



# 中国城镇供水排水协会

标准宣贯系列

## 《管式动态混合器》

T/CUWA60053-2022

主编单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司、武汉力祯环保科技有限公司

主讲人：张怀宇

2022年6月14日

# 目录

中国城镇供水排水协会 标准宣贯系列

《管式动态混合器》T/CUWA60053-2022



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

# 01 编制背景与意义

## 一. 标准编制情况

### 1. 标准编制计划

根据中国城镇供水排水协会下达的《关于印发<2020年中国城镇供水排水协会团体标准编制计划>的通知》，启动本标准的编制工作。



# 中国城镇供水排水协会

中水协 (2020) 10 号

## 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

各有关单位:

依据《中国城镇供水排水协会团体标准管理办法》和《中国城镇供水排水协会标准化工作委员会章程》，申报编制标准经中国城镇供水排水协会（以下简称“中国水协”）标准化工作委员会评审，并在中国水协网站公开征求意见后，列入编制计划的标准项目共有 38 项，其中一档项目 22 项，应



## 01 编制背景与意义

### 2. 标准编制单位情况

- **主编**单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司、武汉力祯环保科技有限公司等**2**家
- **参编**单位：清华大学、亚太建设科技信息研究院有限公司、上海市政设计研究院总院（集团）有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司、中国城市建设研究院有限公司、中国市政工程西南设计研究总院、中国市政工程西北设计研究院有限公司、山西省城乡规划设计研究院、云南省设计院集团有限公司、贵州省建筑设计研究院有限责任公司、湖南省建筑设计院有限公司、同济大学、北京首创股份有限公司、荆门供水总公司、邵东市自来水公司、太谷自来水公司、绥宁县自来水公司、崇仁县自来水公司、松滋市民生水务有限公司、洪湖市第二自来水公司等**20**家

### 3. 标准编制单位情况

- **主要起草人**：张怀宇、邓承良、孙文俊、谢社平、陈永、张彬、廖文龙、余琴芳、鲍任兵、陈奔、侯培强、张硕、王胜军、王蔚蔚、楚文海、王胤、雷克刚、安沁生、耿艳琼、饶正凯、罗惠云、刘芳、王小峰、罗小刚、牛志勇、唐宁华、黄建华、杨铭、唐悦



# 01 编制背景与意义

## 二、市场需求与立项目的

### 1. 市场需求

- 市政供排水中需加入各种化学药剂，为加强药剂与水的混合效果，需要采取适当的混合措施，减少药剂的消耗；
- 传统的水力混合或机械混合占地较大、管理相对复杂；静态混合器的混合效果提升有限，存在水头损失增加、能耗增加的问题；
- 动态混合器提高药剂的使用效率从而降低药剂用量；低水头损失，降低水司的能耗等优点；
- 目前动态混合器在实际工程中已得到应用，效果很好，但行业内缺乏有关动态混合器的相关标准供参考，亟需制定动态混合器的标准。

### 2. 标准的发起

- 标准的共同主编单位和技术原创方：武汉力祯环保科技有限公司
- 动态混合器这一新技术产品，填补了国内空白，为标准编制的提供了产品和工程应用的支撑。

### 3. 契合团体标准的定位要求

#### 1) 《标准化法》、《团体标准管理规定(试行)》规定

- 创新导向
- 市场导向

#### 2) 编制的服务对象

- 自愿采用：技术价值和商业价值
- 服务于：社会需求&创新企业



# 01 编制背景与意义

## 三、标准编制方法

### 1. 方法来源

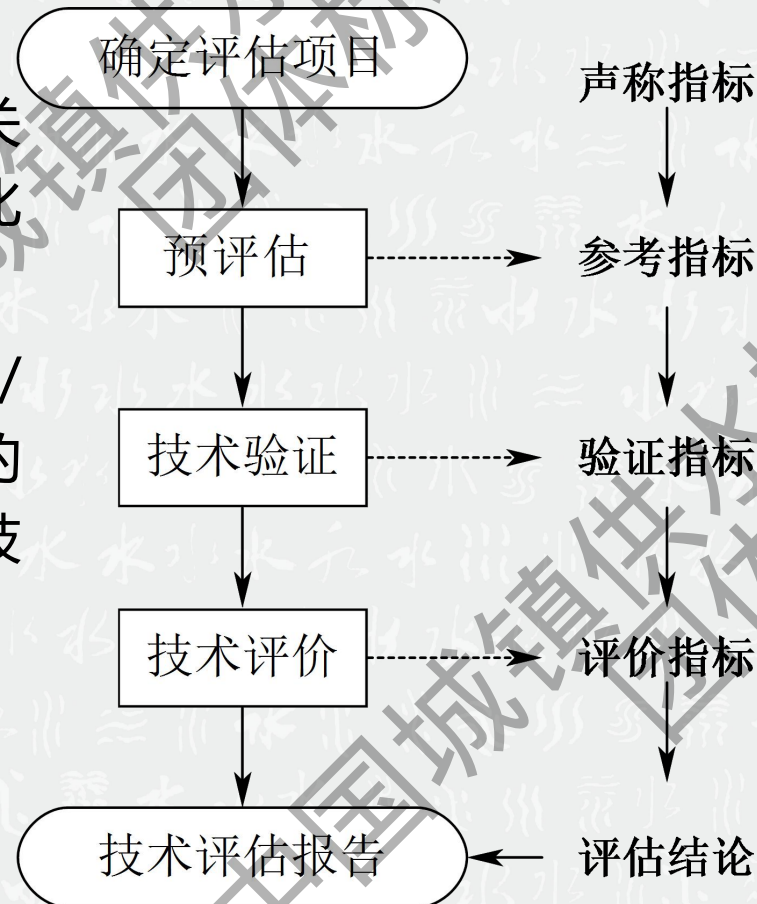
• “城市供水系统规划设计关键技术评估及标准化” 2017ZX07501001

• 参考OTA/EPTV/ETV/HTA& QMP: “技术评估的新概念与城市供水工程新技术评估指标体系”

### 2. 起点——确定评估项目

### 3. 终点——评估成果

### 评估流程 指标体系



引自张怀宇等，2020

### 4. 过程——评估流程三剑客

- 预评估：利用广泛、可靠的信息，通过工艺技术的原理、构造、技术参数等方面的梳理，获取和形成技术特性的完整表述，即参考指标
- 技术验证：在特定的预设工况或条件下，依托标准化的测试程序，通过充分的数据和可靠的质量管理过程，证实和确认技术特性的真实性。
- 技术评价：基于特定的指标体系，在已经明确的技术特性基础上，确定技术的质量和价值的过程。



