

# 天然气设计资料集

△ 第二部分：大气式天然气燃烧器设计、运用和测试 △

2-2

1976

福州大学图书馆藏书印

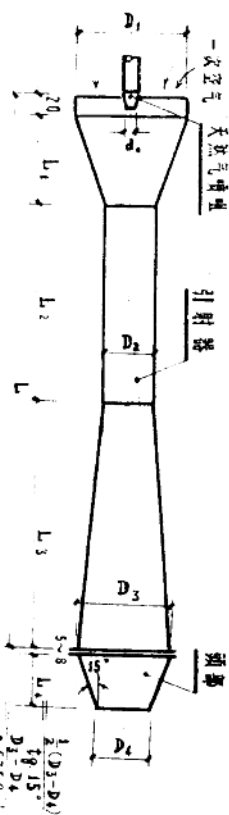
成都市天然气燃烧技术协作组测试  
四川省工业设计院 编制

# 目 录

|                       |       |                |
|-----------------------|-------|----------------|
| 第一章 大气式燃烧器设计          | 1     | 27~28          |
| 1—1 设计参数              | 1     | 28~35          |
| 1—2 燃烧器的结构尺寸及设计原则     | 2~6   | 35~38          |
| 1—3 低压喷嘴孔径计算          | 7~8   |                |
| 1—4 喷头出口的计算           | 8~9   |                |
| 1—5 燃烧器设计示例           | 9~13  | 39~42          |
| 1—6 大气式燃烧器系列尺寸表       | 14~20 | 43~46          |
| 1—7 大气式燃烧器喷嘴计算图       | 21~24 | 47~50          |
| 第二章 国外大气式燃烧器计算表       | 25    | 51~55          |
| 2—1 燃烧器主要设计参数         | 26~27 | 56~57<br>57~60 |
| 2—2 燃烧器当火孔总面积计算       | 2     | 27~28          |
| 2—3 燃烧器的引射器           | 2~3   | 28~35          |
| 2—4 燃烧器设计示例           | 2~4   | 35~38          |
| 第三章 大气式燃烧器在锅炉、工业炉上的应用 |       |                |
| 3—1 本市兽医生物药品厂的二次道风燃烧器 | 3—1   | 39~42          |
| 3—2 德阳二奎厂新型引射式烧咀      | 3—2   | 43~46          |
| 3—3 天津市建筑设计院多孔喷嘴燃烧器   | 3—3   | 47~50          |
| 3—4 凡兵看法              | 3—4   | 51~55          |
| §1. 对主药厂的燃烧器          | §1.   | 56~57          |
| §2. 对二奎厂的燃烧器          | §2.   | 57~60          |
| §3. 对天津院的燃烧器          | §3.   |                |

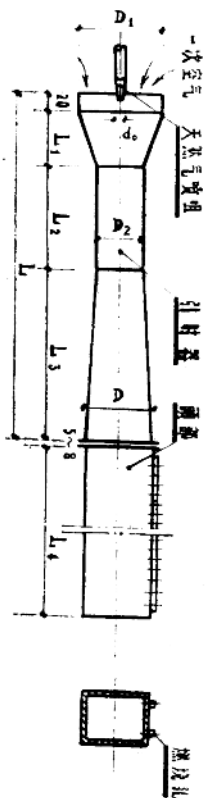


# 1—2 蒸汽器的结构尺寸及设计原则： I 型：a. 用于锅炉及工业炉：



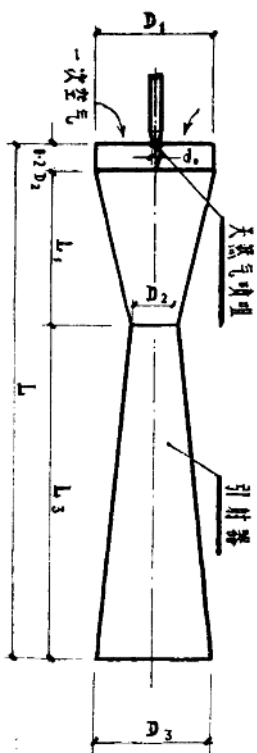
结构图 (一)

