

# 活性炭国内外标准比对分析研究

李菁<sup>1</sup> 李景<sup>1\*</sup> 王艺静<sup>2</sup> 孙红军<sup>1</sup>

(1.中国标准化研究院; 2.四川省标准化研究院)

**摘要:** 本文在全面调研国内外活性炭标准的基础上,选取活性炭理化性能、吸附性能等指标,开展活性炭标准重点性能指标和关键指标比对。为改善国内活性炭分析方法不全、指标不全的现状,根据比对结论,从标准角度为活性炭产业提出发展建议。

**关键词:** 活性炭,理化性能,标准比对

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.11.015

## Comparative Analysis of Domestic and Foreign Standards for Activated Carbon

LI Jing<sup>1</sup> LI Jing<sup>1\*</sup> WANG Yi-jing<sup>2</sup> SUN Hong-jun<sup>1</sup>

(1. China National Institute of Standardization; 2. Sichuan Institute of Standardization)

**Abstract:** Based on a comprehensive investigation of domestic and foreign activated carbon standards, this paper selects indicators such as physical and chemical properties and adsorption performance of activated carbon, and makes a comparison of key performance indicators and key indicators of activated carbon standards. In order to improve the incomplete analysis methods and indicators for activated carbon in China, based on comparison conclusions, it gives suggestions for the development of the activated carbon industry from a standard perspective.

**Keywords:** activated carbon, physical and chemical properties, standards comparison

## 0 引言

活性炭是以煤、木材、木屑、果壳、合成树脂或共聚物等为主要原材料,经炭化、活化或热解等工艺制成的多孔性吸附剂。它的内部孔隙结构发达、比表面积大、表面化学基团丰富,具有物理吸

附和化学吸附的双重特性,能够有选择地从气相或液相中吸附各种物质,吸附能力强,还具有解毒作用,当使用失效后能够再生,实现循环使用。

我国国家标准GB/T 32560-2016《活性炭分类和命名》从活性炭制造使用的主要原材料角度将活性炭分为四大类,包括煤质活性炭、木质活性

**基金项目:** 本文受国家科技图书文献中心(NSTL)项目“新能源重点产业标准化发展趋势研究—太阳能产业”(项目编号:252022Z-9819)和外交部亚洲合作资金项目“澜沧江—湄公河国家标准互联互通平台研究”(项目编号:25A0001-2023)资助。

**作者简介:** 李菁,副研究馆员,研究方向为标准文献、资源建设。

李景,通信作者,博士后,研究馆员,研究方向为标准文献、本体技术。

王艺静,硕士,工程师,研究方向为物品编码、标准文献。

孙红军,博士,助理研究员,研究方向为标准对比、标准数字化、标准走出去。

炭、合成材料活性炭和其他类活性炭,又在四大类下按照产品形状将活性炭细分为16种类型,如:柱状煤质颗粒活性炭、破碎煤质颗粒活性炭、粉状煤质活性炭等。

与其他吸附材料相比,活性炭在吸附性能、物化性质稳定性、工作环境适应性、利用率和经济性等多方面具有较大优势。活性炭是很好的吸附剂、催化剂和活化物载体,用途广泛,已应用在石油化工、电力、冶金、食品、医药、军事防护和环境保护等诸多行业。GB/T 32560-2016《活性炭分类和命名》在附录中给出了不同类型活性炭主要用途对照表,如:柱状煤质颗粒活性炭,用途为气体分离与精制、溶剂回收、烟气净化、脱硫脱硝、水质净化、污水处理、催化剂载体等。破碎状煤质颗粒活性炭,用途为气体净化、溶剂回收、水体净化、污水处理、环境保护等。

归纳GB/T 32560-2016中活性炭的用途,可将其应用领域主要分类为液相应用、气相应用和催化领域的应用。这其中应用范围广的是液相应用领域,其年使用量约占目前世界活性炭年总用量的约60%,而水处理领域,尤其是饮用水深度净化领域在液相应用领域中又属于使用量大的,约占活性炭液相应用领域使用量的2/3,其中绝大部分为煤质活性炭。此外,随着新材料、医药生物等领域的技术进步,活性炭在能源储存、天然气回收、血液净化等前沿领域也拓展出了新的用途。

