

22. NOK 蓄能器的容积计算

蓄能器的容积基本基于 $P_1V_1^n = P_2V_2^n = P_3V_3^n$ 进行计算，
但各用途的计算公式各不相同。请参考以下计算方法与计算示例。

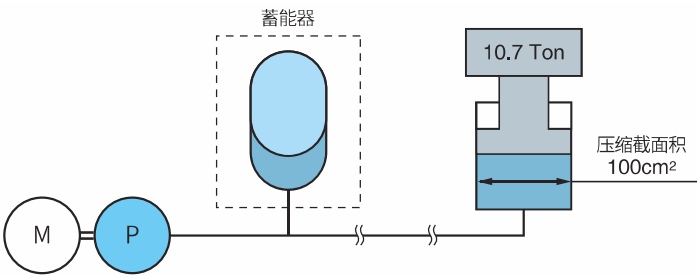
【各用途的计算方法与计算示例】	刊载页面
① 补充能量	58 页
② 脉动缓冲	60 页
③ 吸收冲击	62 页
④ 导热性膨胀补充	64 页

蓄能器的节能效果示例

下图体系中，对有无蓄能器时所需动力进行比较后发现，使用蓄能器后，大约可降低至1/20。

【工作条件】

- 压缩负荷 : 10.7 Ton
- 负荷压力 : 10.5 MPa
- 压缩平均速度 : 5 cm/s
- 扬程 : 15 cm
- 工作频率 : 0.5 次/分钟
- 泵压力 : 21 MPa



项目	蓄能器	
	有	无
所需油量	$100\text{ cm}^2 \times 15\text{ cm} = 1500\text{ cm}^3 = 1.5\text{ l}$	
1秒所需流量	$100\text{ cm}^2 \times 5\text{ cm/s} = 500\text{ cm}^3/\text{s} = 0.5\text{ l/s}$	
在蓄能器内蓄压 所需的流量	蓄能器的所需吐出量 = 所需油量 = 1.5 l	—————
	吐出时间 $\frac{1.5\text{ l}}{0.5\text{ l/s}} = 3\text{ s}$	
	蓄压时间 $120\text{ s} - 3\text{ s} = 117\text{ s}$	
	蓄压流量 $1.5\text{ l} / 117\text{ s} = 0.013\text{ l/s}$	
泵的所需吐出流量	0.013 l/s	0.5 l/s
马达马力	$0.013\text{ l/s} \times 21.0\text{ MPa} = 0.27\text{ kw}$	$0.5\text{ l/s} \times 10.5\text{ MPa} = 5.25\text{ kw}$

