



# 中国城镇供水排水协会

标准宣贯系列

## 《炭砂滤池设计标准》

T/CUWA20055-2022

主编单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司

主讲人：镇祥华

2022年8月

# 目录

中国城镇供水排水协会 标准宣贯系列

《炭砂滤池设计标准》T/CUWA20055-2022



01

编制背景与意义

02

框架及关键技术

03

主要章节内容

04

实际应用案例与展望



# 01

## 编制背景与意义

中国城镇供水排水协会





## 一. 编制背景

### 1. 水厂用地紧张、经济条件限制

现有老旧水厂的改造和新建水厂**用地紧张**，**经济条件限制**，同时水源地受到**有机微污染**的情况；采用炭砂滤池代替原有砂滤池或活性炭吸附池成为一种趋势。

### 2. 现有国标的补充完善

《室外给水设计标准》（GB50013-2018）中对炭砂滤池的适用条件**没有**作出明确的规定，也**缺少**具体的设计参数、辅助设施的参数和运行控制要求等。

“9.11.3.....当水厂因用地紧张而难以同时建设砂滤池和炭吸附池，且原水浊度不高和有机污染较轻时，可采用在下向流颗粒活性炭吸附池炭层下增设较厚的砂滤层的方法，形成同时除浊除有机物的**炭砂滤池**。”

“9.11.16 **炭砂滤池**砂滤料的厚度与级配可通过试验确定或参照本标准第9.5节有关规定，冲洗强度应经过试验确定或参照相似工程经验，.....。”

### 3. 水专项任务要求

“城市供水系统规划设计关键技术评估及标准化”（2017ZX07501001）。



# 01 编制背景与意义

中国城镇供水排水协会 标准宣贯系列

《炭砂滤池设计标准》T/CUWA20055-2022



## 一. 编制背景







# 01 编制背景与意义

## 二. 编制意义

### 1. 统一炭砂滤池工程设计标准

为了统一工程设计标准，有必要制定炭砂滤池的设计标准。（各设计院依靠经验来设计，行业内难免出现交流不畅的问题，本标准的编制工作，吸收总结了这些经验和教训，统一了设计标准，有利于炭砂滤池的推广和使用）

### 2. 可规范指导炭砂滤池相关设计，优化运行和管理

对现有建成的炭砂滤池，有利于优化运行和管理。并且在工程上能合理降低工程造价和运行成本。

### 3. 丰富了水专项成果

形成了炭砂滤池相关团体标准，支撑和丰富了“城市供水系统规划设计关键技术评估及标准化”（2017ZX07501001）。



# 02

## 框架及关键技术

中国城镇供水排水协会



## 02 框架及关键技术

### 一. 标准框架

| 序号 | 章     | 节                               | 条文            | 备注          |
|----|-------|---------------------------------|---------------|-------------|
| 1  | 总则    | —                               | 3             |             |
| 2  | 术语    | —                               | 3             |             |
| 3  | 基本规定  | —                               | 3             | 选用要求，进水要求等。 |
| 4  | 工艺设计  | 4.1 一般规定<br>4.2 滤料和滤速<br>4.3 冲洗 | 13<br>6<br>12 | 设计参数。       |
| 5  | 检测与控制 | —                               | 8             |             |





