

爆破片的口径计量

这份公报的目的是提供关于爆破片口径计量的详细指导，使用 ASME Section VIII Div. 1, API RP520, 和 Crane TP-410 提供的标准计量方式。为计量过程提供协助，Fike 提供 DisCalc™, 是一个基于网页的计量程序。请前往 www.fike.com。

超压允差

当计量压力释放装置的口径时，ASME 规范定义在装置释放压力时压力容器内可能累积的最大压力。压力的大小取决于不同装置的应用。以下的列表显示各种超压允差。ASME 应用要求请参照技术公报 TB8100ZH。

主要的 (单一释放装置)	次要的 (多重装置)	外部火灾 (不可预见的外部热源)	外部火灾 (独特储存容器)
Ref. UG-125(c)	Ref. UG-125(c)(1)	Ref. UG-125(c)(2)	Ref. UG-125(c)(3)
10% 或 3 PSIG, 高于容器最高允许工作压力, 二者取更大值	16% 或 4 PSIG, 高于容器最高允许工作压力, 二者取更大值	21% 高于容器 最高允许工作压力	20% 高于容器 最高允许工作压力

爆破片口径计量的方式

以下是对三种基本爆破片口径计量方式的描述。这些方式假设于单相的，无反应的流动液体。其他资料，例如 API RP520 Part 1, DIERS 项目手册和 CCPS 压力释放和液体泄漏处理系统指导手册，提供其它关于两相、闪蒸、反应性的，其它非稳定状态下的计量方式。

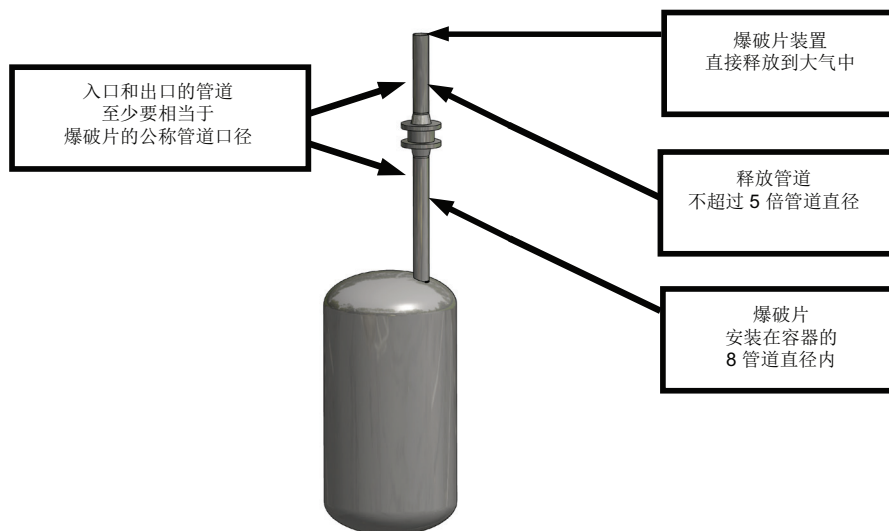
释放系数方法 (K_D) - K_D 释放系数法是用于理论流量来计算出简单系统的额定流量。

流阻方式 (K_R) - K_R 表示爆破片装置造成的速率损失。这种速率损失包括在总体损失之内，用以计算压力释放系统的口径。

组合负荷方法 - 当爆破片装置跟安全阀 (PRV) 安装在一起时，阀门的流通能力通过乘以默认值 0.9 或者爆破片/阀组合装置的测试值而被降低。爆破片和安全阀组合使用的具体要求，请参看技术公告 TB8105ZH。Fike 认证的组合装置因素列表，请参看技术公告 TB8103ZH。

释放系数方法 (K_D)

当以下条件满足时 (8 & 5 号规则)，在简单的系统中使用这种方式。。这种方法考虑到容器入口的效果，8 倍管道直径的入口管道，5 倍管道直径的释放管道，以及释放大气中的效果。



表格号码: TB8102ZH-3

气体/蒸汽口径计算

根据 API RP520 临界和亚临界流动的测定

临界压力:

$$P_{cf} = P \left(\frac{2}{k+1} \right)^{k/(k-1)}$$

If $P_e \leq P_{cf}$ use critical flow equations

根据 ASME Section VIII 计算 (假设临界流动)