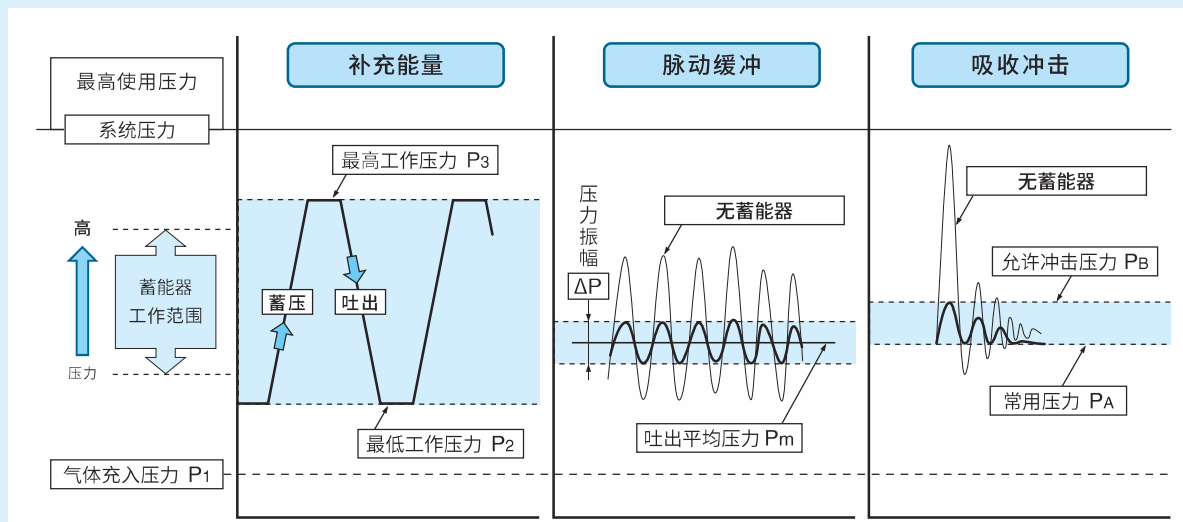
蓄能器的压力相关术语

最高使用压力：蓄能器作为高压气体的压力容器，设计为在规定的压力以下使用。该压力成为最高使用压力。

系统压力：在回路上不可超出的压力。通常为安装在设备及机械上的安全阀的释放压力。

因此，蓄能器的最高使用压力在系统压力以上是选择的第一条件。

各系列型号尺寸表中记载有最高使用压力，请选择合适的型号。



最高工作压力 P_3 ：蓄能器中蓄压时的最高压力。

最低工作压力 P_2 ：从蓄能器吐出液体时的最低压力。

气体充入压力 P_1 ：氮气的充入压力。

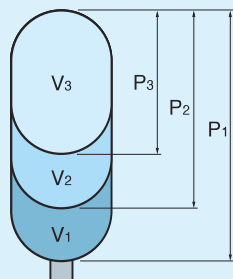
吐出平均压力 P_m ：从泵等吐出的流体的平均压力。

常用压力 P_A ：未发生冲击压力状态时的配管内压力。

允许冲击压力 P_B ：可允许的最高冲击压力。
允许冲击压力越大，可设定的蓄能器容积越小。

基本公式与蓄能器的工作状态

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n = P_3 V_3^n$$



P_1 ：气体充入压力

P_2 ：最低工作压力

P_3 ：最高工作压力

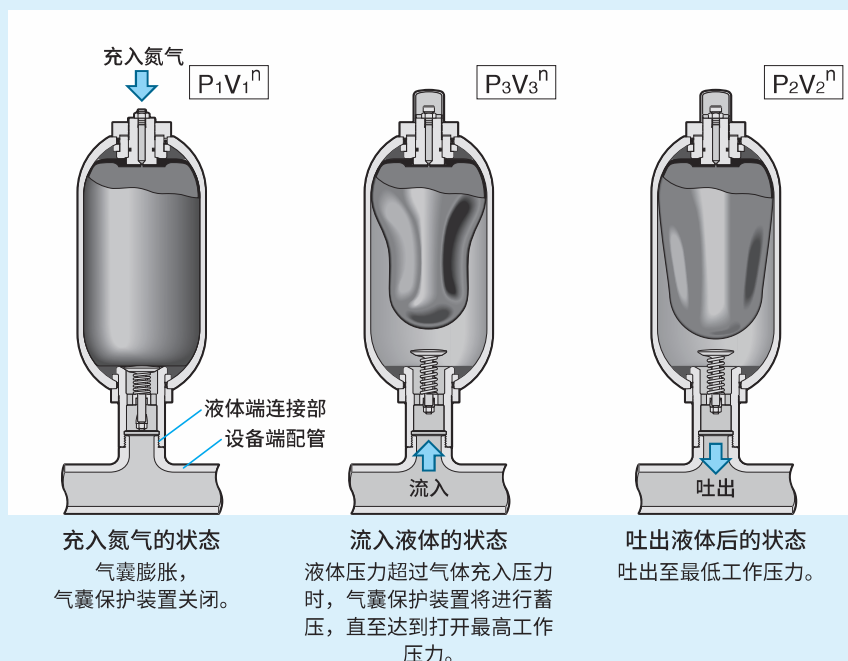
V_1 ： P_1 时的气体容积

V_2 ： P_2 时的气体容积

V_3 ： P_3 时的气体容积

n ：体积压缩指数

(根据气体压力变化时间决定的指数)



① 补充能量

工作断续时（蓄能器有蓄压时间），通过使用蓄能器可减小泵、马达的容量，并可实现节能。

1. 通过使用条件，计算满足目的所需的气体容积（V₁）。

■ 充入气体压力 P₁ 的设定

请从①、②中设定一个。
但需满足 P₁ ≥ (1/最大压缩比) × P₃。（各系列的最大压缩比：参考 10、11 页）

- ① 无温度变化时 P₁ = (0.8~0.9) × P₂
- ② 有温度变化时 $P_1 = \frac{273 + \text{最低温度}(T_{\min})}{273 + \text{最高温度}(T_{\max})} \times (0.8 \sim 0.9) \times P_2$

■ 体积压缩指数 (m, n) 的设定

m, n 可通过以下公式计算，但使用表 -1 可使计算更为简单。
流入时间超过 40s 时，请设为 m = 1。

$$m \text{ 或 } n = \left(\frac{0.63}{\Delta t^{0.5}} + 1.01 \right) (1.94 \times 10^{-2} \times P_m + 1.12)$$

（Δt：流入或吐出时的变化时间 (s)
Δt 不足 10s 时，m, n 请使用表 -1 的数值。）

■ 所需气体容积 (V₁) 的计算

$$V_1 = \Delta V \times \frac{P_2^{\frac{1}{n}} \cdot P_3^{\frac{1}{m}}}{P_1^{\frac{1}{m}} (P_3^{\frac{1}{n}} - P_2^{\frac{1}{n}})}$$