# 02

## 框架及关键技术





## 02 框架及关键技术

### 一、第一类典型应用——絮凝中的快速混合

#### 1. 关于“快速”混合

##### 1) 混凝反应中的两个阶段

- 药剂充分接触悬浮物和胶体颗粒，脱稳
- 脱稳后的颗粒聚集、凝聚成大的絮体，并沉淀（气浮）分离

##### 2) 混合时间的理论值

- 对于铁/铝盐絮凝剂，单核羟基配合物  $AlOH^{2+}/FeOH^{2+}$ ，形成时间  $10^{-10}s$
- 多核络合物：  $10^{-2} \sim 1s$
- 颗粒吸附：  $10^{-10}s$
- 胶体颗粒脱稳：  $0.01 \sim 1s$

快速混合，应能使药剂充分水解反应并与水中的悬浮物、胶体颗粒充分接触、脱稳

##### 3) 关于混合时间的相关规定和参考数据

- 未列明时间（GB 50013-2018）
- 10~60s（《给水排水设计手册 城镇给水（第三版）》）
- 10~30s（《污水混凝与絮凝处理工程技术规范》HJ2006-2010）
- 20s~>40s（AWWA）
- <10s（爱尔兰标准）
- 48s~5min（美国部分统计案例）
- 9s~2.5min（Letterman et al. 1973）
- 4~60s（Griffith & Williams, 1972）.

扩散→水解→聚合→成核→沉淀

小结：30~60s的混合时间在多数时候是不必要的，2~4s / 4~8s 可满足绝大多数需求

## 02 框架及关键技术

### 2. G值的选取

#### 1) G/T值的工程意义

$$G = \sqrt{\frac{1000 N_i}{\mu \cdot Q \cdot T}}$$

$$N_i = \frac{G^2 \cdot T \cdot \mu}{1000} Q$$

式中  $N_i$ ——有效混合功率, kW

$\mu$ ——水的黏度, Pa·s

$Q$ ——流量, m<sup>3</sup>/s

$T$ ——停留时间, s

可见: 混合的单位能耗, 和G、T正相关;  
从节能角度,

#### 2) 标准、文献中的G值/GT值

- 静态混合气水头损失0.5~1.5m (GB 50013-2018)
- 1000~700 s<sup>-1</sup> (对应20s~>40s, 美国)
- 600~1000 s<sup>-1</sup>//10s~60s (《给水排水设计手册第3册 城镇给水 (第三版)》)
- 600~1000 s<sup>-1</sup>//10s~30s (《污水混凝与絮凝处理工程技术规范》HJ2006-2010)
- 1000s<sup>-1</sup> (Vrale and Jordan)
- 1000~400 s<sup>-1</sup> (Morrow & Rausch)