临界流动:

$$W = K_D \cdot C \cdot A \cdot P \sqrt{\frac{M}{T \cdot Z}}$$

$$A = \frac{W}{K_D \cdot C \cdot P} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}}$$

根据 API RP520 计算

亚临界流动:

$$A = \frac{W}{735 \cdot F_2 \cdot K_D} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M \cdot P(P - P_e)}}$$

$$A = \frac{V}{4645 \cdot F_2 \cdot K_D} \sqrt{\frac{T \cdot Z \cdot M}{P(P - P_e)}}$$

$$A = \frac{V}{864 \cdot F_2 \cdot K_D} \sqrt{\frac{T \cdot Z \cdot SG}{P(P - P_e)}}$$

临界流动:

$$A = \frac{W}{K_D \cdot C \cdot P} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}}$$

$$A = \frac{V \sqrt{T \cdot Z \cdot M}}{6.32 \cdot K_D \cdot C \cdot P}$$

$$A = \frac{V \sqrt{T \cdot Z \cdot SG}}{1.175 \cdot K_D \cdot C \cdot P}$$

W = rated flow capacity, (lb/hr)
 V = rated flow capacity, (SCFM)
 A = minimum net flow area, (sq. in.)
 C = constant based on the ratio of specific heats k
 k = c_p/c_v
 K_D = coefficient of discharge 0.62 for rupture disc devices

$$F_2 = \sqrt{\left(\frac{k}{k-1} \right) (r)^{2/k} \left[\frac{1 - r^{(k-1)/k}}{1 - r} \right]}$$

$$r = \frac{P_e}{P}$$

P = set pressure plus overpressure allowance plus atmospheric pressure (psia)

P_e = exit pressure, (psia)

M = molecular weight

SG = specific gravity of gas at standard conditions, SG=1.00 for air at 14.7 psia and 60°F

T = absolute temperature at inlet ($R = ^\circ F + 460$)

Z = compressibility factor for corresponding to P and T . use 1.0 if unknown.

列表 1
气体常量

气体或者蒸汽	分子量	$k = c_p/c_v$
Air	28.97	1.40
Acetic Acid	60	1.15
Acetylene	26.04	1.26
Ammonia	17.03	1.33
Argon	40	1.67
Benzene	78.1	1.12
N-Butane	58.12	1.094
ISO- Butane	58.12	1.094
Butane	56.1	1.10
Carbon Monoxide	28	1.40
Carbon Disulfide	76	1.21
Carbon Dioxide	44.01	1.30
Chlorine	70.9	1.36
Cyclohexane	84.16	1.09
Ethane	30.07	1.22
Ethyl Alcohol	46.07	1.13
Ethyl Chloride	64.5	1.19
Ethylene	28.05	1.26
Helium	4	1.66
Hydrochloric Acid	36.5	1.41
Hydrogen	2.016	1.41
Hydrogen Sulfide	34.07	1.32
Methane	16.04	1.31
Methyl Alcohol	32.04	1.20
Methyl Chloride	50.48	1.20
Natural Gas (Avg.)	19	1.27
Nitric Acid	30	1.40
Nitrogen	28	1.404
Oxygen	32	1.40
Pentane	72.15	1.07
Propane	44.09	1.13
Sulfur Dioxide	64.06	1.29
Water Vapor	18.02	1.324

列表 2
声速流动蒸汽大小的气体流动常量 C

k	C	k	C
1.00	315	1.40	356
1.02	318	1.42	358
1.04	320	1.44	360
1.06	322	1.46	361
1.08	325	1.48	363
1.10	327	1.50	365
1.12	329	1.52	366
1.14	331	1.54	368
1.16	333	1.56	369
1.18	335	1.58	371
1.20	337	1.60	373
1.22	339	1.62	374
1.24	341	1.64	376
1.26	343	1.66	377
1.28	345	1.68	379
1.30	347	1.70	380
1.32	349	2.00	400
1.34	351	2.10	406
1.36	352	2.20	412
1.38	354		

