

中华人民共和国团体标准

T/ CUWA XXXXXX—2020

炭砂滤池设计标准

Standard for design of granular activated carbon-sand filter

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国城镇供水排水协会 发布

中华人民共和国团体标准

炭砂滤池设计标准

Standard for design of granular activated carbon-sand filter

T/CUWA***-20**

批准部门：中国城镇供水排水协会

施行日期：20××年×月×日

××出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国城镇供水排水协会《关于印发〈2020 年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划〉的通知》（中水协〔2020〕10 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 5 章，主要内容包括：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 工艺设计、5 检测与控制。

本标准编制单位承诺在该项标准中不侵犯他人专利。若标准中涉及到必不可少的专利，使用者可直接与专利持有人协商处理。

本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国城镇供水排水协会标准化工作委员会归口管理，由中国市政工程中南设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：武汉市解放公园路 8 号，邮政编码：430010）。

主 编 单 位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司

参 编 单 位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

山东省城市供排水水质监测中心

清华大学

江苏省城镇供水安全保障中心

东莞市东江水务有限公司

哈尔滨工业大学

镇江市自来水公司

苏伊士水务工程有限责任公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	3
4 工艺设计	4
4.1 一般规定	4
4.2 滤速及滤料组成	5
4.3 冲洗	6
5 检测与控制	8
本标准用词说明	9
引用标准名录	10
附：条文说明	11

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	3
4	Process design	4
4.1	General requirements.....	4
4.2	Filtration rate and filtering media composition	5
4.3	Backwashing.....	6
5	Monitoring and control	8
	Explanation of wording in the specification	9
	List of quoted standards	10
	Addition:Explanation of Provisions	11

1 总 则

1.0.1 为规范给水工程中炭砂滤池的设计，做到技术先进、经济合理、安全可靠，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建或改建的城镇给水工程中炭砂滤池的设计。

1.0.3 炭砂滤池的设计除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 炭砂滤池 granular activated carbon-sand filter

滤床上层为颗粒活性炭滤料，下层为石英砂滤料，能同时实现活性炭吸附、生物降解和砂过滤拦截功能的给水处理构筑物。

2.0.2 有效粒径 d_{10} effective size

滤料经筛分通过筛孔累积质量百分比为 10% 时的滤料粒径。

2.0.3 均匀系数 K_{60} uniformity coefficient

滤料经筛分通过筛孔累积质量百分比为 60% 时的滤料粒径 d_{60} 与有效粒径 d_{10} 的比值。

2.0.4 均匀系数 K_{80} uniformity coefficient

滤料经筛分通过筛孔累积质量百分比为 80% 时的滤料粒径 d_{80} 与有效粒径 d_{10} 的比值。

3 基本规定

3.0.1 炭砂滤池适用于城镇给水处理，可与其他给水处理工艺单元组合应用，以去除水中有机物、氨氮等污染物，降低色度、臭味和出水浊度，使出厂水满足《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的要求。

3.0.2 炭砂滤池的选用应根据净水工艺流程总体布局，结合水源类型、场地条件，经技术经济比较后确定。当无条件同时设置砂滤池和活性炭吸附池，或采用生物活性炭作为最终消毒前的工艺单元且生物泄漏风险较大时，宜将原有砂滤池或活性炭吸附池改造成炭砂滤池，或新建炭砂滤池。

3.0.3 炭砂滤池可设置在沉淀（澄清）工艺单元之后，也可设置在过滤工艺单元之后。设置在沉淀（澄清）工艺单元之后时，其进水浊度宜小于 1NTU；设置在过滤工艺单元之后时，其进水浊度宜小于 0.5NTU。

4 工艺设计

4.1 一般规定

- 4.1.1** 炭砂滤池宜采用冲洗时滤层膨胀的气水冲洗滤池池型。
- 4.1.2** 滤池配水、配气系统，应根据滤池型式、冲洗方式、单格面积、配水配气的均匀性等因素选用。宜采用适合气水冲洗的专用穿孔管、滤砖或滤头等配水配气系统。
- 4.1.3** 炭砂滤池过流方式应采用下向流（降流式）。
- 4.1.4** 炭砂滤池分格数及单池面积应根据处理规模和运行管理条件比较确定。分格数不宜少于 4 格。
- 4.1.5** 活性炭层的空床接触时间宜为 6min~20min。
- 4.1.6** 滤层表面以上的水深宜为 1.5m~2.0m。
- 4.1.7** 滤床最终水头损失应根据炭砂滤池冲洗周期、滤速及滤料组成等因素确定，改造工程中应充分考虑现有可利用水头，并宜按 1.5m~2.5m 采用。
- 4.1.8** 采用普通快滤池池型时，排水槽外侧底部高出滤料层表面的垂直距离应按整体滤料层最大设计膨胀高度叠加 100mm 高度计算确定。
- 4.1.9** 采用翻板滤池池型时，翻板阀底距滤料层表面垂直距离不应小于 300mm，临时储存冲洗废水区域高度不应小于 1.5m。
- 4.1.10** 炭砂滤池出水直接进清水池时应设置初滤水排放设施，其他情况宜设置初滤水排放设施，初滤水排放管管径宜按滤池正常设计流量的三分之一流量计算确定。
- 4.1.11** 布置在室内或室外的炭砂滤池都应采取防止阳光直射的措施。
- 4.1.12** 与臭氧工艺联用时，炭砂滤池应采取防止余臭氧泄漏的措施，布置在室内时，应设计室内强制通风系统。
- 4.1.13** 封闭运行的炭砂滤池上部宜设置观察窗，条件允许时可设置利于观察滤池运行的照明和在线监控装置。
- 4.1.14** 池体内壁与滤料接触部位应强化防裂防渗措施；与臭氧工艺联用时，应采取池体及设备防腐措施，与臭氧接触的钢制设备宜选用 316L 型不锈钢、密封和紧固件应采用耐臭氧腐蚀材料。