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。
[绝对压力 = 表压 + 0.1013 (MPa)]

符号说明

V₁：所需气体容积 ℓ
ΔV：所需吐出量 ℓ
P₁：充入气体压力 MPa
P₂：最低工作压力 MPa
P₃：最高工作压力 MPa
P_m：平均工作压力 MPa

$$P_m = \frac{(P_2 + P_3)}{2}$$

m：流体流入时的体积压缩指数
n：流体吐出时的体积压缩指数

2. 选择蓄能器的型号。

从各系列中选择所需气体容积 V₁ ≤ 蓄能器的气体容积、系统压力 P_{max} ≤ 最高使用压力、
所需吐出流量 Q_{max} ≤ 最大吐出流量的蓄能器。

表-1 体积压缩指数 (m, n 值) 一览表

Pm (MPa)	Δt (s)	$\frac{m}{n}$	~10以下	10以上 ~20以下	20 ~ 40	流入时间超过 40s 时, m 均为 m = 1						
						40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 400	400 ~ 700	700 以上~
2.0 以下	2.0 以下		1.47	1.34	1.28	1.25	1.24	1.23	1.21	1.19	1.18	1.17
	2.9		1.51	1.37	1.31	1.28	1.27	1.26	1.24	1.22	1.21	1.20
2.9	3.9		1.53	1.39	1.33	1.31	1.29	1.28	1.26	1.24	1.23	1.22
3.9	4.9		1.56	1.41	1.36	1.33	1.31	1.30	1.28	1.26	1.25	1.24
4.9	5.9		1.58	1.44	1.38	1.35	1.33	1.32	1.30	1.28	1.27	1.26
5.9	6.9		1.61	1.46	1.40	1.37	1.35	1.34	1.32	1.30	1.29	1.28
6.9	7.8		1.63	1.48	1.42	1.39	1.37	1.36	1.34	1.32	1.31	1.30
7.8	8.8		1.66	1.50	1.44	1.41	1.39	1.38	1.36	1.34	1.33	1.32
8.8	9.8		1.68	1.53	1.46	1.43	1.41	1.40	1.38	1.36	1.35	1.34
9.8	10.8		1.70	1.55	1.48	1.45	1.43	1.42	1.40	1.38	1.37	1.36
10.8	11.8		1.73	1.57	1.51	1.47	1.45	1.44	1.42	1.40	1.39	1.38
11.8	12.7		1.75	1.59	1.53	1.49	1.47	1.46	1.44	1.42	1.41	1.40
12.7	13.7		1.78	1.61	1.55	1.51	1.49	1.48	1.46	1.44	1.43	1.42
13.7	14.7		1.80	1.64	1.57	1.53	1.51	1.50	1.48	1.46	1.45	1.44
14.7	15.7		1.83	1.66	1.59	1.55	1.54	1.52	1.50	1.48	1.47	1.46
15.7	16.7		1.85	1.68	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52	1.50	1.49	1.48
16.7	17.7		1.88	1.70	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.51	1.50
17.7	18.6		1.90	1.73	1.66	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54	1.53	1.52
18.6	19.6		1.93	1.75	1.68	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56	1.55	1.54
19.6	21.6		1.96	1.78	1.71	1.67	1.65	1.64	1.61	1.59	1.58	1.57
21.6	23.5		2.01	1.83	1.75	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.62	1.61
23.5	25.5		2.06	1.87	1.79	1.75	1.73	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64
25.5	27.5		2.11	1.91	1.84	1.79	1.77	1.76	1.73	1.71	1.70	1.68
27.5	29.4		2.16	1.96	1.88	1.84	1.81	1.80	1.77	1.75	1.75	1.72

■ 计算示例

在最高工作压力 P_3 21.0MPa、最低工作压力 P_2 12.0MPa 的油压线中，选择所需吐出量 ΔV 为 4ℓ 时的蓄能器。

蓄压时间 Δt_m (油流入蓄能器，达到最高工作压力为止的时间) 为 41s，

吐出时间 Δt_n (油从蓄能器吐出，达到最低工作压力为止的时间) 为 10s。使用温度为 $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ 。

67 页 ① 补充能量用蓄能器 使用容积计算表后将变为如下所示。

容积计算表

① 补充能量用蓄能器

请填写在大框内。存在不明之处时敬请咨询最近的营业窗口。

(本公司填写栏)