蒸汽口径计算

根据 ASME Section VIII 计算

蒸汽:

$$W = 51.5 \cdot A \cdot P \cdot K_D \cdot K_N$$

$$A = \frac{W}{51.5 \cdot P \cdot K_D \cdot K_N}$$

根据 API RP520 计算

蒸汽:

$$A = \frac{W}{51.5 \cdot P \cdot K_D \cdot K_N \cdot K_{SH}}$$

K_N = Correction factor for steam

K_N = when $P \leq 1500$ psia

$K_N = \left(\frac{0.1906P - 1000}{0.2292P - 1061} \right)$ when $P > 1500$ psia and $P \leq 3200$ psia

K_{SH} = See Table 3 for superheat steam correction factors. For saturated steam use 1.0.

列表 3

超热校正系数, K_{SH} (API RP520 第1部分 列表 9)

爆破压力 (psig)	温度 °F									
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
15	1.00	.98	.93	.88	.84	.80	.77	.74	.72	.70
20	1.00	.98	.93	.88	.84	.80	.77	.74	.72	.70
40	1.00	.99	.93	.88	.84	.81	.77	.74	.72	.70
60	1.00	.99	.93	.88	.84	.81	.77	.75	.72	.70
80	1.00	.99	.93	.88	.84	.81	.77	.75	.72	.70
100	1.00	.99	.94	.89	.84	.81	.77	.75	.72	.70
120	1.00	.99	.94	.89	.84	.81	.78	.75	.72	.70
140	1.00	.99	.94	.89	.85	.81	.78	.75	.72	.70
160	1.00	.99	.94	.89	.85	.81	.78	.75	.72	.70
180	1.00	.99	.94	.89	.85	.81	.78	.75	.72	.70
200	1.00	.99	.95	.89	.85	.81	.78	.75	.72	.70
220	1.00	.99	.95	.89	.85	.81	.78	.75	.72	.70
240	-	1.00	.95	.90	.85	.81	.78	.75	.72	.70
260	-	1.00	.95	.90	.85	.81	.78	.75	.72	.70
280	-	1.00	.96	.90	.85	.81	.78	.75	.72	.70
300	-	1.00	.96	.90	.85	.81	.78	.75	.72	.70
350	-	1.00	.96	.90	.86	.82	.78	.75	.72	.70
400	-	1.00	.96	.91	.86	.82	.78	.75	.72	.70
500	-	1.00	.96	.92	.86	.82	.78	.75	.73	.70
600	-	1.00	.97	.92	.87	.82	.79	.75	.73	.70
800	-	-	1.00	.95	.88	.83	.79	.76	.73	.70
1000	-	-	1.00	.96	.89	.84	.78	.76	.73	.71
1250	-	-	1.00	.97	.91	.85	.80	.77	.74	.71
1500	-	-	-	1.00	.93	.86	.81	.77	.74	.71
1750	-	-	-	1.00	.94	.86	.81	.77	.73	.70
2000	-	-	-	1.00	.95	.86	.80	.76	.72	.69
2500	-	-	-	1.00	.95	.85	.78	.73	.69	.66
3000	-	-	-	-	1.00	.82	.74	.69	.65	.62

液体口径计算

根据 ASME Section VIII 计算

水:

$$W = 2407 \cdot A \cdot K_D \sqrt{(P - P_e)} w$$

$$A = \frac{W}{2407 \cdot K_D \sqrt{(P - P_e)} w}$$

根据 API RP520 计算

非粘性液体:

$$A_R = \frac{Q}{38 \cdot K_D \cdot K_V} \sqrt{\frac{SG}{P - P_e}}$$

粘性液体:

$$A_V = \frac{A_R}{K_V}$$

粘性液体的口径计算，首先用 1.0 K_V 计算出 A_R ，将下一个较大爆破片的面积 A 应用在雷诺数的计算，来得出 K_V ，然后再用得出的 K_V 重新计算所要的面积 A_V 。

流阻方法 (K_R)

流阻方法是使用在当 8 & 5 规则不适用，且爆破片不和压力释放阀门联合使用的时候。这项计算工作是系统设计者的职责。DisCalc™ 无法进行这项计算。

流阻方法的特征

- 口径计算是建立在释放系统的基础上而不是某一单一组件的能力
- 爆破片被看成释放系统的一个组成部分
- 每一个装置或一系列装置都有一个没有单位的流阻值，这个流阻值代表预期的流阻，该流阻与液体流动无关
- 系统的释放能力必须乘以系数 0.90

