

# Idraulica

专用技术信息期刊

55

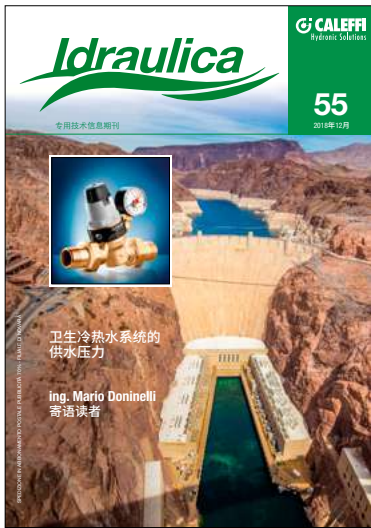
2018年12月



卫生冷热水系统的  
供水压力

ing. Mario Doninelli  
寄语读者





主编:

Mattia Tomasoni

责任编辑:

Fabrizio Guidetti

本期参与编辑者:

- Claudio Ardizzoia
- Elia Cremona
- Alessandro Crimella
- Mario Doninelli
- Domenico Mazzetti
- Renzo Planca
- Alessia Soldarini

Idraulica

于1991年9月28日注册于Novara 法院

注册号: 26/91

出版社:

Centrostampa S.r.l. Novara

印刷:

Centrostampa S.r.l. Novara

Idraulica Caleffi 版权。

未经许可不得复制或转载。

所有文章均为自由翻译。

此刊物为公司内部技术交流资料; 卡莱菲公司保留对此资料进行解释或更改的权利。

**CALEFFI S.P.A.**

S.R. 229, N. 25

28010 Fontaneto d'Agogna (NO)

TEL. 0322-8491 FAX 0322-863305

info@caleffi.com www.caleffi.com

卡莱菲北京办事处

地址: 北京朝阳区广渠东路1号

邮编: 100124

Tel: 010 - 8771 0178

Fax: 010 - 8771 0180

# 目 录

3 ING. MARIO DONINELLI寄语读者

6 卫生冷热水系统的供水压力

7 历史回顾

8 供水压力最佳范围

9 增压系统

11 空气式定压罐

14 隔膜式定压罐

16 定压罐设计选型的深入探讨

18 变频增压供水设备

19 减压系统

19 膜片式减压阀

20 活塞式减压阀

21 先导式减压阀

22 主要技术参数

24 设计选型

25 减压比与气蚀的关系

26 安装方式

26 并联安装减压阀

28 串联式减压阀

29 减压阀下游超压保护

30 供水系统流量过低

30 简化分析法

31 图示法

32 循环系统与减压阀

33 安装示意图

33 家庭应用

34 多层建筑

38 生活热水供应

42 节水

46 冷水减压阀

47 冷热水减压阀

48 高压减压阀 (PN 40)

49 法兰式减压阀

49 先导式减压稳压阀

50 专用减压阀

51 辅助设计软件

## ing. Mario Doninelli 寄语读者

最后一次执笔，我想讲述一下《水力杂志》的由来以及塑造它形成自己特色的一些重大选择。

我脑海中首先浮现出的是，三十多年前卡莱菲创始人 Francesco Caleffi 总裁向我提出的一个问题：“作为企业家，我要怎么做才能帮到设计师和安装人员，也就是我的那些外部合作伙伴？”。

后来我又与总裁碰面商谈多次，我们一起努力想要得到一个清晰明确而行之有效的答案。

最后，在1988年3月，应总裁的要求，我撰写了一份简要报告，整理并概括出我们的各种思路与想法：报告主要分为三部分。

第一部分陈述了一些理由，说明经过专门研究制订出的技术资料不仅对设计师和安装人员有助益，而且对教学培训也有帮助。

实际上，它有助于设计师和安装人员更好地了解

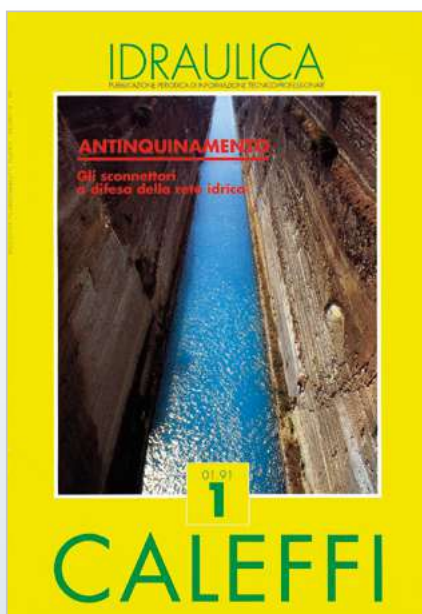
工程技术的不断演变：这就要求知识面越来越宽广，工作越来越专业化。与此同时，教学上有助于拉近理论教学与实际操作之间普遍存在的差距。

第二部分研究探讨了以手册和杂志形式编纂新技术资料的可取性。

手册（后来定名为卡莱菲笔记）的任务是阐述热力技术的基本规律和原则，形成基础理论支撑，作为参考。

而杂志（后来定名为《水力杂志》）的职能是跟踪水暖市场的发展，特别是由追求更高热舒适度的需求以及出于经济和环保考虑大幅降低化石燃料消耗的需要给市场带来的变化。

最后，也就是第三部分，是各种规定、指导方针。其目的是确保遵守基本目标，保证出版物适当的质量水平。



## 指导方针

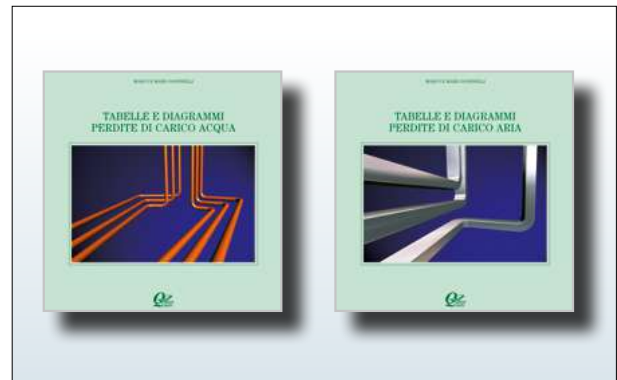
- 选择普遍感兴趣的话题和观点，而不是局限于推介和一味地宣传自身产品。
- 所选话题的展开仅面向具有理论知识和实际操作经验的人士，以便于在行业内直接实践应用。
- 始终考虑到出版物的真正价值在于为读者提供有质量的信息，而不是追求篇幅数量。
- 深入问题本质，不回避困难，这既是对读者负责，也是为了找到令人信服和行之有效的答案。
- 用平铺直叙、简单易懂的语言，避免使用无谓的英文词语。
- 煞费苦心地制作图形、曲线和表格，以方便阅读，防止出错。
- 为了更好地澄清文字内容所要表达的意思，通常还附上图纸。

