

中华人民共和国行业标准

HG

国际通用设计体制和方法

HG/T 20570—95

---

# 工艺系统工程设计 技术规定

1996—05—02 发布

1996—09—01 实施

---

中华人民共和国化学工业部 发布

中华人民共和国行业标准

# 工艺系统工程设计技术规定

**HG/T 20570—95**

主编单位：化工部工艺系统设计技术中心站

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一 九 九 六 年 九 月 一 日

**化工部工程建设标准编辑中心**

1996 北 京

# 静态混合器的设置

**HG/T 20570.20—95**

编制单位：化工部工艺系统设计技术中心站

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一 九 九 六 年 九 月 一 日

编制人：

化工部工艺系统设计技术中心站 陆振民(特邀) 徐 斌(特邀) 龚人伟

审核人：

中国寰球化学工程公司 汪清裕

化工部工艺系统设计技术中心站 封淑元

## 1 应用范围和类型

### 1.0.1 应用范围

静态混合器应用于液-液、液-气、液-固、气-气的混合、乳化、中和、吸收、萃取、反应和强化传热等工艺过程,可以在很宽的流体粘度范围(约  $10^6 \text{mPa} \cdot \text{s}$ )以内,在不同的流型(层流、过渡流、湍流、完全湍流)状态下应用,既可间歇操作,也可连续操作,且容易直接放大。以下分类简述。

**1.0.1.1 液-液混合:**从层流至湍流或粘度比大到  $1:10^6 \text{mPa} \cdot \text{s}$  的流体都能达到良好混合,分散液滴最小直径可达到  $1 \sim 2 \mu\text{m}$ ,且大小分布均匀。

**1.0.1.2 液-气混合:**液-气两相组份可以造成相界面的连续更新和充分接触,从而可以代替鼓泡塔或部分筛板塔。

**1.0.1.3 液-固混合:**少量固体颗粒或粉末(固体占液体体积的 5% 左右)与液体在湍流条件下,强制固体颗粒或粉末充分分散,达到液体的萃取或脱色作用。

**1.0.1.4 气-气混合:**冷、热气体掺混,不同组份气体的混合。

**1.0.1.5 强化传热:**静态混合器的给热系数与空管相比,对于给热系数很小的热气体冷却或冷气体加热,气体的给热系数提高 8 倍;对于粘性流体加热提高 5 倍;对于大量不凝性气体存在下的冷凝提高到 8.5 倍;对于高分子熔融体可以减少管截面上熔融体的温度和粘度梯度。

### 1.0.2 静态混合器类型和结构

**1.0.2.1** 本规定以 SV 型、SX 型、SL 型、SH 型和 SK 型(注<sup>①</sup>)五种类型的静态混合器系列产品为例编制。

**1.0.2.2** 由于混合单元内件结构各有不同,应用场合和效果亦各有差异,选用时应根据不同应用场合和技术要求进行选择。

**1.0.2.3** 五种类型静态混合器产品用途和性能比较见表 1.0.2—1 和表 1.0.2—2,结构示意图见图 1.0.2。静态混合器由外壳、混合单元内件和连接法兰三部分组成。

五类静态混合器产品用途表

表 1.0.2-1

型 号	产 品 用 途
SV	适用于粘度 $\leq 10^2 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 的液-液、液-气、气-气的混合、乳化、反应、吸收、萃取、强化传热过程 $d_b(\text{注}^\circ) \leq 3.5$ , 适用于清洁介质 $d_b \geq 5$ , 应用介质可伴有少量非粘结性杂质
SX	适用于粘度 $\leq 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 的中高粘液-液混合, 反应吸收过程或生产高聚物流体的混合, 反应过程, 处理量较大时使用效果更佳
SL	适用于化工、石油、油脂等行业, 粘度 $\leq 10^6 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 或伴有高聚物流体的混合, 同时进行传热、混合和传热反应的热交换器, 加热或冷却粘性产品等单元操作
SH	适用于精细化工、塑料、合成纤维、矿冶等部门的混合、乳化、配色、注塑纺丝、传热等过程。对流量小、混合要求高的中、高粘度( $\leq 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ )的清洁介质尤为适合
SK	适用于化工、石油、炼油、精细化工、塑料挤出、环保、矿冶等部门的中、高粘度( $\leq 10^6 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ )流体或液-固混合、反应、萃取、吸收、塑料配色、挤出、传热等过程。对小流量并伴有杂质的粘性介质尤为适用

