



流量测量

节流装置的设计安装和使用

GB 2624-81

国家仪器仪表工业总局 上海工业自动化仪表

流 量 测 量

节流装置的设计安装和使用

国家仪器仪表
工业总局上海工业自动化仪表研究所

1 9 8 1 . 7 .

13
尔
年

流 量 测 量
节流装置的设计安装和使用

(GB 2624—81 流量测量 节流装置, 第一部分)

国家仪器仪表工业总局 标准化研究室出版
(北京复外大街12号)

湖南省黔阳彩色印刷厂印刷
(湖 南 安 江)

仪器仪表专业标准发行组发行
(湖 南 洪 江 市)

开本 787×1092 1/16 印张 $13\frac{1}{2}$ 字数 657,000

1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷
印数 1—12,000

定价: 平装4.50元 精装5.60元

出版说明

“中华人民共和国国家标准 流量测量 节流装置，第一部分：节流件为角接取压、法兰取压的标准孔板和角接取压的标准喷嘴”已经国家标准总局正式批准发布，编号为：GB 2624—81。

考虑到该标准内容较多、篇幅较长，国家标准的正式出版排印尚需一定周期，而目前各行各业在加强企业管理和产品成本核算工作中，突出强调了能源管理，因此都迫切需要这套比较完整的“流量测量 节流装置”标准资料。上海工业自动化仪表研究所曾将标准(审查稿)油印过二千份，尽管油印质量很差，却受到广泛欢迎并远不能满足读者的需求。为了配合当前大力开展节约能源的形势，使急需者能尽快得到这项标准资料，经有关部门研究协商，决定委托黔阳彩印厂按 GB 2624—81 先印刷一批，由国家仪器仪表工业总局专业标准发行组发行，以解燃眉之急。

编 者

1981年4月

前 言

本标准是由“节流装置国家标准和检定规程联合起草组”负责制订的，目的是使节流装置国家标准与检定规程取得一致。其中国家标准的制订工作由上海工业自动化仪表研究所主持。本标准是“流量测量节流装置”国家标准的第一部分，其余部分将陆续制订。

本标准各章的主要执笔人员：

第 1.4.6 章	——南京工学院	龚家彪副教授
第 2.3 章	——上海工业自动化仪表研究所	张宝鑫工程师
第 5 章	——中国计量科学研究院	苏彦勋工程师
附 录	——重庆工业自动化仪表研究所	孙淮清工程师
	南京工学院	龚家彪副教授
	上海工业自动化仪表研究所	张宝鑫工程师
	中国计量科学研究院	翟秀贞工程师

本标准最后审稿人员：上海工业自动化仪表研究所 陆 嘉工程师
张宝鑫工程师
南京工学院 龚家彪副教授

本标准规定的主要技术要求和术数据均由联合起草组进行了试验验证。联合起草组由仪表研究单位、制造厂、高等学校、化工、石油、冶金、电力和计量研究等部门组成。

本标准规定的主要技术要求和术数据与国际推荐标准 ISO/R541—1967 基本一致。ISO/R 541—1967 现在已由国际标准 ISO 5167—1980 所代替。本标准将于适当时期进行修订，以期与 ISO 5167—1980 取得一致。

本标准所附附录是推荐性的，旨在为采用本标准提供参考性资料。

本标准由中华人民共和国国家仪器仪表工业总局提出，由中华人民共和国国家标准总局于1981年4月15日批准，自1982年3月1日起施行。

本标准的编号和名称为：GB 2624—81 流量测量节流装置。

目 录

1 总 则	2
1.1 适用范围	2
1.2 流体条件	2
1.3 符 号	2
1.4 工作原理	4
1.5 基本公式	4
1.6 压力损失	5
1.7 温 度	5
2 标准孔板	6
2.1 定 义	6
2.2 标准孔板的结构形式和技术要求	6
2.3 取压方式和使用范围	7
2.4 角接取压的取压装置的结构形式和技术要求	8
2.5 角接取压标准孔板的流量系数 α	11
2.6 采用角接取压标准孔板时的流束膨胀系数 ε	13
2.7 法兰取压的取压装置的结构形式和技术要求	14
2.8 法兰取压标准孔板的流量系数 α	15
2.9 采用法兰取压标准孔板时的流束膨胀系数 ε	16
3 标准喷嘴	17
3.1 定 义	17
3.2 取压方式和使用范围	17
3.3 标准喷嘴的结构形式和技术要求	17
3.4 标准喷嘴的流量系数 α	19
3.5 采用标准喷嘴时的流束膨胀系数 ε	21
4 标准节流装置的管道条件和安装要求	23
4.1 说 明	23
4.2 节流装置的管段和管件	23
4.3 管道条件	24
4.4 节流件上下游侧的直管段长度要求	24
4.5 要求个别标定的情况	26

