。 |
| 东莞豪斯特热冲压技术有限公司 | 王子健 | 参与规范起草、完成热成形钢的平板模淬火。 |
| [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、完成热成形零件样品试制。 |
| 上海迅仿工程技术有限公司 | 潘锋 | 参与规范起草、完成预弯载荷的仿真分析。 |
| 首钢集团有限公司 | 韩贇、谢春乾 | 参与规范起草、提供典型钢材。 |

**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：本技术规范文件规定了汽车用钢板氢致延迟断裂敏感性测试的基本原理、相关术语定义、符号和说明、试样要求、试验设备、试验环境、试验过程、数据处理和试验报告内容要求等方面。主要适用于抗拉强度≥1000MPa的各类超高强度汽车用钢板，也可推广应用于其他强度级别汽车用钢板。

**2、标准主要技术内容**

1）汽车零件产品在实际服役环境中，由于氢元素的渗入，会对基体的力学性能构成影响，即发生氢损伤，具体体现为力学性能检测曲线上诸如强度指标及延伸率等所有降低。因此，根据当前国内外发展现状，提出选用目前广泛采用的慢应变速率拉伸试验法（SSRT）、或预充氢拉伸试验法，利用得出的氢脆敏感指数（EI），基于充氢前后材料强塑性损失程度的定量表征，作为材料HIC性能对比依据；

2）如前所述，在环境因素难以可控条件下，应力水平是决定钢材是否发生开HIC的关键。对于一种钢材而言，当其内部氢渗入量一定时，具有一定的门槛应力值，当其实际承受的应力高于此时即极易发生HIC。基于此，根据当前国内外发展现状，提出选用恒载荷延迟断裂试验法，利用得出的开裂临界门槛应力值（σHIC）作为材料HIC性能对比依据；

4）如前所述，为近似表征钢板经冲压处理后的氢脆敏感性，提出采用冲杯延迟断裂试验法。试验前先将钢板按照一定尺寸规格切割，处理成规范试样，在专用成形试验机上压延成具有不同高度值的杯形试样，再将试样放置在含氢介质条件下进行静置处理，采用断裂试样占总试样的百分比、断裂应力-断裂时间曲线、试样裂纹数量等作为评价或对比不同钢板氢致延迟断裂敏感性的依据。

5）如前所述，对于车企而言，需要掌握超高强钢质汽车零件在不同氢-应力服役环境下是否会发生HIC，且需要试验结果尽可能贴近真实的工况特性。综合考虑汽车零件基体在实际生产，服役，碰撞过程中的变形特性，提出选用U型弯梁延迟断裂试验法，起到零件产品设计开发参考的作用；

6）针对不同企业可能在材料性能测评技术水平及装备条件等方面的差异性，本标准同时涵盖了上述5种试验方法，以便企业根据己方技术需求进行选择；

7）针对本规范中涉及的相关试验装备，尽量考虑当前国内汽车行业材料性能测评装备发展水平现状，选用常规的电液材料拉伸试验机等设备，降低试验对设备的技术要求；

8）针对本规范中涉及的各种试验对应的试样尺寸规划及其他相关质量要求，均参照了相关国内外行业标准而定，具有代表性，同时也保证了试验的质量；

9）针对本规范中涉及的电化学充 氢溶液，参照了大量行业研究文献资料进行了推荐；

10）针对电化学充氢过程中诸如电流密度，充氢时间，充氢电流间隔等参数的设定，均参照当前国内外行业已有研究文献资料数据归纳而定，且并未做出硬性规定；

11）针对本规范中涉及的加载方式，基于当前国内材料性能检测技术发展水平现状，对于应变量的检测，除采用传统的应变仪-应变片手段外，还将近年来已逐步在国内汽车工业领域实现应用的DIC检测技术纳入其中，保证了本规范的全面性及先进性；