## 1 国内外活性炭标准化概况

### 1.1 我国活性炭标准化概况

全国煤化工标准化技术委员会TC469,由山西省市场监督管理局、中国煤炭工业协会、中国石油和化学工业联合会筹建,负责煤化工转化技术用原料及工艺、煤炭为原料化学品、炼焦及煤焦化产品、煤化工产品检测方法等领域(不含醇醚燃料领域)的标准工作,TC469/SC1煤转化分技术委员会则重点负责煤化工转化技术用原料及工艺,是活性炭的标准归口技术委员会。

经过数据检索、筛查、去重等处理,统计发现

目前我国活性炭相关的现行有效标准共计111项,其中国家标准67项,约占标准总数量的56.3%;行业标准44项,约占标准总数量的36.97%。

相较于10年前,我国活性炭标准首先在数量上有了长足的进展。戴伟娣和孙康在2010年3月时统计我国已经发布的活性炭国家标准和行业标准共70多项,现在国行标的总数量是111项,增长了约58%。其次,我国活性炭标准的类别,以及标准所规范的内容、涉及的行业领域也更加丰富。10年前,我国在活性炭行业有国家标准、行业标准和地方标准,现在增加了团体标准;10年前,只有上海和四川分别制定了1项活性炭相关的地方标准,现在增加了江苏、内蒙及河北省地方标准;随着科学技术的进步,新型行业和新型材料不断出现,而活性炭的生产技术也在进步,其产品质量和性能的提高,都进一步拓宽了活性炭的应用领域,从而带动了相关标准的更新与新标准的制定,比如:GB/T 37386-2019《超级电容器用活性炭》、GB/T 30202《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法》系列标准等。另外,在行业标准方面,相较于10年前的烟草、机械、化工、煤炭等行业标准,还新增了有色行业标准。这些新标准是对我国活性炭标准体系的补充,与其他标准一起对促进我国活性炭产品质量不断提升起到了至关重要的作用。

从检索数据看2010年之前制定的标准68个,标龄超过10年的活性炭标准占标准总数量的57.14%,标龄有些过长,是否需要修订有待研究。所有活性炭标准中,试验方法类标准占了大多数,没有生产的工艺、过程管理方面的标准,以及使用设备方面的标准,产品类标准也相对欠缺。

活性炭生产设备除机泵设备外,在成型、炭化和活化等主要设备生产上没有行业或国家标准,一般借鉴其他行业的相关标准。随着部分生产设备的成熟和企业重视程度的提高,为保证生产设备质量,保护活性炭生产企业利益,出台活性炭行业专业设备制造标准已是大势所趋,这对提高行业生产设备水平具有极大的促进作用。

### 1.2 国外活性炭标准化概况

经过数据检索、筛查、去重等处理,统计发

现目前国外活性炭相关的现行有效标准共计46项〔数据来源于埃信华迈公司(IHS Markit)和国家标准馆〕,其中国际标准1项,是ISO组织制定的;4项欧洲标准,全部是水处理用活性炭的产品标准;印度国家标准3项;日本国家标准2项;日本水道协会(JWWA)标准2项;美国AWWA标准3项;美国ASTM标准数量最多,共计25项,约占标准总数的54.35%。这些标准中只有1项是术语标准,其他24项均为试验方法标准;另外,还有6项福特(FORD)公司的企业标准。

## 2 国内外活性炭标准比对研究

### 2.1 活性炭可比对的国内外标准

#### 2.1.1 饮用水、工业污水净化处理。

国内相应标准为:GB/T 7701.2-2008《煤质颗粒活性炭净化水用煤质颗粒活性炭》、CJ/T 345-2010《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》。

#### 2.1.2 溶剂回收,尾气易挥发有机物吸附、空气净化、除臭及载体催化剂和变压变温吸附等领域

国内相应标准为:GB/T 7701.1-2008《煤质颗粒活性炭气相用煤质颗粒活性炭》、GB/T 7701.3-2008《煤质颗粒活性炭载体用煤质颗粒活性炭》。

#### 2.1.3 垃圾焚烧烟气净化高效脱除汞、二噁英、呋喃等污染物

国内相应标准情况:住建部《生活垃圾焚烧烟气净化用粉状活性炭》(征求意见稿)正处于征求意见阶段。

#### 2.1.4 钢铁行业球团烧结、垃圾焚烧、发电行业等尾气脱硫脱硝除尘脱汞处理领域

国内相应标准为:GB/T 30201-2013《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭》,对应国外标准为日本住友《活性炭质量评估测试方法》。