4.1.15 每格滤池应单独设置滤后水采集装置。

4.2 滤速及滤料组成

4.2.1 活性炭滤料的技术指标应符合现行行业标准《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》CJ/T 345 的有关规定，应采用吸附性能好、机械强度高、化学稳定性高、粒径适宜和再生后性能恢复好的煤质颗粒活性炭，且煤质颗粒活性炭宜选用柱状炭、柱状破碎炭或压块破碎炭。

4.2.2 石英砂滤料的技术指标应符合现行行业标准《水处理用滤料》CJ/T 43 的有关规定。

4.2.3 炭砂滤池滤速及滤料组成应根据进水水质、滤后水水质要求、滤池构造等因素，通过试验或参照相似条件下已有滤池的运行经验确定，宜符合表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 炭砂滤池滤速及滤料组成

滤料填装位置	滤料种类	滤料组成				正常滤速 (m/h)	强制滤速 (m/h)			
		规格	指标	要求	厚度 (mm)					
下层	石英砂	0.45mm~1.25mm	粒径范围	0.45mm~1.25mm	500~700	6~9	9~11			
			<0.5mm含量	≤5%						
			>1.25mm含量	≤5%						
			有效粒径 d_{10}	0.50mm±0.05mm						
			均匀系数 K_{80}	<2.0						
上层	颗粒活性炭	Φ1.5mm	粒径范围	直径 1.5mm	800~2000	6~9	9~11			
			<1mm含量	≤1%						
			1mm~1.25mm	≤14%						
			1.25mm~2.5mm	≥83%						
			>2.5mm含量	≤2%						
		8目×30目	粒径范围	0.6mm~2.5mm				800~2000	6~9	9~11
			<0.6mm含量	≤5%						
			>2.5mm含量	≤5%						
			有效粒径 d_{10}	0.75mm±0.05mm						
			均匀系数 K_{60}	<2.1						

4.2.4 炭砂滤池应按正常情况下的滤速设计，并应以检修情况下的强制滤速校核。

4.2.5 采用大、中阻力配水（气）系统时，其承托层材料、粒径与厚度宜符合表 4.2.5 的要求。

表 4.2.5 大、中阻力配水（气）系统承托层材料、粒径与厚度

层次（自上而下）	材料	粒径(mm)	厚度(mm)
1	砾石	2~4	50~100
2	砾石	4~8	50~100
3	砾石	8~16	50~100
4	砾石	16~32	本层顶面应高出配水系统孔眼 100

4.2.6 采用滤头配水（气）系统时，承托层可采用粒径 2mm~4mm 的粗砂，厚度为 50mm~100mm。

4.3 冲洗

4.3.1 冲洗方式应通过试验或参照相似条件下已有滤池的经验确定，宜采取先气冲后水冲的模式。

4.3.2 冲洗强度和冲洗时间应根据滤层厚度、滤料粒径、全年水温、池型、进出水水质、炭砂滤池的设置位置和运行要求等因素，通过试验或参照相似条件下已有滤池的经验确定，并应有调节冲洗强度和冲洗时间的措施。当缺乏试验或相似条件下已有滤池的经验时，可选用下列参数：

1 普通快滤池池型，气冲强度宜为 $14\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 17\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，历时宜为 2min~5min，常温水冲强度宜为 $7\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 12\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，历时宜为 6min~12min。

2 翻板滤池池型，水冲可采用小强度和大强度交替的多次冲洗程序。气冲强度宜为 $15\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 17\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，历时宜为 3min~5min，常温下大强度水冲强度宜为 $15\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 17\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，历时宜为 1min。大强度水冲之前，宜设小强度水冲，其冲洗强度宜为 $2\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 3\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，历时宜为 1min。

4.3.3 设计计算采用的反冲洗滤料层整体膨胀率应根据反冲强度、水温和自然分层等因素确定。

4.3.4 反冲洗周期应根据水头损失、滤前水质、滤后水质、运行时间以及炭砂滤池的设置位置等因素，通过试验或参照相似条件下已有滤池的经验确定。高温期反冲洗周期宜控制在 1d~2d，低温期反冲洗周期宜控制在 3d~7d。

4.3.5 炭砂滤池反冲洗强度等参数经校核在满足设计要求的前提下，反冲洗气冲的气源可与原有砂滤池共用。

4.3.6 日常冲洗水宜采用炭砂滤池的滤后水作为冲洗水源。

4.3.7 冲洗水宜采用水泵供给，也可采用高位水箱（塔）供给。水泵和水箱（塔）出水管道上应设置流量计，并设有排气和排水措施。水泵供水宜采用变频水泵或大小泵搭配。高位水箱（塔）的水位变化不宜太大，出水管道应设流量计和调流阀。水泵的冲洗水调节池和高位水箱（塔）有效容积应符合现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 的有关规定。