## 二. 关键技术

明确了炭砂滤池的选用条件、进水水质要求、适用池型，最重要的是**滤料的组成、滤料厚度和规格、滤速的大小以及冲洗方式、冲洗强度。**

### 1、炭砂滤池与炭吸附池下增设砂垫层的区别？

目的都是降低生物泄漏的风险。

**炭吸附池：**砂垫层厚度一般在30cm左右。多采用 $K_{80} \leq 1.4$ 均匀级配的粗砂滤料，且设计滤速为8~20m/h的高滤速。

**炭砂滤池：**砂层厚度50~70cm，采用细砂滤料，滤速6~9m/h，在设计参数上更加保险，所以在对浊度的去除和微生物的截留上，效果都要明显优于炭吸附池下设砂垫层的做法。

### 2、改造和新建采用不同的滤料厚度。

**改造：**砂层500~600mm，炭层800~1000mm

**新建：**砂层600~700mm，炭层1000~2000mm

表 4.2.3 炭砂滤池的滤料和滤速

| 滤料填充位置        | 滤料种类                  | 滤料                |               |               | 正常滤速 (m/h) | 强制滤速 (m/h) |
|---------------|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|------------|------------|
|               |                       | 规格                | 指标            | 要求            |            |            |
| 下<br>层        | 石<br>英<br>砂           | 0.45mm<br>~1.25mm | 粒径范围          | 0.45mm~1.25mm | 500~700    |            |
|               |                       |                   | <0.45mm 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<br>层        | 颗<br>粒<br>活<br>性<br>炭 | 8目×30目            | 粒径范围          | 0.6mm~2.5mm   | 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          |            |            |
|               | Φ1.5mm                | 粒径范围              | 直径 1.5mm      | 800~2000      |            |            |
|               |                       | <1mm 含量           | ≤1%           |               |            |            |
|               |                       | 1.00mm~1.25mm     | ≤14%          |               |            |            |
| 1.25mm~2.50mm |                       | ≥83%              |               |               |            |            |
|               |                       | >2.5mm 含量         | ≤2%           |               |            |            |



# 03

## 主要章节内容

中国城镇供水排水协会





## 03 主要章节内容

### 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、安全可靠、经济合理，制定本标准。

**(目的)**

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建城镇给水工程中炭砂滤池的设计。 **(适用范围)**

1.0.3 炭砂滤池的设计除应符合本标准的规定外，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

采用下向流过滤方式，滤床上层为颗粒活性炭，下层为石英砂，可同时具有吸附、生物降解和过滤拦截功能的给水处理构筑物。

国家标准《室外给水设计标准》GB 50013-2018 在2.0.18 条文中将炭砂滤池定义为：“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，现有炭砂滤池工程既有在颗粒活性炭吸附池下增设砂滤层的案例，也有将砂滤池上层石英砂滤料替换成颗粒活性滤料的案例。

