

《多元胺锅炉水处理药剂性能测定方法》化工行业标准编制说明

1 任务来源及简要编制过程

1.1 任务来源

根据工业和信息化部工信厅科〔2022〕94号文《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》”的要求，制定《多元胺锅炉水处理药剂性能测定方法》化工行业标准，计划编号为：2022-0359T-HG，完成年限2024年。

本标准由XX共同起草。本标准由全国化学标准化技术委员会水处理剂分会（SAC/TC63/SC5）归口。

1.2 标准简要编制过程

1.2.1 制定标准调研阶段

为了能按计划完成标准的修订工作，使标准的技术内容先进、合理，制定国家标准的任务下达后，归口单位积极联系标准相关方成立起草工作组。同时归口单位查阅了国内外标准及有关技术资料，并向相关单位发函，进行调查并广泛征求对标准制定工作的意见。

2023年3月15日～3月18日，全国化学标准化技术委员会水处理剂分会在云南省昆明市召开标准工作方案会，出席会议的有分会秘书处、标准起草单位、科研院所、大专院校及生产厂家等共计83家单位的104名代表。会上，与会代表结合标准编制的目标要求，详细讨论了标准试验方案的具体内容、试验方法等。会后提出了工作方案，并对各项工作任务及工作进度做了详细的安排，完成《多元胺锅炉水处理药剂性能测定方法》标准草案的编写。

1.2.2 征求意见阶段

会后，标准起草工作组根据专家意见，多次组织修改讨论，根据汇总的试验数据，标准起草单位不断修改完善标准草案的技术内容，并补充验证试验，于2023年6月形成了《多元胺锅炉水处理药剂性能测定方法》行业标准征求意见稿及附件，并在互联网公开征求意见。

1.2.3 标准预审阶段

1.2.4 标准送审阶段

1.2.5 标准报批阶段

2 目的、意义

汽水系统是锅炉系统的重要组成部分，锅炉水质作为保障锅炉运行的基础条件，直接影响了锅炉系统的运行效率与运行安全。原水经过预处理、除盐、除氧等水处理系统进入锅炉后，向锅炉给水中加入化学药剂以调节水质pH、溶解氧等参数，对减轻锅炉汽水系统设备结垢腐蚀保障其安全运行具有重要意义。

传统锅炉大多采用给水加氨、联氨以及炉水加磷酸钠的水处理加药方式，但氨水易挥发且有刺激性气味，存在安全隐患；联氨具有极强毒性，是致癌性物质，对操作人员具有较大危害；而磷酸钠在高温高压下不能在锅炉内壁形成钝化膜，易与水中铁离子形成磷酸盐铁垢，提高锅炉负荷时容易出现磷酸盐“隐蔽”现象，而且国家对磷排放的要求越来越严格。

基于上述的传统锅炉水处理药剂自身存在的诸多限制，欧美国家较早的限制了联氨等药剂的使用，并研究开发以成膜胺为主要成分的多元胺锅炉水处理药剂。多元胺锅炉水处理药剂是一种以成膜胺和中和胺为主要成分，同时添加乳化剂、分散剂等组分的有机复合产品。其中，成膜胺是指含有碳原子数为

10-22 的脂肪链以及含有一个或多个一元胺或二元胺官能团的物质，中和胺主要包括吗啉、环己胺、乙醇胺、二乙胺基乙醇等。目前，国外已经开发出的多元胺药剂产品主要有 Helamin®、Cetamine®、Finamin®、Anodamine®，以一种新型多元胺药剂替代三种传统锅炉水药剂用于中高压锅炉，广泛应用于欧美国家的炼油、电力、造纸、食品、纺织等行业。虽然目前我国大部分企业中高压锅炉仍采用氨水/联氨/磷酸钠的传统水处理方式，但由于传统药剂自身性质的限制，新型多元胺药剂近年来也逐渐进入我国市场。

随着国家节能减排与绿色环保政策的要求，高效、低毒的新型多元胺锅炉水药剂的应用越来越广泛。国外的多元胺锅炉水药剂产品进入我国市场的同时，国内也研发出替代氨水/联氨/磷酸钠的多元胺锅炉水处理药剂产品，选择适当的评价方法来评价这些药剂产品性能优劣对于指导现场技术服务起着至关重要的作用。目前我国关于锅炉水药剂性能评价的标准仅有一项行业标准 HG/T 3924-2007《锅炉水处理药剂性能评价方法 动态法》，但该标准适用于常压或低压锅炉中水处理剂性能的评价，对于中高压锅炉的锅炉水处理药剂的性能评价不具指导意义。因此，本标准的制定主要基于多元胺锅炉水处理药剂在中高压锅炉中的应用实际，针对锅炉水药剂在高温高压下的成膜性能、阻垢性能及其缓蚀性能等方面建立评价技术要求和试验方法，为其规范化、绿色化和安全化发展提供科学依据，对于引导多元胺锅炉水药剂产品市场及实际应用的健康发展具有重要意义。