不同类别的 K_R

很多爆破片有不同的开口方式，取决于导致开口的介质是压缩性的气体或是不可压缩的液体，不同介质有通过认证的相应的 K_R 值。由于爆破片开口方式和介质的不同，以及通过 ASME PTC25 标准的试验方法，而产生了用于不同介质的 K_R 值。Fike 认证的一系列 K_R 因数，请参考技术公告 TB8104。

- 空气或气体介质 - K_{RG}
当介质是气体或蒸汽，或者当介质是液体但是在爆破时有相当数量的蒸汽直接与爆破片接触，使用 K_{RG}
- 液体介质 - K_{RL}
当介质是液体，且在爆破时液体直接和爆破片接触，使用 K_{RL}
- 空气或者气体和液体介质 - K_{RGL}

K_{RGL} 可以在任何介质状态下使用

以下的例子是用来说明如何使用 K_R 值来计算压力释放管道系统的流动能力。

蒸汽口径计算

以下的例子，看图表 1，假设 $k = c_p/c_v = 1.4$

得到的是保守的计数。这个例子是建立在 Crane TP-410 方式的基础上。这个例子同时假设一个稳定状态的释放条件当容器容量相对大于释放能力。

既有信息:

- 压力容器 MAWP = 1000 psig
- ASME Section VIII Div. 1 允许的释放压力 = 110% x MAWP = 1114.7 psia = $P'1$
- 背压 (出口压力) = 14.7 psia
- 工作液体 - 空气 ($k = c_p/c_v = 1.4$)
- 爆破片爆破时的空气温度 = 500°F = 960R = T_1
- 进入容器的最大流动率 = 20,000 SCFM
- 爆破片 - Fike 3" SRX-GI g $K_{RG} = 0.99$

$$Q = \text{rated capacity, (gal.min)}$$

$$A_R = \text{required Area without viscosity corrections (in}^2\text{)}$$

$$A_V = \text{required Area with viscosity corrections (in}^2\text{)}$$

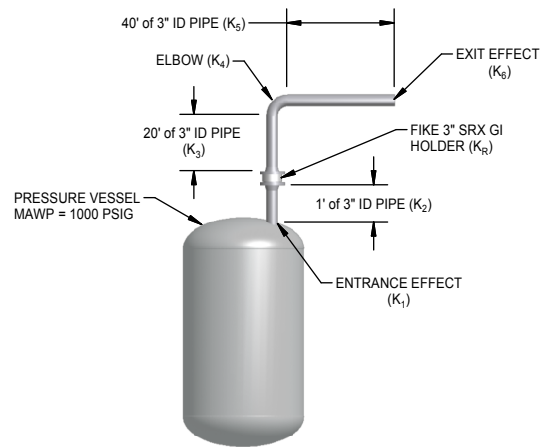
$$W = \text{Specific weight of water, (lb/ft}^3\text{)}$$

$$K_V = \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1.0}, \text{ viscosity correction factor}$$

$$R_e = \frac{Q(2800 \cdot SG)}{u\sqrt{A}} \text{ Reynolds Number (u is in centipoises)}$$

or

$$R_e = \frac{12700 \cdot Q}{U\sqrt{A}} \text{ (U is in Saybolt Universal Seconds, SSU)}$$



图表 1

测定总管道系统阻力系数:

管道部件或特点	流阻值 (K)	参考
入口 - 尖锐边缘	$K_1 = .50$	Crane 410 pg A-29
1 ft of 3" Sch. 40 管道	$K_2 = .07$	$K=fL/D: f = .018$ (Crane 410 Pg A-26 $L = 1 \text{ ft. ID} = 3.068/12 \text{ ft}$)
Fike 3" SRX-GI 爆破片	$K_{RG} = 0.99$	国家认证号码 . FIK-M80277
20 ft or 3" Sch. 40 管道	$K_3 = 1.41$	$K=fL/D: f = .018$ (Crane 410 Pg A-26 $L = 1 \text{ ft. ID} = 3.068/12 \text{ ft}$)
3" Sch. 40 标准 90° 弯管	$K_4 = 0.54$	Crane 410 Pg A-29
40 ft of 3" Sch. 40 管道	$K_5 = 2.82$	$K=fL/D: f = .018$ (Crane 410 Pg A-26 $L = 1 \text{ ft. ID} = 3.068/12 \text{ ft}$)
管道出口 - 尖锐边缘	$K_6 = 1.00$	Crane 410 Pg A-29
总系统阻力	$K_T = 7.33$	$K_T = K_1 + K_2 + K_{RG} + K_3 + K_4 + K_5 + K_6$

