ICS 77.040.10
CCS H 40

T/CS

团 体 标 准

T/CS 016—2024

高腐蚀环境下高强韧锚杆用钢耐久性评价规范

Specification for durability evaluation of steel for high strength and toughness anchor rods in high corrosive environments

2025－07－09 发布 2025－07－09 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　评价指标 1
5　试验方法 2
6　评价流程 3
7　评价规则 4
8　试验报告 4

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。

本文件由山东科技大学提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：山东科技大学、艾坦姆合金（山东）有限公司、山东盛源工业装备有限公司。

本文件主要起草人：张丽军、徐圣源、贾祺祥、孙凯。

高腐蚀环境下高强韧锚杆用钢耐久性评价规范

1 范围

本文件规定了高腐蚀环境下高强韧锚杆用钢耐久性评价的评价指标、试验方法、评价流程、评价规则和试验报告。

本文件适用于针对高腐蚀环境下使用的高强韧锚杆用钢开展的耐久性评价。

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/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 35056 煤矿巷道锚杆支护技术规范

JB/T 7901 金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高强韧锚杆用钢 high strength and toughness bolt steel

具有较高的强度和韧性，用于制造锚杆以满足高应力、复杂受力条件下工程支护需求的钢材。

4 评价指标

4.1 腐蚀速率

4.1.1 通过失重法或电化学测量法测定高强韧锚杆用钢在模拟高腐蚀环境中的平均腐蚀速率，单位为毫米/年（mm/a）。

4.1.2 对于不同的高腐蚀环境类型和工程设计寿命，腐蚀速率应满足相应的限值要求，具体数值应根据工程实际情况和相关经验数据确定，并考虑适当的安全系数。

4.2 腐蚀形态

在长期腐蚀后，表面完整性应较好，镀锌涂层（如有）宏观状态下应未发生破坏、颜色基本未改变。

4.3 力学性能

高强韧锚杆用钢力学性能应符合 GB/T 35056 的规定，如表 1 所示。

表 1　力学性能

锚杆钢材编号[a]	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	断后伸长率 %	最大力总延伸率 %	冲击吸收功 J
MG335	335	455	20	12	—
MG400	400	540	20	12	40
MG500	500	630	20	10	40
MG600	600	750	18	8	34
CRMG600	600	750	18	8	120
CRMG700	700	850	17	7.5	90
[a] MG 代表锚杆热轧螺纹钢；CRMG 代表锚杆热处理螺纹钢；数字代表钢材的屈服强度级别。					

5　试验方法

5.1　试样制备

5.1.1　试样的形状、尺寸和数量应根据所采用的试验方法和评价指标要求进行确定，应具有代表性，并符合相关规定：

a)　拉伸试样采用圆形或矩形截面，其标距长度与直径或宽度之比应符合 GB/T 228.1 的要求；

b)　冲击试样应按照 GB/T 229 的规定加工成标准尺寸的 V 型缺口或 U 型缺口试样；

c)　腐蚀试样的表面积应便于准确测量和计算，其形状和尺寸应考虑试验设备的适用性和试验溶液的均匀性，可采用平板试样、圆柱试样或丝状试样等。

5.1.2　试样的加工应采用适当的方法，避免因加工过程引入额外的应力、缺陷或改变材料的原始性能。加工过程中应控制切削速度、进给量和冷却条件，防止试样过热或产生加工硬化。加工后试样的表面粗糙度应符合相应试验方法的要求。

5.2　试验条件

5.2.1　应根据高强韧锚杆用钢实际使用的高腐蚀环境特点，选择合适的模拟试验方法，如全浸试验、盐雾试验、电化学加速腐蚀试验等，并确定试验溶液的成分、浓度、温度、pH 值以及试验周期等参数。

5.2.2　对于高湿度且含侵蚀性介质的地下环境模拟，可采用含有相应侵蚀性离子（如氯离子、硫酸根离子等）的饱和溶液或泥浆作为试验介质，通过控制湿度和温度条件来模拟地下环境的温湿度变化和介质侵蚀作用。