我们一直认为或者说希望，这些作法可以帮助我们的读者明白，为了他们，我们干工作不惜时、不怕累，避免老生常谈和罗列一些陈词滥调：也就是说，不走捷径、不投机取巧。

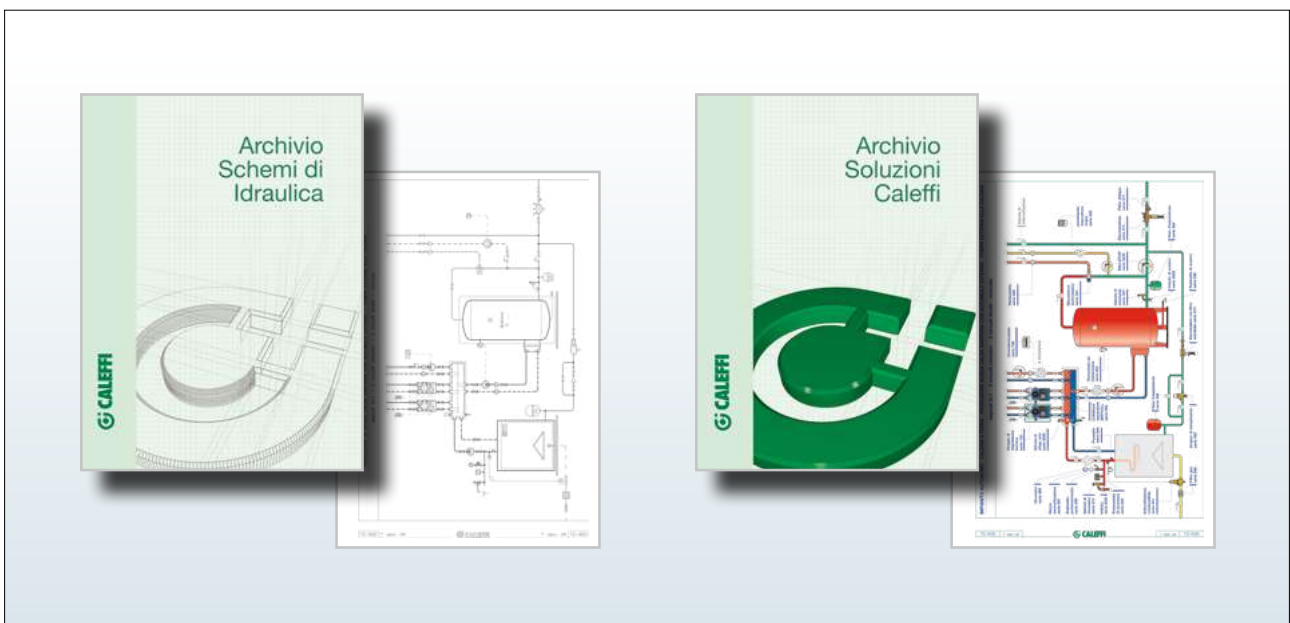
另一方面，我们还深知，要想获得与我们付出的心血相匹配的足够关注度和兴趣并非易事，更何况我们所在的领域中，技术资料与信息已经足够丰富多样了。

正是基于以上思路、观点和疑虑，前总裁遂决定出版了第一本卡莱菲笔记和最初几期《水力杂志》。在获得非常积极的反馈基础上，随后又决定完成整套笔记系列和继续出版《水力杂志》。

正是有这样的率先垂范，才又出版了三类文件：第一类包括确定输水管道和空气管道的压损公式、表格和图表；第二、第三类文件则是包括由《水力杂志》和卡莱菲笔记中提取的功能图示和系统解决方案图。



旁边的方框中简要回顾了《水力杂志》上论述过的主要议题。



## 论述过的主要话题

### • 散热器系统

《水力杂志》首期上探讨这个话题是在1996年1月。目的是消除当时对这一系统普遍存在的担心与疑虑。后来，又在其它几期上研究了相关的设计、实现和调节问题。

### • 生活冷热水系统

第14（1998年1月）和50（2016年6月）期《水力杂志》阐述了这一主题，两期杂志都重点关注于设计流量的计算。事实上，错误的流量计算会给设计选型和供水系统以及储水系统、热水的生产和增压造成严重失误。

### • 可替换能源

从第29期（2005年12月）开始，我们的《水力杂志》分几期探讨了此类能源，不仅谈到此类能源的巨大优势，也谈及了如果得不到恰当利用可能带来的诸多不便和危险：比如（地源热泵）含水层可能受到的污染问题。

### • 系统的平衡

考虑到这一主题的重要性，我们分几期进行探讨，首先研究了传统定流量系统的平衡，然后（随着恒温阀的流行）是更为复杂的系统，特别是系统的变流量升级改造工程。

### • 既有系统的升级改造

近年来，我们经常要面对的是与此类工程相关的重大方面（规范、技术和操作），因为如果处理得当，可以明显改善环境舒适度和大幅降低能耗。

### • 其它主题

主要包括：（1）生活冷热水系统中军团菌可能引起的严重疾病以及烫伤危险；（2）消除系统中的气泡和微气泡；（3）水的清洁与处理，尤其是带恒温阀和高效循环泵的系统对此有特别要求；（4）直接与间接热计量。

从所探讨的内容中可以看出，《水力杂志》从来都不是一份传统意义上的技术杂志，而是专注于践行创始人的理念，即“帮助设计师和安装人员”。我始终坚守着这一理念，从未擅自改弦更张：另外，我始终认同并欣赏这一理念，它简单明了，也是因为我深知多年前说过此话并付诸实践的人他的人格和行事方式。

我回想起了他（Caleffi Francesco总裁）伟大的人格魅力和企业家天赋：他重视、尊重合作伙伴，他精力充沛、积极热情，总能切中要害；他踏踏实实，不喜欢哗众取宠；勇于迎接新挑战；善于领悟和热爱所从事工作的意义；他为人慷慨而心地善良。

就让这段回忆成为我向读者问候的结语。

最后，我想向现任总裁Marco和整个卡莱菲家族表达我的感激之情，感谢他们一直以来给予我的信任、支持，对我的情谊，成就了我人生中最美好的华章。

我还要感谢《水力杂志》的读者并向他们致敬，他们的态度和评价对我们既是鼓励也有启发和指导作用。而那些身为同行的设计师和安装人员则是我们行业内无可替代的导师，祝他们工作顺利！我一直将工作视为一种光荣，也是因为不断与实践相结合有助于我们成长、成熟：失败比成功更能促使人进步。

感谢卡莱菲的同事和技术人员，特别是Fabrizio Guidetti和Renzo Planca，他们在杂志制图和照片选择以及图纸、图表的设计上给予了大力的帮助。

还要感谢Marco Doninelli在所阐述的主题方面深厚的理论与实际知识，从1997年1月以来我所撰写的所有文章都得到了他的帮助。

*Mario Doninelli*



# 卫生冷热水系统的供水压力

Ing. Mattia Tomasoni e Alessia Soldarini

卫生冷热水系统要保证每个用水点（洗脸池、淋浴等）都有合适压力和流量的冷热水供应。这些系统的正确设计经过几个不同阶段，如具体需求评估、管网的设计选型、压力控制与调节。

在本期《水力杂志》中，我们主要要针对最后一个方面展开详细阐述，分析不同细节的重要含义。

首先讲一下压力不足时用于提高压力的方法。为达此目的，一般使用专门的系统，即所谓的增压系统，我们会探讨关于它们的性能和正确选型所用到的主要参数。

然后，我们将重点讲述与之相反的情况，即压力过大时，此时很容易导致运行故障、噪音和用水浪费。

这种情况下，需要使用减压阀，以适当调节和

稳定生活冷热水系统压力。我们重点从系统运行角度来讲它们的主要性能，以及讲述不同配置情况下正确安装所需的技术参数。

本期的最后，我们将给出适用于不同建筑类型的几种安装图示，着重强调能确保正确运行的一些设计选择。

最后，我们将谈谈节水的话题，这个话题越来越具有现实意义，而且与自然资源的保护和节能愿景息息相关。

为此，我们将通过几个例子阐述因系统内部压力调节不当所导致的用水浪费情况。



## 历史回顾

自古以来，人类就体验到将水从一处运送到另一处的必要性，特别是从河流、溪流或地下取水，自用灌溉农田或喂饮动物。

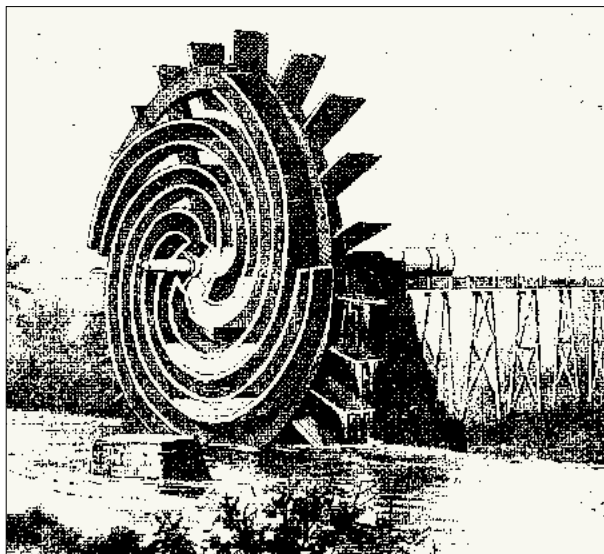
所以，人类很早就发明了各种装置和系统从低处取水运到高处加以利用。

在漫长的时间跨度中，从公元前三千年起一直到工业革命，取水系统越来越精巧。

人类最早的原始装置由横杆、桶和配重（一般用石块）组成。例如“汲水吊杆”，公元前三千年前美索不达米亚人用它灌溉，公元前两千年前古埃及人用它从河湖中提水至高处的水渠中。这可能是已知的最古老装置之一，借助重物和杠杆原理，一个人就可以把大量水运至高处。