五类静态混合器产品性能比较表

表 1.0.2-2

内 容	SV 型	SX 型	SL 型	SH 型	SK 型	空管
分散、混合效果 (注 <sup>①</sup> )(强化倍数)	8.7~15.2	6.0~14.3	2.1~6.9	4.7~11.9	2.6~7.5	1
适用介质情况 (粘度 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	清洁流体 $\leq 10^2$	可伴杂质的流体 $\leq 10^4$	可伴杂质的流体 $\leq 10^6$	清洁流体 $\leq 10^4$	可伴杂质的流体 $\leq 10^6$	—
压力降比较 ( $\Delta P$ 倍数)	$\frac{\Delta P_{sk}}{\Delta P_{空管}} = 7 \sim 8$ 倍					
层流状态压力降 ( $\Delta P$ 倍数) (注 <sup>②</sup> )	18.6~23.5	11.6	1.85	8.14	1	—
完全湍流压力降 ( $\Delta P$ 倍数)	2.43~4.47	11.1	2.07	8.66	1	—

注: ① 五种类型的静态混合器是按行业标准《静态混合器》(JB/T 7660-95)的规定来分类和选型。

②  $d_b$ —单元水力直径, mm。

③ 比较条件是相同介质、长度(混合设备)、规格相同或相近, 不考虑压力降的情况下, 流速取  $0.15 \text{ m/s}$  ~  $0.6 \text{ m/s}$  时与空管比较的强化倍数。

④ 18.6 倍是指  $d_b \geq 5$  时的  $\Delta P$ , 23.5 倍是指  $d_b < 5$  时的  $\Delta P$ 。

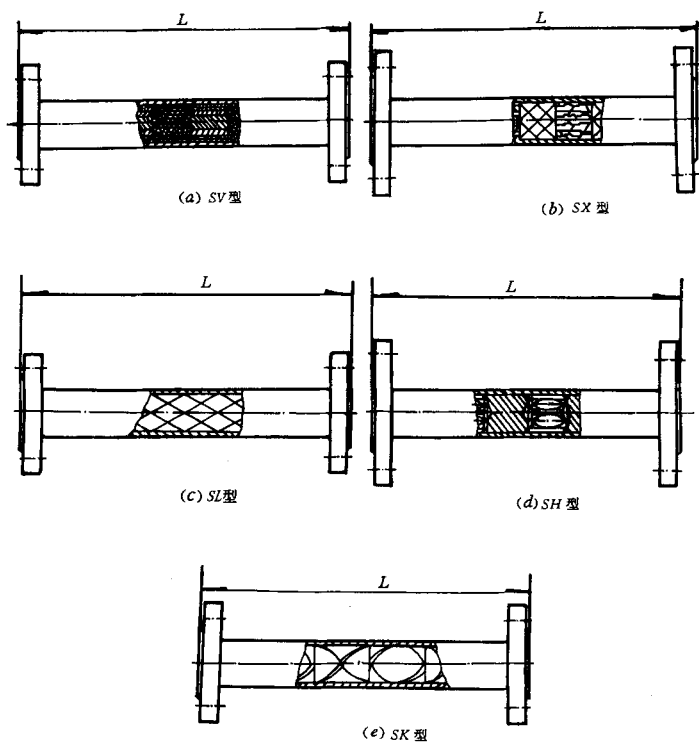


图 1.0.2 结构示意图

## 2 主要技术参数的确定

### 2.0.1 流型选择

根据流体物性、混合要求来确定流体流型。流型受表观的空管内径流速控制。

**2.0.1.1** 对于中、高粘度流体的混合、传热、慢化学反应,适宜于层流条件操作,流体流速控制在  $0.1 \sim 0.3 \text{ m/s}$ 。

**2.0.1.2** 对于低、中粘度流体的混合、萃取、中和、传热、中速反应,适宜于过渡流或湍流条件下工作,流体流速控制在  $0.3 \sim 0.8 \text{ m/s}$ 。

**2.0.1.3** 对于低粘度难混合流体的混合、乳化、快速反应、预反应等过程,适宜于湍流条件下工作,流体流速控制在  $0.8 \sim 1.2 \text{ m/s}$ 。

**2.0.1.4** 对于气-气、液-气的混合、萃取、吸收、强化传热过程,控制气体流速在  $1.2 \sim 14 \text{ m/s}$  的完全湍流条件下工作。

**2.0.1.5** 对于液-固混合、萃取,适宜于湍流条件下工作,设计选型时,原则上取液体流速大于固体最大颗粒在液体中的沉降速度。固体颗粒在液体中的沉降速度用斯托克斯(Stokes)定律来计算:

$$V_{\text{颗粒}} = d^2 g \left( \frac{\rho_{\text{颗粒}}}{\rho_{\text{液体}}} - 1 \right) / 18 \sqrt{\mu} \quad (2.0.1)$$

式中

$V_{\text{颗粒}}$ ——沉降速度,  $\text{m/s}$ ;