水处理市场是活性炭最大的消费市场,2019年水处理用活性炭需求量约为22万吨,占全年总需求量的33.40%。

目前国外活性炭使用国家主要是美国、日本。美国活性炭标准有两大体系,即美国ASTM最新活性炭标准及测试方法和美国自来水工程协会

(AWWA)粉状和粒状活性炭标准。日本活性炭试验方法原来分为“粉状活性炭试验方法”和“粒状活性炭试验方法”,1991年合并为“活性炭试验方法”。欧盟也是我国活性炭出口的主要地区,欧洲标准以水处理用活性炭为主。因此选取比对的国内外标准见表1。

表1 国内外活性炭比对标准列表

标准号	标题
EN 12903:2009	用于人类用水处理的产品 - 粉状活性炭
EN 12915-1:2009	用于人类用水处理的产品 - 颗粒活性炭 - 第1部分:原始颗粒活性炭
EN 12915-2:2009	用于人类用水处理的产品 - 颗粒活性炭 - 第2部分:再活化的颗粒活性炭
AWWA B600-2016	市政饮用水粉状活性炭
AWWA B604-2012	市政饮用水颗粒活性炭
JWWA A114-2006	供水系统用粒状活性炭
JWWA K113-2005	供水系统用粉状活性炭
GB/T 7701.2-2008	煤质颗粒活性炭.净化水用煤质颗粒活性炭
GB/T 13803.2-1999	木质净水用活性炭
CJ/T 345-2010	生活饮用水净水厂用煤质活性炭

### 2.2 活性炭重点性能指标/关键指标比对

#### 2.2.1 我国水处理用煤质颗粒活性炭性能指标比对

我国现行标准中与水处理用煤质颗粒活性炭有关的主要有GB/T 7701.2-2008《煤质颗粒活性炭.净化水用煤质颗粒活性炭》和CJ/T 345-2010《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》。GB/T 7701.2-2008适用于工业用水的脱氯、除油、净化,生活饮用水和污水的深度净化处理以及水源突发污染的净化处理用煤质颗粒活性炭,CJ/T 345-2010适用于生活饮用水净化以及水源突发污染的净化处理用煤质活性炭。其中,该行业标准里适用的活性炭分为颗粒活性炭和粉末活性炭两种。

GB/T 7701.2-2008《煤质颗粒活性炭.净化水用煤质颗粒活性炭》指标数量有10项,分别是:漂浮率、水分、强度、装填密度、pH值、碘吸附值、亚甲蓝吸附值、苯酚吸附值、水溶物和粒度。CJ/T 345-2010《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》中有关颗粒活性炭的指标数量有18项,分别是:孔容积、比表面积、漂浮率、水分、强度、装填密度、pH值、碘吸附值、亚甲蓝吸附值、酚值、水溶度、粒度、有效粒径、均匀系数、锌、砷、镉和铅。其中指



标相同的有9项,见表2。

表2 国内颗粒活性炭相同技术指标标准对照表

项目		GB/T 7701.2-2008		CJ/T 345-2010 ( 颗粒活性炭 )	
漂浮率/%		柱状煤质颗粒 活性炭 ≤2		柱状煤质颗粒活 性炭 ≤2	
		不规则状煤质颗粒 活性炭 ≤10		不规则状煤质颗粒 活性炭 ≤3	
pH值		6~10		6~10	
水分/%		≤5		≤5	
强度/%		≥85		≥90	
装填密度/(g/L)		≥380		≥380	
碘吸附值/(mg/g)		≥800		≥950	
亚甲蓝吸附值/ (mg/g)		≥120		≥180	
水溶物/%		≤0.4		≤0.4	
粒 度 /%	φ 1.5mm	>2.50mm	≤2	>2.50mm	≤2
		1.25~2.50mm	≥83	1.25~2.50mm	≥83
		1.00~1.25mm	≤14	1.00~1.25mm	≤14
		<1.00mm	≤1	<1.00mm	≤1
	8 × 30 目	>2.5mm	≤5	>2.5mm	≤5
		0.6~2.50mm	≥90	0.6~2.50mm	≥90
		<0.6mm	≤5	<0.6mm	≤5
	12 × 40 目	>1.6mm	≤5	>1.6mm	≤5
		0.45~1.6mm	≥90	0.45~1.6mm	≥90
		<0.45mm	≤5	<0.45mm	≤5
	30 × 60 目	/		>0.6mm	≤5
				0.6~0.25mm	≥90
				<0.25mm	≤5