12）针对本规范中恒定应力试验，预弯曲-模拟氢环境试验等过程中加载应力大小的设定，在参照大量行业研究文献资料基础上，认为在实际的零件冲压成形或安全碰撞事故过程中，材料一般均会处于塑性变形阶段，此时由于位错，空位，晶粒变形等效应等相比于弹性阶段大大提升，更加增加了材料发生氢致延迟断裂的可能性，因此考虑塑性变形范围内材料的抗氢致延迟断裂能力更有意义，故参考国内外已有资料，结合试验结果，设定应力范围均为0.3～0.9NTS（NTS：材料名义抗拉强度）；

13）针对本规范中试验结果数据的获取，参照了当前行业已有的研究成果资料而定，充分考虑了试验结果获取的便利性，成本，结果的可靠性及试验周期等方面（如针对U型梁预弯曲氢脆持续试验时间的选定）；

14）针对本规范中试验报告，从试验，设备，环境，过程，数据处理，报告等各方面进行了详细的规定。

**三、主要试验（或验证）情况分析**

本技术规范基于实际汽车零部件服役工况及性能需求，借鉴当前国内外汽车超高强度钢材氢致延迟断裂测试评价技术研究最新成果，通过专题研究，在积累了大量试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》的要求制定，适用于国内汽车行业测评抗拉强度≥1000MPa的各类超高强度汽车用钢板材的氢致延迟断裂敏感性。

重点针对本标准力推的U型梁弯曲延迟断裂试验法中的预弯曲应力的标定方式。本标准提出的标定方法为：首先，针对目标钢板，利用夹具进行一定量的弯曲加载（通过样品两端弯曲跨距控制）。检测其最小弯曲半径部位的应变量。选取同材质试样参照GB/T 228.1技术要求，进行准静态拉伸试验，获得相应的工程应力应变曲线数据，在应力应变数据对中找到每个弯曲试样实测应变量对应的应力值，近似作为试样最小弯曲半径部位的应力值，即作为该样品的预加载弯曲应力值。本标准团队前期重复针对10余种不同强度级别的钢板（热成形钢、DP钢、QP钢等），进行了此种弯曲应力标定方法的验证，并在此基础上还进行弯曲应力的仿真分析，结果表明：此种标定方法获得的预弯曲应力值与仿真应力值匹配度较高，说明其具有一定的合理性。

重点针对本标准力推的U型梁弯曲延迟断裂试验法，针对多家钢厂、10余个牌号开展了系统的验证试验，结果表明：采用这种方法，确实能够反映出不同钢板产品的氢致延迟断裂敏感性高低，并结合相关微观表征试验开展，试验结果与不同钢材的组织性能特性相匹配。

采用DIC方法作为本标准所涉各类试验方法样品加载应变值的测定，标准起草团队同样在10余种超高强度钢板基础上了进行试验验证，结果表明：其应变测量精度高于传统的应变片方式，且有效解决了大应变角度条件下应变片可能脱落的问题。

针对本标准所涉其他各种方法，充分利用本标准起草团队相关资源优势，已在多家钢厂、10余个牌号钢板上进行了过程验证，结果表明基于不同的方法，不同的评价参量表征，在评估不同钢板氢致延迟断裂敏感性差异方面，也均能获得预期的测评效果。

**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**

随着国内汽车工业快速发展，节能型及新能源车正成为新的汽车市场增长领域，轻量化是推进汽车节能减排发展目标的关键技术。超高强钢因其在保证安全的同时可实现汽车轻量化，已成为汽车车身制造的重要选材。当钢材抗拉强度高于1000MPa以后，其氢致延迟断裂敏感性显著提升，是制约超高强度汽车用钢广泛应用的主要因素。超高强汽车用钢氢致延迟断裂敏感性的测试评价方法一直是汽车用钢应用领域热点和难点，国内外对此已开展了大量研究，相继提出了多种测评方法，代表性方法诸如恒载荷法、慢应变速率法、准静态拉伸法、氢渗透法、断裂力学试验法等，然而截至目前尚未形成能在行业内通行的技术规范，依旧处于空白阶段。对于国内汽车行业而言，迫切需要制定出可满足超高强汽车用钢应用需求，且合理可行的超高强汽车用钢氢致延迟断裂敏感性测评技术规范，对于推进超高强汽车用钢应用具有重大意义。