4.6	节流装置的安装条件	26
5	检验方法	28
5.1	说 明	28
5.2	孔板开孔部分的检验	28
5.3	孔板端面平行度的检验	28
5.4	喷嘴喉部开孔部分的检验	28
5.5	光洁度的检验	29
5.6	管道的检验	29
6	误 差	30
6.1	总 则	30
6.2	估算方法	30
6.3	估算式	31
6.4	流量系数 α_0 和 α 的基本相对误差	31
6.5	流束膨胀系数 ε 的基本相对误差	32
附录 A	说 明	34
A 1	附录的内容	34
A 2	附录中的常用符号	34
附录 B	流量测量总误差的估算方法	38
B 1	概 述	38
B 2	流量测量总误差的估算式	38
B 3	$\frac{\sigma_D}{D}$ 的估算方法	38
B 4	$\frac{\sigma_d}{d}$ 的估算方法	39
B 5	$\frac{\sigma_{\Delta p}}{\Delta p}$ 的估算方法	39
B 6	$\frac{\sigma_{\rho_1}}{\rho_1}$ 的估算方法	40
附录 C	节流装置制造、安装和使用不符合标准规定的处理和附加误差	42
C 1	说 明	42
C 2	节流装置结构不符合标准要求时的处理	44
C 3	节流装置中流体的流动情况不符合标准要求时的处理	44
C 4	实际管道内径和节流件开孔直径值与设计值不符时的处理	44
C 5	雷诺数 Re_D 和管道内径 D 超出标准规定范围时的处理	5
C 6	实际流体参数与节流装置设计时所采用的流体参数不同时的处理	5

附录 D 被测流体物理参数的确定方法	57
D 1 被测流体的密度 ρ_1	57
D 2 可压缩性流体的压缩系数 Z	58
D 3 可压缩性流体的等熵指数 κ	59
D 4 被测流体的粘度 η 或 ν	59
附录 E 节流装置的计算	61
E 1 量程比和最小雷诺数	61
E 2 管道内壁粗糙度的确定方法	62
E 3 管壁绝对平均粗糙度 k 值表	63
E 4 节流装置的计算命题	64
E 5 标准节流装置的计算任务书和实用公式	64
E 6 已知节流装置和必要参数, 求管流流量的计算方法	69
E 7 已知必要参数, 标准节流装置的设计计算方法	70
附录 F 计算实例	78
F 1 说 明	78
F 2 角接取压标准孔板和标准喷嘴的计算实例	78
F 3 法兰取压标准孔板的计算实例	95
附录 G 节流装置计算用图表	113
G 1 通用图表	113
G 2 气体的物理性质图表	144
G 3 液体的物理性质图表	191
G 4 水和水蒸汽性质表	200
G 5 流量系数和流束膨胀系数图表	251
附录 H 差压信号管路	409
H 1 说 明	409
H 2 导压管	409
H 3 取压口	409
H 4 截断阀	410
H 5 冷凝器	410
H 6 集气器和沉降器	410
H 7 隔离器和隔离液	410
H 8 喷吹系统	411
H 9 差压信号管路的安装	412
编后记	418

流量测量 节流装置

第一部分 节流件为角接取压、法兰取压的标准孔板和角接取压的标准喷嘴

1 总 则

1.1 适用范围

1.1.1 本标准适用于包括下列节流件的节流装置:

- a、角接取压和法兰取压的标准孔板;
- b、角接取压的标准喷嘴。

节流装置包括节流件、取压装置和前后测量管。

本标准规定了上述节流装置的几何形状、相对尺寸、结构技术要求、制造安装准则及使用精度。

本标准规定的节流装置的结构形式和定义见第2和第3章。

1.1.2 节流装置必须符合本标准第1至第4章的全部要求。在此情况下,流经节流装置的流体流量和输出差压之间的关系可不经单独标定直接用计算方法确定,其误差不超过本标准的规定。

1.1.3 节流装置必须按第5章检验合格后方能出厂。

1.2 流体条件

1.2.1 本标准规定的节流装置适用于下列条件:

1.2.1.1 流体必须充满圆管和节流装置,并连续地流经管道。

1.2.1.2 流体必须是牛顿流体,在物理上和热力学上是均匀的、单相的,或者可以认为是单相的,包括混合气体、溶液和分散性粒子小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 的胶体。在气体流中有不超过2% (质量成份)均匀分散的固体微粒,或者液体流中有不超过5% (体积成份)均匀分散的气泡,也可认为是单相流体,但其密度应取平均密度。

1.2.1.3 流体流经节流件时不发生相变。

1.2.1.4 流体流量不随时间变化,或其变化非常缓慢。

1.2.1.5 流体在流经节流件以前,其流束必须与管道轴线平行,不得有旋转流。

1.2.2 本标准不适用于脉动流和临界流的流量测量。

1.3 符 号

本标准所用符号见表1—1,凡表1—1未列的符号见有关说明。

表 1—1 符 号 表

符 号	名 称 和 定 义	国 际 制 单 位	
		名 称	代 号
α	工作状态下的流量系数,定义见第1.5.2款	纯 数	—
β	工作状态下节流件的直径比 $\beta = \frac{d}{D}$	纯 数	—

续表 1—1

符 号	名 称 和 定 义	国 际 制 单 位	
		名 称	代 号
ε	流体流过节流装置时的膨胀系数, 定义见第 1.5.3 款	纯 数	—
κ	等熵指数*	纯 数	—
λ	节流件或管道材质的热膨胀系数	1/开尔文	1/K
η	流体的动力粘度	帕斯卡·秒 = 千克/米·秒	$\text{Pa} \cdot \text{s}$ $= \text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$
ν	流体的运动粘度	米 ² /秒	m^2/s
ρ	流体的密度	千克/米 ³	kg/m^3
τ	极限误差 $\tau = 2\sigma$	视量值而定	—
σ	标准误差	视量值而定	—
A	面 积 管道截面面积: $A_D = \frac{\pi}{4} D^2$ 节流件开孔面积: $A_d = \frac{\pi}{4} d^2$	米 ²	m^2
D	安装节流装置的管道内径	米	m
d	节流件的开孔直径	米	m
k	管道内壁的绝对平均粗糙度	米	m
Δp	差 压	帕斯卡	Pa
δp	流体流过节流件时的压力损失	帕斯卡	Pa
p	流体的绝对静压力	帕斯卡	Pa
q_m	流体的质量流量	千克/秒	kg/s
q_v	流体的体积流量	米 ³ /秒	m^3/s
Re	雷诺数	纯 数	—
T	流体的绝对温度** $T = 273.15 + t$	开尔文	K
t	流体的温度 符号的右下角码意义:		℃
1	节流件上游侧取压孔处的值		
2	节流件下游侧取压孔处的值		
D	对管道内径而言的值		
d	对节流件开孔直径而言的值		

• 可压缩性流体的等熵指数: 对于理想气体, 等于其定压比热和定容比热之比值。

可压缩性流体的等熵指数与压力和温度有关。

- 流体的工作温度 T 或 t 应在节流件下游侧距离节流件至少 $5D$ 处进行测量。但由于计算时需要节流件上游侧取压处的温度值, 因此应换算到上游取压处的温度 T_1 (或 t_1)。其换算方法为: 对可压缩性流体, 按等熵过程计算; 对不可压缩性流体, 按等温过程考虑。

1.4 工作原理

若在管道内部装有孔板或喷嘴等节流件，则在流体流经节流件时其上下游侧之间就会出现静压力差。

若未经标定的节流装置与已经过充分实验标定的节流装置几何相似和动力学相似，则在有关参数已知的条件下，该静压力差与流过的流体流量之间有确定的数值关系，这关系可用基本公式进行计算。