日期

部门、担当

设备机械名、安装部位

使用条件的设定

使用流体		一般矿物油类液压油			
温度条件	液体温度	~	°C	常用温度	°C
	环境温度	-10	~	60	°C
系统压力	P_{max}	22.0	MPa	在回路的蓄能器上不可施加高于此压力的压力。安装在通常设备、机械上的安全阀的释放压力。	
最高工作压力	P_3	21.0	MPa	执行器中对液体进行蓄压时的最高压力	
最低工作压力	P_2	12.0	MPa	从执行器吐出液体时的最低压力	
平均工作压力	P_m	16.5	MPa	$P_m = (P_3 + P_2) / 2$	
所需吐出量	ΔV	4	ℓ	要使其动作的活塞(执行器)的全液量	
蓄压时间	Δt_m	41	s	以 ΔV 向执行器内蓄压的时间	
吐出时间	Δt_n	10	s	以 ΔV 从执行器内吐出的时间	

计算必要气体容积 V_1

当使用压力低于1MPa时，请换算成绝对压力进行计算。[绝对压力 = 表压 + 0.1013]

■ 设定充入气体压力 P_1 请从 ①、② 中设定一个。需满足 $P_1 \geq (1/\text{最大压缩比}) \times P_3$ 。(各系列的最大压缩比：参考 P.10,11)

① 无温度变化时 $P_1 = (0.8 \sim 0.9) \times P_2 = 0.85 \times \quad = \quad \text{MPa}$

② 有温度变化时 $P_1 = \frac{273 + T_{min}}{273 + T_{max}} \times (0.8 \sim 0.9) \times P_2 = \frac{273 + (-10)}{273 + 60} \times 0.85 \times 12.0 = 8.06 \text{ MPa}$

■ 设定体积压缩指数

请通过 P.58 页 【体积压缩指数一览表】 进行设定。

蓄压时 m P_m 16.5 , Δt_m 41 ; 1

吐出时 n P_m 16.5 , Δt_n 10 ; 1.68

■ 计算蓄能器所需气体容积： V_1

$$V_1 = \Delta V \times \frac{P_2^{\frac{1}{n}} \cdot P_3^{\frac{1}{m}}}{P_1^{\frac{1}{m}} \left(P_3^{\frac{1}{n}} - P_2^{\frac{1}{n}} \right)} = 4 \times \frac{12.0^{\frac{1}{1.68}} \times 21.0^{\frac{1}{1}}}{8.06^{\frac{1}{1}} \times (21.0^{\frac{1}{1.68}} - 12.0^{\frac{1}{1.68}})} = 26.4 \text{ ℓ}$$

确认所需吐出流量 Q_{max}

$Q_{max} = \Delta V \times 60 / \Delta t_n = 4 \times 60 \div 10 = 24 \text{ ℓ/min}$

选择 NOK 蓄能器型号

请从 P.12~31 页中记载的各系列中选择 “ $V_1 \leq$ 蓄能器气体容积” 的型号。

所需吐出流量 Q_{max} 请选择不超出最大吐出流量的蓄能器。
超过 10 ℓ, 从气体端更换气袋时, 请选择 AT 系列。

- 根据 P_{max} 、 V_1 、 Q_{max} 将系列 AT 系列 选择为
- 根据使用流体、温度将橡胶材质 标准 NBR (丁腈橡胶) 设定为
- 根据使用流体将接液规格 标准规格 设定为

【选择的蓄能器型号】
【气体容积】

AT25M-30-30/□□
34 ℓ

所需根数 (V_1 : 26.4 ℓ ÷ 蓄能器的气体容积; 34 ℓ/根) [小数点后的数字进位] = 1 根

确认选择的蓄能器的吐出量 ΔV_u

$$\Delta V_u = \text{气体容积} \times \frac{P_1^{\frac{1}{m}} \left(P_3^{\frac{1}{n}} - P_2^{\frac{1}{n}} \right)}{P_2^{\frac{1}{n}} \cdot P_3^{\frac{1}{m}}} = 34 \times \frac{8.06^{\frac{1}{1}} \times (21.0^{\frac{1}{1.68}} - 12.0^{\frac{1}{1.68}})}{12.0^{\frac{1}{1.68}} \times 21.0^{\frac{1}{1}}} = 5.16 \text{ ℓ}$$

($\Delta V_u \geq \Delta V$)

使用与选择

59

② 脉动缓冲

通过使用蓄能器可减小泵产生的脉动，从而可降低噪音、振动，实现稳定工作。

1. 通过使用条件，计算满足目的所需的气体容积 (V₁)。

■通过泵种类设定常数 K₁

→通过右表进行设定。

■充入气体压力 P₁ 的设定

请从①、②中设定一个。

① 无温度变化时 $P_1 = (0.6 \sim 0.8) \times P_m$

② 有温度变化时 $P_1 = \frac{273 + \text{最低温度 (Tmin)}}{273 + \text{最高温度 (Tmax)}} \times (0.6 \sim 0.8) \times P_m$