$d$ ——颗粒最大直径,  $\text{m}$ ;

$\rho_{\text{颗粒}}、\rho_{\text{液体}}$ ——操作工况条件下,颗粒、液体的密度,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\mu$ ——操作工况条件下的液体动力粘度,  $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ;

$g$ ——重力加速度,  $9.81 \text{ m/s}^2$ 。

### 2.0.2 静态混合器混合效果与长度的关系

静态混合器长度的确定:一是由工艺本身的要求,二是通过基础实验和实际应用经验来确定<sup>①</sup>。

**2.0.2.1** 湍流条件下,混合效果与混合器长度无关,也就是在给定混合器长度后再增加长度,其混合效果不会有明显的变化。推荐长度与管径之比  $L/D = 7 \sim 10$  (SK型混合长度相当于  $L/D = 10 \sim 15$ )。

**2.0.2.2** 过渡流条件下,推荐长度与管径之比  $L/D = 10 \sim 15$ 。

**2.0.2.3** 层流条件下,混合效果与混合器长度有关,一般推荐长度为  $L/D = 10 \sim$

30。

**2.0.2.4** 对于既要混合均匀,又要尽快分层的萃取过程,在控制流型情况下,混合器长度取  $L/D=7\sim 10$ 。

**2.0.2.5** 流体的连续相与分散相的体积百分比和粘度比关系,如果相差悬殊,混合效果与混合器长度有关,一般取上述推荐长度的上限(大值)。

**2.0.2.6** 对于乳化、传质、传热的过程,混合器长度应根据工艺要求另行确定。

注:① 以上所列混合效果与混合器长度的关系是指液-液、液-气、液-固混合过程的数据,对于气-气混合过程,其混合比较容易,在完全湍流情况下  $L/D=2\sim 5$  即可。

### 2.0.3 静态混合器的压力降计算公式

对于系统压力较高的工艺过程,静态混合器产生的压力降相对比较小,对工艺压力不会产生大的影响。但对系统压力较低的工艺过程,设置静态混合器后要进行压力降计算,以适应工艺要求。

**2.0.3.1** SV 型、SX 型、SL 型压力降计算公式:

$$\Delta P = f \frac{\rho_c}{2\varepsilon^2} u^2 \frac{L}{d_h} \quad (2.0.3-1)$$

$$Re_c = \frac{d_h \rho_c u}{\mu \varepsilon} \quad (2.0.3-2)$$

水力直径( $d_h$ )定义为混合单元空隙体积的 4 倍与润湿表面积(混合单元和管壁面积)之比:

$$d_h = 4 \left( \frac{\pi}{4} D^2 L - \Delta A \delta \right) / (2 \Delta A + \pi D L) \quad (2.0.3-3)$$

式中

$\Delta P$ ——单位长度静态混合器压力降,Pa;

$f$ ——摩擦系数;

$\rho_c$ ——工作条件下连续相流体密度,kg/m<sup>3</sup>;

$u$ ——混合流体流速(以空管内径计),m/s;

$\varepsilon$ ——静态混合器空隙率, $\varepsilon=1-A\delta$ ;

$d_h$ ——水力直径,m;

$Re_c$ ——雷诺数;

$\mu$ ——工作条件下连续相粘度,Pa·s;

$L$ ——静态混合器长度,m;

$\Delta A$ ——混合单元总单面面积,m<sup>2</sup>;

$A$ ——SV 型,每 m<sup>3</sup> 体积中的混合单元单面面积,m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>。

$d_b$ mm	2.3	3.5	5	7	15	20
$A$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	700	475	350	260	125	90

$\delta$ ——混合单元材料厚度,m,一般 $\delta=0.0002\text{m}$ ;

$D$ ——管内径,m。

摩擦系数( $f$ )与雷诺数( $Re_c$ )的关系式见表 2.0.3-1 和图 2.0.3 所示。

### 2.0.3.2 SH 型、SK 型压力降计算公式

$$\Delta P = f \frac{\rho_c}{2} u^2 \cdot L/D \quad (2.0.3-4)$$

$$Re_D = D \rho_c u / \mu \quad (2.0.3-5)$$

摩擦系数( $f$ )与雷诺数( $Re_D$ )的关系式见表 2.0.3-2 和图 2.0.3 所示。关系式的压力降计算值允许偏差士 30%,适用于液-液、液-气、液-固混合。