4.3.8 气冲的气源宜选用罗茨鼓风机或离心鼓风机供给。鼓风机应设变频调节，并应采取降噪、隔振措施。

4.3.9 反冲洗水泵和鼓风机均应设置备用机组，且所有工作机组互为备用。水箱补充水泵宜设备用机组。

4.3.10 气冲管道应设计量装置，并采取防倒流、排水、伸缩和隔振措施。

5 检测与控制

5.0.1 炭砂滤池应配置检测仪表和自动控制系统,检测仪表和自动控制系统应满足滤池的运行安全可靠、简便、改善劳动条件和提高科学管理水平的需求。

5.0.2 滤池可根据过滤周期、水头损失或出水浊度达到设定值三种方式设置自动冲洗,并能进行人工强制冲洗。

5.0.3 每格滤池应在过滤后设置质量控制点,滤后水宜安装在线浊度仪,出水浊度应小于设定目标值,当出水浊度连续 3 次测量值大于设定目标值 1.5 倍时,进行报警提示。有条件时可安装在线颗粒度计数仪和 pH 计。

5.0.4 每格滤池应设置液位计和压力变送器,并设不同的水位报警点,自动控制滤池出水阀开度。

5.0.5 冲洗水管及气管应分别设置流量检测及压力监测装置,压力监测装置应设置高低限值报警。

5.0.6 参与控制和管理的机电设备应设置工作与故障状态的检测装置,设置滤池水位报警、断电断气应急处置、滤池停池处置等自动化应急保护措施。自动控制系统应设置手动紧急切换装置,保证自动控制系统出现故障时,工艺设备在手动情况下能正常工作。

5.0.7 滤池应选用防护等级较高的阀门控制装置及检测仪器仪表。

本标准用词说明

1 为方便执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不一样的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，正常情况下都应该这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

1. 《室外给水设计标准》 GB 50013
2. 《生活饮用水卫生标准》 GB 5749
3. 《水处理用滤料》 CJ/T 43
4. 《生活饮用水净水厂用煤质活性炭》 CJ/T 345

炭砂滤池设计标准

条文说明

（征求意见稿）

目 次

1 总 则	13
2 术 语	14
3 基本规定	15
4 工艺设计	16
4.1 一般规定	16
4.2 滤速及滤料组成	20
4.3 冲洗	21
5 检测与控制	25

1 总 则

1.0.1 炭砂滤池具有上层炭吸附除有机物和下层砂滤除浊度的特点，已在实际工程中获得了较好的应用。炭砂滤池设计标准是在总结过去生产实践和科学试验的基础上制订而成的，用于规范城镇自来水厂炭砂滤池工艺相关工程设计、优化运行和管理，并再通过生产过程的实践不断改进和完善。

1.0.3 明确了炭砂滤池设计时需同时执行国家颁布的现行有关标准、规范的规定。《室外给水设计标准》（GB 50013-2018）在 9.11.3 条文中明确了炭砂滤池的适用条件，在 9.11.16 条文中明确了炭砂滤池的厚度、级配及冲洗强度应通过试验确定或参照相似工程经验，但对具体的设计参数没有详细的说明，仅总结了部分工程案例的设计参数，如宜采用压块颗粒破碎炭，炭粒径 8 目 x30 目，砂层采用 $d_{10}=0.55\text{mm}$ 的细砂滤料。本标准在参考《室外给水设计标准》（GB 50013-2018）条文的基础上，对炭砂滤池的基本规定、滤速及滤料组成、冲洗和检测与控制进行了明确，以便更加贴近实际指导炭砂滤池的设计和工程应用。

2 术语

2.0.1 《室外给水设计标准》GB 50013-2018 对炭砂滤池的定义：在下向流颗粒活性炭吸附池炭层下增设较厚的砂滤层，可同时除浊、除有机物的滤池。本条文在此基础上进行了相应修改。

3 基本规定

3.0.1 炭砂滤池作为一种给水处理构筑物，可与其他水处理工艺单元组合应用，以达到降低水中污染物，使得出厂水水质符合《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的要求。

3.0.2 明确了炭砂滤池的选用条件，炭砂滤池能在同一构筑物中实现炭吸附池和砂滤池的功能，从而明显节省投资，减少工程占地。现有老旧水厂的改造和新建水厂用地紧张，或经济条件限制，同时水源地受到有机微污染的情况且原水浊度不高时，宜采用炭砂滤池代替原有砂滤池或新建炭砂滤池。在有的水厂改造工程中，炭吸附池的出水直接进入清水池，由于可能存在生物泄漏或出水浊度不达标的情况，可将炭吸附池池底一定厚度的活性炭替换成细砂滤料，改造成炭砂滤池，提高对浊度的去除能力，同时提高出水生物安全性。