### 2.0.2 有效粒径 $d_{10}$ ( $d_{60}$ 、 $d_{80}$ ) effective size $d_{10}$ ( $d_{60}$ 、 $d_{80}$ )

通过滤料质量10% (60%、80%) 的筛孔孔径。

### 2.0.3 均匀系数 $K_{60}$ ( $K_{80}$ ) uniformity coefficient $K_{60}$ ( $K_{80}$ )

通过滤料质量60% (80%) 的筛孔孔径与有效粒径的比值。





## 03 主要章节内容

### 3 基本规定

#### 3.0.1 炭砂滤池应与其他给水处理工艺单元**组合使用**。

混凝—沉淀—**过滤**—消毒，出水满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)。

#### 3.0.2 炭砂滤池的**选用**应结合水源水质、净水工艺流程总体布局及场地条件，经技术经济比较后确定。当无需或无条件同时设置砂滤池和活性炭吸附池时，或建设条件受限时，宜采用炭砂滤池。

老旧水厂改造和水厂新建：**用地紧张、经济条件限制、水源存在有机微污染。**  
炭吸附池出水直接进入清水池：**浊度不达标、微生物泄漏。**

#### 3.0.3 炭砂滤池的进水浊度宜**小于1.0NTU**。

危害：**悬浮物、絮凝剂堵塞炭吸附孔。**

絮凝沉淀：**控制好加药量和运行负荷，控制好出水浊度，避免跑泥。**

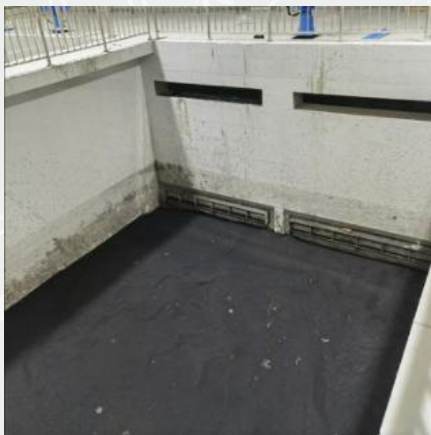
# 03 主要章节内容



## 4 工艺设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 炭砂滤池宜采用适合冲洗时**滤层膨胀**的**气水冲洗滤池**池型。



翻板滤池



普通快滤池



V型滤池

4.1.2 炭砂滤池分格数及单格面积应根据处理规模和运行管理条件比较确定，分格数不得少于4格。

防止检修或者冲洗等不利情况下，每格滤池负担的流量不至于超负荷太高。

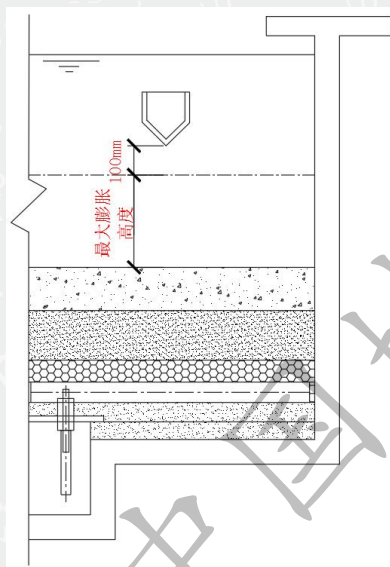


## 03 主要章节内容

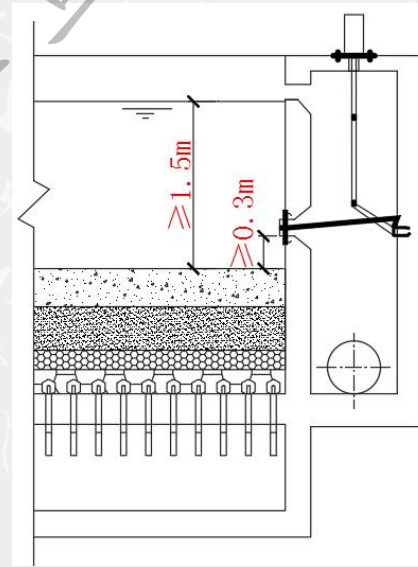
### 4 工艺设计

#### 4.1 一般规定

4.1.3 采用普通快滤池池型时，排水槽底部外侧高出滤料层表面的垂直距离应按整体滤料层**最大设计膨胀高度加100mm**高度计算确定。



普通快滤池



翻板滤池

4.1.4 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 工艺设计

### 4.1 一般规定

**4.1.5 炭砂滤池池深设计应考虑炭层和砂层厚度，并应满足冲洗时滤层膨胀的要求和保护高度。滤层表面以上的水深宜为1.5m~2.0m。**

实际调研中有少数案例水深在1.2m~1.5m，为安全保险起见，统一规定宜为1.5m~2.0m。

**4.1.6 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，宜为1.5m~2.5m，改造工程中应尽量利用现有可用水头。**

**4.1.7 炭砂滤池活性炭层的空床接触时间宜为6min~20min。**

去除臭和味，8min~10min

去除 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 时，12min~15min。

下向流颗粒活性炭吸附池，宜6min~20min，上向流颗粒活性炭吸附池，宜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6min~20min。

进水水温偏低、有机物浓度偏高，宜选用较长的空床接触时间。





## 4 工艺设计

### 4.1 一般规定

4.1.8 炭砂滤池出水直接进清水池时，**应设置初滤水排放设施。**初滤水排放管的管径应根据排放时间和排放水量计算确定。

初滤水浊度**低于1.0NTU 或符合企业内部控制标准时**，方可结束初滤水排放。

初滤水排放流速在国家标准《室外给水设计标准》GB 50013-2018 中第9.5.20 条中规定为3.0 m/s~4.5m/s。在实际工程运行中，部分自来水厂在滤池反洗结束后静置一段时间，然后再进行初滤水排放，有助于减少初滤水的排放总量。

4.1.9 炭砂滤池**应采取防止阳光直射的措施。**

4.1.10 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。

## 03 主要章节内容

### 4 工艺设计

#### 4.1 一般规定

4.1.11 炭砂滤池建在寒冷地区时应设在室内，并应设置保温设施。

4.1.12 与臭氧工艺单元组合使用时，炭砂滤池应采取防止余臭氧泄漏的措施。当布置在室内时，**应设置室内强制通风系统。**

通风系统设计可参考现行国家标准《室外给水设计标准》GB 50013 9.10.19条文中臭氧发生间相关规定：设置每小时换气8次~12次的机械通风设备，通风系统应设置高位新鲜空气进口和低位室内空气排至室外高处的排放口。

