

《煤气化细渣富集炭基污水用吸附剂》

编制说明

(征求意见稿)

征求意见稿

标准编制组

2026 年 1 月

目 录

1 工作简况.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 标准主要起草编制单位.....	1
1.3 标准研究及编制过程.....	1
2 行业概况.....	1
2.1 气化渣的来源、属性特征及应用.....	1
2.2 水处理技术对比.....	11
2.3 活性炭污水处理的现状及问题.....	13
3 标准制定修订的必要性、原则及思路.....	18
3.1 标准制定的必要性.....	18
3.2 标准制定的原则.....	19
3.3 标准制定的思路.....	20
3.4 标准制定的技术路线.....	21
4 相关标准.....	22
4.1 净水用活性炭相关国家标准.....	22
4.2 净水用活性炭相关行业标准.....	24
5 标准主要技术内容.....	25
5.1 标准名称.....	25
5.2 标准适用范围.....	25
5.3 规范性引用文件.....	26
5.4 术语和定义.....	26
5.5 技术指标.....	26
6 文献检索情况.....	29
7 其他标准检索到的关系.....	30
8 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系.....	30
9 重大分歧意见的处理经过和依据.....	30
10 标准属性.....	30
11 废止现行有关标准的建议.....	30
12 其他应予说明的事项.....	30
13 知识产权说明.....	30

1 工作简况

1.1 任务来源

中国煤炭加工利用协会 2024 年 5 月 6 日发布了“关于公布 2024 年度第一批中国煤炭加工利用协会团体标准制定计划的通知”（中煤加协〔2024〕17 号），下达里《气化渣基净水炭》团体标准制定计划，计划编号为：2024004。该标准由中国煤炭加工利用协会提出并归口，由煤炭科学技术研究院有限公司负责组织编制工作。

1.2 技术要求

完成标准研究和编制任务，制定《气化渣基净水炭》团体标准，并通过由中国煤炭加工利用协会组织的专家审定。

1.3 标准研究及编制过程

2025 年 7 月，项目立项通过，启动项目编制。

2025 年 8 月，组建标准起草组，制定编制计划。

2025 年 9~10 月，完成《气化渣基净水炭》 标准草案及编制说明编制。

2025 年 11 月，组织召开了《气化渣基净水炭》团体标准启动会及初稿讨论会。会上，标准编制组对标准的编制背景、主要内容、现阶段进展及后续工作计划进行了详细汇报，5 位专家对标准草案提出了宝贵意见，根据专家意见将标准名称修改为《煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂》。

2025 年 12 月~2026 年 1 月，根据初稿讨论会专家意见和建议，完善标准文本及编制说明形成征求意见稿。

2 行业概况

2.1 气化渣的来源、属性特征及应用

2.1.1 气化渣的来源

煤气化是煤炭清洁高效利用的核心技术之一，是现代煤化工的龙头。煤气化经过 200 多年的发展，形成了上百种炉型，工业化的炉型数十种之多，煤气化技术有固定床、流化床、气流床 3 种，（1）固定床气化工艺以块煤（6~50 mm）

为原料，煤从气化炉顶部加入与气化剂逆向接触完成气化过程，该工艺大都为固态排渣，与其他工艺相比碳含量较高；（2）流化床气化工艺采用0~10 mm碎煤为原料，气化剂同时作为流化介质由气体分布板自下而上经过床层，原料处于剧烈的搅动和返混，煤气夹带70%~80%的灰渣和未完全反应的炭粒从炉顶流出，少量渣粒由炉底排出；（3）气流床气化是以粉煤(<0.075 mm)为原料，被气化剂高速携带喷入气化炉，粉煤颗粒在高温环境中生成合成气，未转化的炭及煤灰被气流带出并以熔融态存在，经急冷后由气化炉底部排出，部分细粒灰渣被合成气夹带洗涤后收集。

煤在不同气化工艺中在炉内的流动状态不同，但所有煤气化技术在高温转化过程中，煤在炉内反应历程相似，颗粒快速分解，气化剂扩散到颗粒内部与有机可燃组分发生气化反应生成煤气，煤在气化炉中经历了燃烧、气化等热转化过程后，煤中矿物质和其他无机组分先后经历了破裂、团聚和熔融等过程，最终与部分未参与反应的煤或煤焦形成熔渣，一部分熔渣附着在气化炉壁，以熔融态沿壁流入炉底经激冷凝固形成粗渣，最终从气化炉底部排渣口排出，粗渣粒径主要在3.75~9 mm，占气化渣总量的60%~80%，另一部分以飞灰的形式伴随煤气从气化炉顶部排出，经过水淬和过滤得到细渣，粒径大都<1.5 mm，占渣总量20%~40%，未气化的碳进入气化渣中形成残炭。据统计我国每年煤气化渣的排放量超过5000万t，大量的煤气化渣会对生态环境造成较大污染。

2.1.2 气化渣的资源环境属性

气化渣是煤化工项目中典型的固体废弃物，煤化工项目的废渣主要由气化渣、污水厂三泥、废催化剂、杂盐等组成，气化渣占废渣总量的比例超过90%以上。随着煤气化技术的广泛应用，气化渣的排放量也日益增加。目前，煤气化渣的综合利用率较低，主要处理方式仍为堆存和填埋。长期的堆存及填埋会占用大量土地资源，每增加1亿吨，占用土地面积约0.5万亩，每年处理气化渣将需要占用一千多亩的土地资源。另外，煤气化渣中较细的颗粒，容易在堆存和运输过程中受到风力作用产生扬尘，有些微粒易被人体吸入，影响人体健康。煤气化渣中还含有部分未反应完全的残炭和不完全燃烧产生的挥发性有机污染物，具有一定潜在风险。

原煤经煤气化过程会造成一些有毒有害重金属元素从原煤富集于气化灰渣

中，在堆积储存和利用过程中可能会对生物和环境造成一定程度的毒害作用。其中砷的毒性是阻碍和巯基人体有关酶的作用，铅进入人体会阻碍血液的合成，镉会危害植物叶片的生长，镉中毒可引起人体肾功能障碍，铬是致癌元素，同时也会导致畸形与突变，镍可导致肺癌及鼻癌等呼吸道癌症，铜会对人体肝胆造成影响，过量的锌对人体有致癌作用等等。Ba、Cr、Pb 易于富集于粗渣中，As、Ba、Cr、Pb、Zn 富集于滤饼中，Cd 和 Cr 对环境具有较高的潜在危害性，微量元素 As、Se、Cd、Sb、Tl、Pb 倾向于富集在粒度较小、比表面积较大的煤气化细渣中。随着地球化学过程、水文条件和 pH 值的变化均会影响固体废弃物中重金属的迁移。此外，当大量堆存的化渣暴露在地表水或雨水中时，有害的微量元素能够被淋滤和转移到地下水系统中，极易造成环境污染。

总之，气化渣是一种固体废弃物，也是一种错位资源，为了实现煤气化技术的零排放与可持续发展，气化渣的减量化和资源化利用技术开发对煤气化企业规模化高效生产具有重要意义。

2.1.3 气化渣的理化特性

煤种的不同、气化工艺条件以及进料形式的不同均会导致气化渣组分存在差异，然而，不同来源的气化渣晶相主要是非晶态玻璃体，占总量的 67%以上，主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 及残炭，含量超过 90%。不同气化渣的形态在不同工艺技术（炉型、操作条件）下的赋存形态分为两类，一类是表面致密光滑，一类则是疏松多孔。气化渣形成过程中， SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 组分含量对煤灰熔体形态有影响，继而形成不同的煤灰渣型式，包括玻璃渣、晶体渣、塑性渣，气化渣呈现玻璃渣状表明气化工况运行良好，生产稳定。

2.1.3.1 气化渣的主要组分特性

(1) CaO 。一定量的 CaO 能作为辅助胶凝剂广泛应用于混凝土中，它提高了混凝土的耐久性，减少混凝土的渗透性，改进混凝土耐腐蚀性。但生石灰含量超过一定数值，不适合加入某些特殊用途的混凝土中，例如超过 20%成分的高钙粉煤灰。

(2) SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 。这三种氧化物在气化渣形成中对灰熔融性有影响。 Al_2O_3 含量的比例越大，灰熔融性越高； Fe_2O_3 则是降低灰熔点及灰渣黏度

的组分； SiO_2 是煤灰成分中含量最高的组分，使煤的灰熔融特性变差，黏度升高，但它可与 CaO 形成低熔点的物质。

(3) MgO 、 SO_3 。 MgO 含量一般很少， MgO 和 SiO_2 可以形成低熔点的硅酸盐，含 MgO 的气化渣用于水泥和混凝土的掺杂，在水化反应后生成的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 由于体积膨胀会影响水泥的安定性，因此在实际应用时需要进行安定性试验以判定影响； SO_3 以硫酸盐的形态存在，它掺混到混凝土之后会和水泥发生水化作用，加剧混凝土体积的不稳定，降低混凝土的性能。根据《用于水泥和混凝土中的粉煤灰(GB/T 1596-2018)》国家标准，对其含量有限定要求。