时至今日，在一些第三世界国家，还有人使用绳索系着木桶或陶器汲水。

后来，这些装置被改造成更为精巧的器械和装置，先是由畜力驱动，后来利用自然力如水流、风力或潮汐。



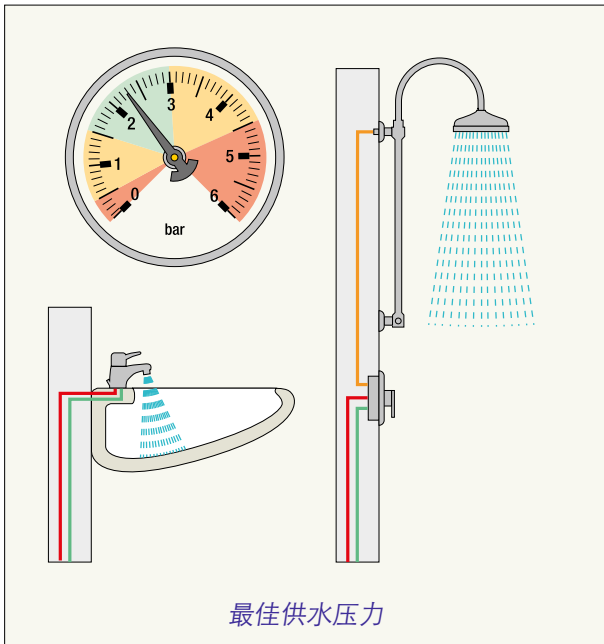
随着时间的推移，有了轮子、齿轮、滑轮和小齿轮，机械装置变得越来越复杂，只需想想达芬奇的作品便可知晓了。

发展到今天，已经有了先进的增压系统和电子设备，不过在一些发展中国家，仍然延用着轮子、杠杆或螺旋装置。

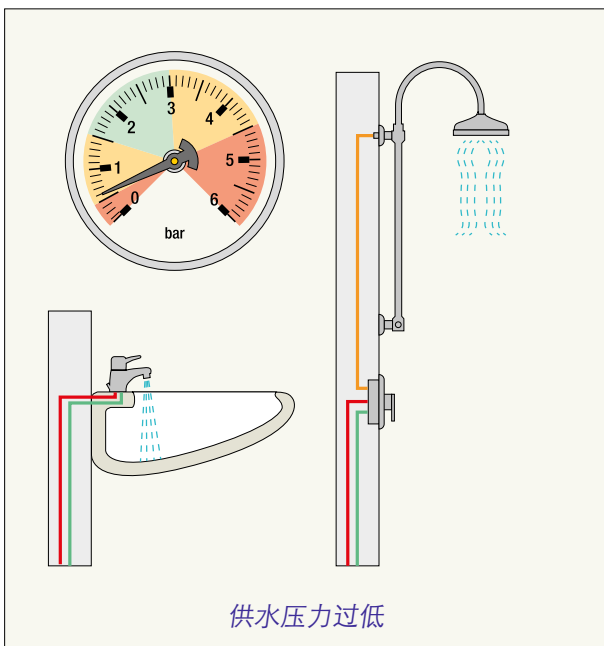


## 供水压力最佳范围

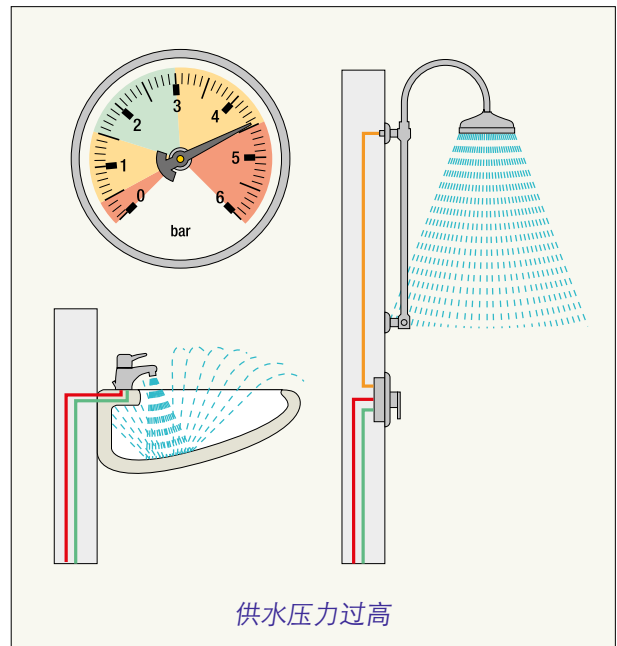
用水管网的正确选型要保证每个用水点所需的额定流量，而不受其它用水量或运行状态变化的影响。正是基于这一原因，最好保持每个供水点的压力在1.5到3 bar之间。