通过对相同技术指标的标准对照可以发现,在漂浮率、强度、碘吸附值、亚甲蓝吸附值和粒度共5项技术指标中,行业标准的限值要求都比国家标准高,另外pH值、水分和装填密度共3项技术指标与国家标准完全一致。因为该行业标准是用于生活饮用水净水厂,高标准的技术指标是为了保障居民用水的安全健康。

另外,CJ/T 345-2010与GB/T 7701.2-2008技术指标中有10项指标不同,其中孔容积和比表面积国家标准中没有严格规定,根据供货方提供检测报告即可,同时,行业标准中对有效粒径、均匀系数、各种金属元素含量的要求都是反应了我国现行标准中对生活用水高标准的要求,充分体现了标准以人为本的思想。各不同技术指标对照见表3。

通过对我国现行标准中有关水处理用煤质颗粒活性炭两个标准技术指标的对照发现,行业标准除了对常规物理化学指标做出要求以外,还拓

展到了非常规的金属指标、杂质指标等,在产品质量要求的基础上体现了更高的公共安全风险因素的考虑。

表3 国内颗粒活性炭不同技术指标标准对照表

项目	GB/T 7701.2-2008	CJ/T 345-2010 (颗粒活性炭)
孔容积/(mL/g)	供货方提供检测报告	≥0.65
比表面积/(m <sup>2</sup> /g)	供货方提供检测报告	≥950
苯酚吸附值/(mg/g)	≥140	-
酚值/(mg/L)	-	≤25
有效粒径/mm	-	0.35~1.5
均匀系数	-	≤2.1
锌/(μg/g)	-	<500
铅/(μg/g)	-	<10
砷/(μg/g)	-	<2
镉/(μg/g)	-	<1

通过对我国技术指标范围的比较发现,活性炭产品的性能指标可分为物理性能指标、化学性能指标、颗粒活性炭吸附性能指标。3种性能指标对活性炭的选择和应用都起到非常重要的作用。

2.2.2 国内外活性炭标准物理性能指标比对

活性炭主要物理性能指标有:外观、比表面积、孔容积、粒度、耐磨强度、漂浮率等(见表4)。

2.2.3 国内外活性炭标准化学性能指标比对

颗粒活性炭主要化学性能指标有:pH值、灰分、水分、氯化物、氰化物、硫酸盐、铁含量、锌含量、铅含量、砷含量等(见表5)。

2.2.4 国内外活性炭标准吸附性能指标比对

活性炭主要吸附性能指标有:亚甲蓝吸附值、碘吸附值、苯酚吸附值、ABS值等(见表6)。

2.3 标准比对结论

(1)美国标准以常规的物理化学指标为主,其他非常规指标由买卖双方协商而定;欧盟标准中指标范围不仅包括了常规的物理化学指标,还包含杂质指标、副产物指标、金属指标等非常规理化指标;日本标准的指标范围与欧盟标准类似,包含了常规理化指标和非常规理化指标,还包括浸出物中金属指标、味道、色度和浊度等。总体来说,欧盟和日本标准更加严格和完善。