## b. 用于生活用具：



结构图 (二)

# Ⅱ型：



结构图 (三)

I. 型引射式燃烧器具有最佳的配气压力和最小的阻力系数，但其射角尺寸不宜太小，射角尺寸应正确选择，则原射器中喷嘴孔径和喉管内径的最佳比值。可在设计时参考。

喉管内径  $D_2$  牙 喷嘴孔径  $d$ 。最佳比值为：

$$\frac{D_2}{d} = \sqrt{K(1 + \alpha_1 V_0)(1 + \alpha_1 V_0 / \Delta)} \quad (1-1)$$

式中：

$D_2$  —— 喷射器喉管直径 (mm)

$d$  —— 喷嘴直径 (mm)

$\alpha_1$  —— 一次空气系数 ( $\alpha_1 = 0.5 \sim 0.6$ )

$V_0$  —— 理论空气量 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

$K$  —— 喷射器阻力系数 ( $K = 1 \sim 1.5$ )

$\Delta$  —— 天然气比

$D_2/d$  值：

| $K$              | $K=1$ | 1.25 | 1.5  | 备 注                                          |
|------------------|-------|------|------|----------------------------------------------|
| $\alpha_1$       | 6.94  | 7.76 | 8.50 | $D_2/d$ 介于 6.5 ~ 10 之间<br>设计时可采用 $D_2/d = 8$ |
| $\alpha_1 = 0.5$ | 8.12  | 9.08 | 9.94 |                                              |

大气式燃烧器尺寸表：

表 1-1

| 型 号               | 射 器                |                    |                    |                   |                   |                   | 备 注                        |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
|                   | $D_2$              | $D_1$              | $D_3$              | $L_1$             | $L_2$             | $L_3$             |                            |
| I <sub>1</sub> 型  | 8d <sub>1</sub>    | 2D <sub>2</sub>    | 1.5D <sub>2</sub>  | 2D <sub>2</sub>   | 2D <sub>2</sub>   | 5D <sub>2</sub>   | 天津市建筑设计院                   |
| I <sub>2</sub> 型  | 6.6d <sub>1</sub>  | 2.42D <sub>2</sub> | 2.08D <sub>2</sub> | 2D <sub>2</sub>   | 2D <sub>2</sub>   | 7.7D <sub>2</sub> | 通用至型机器 (d <sub>1</sub> 73) |
| I <sub>3</sub> 型  | 8.87d <sub>1</sub> | 2.2D <sub>2</sub>  | 1.5D <sub>2</sub>  | 2.5D <sub>2</sub> | 2.5D <sub>2</sub> | 4D <sub>2</sub>   | 国外技术条件                     |
| II <sub>1</sub> 型 |                    | 1.7D <sub>2</sub>  | 1.33D <sub>2</sub> | 1.7D <sub>2</sub> | 0                 | 4.1D <sub>2</sub> | 成都普生药厂 (d <sub>1</sub> 6)  |
| II <sub>2</sub> 型 |                    | 2.2D <sub>2</sub>  | 1.4D <sub>2</sub>  | 1.6D <sub>2</sub> | 0                 | 3.8D <sub>2</sub> | 国外技术条件                     |

2. 正确选择大孔出口速度，其值应在脱火极限曲线和回流极限曲线之间。曲线不回火速度，其值应由实验确定。下次推荐不脱火时，其口径大孔出口速度，供设计参考。

天然气大孔出口速度选用表 ( $\alpha=0.6$ )