(4) 烧失量。烧失量是没有被完全燃烧殆尽的物质，一般是没有完全燃烧的炭粒，这种炭粒是多孔海绵状结构。炭粒数量过多会增加新拌和混凝土的掺水量，降低混凝土的强度和耐久性。为此，需要尽可能多的降低烧失量。一般可用于水泥和混凝土中的气化渣的烧失量不得高于 10%。

2.1.3.2 气化渣的分类特性

根据气化炉中的出渣位置和粒度大小，气化渣分为粗渣和细渣，两种气化渣相比，粗渣残碳量比细渣低，机械强度比细渣高，这种差别主要是因为细渣在气化炉内被气流快速携带，停留时间较短，气化不太完全，煤粉转化率较低，粗渣在炉内停留时间较长，气化较完全，煤粉转化率相对较高，导致细渣的残碳量较高而密度较低，气化渣的成分和性质主要与原煤种类、进料方式以及气化炉类型等因素有关。

神华宁煤集团大甲醇厂采用四喷嘴对置式气化炉，细渣含碳量为 20.61%，粗渣含碳量不高于 3.1%；小甲醇厂采用 Texaco 气化炉，细渣含碳量高达 31.28%，粗渣含碳量不高于 3.6%；烯烃公司采用 GSP 气化炉，细渣含碳量为 21.44%，粗渣含碳量不高于 2.05%；神华包头煤化工公司采用 GE 气化炉，细渣和粗渣含碳量分别为 22.0% 和 4.8%。粗渣和细渣含碳量呈现显著的差异、碳硅铝资源的化学组成特点和其特殊的矿相构成是其资源化利用的基础。

表 1 煤气化渣化学性质

气化渣种类	炉型	质量分数/%										
		Al_2O_3	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	TiO_2	SO_3	烧失量	
粗渣	SE 炉	25.58	43.9 8	11.0	9.93	0.75	0.91	0.82	0.97	0.96	4.90	0.30
		16.57	34.8	6.77	4.80	0.73	1.06	0.66	0.77	0.81	32.80	0.23

			0									
粗渣	多喷嘴对置式炉	11.30	33.6 5	14.1	14.11	1.19	1.14	1.84	0.53	1.12	18.79	2.22
细渣			24.9 5	10.75	11.9	12.59	0.97	1.60	1.46	0.61	2.26	30.57
细渣	常压循环流化床 气化炉	20.51	27.3 7	3.54	3.48	0.77	0.52	0.59	0.77	3.06	39.08	0.31
粗渣	Texaco 炉	12.72	41.1 2	12.9	4.98	1.94	1.49	1.23	0.61	-	18.89	4.14
细渣			32.2 0	8.87	4.33	2.49	1.23	0.54	0.69	0.52	-	36.12

2.1.4 气化渣的区域分布特征

2.1.4.1 与煤炭资源富集区正相关

(1) 华北地区：山西、内蒙古、陕西三省是我国煤炭资源最丰富的地区，同时也是现代煤化工产业的核心区。其中内蒙古鄂尔多斯，拥有大唐克旗煤制气、中天合创煤制烯烃等百万吨级项目，气化渣年产量占全国 30%以上；陕西榆林，作为国家级能源化工基地，煤制油（陕煤化）、煤制烯烃（延长中煤）项目密集，渣量随产能扩张持续上升。

气化渣存在堆存压力。山西、内蒙古等地气化渣历史堆存量已超亿吨，占用土地且存在重金属渗滤风险。尽管气化渣可用于建材（水泥掺合料、路基材料），但跨区域运输成本高，本地消纳能力不足，导致综合利用率不足 40%。

(2) 西北地区：新疆、宁夏依托煤炭低价优势，布局大型煤制气、煤制烯烃项目。其中新疆准东，规划煤制气产能超百亿立方米，气化渣产量随项目投产快速增长；宁夏宁东：神华宁煤 400 万吨煤制油项目每年产生超 200 万吨气化渣，占宁夏总产量的 80%。

表 2 我国气化渣全国分布统计

省份	产量/万吨/年	核心项目	特点	备注
内蒙古	1000–1500	鄂尔多斯煤制气（大唐）、煤制烯烃（中天合创）、煤制油（伊泰）。	项目规模大、技术先进，但渣量仍居全国首位。	
陕西	800–1200	榆林煤制油（陕煤化）、蒲城煤制烯烃（延长中煤）。	煤化工园区集中，渣量随烯烃产能扩张持续增长。	
山西	600–1000	晋北煤制气（同煤）、传统合成氨/甲醇厂改造项目。	传统工艺占比高，渣产率较高，环境治理压力大。	

新疆	500–800	准东煤制气（中石化）、伊犁煤制烯烃（新天煤化）。	煤质适宜气化，但远离消费市场，渣资源化难度大。	
宁夏	400–600	宁东煤制油（神华宁煤）、宝丰能源煤制烯烃。	单一项目渣量占比高，集中于宁东能源基地。	
山东	200–300	兖矿煤制甲醇、鲁南化工合成氨。	中小型传统项目为主，渣量稳定但增长潜力有限	
江苏	100–200	索普集团醋酸合成气、恒盛化工甲醇。	依赖外省煤炭运输，渣量受成本制约。	
辽宁	50–100	阜新煤制天然气、抚顺传统煤化工。	老旧设备占比高，渣产率偏高。	
贵州、安徽				煤化工规模较小，年产量不足 50 万吨，未列入主要统计范围。
云南、甘肃				个别煤制化肥项目，渣量分散且数据不透明。

2.1.4.2 与煤气化技术密切关联

固定床气化工艺：传统技术（如 UGI 炉）渣产率高（约 20%），但污染重，主要分布于山西、河南等传统煤化工区。

气流床气化工艺：现代技术（如 Shell 炉、航天炉）渣产率低（约 5%），但应用广泛，集中于内蒙古、陕西等新建项目。

技术升级影响：新型干法气化技术推广后，渣量显著下降，但部分老厂仍沿用传统工艺，导致区域间渣量差异显著。

2.1.5 气化渣的排放特征

气化技术作为清洁能源利用和废弃物处理的重要手段，在煤化工、生物质能源和城市固体废物处理等领域发挥着越来越重要的作用，然而，气化过程中产生的气化渣固废排放问题却鲜受到关注。事实上，气化渣的排放特征直接影响着其后续处理处置方式的选择和环境风险的管控。

气化渣的形成与气化工艺条件密不可分。气化根据气化温度的不同，可分为高温气化（>1300°C）、中温气化（900-1300°C）和低温气化（<900°C）。温度差异直接决定了气化渣的矿相组成和形态特征。高温条件下，原料中的矿物质组

分更易形成玻璃态物质，渣呈熔融态排出后急冷形成玻璃体；而低温气化渣则保留了更多原料的矿物特征。气化介质（空气、氧气、水蒸气等）的组成则通过影响氧化还原氛围，决定了渣中重金属的赋存形态。此外，原料特性尤其是灰分组成（ SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 等含量）直接决定了渣的化学组成和熔融特性。

2.1.5.1 气化渣排放的复杂性与多样性

气化渣的物理特性呈现出明显的多样性。颜色从浅灰色到深黑色不等，取决于原料组成和气化条件。粒径分布范围广泛，从细粉状($<0.1\text{mm}$)到块状($>50\text{mm}$)均有出现，这主要受气化炉型、排渣方式和冷却过程影响。例如，流化床气化炉产生的渣通常较细，而固定床熔渣气化炉则产生玻璃态块状渣。密度一般在 $2.0\text{-}3.0\text{g/cm}^3$ 之间，孔隙率变化较大，特别是熔渣经急冷后可能形成多孔结构。值得注意的是，某些气化渣具有自粉化特性，即存放过程中因矿物相变导致体积膨胀破裂，这一特性对储存和运输提出了特殊要求。

从化学组成角度看，气化渣的主要成分与原料灰分类似，包括 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 MgO 等氧化物，但各组分比例因气化过程的选择性挥发而发生变化。与焚烧底灰相比，气化渣通常含有更高比例的残碳（LOI在1-20%不等），这是因为气化过程追求的是可燃气体产率最大化而非完全燃烧。重金属含量（如 Pb 、 Zn 、 Cu 、 Cr 、 Ni 等）取决于原料来源，但其赋存形态因气化还原环境而更倾向于还原态，影响了后续的浸出行为。高温气化渣中重金属往往被包裹在玻璃基质中，降低了其环境迁移性；而低温气化渣中重金属则可能以更易浸出的形态存在。

2.1.5.2 气化渣排放的时空异质性

从时间维度看，连续运行的气化装置（如大型煤制气工厂）的排渣具有持续性，渣量稳定；而间歇式气化设施（如某些废弃物处理厂）则呈现周期性排放特征。从空间分布看，气化渣的排放强度与区域产业结构密切相关，在煤化工集中区域（如中国西北部）和大型废弃物处理中心周边地区形成排放热点。统计数据显示，煤气化过程中渣产率约为原料量的5-30%，生物质气化约为1-10%，而城市固体废物气化渣产率可达原料量的10-25%。这种差异主要源于原料灰分含量和气化效率的不同。