3.0.3 新建工程中，炭砂滤池往往置于砂滤池之后，以保证较低的进水浊度，防止活性炭孔隙堵塞，充分发挥活性炭对有机物的吸附功能，同时为了提高对有机物的去除效果，一般结合臭氧工艺使用，即常规工艺的砂滤池出水，进入臭氧接触池，再经过炭砂滤池处理后进入清水池。老旧水厂改造工程中，一般是对常规处理工艺段中的过滤单元进行改造，将普通快滤池改造成炭砂滤池，同时沉淀池或澄清池出水浊度需要满足要求。

原水在进入炭砂滤池前应视水质情况进行前处理。在正常情况下，要求炭砂滤池进水浊度宜小于 1NTU，否则将造成炭床堵塞，缩短吸附周期和出水浊度升高的风险。部分水厂炭砂滤池运行结果表明，控制滤前浊度 2NTU~3NTU，经过一段时间的运行后发现，炭砂滤池运行周期下降较快，个别滤池甚至不足 24h 就需要反冲洗，同时发现滤前浊度偏高也会导致出水浊度偏高，很难到 0.5NTU 以下，离目前自来水厂内部普遍控制的出水浊度 0.3NTU 标准有较大差距。如果炭砂滤池位于常规处理流程中，比如沉淀池之后，可以通过增加投药量，降低前端沉淀池运行负荷来改善进水浊度。

4 工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 炭砂滤层厚度较大，滤料易板结，结合气冲洗效果好。统计近年来新建的炭砂滤池以翻板滤池和普通快滤池为主；改造工艺以普通快滤池及其衍变形式为主（详见表 4.1.1）。虽然也有个别采用 V 型滤池形式的案例，但考虑到炭砂滤池需采取膨胀冲洗方式进行冲洗，V 型滤池是适用于砂滤料微膨胀冲洗的池型，应用在炭砂滤池上较难解决冲洗时的跑炭问题，故未将其列入适用的池型。

炭砂滤池池型设计可参考《室外给水设计标准》（GB 50013-2018）、《滤池气水冲洗设计规程》（CECS 50:1993）、《翻板滤池设计规程》（CECS 321:2012）等相关设计规范规程、标准。

4.1.2 滤池的气水冲洗系统应能满足气冲洗、水冲洗的冲洗方式要求，并应保证配水、配气均匀。配水、配气系统应符合现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 的有关规定。

4.1.3 炭砂滤池砂层的目的是为了截留炭层老化脱落的生物膜和无脊椎动物，以及保证出水浊度，所以炭砂滤池应采用下向流过滤的方式运行，待滤水先经过上层的活性炭处理，再经过下层的砂滤处理后出水。

4.1.4 为了避免单格滤池冲洗或检修时对其他工作滤池空床接触时间和滤速产生过大影响，一般应设有一定的分格数，规定炭砂滤池格数不得少于 4 格。

4.1.5 以去除臭味为主时，空床接触时间一般取 8min~10min，以去除耗氧量为目的时，空床接触时间一般取 12min~15min。在下向流颗粒活性炭吸附池规定处理水与活性炭层的空床接触时间宜采用 6min~20min，上向流颗粒活性炭吸附池的空床接触时间宜采用 6min~10min，实际炭砂滤池工程上空床接触时间多在 13 min 左右。综合考虑炭砂滤池最低空床接触时间应大于 6min，最长空床接触时间不超过 20min。

4.1.6 滤层表面以上的水深，为使滤池保持足够的过滤水头，避免滤层出现负压，普通快滤池和翻板滤池型式在 1.5m~2.0m，所以统一规定为 1.5m~2.0m。