1.5 基本公式

1.5.1 节流装置的流量计算基本公式为：

$$q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_d \sqrt{2\rho_1 \cdot \Delta p} \quad (1-1)$$

$$q_v = q_m / \rho_1 \quad (1-2)$$

式中，对不可压缩性流体： $\varepsilon = 1$ ；

对可压缩性流体： $\varepsilon < 1$ 。

1.5.2 流量系数 α ：节流装置的流量系数 α 是密度为 ρ_1 的不可压缩性流体（液体）流过开孔直径为 d 的节流件，在实测得出 q_m 和与之对应的差压 Δp 后，用下述公式计算出来的：

$$\alpha = \frac{q_m}{A_d \sqrt{2\rho_1 \cdot \Delta p}} \quad (1-3)$$

α 是一个纯数，对于几何相似的节流装置， α 仅和 Re_D 有关。当流体的流动情况可用相当的 Re_D 表征时，则 α 值相等。本标准所给出的 α 值，均由实验方法确定。

1.5.3 可压缩性流体流经节流装置时的流束膨胀系数 ε ：密度为 ρ_1 的可压缩性流体流过节流装置时，在实测得出 q_m 和与之对应的差压 Δp 后，则：

$$\frac{q_m}{A_d \sqrt{2\rho_1 \cdot \Delta p}} = \alpha \varepsilon \quad (1-4)$$

式中， α 的值同第 1.5.2 款。因此， ε 可用下式进行计算：

$$\varepsilon = \frac{q_m}{A_d \cdot \alpha \sqrt{2\rho_1 \cdot \Delta p}} \quad (1-5)$$

对于已知 β 值的节流装置， ε 决定于 $\frac{\Delta p}{p_1}$ （或 $\frac{p_2}{p_1}$ ）和等熵指数 κ 。

本标准所给出的 ε 值是由理论计算或实验方法确定的。

1.5.4 A_d 是在工作状态下节流件的开孔面积。这里所说的节流件开孔，对标准孔板是指入口圆筒形部分；对标准喷嘴是指圆筒形喉部。

1.5.5 ρ_1 是节流件上游侧取压处的流体密度。

1.5.6 Δp 是指在标准节流件上下游侧规定的取压孔位置上所测得的静压力之差。

1.5.7 如果采用一贯制单位，例如国际制单位，则在基本公式中不需加入任何换算常数。

1.5.8 由于 α 与 Re_D 有关， ε 与 Δp 有关，亦即均与流量有关。但 q_m 与 $\Delta p^{\frac{1}{2}}$ 之间并不严格地成比例，因此，在计算时应按经常使用的流量和相当于经常使用的流量下的差压及雷诺数取 α 和 ε 值。

1.6 压力损失

流体流经节流件时会造成压力损失，其大小随节流件的形式而异，并随 β 值的减小而增大。本标准规定的节流件，其压力损失可用下式近似的计算：

$$\delta p \approx \frac{1 - \alpha \beta^2}{1 + \alpha \beta^2} \cdot \Delta p \quad (1-6)$$

1.7 温 度

在估计节流装置各部件的温度时，可认为等于与各部件接触的被测流体的温度。

2 标准孔板

2.1 定义

本标准规定的标准孔板是一块具有圆形开孔、并与管道同心，其直角入口边缘非常锐利的薄板。用于不同管道内径的标准孔板，其结构形式基本上是几何相似的。本标准规定了两种取压方式，但标准孔板的本体结构是一样的。