2.1.5.3 气化渣排放的环境行为

气化渣排放的潜在影响主要体现在三个方面。物理影响包括细颗粒物的扬尘污染，特别是在干燥气候条件下；化学影响主要关注重金属和可溶性盐类的浸出风险，长期堆放可能导致周边土壤和地下水污染；生态影响表现为高 pH 值（特别是含钙量高的渣）对周边植被的可能伤害。气化渣的浸出毒性普遍低于焚烧飞灰，但高于天然土壤背景值，需根据具体成分进行评估。另外，某些气化渣还存在纳米颗粒和持久性自由基等新兴污染物。

2.1.6 气化渣应用现状

气化渣分为粗渣和细渣，碳含量呈现显著差异，因此气化渣的应用分为气化粗渣和气化细渣两方面的应用。

首先，气化粗渣的成分与锅炉灰渣相似，目前，气化粗渣的有效处理程度不高，主要通过堆放或者填埋；由于气化粗渣烧失量满足国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596-2017 的指标要求，因此，气化粗渣具有与水泥、混凝土等建材原料相似的成分和特性，当前也与锅炉灰渣一并利用，作为水泥、混凝土、墙体材料等建材的原料和道路桥梁等掺混原料使用。

其次，气化细渣富含硅铝等金属和较高的残碳，细渣的烧失量远超过 GB/T 1596-2017《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》国家标准，不能直接用作建筑、道路材料。气化细渣较高的残碳量，不利于其用于水泥和混凝土原料，残碳本身属于多孔惰性物质，不仅会增加新拌混凝土的需水量，造成混凝土泌水增多，干缩变大，降低强度和耐久性，还会在颗粒表面形成一层憎水膜，阻碍水化物的胶凝体和结晶体的生长与相互间的联结，破坏混凝土内部结构，造成内部缺陷，从而降低混凝土的性能，特别是降低了混凝土的抗冻性。当前，利用细渣的主流方式是将细渣掺入到燃料煤中，送入循环流化床锅炉燃烧，得到的炉渣与锅炉炉渣一起利用，得到的飞灰并入到锅炉粉煤灰的资源化利用中。然而，气化细渣用于锅炉掺烧，水分高、残炭较低、热值不够，而用于水泥替代剂，残炭较高限制了掺入比例，炭灰相互制约，阻碍了其资源化利用。

表 3 煤气化渣制备砌体材料、掺制水泥和混凝土以及作为道路材料的

利用方式、方法及效果

项目	利用方式	利用方法	利用效果
煤气化渣制备砌体材料	掺入水泥、粉煤灰、黏土、石膏、石灰等活性材料混合制备砌体材料。	采用常规的物理方法如干压法、半干压法、蒸压法、烧结法，通过混合、	制备出符合标准的墙体材料如建筑用砖、粉煤灰砖、烧结灰砖、煤灰水浸

		消化、压制成型、蒸压养护制备而成。	砖、免烧砖等。
煤气化渣掺制水泥和混凝土	用煤气化渣代替矿渣、硅质原料或集料等,煤气化细渣更适合制备水泥或特殊的混凝土(如泡沫混凝土),而煤气化粗渣更适用于混凝土。	掺制	能制备出性能优良的水泥和混凝土
煤气化渣作为道路材料	作为填料改性特殊道路材料,或是直接作为路基材料或路面基层材料	煤气化渣经筛分、磁选去除有色金属,筛选出粒径较大的粗渣,与骨料、砂浆材料混合	制备道路材料,改善路面的抗裂性,提高耐久性,提高混合料的密实度和强度。

表4 煤气化渣作为其他建筑材料的分析

用途	加工方式	材料特性	
		优点	缺点
制备氯化铝	将煤气化渣酸浸进行固液分离,聚合而成	铝活性高,矿相稳定,反应活性低	程序复杂,生产条件苛刻,严格控制反应条件
用于工程回填	对煤气化渣的含碳量进行鉴定,满足回填要求	重金属浸出率低,风险低,易成浆,强度和稳定性高	尚未有可进行回填的含碳量具体范围的研究
生产玻璃纤维、陶瓷	粉碎研磨,加水成浆,注具成型,脱膜干燥,烧结	强度高、吸水率良好、耗能小,重金属浸出毒性低	处于研究阶段,技术复杂,投资大,风险高
生产介孔材料(吸附材料、泡沫陶瓷)	高温烧结、煅烧	硅元素含量高,多孔蜂窝状不规则结构	
生产保温、隔热材料	煤气化渣进行加热、加压	绝缘效果良好	

2.1.7 气化渣利用问题分析

2.1.7.1 利用成本高

工艺条件不同导致煤气化渣中残碳量不同,气化渣残碳普遍较高,烧失率变高,影响综合利用效果。在实际生产中由于分选富集过程受温差、设备稳定性、仪器精密程度、含氧量高低等因素的影响,很难保证气化渣的残碳含量,目前通常通过提高反应温度、压力、含氧量来保证低残碳量的要求,但由于生产过程中投资高、效率一般、人工成本高等因素的影响,煤气化渣中的残碳含量较高的问题目前尚未得到较好的解决。同时,由于工艺复杂,现有的利废企业投资大,效益低,致使利废项目难以生存,综合利用产业发展缓慢,循环经济产业链的规模还远未形成。

2.1.7.2 综合利用率低

中国对工业固废的综合利用技术总体上不成熟,综合利用率低,产业规模小。宁东能源化工基地工业固废综合利用率不足35%,主要利用项目有水泥粉磨站、商品混凝土搅拌站和粉煤灰蒸压砖生产线,炉渣(包括镁渣、气化炉渣、锅炉渣)的综合利用率不到30%,其中气化渣的利用率更低。现有的废弃物综合利用率远低于2019年国家发改委、工业和信息化部的《关于推进大宗固体废弃物综合利用产业聚集发展的通知》中指出的基地废弃物综合利用率达到75%以上的标准。煤化工项目规模不断扩大,气化渣产生量日益增多,较低的资源化利用率更加剧了气化渣的排存矛盾,使基地废弃物资源化利用与生态环境保护成为急需解决的突出问题。

2.1.7.3 规模化利用的差距

煤气化渣建筑材料资源化利用是其规模化消纳的重要途径,中国煤气化渣建筑材料资源化利用的4个方面基本处在实验室研究的起步阶段,即使是研究相对较多的气化渣制备砌体材料、掺制水泥与混凝土也与实现规模化利用的目标还有很大的差距。因此,煤气化渣建筑材料的资源化利用尚有诸多方面需进一步的深入研究,尤其缺乏在实验室研究基础上的基于实体工程的研究与验证。

2.1.7.4 气化渣的分类利用研究不足

气化渣的残碳含量直接影响综合利用的效果,气化粗渣与细渣的性质差别较大,与细渣相比,粗渣中的残碳含量低,粗渣中的残碳具有较低的孔表面积和孔容积,石墨化程度也比细渣的低,使得粗渣残碳气化反应活性高于细渣。此外,气化粗渣的强度高、稳定性高,获取方式简单,更适宜在较低成本条件下实现规模化生产的开发利用。气化细渣含碳量高、灰分中硅铝含量高、比表面积大、孔隙结构发达,具有火山灰活性,细渣的热值高但也未被充分开发利用。鉴于气化粗渣、细渣的性质差异,对这两者展开专门的分类研究十分有必要,并且将煤气化粗渣与细渣分开研究与利用已成为目前及以后的趋势,但目前的研究大多以气化细渣的相关研究为主,而对于占煤气化渣总量70%左右的气化粗渣研究不足。因此,根据煤气化粗渣与细渣的不同特点与性质,开展针对性的专门的分类利用研究,将有利于加快气化渣的资源化利用进程。

2.1.8 气化渣的功能碳材料资源化利用趋势

气化渣中炭灰相互之间的制约是阻碍其资源化利用的根本，也是气化渣分质综合利用的前提与基础，因此，气化渣的残碳和灰分分离尤其重要。现有煤气化渣脱碳技术主要有浮选法、重选法、燃烧法、电选法等，目前主要脱碳技术仍为浮选法，燃烧法和电选法研究较少，通过浮选分离技术得到的高含碳碳粉可直接用于燃烧设备的掺烧原料或制备吸附性功能碳材料，得到的低含碳灰粉可以用于制备化学活化剂、高值化材料和胶凝材料等高附加值利用方式，从而实现气化细渣的分级分质化利用。

气化渣固定碳含量普遍在 40-60%之间，存在大量未充分发展的孔隙结构，气化渣具有制备活性炭的天然优势，可采用现有成熟的活性炭制备工艺技术路线，包括脱灰预处理，活化扩孔，表面官能团修饰改性技术可精准调控吸附性能。气化渣作为废弃物，生产成本较商业活性炭降低 30-50%，因其具有可调控孔隙结构和优异的表面化学性质，在废水处理和气体净化环境修复、能源存储等领域展现出巨大潜力。