本标准的制定能够解决高温高压锅炉系统中使用的多元胺锅炉水处理药剂性能评价无标可依的问题，从而应用于产品研发和质量控制，提升产品质量水平。本标准符合《2021 年工业和信息化标准工作要点》中“开展钢铁、建材、有色金属、石化化工、轻工、纺织、电子等行业低碳与碳排放、节能和能效提升、节水和水效提升、资源综合利用等标准研制”要求；符合《原材料工业质量提升三年行动方案（2018-2020 年）》中实现“大宗基础有机化工原料、重点合成材料、专用化学品的质量水平显著提升”的行动目标要求，满足水处理剂产品绿色、节能、节水、安全、环保发展需要。

3 制标原则

本文件在制定过程中，起草单位遵循规范性、科学性、适用性、先进性原则。旨在能适应行业发展要求，提供先进的技术指标和科学准确的检验方法，以达到能完善现有标准体系、引导行业生产、保证产品质量的目的。

本标准在修订过程中，起草单位遵循规范性、科学性、适用性原则，旨在能提供更为科学准确的试验方法，以达到能完善现有标准、引导行业生产、解决实际问题的目的。

1) 规范性原则：根据 GB/T 1.1-2020、GB/T 20000、GB/T 20001 等相关规定进行编写。

2) 科学性原则：任务下达后，归口单位联合起草单位查阅了相关的国内外资料。由此确定了科学准确的测定方法，并进行了相关验证实验，确保标准试验方法的可行性和可靠性，保障了标准的科学性要求。

3) 适用性原则：本标准制定过程中，归口单位、起草单位以及相关检测单位多次相互交换意见及建议，探讨标准内容的可行性，确保标准要求可以有效适用于我国水处理剂产品分散性能的测定的需要。

4 国内外标准概况

目前尚无对应的国际或国外先进标准。国内相关的标准有 HG/T 3924-2007《锅炉水处理药剂性能评价方法 动态法》，但该标准适用于常压或低压锅炉中水处理剂阻垢性能和缓蚀性能的评价，而多元胺锅炉水处理药剂主要用于中高压锅炉，且作用机理与传统药剂也存在差异，因此，HG/T 3924-2007 不能适用于多元胺锅炉水处理药剂性能的评价。本标准项目将填补中高压锅炉水处理药剂产品性能测定的标准空白，促进多元胺锅炉水处理药剂产品的持续研发应用和质量提升。

5 主要内容及确定论据

5.1 范围

本标准描述了多元胺类复合锅炉水处理药剂的成膜性能、脱氧性能、阻垢性能和缓蚀性能的测定方法。本标准适用于多元胺类复合锅炉水处理药剂的性能测定。

5.2 性能的测定

多元胺类复合锅炉水处理药剂是防止锅炉汽水系统中产生水垢和腐蚀的成膜胺类水处理药剂。通过在金属表面形成一层连续的单分子憎水保护膜，作为水和金属间防止腐蚀的屏障；多元胺类复合锅炉水处理药剂中含有的分散剂能够去除致垢盐类，防止水垢的形成；此外，多元胺类复合锅炉水处理药剂中若含有有机除氧剂成分，则能去除溶解氧。因此，脱氧性能、阻垢性能和缓蚀性能是多元胺类复合锅炉水处理药剂的主要目标性能，而成膜性能是多元胺类复合锅炉水处理药剂区别氨水、联氨和磷酸钠等传统水处理药剂的独特性能。因此，本标准确定多元胺类复合锅炉水处理药剂的性能测定主要关注成膜性能、脱氧性能、阻垢性能和缓蚀性能的测定。

5.2.1 成膜性能的测定

硫酸铜点滴试验是检测保护膜耐蚀性的常用试验。硫酸铜溶液滴在试片表面时，铁与铜离子发生氧化还原反应，铜离子被还原附着在试片表面，硫酸铜液滴由蓝色变为红色。水处理药剂在试片表面成膜后，滴在试片表面的硫酸铜溶液破坏保护膜，与铁发生氧化还原反应，使液滴由蓝变红。硫酸铜溶液破坏保护膜需要的时间越长，则硫酸铜液滴在试片表面由蓝变红的时间越长，说明水处理药剂的成膜性能越好。试验结果见“6 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果”。