■体积压缩指数 n 的设定

n = 1.41 进行计算。

■泵每次旋转的吐出量 q 的计算

$q = \frac{\text{泵吐出量 (ℓ/min)}}{\text{泵转速 (rpm)}}$

■目标最大管线压力 P₃ 的设定

$P_3 = P_m + \frac{\Delta P}{2}$

$P_3 = \left(1 + \frac{\text{目标脉动率}}{100}\right) \times P_m$

ΔP : 有蓄能器时的压力振幅

$\text{脉动率} = \frac{P_3 - P_m}{P_m} \times 100 (\%)$

■所需气体容积 (V₁) 的计算

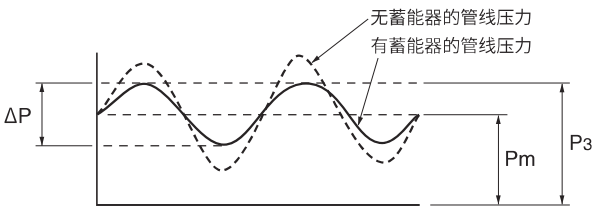
$$V_1 = \frac{q \cdot K_1 \cdot \left(\frac{P_m}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}}}{1 - \left(\frac{P_m}{P_3}\right)^{\frac{1}{n}}}$$

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。

[绝对压力 = 表压 + 0.1013 (MPa)]

各泵类型的 K₁

泵种类		K ₁	
		单 动	复 动
柱塞膜片	1 连	0.60	0.25
	2 连	0.25	0.15
	3 连	0.13	0.06
	4 连	0.10	0.06
	5 连	0.06	0.02
	6 连	0.06	
	7 连以上	0.02	
齿轮叶片		0.06	



符号说明

- V₁ : 所需气体容积 ℓ
- P₁ : 充入气体压力 MPa
- P_m : 吐出平均压力 MPa
- P₃ : 目标最大管线压力 MPa
- q : 泵每次旋转的吐出量 ℓ/转
- K₁ : 泵种类决定的常数
- n : 体积压缩指数 1.41 (氮气)

2. 选择蓄能器的型号。

从各系列中选择所需气体容积 V₁ ≤ 蓄能器的气体容积、系统压力 P_{max} ≤ 最高使用压力、所需吐出流量 Q_{max} ≤ 最大吐出流量 的蓄能器。

高周期脉动吸收以及，考虑了管理条件的脉动吸收方面，为了更有效地发挥蓄能器效果，若得知使用压力条件、发生脉动振动数、流体配管条件便可进行选择，敬请咨询最近的营业窗口。

■ 计算示例

选择用于减小因下述泵所产生脉动的蓄能器。

泵类型：三连单动柱塞泵
吐出平均压力 Pm：17.0 MPa
泵吐出量：750 ℓ/min
目标脉动率：± 3%
泵转速：1000 rpm

68 页 ② 脉动缓冲用蓄能器 使用容积计算表后将变为如下所示。

容积计算表

②脉动缓冲用蓄能器

设备机械名、安装部位

使用条件的设定

使用流体	一般矿物油类液压油			
温度条件	液体温度	~	℃ 常用温度	
	环境温度	~	℃ 常用温度 常温	
系统压力	Pmax	20.0 MPa	在回路的蓄能器上不可施加高于此压力的压力。 安装在通常设备、机械上的安全阀的释放压力。	
吐出平均压力	Pm	17.0 MPa	从泵等吐出的流体的平均压力。	
目标脉动率		± 3 %		
泵种类	☒ 柱塞	连 数	3 连	☒ 单动
	☐ 膜片			☐ 复动
	☐ 齿轮	齿 数	片	
	☐ 叶片	叶 片 数	片	
	☐ 其他			
泵规格	吐出量	750 ℓ/min		
	转速	1000 rpm		

【各泵种类的常数 K1】

柱塞膜片	1连	0.60	0.25
	2连	0.25	0.15
	3连	0.13	0.06
	4连	0.10	0.06
	5连	0.06	0.02
	6连		0.06
	7连以上		0.02
齿轮叶片		0.06	

计算必要气体容积 V1

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。 [绝对压力=表压+0.1013]

■通过泵形式设定常数 K1

请通过上述【各泵的常数 K1】表进行设定。

0.13

■设定充入气体压力 P1

请从 ①, ② 中设定一个。需满足 P1 ≥ (1/最大压缩比) × P3s (各系列的最大压缩比: 参考 P.10,11)