表 1-2

| 孔口直径<br>d<br>(mm) | 1   | 2   | 4   | 6   | 8   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 流速 W<br>(m/s)     | 0.9 | 1.1 | 1.5 | 2.1 | 2.8 | 3.5 | 3.4 | 3.8 | 4.1 | 4.4 | 4.7 | 5.0 | 5.4 | 5.7 | 6.0 | 6.3 | 6.5 |

附注：

(1)

$W_{\text{限}}$

为国内资料脱火极限速度的 0.7 倍的数据 ( $\alpha=1\sim 8$ )。

(2)

$W_{\text{回}}$

为国内兄弟单位测定数据 ( $\alpha=10\sim 25$ )。

(3)

$W_{\text{修}}$

是以  $\alpha=2.5$  的出口速度为基准值，再考虑到火孔增大时的修正系数，其值为：

| 孔径(mm) | 25 | 30   | 40  | 50   | 60   | 70   | 80   | 90  | 100  |
|--------|----|------|-----|------|------|------|------|-----|------|
| 系数     | 1  | 1.02 | 1.1 | 1.18 | 1.26 | 1.34 | 1.42 | 1.5 | 1.58 |

3. 在设计带有长形头部的引射式燃流器时 (结构图(二))，还应遵循下列原则：

(1) 大孔直径一般取 2 ~ 10 mm，孔与孔间的距离应保证空气大焰能自由通过。孔径及孔距可根据实际情况布置。空气的需要，按下表选用。(孔径及孔距可根据实际情况布置)。

大孔间距与大孔直径和一次空气系数关系表 表 1—3

| 大孔直径<br>(mm) | 最大距离 $L_{大}$ (mm) |                |                | 最小距离 $L_{小}$ (mm) |                |                |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
|              | $\alpha_1=0.2$    | $\alpha_1=0.4$ | $\alpha_1=0.6$ | $\alpha_1=0.2$    | $\alpha_1=0.4$ | $\alpha_1=0.6$ |
| 1            | 7                 | 4              | —              | 5                 | 4              | —              |
| 2            | 13                | 8              | 6              | 9                 | 7              | 5              |
| 3            | 18                | 12             | 8              | 12                | 9              | 6              |
| 4            | 20                | 15             | 11             | 14                | 12             | 8              |
| 5            | 23                | 19             | 15             | 16                | 14             | 10             |
| 6            | 26                | 22             | 18             | 18                | 16             | 13             |
| 10           |                   |                | 30             |                   |                | 20             |

(2) 为使速度场均匀分布和提高天然气燃烧稳定性，燃烧器出口孔道高度最好取孔口直径的 2 ~ 3 倍。



# 1—3 低压喷嘴孔径计算

$$Q_{\text{时}} = \varphi F \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma_1}} \quad \therefore d_o = \frac{Q_{\text{时}} \times \frac{1}{\pi} \times 1000^2}{\varphi \times \sqrt{2g \frac{P_1}{\gamma_1}} \times 3600} = \frac{80 Q_{\text{时}}}{\varphi \sqrt{\frac{P_1}{\gamma_1}}} \quad (1-2)$$

取流量系数  $\varphi = 0.8$  (也可用  $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_c}}$  计算, 当喷嘴阻力  $\zeta_c$  为已知时)

如果  $d_o = 1^{\text{mm}}$

$$\therefore Q_{\text{时}} = \frac{1}{100} d_o^2 \sqrt{\frac{P_1}{\gamma_1}} \quad \text{则 } Q_{\text{时}} = \frac{1}{100} \sqrt{\frac{1}{\gamma_1}} \sqrt{P_1} \quad (1-3)$$

$$\text{又 } Q_{\text{时}} = \frac{1}{Q_M} \quad \text{所以 } \frac{Q_M}{\sqrt{\gamma_1}} = W$$

$$\text{或 } I = \frac{1}{100} W \sqrt{P_1} \quad (1-4)$$

式中:  $Q_{\text{时}}$  — 天然气流量 ( $\text{m}^3/\text{时}$ )