表 4.1.1 炭砂滤池典型工程应用实例

名称	规模 (万 m ³ /d)	建成 年代	设置位置	池型	滤速及滤料组成				承托层规格 及厚度	冲洗方式及参数
					空床滤 速(m/h)	空床接触 时间(min)	颗粒活性炭 规格及厚度	石英砂规格及 厚度		
杭州清泰 水厂	30	2010	平流沉淀池 -炭砂滤池	普通快滤池 (新建)	7.82	10	8×30 目 厚 1.3m	d ₁₀ =0.5mm, K ₈₀ <1.6 厚 0.5m	2~4mm 厚 0.05m	先气冲后水冲, 气冲 15.3L/(m ² ·s), 6min, 水冲洗 6.9 L/(m ² ·s), 10min。
深圳上南 水厂	10	2017	斜管沉淀池 -臭氧-炭砂 滤池	V 型滤池 (改造)	5~7	—	ø1.5 mm 厚 0.8m	0.4~0.8mm, K ₈₀ =1.29 厚 0.5m	2~4mm 厚 0.05m	气冲-静置-水冲, 气冲 16.9L/(m ² ·s), 1 min, 静置 1min, 水冲 10L/(m ² ·s) (变频 调节 4~15L/(m ² ·s)), 8min。
绍兴平水 江水厂	15	2016	均质滤料滤 池-臭氧-炭 砂滤池	普通快滤池 (新建)	9.5	—	8x30 目 厚 2.2m	0.85mm, K ₈₀ <=1.40 厚 0.50m	2~4mm 4~6mm 各厚 0.1m	先气冲后水冲, 气冲 15.3L/(m ² ·s), 3~5min, 水冲 7.78L/(m ² ·s), 10min。
泗阳第二 水厂	10	2017	平流沉淀- 炭砂滤池	V 型滤池 (改造)	7.5	9.6	8x30 目 厚 0.7m	d ₁₀ =0.9~1.2, K ₈₀ <1.4 厚 0.5m	2~4 mm 4~8 mm 各厚 0.1m	采用气水反冲洗方式, 气冲强度为 15 L (m ² ·s), 2~3min; 经常性冲洗及气水时水 冲强度为 7.5 L/(m ² ·s), 160s; 大流量冲 洗时水冲强度为 12.5L/(m ² ·s), 100s。
北方某水 厂	40	2014	普通快滤池 -臭氧-炭砂 滤池	翻板滤池 (新建)	7.58	15.83	d ₁₀ =1~2mm 厚 2m	0.8~1.2 mm, 厚 0.60 m	2~32 mm 厚 0.45 m	先气冲后水冲, 气冲 15L/(m ² ·s), 2~3min, 经常性冲洗水冲 7.5L/(m ² ·s), 160s; 大 流量冲洗水冲 12.5L/(m ² ·s), 100s。
无锡中桥 水厂	60	2011	砂滤-臭氧- 炭砂滤池	翻板滤池 (新建)	9.8	—	8x30 目 厚 2.1m	d ₁₀ =0.6mm, K ₈₀ =1.3 厚 0.6m	2~16 厚 0.45 m	先气冲后水冲, 气冲 16.7L/(m ² ·s), 180s, 水冲 2.8L/(m ² ·s), 70s, 大水冲 16.7L (m ² ·s), 60s。
杭州仁和 水厂	20	2016	平流沉淀池 -炭砂滤池	普通快滤池 (新建)	7.7	—	8x20 目 厚 1.3m	d ₁₀ =0.7mm 厚 0.5 m	1~2 mm 厚 0.05m 2~4 mm 4~8 mm 各厚 0.1m	先气冲后水冲, 气冲 15L/(m ² ·s), 3 min, 水冲 7L/(m ² ·s), 10 min。
东营耿井 水厂	20	2013	V 型滤池- 臭氧-炭砂 滤池	翻板滤池 (新建)	9.94	12.1	8x30 目 厚 2.2m	d ₁₀ =0.6mm, 厚 0.5m	2~4 mm 4~8 mm 8~16 mm 各厚 0.15m	先气冲后水冲, 气洗 17.4L/(m ² ·s), 3min, 小水量 2.8L/(m ² ·s), 1min, 大水量 16.7L (m ² ·s), 1min。

连云港第三水厂	20	2011	普通快滤池-臭氧炭-砂滤池	翻板滤池(新建)	10.94	12.1	8x30目 厚 2.2m	$d_{10}=0.6\text{mm}$, $K_{80}=1.3$ 厚 0.5m	2~16mm 厚 0.45 m	先气冲后水冲, 气冲 $17.4\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 300s, 小水冲 $2.8\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 60s, 大水冲, $18.1\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 50s。
北京郭公庄水厂	50	2014	机械加速澄清-臭氧-炭砂滤池	普通快滤池(改造)	8.45	—	$\phi 1.5\text{mm}$ 厚 0.6m	$d_{10}=0.95\sim 1.05\text{mm}$ $K_{80}<1.4$, 厚 1.2m	厚 0.3m	先气冲后水冲, 气冲 $14\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 水冲 $12\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。
镇江金西水厂	30	建设中	斜管沉淀池-炭砂滤池	普通快滤池(改造)	—	—	8x20目 厚 0.78m	$0.5\sim 0.9\text{mm}$, K_{80} $=1.38\sim 1.42$ 厚 0.8m	厚 0.1m	先气冲后水冲, 气冲 $15\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 3min, 水冲 $10\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ (变频调节 $9\sim 15\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$), 7min, 静置 15min。

4.1.7 炭床的最终水头损失与滤料特性、滤层厚度、空床流速和冲洗周期等因素有关，在炭砂滤池改造工程中，应充分考虑现有可利用水头，避免出现运行水头不足，冲洗过于频繁的问题发生。炭砂滤池冲洗前水头损失宜采用 2.0m~2.5m。

4.1.8 为了避免反冲洗时跑炭，普通快滤池排水槽底与活性炭滤料层表面的高差应该适当加大，特别是在炭砂滤池改造过程中，应按照炭砂层整体膨胀率复核，适当加大设计高差。

4.1.9 为避免翻板阀排水开启时带走滤料，翻板阀底与滤层面之间应留有一定的超高。

4.1.10 炭砂滤池在反洗结束后，滤后水的浊度均存在不同程度的升高，对出水水质带来了较大的影响，降低滤池初滤水浊度，是消除致病微生物和保证出水水质的重要因素，炭砂滤池的出水直接进入清水池时，应设置初滤水排放设施，在滤池冲洗结束重新进行过滤时，应先进行初滤水排放，待初滤水浊度符合企业内部控制指标或低于 1NTU 时，方可结束初滤水排放和开启清水阀。在实际工程运行中，有的给水厂在滤池反洗结束后静置 5min~30min，然后再进行初滤水排放，有助于减少初滤水的排放总量。