达西公式推导出通过阀门、管阀件和管道的可压缩液体的释放量。既然进入实例容器的流动率是通过 SCFM 定义的，以下形式的达西公式可以被使用:

Crane 公式 3-20

$$q'_m = 678 \cdot Y \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P'_1}{K \cdot T_1 \cdot SG}}$$

q'_m = rate of flow in cubic feet per minute at standard conditions, (SCFM) (14.7 psia and 60°F)
 Y = net expansion factor for compressible flow through orifices, nozzles and pipes (Crane 410 Pg A-22)
 d = internal diameter of pipe, (in)
 ΔP = change in pressure entrance to exit, (psia)
 P'_1 = pressure at entrance, (psia)
 K = loss coefficient
 T_1 = absolute temperature at entrance, (R)

要得出 Y，首先要确定流体是音速还是亚音速。音速流体，要拿实际的 $\Delta P/P'_1$ 跟限制的 $\Delta P/P'_1$ 比较。Crane 列表 A-22 显示音速流体在已知的 K_T 值时 $k=1.4$ 的限制因数。如果 $(\Delta P/P'_1)_{sonic} < (\Delta P/P'_1)_{actual}$ ，那么流动就是音速。

K	$\Delta P/P'_1$	Y
1.2	.552	.588
1.5	.576	.606
2.0	.612	.622
3	.662	.639
4	.697	.649
6	.737	.671
8	.762	.685
10	.784	.695
15	.818	.702
20	.839	.710
40	.883	.710
100	.926	.710

音速速率的限制因数 ($k=1.4$) 摘取自 Crane 410, Pg A-22

为这个举例:

$$\left(\frac{\Delta P}{P'_1}\right)_{actual} = \frac{1114.7 - 14.7}{1114.7} = 0.9868$$

从列表 A-22，当 $K_T=7.33$

$$K_T = 7.33$$

$$\left(\frac{\Delta P}{P'_1}\right)_{sonic} = 0.754$$

既然 $(\Delta P/P'_1)_{sonic} = 0.754$ ，那么 $DP = 0.754 * P'_1 = 0.754 * 1114.7 = 840.5$ psig
完成系统流量计算要靠将已知的数据替代到 Crane 410 公式 3-20.

$$q'_m = 678 \cdot Y \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P'_1}{K \cdot T_1 \cdot SG}}$$

$$q'_m = 678 \cdot 0.680 \cdot (3.068)^2 \sqrt{\frac{840.5 \cdot 1114.7}{7.33 \cdot 960 \cdot 1}}$$

$$q'_m = 50,074 \text{ SCFM}$$

ASME 压力容器规范，Section VIII, Division 1, paragraph UG-127(a)(2)，也要求在计算系统流量使用阻流方式时也必须乘以系数 0.90 或者更小以降低这个计算方式内在的不确定因素。

$$q'_{m-ASME} = 50,074 \cdot 0.90 = 45,066 \text{ SCFM}$$

因此，系统流量就会大于所需的工艺流量 (20,000 SCFM)

次音速流动案例

在流体是次音速的情况下，或者 $(\Delta P/P'_1)_{sonic} > (\Delta P/P'_1)_{actual}$ ，直接取用 Crane 410 列表 A-22 中的 Y_{actual} 值，取代计算中的 $(\Delta P/P'_1)_{actual}$ 和 Y_{actual} 的数值。

液体口径计算

假设这个例子中如图片 2 所示，流动介质是水。本例基于 Crane TP-410 方法。这个例子同时假设这个例子同时假设在容器的容量大于释放能力时，释放条件稳定。