$I$  — 天然气热负荷 ( $\text{大卡}/\text{时}$ )

$P_1$  — 天然气压力 (毫米水柱)

$\gamma_1$  — 天然气  $20^\circ\text{C}$  时的重度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Q_M$  — 天然气发热值 ( $\text{大卡}/\text{m}^3$ )

当喷嘴孔径  $d_s = 1^{mm}$  时, 不同压力下天然气耗量  $Q$  及热负荷  $I$  表 1—4

| 喷嘴前天然气压力 $P_1$ (毫米水柱)                                                 | 50    | 100   | 150   | 200   | 250   | 300   | 350   | 400   | 450   | 500   |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sqrt{P_1}$ 值                                                        | 7.07  | 10.00 | 12.27 | 14.14 | 15.80 | 17.32 | 18.71 | 20.00 | 21.21 | 22.36 |
| 天然气流量 $Q = \frac{1}{100} \sqrt{\frac{P_1}{\gamma_1}}$ $\frac{m^3}{h}$ | 0.084 | 0.119 | 0.146 | 0.168 | 0.188 | 0.206 | 0.223 | 0.238 | 0.253 | 0.266 |
| 天然气热负荷 $I = \frac{1}{100} W P_1$ 兆卡/时                                 | 68.4  | 96.8  | 118.8 | 136.9 | 152.9 | 167.7 | 181.1 | 193.6 | 205.3 | 216.4 |

表中:  $\sqrt{\gamma_1} = \sqrt{0.707} = 0.840833$

$$W' = \frac{Q_n}{\sqrt{\gamma_1}} = \frac{8139}{0.840833} = 9679.7 = 9680$$

此外, 在表 1—5 中, 列有各种喷嘴孔径在不同压力下的天然气耗气量。

1—4 喷头出口的计蒜

$$F = \frac{Q(1 + \alpha \gamma_0) \times 10^6}{3600 W} \quad \text{mm}^2 \quad (1-5)$$

$$\text{出气孔直径 } d_s = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad \text{mm.}$$

式中:

$Q$  —— 天然气流量 (m<sup>3</sup>/h)  
 $Q_v$  —— 理论空气量 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> 燃气)  
 $W$  —— 喷头出口速度 (m/s)

# 1—5 燃烧器设计示例

例: 设计一寸天然气的大气式燃烧器, 已给条件: 喷嘴前压力

150 毫米水柱, 天然气耗量 10 m<sup>3</sup>/h.

(1) 引射器尺寸计算:

从式 (1—2) 求出燃烧器喷嘴孔径  $d_0$ .

$$d_0^2 = \frac{80 Q_{\text{气}}}{\sqrt{\frac{P_1}{\gamma_1}}} = \frac{80 \times 10}{0.8 \sqrt{\frac{150}{0.706}}} = 68.66$$

$d_0 = 8.3$  mm (可以从表 1—8<sub>1~3</sub> 直接查出, 或从表 1—5 求出).

根据求得的  $d_0$  值, 从表 1—1 确定引射器各部尺寸

引射器尺寸表

| 型号                | D <sub>2</sub> | D <sub>1</sub>              | D <sub>3</sub>              | L <sub>1</sub>              | L <sub>2</sub>            | L <sub>3</sub>              | L                                                                         |
|-------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| I <sub>1</sub> 型  | (8d)<br>66     | (2D <sub>2</sub> )<br>132   | (1.5D <sub>2</sub> )<br>99  | (2D <sub>2</sub> )<br>132   | (2D <sub>2</sub> )<br>132 | (5D <sub>2</sub> )<br>330   | (L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> +L <sub>3</sub> +2D <sub>2</sub> )<br>614 |
| II <sub>1</sub> 型 | (8d)<br>66     | (1.7D <sub>2</sub> )<br>112 | (1.35D <sub>2</sub> )<br>88 | (1.7D <sub>2</sub> )<br>112 | (0)                       | (4.1D <sub>2</sub> )<br>270 | (L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> +0.2D <sub>2</sub> )<br>395               |

(2) 头部尺寸计算:

从式 (1—5) 求头部火孔总面积 F.

$$F = \frac{Q(1 + \alpha V_0) \times 10^4}{3600 W} = \frac{10(1 + 0.6 \times 9.05) \times 10^4}{3600 W}$$

$$= \frac{178.61}{W} \text{ cm}^2.$$

i, 当采用结构图(一)时

从表 1—2 中试选合适的火孔出口速度 W.