4.1.11 炭砂滤池可布置在室内或室外，均需防止阳光的直射，由于阳光的照射及溶解氧比较充足，夏季滤池池壁生长青苔，冲洗时剥落的青苔会牢牢附着于炭层表面，感官较差，同时给滤池的清洗带来极大的困难。有的炭砂滤池上虽有遮阳顶盖，但侧面还是有阳光可以照射进来，导致排水槽、池壁表面青苔较为严重。

4.1.12 炭砂滤池和臭氧工艺联用时，滤池应加盖以防止余臭氧直接溢出至空气中。如果布置在室内时，应设置强制通风系统，通风系统设计可参考臭氧发生间。在实际运行中，应严格控制进入炭砂滤池的余臭氧，采用合理的臭氧投加量，避免臭氧对池内生物膜的影响。

4.1.13 对于封闭运行的炭砂滤池，应设置观察窗，以便能随时观察炭砂滤池的运行情况，在出现运行故障时能及时发现并指导处置。

4.1.14 炭砂滤池和臭氧工艺联用时，出水槽及翻板阀等采用钢制成品的，宜选用耐臭氧腐蚀的 316L 型不锈钢。其他密封和紧固件也应采用耐臭氧腐蚀的如聚四氟乙烯等材料。

4.1.15 每格滤池应单独设置滤后水采集装置，便于随时取样监测滤后水水质，

掌握滤池运行情况。

4.2 滤速及滤料组成

4.2.1 炭砂滤池滤料分为上层活性炭滤料和下层石英砂滤料以及底部砾石承托料，滤料安全性应满足生活饮用水净化的要求，不应含有影响人体健康的有毒、有害物质，此外，滤料的技术指标如活性炭强度、孔容积、比表面积和碘吸附值等。

活性炭滤料推荐采用煤质活性炭，主要是强度高、耐磨性好的煤质柱状炭、煤质柱状破碎炭和煤质压块破碎炭，不推荐采用原煤破碎炭。煤质柱状炭通常为无烟煤经磨粉加入黏合剂混捏成型后，炭化、活化而得，其强度较好，浮灰低。煤质柱状破碎炭或煤质压块破碎炭不是单一煤种制品，而是选用配煤（将空隙结构不同的煤种按一定比例混合，乃至加一些改变孔隙分布的药剂）经磨粉、成型（压块或制成圆柱）、炭化、活化、破碎、筛分而得，其强度高，且利于再生。煤质柱状破碎炭或煤质压块破碎炭不规则的表面，更利于微生物附着生长。

4.2.2 石英砂滤料和承托料的密度，含泥量、盐酸可溶率以及破碎率与磨损率之和等均应符合相关标准的要求。

4.2.3 滤料规格规定：下层石英砂滤料选用 $d_{10}=0.50\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$ 的细砂滤料，相比全规格的砂滤池，炭砂滤池砂层偏薄，采用粒径较小的细砂滤料能更好的解决微型生物穿透现象，同时也能提高对浊度的去除率。上层活性炭滤料主要选用煤质颗粒活性炭，给水处理中常见的规格有 $\Phi 1.5\text{mm}$ 、8 目 \times 30 目、12 目 \times 40 目等。郭公庄水厂炭砂滤池采用 $\Phi 1.5\text{mm}$ 煤质柱状活性炭；深圳市上南水厂炭砂滤池开始采用粒径为 8 目 \times 30 目的破碎炭，后期改为 $\Phi 1.5\text{mm}$ 柱状活性炭；杭州清泰水厂、嘉兴南门水厂炭砂滤池均采用 8 目 \times 30 目的破碎炭。8 目 \times 30 目破碎炭和 $\Phi 1.5\text{mm}$ 柱状炭在炭砂滤池实际工程应用中较为普遍，所以对活性炭滤料规格限定为以上两种。

滤料厚度规定：下向流砂滤池在一个反冲洗运行周期内，纳污量主要集中在 0.4m 深度左右。现有砂滤池改造为炭砂滤池时，一般普通快滤池和其衍变型式滤料层厚度在 1.3m~1.5m 之间，由于现有构筑物可利用的池深有限，建议改造后砂层厚度为不低于 0.5m，炭层厚度为 0.8m~1.0m。对于新建炭砂滤池，可适当

增加炭砂层厚度，建议砂层厚度为 0.6m~0.7m，炭层厚度为 1.0m~2.0m。此外，在常年水温较低的地区，可适当增加炭层厚度来增强炭砂滤池吸附和生物降解有机物的效果；在常年水温较高的地区，可适当增加砂层厚度来提高炭砂滤池拦截微型生物和去除浊度的效果。

滤速规定：对于单层细砂滤料，正常滤速为 6m/h~9m/h，对于活性炭吸附池的空床流速为 8m/h~20m/h，考虑到过高的滤速会导致过滤阻力的增加，出水水质变差，所以从出水安全性考虑，建议炭砂滤池的空床流速为 6m/h~9m/h。在低温低浊、微污染原水和含藻水等非常规水源情况下，或者要求出水浊度很低时，可采取较低的滤速。实际炭砂滤池工程上多采用 7m/h~8 m/h 滤速。

4.2.4 滤速是滤池设计的最基本参数，滤池总面积取决于滤速的大小，滤速的大小在一定程度上影响着滤池的出水水质。由于滤池是由各分格所组成，滤池冲洗、检修、滤料补充一般均可分格进行，因此规定了滤池应按正常滤速设计并以强制滤速进行校核。