SV 型、SX 型、SL 型静态混合器  $f$  与  $Re_c$  关系式 表 2.0.3-1

混合器类型		SV-2.3/D	SV-3.5/D	SV-5~15/D	SX 型	SL 型
层流区	范 围	$Re_c \leq 23$	$Re_c \leq 23$	$Re_c \leq 150$	$Re_c \leq 13$	$Re_c \leq 10$
	关系式	$f = 139/Re_c$	$f = 139/Re_c$	$f = 150/Re_c$	$f = 235/Re_c$	$f = 156/Re_c$
过渡流区	范 围	$23 < Re_c \leq 150$	$23 < Re_c \leq 150$	—	$13 < Re_c \leq 70$	$10 < Re_c \leq 100$
	关系式	$f = 23.1 Re_c^{-0.428}$	$f = 43.7 Re_c^{-0.431}$	—	$f = 74.7 Re_c^{-0.476}$	$f = 57.7 Re_c^{-0.568}$
湍流区	范 围	$150 < Re_c \leq 2400$	$150 < Re_c \leq 2400$	$Re_c > 150$	$70 < Re_c \leq 2000$	$100 < Re_c \leq 3000$
	关系式	$f = 14.1 Re_c^{-0.329}$	$f = 10.3 Re_c^{-0.351}$	$f \approx 1.0$	$f = 22.3 Re_c^{-0.194}$	$f = 10.8 Re_c^{-0.205}$
完全湍流区	范 围	$Re_c > 2400$	$Re_c > 2400$	—	$Re_c > 2000$	$Re_c > 3000$
	关系式	$f \approx 1.09$	$f \approx 0.702$	—	$f \approx 5.11$	$f \approx 2.10$

SH 型、SK 型静态混合器  $f$  与  $Re_D$  关系式 表 2.0.3-2

混合器类型		SH 型	SK 型
层流区	范 围	$Re_D \leq 30$	$Re_D \leq 23$
	关系式	$f = 3500/Re_D$	$f = 430/Re_D$
过渡流区	范 围	$30 < Re_D \leq 320$	$23 < Re_D \leq 300$
	关系式	$f = 646 Re_D^{-0.503}$	$f = 87.2 Re_D^{-0.491}$
湍流区	范 围	$Re_D > 320$	$300 < Re_D \leq 11000$
	关系式	$f = 80.1 Re_D^{-0.141}$	$f = 17.0 Re_D^{-0.205}$
完全湍流区	范 围	—	$Re_D > 11000$
	关系式	—	$f \approx 2.53$

### 2.0.3.3 气-气混合压力降计算公式

气-气混合一般均采用 SV 型静态混合器,其压力降与静态混合器长度和流速成正比,与混合单元水力直径成反比。对不同规格 SV 型静态混合器测试,关联成以下经验计算公式:

$$\Delta P = 0.0502(u \sqrt{\rho_c})^{1.5339} \frac{L}{d_h} \quad (2.0.3-6)$$

式中

$\Delta P$ ——单位长度静态混合器压力降,Pa;

$u$ ——混合气工作条件下流速,m/s;

$\rho_c$ ——工作条件下混合气密度,kg/m<sup>3</sup>;

$L$ ——静态混合器长度,m;