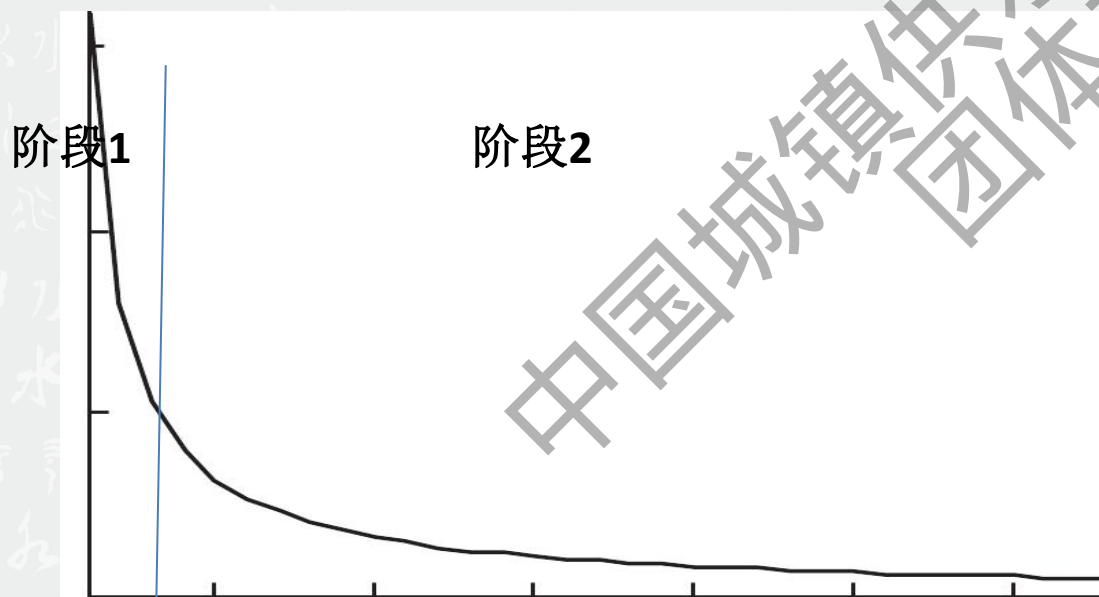
#### 3) 实测G值/GT值

- 实际测定, T=2~4s、G=800~900较优; 对于部分地区, 采取2级串联或并联, 即T=4~8s较优; G/T值需要根据水质调整,故采取变频调速。

## 02 框架及关键技术

### 二、第二类典型应用——消毒剂的投加

#### 1. 为什么消毒剂要快速混合



#### 消毒剂在水中的衰减曲线

包括与消毒剂与管壁（池壁）反应/消毒剂与水中底物反应等2个部分，两个阶段具有不同的反应方式

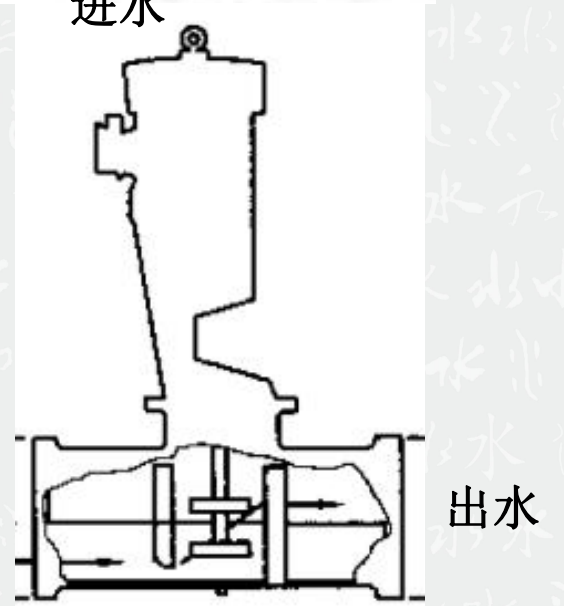
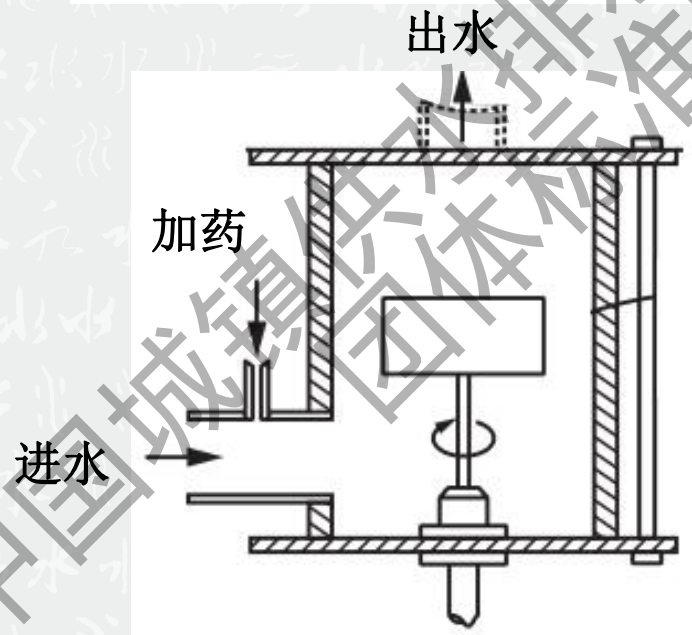
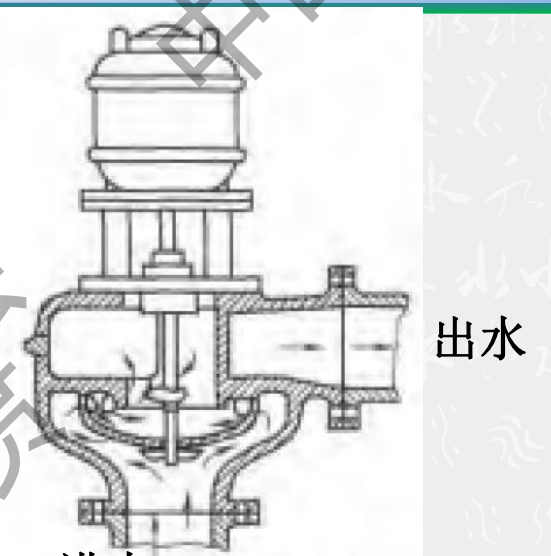
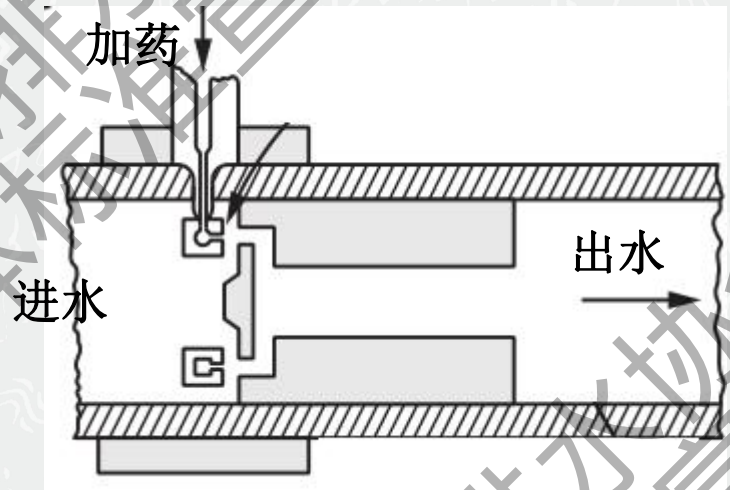
小结：

- (1) 消毒剂在水中混合速度越慢、衰减速度越快；
- (2) 不设置快速混合的水厂，消毒剂用量更高、消毒副产物也相应产生的更多；
- (3) 不设置快速混合设施的水厂，可以利用弯头等管件混合，但更好的办法是利用快速混合装置进行混合；应避免采取跌水混合。

# 02 框架及关键技术

## 三、混合器的比较和选择

### 1. 不同形式的管式动态混合器



## 02 框架及关键技术 2. 三类混合器比较

项目	管式动态混合器	管式静态混合器	机械混合池
设备化、装备化情况	成套设备	单一设备	需要单独建设池体、另行采购搅拌桨及电机
占地空间	占地小、安装简便	占地小、安装简便	占地较大
药剂混合能力&水量适应能力	采用变频调节, 可根据水量情况调整运行状态, 适应能力强, 增加水量	不可调节, 如考虑满载时能耗较低, 则对水量变化的适应能力弱; 如考虑水量变化, 则高负载时能耗偏高	可设置变速调节, 可以根据水量、水质情况调整运行状态, 适应能力强
水质适应能力	采用变频调节, 可根据水量、水质情况调整运行状态, 适应能力强	不可调节, 不能根据水量、水质情况进行调整	可设置变速调节, 可以根据水量、水质情况调整运行状态, 适应能力强
水头损失	$\leq 0.2\text{m}$	$0.5\sim 1.5\text{m}$ , 极端情况可达 $2\sim 3\text{m}$	池体进口+出口, 参考 $0.4\sim 0.5\text{m}$
参考能耗	$0.0006\sim 0.0011\text{kWh/m}^3$	$0.0117\sim 0.0156\text{kWh/m}^3$	$0.0084\text{kWh/m}^3$ 以上 (未计沿程损失, 视池体大小不同) 如池体过大, 则能耗进一步增加



# 03

## 主要章节内容

# 03 主要章节内容



1 范围			
2 规范性引用文件			
3 标记	3.1 标记方法 3.2 标记示例	7 试验与检验方法	7.1 材料 7.2 外观 7.3 规格尺寸 7.4 物理性能 7.5 卫生性能 7.6 运转性能
4 基本参数与尺寸			
5 技术要求	5.1 材料 5.2 外观 5.3 规格尺寸 5.4 物理性能 5.5 卫生性能 5.6 运行性能	8 检验规则	8.1 出厂检验 8.2 型式检验
6 使用条件		9 标志、包装、运输和 储存	9.1 标志 9.2 包装 9.3 运输 9.4 贮存



## 03 主要章节内容

### 1 范围

本标准规定了动态混合器的术语和定义、分类、材料、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于给水及污废水处理。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1527 铜及铜合金拉制管