通过宣贯、实施本标准，可以推动《超高强度汽车钢板氢致延迟断裂敏感性测试及评价规范》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氢致延迟断裂敏感性改善问题，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氢致延迟断裂测评技术方法，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**

目前，随着汽车用钢强度级别的逐年提升，当钢种抗拉强度≥1000MPa以后，其氢致延迟断裂趋向性显著提升，已成为制约当前超高强度汽车用钢成熟应用的一大关键技术问题。近年来针对超高强度汽车用钢的氢致延迟断裂已得到了国内外汽车业界的高度重视，对此各国均开展了大量的基础性及应用性研究。其中，针对抗氢致延迟断裂性能测试评价技术方法的研究又是重中之重。多年来，国内外对此已开展了大量研究，相继得出了多种技术方法，代表性方法诸如恒载荷法，慢应变速率法，准静态拉伸法，氢渗透法，断裂力学试验法等，代表性标准如：GB/T 15970.7－2017、SEP 1970－2011、ISO 16573－2015等，然而截至目前尚未形成能在汽车行业内通行的技术标准，大量研究成果尚难以直接用于指导各类超高强汽车用钢的生产及产品制造。近年来国外已有部分车企及钢铁企业基于己方产品开发技术需求，制定了相应的氢致延迟断裂测评标准，但国内目前依旧处于空白阶段，对于当前国内广大汽车主机厂而言，迫切需要尽快制定出可满足其超高强汽车用钢应用需求，且合理可行的超高强汽车用钢氢致延迟断裂性能测评技术标准。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《超高强度汽车钢板氢致延迟断裂敏感性测试及评价规范》，以现有国内外相关标准为参考，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。与现有国内外金属材料氢致延迟断裂测评标准相比，本标准重点解决的问题如下。

1）应紧扣汽车主机厂选材，用材需求，确定适宜的测评技术手段并建立相应的表征参量指标体系；

2）应针对适宜的测评技术方法，从试验装备，样品，流程及参数，数据分析等诸多方面加以规范化，统一化，改变目前国内存在的试验手段不一，试验条件千差万别，试验结果难以实现有效互通，可比性差等老大难问题；

3）针对目前国内普遍采用的诸如恒载荷法，慢应变速率法等试验工况与汽车零件实际制造，服役工况间存在显著差异的问题，应制定处更加能够满足各类超高强钢板材在汽车上应用评价需求的试验方法。近年来U型弯梁延迟断裂试验法在国内外逐渐得到了应用，其具有更加贴近汽车零件制造及服役工况（如在零件的冲压或安全碰撞事故中，零件主要呈平面弯曲应力应变状态，而汽车零件的氢致延迟断裂也多发于此类应力状态下），充氢试验条件也与实际渗氢环境相近，试验结果更能反映近真实工况下钢材抗氢致延迟断裂性能水平的优势。然而目前对此类试验方法，各机构在试样结构及规格，加载方式，加载应力范围的设定及其确定，试验过程要求，试验结果数据的分析处理，评价基准等诸多方面依旧未形成共识，难以对汽车主机厂提供具有普遍意义的指导依据；

4）由于缺乏相应的行业标准，使国内广大汽车主机厂尽管早已认识到了对超高强汽车用钢氢致延迟断裂性能进行测评的重要性和必要性，但无法面向钢铁企业提出对应的材料技术要求，而钢铁企业也不清楚如何才能基于主机厂的技术需求对各类超高强汽车用钢产品进行测评，因此导致目前国内汽车制造业界尚未能将氢致延迟断裂性能纳入到超高强汽车用钢材料的质量评价体系中，极大的制约了当前我国超高强汽车用钢材料的整体应用技术发展。

**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，建立氢致延迟断裂性能的测评规范，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**

本标准未产生重大分歧意见。

**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。