$d_h$ ——水力直径,mm。

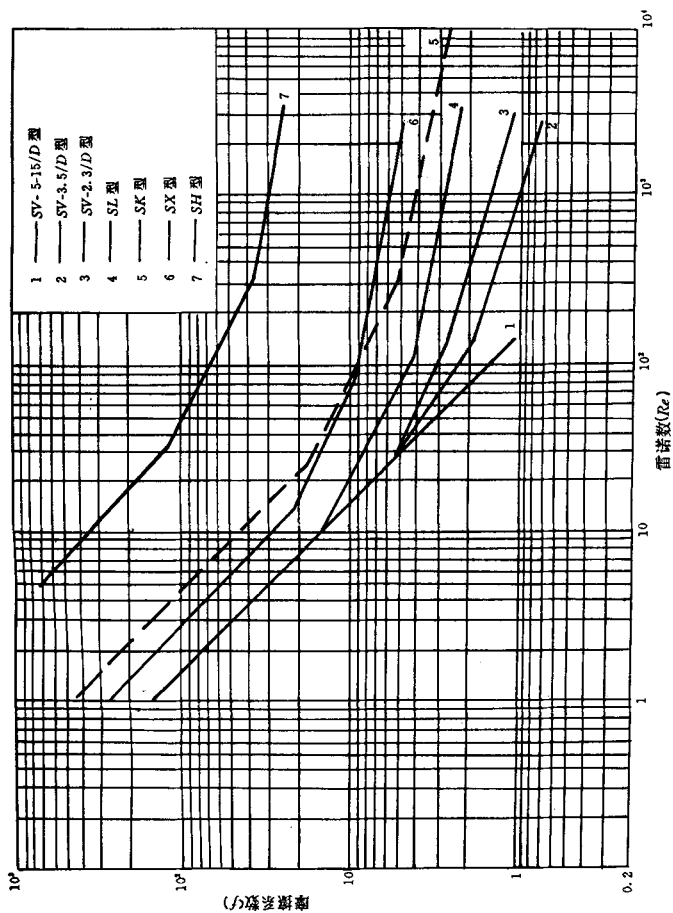


图 2.0.3 各种类型静态混合器摩擦系数( $f$ )与雷诺数( $Re$ )的关系

### 3 应用实例试算

#### 3.0.1 SV 型用于液-液混合例题

某炼油厂油品混合:原料油流量  $111.4\text{m}^3/\text{h}$ , 密度  $897.6\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $100^\circ\text{C}$  时粘度  $28.3\text{mPa}\cdot\text{s}$  ( $28.3\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ ), 输送压力  $1.86\text{MPa}$  (表), 输送管径  $200\text{mm}$ , 工作温度  $230^\circ\text{C}$ , 回炼油流量  $32.95\text{m}^3/\text{h}$ ,  $100^\circ\text{C}$  时粘度  $5.35\text{mPa}\cdot\text{s}$ , 输送压力  $1.86\text{MPa}$  (表) 输送管径  $100\text{mm}$ , 工作温度  $350^\circ\text{C}$ 。两股油品要求混合均匀, 静态混合器压力降  $\leq 0.05\text{MPa}$ , 需初选静态混合器规格、型号、长度和计算压力降。

解: (1) 根据表 1.0.2-1, 两股油品粘度  $< 10^2\text{mPa}\cdot\text{s}$ , 选择 SV 型较合适。

(2) 根据表 6.0.1-1, 当总体积流量  $144.35\text{m}^3/\text{h}$ , 选择静态混合器管径为  $250\text{mm}$ 。

$$\text{流体流速 } u = \frac{V_1 + V_2}{\frac{\pi D^2}{4} \times 3600} = \frac{111.4 + 32.95}{0.785 \times 0.25^2 \times 3600} = 0.817\text{m/s}$$

(3) 根据 2.0.1 和 2.0.2, 初选长度  $L/D = 10$

$$L = 10 \times 250 = 2500\text{mm}, \text{设计压力为 } 2.5\text{MPa}$$

查表 6.0.1-1,  $d_h$  取  $15\text{mm}$  (SV 型混合效果已列于表 1.0.2-2 中, 因此  $d_h$  大小视压力降的大小进行调节)。

该静态混合器型号表示式为 SV-15/250-2.5-2500。

#### (4) 压力降计算

按式 (2.0.3-2) 查表 6.0.1-1 得  $\epsilon = 1.0$

$$Re_\epsilon = d_h \rho_c u / (\mu / \epsilon) = \frac{0.015 \times 897.6 \times 0.817}{28.3 \times 10^{-3} \times 1.0} = 388.7$$

查表 2.0.3-1 和图 2.0.3 得  $Re_\epsilon > 150$ ,  $f = 1.0$ ,  $\epsilon = 1.0$

按式 (2.0.3-1)

$$\Delta P = f \frac{\rho_c}{2\epsilon^2} u^2 \frac{L}{d_h} = 1.0 \times \frac{897.6}{2 \times 1^2} \times 0.817^2 \times \frac{2.5}{0.015} \\ = 49930\text{Pa} (0.04993\text{MPa})$$

(5) 结论: 按题意要求, 油品混合均匀对工艺有利, SV 型静态混合器混合效果比之其它类型为最高。计算以连续相粘度  $100^\circ\text{C}$  时为基准, 由于工作温度分别为  $230^\circ\text{C}$  和  $350^\circ\text{C}$ , 因此计算压力降值与实际产生压力降应为负偏差, 满足工艺要求。

#### 3.0.2 SX 型液-液混合例题

某化工生产装置需将胶液与防老剂混合。已知胶液流量  $V_1 = 34.68\text{m}^3/\text{h}$ , 密度

750kg/m<sup>3</sup>, 粘度 350mPa·s (350×10<sup>-3</sup>Pa·s), 工作温度 80℃, 输送压力 1.6MPa (表), 输送管道内径 DN200, 防老剂流量 V<sub>2</sub>=0.327m<sup>3</sup>/h, 密度 780kg/m<sup>3</sup>, 粘度 0.91mPa·s, 工作温度 40℃, 输送压力 1.8MPa (表), 允许静态混合器压力降小于 0.05MPa。选择静态混合器规格、型号和长度并计算产生的压力降。

解: (1) 分散相防老剂流量很小, 静态混合器规格按 DN200 选择。

$$\text{流速 } u = \frac{V_1 + V_2}{\frac{\pi}{4} D^2 \times 3600} = \frac{34.68 + 0.327}{0.785 \times 0.2^2 \times 3600} = 0.31 \text{ m/s}$$