气化渣制备活性炭在技术、经济和环境三个方面均展现出显著的可行性，通过持续的技术创新，气化渣基活性炭产品性能已具备市场竞争力。未来需进一步开发低成本、低能耗的绿色工艺，着力解决规模化生产中的工程问题，拓展其在能源与环境领域的交叉应用，特别是要建立完善统一的气化渣基活性炭产品的质量标准体系，全面推动气化渣基活性炭在国内产业化应用。

2.2 水处理技术对比

2.2.1 污水中的污染物

几十年来，世界自然水体的健康状况一直在下降。迅速扩大的工业活动、农业影响以及全球人口不断增长的影响，都导致了水系统中污染物种类的增加。水污染物主要由天然污染物和人工污染物构成，每种成分对人体健康都有不同程度的影响。

天然污染物包括伴随着无数动植物分解产生的天然有机质（腐植酸、黄腐酸、蛋白质等）和微生物（细菌、病毒、原生生物）等。目前主要采用絮凝、沉淀、过滤、吸附和氯消毒等传统方法来去除天然污染物。但是由于不同水源的混合物种类不同，导致吸附受季节、温度、环境变化明显，去除效果较差。此外，采用氯消毒必须严格符合国家环境要求，而且氯消毒并不能捕获所有的微生物，后期

还存在向生态系统潜在释放的可能性。

人工污染物包括来自工业活动产生的合成有机污染物（如染料、塑化剂、化妆品、药品等）、无机污染物（重金属离子如 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Cd^{2+} 等）和农业活动产生的污染物（杀虫剂、肥料等）。人工污染物通常采用吸附、过滤、反渗透和沉降等方式处理，但是由于污染亲水性不同、分子量范围广、化学性质差异大等原因，导致处理效果不尽人意。

2.2.2 污水的分类及处理

污水是指受到物理、化学或生物污染的水体，来源广泛，成分复杂，对环境和人类健康构成威胁。污水的分类主要基于来源、污染物性质、处理难度及危害程度等因素。

污水的来源决定了其主要污染物种类和浓度，因此按来源分类是最常见的分类方式。按照污水来源可分为 4 类，（1）生活污水：来自居民区、商业区、公共设施等日常生活活动产生的废水；（2）工业废水：工业生产过程中排放的废水，其成分因行业不同差异极大；（3）农业废水：来自农田灌溉、畜禽养殖及农产品加工；（4）雨水径流：初期雨水冲刷地面后携带大量污染物。

根据污水中主要污染物的化学性质，可将其分为 3 类：（1）有机废水：主要含碳水化合物、蛋白质、脂肪等（如食品、酿酒废水）；（2）无机废水：主要含酸碱、重金属、盐类（如电镀废水、矿山废水）；（3）混合废水：生活污水、部分工业废水（如印染废水）同时含有机物和无机物。

按处理难度分为 3 类：（1）易降解废水：生活污水、食品加工废水；（2）难降解废水：如制药、石化废水（含抗生素、多环芳烃）；（3）高浓度废水：如酒精废水（ $COD > 10000 \text{ mg/L}$ ）。

表 5 污水类别、特点和典型处理工艺

分类依据	污水类别	污染物	特点	典型处理工艺
来源	生活污水	1 厨房废水：含油脂、食物残渣、洗涤剂等有机物； 2 洗涤废水：含肥皂、洗衣液、微塑料等； 3 厕所废水：含粪便、尿液、病原微生物（如大肠杆菌）； 4 其他生活废水：如洗澡水、地面冲洗水等。	1 有机物含量较高（ BOD_5 通常 100-300 mg/L）； 2 含氮、磷等营养元素，易引起水体富营养化； 3 病原微生物较多，需消毒处理。	1 物理处理（格栅、沉砂池）； 2 生物处理（活性污泥法、生物膜法）； 3 深度处理（消毒、过滤）。

	工业废水	1 有机废水(如食品加工、造纸、制药废水)：含高浓度 COD、BOD，可生化性较好； 2 无机废水(如电镀、冶金、电子行业废水)：含重金属(Cr、Cd、Pb)、酸碱、氰化物等； 3 高盐废水(如化工、海水淡化废水)：含高浓度盐分，难生物降解； 4 含油废水(如石油、机械加工废水)：含石油类、乳化油等。	1 污染物浓度高，部分含剧毒物质(如重金属、持久性有机污染物)； 2 可生化性差，需预处理； 3 部分行业废水温度高、pH 极端(如酸洗废水 pH<2)。	1 物理化学法(混凝沉淀、气浮、吸附)； 2 化学法(氧化还原、中和)； 3 生物法(厌氧-好氧组合工艺)； 4 膜分离技术(反渗透、超滤)。
	农业废水	1 农田径流：含氮、磷肥料，农药残留； 2 养殖废水(如养猪场、养牛场)：有机物浓度高(COD 5000 mg/L)、氨氮、病原体； 3 农产品加工废水(如屠宰场、乳制品厂)：含血水、脂肪、蛋白质等。	1 氮、磷含量高，易导致水体富营养化； 2 部分含抗生素、激素(如养殖废水)； 3 悬浮物(SS)较高。	1 厌氧消化(UASB、IC 反应器)； 2 人工湿地(生态处理)； 3 生物塘(稳定塘)。
	雨水径流	1 道路雨水：含油类、重金属(Pb、Zn)、微塑料； 2 建筑工地雨水：含泥沙、水泥浆； 3 农业区雨水：含农药、化肥。	1 初期雨水污染较重，后期较清洁； 2 悬浮物(SS)高，部分含油类。	1 雨水调蓄池； 2 沉淀+过滤； 3 生态滞留池。
污染物性质	有机废水		可生化性好，适合生物处理；	
	无机废水	电镀废水、矿山废水；	含酸碱、重金属、盐类	化学沉淀、离子交换等物化处理
	混合废水	生活污水、部分工业废水(如印染废水)	同时含有机物和无机物；	组合工艺处理
处理难度	易降解废水	生活污水、食品加工废水		常规活性污泥法
	难降解废水	制药、石化废水	含抗生素、多环芳烃	高级氧化(Fenton、臭氧)或膜技术
	高浓度废水		COD>10000 mg/L	厌氧预处理(UASB)

2.3 活性炭污水处理的现状及问题

活性炭在污水处理方面具有巨大的发展前景和潜在的应用价值。活性炭在水处理方面的优势体现在以下几个方面：处理程度高，可用于饮用水及污水的深度处理；广谱吸附，对废水中绝大多数污染物都有效，包括无机物和有机物；可再

生，重节约活性炭的用量；节约工业原料，可回收废水中的酚类物质，避免产生二次污染；操作简单，分离方便。

2.3.1 活性炭生产状况

活性炭是一种由含炭材料，如煤、木材和各种果壳等通过物理和化学方法进行破碎、筛分、成型、炭化、活化、成品处理等一系列工序加工制造而成的外观呈黑色，内部孔隙结构发达、比表面积大、吸附能力强的优良吸附剂，广泛应用于环保、化工、食品、医药、轻纺、冶金、电力、国防及日常生活领域。

根据原料不同，活性炭可分为木质活性炭、果壳类活性炭（椰壳、杏核、核桃壳、橄榄壳等）、煤基活性炭和石油焦活性炭等。按外观形状可分为颗粒活性炭、粉状活性炭、其它形状活性炭（如活性炭纤维、活性炭布、蜂窝状活性炭等）；根据用途不同，可分为净化水用、净化空气用、脱色用、回收溶剂用、针剂用、防护用等多种用途活性炭。由于其耐酸、耐碱、耐热，且颗粒活性炭在吸附饱和后，可方便地再生，所以，活性炭是现代社会工业生产和环境保护中必不可少的炭质吸附材料。

（1）国外活性炭生产现状

随着世界工业的发展及环境保护要求的提高，世界范围内活性炭的生产量和消费量逐年增加。根据近五年（2019-2023年）（Grand View Research、Statista等）及贸易数据库（UN Comtrade）的公开信息）行业数据和研究报告，全球活性炭的总消耗量呈现稳步增长趋势，主要受环保法规收紧、水处理需求增加以及新兴应用领域（如电池材料、VOCs治理）的推动。2022年，全世界活性炭总消耗量达到200-250万吨，据预测，到2027年，全世界活性炭消费量预计可达到280-320万吨，预计年均增长率为6-8%。2019-2023年国外主要活性炭生产国及地区活性炭年生产能力及供需表6。

表 6 2019-2023 年国外主要活性炭生产国及地区活性炭年生产能力及供需一览表

序号	国家/地区	年生产能力 (万 t/a)	产量 (万 t/a)	进口 (万 t/a)	出口 (万 t/a)	消耗量 (万 t/a)	主要应用 领域
1	美国	40-45	35-40	8-10	12-15	30-35	水处理、食 品、环保
2	印度	25-30	20-25	2-3	15-18	7-10	制药、化工
3	日本	15-18	12-15	5-7	3-5	14-17	汽车环保、 精密化工