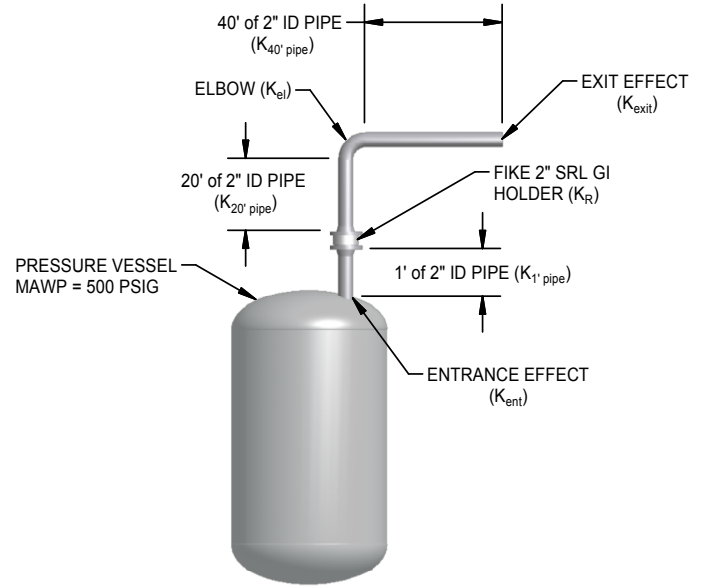
既有信息:

- 压力容器 MAWP = 500 psig
- ASME Section VIII Div. 1
- 允许的释放压力 = 110% x MAWP = 550 psig = P_1
- 背压 (出口压力) = 1 psig = P_2
- 工作液体 - 水
- 温度 = 70°F
- 进入容器的最大流动值 = 50 ft³/min
- 爆破片 - Fike 2" SRL-GI → $K_{REL} = 0.59$

从 Crane 410:

“伯努利定律可以用来解释节省能源的法则在管道液体中的使用(管道)。在任何一个时间点的总能源，在人为设置的横向基准面以上，等同于位势水头 (Z)，压力头(P)，速度头 (V) 的总合。

在实际应用中，在管道系统状态 (地点) 1 和 2 之间会有能源损失。这些损失使用 h_L 来表示的，由摩擦头损失所致。能源平衡显示如下:



图形 2

Crane 公式 1-3

$$Z_1 + \frac{144 \cdot P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{144 \cdot P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_L$$

Z_1 and Z_2	=	elevation head at states 1 and 2 (ft)
P_1 and P_2	=	pressure at states 1 and 2 (psig)
V_1 and V_2	=	velocity at states 1 and 2 (ft/sec)
ρ_1 and ρ_2	=	fluid density at states 1 and 2 (lb/ft ³)
g	=	acceleration due to gravity (32.2 ft/sec ²)
h_L	=	frictional head loss (ft)

在前面的举例中，管道中的摩擦引起的头损失和配件引起的头损失跟总阻流的量是成比例的:

$$h_L = \sum K$$

既然实际的头损失取决于速度，

$$h_L = \sum K \left(\frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$

以上举例的摩擦损失系数和配件损失系数如下:

管道部件或特性	流阻值 (K)	参考
管道摩擦损失		
1 ft of 2" Sch. 40 Pipe	$K_{1' \text{ pipe}} = 0.11$	$K=fL/D$; $f = .019$ (Crane 410 Pg A-26) $L = 1 \text{ ft}$, $ID = 2.067/12 \text{ ft}$
20 ft of 2" Sch. 40 Pipe	$K_{20' \text{ pipe}} = 2.21$	$K=fL/D$; $f = .019$ (Crane 410 Pg A-26) $L = 20 \text{ ft}$, $ID = 2.067/12 \text{ ft}$
40 ft of 2" Sch. 40 Pipe	$K_{40' \text{ pipe}} = 4.41$	$K=fL/D$; $f = .019$ (Crane 410 Pg A-26) $L = 40 \text{ ft}$, $ID = 2.067/12 \text{ ft}$
配件损失		
入口 - $r/d = 0.10$	$K_{\text{ent}} = 0.09$	Crane 410 Pg A-29
Fike 2" SRL - GI 爆破片	$K_{\text{RGL}} = 0.59$	国家部门认证号 . FIK-M80031
2" Sch. 40 标准 90° 弯管	$K_{\text{el}} = 0.57$	Crane 410 Pg A-29
管道出口 - 尖锐边缘	$K_{\text{exit}} = 1.00$	Crane 410 Pg A-29
总损失	$K_{\text{T}} = 8.98$	