(2) 连续相粘度 350mPa·s, 查表 1.0.2-1 选择 SX 型较为合适。

(3) 根据 2.0.1 和 2.0.2 规定, 初选长度 L/D=10, L=2000mm, 设计压力 2.5MPa, 该静态混合器型号表示为: SX-50/200-2.5-2000。

(4) 压力降计算

查表 6.0.1-2 得 d<sub>h</sub>=50mm, ε=1.0。

按式 (2.0.3-2)

$$Re_\epsilon = d_h \rho_c u / (\mu \epsilon) = \frac{0.05 \times 750 \times 0.31}{350 \times 10^{-3} \times 1.0} = \frac{11.625}{0.35} = 33.21$$

查表 2.0.3-1 或图 2.0.3 得:

$$f = 74.7 Re_\epsilon^{-0.476} = 14.1$$

按式 (2.0.3-1), ε≈1。

$$\begin{aligned} \Delta P &= f \frac{\rho_c}{2\epsilon^2} u^2 \frac{L}{d_h} = 14.1 \times \frac{750}{2 \times 1^2} \times 0.31^2 \times \frac{2}{0.05} \\ &= 20325 \text{ Pa} = 0.0203 \text{ MPa} \end{aligned}$$

结论: 由于混合体积比相差较大, 初选长度压力降尚低, 为增加混合效果, 建议采用 L/D=12.5, ΔP<0.05MPa。推荐选用。

SX-50/200-2.5-2500。

### 3.0.3 SK 型用于油品碱洗例题

某厂油品精制工艺, 已知催焦汽油处理量 80m<sup>3</sup>/h, 加碱液量 2m<sup>3</sup>/h, 在工作温度为 40℃时, 油品粘度 28.9mPa·s (28.9×10<sup>-3</sup>Pa·s), 密度 710kg/m<sup>3</sup>, 酸度 0.6mgKOH/100ml, 系统压力 1.6MPa。要求选用静态混合器碱洗后, 油品无酸度, 无水性碱及油碱分离容易, 无乳化现象。

解: (1) 查 2.0.1 规定, 萃取、中和工艺操作流速适宜于 0.3~0.8m/s 之间。总体积流量 82m<sup>3</sup>/h, 初选静态混合器管径 200mm, 流体速度(u)为:

$$u = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2 3600} = \frac{82}{0.785 \times 0.2^2 \times 3600} = 0.725 \text{ m/s}$$

(2) 查表 1.0.2-2 和 2.0.2 规定,对既要混合均匀又要分离容易的过程,选择静态混合器的混合效果不能很高,选择 *SK* 型静态混合器较合适。长度取  $L/D=10$ 。型号规格为:

*SK*-100/200-1.6-2000。

### (3) 压力降计算

按式(2.0.3-5)

$$Re_D = D\rho_c u / \mu = 0.2 \times 710 \times 0.725 / (28.9 \times 10^{-3}) = 3562.3$$

查表 2.0.3-2 或图 2.0.3 得:  $300 < Re_D < 11000$

$$f = 17 Re_D^{-0.205} = 3.18$$

按式(2.0.3-4)

$$\Delta P = f \frac{\rho_c}{2} u^2 \frac{L}{D} = 3.18 \times \frac{710}{2} \times 0.725^2 \times \frac{2}{0.2} = 5933.8 \text{ Pa}$$

(4) 结论:*SK* 型混合器操作弹性较大,且能防止乳化,因此建议选用 *SK*-100/200-1.6-2000 壹台。

### 3.0.4 *SH* 型用于混合例题

聚氯乙烯融料混合,处理量  $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ,操作状态下粘度  $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ,密度  $1380 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,原系统管道内径  $30 \text{ mm}$ ,系统压力降  $0.18 \text{ MPa}$ 。选择静态混合器,使融料混合均匀,静态混合器允许压力降小于  $0.3 \text{ MPa}$ 。

解:(1) 查表 1.0.2-2 及表 6.0.1-4,较高粘度、小流量的混合选用 *SH* 型较合适,为与原工艺匹配,初选 *SH*-7/30-2.5-500,  $L/D=16.6$ 。

### (2) 压力降计算

$$\text{流速 } u = \frac{V}{\frac{\pi}{4} D^2 3600} = \frac{0.6}{0.785 \times 0.03^2 \times 3600} = 0.236 \text{ m/s}$$

按式(2.0.3-5)

$$Re_D = D\rho_c u / \mu = 0.03 \times 1380 \times 0.236 / (1000 \times 10^{-3}) = 9.8$$