4.1.13 池体内壁与滤料接触部位应强化防裂、防渗措施。与臭氧工艺单元组合使用时，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。

出水槽、翻板阀——316L不锈钢

密封和紧固件——聚四氟乙烯





## 4 工艺设计

### 4.2 滤料和滤速

4.2.1 活性炭滤料的技术指标应符合现行行业标准《GB 345》的有关规定，并应采用机械强度高、吸附性能好恢复好的煤质颗粒活性炭，宜选用破碎炭或柱状炭。

活性炭规格：8目X30目，10目X30目，8目X20目，

4.2.2 石英砂滤料的技术指标应符合现行行业标准《GB 7

4.2.3 炭砂滤池滤料和滤速应根据进水水质、滤后水参照相似条件下已有炭砂滤池的运行经验确定，宜符

滤速规定：单层细砂滤料，滤速 6m/h~9m/h；  
活性炭吸附池，滤速8m/h~20m/h；  
炭砂滤池的正常流速为6m/h~9m/h。

在低温低浊、含藻水、出水浊度低，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。

表 4.2.3 炭砂滤池的滤料和滤速

| 滤料<br>填装<br>位置 | 滤料<br>种类              | 规格                | 滤料                   |               | 厚度<br>(mm) | 正常滤<br>速<br>(m/h) | 强制滤<br>速<br>(m/h) |
|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------|------------|-------------------|-------------------|
|                |                       |                   | 指标                   | 要求            |            |                   |                   |
| 下<br>层         | 石<br>英<br>砂           | 0.45mm<br>~1.25mm | 粒径范围                 | 0.45mm~1.25mm | 500~700    |                   |                   |
|                |                       |                   | <0.45mm 含量           | ≤5%           |            |                   |                   |
|                |                       |                   | >1.25mm 含量           | ≤5%           |            |                   |                   |
|                |                       |                   | 有效粒径 d <sub>10</sub> | 0.50mm±0.05mm |            |                   |                   |
|                |                       |                   | 均匀系数 K <sub>80</sub> | <2.0          |            |                   |                   |
| 上<br>层         | 颗<br>粒<br>活<br>性<br>炭 | 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 <sub>10</sub> | 0.75mm±0.05mm |            |                   |                   |
|                |                       |                   | 均匀系数 K <sub>60</sub> | <2.1          |            |                   |                   |
|                | Φ1.5mm                | 粒径范围              | 直径 1.5mm             |               |            |                   |                   |
|                |                       | <1mm 含量           | ≤1%                  |               |            |                   |                   |
|                |                       | 1.00mm~1.25mm     | ≤14%                 |               |            |                   |                   |
|                |                       | 1.25mm~2.50mm     | ≥83%                 |               |            |                   |                   |
|                |                       | >2.5mm 含量         | ≤2%                  |               |            |                   |                   |

## 03 主要章节内容

### 4 工艺设计

#### 4.2 滤料和滤速

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

4.2.5 采用滤头配水（气）系统时，承托层可采用粒径为2mm~4mm的粗砂，承托层的厚度不宜小于100mm。

4.2.6 采用大、中阻力配水（气）系统时，承托层材料、粒径与厚度应符合表4.2.6的规定。

表4.2.6 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    | 100               |
| 2        | 砾石 | 4~8    | 100               |
| 3        | 砾石 | 8~16   | 100               |
| 4        | 砾石 | 16~32  | 本层顶面应高出配水系统孔眼 100 |