①无温度变化时

$P_1 = (0.6 \sim 0.8) \times P_m$

$= 0.7 \times 17.0 = 11.9 \text{ MPa}$

②有温度变化时

$P_1 = \frac{273 + T_{min}}{273 + T_{max}} \times (0.6 \sim 0.8) \times P_m$

$= \frac{273 + }{273 + } \times 0.7 \times = \text{MPa}$

■计算泵旋转一圈的吐出量 q

$q = \text{吐出量} / \text{转速}$

$750 \div 1000 = 0.75 \text{ ℓ/转}$

■体积压缩指数 n 的设定

请以 n = 1.41 进行计算。(氮气)

■计算目标最大管线压力 P3

$P_3 = (1 + \text{脉动率}/100) \times P_m$

$(1 + 3 / 100) \times 17.0 = 17.51 \text{ MPa}$

■计算蓄能器所需气体容积: V1

$$V_1 = \frac{q \cdot K_1 \cdot \left(\frac{P_m}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}}}{1 - \left(\frac{P_m}{P_3}\right)^{\frac{1}{n}}}$$

$$= \frac{0.75 \times 0.13 \times \left(\frac{17.0}{11.9}\right)^{\frac{1}{1.41}}}{1 - \left(\frac{17.0}{17.51}\right)^{\frac{1}{1.41}}} = 6.05 \text{ ℓ}$$

选择 NOK 蓄能器型号

请从 P.12~31 页中记载的各系列中、请选择“V1 ≤ 能器气体容积”的型号。

超过 10ℓ, 从气体端更换气囊时, 请选择 AT 系列。

根据 Pmax、V1 将系列

AT 系列

选择为

根据使用流体、温度将橡胶材质

标准 NBR (丁腈橡胶)

设定为

根据使用流体将接液规格

标准规格

设定为

请设定液体端接口、气体端规格。

【选择的蓄能器型号】

AT25M-10-30/□□

【气体容积】

10 ℓ

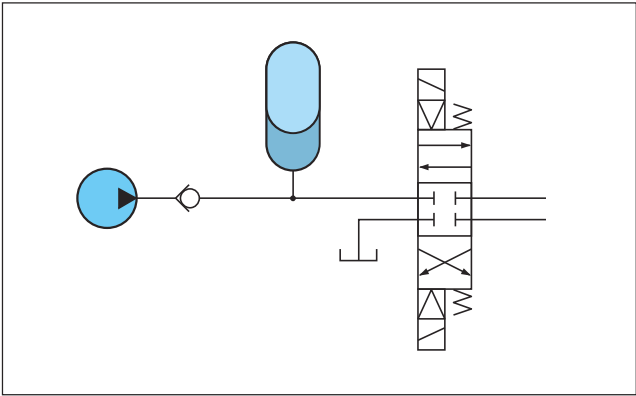
所需根数 (V1: 6.05 ℓ ÷ 蓄能器的气体容积; 10 ℓ/根) [小数点后的数字进位] = 1 根

③ 吸收冲击

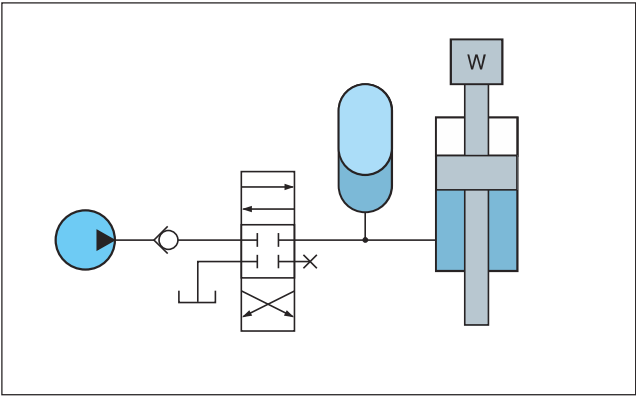
通过使用蓄能器，可缓解因突然关闭阀门或因负荷急剧变化导致的冲击压力，从而可防止设备破损。

吸收冲击示例

a. 切换电磁阀时冲击缓冲



b. 压缩突然停止时的冲击缓冲



1. 通过使用条件，计算满足目的所需的气体容积 (V₁)。

■充入气体压力 P₁ 的设定

请从①、②中设定一个。
但需满足 P₁ ≥ (1/最大压缩比) × P₃。(各系列的最大压缩比：参考 10、11 页)

- ① 无温度变化时 P₁ = (0.8~0.9) × P_A
- ② 有温度变化时 P₁ = $\frac{273 + \text{最低温度 (Tmin)}}{273 + \text{最高温度 (Tmax)}} \times (0.8 \sim 0.9) \times P_A$