4	菲律宾	12-15	10-12	1-2	8-10	3-5	出口主导 (椰壳炭)
5	欧盟	30-35	25-30	15-18	10-12	30-35	空气与水 处理
6	印尼	20-25	18-22	0.5-1	12-15	6-8	椰壳炭出 口大国
7	马来西亚	10-12	8-10	1-2	6-8	3-4	棕榈壳炭 生产
8	拉丁美洲	8-10	6-8	3-5	4-6	5-7	矿业及水 处理

全球活性炭实际产量通常为生产能力的 80%-90%，受原料（椰壳、煤炭、木材）供应波动影响。菲律宾、印尼（椰壳炭为主），印度（低成本化学炭），欧盟和美国高端应用需求超过本土产能，发达国家（美、日、欧）因环保法规趋严，需求年增长约 3%-5%，东南亚国家因原料优势产量增长快，但本地消费量较低。

（2）国内活性炭生产现状

①煤基活性炭

煤基活性炭作为一种资源型产品，不同地区赋存的煤炭资源的特性决定了我国煤基活性炭传统产区主要集中在拥有优质无烟煤及侏罗纪烟煤的宁夏和山西地区；同时，新疆-乌鲁木齐周边地区由于拥有灰分含量低、活化反应活性高的烟煤，加上当地煤炭资源丰富，煤炭价格较低，近几年活性炭产业正逐步向新疆地区转移。

我国活性炭生产企业已由 80 年代初的几十家增加到目前的 300 余家，活性炭品种几十个，牌号达 100 多种，其中煤基活性炭生产企业 100 多家。我国活性炭年总产量由 2021 年的 82 万吨增加至 2022 年的接近 87 万吨（包括烟气净化用活性焦），其中 60%都是煤基活性炭。在山西，活性炭生产主要集中在大同和太原周边地区，主要以大同烟煤和陕北长焰煤为原料，采用物理活化法，生产原煤破碎活性炭、压块破碎活性炭和粉状活性炭等，产品主要用于水处理和各种液体净化等。宁夏回族自治区活性炭的生产主要集中在宁夏北部，主要以太西无烟煤为原料，采用物理活化法，生产柱状颗粒活性炭，产品主要用于气体净化和水净化。新疆地区多是以生产水处理用煤基压块破碎活性炭为主。木质活性炭、果壳等生物基活性炭等灰分含量较低，比表面积较大，可以用在食品脱色、油气回收等领域。此类生物基活性炭既可以利用化学活化法也可以用物理活化法生产，若

要生产柱状活性炭可以通过炭化-磨粉-成型后再生产。

②木质/果壳活性炭

在木质/果壳活性炭生产方面，国内生产企业主要位于福建、江西、浙江、贵州等有丰富森林资源的省份，其中福建、江西和浙江三省的产量分别为 25、12 和 8 万吨，合计占全国木质/果壳活性炭总产量 65%以上。

活性炭的生产量越来越大，应用领域也是越来越广泛，使用量也是越来越大。随着中国经济的快速发展对食品安全、环境保护日益重视，活性炭的使用已经深入到人们的生产和生活中，尤其是环保相关法律、法规颁布后，在饮用水深度净化、污水处理、烟气净化、废气治理及溶剂回收等领域需求量剧增。

2.3.2 活性炭净水处理的特点

（1）活性炭对水中有机物有卓越的吸附特性

由于活性炭具有发达的细孔结构和巨大的比表面积，因此对水中溶解的有机污染物，如苯类化合物、酚类化合物、石油及石油产品等具有较强的吸附能力，而且对用生物法和其它化学法难以去除的有机污染物，如色度、异臭、亚甲蓝表面活性物质、除草剂、杀虫剂、农药、合成洗涤剂、合成染料、胺类化合物及许多人工合成的有机化合物等都有较好的去除效果。

（2）活性炭对水质、水温及水量的变化有较强的适应能力

对同一种有机污染物的污水，活性炭在高浓度或低浓度时都有较好的去除效果。

（3）活性炭水处理装置占地面积小，易于自动控制，运行管理简单。

（4）活性炭对某些重金属化合物也有较强的吸附能力，如汞、铅、铁、镍、铬、锌、钴等，因此，活性炭用于电镀废水、冶炼废水处理上也有很好的效果。

（5）饱和炭可经再生后重复使用，不产生二次污染。

（6）可回收有用物质，如处理高浓度含酚废水，用碱再生后可回收酚钠盐。

2.3.3 活性炭在水处理方面的应用

活性炭是一种经特殊处理的炭，具有无数细小孔隙，表面积巨大，每克活性炭的表面积为 500~1500 平方米。活性炭有很强的物理吸附和化学吸附功能，而且还具有解毒作用。解毒作用就是利用了其巨大的面积，将毒物吸附在活性炭的微孔中，从而阻止毒物的吸收。同时，活性炭能与多种化学物质结合，从而阻止这些物质的吸收。在生产中应用的活性炭种类有很多，一般制成粉末状或颗粒状。

粉末状的活性炭吸附能力强，制备容易，价格较低，但再生困难，一般不能重复使用，颗粒状的活性炭价格较贵，但可再生后重复使用，并且使用时的劳动条件较好，操作管理方便，因此在水处理中较多采用颗粒状活性炭。

活性炭在水处理方面的优势体现在以下几个方面：处理程度高，可用于饮用水及污水的深度处理；广谱吸附，对废水中绝大多数污染物都有效，包括无机物和有机物；可再生，重节约活性炭的用量；节约工业原料，可回收废水中的酚类物质，避免产生二次污染；操作简单，分离方便。

近年来，随着城镇化发展，人们饮用水安全引起广泛关注，另外，随着工业化进程的不断加快，大量未经处理或处理未达标的工业废水直接排放到江河湖泊中，导致水环境污染加剧，在这些污水中，含有大量的对人体有害的有机物（如剧毒的氰化物成份）及铬、锌、镍等金属离子。活性炭具有很强的物理吸附和化学吸附功能，不仅可以吸附脱色除臭，还可以有效地去除有机和无机物质，因此，活性炭是目前水处理中普遍采用的深度净化吸附剂，可用于水质净化、废水处理、重金属回收等方面。

2.3.3.1 生活用水的活性炭净化处理

生活用水主要来自于自来水厂，自来水厂在提供生活用水的同时，也需要对水进行处理。针对生活用水的处理，自来水厂通常是以氯氧化消毒的方法，这种方法对水中的污染物质的处理效果并不是非常明显，甚至还可能会致癌等问题。因此，许多自来水厂在逐渐使用活性炭进行水处理，应用活性炭主要是利用它的吸附性能，具体措施为先对污水进行常规的处理，通常是在砂过滤之后使用活性炭，或者直接用活性炭过滤，大致流程为原水-添加混凝剂-澄清-过滤-活性炭吸附-出水。采用活性炭处理污水后，出水的水质能够达到生活用水的标准。

2.3.3.2 城市污水及有机工业废水的活性炭深度处理

城市污水及工业废水中以有机污染物为主，其中有的毒性较大，如酚类、苯类、氰化物、农药及石油化工产品等。目前采用的污水处理技术，一般将沉淀作为一级处理，去除有机及无机悬浮物；将活性污泥等生化处理法作为二级处理，去除能被生物氧化分解的溶解性有机物，由于排放污水水质的复杂化，经过二级处理后有些有机物不能被生物分解，出水仍达不到排放要求。在水资源缺乏的地区，由于考虑污水的再利用问题，对排放水质要求较高，因此，用活性炭吸附法去除污水中剩余溶解性有机物，已在城市污水和工业废水三级处理流程中，成为

有效的处理技术之一，已经得到广泛的应用。

2.3.3.3 重金属废水的活性炭深度处理

(1) 活性炭吸附处理电镀含铬废水。活性炭对 Cr^{6+} 有较好的去除效果，活性炭处理含铬废水时，活性炭即作为吸附剂，又作为还原剂， $\text{pH} < 3$ 时，可将吸附在活性炭上的 Cr^{6+} 还原成 Cr^{3+} 。活性炭处理浓度为 $5 \sim 6 \text{mg/L}$ 的含铬废水可达标排放。

(2) 活性炭处理含氰废水。以活性炭作为触媒载体，通过空气催化氧化法或活性金属负载的催化氧化法分解废水中的 CN^- 成为氰酸盐，再进一步水解成 CO_2 及 NH_3 等，实现氰化合物分解达到含氰污水净化的目的。

(3) 活性炭吸附处理含汞废水。活性炭吸附法适用于处理汞含量在 5mg/L 以下的废水。这种方法可与混凝等其他方法组合作用，处理电解氯碱厂和染料化工厂的含汞废水。我国生产水银温度计工厂排出的含汞废水，用活性炭吸附处理，汞的去除率高达 97% 以上，出水可达标排放，每公斤活性炭吸附汞可达到 2g ，饱和炭送到加热炉中燃烧，升华的汞经冷凝回收。