GB/T 1804-2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分：规范

GB/T 9124.1 钢制管法兰 第1部分：PN系列

GB/T 12350 小功率电动机的安全要求

GB/T 13306 标牌

GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

GB/T 18613 电动机能效限定值及能效等级

GB/T 20801.4 压力管道规范 工业管道 第4部分：制作与安装

GB/T 20801.5 压力管道规范 工业管道 第5部分：检验与试验

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

管式动态混合器 tubular dynamic mixer

采用电动机驱动内置涡轮实现水处理药剂快速均匀扩散的管式混合装置。装置可通过变频调速的减速电动机调节涡轮的转速达到期望的混合速度梯度（G值）。

#### 3.2

涉水部件 water contact parts

与待处理的水直接接触的部件。

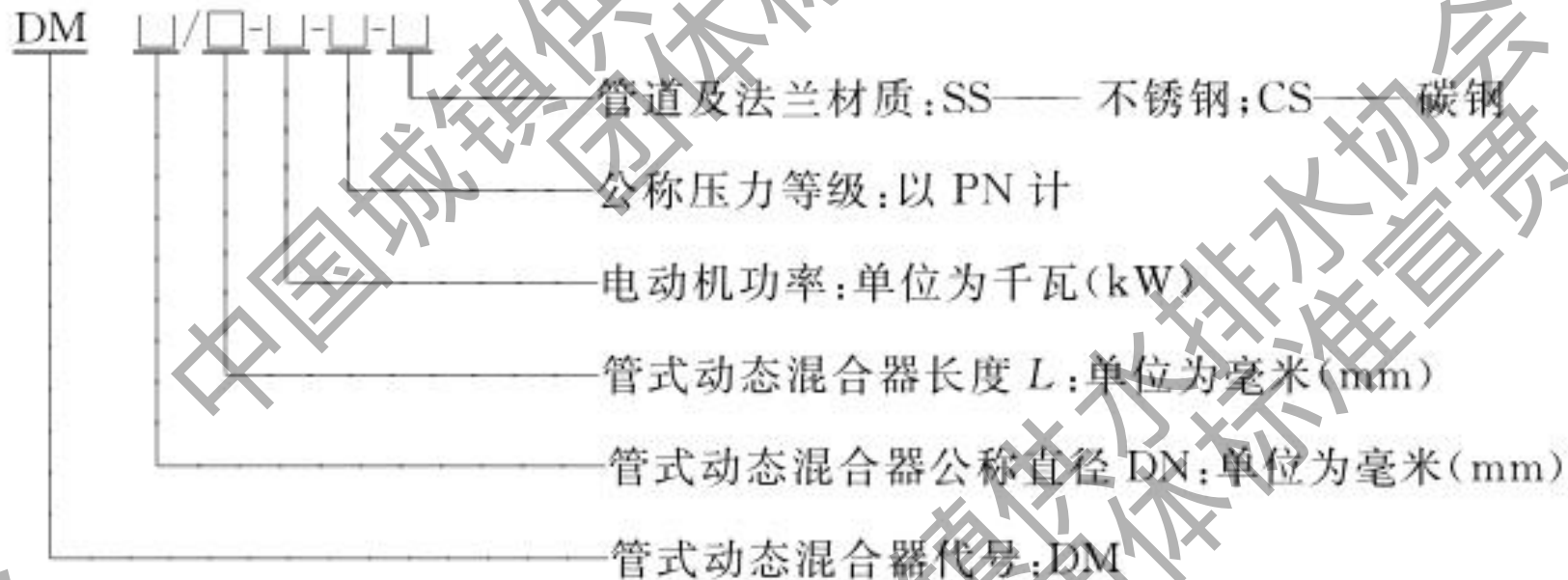




## 03 主要章节内容

### 4 标记

#### 4.1 标记方法



#### 4.2 示例

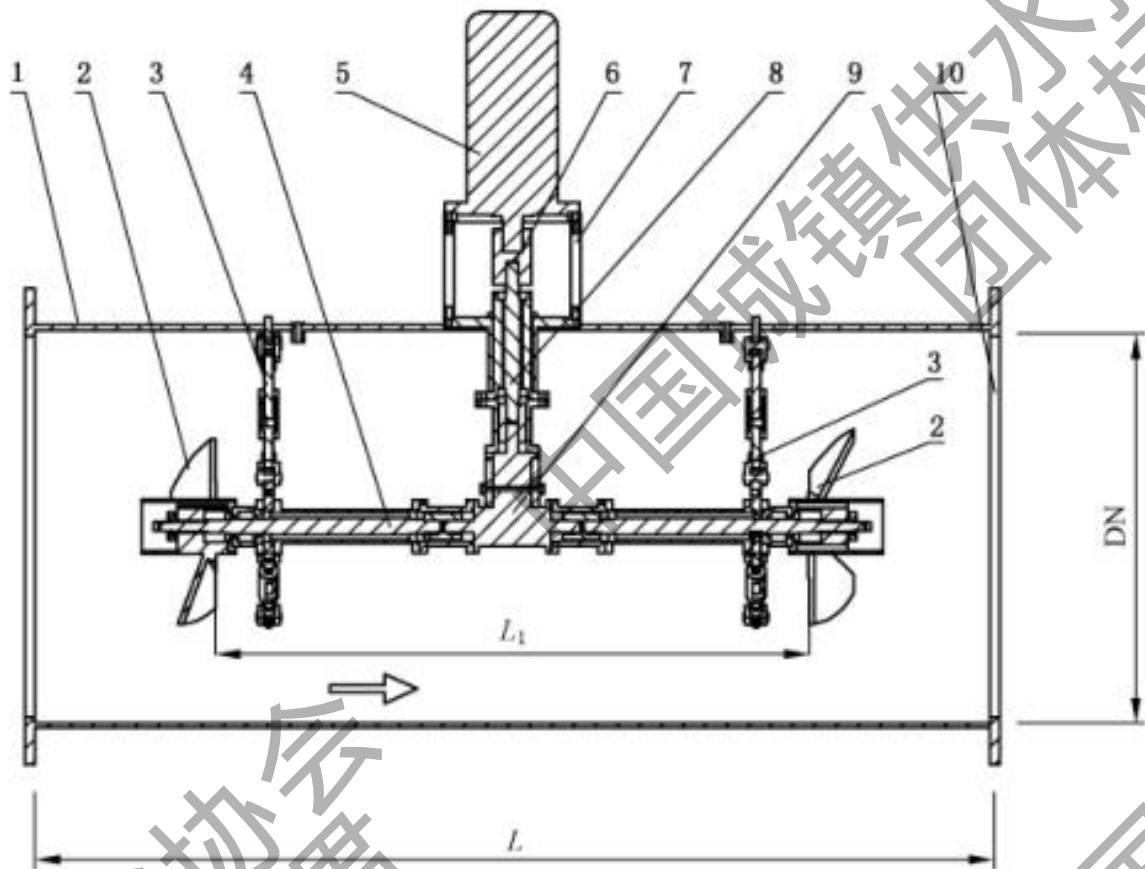
公称直径为 DN600,长度为 2 000 mm,电动机功率 2.2 kW,公称压力等级为 PN10,法兰及管道材质为不锈钢的管式动态混合器,标记为:

DM600/2000-2.2-PN10-SS

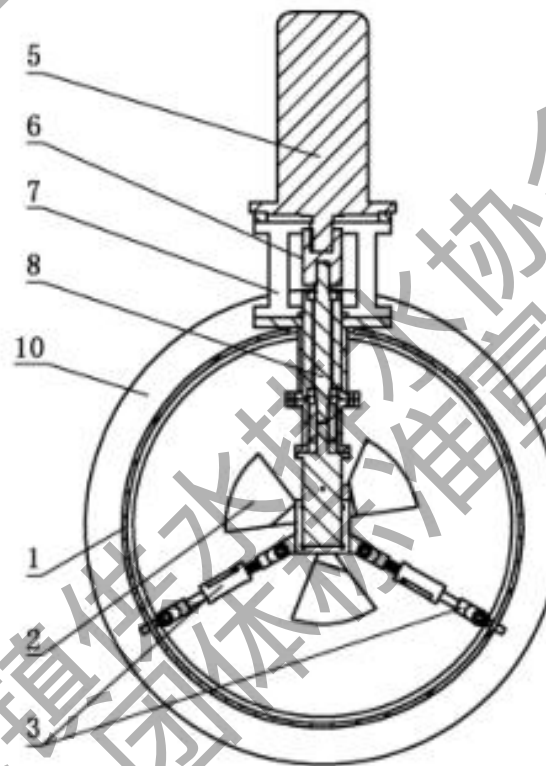


# 03 主要章节内容

## 5 基本参数与规格



a) 纵断面图



b) 横断面图

- 标引序号和符号说明：
- 1——混合管；
  - 2——涡轮；
  - 3——固定支架；
  - 4——水平转轴；
  - 5——采用变频调速的减速电动机；
  - 6——联轴器；
  - 7——电动机底座；
  - 8——竖向转轴；
  - 9——换向器；
  - 10——法兰；
  - L——混合器长度；
  - DN——混合器公称直径；
  - L1——涡轮间距；
  - 水流方向。

图1 管式动态混合器结构形式示意图



## 03 主要章节内容

### 5.2 基本参数和规格 (表1)

公称尺寸		参考长度L	涡轮额定转速	涡轮间距	电源		参考流量	
DN	NPS	mm	rpm	mm	电压 /V	装机功率 /kW	万m <sup>3</sup> /d	×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h
250	10	2000	193, 290	1329	380	1.5	0.2~0.4	0.09~0.18
300	12	2000	193, 290	1329	380	1.5	0.3~0.6	0.13~0.25
350	14	2000	193, 290	1329	380	1.5	0.4~0.8	0.17~0.35
400	16	2000	193, 290	1329	380	2.2	0.5~1.1	0.23~0.45
450	18	2000	193, 290	1329	380	2.2	0.7~1.4	0.29~0.57
500	20	2000	145, 193, 290	1329	380	2.2	0.8~1.7	0.35~0.71
600	24	2000	145, 193, 290	1329	380	2.2	1.2~2.4	0.51~1.0
700	28	2000	145, 193, 290	1329	380	2.2	1.7~3.3	0.69~1.4
800	32	2000	145, 193, 290	1329	380	2.2	2.2~4.3	0.90~1.8
900	36	2000	145, 193, 290	1329	380	3.0	2.7~5.5	1.1~2.3
1000	40	2000	145, 193, 290	1329	380	3.0	3.4~6.8	1.4~2.8
1200	48	2000	145, 193, 290	1329	380	3.0	4.9~9.8	2.0~4.1
1400	56	2000	145, 193, 290	1329	380	3.0	6.6~13.3	2.8~5.5
1600	64	2500	97, 145, 193	1729	380	4.0	8.7~17.4	3.6~7.2
1800	72	2500	97, 145, 193	1729	380	4.0	11~22	4.6~9.2
2000	80	2500	97, 145, 193	1729	380	4.0	17~33.9	7.1~14.1



## 03 主要章节内容

### 6 要求

#### 6.1 材料和零部件

6.1.1 混合管、涡轮、法兰、固定支架、换向器、水平和立向转轴的材料宜选用表2中的材料，其化学成分及力学性能应分别符合相应标准的规定。

表2 管式动态混合器材料

部件	材料	标准
混合管、固定支架、换向器、水平和立向转轴、法兰	S30408, S30403, S31608, S31603	GB/T 14976
涡轮	S30408, S30403, S31608, S31603	GB/T 14976
	铜合金	GB/T 1527