如果供水压力过低，每个用户所需的流量便无法得到保障。



反之，如果供水压力过高，就会产生噪音，用水设备和供水管网会受到磨损甚至破坏。



为了保证给用户正确供水，生活用水系统的设计选型要确保每个用水点的设计压力与流量。

## 设计压力

是每个用户入户所需的最低工作压力，也是供水管道的设计选型依据。

另外，选型要考虑到自来水市政管网的压力以及供水系统的类型与规模大小。

因此：

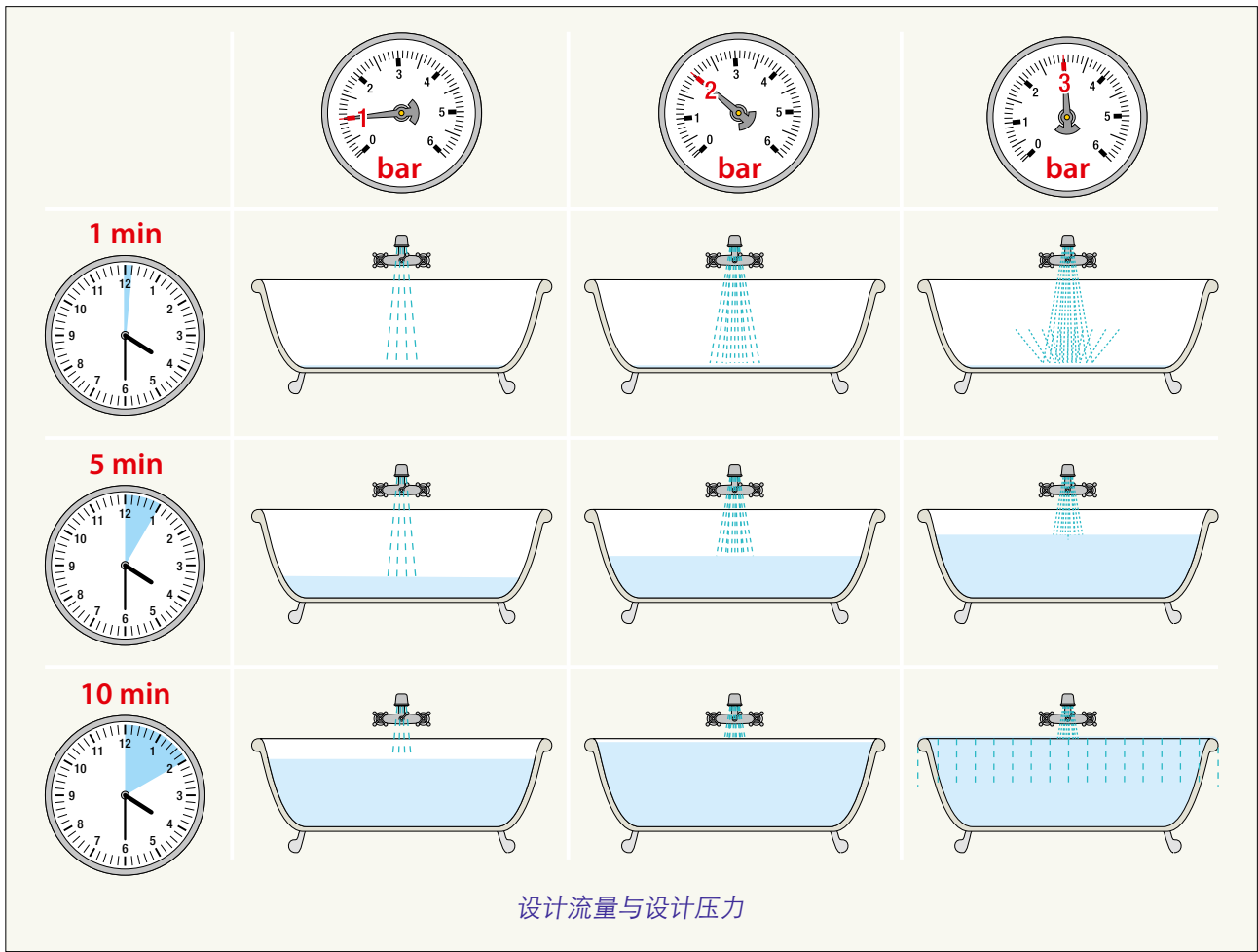
- 如果自来水压无法使用户获得设计压力，那就要用到增压系统“加大”压力值；
- 反之，如果自来水压过高，就要安装适当的装置比如减压阀，使压力回到设计值。

## 设计流量

生活用水系统设计选型中要考虑的流量指的是设计流量，与总流量并不相同，因为所有用水点同时用水的概率很低。

实际上，总流量是各单一设备的额定流量之和，而设计流量则是要通过适当的缩减系数计算出来的。该系数是考虑到用户同时用水的概率因素。





## 增压系统

增压系统（或增压设备）的任务是：

- 将压力加大到一定值，以保证向每个用户正常供水；
- 随用水要求的变化保证用户的正确流量。

一般而言，此类系统用于以下情况：

- 自来水管网压力不足时；
- 需要由储水罐供水时；
- 抽取井水。

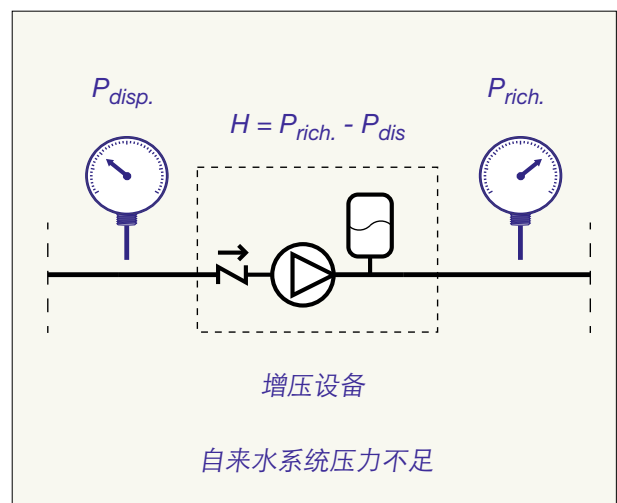
要想通过水泵获得单级或多级压力的提升，要根据以下参数做出选择：

- $G$  = 设计流量
- $H$  = 所需最大压力与增压设备上游的压力之差  
所以，泵的扬程（ $H$ ）要根据增压设备的具体安装类型进行计算。下面会讲述最常见的安装情况。

### 1. 自来水系统压力不足

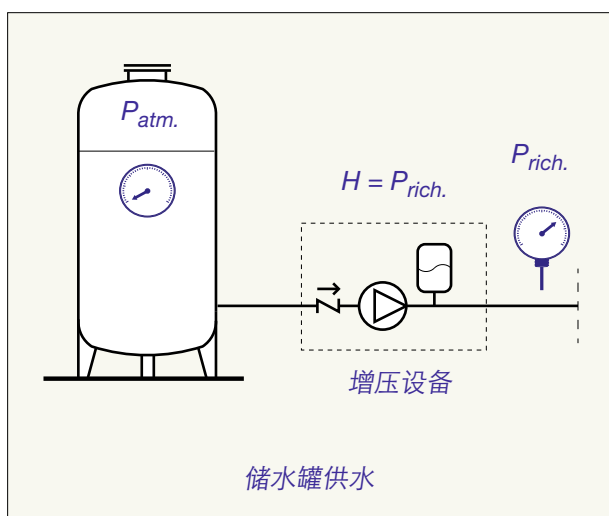
增压设备的扬程等于所要求的压力( $P_{rich.}$ )和自来水系统可提供的压力( $P_{disp.}$ )之差。

根据所需的扬程给增压设备选型可能会带来压力过高和增加运行成本的问题。



## 2. 储水罐供水

增压设备的扬程等于所要求的压力值( $P_{rich.}$ )，因为一般来说水罐的储水压力相当于大气压力。



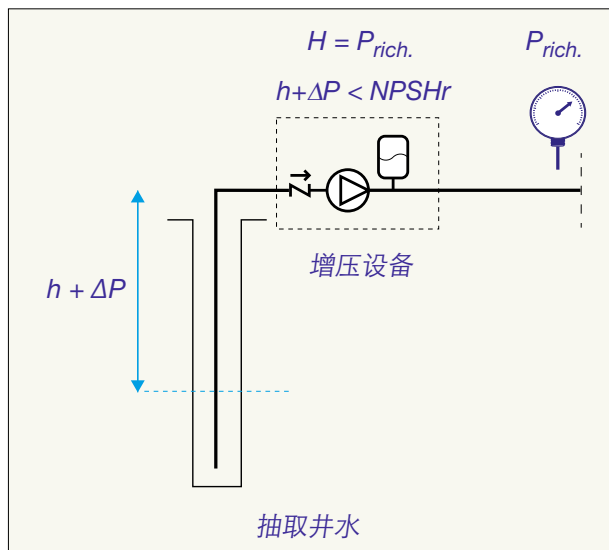
## 3. 抽取井水

增压设备的扬程要等于所需的压力值，核实水泵的抽水能力至关重要。

一般来说，这一数值由生产商NPSHr (Net Positive Suction Head required)的英文缩写，意为‘必须的气蚀余量值’。

另外，要检查水井的静压高度和( $h$ )和抽水管的压损( $\Delta P$ )总和是否低于制造商所表明的NPSHr (必须气蚀余量)值(一般在15-20%)。

如果吸入压力要求大于NPSHr值，那么可以使用潜水泵安装于井里。



在生活用水系统流量变化大且不连续用水的情况下，为了保证达到要求流量而使用的所有这三种增压设备中，一般包括：

- 一个或多个水泵；
- 备用水泵，以便确保永久供水（比如医院）；
- 一个或多个压力水罐；
- 抽水集水器、压力传感器、压力表、水力连接附件和各种固定件以及配电柜。