3 标准制定修订的必要性、原则及思路

3.1 标准制定的必要性

气化渣是煤化工生产过程中产生的固体废弃物，随着我国煤化工、生物质能源等行业的快速发展，气化渣的排放量逐年增加，不仅严重制约了企业的规模化发展，也极易造成土壤、水体污染及资源浪费。因此，国家出台了一系列政策法规，推动气化渣的资源化利用和无害化处理，促进绿色低碳循环经济发展。

2020 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议修订通过了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，于 2020 年 9 月 1 日施行，标志我国固体废物管理的核心法规全面启动，明确要求工业固体废物（包括气化渣）应进行减量化、资源化和无害化处理，企业需建立固废管理台账，并采取合理措施防止污染，对于违规排放或处置固废的行为，法律规定了严格的处罚措施。2021 年发改委制定了《十四五循环经济发展规划（发改环资〔2021〕969 号）》，推动大宗固废（如煤矸石、粉煤灰、气化渣等）的综合利用，支持建设工业固废资源化示范基地，推动循环经济产业链发展，基于气化渣特性和应用技术前期的

研究，我单位建议制定《煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂》团体标准。

活性炭孔隙结构发达、比表面积大，已经广泛应用于化工、冶金、食品及日常生活等多个领域，如利用活性炭进行水体净化、气体吸附/分离、烟气脱硫脱硝、食品脱色等方面。活性炭具有广谱的吸附性能，且化学稳定性强、应用成本低，在污水深度治理领域有着广泛的应用，特别适用于我国布局现代煤化工如大型煤制气、煤制烯烃等项目的省份，特别是山西、内蒙古、新疆、宁夏等西部煤炭富集的省份，现代煤化工项目数量较多，企业自身的环保投入能力有限，监管难度极大，另外，煤化工企业产生废弃物丰富多样，涵盖气化渣，污水，废气等，环保的设备采购和运行等费用大大提升了企业成本，严重制约企业规模化发展的障碍。借鉴煤制活性炭生产技术，气化渣也可通过活化调控生成丰富介孔结构的活性炭产品，不仅缓解气化渣堆放引发的环境危机，节省外委处理高昂的费用，活性炭也可用于企业自身生化尾水深度处理实现达标排放，以废治废，有助于解决煤化工企业气化渣高污染高处理成本的环境问题和经济问题。

然而，与煤相比，气化渣经过气化高温历练导致活性降低，用气化渣制备活性炭不仅要考虑原料气化渣的结构特征和气化渣基活性炭的物理特性，应用企业还应根据自身水源情况，水处理工艺特点，出厂水质要求，制水成本等因素进行选炭特性的匹配，合理选择煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂产品及技术指标要求，标准同时兼顾并聚焦应用领域和适用范围。本次标准制定工作，通过规定煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂各项性能，包括水分、水溶物、碘值、亚甲蓝值等，在基于国内外相关标准梳理基础上，依据实验室及工业实践运行结果提供有指导意义的数据，明确煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂应用的各项性能指标，该标准不仅指导其在污水治理领域的应用，有效削减气化渣的排放，同时对应用于污水深度处理的煤气化细渣富集炭基吸附剂生产具有一定的规范性作用。

3.2 标准制定的原则

本项目涉及气化，热解，焦化，废水深度治理等多个领域。标准的依据主要为：

- ① 依据相关的政策法规；
- ② 与已颁布实施的相关国家标准相协调；

- ③ 充分考虑气化、热解企业的实际情况；
- ④ 符合产品标准编写要求；

3.3 标准制定的思路

调研国内一定地区煤化工相关企业气化渣来源、组成特性、工况条件等，提出国内煤化工企业气化渣治理及监管存在的难题。全面梳理国内外相关污水处理用活性炭产品标准和规范，针对采用气化渣制备污水处理用吸附剂制定产品标准尚缺乏相应的标准约束，基于气化渣的结构特征及其制备活性炭的物性特点，明确适用于煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂的规格等基本指标，从而为《煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂》的规范化提供依据，填补相关标准的空白。

结合调研及相关实验，明确煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂的常规技术指标，特征技术指标、指标试验和计算方法、指标检验规则、包装、标志、运输与贮存等方面的规范化要求。

针对一些典型煤化工行业的气化渣特性和使用状况，用新编制的煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂标准对其进行考察评估，验证新建立标准的科学合理性和广泛适用性。

3.4 标准制定的技术路线

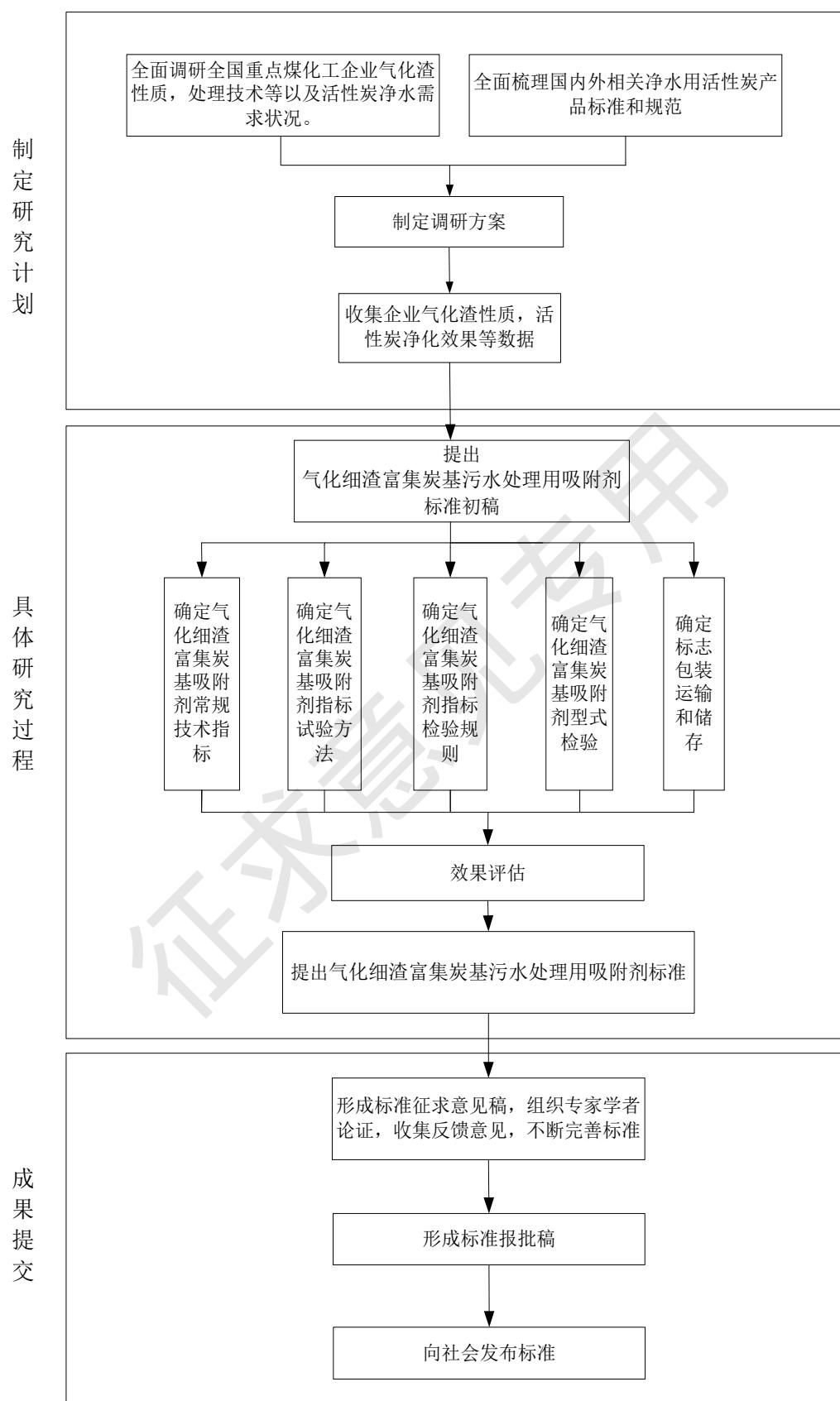


图 1 标准制定技术路线

4 相关标准

我国作为活性炭生产第一大国，在活性炭的生产、销售和使用中主要采用以下几种检测标准：GB(中国国家标准)。同时。我国也是活性炭出口的第一大国，对外出口也要执行 ASTM(美国材料试验学会)，JIS(日本工业标准)，AWWA(美国自来水工程协会)，EN(欧盟标准)，以及一些相关的行业标准等。国内大多数活性炭生产厂家和用户基本采用我国国家标准进行活性炭的质量检测，相关应用领域也有一些更为具体的国家标准或者行业标准。如活性炭应用水深度净化领域就有国家标准《净化水用煤质颗粒活性炭》(GB/T 7701.2-2008)及行业标准《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》(CJ/T 345-2010)两个标准。如烟气净化用活性炭《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB 28662-2012)和《烟气集成净化专用碳基产品》(GBT 35254-2017)两个不同应用领域的国家标准，针对性都比较强。