表3 涡轮圆跳动公差值

公称尺寸	径向圆跳动公差值≤	轴向圆跳动公差值≤
DN≤600	3	3
600<DN≤1400	4	6
1400<DN≤2000	6	6

6.1.2 外接法兰与混合管法兰材质不同时，不应直接接触连接。

6.1.3 电动机应符合GB/T 12350和GB/T 18613的规定，防水防尘等级不应低于IP55。

#### 6.2 外观

6.2.1 混合器表面应平整、完整，表面不应有斑点、波纹、溢料、缩痕、翘曲、熔接痕或气泡，不应有影响使用的擦痕、划痕或修饰损伤。

6.2.2 内部结构应完整，无翘曲、无裂纹，内壁应光滑平整，不应有气泡、裂口。

6.2.3 机械切面应平整，边缘应平滑无毛刺，并应与轴线垂直。

#### 6.3 规格偏差

6.3.1 混合管法兰面应垂直于混合管水平轴线，垂直度公差按GB/T 1184-1996中L级选取。

6.3.2 混合器长度的极限偏差应按GB/T 1804-2000中c级选取。

6.3.3 涡轮与水平转轴的同心度不应大于3mm。涡轮的径向圆跳动公差值和轴向圆跳动公差值应符合表3的规定。



## 03 主要章节内容

### 6.4 密闭要求

6.4.1 混合器组装后，应满足水压试验无渗漏的要求。

6.4.2 混合器的焊接应符合GB/T 20801.4的规定。

### 6.5 卫生要求

用于生活饮用水处理的管式动态混合器的涉水部件，以及用于连接的橡胶圈等其他涉水配件应符合GB/T 17219的规定。

### 6.6 可靠性要求

管式动态混合器应在可靠性试验条件下，满足连续运转天数的要求。

### 6.7 运转性能

6.7.1 管式动态混合器在最大参考流量、额定转速条件下运转水头损失不应大于5kPa。

6.7.2 管式动态混合器在额定转速条件下运转噪音不应大于55dB。

### 7 安装和使用条件

7.1 管式动态混合器宜用于温度1°C~45°C的介质；不得用于含有易堵塞涡轮或缠绕涡轮的杂质的介质中。

7.2 管式动态混合器宜靠近絮凝反应装置，加药点应靠近管式动态混合器。

7.3 采用流量控制加药时，流量计应设置在管式动态混合器前；管式动态混合器电动机应配备变频调速装置。

7.4 管式动态混合器安装场所应采取防水淹、防雨的措施；并保持通风，避免电动机过热。

7.5 管式动态混合器宜采用水平安装，混合管轴线与水平面的倾角不宜超过10°；采用竖直安装时，混合管轴线与垂直面的夹角不宜超过5°。



## 03 主要章节内容

### 8 试验方法（略）

### 9 检验规则

#### 9.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

#### 9.2 出厂检验

9.2.1 每台管式动态混合器均须出厂检验，检验合格方可出厂。

9.2.2 出厂检验项目及试验方法应符合表6的规定。

**表6 检验项目**

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	材料	√	√	6.1	8.1
2	外观	√	√	6.2	8.2
3	规格偏差	√	√	6.3	8.3
4	密闭要求	—	√	6.4	8.4
5	卫生要求	—	√	6.5	8.5
6	可靠性要求	—	√	6.6	8.6
7	运转性能	—	√	6.7	8.7

#### 9.3 型式检验

9.3.1 型式检验项目及试验方法应符合表4的规定。

9.3.2 当遇到下列情况之一时，产品应进行型式检验：

- 新产品或新规格产品定型或老产品转厂生产；
- 产品的结构、工艺及主要材料有较大改变，可能影响产品性能；
- 停产超过一年；
- 产品正常生产每三年一次。

9.3.3 应从出厂检验合格的同规格产品中随机抽取4件进行型式检验。

9.3.4 所检项目的结果全部符合本标准的规定，判定产品的型式检验结果为合格。检验中若出现不合格项，则应加倍抽样对不合格项进行复检，复检合格，判定产品的型式检验结果为合格，复检中仍有不合格项，判定产品的型式检验结果为不合格。

### 10 标志、包装、运输和贮存（略）



# 04

## 实际应用案例与展望

## 04 实际应用案例与展望

### 一. 应用案例

#### 1. 案例一 水质提升：JM水厂

##### 1) 背景与存在问题

- 设计规模10万 $m^3/d$ ，设计采用机械混合池
- 原水低浊（5NTU），水量超过8万 $m^3/d$ 则沉淀池出水满矾花，出厂水浊度不能稳定达标；
- 供水能力不能达到设计规模，同时城市需求已经达到13万 $m^3/d$ 。

##### 2) 第一次改造措施及效能

- 距离絮凝池80m上游增设管式动态混合器
- 絮凝反应池矾花大且密实，制水在10~11万 $m^3/d$ 沉淀池基本不跑矾，斜管清晰可见

##### 3) 第二次改造措施及效能

- 增加助凝剂投加设备，投0.1-0.15ppm的黄原胶
- 制水13万 $m^3/d$ 沉淀池基本不跑矾，斜管清晰可见

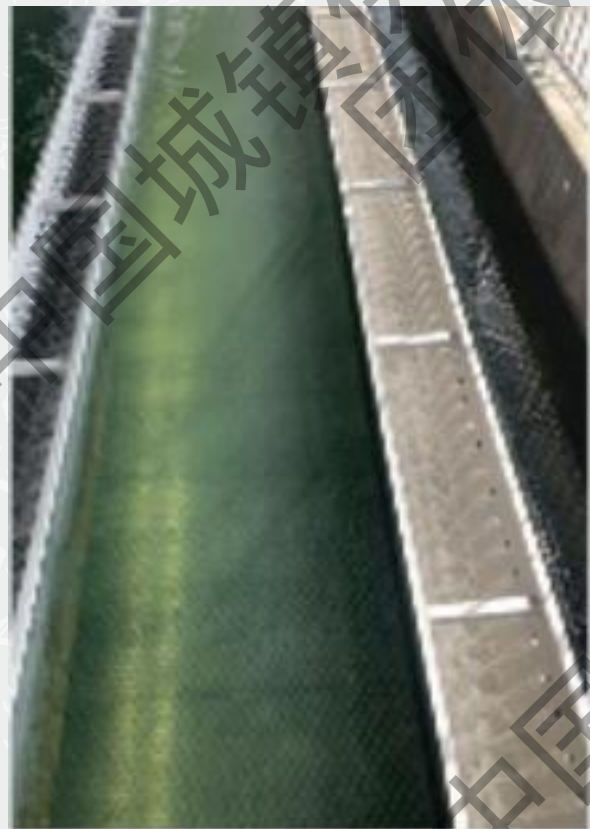




## 04 实际应用案例与展望



沉淀池（改造前）



沉淀池（改造后）

### 2. 案例二 降低管理强度：SY水厂

#### 1) 背景与存在问题

- 设计规模5万m<sup>3</sup>/d，设计采用管式静态混合器
- 采用汉江水源，冬季低温低浊期间，叠加满负荷运转时，沉淀池跑矾，滤池负荷高、冲洗频繁、保障率降低，且絮凝剂消耗大。