压力罐又称为定压罐，它的功能是利用内部所储存的水减少泵的启动频次。储水压力可以通过空气或者弹性薄膜材料（膜）来保持。

根据水泵和所使用水罐的类型，增压设备分为以下几类：

1. 一台或多台定频泵和空气式定压罐。
2. 一台或多台定频泵和隔膜式定压罐。
3. 一台或多台变频泵。

前两类系统也被称为变压力系统，泵的启停由固定压力值的压力开关控制。

当检测到最低压力值时，压力开关指示泵启动，泵会一直运行直至达到所设定的最大压力极限。因此，系统压力在这两个限值范围内变化，这一差值一般在0.5到1bar之间，以防止在使用过程中出现过高的供水压差。

第三类系统则是定压力型，因为泵的启动与调节由与压力传感器相连的电子调节器控制。

调节器根据所检测到的压力变化来调节水泵转速，或增或减，以保证出口压力几乎恒定。

## 空气式定压罐

属于传统的增压系统，包括：

- **定压水罐**

用于储存必要的水。

容量可以通过以下公式确定：

$$V = 30 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \left( \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{min}} \right)$$

其中：

V = 定压罐的容积, [l]

G<sub>pr</sub> = 设计流量, [l/s]

P<sub>min</sub> = 最小增压 [bar]

P<sub>max</sub> = 最大增压 [bar]

a = 每小时启动的最多次数 [h<sup>-1</sup>]

参考以下经验值：

水泵功率 < 3 kW, a = 30

水泵功率 3~5 kW, a = 25

水泵功率 5~7 kW, a = 20

水泵功率 7~10 kW, a = 15

水泵功率 > 10 kW, a = 10

水泵功率的计算公式见第一期卡莱菲笔记中的条目：水泵。

- **水泵**

用于增加自来水供水系统的压力。

要根据第9和第10页上介绍提到的标准进行设计选型。

- **压力开关**

在压力过低时启动泵，或者在压力与设定值相比过高时关闭泵。

- **锁定装置**

当出现空转危险（即没有泵入液体）时，阻止泵工作。

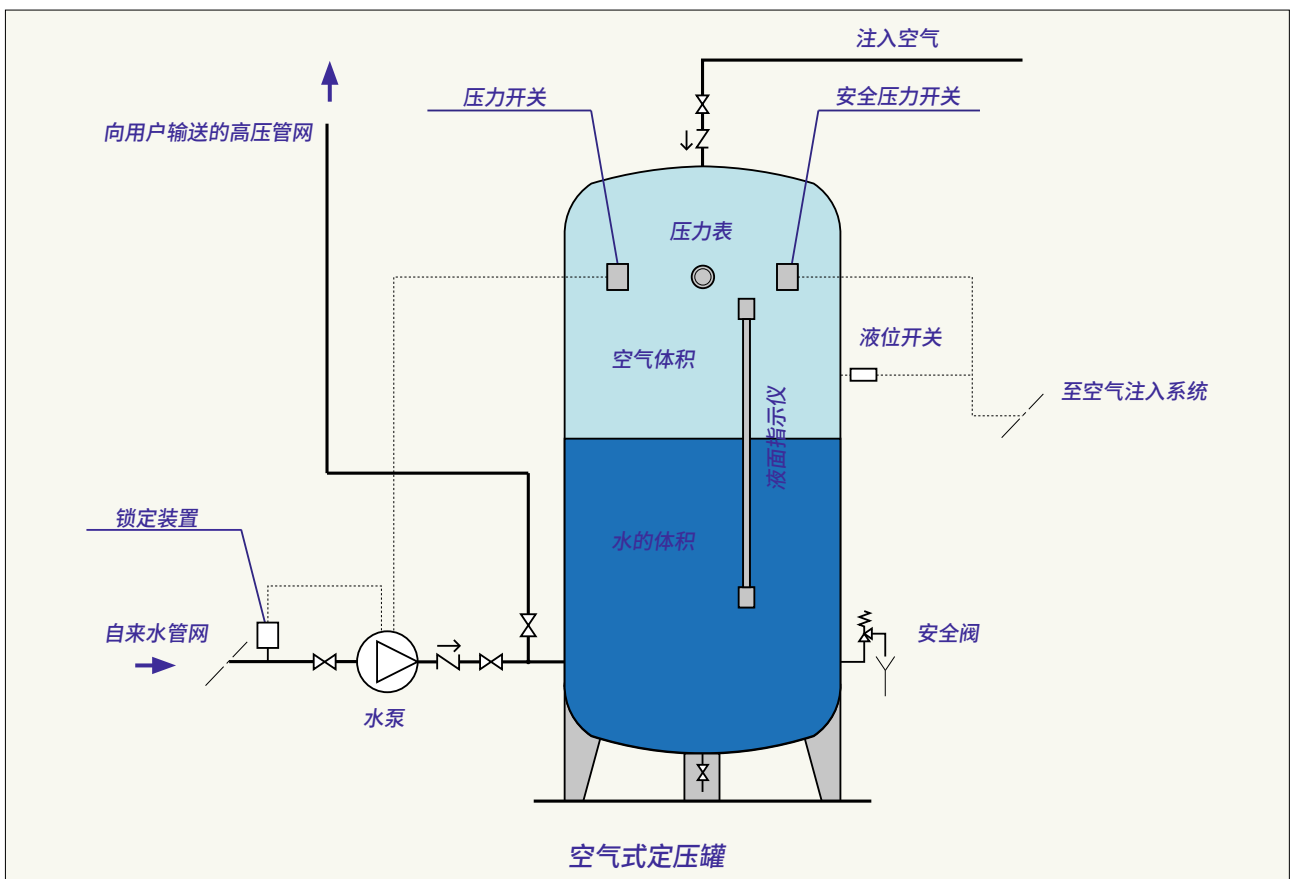
如果泵是直接从供水管道或封闭水罐中吸水，那么锁定装置可以由低压（比如1 bar）调节的压力开关构成；如果泵是从开放的水罐中吸水，那么锁定装置可以由一个液位开关组成。

- **进气系统**

从外部环境注入空气以维持罐上部的气垫，防止空气被水慢慢溶解。

注入空气的方式可以是：

1. 通过自动供气；
2. 通过压缩机；
3. 来自压缩空气管网。



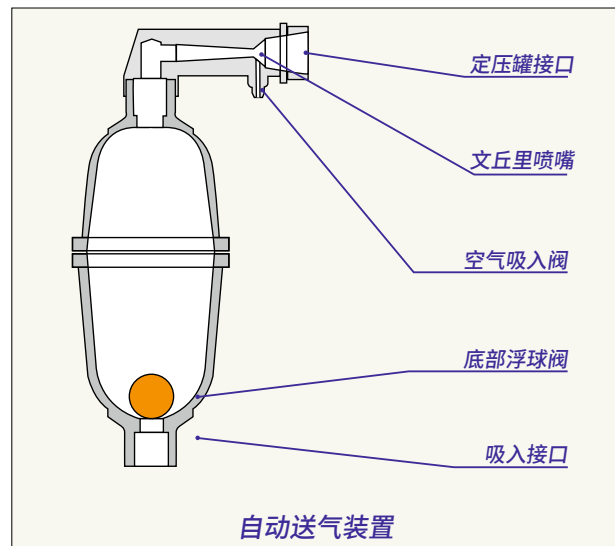


## 通过自动送气装置注入空气

自动送气装置主要由一个小容器构成，带底部浮球阀和吸气阀。进气阀在有水流经过时，会因文氏效应而从外部吸入空气。此装置用于维持水箱气垫高度，运行原理参见下面的示意图。