查表 2.0.3-2,  $Re_D < 30$ ,  $f = 3500 / Re_D$

$$f = 3500 / 9.8 = 357.1$$

按式(2.0.3-4)

$$\Delta P = f \frac{\rho_c}{2} u^2 \frac{L}{D} = 357.1 \times \frac{1380}{2} \times 0.236^2 \times \frac{0.5}{0.03} = 228724 \text{ Pa} (0.229 \text{ MPa})$$

结论:初选 *SH*-7/30-2.5-500,符合工艺要求。

## 4 应用注意事项

### 4.0.1 安装形式

五大系统静态混合器安装于工艺管线时,应尽量靠近二股或多股流体初始分配处。除特殊注明外,通常设备两端均可作进、出口。由于本规定所述的五大系列产品使用于不同场合,因此安装形式也有一定的差异,见表 4.0.1。

静态混合器安装形式

表 4.0.1

型 号	安 装 形 式
SV	气-液相:垂直安装(并流)
	液-气相:水平或垂直(自下而上)安装
	气-气相:水平或垂直(气相密度差小,方向不限)安装
SX	液-液相:水平或垂直(自下而上)安装
SL	液-液相:水平或垂直(自下而上)安装
	液-固相:水平或垂直(自上而下)
SH	两端法兰尺寸按产品公称直径放大一级来定,采用 SL 型安装形式
SK	以可拆内件不固定的一端为进口端

### 4.0.2 工程设计中的注意事项

**4.0.2.1** 设计工况下连接管道因受温度、压力影响而产生应力,引起管道膨胀、收缩,应在系统管道本身解决。计算时,可将静态混合器作为一段管道来考虑。

**4.0.2.2** 静态混合器的进、出口阀门(包括放尽、放空阀)可根据工艺要求确定。

**4.0.2.3** 工程设计一般以单台或串联静态混合器来完成混合目的。若以两台并联操作使用时,配管设计应确保流体分配均匀。

**4.0.2.4** 当使用小规格 SV 型时,如果介质中含有杂物,应在混合器前设置两个并联切换操作的过滤器,滤网规格一般选用 40~20 目不锈钢滤网。

**4.0.2.5** 静态混合器上尽量不安装流量、温度、压力等指示仪表和检测点,特殊情况在订货时出图指明。

**4.0.2.6** 对于需要在混合器外壳设置换热夹套管时,应在订货时加以说明。

**4.0.2.7** 静态混合器连接法兰,采用相应的化工行业标准。特殊要求订货时注明。

**4.0.2.8** 清洗:拆卸后从出口进水冲洗,如遇胶聚物,采用溶剂浸泡或竖起来加热熔解。

## 5 静态混合器初选数据表和汇总一览表

### 5.0.1 静态混合器初选数据表

静态混合器初选数据表见表 5.0.1。

### 5.0.2 静态混合器汇总一览表

静态混合器汇总一览表采用行业标准《工艺系统专业提交文件内容的规定》(HG 20558.2—93)中的“特殊管件汇总一览表”规定。



## 6 五大系列静态混合器参数表

### 6.0.1 五大系列静态混合器参数表

下列各表中所列参数仅指单位长度内件参数,不影响外形设计。各表中所列处理量是指较低粘度流体混合的常规量,对于萃取、反应等处理量参阅 2.0.1 规定由设计流速确定,对于气-气混合,按工程设计流量确定。

SV 型 参 数 表

表 6.0.1-1

选型参数 型 号	公称直径(DN) mm	水力直径( $d_h$ ) mm	空隙率 ( $\epsilon$ )	混合器长度(L) mm	处理量(V) $m^3/h$
SV-2.3/20	20	2.3	0.88	1000	0.5~1.2
SV-2.3/25	25	2.3	0.88	1000	0.9~1.8
SV-3.5/32	32	3.5	0.909	1000	1.4~2.8
SV-3.5/40	40	3.5	0.909	1000	2.2~4.4
SV-3.5/50	50	3.5	0.909	1000	3.5~7.0
SV-5/80	80	5	~1.0	1000	9.0~18.0
SV-5/100	100	5	~1.0	1000	14~28
SV-5~7/150	150	5~7	~1.0	1000	30~60
SV-5~15/200	200	5~15	~1.0	1000	56~110
SV-5~20/250	250	5~20	~1.0	1000	88~176
SV-7~30/300	300	7~30	~1.0	1000	120~250
SV-7~30/500	500	7~30	~1.0	1000	353~706
SV-7~50/1000	1000	7~50	~1.0	1000	1413~2826