5.2.2 脱氧性能的测定

多元胺类复合锅炉水处理药剂含有除氧剂成分，将其加入锅炉给水中后，水中溶解氧浓度降低，以溶解氧浓度降低的百分率评价水处理药剂的脱氧性能。试验结果见“6 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果”。

5.2.3 阻垢性能的测定

以含有一定量碳酸氢根和钙离子的水溶液模拟锅炉给水，加入水处理药剂后制备试液。在高温高压条件下，碳酸氢钙加速分解为碳酸钙，达到平衡后测定溶液中的钙离子浓度。钙离子浓度越高，水处理药剂的阻垢性能越好。试验结果见“6 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果”。

5.2.4 缓释性能的测定

将已称量的金属试片分别挂入已加和未加水处理药剂的锅炉给水中，在规定条件下将试片浸入试验介质中一定时间后，取出试片，经清洗干燥后称量，根据试片的质量损失分别计算出腐蚀速率和缓蚀率，评价水处理药剂的缓蚀性能。试验结果见“6 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果”。

6 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 成膜性能的测定

试验方法：用滤纸将试片防锈油脂擦拭干净后，置于无水乙醇中浸泡 5 分钟，然后取出用脱脂棉擦洗。每十片试片使用不少于 50 mL 上述试剂，擦洗干净后，用滤纸吸干，置于干燥器中 4 h 以上。准确称取 0.5 g 试样（准确至 0.2 mg），全部转移到 1000 mL 容量瓶中，用纯水稀释至刻度，摇匀。此溶液为试液 A。在 1000 mL 容量瓶中加入 20 mL 试液 A，用水稀释至刻度，摇匀。然后将试液倒入高温反应

釜中。取 6 片处理后的试片，在试样架顶层和底层分别挂 3 片试片并将试样架置于高温反应釜中。试样架底层的试片浸入试液中，顶层的试片不接触试液，试片不得与反应釜壁接触，试片的间距不小于 1 cm。关闭反应釜并检查其气密性，通过导气管通氮气除氧约 1 h，设定试验温度为 350℃，打开加热装置开始加热，待升至设定温度且温度和压力稳定后，开始计时。试验时间 1 h 后，关闭加热装置，停止加热，待反应釜冷却至室温后，打开反应釜，取出试片，用滤纸轻轻吸干。将试片水平放置在实验台上，在试片表面选择 5 个点，用滴管在每个点上滴一滴酸性硫酸铜溶液，液滴下落到试样上的瞬间开始用秒表计时，观察液滴在试片表面每个点上的由蓝变红的时间 t（s），并进行记录。

试验验证：称取 0.5008 g 某品牌多元胺类复合锅炉水处理药剂试样，配制试液 A，试液 A 的浓度为： $0.5008\times1000/1=500.8\text{ mg/L}$ ；移取 20 mL 试液 A，定容至 1000 mL，试液的浓度为： $500.8\times20/1000=10.016\text{ mg/L}$ ，将试液倒入高温反应釜中；将处理后的试片分别置于液相和气相环境中，通入氮气除氧 1 h 后，设定试验温度为 350℃，开始加热待试验温度和压力稳定后，保持 1 h，然后关闭加热装置，待反应釜降至室温后，将试片取出，用滤纸轻轻吸干；将置于液相和气相环境中的试片都水平放置在实验台上，每片试片表面滴 5 滴酸性硫酸铜溶液，记录硫酸铜液滴由蓝变红的时间，计算其相对标准偏差，结果见表 1。

表 1 试片表面硫酸铜液滴由蓝变红的时间

液相环境	编号	由蓝变红时间 t/s	气相环境	编号	由蓝变红时间 t/s
试片 1	1	659	试片 1	1	484
	2	668		2	473
	3	662		3	468
	4	649		4	483
	5	655		5	486
	平均值	658.6		平均值	478.8
	相对标准偏差/%	1.09		相对标准偏差/%	1.64
试片 2	1	667	试片 2	1	483
	2	670		2	474
	3	658		3	485
	4	662		4	469
	5	668		5	475
	平均值	665		平均值	477.2
	相对标准偏差/%	0.74		相对标准偏差/%	1.39
试片 3	1	648	试片 3	1	481
	2	659		2	476
	3	670		3	485
	4	662		4	478
	5	668		5	484
	平均值	661.4		平均值	480.8
	相对标准偏差/%	1.32		相对标准偏差/%	0.80
总平均值		661.7	总平均值		478.9
总相对标准偏差/%		0.48	总相对标准偏差/%		0.38