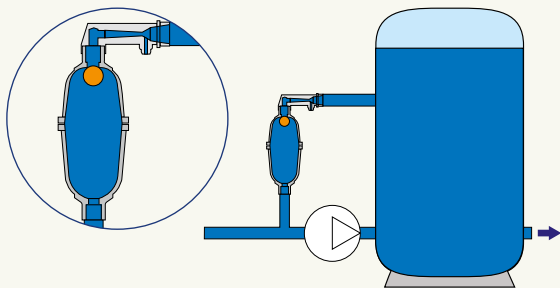
自动送气装置适用于水泵正常工作状态下的系统，它利用水泵的启动而发挥作用。当泵端为吸入负压时，就能保证它的正确运行；如果吸入端为正压，此压头最好不超过5 m水柱。

如果自动送气装置不能与泵的吸入口实现物理连接，则不能与潜水泵结合使用。



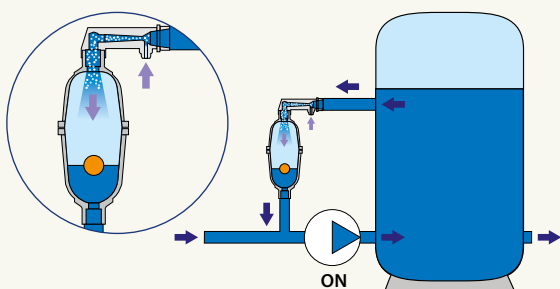
### 1. 起始状态

泵处于停止状态。定压罐中的水位超过最低极限，进气装置中充满水。



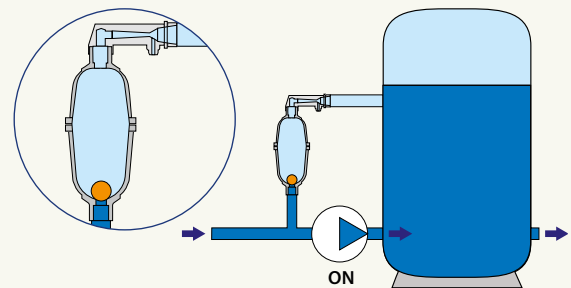
### 2. 水泵启动

水泵启动产生的负压使定压罐的水输送到泵的吸入口。于是，进气装置内部产生流动，通过文丘里喷嘴效应启动吸气阀。吸入的空气逐渐充满进气装置。



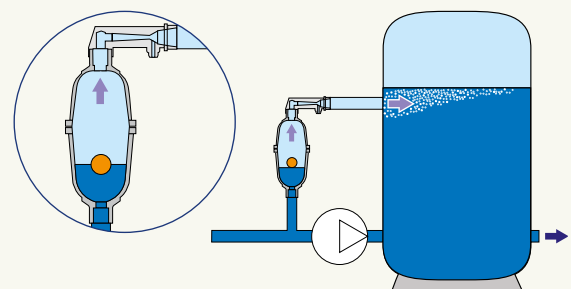
### 3. 水泵正常工作

一旦进气装置充满空气，内部的浮球会下沉至装置底部，关闭与水泵的连接，防止空气进入水泵中。



### 4. 水泵关闭

当水泵停运时，由于闭式容器连通原理，因为进气装置内的空气比水轻，便会上升填充到定压罐上部。进气装置准备进入下一循环。



## 通过压缩机注入空气

系统主要包括：

- **压缩机**

可以增加空气压力并向定压罐内输送空气。

建议安装无润滑压缩机，要带适当的空气过滤器。

- **液位开关**

用于启动压缩机（当空气平面超过液位开关控制水平时）以控制气垫高度，以及关闭压缩机（当水平面处于设定液面之下时）。

- **安全压力开关**

当罐内超过最大增压时，阻止压缩机启动（或者让已经启动的压缩机停止工作）。

在水泵频繁启停的情况下，建议使用压缩机，比如系统使用非常没有规律或者用水固定的情况。

由于此系统非常可靠，所以它被广泛用于符合此类条件的系统，如给大型住宅区、医院或生产车间所用系统的加压。

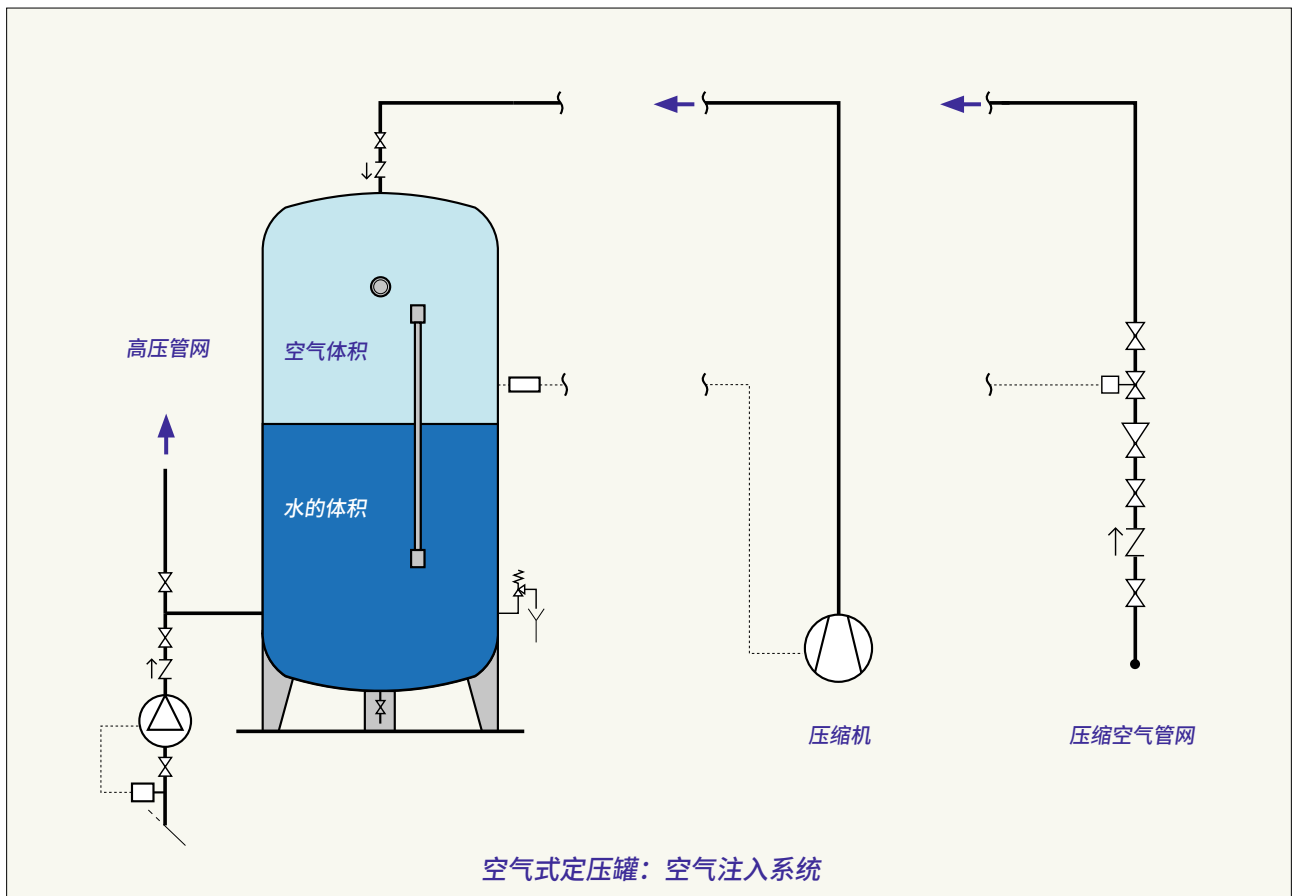
## 通过压缩空气管网注入空气

从概念上看这一系统与使用压缩机的系统类似，不过取代压缩机的是一个电动阀，从压缩空气管网中导入空气。

该系统一般应用于工业生产中，那里已经为了满足生产要求而架设了压缩空气管网。

一般来说，如果压缩空气的供气压力高，那么建议在电动阀前加一个减压阀。

另外，必须要使用止回设备，因为可能出现负压会导致定压罐中的水倒流至压缩空气管网中。



## 隔膜式定压罐

该增压系统包括：

- 隔膜式定压罐
- 水泵
- 压力开关
- 锁闭装置

该系统类似于空气式定压罐，不过与前者空气始终与水接触有所不同，该系统使用的定压罐由天然或人工橡胶膜将空气与水隔离。

罐内预先加载了氮气，以防止内表面出现氧化现象。

加载气体的初始压力，也称为预加压力，要略低于增压的最低压力，而同时又要略高于系统的静压，以防止出现负压。

$$P_{\text{系统静压}} < P_{\text{预加压}} < P_{\text{增压}}$$

如果预加压力低于系统静压，除了会使膜片持续

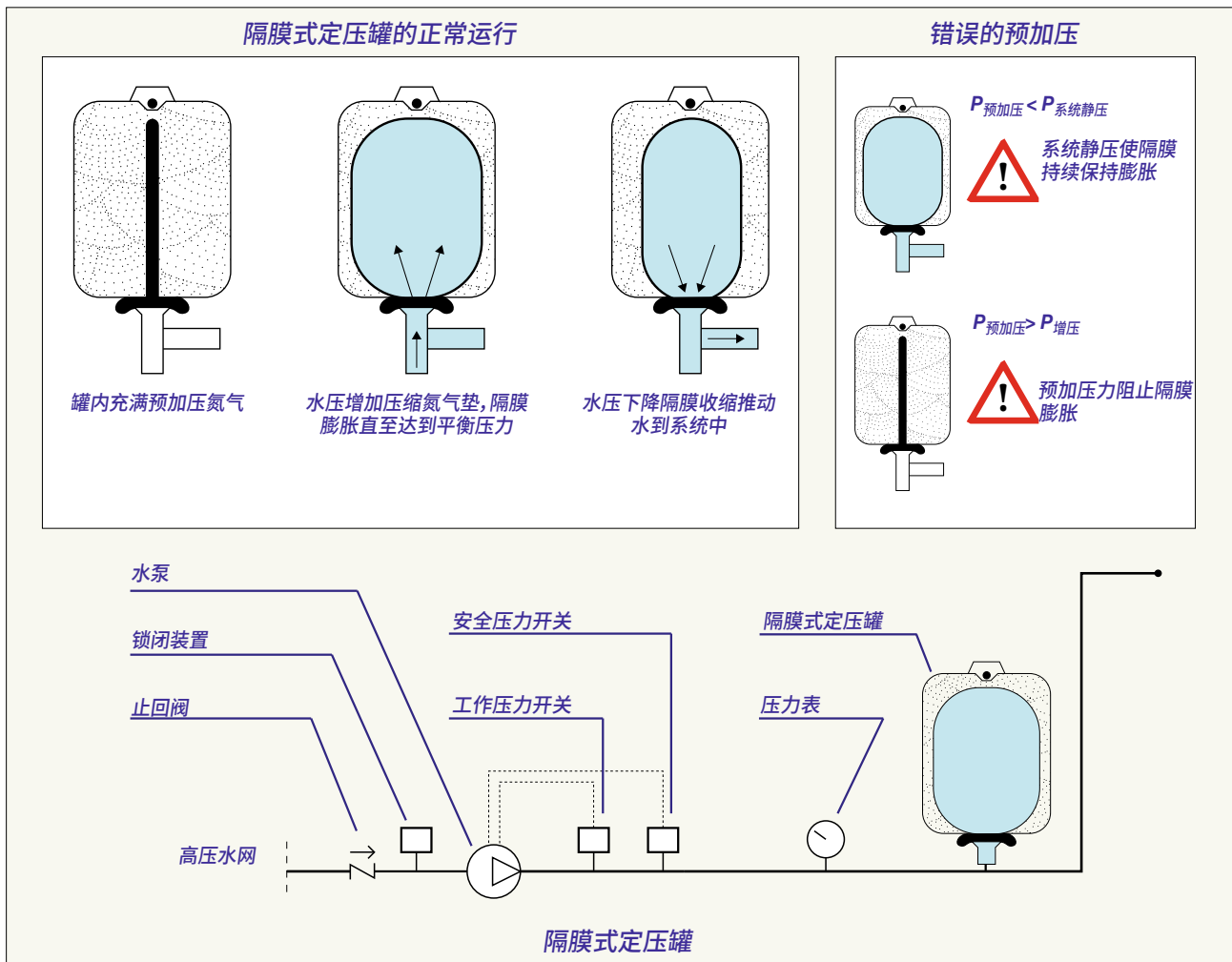
膨胀外，还可能造成下游水柱被清空的危险。

如果预加压力高于增压压力，就无法利用定压罐内隔膜的膨胀，从而产生系统出现压力过高的危险。