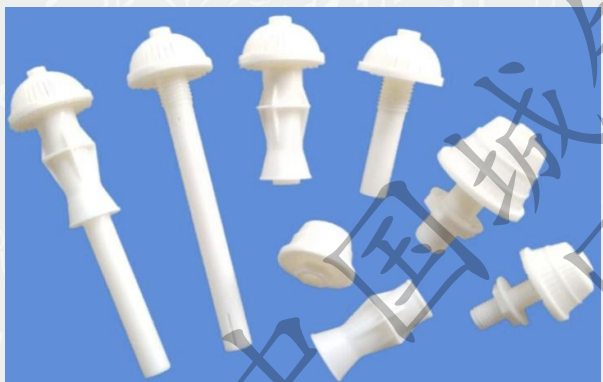


## 4 工艺设计

### 4.3 冲洗

4.3.1 炭砂滤池冲洗的方式、强度、时间和周期应通过试验或参照相似条件下已有炭砂滤池的经验确定。

4.3.2 炭砂滤池配水、配气系统应根据池型、冲洗方式、单格面积、配水配气的均匀性等因素选用。宜采用**适合气水冲洗的滤头、专用穿孔管**等配水、配气系统。



滤头、滤板



面包管

4.3.3 冲洗方式宜采取先气冲、后水冲的模式。炭砂滤池冲洗过程的最后步骤应采用滤层膨胀式冲洗。

## 03 主要章节内容

### 4 工艺设计

#### 4.3 冲洗

4.3.4 冲洗强度和冲洗时间应根据池型、滤层厚度、滤料粒径、全年水温、进出水水质和运行要求等因素确定，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，宜选用下列参数：

1 **普通快滤池池型**，气冲强度宜为  $(14\sim17)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为  $(2\sim5)$  min；常温下水冲强度宜为  $(7\sim12)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为  $(6\sim12)$  min；冲洗过程最后的分层冲洗强度宜为  $(12\sim15)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为  $(3\sim5)$  min。

2 **翻板滤池池型**，气冲强度宜为  $(15\sim17)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为  $(3\sim5)$  min。水冲可采用小强度和大强度交替的多次冲洗程序，小强度水冲宜设在大强度水冲前。小强度水冲强度宜为  $(2\sim3)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为1min；大强度水冲强度宜为  $(15\sim17)$  L/(m<sup>2</sup>·s)，历时宜为1min。



## 03 主要章节内容

### 4 工艺设计

#### 4.3 冲洗

**4.3.5 设计计算采用的冲洗时滤料层整体膨胀率应根据冲洗强度、水温和自然分层等因素确定。**

**适当的膨胀率：**有利于滤料的清洗同时不跑炭；有利于滤料的自然分层、减少混层；有利于预防无脊椎动物在其中的生长繁殖。

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30%~50%。

**4.3.6 炭砂滤池宜设置防止活性炭滤料流失的设施。**

**4.3.7 冲洗周期应根据水头损失、滤前水质、滤后水质、运行时间、水温及炭砂滤池的设置位置等因素确定。冲洗周期宜控制在24h~48h，可根据运行情况适当延长。**

**4.3.8 炭砂滤池冲洗水宜设置无氯水和含氯水两个来源，平时宜采用无氯水冲洗，当生物过度繁殖时应采用含氯水冲洗。**



## 03 主要章节内容

### 4 工艺设计

#### 4.3 冲洗

4.3.9 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，并应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。

4.3.10 气源供给宜选用罗茨鼓风机或离心鼓风机。鼓风机应具备变频调节功能，并应采取降噪、隔振措施。气源系统可与其他设施共用。

4.3.11 冲洗水泵和鼓风机均应设置备用机组。

4.3.12 气冲管道应设计量装置，并应采取排水、伸缩、隔振和防倒流措施。





## 03 主要章节内容

### 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运行安全可靠、质量控制和提高管理水平的需求。

5.0.2 炭砂滤池可根据过滤周期、水头损失或出水浊度设置自动冲洗功能，并应具备人工强制冲洗功能。

5.0.3 每格炭砂滤池应单独设置滤后水取样装置，滤后水管（渠）上宜安装在线浊度仪，有条件时可安装在线颗粒计数仪和pH计，并可对每格滤池进行轮检。

5.0.4 每格炭砂滤池应设置液位计和压力变送器，并应设水位高低限值的自动报警系统。

5.0.5 冲洗水调节池或高位水箱（塔）应设置液位计，并应设水位高低限值的自动报警系统。

5.0.6 冲洗水管和冲洗气管均应设置流量检测装置和压力监测装置，其中压力监测装置应设置高低限值的自动报警系统。



## 03 主要章节内容

### 5 检测与控制

**5.0.7 参与控制的机电设备应设置工作与故障状态的检测装置，并应设置断电断气应急处置、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，自动控制系统出现故障时，工艺设备应能在手动情况下正常工作。**