4.1 水处理用活性炭相关国家标准

我国水处理用活性炭标准可分为两大系列，煤质活性炭标准和木质活性炭标准，煤质活性炭国家标准为《净化水用煤质颗粒活性炭》(GB/T 7701.2-2008)，技术归口于中国兵器工业集团公司，该标准1987年首次发布，1997年第一次修订，2008年进行了第二次修订；木质活性炭国家标准为《木质净水用活性炭》(GB/T 13803.2-1999)，技术归口于国家林业局，该标准首次发布于1992年，1999年第一次修订。标准制订初期，由于中国标准一直是从前苏联活性炭标准体系延续而来，标准的制定缺乏国际性，经过近几十年的发展，我国活性炭标准向美国ASTM标准靠拢的趋势越来越明显。

(1) 水处理用煤质活性炭国家标准

我国水处理用煤质活性炭新老标准的变化如表7所示。由表7可知，随着水处理行业的发展需求，活性炭指标数量发生变化，指标数量从GB/T 7701.4-1987标准的7项分别增加到GB/T 7701.2-2008标准的10项，现行有效的GB/T 7701.2-2008标准对活性炭技术指标不再进行分级，同时活性炭指标所涉及的范围变得更加广泛，从常规物理化学指标，拓展到非常规杂质指标、金属指标、嗅味指标等。非常规指标的要求规定了水处理用活性炭不得含有足以影响人体健康

的有毒、有害物质，在简单产品质量要求的基础上融入了公共安全风险的因素，充分体现了现行标准以人为本的思想。《净化水用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.2-2008）标准中提到煤质颗粒活性炭主要用于工业用水、生活饮用水、污水处理等净化水领域，与目前的标准规范接近。具体的技术指标如下：

表 7 我国净水用煤质活性炭国家标准技术指标限值变化对照表

序号	项目	单位	GB/T 7701.4-1987 (作废)	GB/T 7701.4-1997 (作废)			GB/T 7701.2-2008 (现行标准)	
				优级	一级	合格		
1	孔容积	ml/g	-		≥0.65		-	
2	比表面积	m ² /g	-		≥900		-	
3	漂浮率	%	-		≤2		柱状煤质颗粒活性炭≤2 不规则状煤质颗粒活性炭 ≤10	
4	pH 值	-	-		6~10		6~10	
5	苯酚吸附值	mg/ g	实测		≥140		≥140	
6	水分	%	≤5.0		≤5.0		≤5.0	
7	强度	%	≥85		≥85		≥85	
8	碘吸附值	mg/ g	≥800	≥1050	900~10 49	800~8 99	≥800	
9	亚甲蓝值	mg/ g	实测	≥180	150~17 9	120~1 49	≥120	
10	灰分	%	-	≤10	11~15	-	-	
11	水溶物	%	-		-		≤0.4	
12	装填密度	g/L	实测	380~5 00	450~52 0	480~5 60	≥380	
13	粒度	%	>2.75mm 1.50~2.75mm 规定 1.0~1.5mm ≤1.0mm	≤2 未 ≤14 ≤1	>2.5mm 1.25~2.50mm 1.00~1.25mm <1.0mm	≤2 ≥83 ≤14 ≤1	Φ1.5mm >2.5mm 1.25~2.50mm 1.00~1.25mm <1.0mm 8×30 目 >2.5mm 0.6~2.50mm <0.6mm 12×40 目 >1.6mm 0.45~1.6mm <0.45mm	≤2 ≥83 ≤14 ≤1 ≤5 ≥90 ≤5 ≥90 ≤5

(2) 水处理用木质活性炭国家标准

我国现行木质活性炭标准(GB/T 13803.2-1999)与老标准(GB/T 13804-1992)技术指标限值变化对照如表 8 所示。由表 8 可知，活性炭指标范围和数量未发生变化，但活性炭技术指标由原先的“优级品、一级品、二级品”的三级制划分为“一级品、二级品”的二级制，对应的的部分关键技术指标限值作了较大调整，如碘吸附值、强度、亚甲蓝吸附值、表观密度、pH 值等，这说明我国为适应市场

的实际需求和保护活性炭行业整体的经济利益安全。

表8 《木质净水用活性炭》(GB/T 13803.2-1999)技术指标限值变化对照表

序号	项目	单位	GB/T 13804-1992(作废)			GB/T 13804.2-1999	
			优级	一级	合格	一级	二级
1	碘吸附值	mg/g	≥1000	≥900	≥800	≥1000	≥900
2	亚甲蓝值	mg/g	≥120	≥105	≥90	≥135	≥105
3	强度	%	≥90.0	≥85.0	≥85.0	≥94.0	≥85.0
4	表观密度	g·mL ⁻¹		≥0.32		0.45~0.55	0.32~0.47
5	粒度 2.00~0.63mm (10~28目)	%	≥90	≥85	≥80	≥90	≥85
	<0.63mm(28目)	%	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5
6	水分	%	≤10.0			≤10.0	
7	pH值	-	7.0~11.0			5.5~6.5	
8	灰分	%	≤5.0			≤5.0	

4.2 净水用活性炭相关行业标准

目前,净水用活性炭相关行业标准采用《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》(CJ/T 345-2010),与现行有效的GB/T 7701.2-2008国家标准相比,技术指标从10项增加至19项,其中颗粒活性炭指标18项,粉末活性炭指标15项,技术指标不再进行分级,同时活性炭指标所涉及的范围变得更加广泛。部分关键技术指标限制要求明显提高,如GB/T 7701.4-1987标准中要求碘吸附值≥800mg/g,强度≥85%,亚甲蓝吸附值≥180mg/g,装填密度≥380g/L;而CJ/T 345-2010行业标准中则要求颗粒活性炭的碘吸附值≥950mg/g,强度≥90%,亚甲蓝吸附值≥180mg/g,装填密度≥380g/L。这说明我国不断地在研究制定既符合我国活性炭企业生产能力现状又能保护全行业利益的活性炭产品标准,正在形成新的技术壁垒和准入制度。

表9 《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》(CJ/T 345-2010)技术指标限值一览表

序号	项目	单位	指标要求	
			颗粒活性炭	粉末活性炭
1	孔容积	ml/g	≥0.65	≥0.65
2	比表面积	m ² /g	≥950	≥900
3	漂浮率	%	柱状煤质颗粒活性炭≤2	-
			不规则状煤质颗粒活性炭≤3	
4	pH值	-	6~10	6~10
5	水分	%	≤5	≤10
6	强度	%	≥90.0	-

7	碘吸附值	mg/g	≥ 950			≥ 900
8	亚甲蓝值	mg/g	≥ 180			≥ 150
9	酚值	mg/L	≤ 25			≤ 25
10	水溶物	%	≤ 0.4			≤ 0.4
11	二甲基异莰醇吸附值	$\mu\text{g/g}$	-			≥ 4.5
12	装填密度	g/L	≥ 380			≥ 200
13	粒度	%	$\Phi 1.5\text{mm}$ 8×30 目 12×40 目 30×60 目	$>2.5\text{mm}$ $1.25\sim 2.50\text{mm}$ $1.00\sim 1.25\text{mm}$ $<1.0\text{mm}$ $>2.5\text{mm}$ $0.6\sim 2.50\text{mm}$ $<0.6\text{mm}$ $>1.6\text{mm}$ $0.45\sim 1.6\text{mm}$ $<0.45\text{mm}$ $>0.6\text{mm}$ $0.60\sim 0.25\text{mm}$ $<0.25\text{mm}$	≤ 2 ≥ 83 ≤ 14 ≤ 1 ≤ 5 ≥ 90 ≤ 5 ≤ 5 ≥ 90 ≤ 5 ≥ 90 ≤ 5	≤ 200 目
14	有效粒径	mm	$0.35\sim 1.5$			-
15	均匀系数	-	≤ 2.1			-
16	锌 (Zn) 的质量分数	$\mu\text{g/g}$	<500			<500
17	砷 (As) 的质量分数	$\mu\text{g/g}$	<2			<2
18	镉 (Cd) 的质量分数	$\mu\text{g/g}$	<1			<1
19	铅 (Pb) 的质量分数	$\mu\text{g/g}$	<10			<10

5 标准主要技术内容

5.1 标准名称

根据产品的特性生产工艺特点将标准名称定义为《煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂》，与之对应的英文全称为 Adsorbent based on enriched carbon from coal gasification fine slag for wastewater treatment。

5.2 标准适用范围

本文件规定了煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂的总体技术要求、检测规则、标志、包装、运输及贮存，描述了相应的试验方法。

本文件适用于煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂的生产、销售；应用活性炭吸附处理生化处理后的工业废水相关工艺中活性炭材料的选型等可参照使用。