2.2 标准孔板的结构形式和技术要求

2.2.1 标准孔板相对于孔板开孔轴线是旋转对称的，其轮廓如图 2—1 所示。

2.2.2 尺寸和技术要求

2.2.2.1 A 面：孔板上游侧端面。在此面上连接任意两点的直线与垂直于中心线平面之间的斜率应小于 1 %。

全部 A 面应无可见损伤，在离中心 1.5 d 范围内的不平度不得大于 0.0003 d，它相当于如下光洁度：

50 mm ≤ D ≤ 500 mm 时，为 ∇6；

500 mm < D ≤ 750 mm 时，为 ∇5；

750 mm < D ≤ 1000 mm 时，为 ∇4。

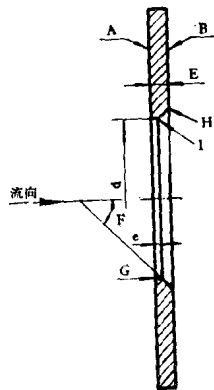


图 2—1 标准孔板轮廓图

2.2.2.2 B 面：孔板下游侧端面。应与 A 面平行，其光洁度可较 A 面低一级。

2.2.2.3 G：孔板开孔上游侧直角入口边缘。应锐利，无毛刺和划痕。若直角入口边缘形成圆弧，其圆弧半径 r_k 应小于或等于 0.0004 d。

2.2.2.4 e：孔板开孔圆筒形部分长度。其尺寸为：

$$0.005 D \leq e \leq 0.02 D。$$

在两点或多点上测得的 e 值之间的最大偏差不得超过 0.001 D。e 表面的光洁度不应低于 ∇7。

2.2.2.5 E：孔板厚度，其尺寸为：

$$e \leq E \leq 0.05 D。$$

当 $50 \text{ mm} \leq D \leq 100 \text{ mm}$ 时, 允许 $E = 3 \text{ mm}$; 但在 $50 \text{ mm} \leq D < 60 \text{ mm}$ 时, 流量系数应乘以下表所列修正系数 b_E 值。修正后应在 $\frac{\sigma_a}{\alpha}$ 上几何相加 $\pm 0.3\%$ 的附加误差。

β	b_E
≤ 0.5	1.000
$0.5 < \beta \leq 0.7$	0.999
$0.7 < \beta \leq 0.8$	0.998

当 $E > 0.02D$ 时, 出口处应有一个向下游侧扩散的光滑锥面。其圆锥角为 F , F 应在 30° 至 45° 之间, 其表面光洁度为 $\nabla 6$ 。

各处测得的 E 值之间的最大偏差不得超过 $0.005D$ 。

2.2.2.6 H 和 I: 孔板下游侧出口边缘和孔板开孔圆筒形下游侧出口边缘。应无毛刺、划痕和可见损伤。

2.2.2.7 d: 孔板开孔圆筒形直径。是不少于四个单测值的算术平均值, 这四个单测值之间应有大致相等的角距, 而任意单测值与平均值之差不得超过 0.05% 。

d 的公差见表 2—1。

表 2—1 孔板开孔直径 d 的允许公差 (mm)

d	公差
$5 \leq d \leq 6$	± 0.008
$6 < d \leq 10$	± 0.010
$10 < d \leq 25$	± 0.013
$d > 25$	d 值每增加 25, 公差增大 ± 0.013

2.2.3 对称孔板: 测量双向流动的流体流量的标准孔板称为对称孔板。

对称孔板的两侧端面 A 和 B, 均应无圆锥角, 两侧端面的技术要求与标准孔板 A 面相同。对称孔板的厚度 E 应等于它的开孔圆筒形部分长度 e , 对称孔板 e 的技术要求与标准孔板相同。