■允许冲击压力 P_B 的设定

通常为常用压力 P_A 的 110%。P_B = 1.1 × P_A

■体积压缩指数 n 的设定

n = 1.41 进行计算。

■所需气体容积 (V₁) 的计算

$$V_1 = V \times \frac{P_A}{P_1}$$

常用压力 P_A 时的气体容积 V

$$V = \frac{W \cdot v^2 \cdot (n - 1)}{2000 \cdot P_A \cdot \left(\left(\frac{P_B}{P_A} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)}$$

本公式可计算最大限度运用蓄能器吸收冲击时的容积。
实际上会因为配管阻力原因，
即使低于该容积的情况下，效果也不会变化。

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。
[绝对压力=表压 + 0.1013 (MPa)]

符号说明

V ₁ ：所需气体容积	ℓ
V：P _A 时的气体容积	ℓ
P ₁ ：充入气体压力	MPa
P _A ：常用压力	MPa
P _B ：允许冲击压力	MPa
n：体积压缩指数	1.41 (氮气)
ρ：流体的密度	kg/m³
d：配管直径 (内径)	mm
L：配管全长	m
Q：流体的流量	ℓ/min
v：流体的流速	m/s
W：流体的重量	kg

2. 选择蓄能器的型号。

从各系列中，通过所需气体容积 V₁ ≤ 气体容积，选择最高使用压力超过系统压力的蓄能器。

■ 计算示例

液压管线中，选择蓄能器用以缓冲通过电磁阀进行方向切换时发生的冲击。

配管直径 d : 3/4B 表 160 (内径 16.2mm)

配管长度 L : 15 m

常用压力 P_A : 11.0 MPa

流量 Q : 250 ℓ/min

流体密度 ρ : 900 kg/m³

69 页 ③ 吸收冲击用蓄能器 使用容积计算表后将变为如下所示。

容积计算表

请填写在大框内。存在不明之处时敬请咨询最近的营业窗口。

(本公司填写栏)

③ 吸收冲击用蓄能器

设备机械名、安装部位

日期

部门、担当

使用条件的设定

使用流体		一般矿物油类液压油			
温度条件	液体温度	~	°C	常用温度	°C
	环境温度	~	°C	常用温度	常温 °C
系统压力	P_{max}	14.0	MPa	在回路的蓄能器上不可施加高于此压力的压力。安装在通常设备、机械上的安全阀的释放压力。	
常用压力	P_A	11.0	MPa	未发生冲击压力状态时的配管内压力。	
允许冲击压力	P_B	12.1	MPa	可允许的最高冲击压力。越高，可设定的蓄能器容积越小。通常情况下为常用压力的 110%。($P_B = 11.0 \times 1.1 = 12.1 \text{ MPa}$)	
流体密度	ρ	900	kg/m ³	请注意单位。水为 [1000]。	
配管直径 (内径)	d	16.2	mm		
配管长度	L	15	m		
流量	Q	250	ℓ/min		
流速	v	—	m/s	填写有“配管直径”与“流量”时不需要进行填写。	

计算必要气体容积 V_1

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。 [绝对压力 = 表压 + 0.1013]

■ 计算管线中的流体质量 W $W = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot L \cdot \rho \cdot 10^{-6} = \frac{\pi}{4} \times 16.2^2 \times 15 \times 900 \times 10^{-6} = 2.78 \text{ kg}$

■ 计算流速 v $v = 21.23 \times Q / d^2 = 21.23 \times 250 \div 16.2^2 = 20.22 \text{ m/s}$

■ 设定充入气体压力 P_1 请从 ①、② 中设定一个。需满足 $P_1 \geq (1/\text{最大压缩比}) \times P_3$ 。(各系列的最大压缩比：参考 P.10, 11)

① 无温度变化时 $P_1 = (0.8 \sim 0.9) \times P_A = 0.9 \times 11.0 = 9.9 \text{ MPa}$

② 有温度变化时 $P_1 = \frac{273 + T_{min}}{273 + T_{max}} \times (0.8 \sim 0.9) \times P_A = \frac{273 +}{273 +} \times 0.9 \times = \text{MPa}$

■ 体积压缩指数 n 的设定 请以 $n = 1.41$ 进行计算。(氮气)

■ 计算允许最大冲击压力 P_B $P_B = 1.1 \times P_A = 1.1 \times 11.0 = 12.1 \text{ MPa}$

■ 计算压力为 P_A 时的蓄能器气体容积 V_A

$$V_A = \frac{W \cdot v^2 \cdot (n - 1)}{2000 \cdot P_A \times \left(\left(\frac{P_B}{P_A} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)} = \frac{2.78 \times 20.22^2 \times (1.41 - 1)}{2000 \times 11.0 \times \left(\left(\frac{12.1}{11.0} \right)^{\frac{1.41-1}{1.41}} - 1 \right)} = 0.75 \text{ ℓ}$$