**5.0.8 炭砂滤池应选用满足防潮、防尘要求的阀门控制装置及检测仪器仪表。**





# 04

## 实际应用案例与展望

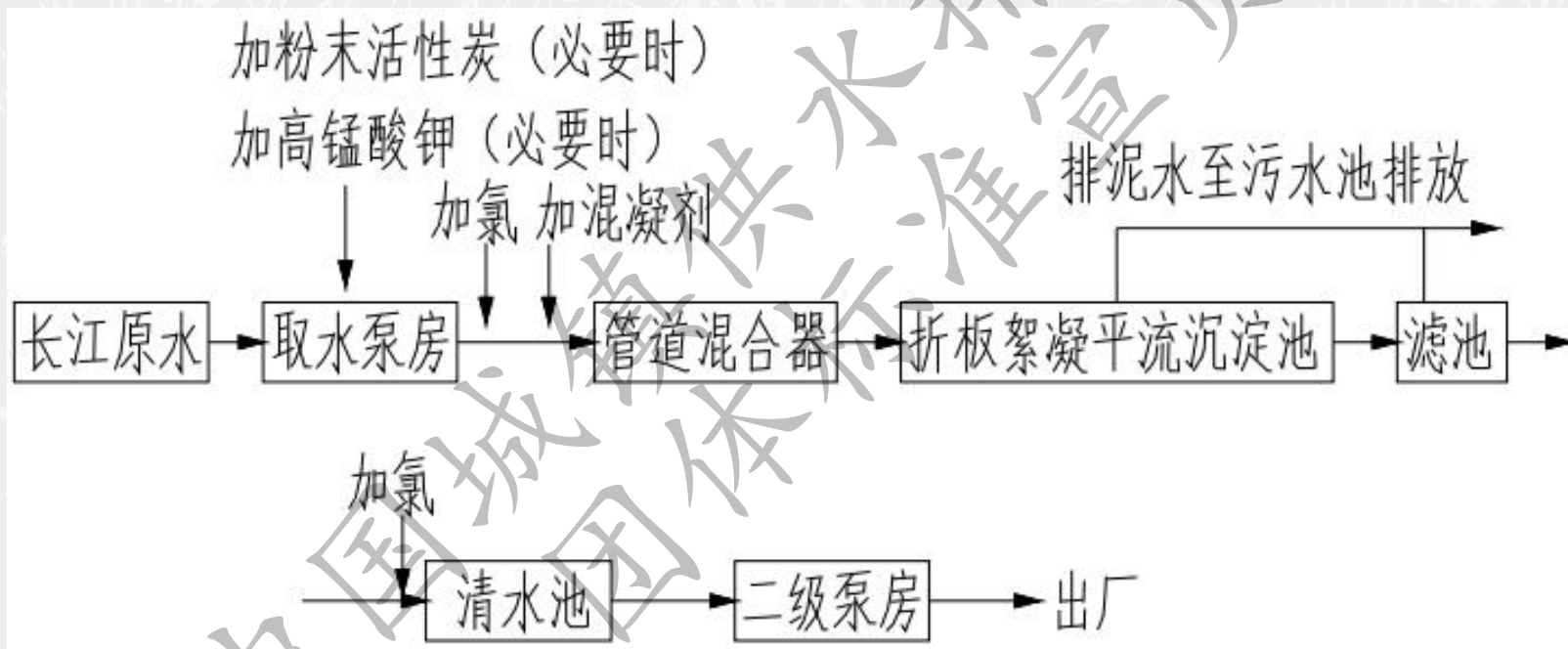
中国城镇供水排水协会

# 04 实际应用案例与展望



### 1. 项目概况

水厂供水能力为30万m<sup>3</sup>/d，2座普通快滤池，每座12格，单格面积73.5m<sup>2</sup>，滤速7.8m/h，砂滤料厚度800mm。