#### 2) 改造措施

- 原有的管式静态混合器更改为管式动态混合器

#### 3) 效能

- 沉淀池后水的浊度平均下降52.4%，滤池反冲洗周期延长；
- 根据生产报表，在上述条件下，絮凝剂用量较同期降低29.9%。

## 04 实际应用案例与展望

### 3. 案例三 降低药剂消耗：TG水厂

#### 1) 背景与存在问题

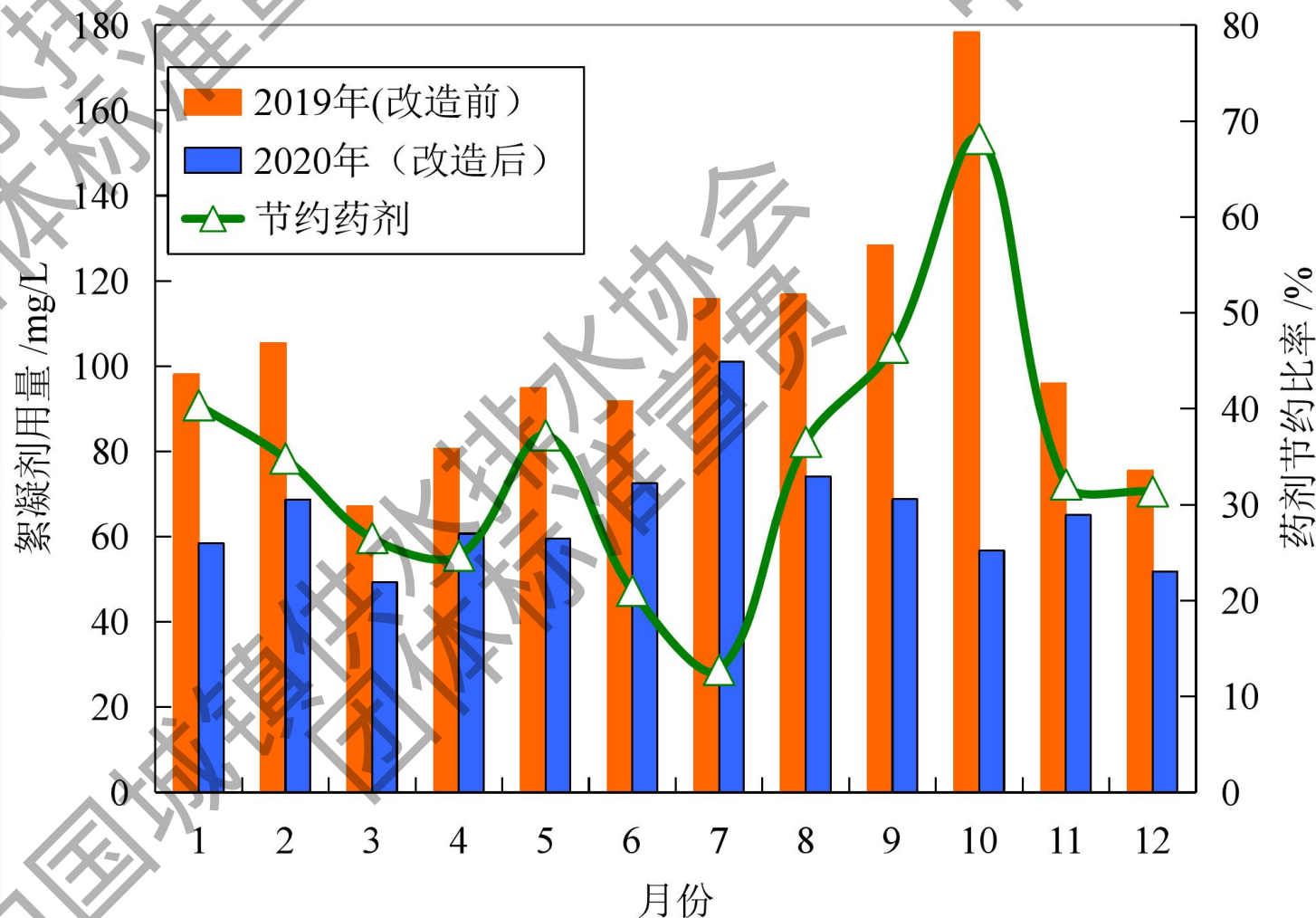
- 设计规模1.6万m<sup>3</sup>/d，设计采用管式静态混合器，混凝剂采用聚合氯化铝(PACl)
- 药剂消耗量高、影响企业的经营效益。