试选用 d=60, W=5; ∴ F<sub>1</sub> =  $\frac{178.61}{5} = 35.72 \text{ cm}^2$ .

$$\therefore D_4 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 35.72}{3.14}} = 6.74^{\text{cm}} = 67.4^{\text{mm}} > 60.$$

再试选用  $d=70$ ,  $W=5.4$ ,  $\therefore F_2 = \sqrt{\frac{178.61}{5.4}} = 33 \text{ cm}^2$ .

$$\therefore D_4'' = \sqrt{\frac{4F_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 33}{3.14}} = 6.5 \text{ cm} = 65 \text{ mm} < 70.$$

所以大孔的合适出口速度应约  $W=5 \sim 5.4 \text{ m/s}$  之间,

故选用  $W=5.2 \text{ m/s}$ ,  $D_4 = \sqrt{\frac{4 \times 178.61}{3.14 \times 5.2}} = 6.6 \text{ cm} = 66 \text{ mm}$ .

ii) 当采用结构图(二)时

首先确定大孔直径, 从表 1—2 定出大孔出口速度  $W$  及表 1—3 定出大孔间距  $\lambda$ .

选用大孔直径  $d=10 \text{ mm}$ ,  $\therefore W=3.0 \text{ m/s}$ ,  $\lambda=25 \text{ mm}$ ,

$$\therefore F = \frac{178.61}{3} = 59.54 \text{ cm}^2$$

$$\text{燃烧大孔数 } n = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{59.54}{0.7854 \times 1^2} = 75.8$$

可根据加热面的要求均匀布置.

本设计采用 6 行, 每行 13 孔作棋盘形布置.

(3) 蒸发器尺寸图：  
I<sub>1</sub>型蒸发器外形尺寸（结构图（一）（三））

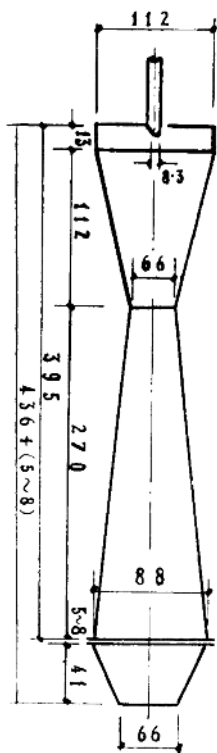
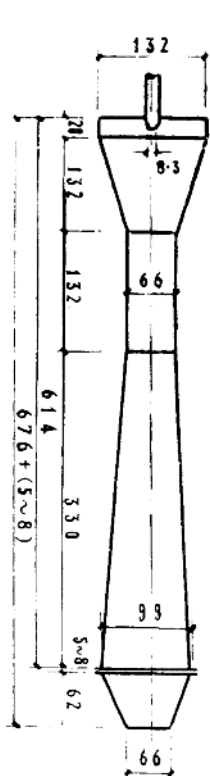
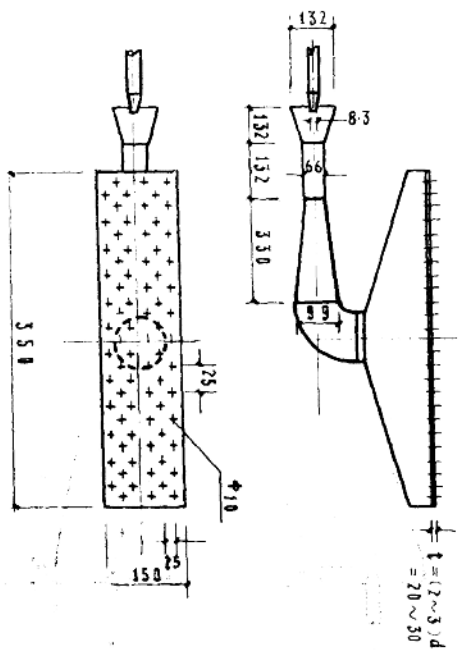