测定结果显示，无论是液相成膜还是气相成膜，每个试片的五个点的测定结果相对标准偏差在 0.7%~1.7%之间，三个试片的测定结果的相对标准偏差在小于 0.50%的范围。满足标准允许差的范畴。

6. 2 脱氧性能的测定

试验方法：将 2000 mL 水加入试样瓶中，用移液管移取 40 mL 试液 A 加入到试样瓶中，混合均匀，25℃恒温 15 min。按仪器说明书的要求进行校准，通常溶解氧测定仪可在空气中校准。然后对仪器进行零点检查与校准，采用无氧水法或高纯氮气法，按照仪器说明书进行零点校准。将试样瓶和溶解氧测定仪的流通池连接好，保证密闭无泄漏，按照仪器说明书要求调节水样流速，测定溶解氧浓度，待读数稳定后，记录结果。做未加水处理药剂的空白试验。

试验验证：移取 40 mL 试液 A，置于盛有 2000 mL 水的试样瓶中，在 25℃水浴中恒温 15 min；按照仪器说明书要求，将溶解氧测定仪在空气中进行校准，并采用无氧水法进行零点校准；然后将溶解氧测定仪的流通池和试样瓶连接好，调节水样流速 100 mL/min，测定溶解氧浓度。按照同样方式测定不含试液 A 的试样瓶中水的溶解氧浓度。根据测定的溶解氧浓度，计算多元胺复合锅炉水处理药剂的脱氧性能，结果见表 2。

表 2 空白水样和含多元胺复合锅炉水处理药剂的水样的溶解氧浓度

平行实验	1	2	3
空白水样/mg/L	8.79	8.38	8.63
含多元胺复合锅炉水处理药剂的水样/mg/L	5.58	5.45	5.16
脱氧性能/%	36.52	34.96	40.21
平均值/%	37.23		
相对标准偏差/%	7.24		

6.3 阻垢性能的测定

试验方法：在 1000 mL 容量瓶中加入 500 mL 水，加入氯化钙标准溶液，使钙离子量为 72 mg。用移液管加入 20 mL 试液 A，摇匀。然后加入 40 mL 硼砂缓冲溶液，摇匀。加入碳酸氢钠标准溶液，边加边摇动，使碳酸氢根离子的量为 219.6 mg，用水稀释至刻度，摇匀。将上述溶液倒入反应釜中，关闭反应釜，设定实验温度为 350℃，打开加热装置开始加热，待升至设定温度且温度和压力稳定后，开始计时。试验时间 4 h 后，关闭加热装置，停止加热。待反应釜冷却至室温后，打开反应釜，取出反应釜中的溶液，用中速定量滤纸干过滤。按 HJ 776-2015 标准用电感耦合等离子发射光谱仪测定滤液中钙离子的质量浓度。

试验验证：在 1000 mL 容量瓶中加入 500 mL 水，加入氯化钙标准溶液，移取 20 mL 试液 A，摇匀，加入 40 mL 硼砂缓冲溶液，加入碳酸氢钠标准溶液，边加边摇匀，定容至 1000 mL；将试液倒入高温反应釜中，设定试验温度为 350℃，开始加热待试验温度和压力稳定后，保持 4 h，然后关闭加热装置；待反应釜降至室温后，取出试液并用中速定量滤纸干过滤；测定滤液中钙离子的质量浓度和配制水中钙离子的质量浓度，结果如表 3 所示。

表 3 试液中钙离子的质量浓度

平行实验	1	2	3
配制水中钙离子浓度/mg/L	72.28	72.17	71.55
滤液中钙离子浓度/mg/L	38.24	40.21	39.65
阻垢性能/%	52.91	55.72	55.42
平均值/%	54.68		
相对标准偏差/%	2.82		

6.4 缓释性能的测定

试验方法：用滤纸将试片防锈油脂擦拭干净后，置于无水乙醇中浸泡 5 分钟，然后取出用脱脂棉擦洗。每十片试片使用不少于 50 mL 上述试剂，清洗干净后，用滤纸吸干，置于干燥器中 4 h 以上。取 3

个试片，称量（精确到 0.2 mg）并作好记录。在 1000 mL 容量瓶中加入 20 mL 试液 A，用水稀释至刻度，摇匀。将试液倒入高温反应釜中，将 3 片处理后并称重的试片挂在试样架底层并将试样架置于高温反应釜中，使试片浸入试液中，试片不得与反应釜壁接触，试片的间距不小于 1 cm。关闭反应釜并检查其气密性，通过导气管通氮气除氧约 1 h，设定试验温度为 350℃，打开加热装置开始加热，待升至设定温度且温度和压力稳定后，开始计时。试验时间 24 h 后，关闭加热装置，停止加热，待反应釜冷却至室温后，打开反应釜，取出试片并进行外观观察及记录。