SX 型 参 数 表

表 6.0.1-2

选型参数 型 号	公称直径(DN) mm	水力直径( $d_h$ ) mm	空隙率 ( $\epsilon$ )	混合器长度(L) mm	处理量(V) $m^3/h$
SX-12.5/50	50	12.5	~1.0	1000	3.5~7.0
SX-20/80	80	20	~1.0	1000	9.0~18
SX-25/100	100	25	~1.0	1000	14~28
SX-37.5/150	150	37.5	~1.0	1000	30~60
SX-50/200	200	50	~1.0	1000	56~110
SX-62.5/250	250	62.5	~1.0	1000	88~176
SX-75/300	300	75	~1.0	1000	125~250
SX-125/500	500	125	~1.0	1000	353~706
SX-250/1000	1000	250	~1.0	1000	1413~2826

SL 型 参 数 表

表 6.0.1-3

选型参数 型 号	公称直径(DN) mm	水力直径( $d_h$ ) mm	空隙率 ( $\epsilon$ )	混合器长度(L) mm	处理量(V) $m^3/h$
SL-12.5/25	25	12.5	0.937	1000	0.7~1.4
SL-25/50	50	25	0.937	1000	3.5~7.0
SL-40/80	80	40	~1.0	1000	9~18
SL-50/100	100	50	~1.0	1000	14~28
SL-75/150	150	75	~1.0	1000	30~60
SL-100/200	200	100	~1.0	1000	56~110
SL-125/250	250	125	~1.0	1000	88~176
SL-150/300	300	150	~1.0	1000	125~250
SL-250/500	500	250	~1.0	1000	357~706

SH 型 参 数 表

表 6.0.1-4

选型参数 型 号	公称直径(DN) mm	水力直径( $d_h$ ) mm	空隙率 ( $\epsilon$ )	混合器长度(L) mm	处理量(V) $m^3/h$
SH-3/15	15	3	~1.0	1000	0.1~0.2
SH-4.5/20	20	4.5	~1.0	1000	0.2~0.4
SH-7/30	30	7	~1.0	1000	0.5~1.1
SH-12/50	50	12	~1.0	1000	1.6~3.2
SH-19/80	80	19	~1.0	1000	4.0~8.0
SH-24/100	100	24	~1.0	1000	6.5~13
SH-49/200	200	49	~1.0	1000	26~52

SK 型 参 数 表

表 6.0.1-5

选型参数 型 号	公称直径(DN) mm	水力直径( $d_h$ ) mm	空隙率 ( $\epsilon$ )	混合器长度(L) mm	处理量(V) $m^3/h$
SK-5/10	10	5	~1.0	1000	0.1~0.3
SK-7.5/15	15	7.5	~1.0	1000	0.3~0.6
SK-10/20	20	10	~1.0	1000	0.6~1.2
SK-12.5/25	25	12.5	~1.0	1000	0.9~1.8
SK-25/50	50	25	~1.0	1000	3.5~7.0
SK-40/80	80	40	~1.0	1000	9.0~18
SK-50/100	100	50	~1.0	1000	14~24
SK-75/150	150	75	~1.0	1000	30~60
SK-100/200	200	100	~1.0	1000	56~110
SK-125/250	250	125	~1.0	1000	88~176
SK-150/300	300	150	~1.0	1000	120~250

## 7 符号说明

- $A$ ——混合器每  $\text{m}^3$  体积中的混合单元单面面积,  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ;
- $\Delta A$ ——混合单元总单面面积,  $\text{m}^2$ ;
- $D$ ——管内径;  $\text{mm}$ ;
- $DN$ ——公称直径,  $\text{mm}$ ;
- $d$ ——颗粒最大直径,  $\text{mm}$ ;
- $d_h$ ——水力直径,  $\text{mm}$ ;
- $f$ ——摩擦系数;
- $g$ ——重力加速度,  $9.81\text{m/s}^2$ ;
- $L$ ——静态混合器长度,  $\text{m}$ ;
- $\Delta P$ ——单位长度静态混合器压力降,  $\text{MPa}, \text{Pa}$ ;
- $Re_c, Re_D$ ——雷诺数;
- $u$ ——混合流体流速,  $\text{m/s}$ ;
- $V$ ——流量、处理量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $V_{\text{颗粒}}$ ——沉降速度,  $\text{m/s}$ ;
- $\delta$ ——混合单元材料厚度,  $\text{m}$ ;
- $\epsilon$ ——空隙率,  $\epsilon = 1 - A\delta$ ;
- $\mu$ ——工作条件下的液体动力粘度,  $\text{mPa} \cdot \text{s}, \text{Pa} \cdot \text{s}$ ;
- $\rho$ ——密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- $\rho_c$ ——工作条件下的连续相流体密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- 压力——本规定除注明外,均为绝对压力。