(2)在影响活性炭性能的关键指标中,如:碘吸附值、亚甲蓝吸附值、酚值、水分等,我国行业标

表4 国内外颗粒活性炭物理性能指标对照表

项目		GB/T 7701.2-2008		CJ/T 345-2010		AWWA B604 -2018	EN 12915-1 -2009	JWWA A114-2006
外观		暗黑色碳素物质		暗黑色碳素物质		/	黑色、不规则形状 的多孔颗粒组成	/
比表面积/（m <sup>2</sup> /g）		供货方提供检测报告		≥950		/	/	/
孔容积/（mL/g）		供货方提供检测报告		≥0.65		/	/	/
装填密度/（g/L）		≥380		≥380		≥200	≥180	≥400
有效尺寸/mm		/		0.35~1.5		0.30~2.0	有效粒径±5%	0.3~1.3
均匀系数		/		≤2.1		≤2.1	≤2.1	1.2~2.0
耐磨强度/%		≥85		≥90		≥70	≥75	≥90
不可湿性材料		柱状煤质颗粒活性炭≤2; 不规则状煤质颗粒活性炭 ≤10		柱状煤质颗粒活性炭 ≤2; 不规则状煤质颗粒 活性炭≤3		≤5%	≤1%	/
粒 度 分 布/ %	φ 1.5mm	>2.50mm	≤2	>2.50mm	≤2	最大尺寸 ≤15%; 最小 尺寸≤5%	最大尺寸≤15%; 最小尺寸≤5%	/
		1.25~2.50mm	≥83	1.25~2.50mm	≥83			
		1.00~1.25mm	≤14	1.00~1.25mm	≤14			
		<1.00mm	≤1	<1.00mm	≤1			
	8×30 目	>2.5mm	≤5	>2.5mm	≤5			
		0.6~2.50mm	≥90	0.6~2.50mm	≥90			
		<0.6mm	≤5	<0.6mm	≤5			
	12×40 目	>1.6mm	≤5	>1.6mm	≤5			
		0.45~1.6mm	≥90	0.45~1.6mm	≥90			
		<0.45mm	≤5	<0.45mm	≤5			
	30×60 目	/		>0.6mm	≤5			
				0.6~0.25mm	≥90			
				<0.25mm	≤5			

表5 国内外颗粒活性炭化学性能指标对照表

项目	GB/T 7701.2-2008	CJ/T 345-2010	AWWA B604-2018	EN 12915-1-2009	JWWA A114-2006
pH值	6~10	6~10	/	/	4~8
灰分/%	/	/	/	$\leq 15$	$\leq 10$
水分/%	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 8$	$\leq 5$	/
水溶物/%	$\leq 0.4$	$\leq 0.4$	$\leq 4$	$\leq 3$	/
杂质	有规定	有规定	有规定	有规定	有规定
锌/( $\mu\text{g/g}$ )	/	$<500$	/	$\leq 200$	/
铅/( $\mu\text{g/g}$ )	/	$<10$	/	$\leq 5$	/
砷/( $\mu\text{g/g}$ )	/	$<2$	/	$\leq 10$	/
镉/( $\mu\text{g/g}$ )	/	$<1$	/	$\leq 0.5$	/
铬/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 5$	/
汞/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 0.3$	/
镍/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 15$	/
锑/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 3$	/
硒/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 3$	/
氰化物/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 5$	/
多环芳香烃/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	$\leq 0.02$	/
氯化物/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	/	/
铁含量/( $\text{rag/L}$ )	/	/	/	/	$<0.03$
锰及其化合物/( $\mu\text{g/g}$ )	/	/	/	/	$<5$

表6 国内外颗粒活性炭吸附性能指标对照表

项目	GB/T 7701.2-2008	CJ/T 345-2010	AWWA B604-2018	EN 12915-1-2009	JWWA A114-2006
碘吸附值/(mg/g)	≥800	≥950	≥500	≥600	≥900
亚甲蓝吸附值/(mg/g)	≥120	≥180	/	/	≥150
苯酚吸附值/(mg/g)	≥140		/	/	
酚值/(mg/L)	/	≤25	/	/	≤25
ABS值	/		/	/	≤50

准CJ/T 345-2010中的指标设定已经达到或者超过其他国外标准要求。

(3) 我国国标GB/T 7701.2-2008在技术指标上有一些不完善,如:粒度分布、有效粒径、均匀系数、耐酸度、耐碱度等技术指标都没有体现在标准中,而缺少这些技术指标不能完全满足饮用水处理的要求。

(4) 我国高标准的活性炭会给使用方带来采购成本增加的问题,且不同地域或者不同用途的水资源需要针对的过滤问题也不同。所以应该根据自身特点合理选择产品以及技术指标要求,不能片面追求高指标的活性炭。

### 3 对策建议分析

#### 3.1 我国活性炭标准存在问题分析

我国活性炭标准中,对高端活性炭产品的标准制定参与度不够。按国外用户要求生产产品,使用的是用户指定标准,尤其是检测标准,通常为ASTM标准。相比之下,我国活性炭标准还存在差距。