原工艺流程

由于原水有机物呈现升高的趋势，同时希望能提供更加优质的饮用水，所以对原厂进行了改造。两个部分，增加预臭氧，砂滤池改造为炭砂滤池。





## 04 实际应用案例与展望

### 2. 炭砂滤池设计参数

#### (1) 滤料及滤速

上层：8×20 目柱状破碎炭，碘吸附值 965mg/g、粒度 1~2.5mm 92.82%，厚度90cm，接触时间 6.9min，

下层：0.5-0.9mm 均质滤料，厚度 90cm， $K_{80}$  为 1.38~1.42。

滤速：7.8m/h。

#### (2) 冲洗

最大膨胀度25%，

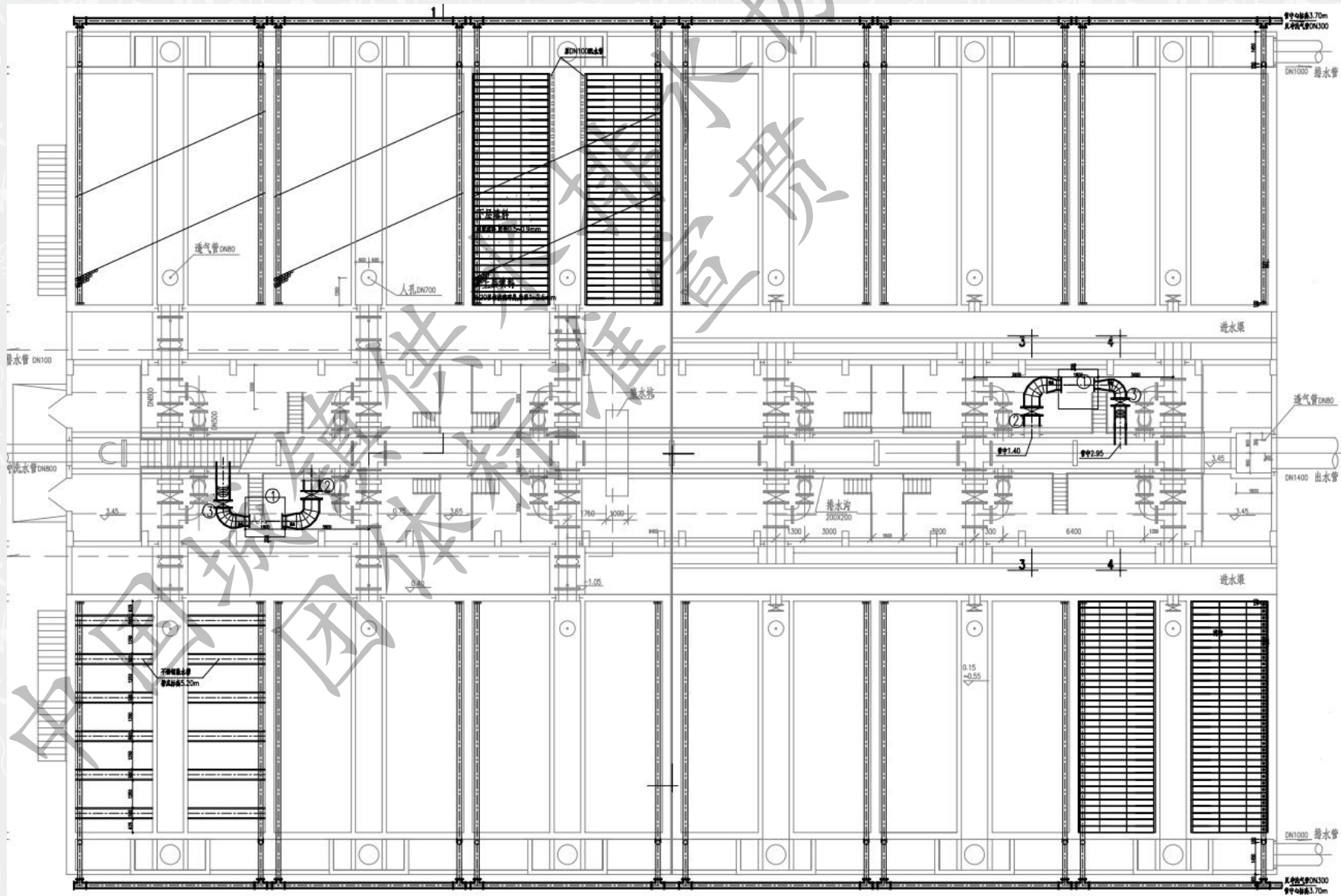
气冲 15L/m<sup>2</sup>s，冲洗时间 3min；水冲强度选取暂取 10L/m<sup>2</sup>s，反冲洗水冲时间为 7min，后续可利用反冲洗水泵变频调节使反冲洗水冲强度在9~15L/m<sup>2</sup>s 范围内根据实际运行调节。