5.3 规范性引用文件

本标准共引用如下标准：

GB/T 7701.1-2008 样品采集、判定规则、标志、包装、运输和贮存

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 7702.1 煤质颗粒活性炭试验方法 水分的测定

GB/T 7702.6 煤质颗粒活性炭试验方法 亚甲蓝吸附值的测定

GB/T 7702.7 煤质颗粒活性炭试验方法 第7部分：碘吸附值的测定

GB 11914 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法

CJ/T 345-2010 生活饮用水净水厂用煤质活性炭

5.4 术语和定义

5.4.1 煤气化细渣 fine slag from coal gasification

煤气化合成气夹带并在合成气离开气化炉后的净化过程中分离排出的含碳颗粒物。

5.4.2 煤气化细渣富集炭 carbon-enriched coal gasification fine slag

以煤气化细渣为原料,经分离获得的富含碳元素的颗粒物(灰分 $A_d \leq 20\%$)。

5.4.3 煤气化细渣富集炭基吸附剂 adsorbent based on carbon-enriched coal gasification fine slag

以煤气化细渣富集炭为主要原料经加工制备的具有一定吸附能力的吸附剂。

5.5 技术指标

5.5.1 技术指标的选取

本标准依据吸附性碳材料的应用特性,本着检测手段常规、快速易检的准则,选取水分、水溶物、碘吸附值、亚甲蓝吸附值和 COD 去除值这些常规指标作为区分产品的指标。这些指标的限值是工作组和标准制定单位在调研了目前国内产品和技术要求基础上,依据生产及应用的实践,开展试验研究进行设计。

(1) 水分

活性炭经过炭化、活化生产过程后活性炭产品通常几乎不含有水分。活性炭作为吸附剂的多孔特性和一般呈现的弱碱性,使其在转运、存储的过程暴露在空

气中不可避免的吸附一些水分。采购通常以重量作为计量单位，过多的水分会增加活性炭吸附剂的堆积密度，导致采购方付出不必要的费用。况且大多数生化废水中 COD 属于极性分子，H₂O 分子由于极性相对较强易于占据活性炭吸附剂的活性位，对其他有机分子形成竞争吸附，降低了活性炭吸附剂对 COD 的有效吸附，所以活性炭吸附剂中水分含量应该越少越好。

考虑到北方较为干燥，南方湿度较大，产品更容易吸水，因此建议该指标确定为 5% 即可满足产品要求。采购方可以折算干基或者其它低含水量产品作为计价基准。水分指标的检测按照 GB/T 7702.1 规定执行。

（2）水溶物

指活性炭吸附剂在规定测试条件下（如回流提取、常温浸泡等），能溶解于水的物质总和，核心是活性炭吸附剂孔隙中吸附的可溶性杂质或自身少量可溶组分。这些物质多为生产/使用过程中残留的盐类、小分子有机物、微量金属离子等，其含量直接影响活性炭吸附剂在水处理、食品加工等场景的适用性（如水溶物过高可能导致水质二次污染）。

考虑气化渣中含有重金属，在堆放过程中可随雨水淋滤出来，经过不同来源气化渣富集炭，气化细渣，炭活化后的产物水溶物检测分析，建议该指标确定为 ≤0.55%。GB/T 7701.2-2008 为活性炭水溶物的试验方法，国内应用较为广泛。因此，本标准执行 GB/T 7701.2-2008 《活性炭水溶物的试验方法》规定。

（3）碘吸附值

单质碘（I₂）是一种共价半径为 0.133nm 的非极性的物质，其作为一种典型的吸附质可在一定程度上反映多孔炭材料的吸附性能。有研究表明，碘吸附值可在一定程度与半径 0.55nm 以上的孔隙发达程度相对应，碘吸附值是衡量活性炭作为吸附剂活化程度高低、微孔多少和产品质量优劣的一个重要的技术指标之一。

当前碘吸附值测试标准主要分为煤质活性炭标准和木质活性炭标准，煤质活性炭新标准 GB/T 7702.7-2023 《煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定》，木质活性炭国家标准为 GB/T 12496.8-2015 《木质活性炭试验方法碘吸附值的测定》。美国材料试验协会的 ASTM D 4607-2014 《测定活性炭中碘值的标准试验方法》和日本规格协会的 JIS K 1474-2014 《活性炭的试验方法》也是常用的碘吸

附值检测标准。本标准执行最新的煤基活性炭测试标准 GB/T 7702.7-2023《煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定》作为检测活性炭样品的测试方法。

(4) 亚甲蓝吸附值

亚甲蓝吸附值是表征活性炭吸附剂液相吸附脱除臭味的重要指标,与碘值一起构成评价活性炭液相吸附的有效手段,亚甲蓝吸附值表征中孔数量,是脱除臭味并用于液相吸附活性炭一种很重要的质量检验方法。

GB/T 7702.6 为煤质颗粒活性炭亚甲蓝吸附值测定的实验方法,应用较为广泛。因此,本标准亚甲蓝吸附值的测试标准执行 GB/T 7702.6 规定。

(5) COD 去除值

处理前后水样中 COD 浓度的差值, COD 去除值=原水 COD 浓度-处理后出水 COD 浓度,单位与 COD 浓度一致均为 mg/L,直接反映水处理工艺对有机物的去除效果。本标准执行 GB 11914《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》作为水样中 COD 浓度的检测方法。

5.5.2 取样及实验

(1) 样品采集及测试

试验原料来源于神华,大唐,中煤大型煤化工企业,不同炉型的气化工艺具有代表性。神华,大唐,中煤不同炉型的气化细渣经过脱灰形成富集炭,经检测所有气化细渣富集炭的 $Ad \leq 20\%$, 经过炭化-活化制得活性炭吸附剂,并进行了生化废水净化的验证,开展了系列物性和吸附性能测试,如表 10 所示。

表 10 活性炭吸附剂制备原料来源和产物测试内容

编号	原料样品来源	吸附剂产品	活性炭测试内容
1#	神华宁煤集团四喷嘴对置式气化炉	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝
2#	神华宁煤集团四喷嘴对置式气化炉/宁东煤	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝
3#	神华包头煤化工公司 GE 气化炉	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝
4#	神华包头煤化工公司 GE 气化炉/神华上湾煤	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝
5#	大唐克旗煤制气鲁奇加压气化炉	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝
6#	大唐克旗煤制气鲁奇加压气化炉/胜利煤	4 个	水分、水溶物、碘值、 亚甲蓝

7#	中煤图克固定床气化炉	4 个	水分、水溶物、碘值、亚甲蓝
8#	中煤图克固定床气化炉/东胜煤	4 个	水分、水溶物、碘值、亚甲蓝
9#	市售活性炭	2 个	水分、水溶物、碘值、亚甲蓝

(2) 典型生化废水 COD 吸附性能测试

以不同来源气化渣为原料制备的活性炭吸附剂为对象, 对唐山中润生化废水, 在 pH=6.1 条件下进行脱除 COD 试验评价, 生化废水中 COD 的初始浓度为 $312 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 不同样品呈现出相似的规律, 将 9 组活性炭样品的水溶物, COD 去除值、碘值、亚甲蓝值和汇总至表 11。

表 11 气化细渣富集炭基吸附剂样品取样来源

样品	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
水溶物	0.52	0.50	0.45	0.44	0.47	0.50	0.49	0.51	0.53
COD 去除值/mg/L	160	170	162	185	172	190	225	220	245
碘吸附值/mg/g	359	390	366	405	375	420	475	465	480
亚甲蓝值/mg/g	92	100	98	105	100	106	107	108	110

由表可知活性炭的碘吸附值/亚甲蓝值和生化废水 COD 去除值呈现正相关。验证了本标准设定碘吸附值和亚甲蓝值作为关键指标的合理性。

5.5.3 质量指标的确定

根据调研气化渣产生的工艺模式, 针对不同气化工艺气化渣特性, 查阅相关标准资料, 并且开展了部分实验, 制定了煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂团体标准及相关质量指标, 如表 12 所示, 并且编制了标准征求意见稿。

表 12 煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂技术指标

序号	指标名称	单位	指标要求	
			一级品	合格品
1	水分	%	≤ 5	≤ 8
2	水溶物	%		≤ 0.55
3	碘吸附值	mg/g	≥ 450	≥ 350
4	亚甲蓝吸附值	mg/g	≥ 105	≥ 90

5	COD 去除值	mg/L	≥200	≥150
---	---------	------	------	------

6 文献检索情况

编制本标准前详细查阅了国内外标准发布部门,至标准编制之日尚未发现与计划编制标准相类同或相似标准。本标准发布实施后,将达到国内先进水平。

7 其他标准检索到的关系

至标准编制之日尚未发现与计划编制标准相类同或相似的标准。本标准发布实施后,将达到国内先进水平。

8 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

至标准编制之日尚未发现与计划编制标准相冲突的现行法律、法规和强制性国家标准。

9 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

10 标准属性

《煤气化细渣富集炭基污水处理用吸附剂》是由中国煤炭加工利用协会提出并归口的团体标准。

11 废止现行有关标准的建议

无。

12 其他应予说明的事项

无。

13 知识产权说明

无。