#### 3.2 提升活性炭产业发展的对策建议

经过多年的发展,活性炭已经逐渐从工业用吸附剂转变为一种用途广泛的基础性材料。今后随着世界经济不断发展、人们生活水平进一步提高以及各国对食品医药安全标准、环境保护标准的日趋严格化,活性炭的传统应用市场将随之稳步扩大。此外,随着人们对活性炭研究的不断深入,活性炭作为能量吸附剂、电极材料等新兴应用领域的开发也日益加快,其未来的应用领域和应用数量都将快速递增。我国应该把握住时机,稳固自身传统优势产品的同时,加大对活性炭新兴领域应用技术和产品的研发。

#### 3.2.1 加强技术创新

创新带来活力,开发特种活性炭、功能性活性炭,进行深加工提高附加值。发展高档活性炭,比如:山西华青活性炭集团有限公司研发出压块活性炭。山西新华防化装备研究院有限公司开发的沥青基球形活性炭。科技创新可大幅提高活性炭产业高端产品生产技术水平,促进产品升级换代,改善活性炭产业整体结构,推进相关产业转型跨越发展。

#### 3.2.2 建立完善的活性炭标准体系

我国现行有效标准中标龄超过10年的活性炭标准占总数量的57.14%,可以结合当前活性炭技术发展和未来趋势合理进行标准修订。以山西省为例,作为我国煤质活性炭的主要产地之一,山西省拥有优势产品,却没有相应的标准。建议先从制定团体标准和地方标准开始。

为了提升活性炭在国内的应用,拓展使用范围,提高产品在国际市场的竞争力,应通过对比国内与国外活性炭的标准及试验方法,完善国内活性炭指标体系,建立国内活性炭标准体系。

#### 3.2.3 自主研发或参与国际标准制定

本次调研没有查到有关活性炭产品方面的国际标准,只有1个ISO制定的活性炭试验标准。

#### 3.2.4 提高企事业单位对标准的认识及参与制定标准的积极性

由于我国活性炭领域的人才培养、产品研发、生产工艺方面一直处于相对落后地位,活性炭产品的标准、合格评定、认证认可等方面的“话语权”长期以来一直由发达国家(如:美国、欧盟等)把握,这需要政府在人才培养、技术研发等方面给予企业更多的税收优惠和奖励政策。

### 3.2.5 在保护煤源政策方面对中小企业给予优惠政策

(1) 在煤源问题上,对能够生产活性炭的煤资源加以保护性开采,保障生产活性炭的原料煤能够稳定供应;(2) 活性炭企业大部分是小企业,应在税收方面给予优惠;(3) 活性炭企业用煤是作为生产原料,不是作为燃料来消耗的,制定合理的能耗标准,建议把活性炭行业从“两高”行业中删除。

### 3.2.6 延伸产业链,以应用带动市场

活性炭应用装备的开发是延伸产业链的一个新途径。国外企业很多是以制造装备为重点,以此提升产品附加值。国内活性炭企业应深入了解市场需求,根据用户需要加工活性炭防护设备。活性炭应用装备在众多领域都有应用,可以先从环保设施入手,然后再向化工、冶炼、食品、电子等行业扩展。开发活性炭使用综合技术,扩展活性炭的功能。通过联用技术的开发,在活性炭应用上取得新突破,推动活性炭产业的大发展。

#### 参考文献

- [1] 梁大明. 中国煤质活性炭[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.9.
- [2] 李景乐, 解炜. 水深度净化用活性炭的指标及选择[J]. 煤炭加工与综合利用, 2021(08): 85-88.

---

( 上接第85页 )

#### 参考文献

- [1] API. Standards[EB/OL]. <https://www.api.org/products-and-services/zh/standards>.
- [2] API Standard 20N, Heat Treatment Services—Continuous Line for Equipment Used in the Petroleum and Natural Gas Industry[S].
- [3] API Specification 20A, Carbon Steel, Alloy Steel, Stainless Steel, and Nickel Base Alloy Castings for Use in the Petroleum and Natural Gas Industry[S].
- [4] API Specification 20C, Closed Die Forgings for Use in the Petroleum and Natural Gas Industry[S].
- [5] API Specification 6A, Specification for Wellhead and Tree Equipment[S].
- [6] API Specification Q2, Quality Management System Requirements for Service Supply Organizations for the Petroleum and Natural Gas Industries[S].