2.2.4 单独钻孔取压孔板和法兰取压孔板的外缘应设置安装手柄, 并磨平焊缝。

安装手柄上应刻有表示孔板安装方向的符号 (+、-)、孔板出厂编号、安装位号、管道内径 D 的设计尺寸值和孔板开孔 d 的实际尺寸值。

环室取压孔板, 上述各种符号和数据应刻在 B 面的边缘上。

采用夹紧环的单独钻孔取压孔板按环室取压孔板处理。

2.2.5 孔板应按被测流体的性质和参数采用具有良好耐腐蚀性和耐磨性的任意材料制造, 使用过程中孔板应保持清洁。

2.3 取压方式和使用范围

2.3.1 取压方式不同, 也就是孔板上下游侧取压孔的位置不同。

本标准规定了两种取压方式，即角接取压和法兰取压。不同取压方式的标准孔板，其使用范围、取压装置的结构和有关技术要求也是不同的。

2.3.2 角接取压法：上下游侧取压孔的轴线分别与孔板（或喷嘴）上下游侧端面的距离等于取压孔径的一半或取压环隙宽度的一半。

角接取压包括单独钻孔取压和环室取压。

2.3.2.1 角接取压标准孔板用于管径 D 为 50 mm 至 1000 mm 和直径比 β 为 0.22 至 0.80 范围内。

2.3.2.2 角接取压标准孔板适用的雷诺数 Re_D 范围为 $5 \times 10^3 \sim 10^7$ ，详见表 2—3。

2.3.3 法兰取压法：上下游侧取压孔的轴线分别与孔板上下游侧端面距离等于 25.4 ± 0.8 mm。

2.3.3.1 法兰取压标准孔板用于管径 D 为 50 mm 至 750 mm 和直径比 β 为 0.10 至 0.75 范围内。

2.3.3.2 法兰取压标准孔板适用的雷诺数 Re_D 范围为 $8 \cdot 10^3 \sim 10^7$ ，详见表 2—2。

2.4 角接取压的取压装置的结构形式和技术要求

2.4.1 角接取压的取压装置包括单独钻孔取压用的夹紧环和环室取压用的环室。

2.4.2 单独钻孔取压如图 2—2 下半部分所示。

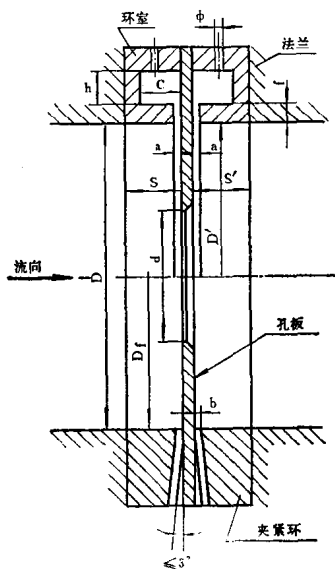


图 2—2 单独钻孔和环室示意图

2.4.2.1 孔板上游侧静压力由前夹紧环取出；孔板下游侧静压力由后夹紧环取出。

2.4.2.2 取压孔在夹紧环内壁的出口边缘必须与夹紧环内壁平齐，并有不大于取压孔直径十分之一的倒角，无可见的毛刺或突出物。取压孔应为圆筒形，从夹紧环内壁算起至少有长度为取压孔直径 2 倍的等直径圆筒形。其轴线应尽可能与管道轴线垂直，与孔板上下游侧端面形成的夹角允许小于或等于 3° 。

2.4.2.3 取压孔在夹紧环内壁出口处的轴线分别与孔板上下游侧端面的距离等于取压孔直径

表 2—2 法兰取压标准孔板适用的雷诺数 Re_D 范围

D (mm)	50		75		100		150		200		250		375		750	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Re_D β																
0.100	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.150	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.200	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.250	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.300	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.350	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	24000	10^7	32000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.400	8000	10^6	12000	10^6	16000	10^6	30000	10^7	40000	10^7	40000	10^7	60000	10^7	120000	10^7
0.450	8000	10^6	15000	10^6	20000	10^6	30000	10^7	50000	10^7	40000	10^7	75000	10^7	150000	10^7
0.500	8000	10^6	20000	10^6	30000	10^6	50000	10^7	75000	10^7	75000	10^7	100000	10^7	200000	10^7
0.550	10000	10^6	20000	10^6	30000	10^6	50000	10^7	75000	10^7	75000	10^7	100000	10^7	200000	10^7
0.600	20000	10^6	30000	10^6	40000	10^6	50000	10^7	75000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	300000	10^7
0.625	20000	10^6	30000	10^6	40000	10^6	100000	10^7	100000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	300000	10^7
0.650	30000	10^6	30000	10^6	50000	10^6	100000	10^7	100000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	300000	10^7
0.675	30000	10^6	40000	10^6	50000	10^6	100000	10^7	100000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	300000	10^7
0.700	50000	10^6	40000	10^6	50000	10^6	100000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	200000	10^7	400000	10^7
0.725	—	—	—	—	50000	10^6	100000	10^7	100000	10^7	200000	10^7	500000	10^7	400000	10^7
0.750	—	—	—	—	50000	10^6	100000	10^7	500000	10^7	200000	10^7	500000	10^7	400000	10^7