正常情况指水厂全部滤池均在运行工作；检修情况指全部滤池中的一格或两格停运进行检修。

4.2.5 滤料的承托层粒径和厚度与所用滤料的组成和配水系统型式有关，根据国内长期使用的经验，条文作了相应规定。由于大阻力配水系统孔眼距池底高度不一，故最底层承托层按从孔眼以上开始计算。采用专用穿孔管配水、配气时，承托层的顶面应高出横向布水布气管顶部配气孔 50mm 以上，承托层的级配可按表 4.2.5 或通过试验确定。滤砖配水、配气系统承托层宜采用砾石分层级配，粒径宜为 2mm~16mm，厚度不宜小于 250mm。

4.2.6 采用滤板滤头配水、配气的系统，在实际工程应用中，为了保证配水配气更加均匀，一般都设置厚 50mm~100mm 粒径 2mm~4mm 的粗砂作为承托层。

4.3 冲洗

4.3.1 炭砂滤池在冲洗过程中，不适合采用单独水冲洗，清水浪费量大，也不适合采用气水同时冲洗，否则密度较小的活性炭会在气泡的裹挟下随水流向上运动，容易出现活性炭滤料流失、破损的情况。在气洗结束后，静置 30s，有利于活性炭滤料沉降，避免跑炭。对于炭砂滤池采用翻板滤池池型时，大强度冲洗前

增加了小强度冲洗方式，以带走气洗时产生的气泡，避免活性炭滤料的流失。

4.3.2 采用合理的冲洗强度能避免滤料板结、混层和流失的问题。反冲洗强度和反冲洗历时在设计时，需要按不同工况分别设定参数和搭配反冲洗水泵与风机，运行生产时根据实际情况进行调节。在滤层堵塞频繁、过滤周期缩短等情况下，增大反冲洗强度、延长反冲洗历时或增加反冲洗频次可以提高冲洗效果，但也要考虑跑炭、混层、活性炭磨损等情况。滤层反冲洗强度是影响滤池冲洗效果和滤后水无脊椎动物密度的重要因素，只有当反冲洗的强度足够，才能够比较彻底去除滤层中的污物和无脊椎动物。冲洗时间不足的情况下，滤料表面的污物无法彻底清洗干净，长期如此会导致滤料结块，滤层表面形成泥膜，影响滤池的使用效果；冲洗时间过长则会造成反冲洗水的浪费。实际操作中一般反复调试各池的反冲洗强度，提高冲洗效果，尽量保持不跑炭。反冲洗时间可根据反冲洗效果和排水浊度确定，反冲洗排水浊度一般控制在 10NTU~15NTU。

国内某水厂炭砂滤池采用翻板滤池池型，气冲强度为 $16.7\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，水冲小强度为 $2.8\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，水冲大强度为 $16.7\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。冲洗历时依此为气冲 3min、小强度水冲 1min、大强度水冲 1min、小强度水冲 1min、大强度水冲 1min。为防止跑炭，排水时翻板阀不一次性开足，开启分三步：开度 10%，液位从 1.6m 降至 0.8m；开度 40%，液位降至 0.4m；开度 80%，排除剩余废水。

普通快滤池的气冲强度、水冲强度和历时，在参考现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013-2018 下向流颗粒活性炭吸附池的规定基础上，取值范围涵盖了水厂调研结果。

翻板滤池的气冲强度、水冲小强度和水冲大强度参考现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013-2018，历时取值范围涵盖了水厂调研结果。

4.3.3 由于炭砂滤池上层是活性炭，属轻介质滤料，颗粒粒径较大，下层是石英砂，属重介质滤料，颗粒粒径细小。如果冲洗强度足够，当反冲结束、膨胀回落后，滤料因自身重量不同，形成自然分层，孔隙率能够维持在一个稳定的状态。如果反冲强度不够时，膨胀率很低，无法满足自然分层的条件，底层细小的石英砂嵌入到上层颗粒粗大的活性炭中，从而造成滤料混层。

同时滤料层膨胀率也是影响滤池出水中无脊椎动物密度的重要因素，只有当反冲洗的强度足以使滤料处于流化状态，破坏了无脊椎动物生长的稳定条件时，

才能够比较彻底去除滤层中的无脊椎动物，并预防无脊椎动物在其中生长繁殖。

不同水温时水的黏滞度不同，导致活性炭在相同水流上升速度的条件下出现不同的膨胀度，水温越低膨胀率越高。在水温较低的情况下可适当降低冲洗强度，避免活性炭的流失。

在冲洗调试中，应缓慢增大冲洗流量，直到炭层被托起一定高度，同时又不跑炭为宜。在炭砂滤池实际工程调研中，滤料层整体膨胀率一般控制在25%~40%。

4.3.4 水温较高时，由于微生物繁殖较快，建议反冲洗周期控制在1d~2d。低温期，冲洗周期可适当延长至3d~7d，尽量发挥生物作用，减少对活性炭附着微生物的干扰。此外，冲洗周期还与炭砂滤池的设置位置有关，在常规处理工艺中位于沉淀池后，一般由于进水浊度偏高，所以反冲洗周期可能在1d左右，而位于深度处理中，可以适当延长冲洗周期。实地调研中，山东东营某水厂炭砂滤池位于深度处理工艺中，夏季基本上控制在2d冲洗一次，冬季可以延长至5d~7d冲洗一次。