随着泵的开启，水会压缩气体进入定压罐直至达到预设最大压力。随着用户方面的用水需求，“储存的”压力在水泵启停的间隔中将水推送到系统用户端。

为了防止泵空转，最好使用锁闭装置（与普遍采用的设备配套使用）：比如从开式水箱中吸水泵的液位开关，或者是与自来水系统或定压罐相连的增压泵的压力开关（低压调节）。

隔膜式定压罐的设计选型与空气式定压罐类似，可以按以下公式计算。





$$V = 6 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \left( \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{min}} \right)$$

其中:

$V$  = 定压罐的容积, [l]

$G_{pr}$  = 设计流量, [l/s]

$P_{min}$  = 最小增压 [bar]

$P_{max}$  = 最大增压 [bar]

$a$  = 每小时最多启动次数 [ $h^{-1}$ ]

可参考以下平均值:

水泵功率 < 3 kW,  $a = 30$

水泵功率 3~5 kW,  $a = 25$

水泵功率 5~7 kW,  $a = 20$

水泵功率 7~10 kW,  $a = 15$

水泵功率 > 10 kW,  $a = 10$

水泵功率的计算公式见第一期卡莱菲笔记中的条目:  
水泵。

同等性能的情况下,与空气式定压罐相比,隔膜式定压罐的使用会大幅减少罐的体积。其实,在隔膜罐中,整个内部容积都是可以用于空气的膨胀与压缩。

与简单的气垫式定压罐相比,隔膜式定压罐系统有以下优势:

- 占地更小;
- 不需要空气注入系统;
- 检查与维护工作更简便。

## 选型范例

50户住宅用户的空气式定压罐的设计选型。

每户有:

- $n^{\circ} 1$  马桶
- $n^{\circ} 1$  洗手池
- $n^{\circ} 1$  淋浴
- $n^{\circ} 1$  坐浴盆
- $n^{\circ} 1$  厨房洗碗池

从大气压下的水罐中取水,加压至6 bar。

系统总流量的计算为每个用户的设计流量之和:

- 1 马桶 = 0.1 l/s
- 1 洗手池 = 0.1 l/s
- 1 淋浴 = 0.2 l/s
- 1 坐浴盆 = 0.1 l/s
- 1 厨房洗碗池 = 0.2 l/s

单户总流量:

$$G_{户} = 0.1 + 0.1 + 0.2 + 0.1 + 0.2 = 0.7 [l/s]$$

50户的总流量:

$$G_{总} = 50 \cdot 0.7 = 35 [l/s]$$

设计流量:

按照规范中图表中确定的同时用水概率系数 ( $f$ ), 计算设计流量。可以参照第50期《水力杂志》。

$$f = 5.3\%$$

$$G_{设计} = G_{总} \cdot f$$

$$G_{设计} = 35 \cdot f = 1.85 [l/s]$$

如果考虑增压设备的补充流量为 $G_{设计}$ ,在最低功率为3kW情况下,每小时启动次数为30次。

另外,考虑到以下压力值:

$$P_{min} = 5 \text{ bar}$$

$$P_{max} = 6 \text{ bar}$$

定压罐的容积计算如下:

$$V = 30 \cdot \frac{1.85 \cdot 60}{30} \cdot \left( \frac{6 + 1}{6 - 5} \right) = 777 [l]$$