将取出的试片分别用两种方式进行清洗，进行对比。第一种，用毛刷将试片清洗干净，然后在酸洗溶液中清洗 30 s，取出后用纯水冲洗，用滤纸擦拭并吸干；将试片浸入无水乙醇中约 5 min，取出后用滤纸吸干，置于干燥器中 4 h 以上。第二种，用毛刷将试片清洗干净，将试片浸入无水乙醇中约 5 min，取出后用滤纸吸干，置于干燥器中 4 h 以上。

在干燥器中取出试片，称量（精确到 0.2 mg）并作好记录。做未加水处理药剂的空白试验。

试验验证：移取 20 mL 试液 A，定容至 1000 mL，将试液倒入高温反应釜中；将处理后的试片浸入试液中，通入氮气除氧 1 h 后，设定试验温度为 350℃，开始加热待试验温度和压力稳定后，保持 24 h；然后关闭加热装置，待反应釜降至室温后，将试片取出；分别按照两种清洗方式对试片进行清洗；将清洗后的试片干燥后进行称量。做未加水处理药剂的空白试验。结果如表 3 和表 4 所示。

表 4 试片腐蚀速率（第一种清洗方式）

平行实验	试片	试样初始质量/g	试样清洗后质量/g	试片清洗空白试验的质量损失的平均值/g	腐蚀失重速率/mm/a	平均腐蚀失重速率/mm/a
空白试验	1	21.4441	21.4331	0.0004	0.1314	0.1248
	2	21.3038	21.2938		0.1190	
	3	21.3738	21.3634		0.1240	
含多元胺复合锅炉水处理药剂	1	21.2843	21.2778		0.07564	0.08266
	2	21.2949	21.2875		0.08679	
	3	21.4476	21.4403		0.08555	
缓蚀率/%						33.77
空白试验	1	21.2024	21.1932	0.0003	0.1104	0.1240
	2	21.2066	21.1962		0.1252	
	3	20.8572	20.8459		0.1364	
含多元胺复合锅炉水处理药剂	1	21.1242	21.1172		0.08307	0.08638
	2	21.2084	21.2014		0.08059	
	3	21.2188	21.2108		0.09547	
缓蚀率/%						30.34
空白试验	1	21.1864	21.1755	0.0004	0.1302	0.1314
	2	21.1305	21.1205		0.119	
	3	21.2328	21.2207		0.1451	
含多元胺复合锅炉水处理药剂	1	21.0878	21.0802		0.08927	0.08431
	2	21.2377	21.231		0.07812	
	3	21.2229	21.2156		0.08555	
缓蚀率/%						35.85
平均值/%						33.32
相对标准偏差/%						8.35

表 5 试片腐蚀速率（第二种清洗方式）

	试片	试样初始质量/g	试样清洗后质量/g
空白试验	1	20.8875	20.8874
	2	21.3145	21.3143
	3	21.2469	21.2469
含多元胺复合锅炉水处理药剂	1	21.3803	21.3801
	2	21.1826	21.1825
	3	21.2398	21.2397

通过对比试验发现，采用第二种清洗方式时，即不用酸洗，只用乙醇对腐蚀试片进行清洗时，无法将腐蚀产物清除掉，而在同样试验条件下的腐蚀试片，采用第一种清洗方式时，即用酸和乙醇依次清洗，可以将腐蚀产物清除，腐蚀失重速率和缓蚀率结果如表 3 所示。

6.5 预期达到的经济效果

本标准的制定为多元胺锅炉水处理药剂性能的评定提供了科学、统一、可操作性强的方法。为锅炉系统的日常运行和科学合理的投加多元胺水处理药剂提供了安全生产保障，规范水质检测市场正常秩序，促进社会经济发展，消除贸易技术壁垒，促进国际贸易开展起到积极地推动作用。

本标准可应用于对锅炉添加的多元胺复合锅炉水处理药剂性能的评价，降低锅炉水处理药剂使用不当造成的损失，提高锅炉运行效率，本标准的实施可带来显著的社会经济效益。

7 标准属性

本标准为你推荐性行业标准。

8 标准水平分析

本标准无相关国际标准和国外先进标准。本标准分析方法科学准确，测定简便、易于操作、便于推广，可以满足用户的要求，其综合水平为国内先进水平。

9 贯彻标准的要求和措施建议

建议尽快发布本标准并自发布之日起六个月实施。建议标准实施后组织标准宣贯，使相关单位了解标准内容，促进标准顺利实施。