4.3.5 砂滤池反冲洗水泵和鼓风机经变频、大小搭配等，可满足炭砂滤池水冲和气冲的设备所需参数时，反冲洗设备可实现共用，减少工程占地和投资，减轻设备维护工作量。

4.3.6 反冲洗水应尽量清洁，水质不低于进水，不应对活性炭形成污染。因此，日常反冲洗水宜采用清洁的炭砂滤池滤后水。

4.3.7 高位水箱（塔）的水位变化不能太大，避免冲洗强度大幅变化，造成滤料流失或冲洗强度不够。

采用变频水泵或大小泵搭配等，主要是为了满足不同温度和不同冲洗强度条件下的流量调节要求。

4.3.8 大中型水厂多以罗茨鼓风机或离心鼓风机供气。

4.3.9 备用水泵和鼓风机设置的数量应考虑反冲洗供水、供气的安全要求、工作的台数以及检修的频率和难易等因素。备用水泵和鼓风机不是固定备用，应与所备用水泵和鼓风机互为备用、交替运行，其既是备用设备又是工作设备。因此，为保障所有水泵和鼓风机能高效、安全和稳定运行，提出了本规定。

4.3.10 气冲管道进入滤池之前高于滤池最高水位，可避免水倒流。低点处可设

阀门以便排出凝结水。设置柔性接头可起到隔振减振的作用。

5 检测与控制

5.0.1 滤池在给水处理工艺单元中起着重要作用，其运行质量不仅影响出水水质，更关系到用户的健康。过去给水厂滤池大多采用人工控制，不仅费力，而且劳动强度大，效率低，出水水质也难以保证，因此在水厂炭砂滤池设置自动控制系统是必要的。

炭砂滤池自动控制系统通常包括：可编程控制器（PLC），被控对象（阀门、冲洗水泵、风机等），电气执行机构和检测工艺参数信号的变送器。给水厂根据生产控制、运行管理与安全运行需要，实现滤池过滤、气水反冲等程序的自动控制。

5.0.2 滤池运行主要包括正常过滤以及滤池冲洗两个环节，这两个主要环节交替进行，相互之间的工作替换按照预先设定的工况条件进行切换。反冲启动的判断条件有多种，目前大多数水厂采用固定周期冲洗，但通过实际运行调研情况表明，有条件的水厂可以通过滤池水头损失或出水浊度等条件对反冲周期进行优化。在滤池调试运行期间，为了生物膜快速生长，防止早期生物膜被反冲脱落，因此早期可根据实际情况适当延长过滤周期。

5.0.3 滤后水质监控是生产过程中水质检验和控制所需，每格滤池滤后均应设置采样点，当条件许可时，可设置在线检测仪表。滤后水安装在线浊度仪和颗粒度计数器，以便实时监测滤后水浊度和生物泄漏情况，并根据情况采取相应的运行措施，比如缩短反冲洗周期，延长冲洗时长等。同时应定期开展每格滤池出水微生物指标和无脊椎动物的检测。

炭砂滤池一般作为给水厂净水处理的最后一道工序，是水厂运行一个重要质量控制点，主要控制水质指标是浊度，参考一些省市地方标准，滤池出水浑浊度目标值为 0.3NTU~0.5NTU，大于内控标准 1.5 倍时，作为报警限值，以保障出厂水水质留有一定的安全裕值。但鉴于全国各地水源水质的差异性，本条款只提出滤池出水要设置内控标准值。有条件的水厂可以增加颗粒度计数器和 pH 计对判断滤池运行状况提供参考。

5.0.4 滤池水位是滤池正常过滤及冲洗时需要重点控制的运行参数，根据要求可通过调节出水阀开度进行调控，使滤池不干池，不溢流。因此本条款针对滤池液位控制提出了要求。

5.0.5 冲洗效果好坏直接影响滤池的运行效果和出水水质，而水冲和气冲强度又是影响冲洗效果的重要因素。因此本条款对水冲和气冲的流量检测和压力监测装置进行了规定。

5.0.6 参与控制和管理的机电设备应设置工作与故障状态的检测装置，设置滤池水位报警、断电断气应急处置、滤池停池处置等自动化应急保护措施。滤池控制系统应设定报警和运行监视装置，包括反冲洗水泵、鼓风机、空压机的运行状态和故障信号，运行控制阀门的开关状态和故障信号，反冲洗水泵和鼓风机所配变频器的频率。水厂滤池反冲洗过程的开启需要设置两种主要方式，即采用电气控制器进行控制判断启动和人工控制判断启动。为保障滤池及水厂正常运行安全，在自动控制出现故障时，应能切换至手动启动模式。

5.0.7 滤池管廊潮湿，水温低易导致管道、设备仪表表面凝水，影响滤池正常运行，设备仪表的密封和防水能力对于保证设备仪表的安全运转和寿命至关重要，因此选用防护等级较高的阀门控制装置及检测仪器仪表，具有良好的防水性能，能尽量降低运行故障率。