24h冲洗一次。

# 04 实际应用案例与展望



### 3. 施工图设计

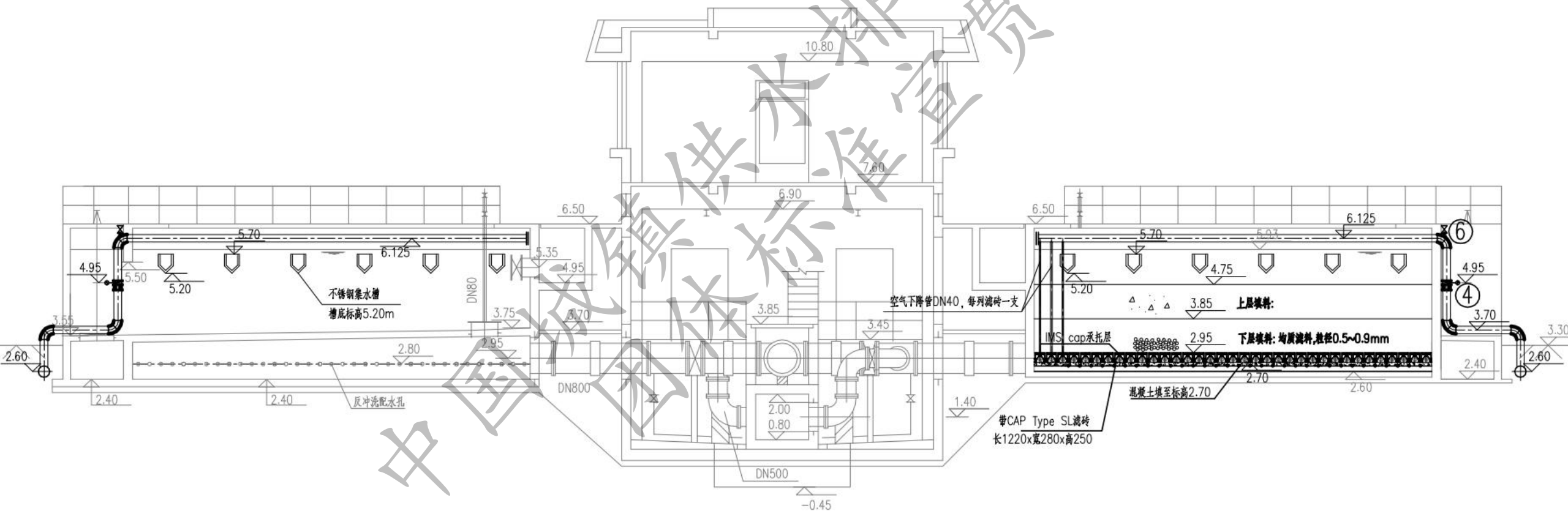




# 04 实际应用案例与展望



### 3. 施工图设计





# 04 实际应用案例与展望

中国城镇供水排水协会 标准宣贯系列

《炭砂滤池设计标准》T/CUWA20055-2022



## 4. 建设过程





## 04 实际应用案例与展望

### 5. 运行效果



滤料组成和滤速合适，冲洗强度和周期合适，不存在跑炭问题。出水水质达到设计标准，运行效果良好。



# 中国城镇供水排水协会

敬请批评指正！  
欢迎提问交流！



敬请关注：

中国城镇供水排水协会

<http://www.cuwa.org.cn/>

北京 海淀区 北洼路48号院