5.2.3　在试验过程中，应定期对试验溶液进行成分分析和浓度调整，确保试验环境的稳定性和一致性。同时，应监测和记录试验过程中的温度、湿度、溶液酸碱度等环境条件。

5.3　腐蚀速率

5.3.1　全浸试验试样尺寸为 20 mm × 20 mm × 5 mm，通过对样品进行磨抛处理，使试样表面最终达到在显微镜下无划痕状态，利用 AR 纯丙酮和无水乙醇洗净并风干后通过高精度天平进行精准称量。

5.3.2　对清洗后的试样进行按序标号。试验过程按 JB/T 7901 的规定进行。

5.3.3　试验溶液为模拟矿井溶液，溶液配比应符合表 2 的规定。

表 2　模拟溶液配比

溶质	浓度 mmol/L
NaCl	9.06
$NaHCO_3$	7.01
Na_2SO_4	4.23

5.3.4　采用相同状态的 3 组试样进行平行试验，取样周期设定为 2、4、6、8、10、12、14、16、18、

20 天，每次取样后用酒精清洗风干，使用分度值为 0.01 mg 的精密天平进行称量，使用螺旋测微器进行尺寸测量，并使用 SEM 扫描电镜对试样表面进行观察。

5.3.5 得到浸泡试验质量变化和溶液浓度的关系，腐蚀速率按公式（1）计算。

$$r_{cor}=\frac{b(m-m_1)}{A\cdot t\cdot \rho} \quad (1)$$

式中：

r_{cor}——腐蚀速率，单位为毫米每年（mm/a）；

b——8760，转化因子（1a=8 760 h）；

m——试验前的试样质量，单位为克（g）；

m_1——试验后的试样质量，单位为克（g）；

A——试样的总表面积，单位为平方毫米（mm^2）；

t——试验时间，单位为小时（h）；

ρ——材料的密度，单位为克每立方毫米（g/mm^3）。

5.4 力学性能

5.4.1 按 GB/T 10125 的规定进行。喷雾方式为连续喷雾，气氛温度为（35±2）℃，盐雾沉降率为（1～2） mL/80 (cm^2/h)。

5.4.2 腐蚀介质使用模拟腐蚀性矿井水的锚杆标准溶液，配比应符合表 2 的规定，试验溶液通过蒸馏水和分析纯试剂制备，试验过程中将溶液添加于盐雾箱的储液仓，并随时补充损失的溶液，测试时间设置为（3～60）d，间隔不同时间取出样品，对不同盐雾腐蚀后的样品进行拉伸和冲击试验。

5.4.3 拉伸性能按 GB/T 228.1 的规定进行。腐蚀后的试样，在拉伸试验前应小心去除表面的腐蚀产物，但应避免对试样基体造成损伤，可采用化学腐蚀抑制剂辅助的机械打磨方法，打磨后试样的直径或厚度尺寸公差应符合 GB/T 228.1 的要求。

5.4.4 采用标准冲击试样，按 GB/T 229 的规定进行，测定冲击韧性值（吸收能量）。冲击试样经盐雾腐蚀试验后，应进行适当的清洗和干燥处理，去除表面的腐蚀产物和水分，但不应改变试样的原始冲击韧性状态。

6 评价流程

6.1 评价方案制定

6.1.1 应根据高强韧锚杆用钢的具体使用环境、工程设计要求和预期寿命等因素，制定详细的耐久性评价方案，包括选择合适的评价指标、试验方法、试验条件以及试样数量等内容。

6.1.2 评价方案应具有科学性、合理性和可操作性，并经过相关专家或技术人员的审核和批准。

6.1.3 在制定方案时，应充分收集和分析工程所在地的环境数据，包括气象资料（温度、湿度、降水等）、地质资料（土壤成分、地下水性质等）以及周边可能存在的污染源信息，准确模拟高腐蚀环境的试验参数；应结合工程结构的设计荷载、锚杆的受力形式和安全系数等因素，确定评价指标的具体要求，确保评价结果能够真实反映锚杆用钢在实际工程中的耐久性表现。