图 1, 型 1 燃烧器外形尺寸 (结构图二)



# 1—6 大气式蒸发器系列尺寸表

1. I, II<sub>2</sub>型(结构图(一三))头部尺寸表 ( $\alpha=0.6$ ) 表 1—4

| 流量 Q m <sup>3</sup> /h  | 0.5 | 1   | 2    | 3    | 4    | 5   | 10  | 15   | 20   | 25   | 30  |
|-------------------------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|
| 头部尺寸 D <sub>1</sub> mm  | 18  | 24  | 33   | 40   | 45   | 50  | 66  | 79   | 88   | 96   | 104 |
| 出口流速 W <sub>1</sub> m/s | 3.6 | 3.9 | 4.25 | 4.25 | 4.55 | 4.7 | 5.2 | 5.55 | 5.85 | 6.15 | 6.3 |

2. 蒸发器喷嘴直径尺寸表 表 1—5

| 流量 Q m <sup>3</sup> /h | 0.5  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| d, mm                  |      |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 压力 (表压)                | 2.5  | 3.5 | 4.9 | 6   | 6.9 | 7.6 | 10.9 |      |      |      |      |
| 5.0                    | 2.1  | 2.9 | 4.3 | 5   | 5.8 | 6.5 | 9.2  | 11.2 |      |      |      |
| 15.0                   | 1.85 | 2.6 | 3.8 | 4.5 | 5.3 | 5.9 | 8.5  | 10.2 | 11.7 |      |      |
| 20.0                   | 1.7  | 2.5 | 3.5 | 4.3 | 4.9 | 5.5 | 7.7  | 9.5  | 11   |      |      |
| 25.0                   | 1.6  | 2.3 | 3.3 | 4   | 4.6 | 5.2 | 7.3  | 9    | 10.4 | 11.6 |      |
| 30.0                   | 1.55 | 2.2 | 3.2 | 3.8 | 4.4 | 4.9 | 7    | 8.6  | 9.9  | 11.1 |      |
| 35.0                   | 1.5  | 2.1 | 3   | 3.6 | 4.3 | 4.7 | 6.8  | 8.2  | 9.5  | 10.6 | 11.6 |
| 40.0                   | 1.45 | 2.1 | 2.9 | 3.5 | 4.1 | 4.6 | 6.5  | 7.9  | 9.2  | 10.3 | 11.2 |
| 45.0                   | 1.4  | 2   | 2.8 | 3.5 | 4   | 4.5 | 6.3  | 7.7  | 8.9  | 9.9  | 10.9 |
| 50.0                   | 1.35 | 1.9 | 2.8 | 3.4 | 3.9 | 4.4 | 6.1  | 7.5  | 8.7  | 9.7  | 10.6 |



### 3. 大元式蒸发器系列尺寸表

(1) I, 型 (结构图 (-))