因此,

$$h_L = 8.98 \left(\frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$

其它已知条件:

$$\begin{aligned} V_{\text{vessel}} &= 0 \text{ ft/sec} \\ Z_{\text{vessel}} &= 0 \text{ ft} \\ Z_{\text{vessel}} &= 1 \text{ ft} + 20 \text{ ft} = 21 \text{ ft} = \text{elevation change of piping} \\ P_{\text{exit}} &= 0 \text{ ft/sec} \\ \rho_1 &= \rho_2 = 62.3 \text{ lb/ft}^3 \text{ for water at room temperature} \end{aligned}$$

把数值替代到公式 1-3,

$$0 + \frac{144 \cdot 550}{62.3} + 0 = 21 + 0 + \frac{V_2^2}{2 \cdot 32.2} + \left[8.98 \cdot \left(\frac{V_2^2}{2 \cdot 32.2} \right) \right]$$

得到结果 V_2 (出口速率),

$$V_2 = 89.82 \text{ ft/sec}$$

以上在计算管道摩擦损失时使用的摩擦因数假设管道内的液体是完全湍流。摩擦因数的值是跟最终流量的雷诺值 (R_e) 相关的 (参考: Crane 410 pg 1-1)。只有当 $R_e < 2000$ 时, 流量是分层的, 摩擦因数仅仅是雷诺值造成的。当 $R_e > 4000$, 流量是完全湍流, 摩擦因数也是管道壁的性质造成的 (相对粗糙程度)。

之前使用的摩擦因数必须经过核实。首先计算雷诺值:

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{89.82 \cdot 2.067 \left(\frac{1}{12} \right)}{.000011}$$

V	=	fluid velocity = 89.82 ft/sec
d	=	pipe diameter = 2.067 in/12 in/ft
ν	=	kinematic viscosity = 0.000011 ft ² /sec

既然雷诺值 >4000，液体是湍流，摩擦因数现在是管道的相对粗糙度。从 Crane 410 图形 A-23 看来，2” 的商业钢管完全湍流的摩擦因数， f 是 0.019。这就证实了原先的对摩擦因数的假设。

层流计算

如果是层流， $R_e < 2000$ ，摩擦因数的计算就是：

$$f = \frac{64}{R_e}$$

如果这个摩擦因数不接近先前用来计算摩擦损失系数的值，这项计算就必须重复进行直到假设的摩擦因数和计算出来的摩擦因数相等。

现在流动速率已知，以体积衡量的流动速率就可以被计算出来。

当：
$$Q = A \cdot V$$

Q = volumetric flow rate (ft³/sec)

A = area of pipe (ft²) - $\pi d^2/4$

V = fluid velocity (ft/sec)

替代数值，

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{2.067}{12}\right)^2 \cdot 89.82$$

$$Q_{calc} = 2.09 \text{ ft}^3/\text{sec} = 125.6 \text{ ft}^3/\text{min}$$

按照 ASME 规范，额定的系统能力是，

$$Q_{rated} = Q_{calc} \cdot (0.90) = 125.6 \cdot (0.90) = 113.04 \text{ ft}^3/\text{min}$$

因此，压力释放系统的流量可以达到要求的 50 ft³/min。

参考：

American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII, Division 1

American Society of Mechanical Engineers, PTC25

American Petroleum Institute, RP520

Crane Valves, Technical Paper 410

Crane Valves, Crane Companion Computer Program

Fike Technical Bulletin TB8100 ASME Code and Rupture Discs

Fike Technical Bulletin TB8103 Certified Combination Capacity Factors

Fike Technical Bulletin TB8104 Certified K_r and MNFA Values

Fike Technical Bulletin TB8105 Best Practices for RD & PRV Combinations

DIERS Project Manual

CCPS Guidelines for Pressure Relief Effluent Handling Systems