6.2 试验实施

6.2.1 应按照制定的评价方案，进行模拟高腐蚀环境试验和各项性能测试试验。

6.2.2 试验过程中，应严格控制试验条件，确保试验数据的准确性和可靠性。同时，应做好试验记录，包括试验设备的运行参数、试样的编号和状态、试验过程中的异常现象等信息。

6.2.3 试验人员应具备相应的专业知识和技能，熟悉试验设备的操作方法和试验标准的要求，严格按

照操作规程进行试验操作。

6.2.4 在试验过程中，如发现试验设备出现故障或试验条件发生异常变化，应及时停止试验，采取相应的措施进行修复或调整，并记录故障情况和处理过程。

6.3 数据处理和分析

6.3.1 应对试验获得的数据进行整理、统计和分析，计算各评价指标的数值，并与相应的标准限值或设计要求进行对比。采用适当的数据分析方法（如统计学方法、图表法等），分析各评价指标之间的相关性和变化规律，评估高强韧锚杆用钢在高腐蚀环境下的耐久性性能。

6.3.2 对于腐蚀速率、力学性能等数据，可采用平均值、标准差等统计量进行描述和分析，判断数据的离散程度和可靠性。通过绘制腐蚀时间与腐蚀速率、力学性能指标的变化曲线，直观展示材料的性能随腐蚀进程的演变趋势，分析不同因素（如试验环境、材料成分、表面状态等）对耐久性的影响规律，为材料的改进和工程应用提供依据。

6.4 评价报告编制

6.4.1 应根据试验数据处理与分析结果，编制高腐蚀环境下高强韧锚杆用钢耐久性评价报告。报告应包括评价项目的背景、目的、试验方案、试验过程、试验结果、数据分析、评价结论以及建议等内容。

6.4.2 评价报告应语言规范、内容详实、结论明确，并由试验负责人和审核人签字确认，加盖试验单位公章。

6.4.3 报告中的试验结果应详细列出各评价指标的测定值和计算过程，对于不符合要求的指标，应明确指出其与标准限值的差距，并分析可能的原因。

6.4.4 评价结论应根据各项指标的评定情况，综合判断高强韧锚杆用钢在高腐蚀环境下的耐久性是否合格，并针对不合格情况提出相应的改进建议，如优化材料化学成分、改进生产工艺、加强表面防护措施等，为工程建设单位和材料生产企业提供决策参考。

7 评价规则

7.1 合格判定

当高强韧锚杆用钢的各项耐久性评价指标均满足本文件规定的限值要求时，评定该钢材在高腐蚀环境下的耐久性合格，可用于相应的工程建设项目。

7.2 不合格判定

7.2.1 若高强韧锚杆用钢的任何一项耐久性评价指标不符合本文件规定的限值要求，则评定该钢材在高腐蚀环境下的耐久性不合格，不应在该高腐蚀环境下的工程中使用。

7.2.2 对于不合格的钢材，应分析原因，采取改进措施（如优化化学成分、改进生产工艺、表面防护处理等），并重新进行耐久性评价，直至满足要求为止。在重新评价时，应详细记录改进措施的实施情况和效果验证过程，确保改进后的钢材能够满足高腐蚀环境下的耐久性要求。

8 试验报告

8.1 试验报告应至少包括以下内容：

a) 试验单位名称、地址和联系方式；
b) 委托单位名称、地址和联系方式；
c) 高强韧锚杆用钢的生产厂家、规格型号、批次等信息；
d) 试验目的和依据；

e） 试验环境条件：温度、湿度、试验溶液成分等；

f） 试验方法和过程描述：包括试样制备、试验设备、试验步骤等；

g） 试验数据记录和处理结果：各评价指标的测定值、计算过程和结果；

h） 腐蚀形态观察结果：照片、图表及文字描述；

i） 评价结论：耐久性是否合格；

j） 试验日期和报告日期；

k） 试验人员和审核人员签名。

8.2 试验报告应采用规范的格式和排版，数据和图表应清晰、准确，文字描述应简洁明了，能够准确反映试验的全过程和结果，为相关方提供可靠的技术依据。