■ 计算蓄能器所需气体容积： V_1 $V_1 = V_A \times \frac{P_A}{P_1} = 0.75 \times \frac{11.0}{9.9} = 0.84 \text{ ℓ}$

选择 NOK 蓄能器型号

请从 P.12~31 页中记载的各系列中选择“ $V_1 \leq$ 蓄能器气体容积”的型号。

为 1ℓ 时，请选择 MC 系列或 AL 系列。

• 根据 P_{max} , V_1 将系列、

MC 系列

选择为

• 根据使用流体、温度将橡胶材质、

标准 NBR (丁腈橡胶)

设定为

• 根据使用流体将接液规格、

标准规格

设定为

• 请设定液体端接口、气体端规格。

【选择的蓄能器型号】

MC210-1000-30/□□

【气体容积】

0.98 ℓ

所需根数 (V_1 : 0.84 ℓ ÷ 蓄能器的气体容积 ; 0.98 ℓ/根) [小数点后的数字进位] = 1 根

④ 导热性膨胀补充

充满液体的配管成为闭路时，若对其进行加热，则液体及配管均会膨胀。
几乎所有的液体热膨胀系数都会大幅高于配管材料的热膨胀系数，超过因热量导致的配管膨胀量的液体膨胀量使系统（配管）内的压力上升。
系统内的压力上升会超过设计极限，从而可能导致在系统中使用的设备等发生损坏。
在这类系统中需要热膨胀补偿器，而蓄能器便可发挥该效果。

1. 通过使用条件，计算满足目的所需的气体容积（V₁）。

■ 充入气体压力 P₁ 的设定

但需满足 $P_1 \geq (1/\text{最大压缩比}) \times P_3$ 。（各系列的最大压缩比：参考 10、11 页）

$$P_1 = \frac{273 + \text{最低温度 (Tmin)}}{273 + \text{最高温度 (Tmax)}} \times (0.8 \sim 0.9) \times P_2$$

■ 允许压力 P₃ 的设定

（系统温度上升 t₂ 时的压力）

■ 所需气体容积（V₁）的计算

$$V_1 = \frac{V_a (t_2 - t_1) (\beta - 3\alpha) (P_2/P_1)}{1 - (P_2/P_3)}$$

当使用压力低于 1MPa 时，请换算成绝对压力进行计算。
[绝对压力 = 表压 + 0.1013 (MPa)]

符号说明

V ₁ ：所需气体容积	ℓ
V _a ：管道中的液体总量 (t ₁ 时)	ℓ
P ₁ ：充入气体压力	MPa
P ₂ ：温度 t ₁ 时的系统压力	MPa
P ₃ ：温度 t ₂ 时的系统压力	MPa
t ₁ ：系统的最初温度	°C
t ₂ ：系统的上升后温度	°C
α：配管材料的线膨胀系数	1/°C
β：液体的体积膨胀系数	1/°C

2. 选择蓄能器的型号。

从各系列中，通过所需气体容积 $V_1 \leq$ 气体容积，选择最高使用压力超过系统压力的蓄能器。

■ 计算示例

在呈闭路状态，φ125（表 40），长度为 16 m 的钢管中，选择所需的蓄能器，使其在 20°C 时从 0.07 MPa 上升，并在 55°C 时控制在 0.4 MPa。

$$P_1 = P_2 \times 0.85 = (0.07 + 0.1013) \times 0.85 = 0.1456 \text{ MPa abs}$$

abs：绝对压力

$$P_2 = 0.07 + 0.1013 = 0.1713 \text{ MPa abs}$$

$$P_3 = 0.4 + 0.1013 = 0.5013 \text{ MPa abs}$$

$$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C (钢)}$$

$$\beta = 7.5 \times 10^{-4} \text{ } 1/^\circ\text{C (一般矿物油类工作油)}$$

$$V_a = 125.88 \times 1600 = 201408 \text{ cm}^3 = 201.41 \text{ } \ell$$

$$V_1 = \frac{201.41 \times (55 - 20) \times (7.5 \times 10^{-4} - 3 \times 10 \times 10^{-6}) \times (0.1713/0.1456)}{1 - (0.1713/0.5013)} = 9.06 \text{ } \ell$$

φ125（表 40）钢管的内径面积

钢管外径：139.8mm 厚度：6.6mm

$$\text{面积} = \pi/4 \times (13.98 - 0.66 \times 2)^2 = 125.88 \text{ cm}^2$$

综上所述，可选择 1 根 AT18M-10-30（气体容积：10ℓ）。