表 1-6,

|     | $\frac{Q}{P}$<br>( $\frac{m^3}{h}$ ) | $\frac{R}{P}$<br>(mm) | 引 射 器 |       |       |       |       |       |       |     |       |       | 头 部   |       |       |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |                                      |                       | $d_0$ | $D_2$ | $D_1$ | $D_5$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L$ | $D_5$ | $D_1$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ |
| 0.5 | 5.0                                  | 2.5                   | 2.0   | 4.0   | 5.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 100   | 200 | 3.0   | 1.8   | 2.2   |       |       |
|     | 100                                  | 2.1                   | 1.7   | 3.4   | 2.6   | 3.4   | 3.4   | 8.5   | 17.5  | 2.6 |       |       | 1.5   |       |       |
|     | 150                                  | 1.85                  | 1.5   | 3.0   | 2.3   | 3.0   | 3.0   | 7.5   | 15.5  | 2.3 |       |       | 1.0   |       |       |
|     | 5.0                                  | 3.5                   | 2.8   | 5.6   | 4.2   | 5.6   | 5.6   | 14.0  | 22.7  | 4.2 | 2.4   | 3.4   |       |       |       |
|     | 100                                  | 2.9                   | 2.3   | 4.6   | 3.5   | 4.6   | 4.6   | 11.5  | 22.7  | 3.5 |       |       | 2.0   |       |       |
| 1   | 150                                  | 2.6                   | 2.1   | 4.2   | 3.2   | 4.2   | 4.2   | 10.5  | 20.9  | 3.2 |       |       | 1.8   |       |       |
|     | 200                                  | 2.5                   | 2.0   | 4.0   | 3.0   | 4.0   | 4.0   | 10.0  | 20.0  | 3.0 |       |       | 1.1   |       |       |
|     | 5.0                                  | 4.3                   | 3.9   | 7.8   | 5.9   | 7.8   | 7.8   | 19.5  | 37.1  | 5.9 | 3.3   | 4.9   |       |       |       |
|     | 100                                  | 4.3                   | 3.4   | 6.8   | 5.1   | 6.8   | 6.8   | 17.0  | 32.0  | 5.1 |       |       | 3.2   |       |       |
|     | 150                                  | 3.8                   | 3.0   | 6.0   | 4.3   | 6.0   | 6.0   | 15.0  | 29.0  | 4.5 |       |       | 2.2   |       |       |
| 2   | 200                                  | 3.5                   | 2.8   | 5.6   | 4.2   | 5.6   | 5.6   | 14.0  | 27.2  | 4.2 |       |       | 1.7   |       |       |
|     | 250                                  | 3.3                   | 2.7   | 5.4   | 4.1   | 5.4   | 5.4   | 13.5  | 26.5  | 4.1 |       |       | 1.5   |       |       |
|     | 300                                  | 3.2                   | 2.6   | 5.2   | 3.9   | 5.2   | 5.2   | 13.0  | 25.4  | 3.9 |       |       | 1.1   |       |       |
|     | 5.0                                  | 6                     | 4.8   | 9.6   | 7.2   | 9.6   | 9.6   | 24.0  | 45.2  | 7.2 | 4.0   | 6.0   |       |       |       |
|     | 100                                  | 5                     | 4.0   | 8.0   | 6.0   | 8.0   | 8.0   | 20.0  | 38.0  | 6.0 |       |       | 3.7   |       |       |
| 3   | 150                                  | 4.5                   | 3.6   | 7.2   | 5.4   | 7.2   | 7.2   | 18.0  | 34.4  | 5.4 |       |       | 2.6   |       |       |
|     | 200                                  | 4.3                   | 3.4   | 6.8   | 5.1   | 6.8   | 6.8   | 17.0  | 32.6  | 5.1 |       |       | 2.1   |       |       |
|     | 250                                  | 4                     | 3.2   | 6.4   | 4.8   | 6.4   | 6.4   | 16.0  | 30.8  | 4.8 |       |       | 1.5   |       |       |
|     | 300                                  | 3.8                   | 3.0   | 6.0   | 4.5   | 6.0   | 6.0   | 15.0  | 29.0  | 4.5 |       |       | 9     |       |       |
|     | 350                                  | 3.6                   | 2.9   | 5.8   | 4.4   | 5.8   | 5.8   | 14.5  | 28.1  | 4.4 |       |       | 7     |       |       |