#### 2) 改造措施

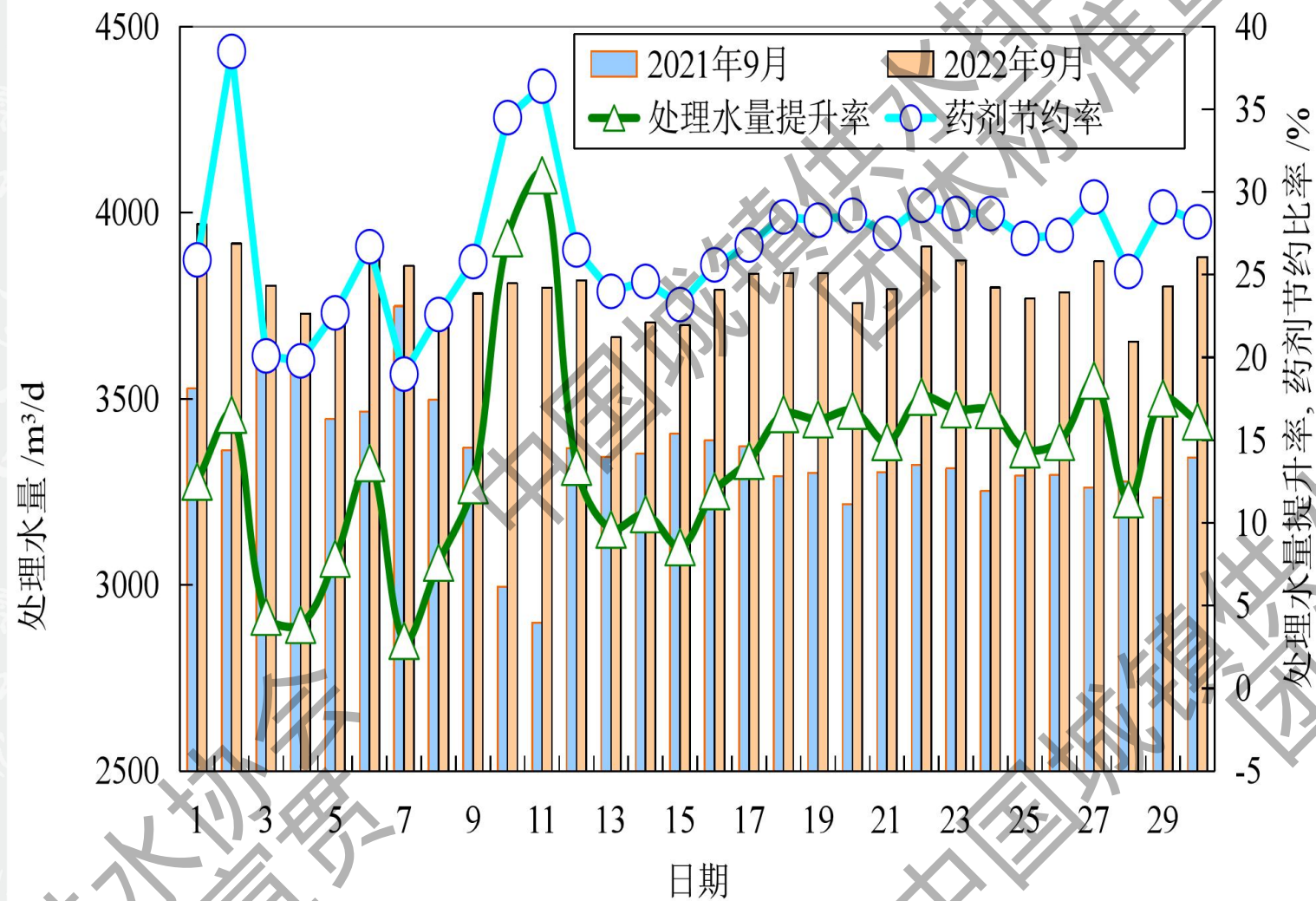
- 2019年底将原有的管式静态混合器更改为管式动态混合器

#### 3) 效能

- 根据2019、2020两个完整年的生产报表，在制水量相近的情况下，絮凝剂投加量降低35.72%，节省药剂20余万元；
- 间接减少排泥量、污泥处理处置费用



# 04 实际应用案例与展望



## 4. 案例四 提升处理能力：ZZ水厂

### 1) 背景与存在问题

- 设计规模10万m<sup>3</sup>/d，设计采用管式静态混合器
- 处理水量只能达约8万m<sup>3</sup>/d，不能满足供水需求

### 2) 改造措施

- 2022年初将原有的管式静态混合器更改为管式动态混合器

### 3) 效能

- 处理能力达5400m<sup>3</sup>/h，合13万m<sup>3</sup>/d；
- 高峰月对比，平均处理量由8.04万m<sup>3</sup>/d提升到9.13万m<sup>3</sup>/d，提升13.6%，满足了用水需求；
- 药剂投加量平均降低26.6%

## 04 实际应用案例与展望

### 二、展望

#### 1. 关于管式动态混合器及标准

##### 1) 创新与技术特征

- 混合时间、动力输入、形态结构等3方面进行优化，所形成的管式动态混合器，具有提升混合效果、降低能耗和药耗的作用

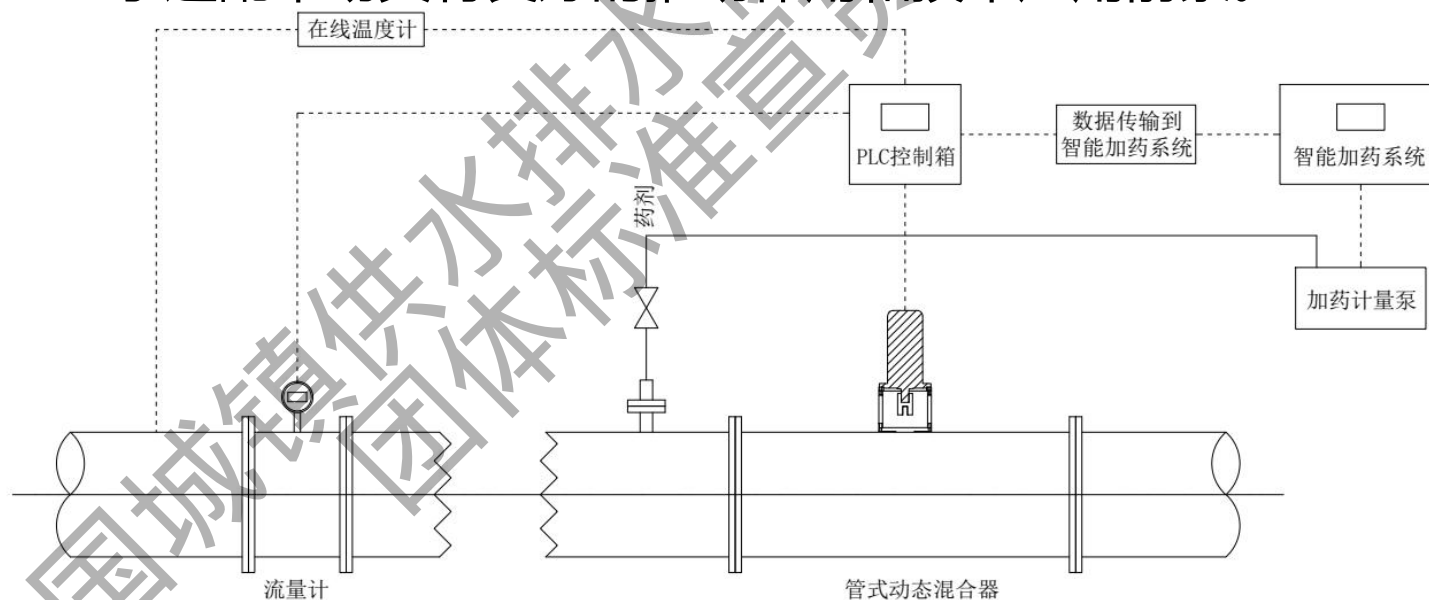
- 集成控制系统，有利于水厂的精细化管理，是水质提升和节能降耗的重要推动因素

##### 2) 效能

- 水质提升
- 处理能力提升
- 管理难度降低
- 能耗药耗降低

##### 3) 推广价值

- 一次性投入高于管式静态混合器，略高于或相当机械混合池，但全生命周期的综合费用低，温室气体排放降低，技术替代的经济效益和环境效益显著；
- 依托于处理能力2.04亿 $m^3/d$ 的大市场，标准化后，对于适配市场具有良好的推动作用和技术应用前景。



管式动态混合器系统示意图



## 04 实际应用案例与展望

### 2. 关于《管式动态混合器》标准编制的体会

#### 1) 标准编制成效与产品标准的认识

- 有幸参加并主持编制本标准，实现了编制各方的共同进步：

- 技术特性的总结
- 技术质量的提升
- 技术价值的挖掘

- 关于产品标准

- 产品化对工程实践的凝练和固定化，有利于技术的演进和迭代
- 形成规格化的产品，并进而标准化，是对产品技术进步的相关成果的固化过程

#### 2) 关于一流企业做标准

- 国家标准、行业标准、团体标准，是相关部门对企业的背书和支持
- 做好标准，是企业的发展需求和服务社会的标志

#### 3) 产品标准为谁服务（市场化属性）

- 寻求服务社会和企业需求的最大公约数
- 市场接受是市场化的衡量标准
  - 对技术和标准本身的认可
  - 市场应用

#### 4) 关于微创新（创新属性）

- 全球最大的供水单一市场，有效支撑和推动技术创新
- 微创新：从实际出发，“勿以善小而不为”、“真金不怕火炼”



# 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