因此,可以选择800升的商用空气式定压罐。

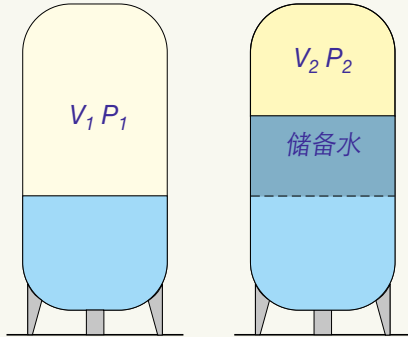
对于同一系统,如果选择隔膜式定压罐,那么容积等于:

$$V = 6 \cdot \frac{1.85 \cdot 60}{30} \cdot \left( \frac{6 + 1}{6 - 5} \right) = 155 [l]$$

所以可以选择200升的商用隔膜式定压罐。

## 定压罐设计选型的深入探讨

利用定压罐上部密封空气的弹性作用给水加压。



关于空气，公式如下：

$$P \cdot V = \text{const}$$

$$V_2 \cdot P_2 = V_1 \cdot P_1$$

$V_2$ 的体积是最大压力( $P_{\max}$ )下的气垫体积，而最小体积 $V_1$ 则是最小压力下( $P_{\min}$ )的气垫体积。

储存水 ( $R$ ) 等于 $V_1$ 和 $V_2$ 之差。

$$R = V_1 - V_2$$

$$R = V_1 \cdot \left( 1 - \frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$R = V_1 \cdot \left( 1 - \frac{P_1}{P_2} \right) = V_1 \cdot \left( \frac{P_2 - P_1}{P_2} \right)$$

利用相关压力，可以这样确定 $P_2$ 和 $P_1$ ：

$$P_2 = P_{\max} + P_{\text{atm}}$$

$$P_1 = P_{\min} + P_{\text{atm}}$$

所以：

$$R = V_1 \cdot \left( \frac{P_{\max} + P_{\text{atm}} - P_{\min} - P_{\text{atm}}}{P_{\max} + P_{\text{atm}}} \right)$$

$$R = V_1 \cdot \left( \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\text{atm}}} \right)$$

根据储存水来表示气垫的体积 ( $V_1 = V_{\text{空气}}$ )，可以得到：

$$V_{\text{空气}} = R \cdot \left( \frac{P_{\max} + P_{\text{atm}}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)$$

储存水可以限制水泵每小时启动次数，防止水泵过热。

以定速泵为例，每小时启动次数取决于泵的小时流量 ( $G_h$ ) 和所要求的流量 ( $G_{\text{用户}}$ )。

所要求的流量随使用情况变化很大 (参见下一页图表)：当要求流量为泵流量的一半时，泵的启动最频繁。

所以，在最坏情况下，泵的小时启动数是：

$$a = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{R}$$

其中：

$G_h$  = 泵流量 [l/h]

$R$  = 储存水量 [l]

其它各种情况下，我们可以得到：

$$a = F \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{R}$$

其中 $F$ 是缩减系数，从0到1。所以：

$$R = F \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{G_h}{a}$$

一般而言，使用的缩减系数为20%，因为所要求流量完全等于设计流量以及流量一小时内保持不变的情况十分罕见。

假定 $F=0.2$ ，设计流量 ( $G$ ) 以l/s表示如下：

$$R = 6 \cdot \frac{G \cdot 60}{a}$$

把计算得到的值代入公式，便可得到用bar表示的压力值：

$$V_{\text{aria}} = 6 \cdot \frac{G \cdot 60}{a} \cdot \left( \frac{P_{\max} + 1}{P_{\max} - P_{\min}} \right)$$

在隔膜式定压罐中，空气的体积可以占据整个罐的容积，所以可知：

$$V_{\text{定压罐}} = V_{\text{空气}}$$

相反，在空气式定压罐中，空气的体积只占一部分，因为需要保证有一个最低水量 (储备水)。

所以：

$$V_{\text{定压罐}} = a \cdot V_{\text{空气}}$$

一般假定：

$$a = 5$$

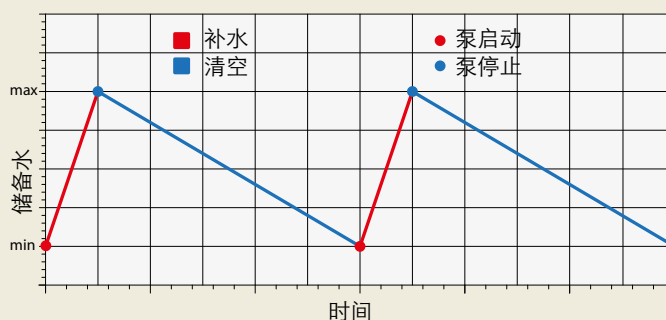
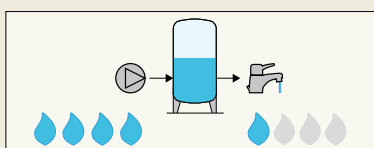
## 泵的小时启动次数

下面举例说明由定频泵向定压罐供水的补充与清空循环时间变化趋势。每当储备用水量达到最低值时，水泵就会启动；一旦达到最大值，就停止工作。

简便起见，考虑三种不同情况下以固定流量从定压罐中取水。

**案例1：**假设用户所要求的平均流量 ( $G_{\text{用户}}$ ) 低于从泵补充到定压罐里的流量 ( $G_{\text{泵}}$ )。可以得出，平均补水时间低于清空时间，水泵的小时启动次数有限。

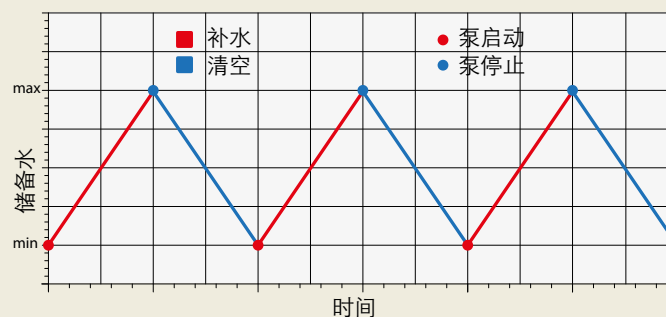
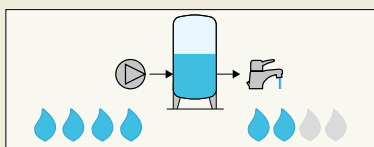
$$G_{\text{泵}} \gg G_{\text{用户}}$$



**案例2：**假设每小时最多水泵启动次数的情况。当用户所要求的平均流量 ( $G_{\text{用户}}$ ) 等于从水泵补充到定压罐里的补充流量 ( $G_{\text{泵}}$ ) 的一半时，会出现这种情况。

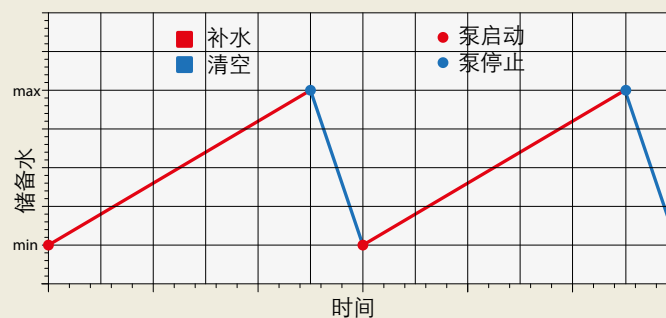
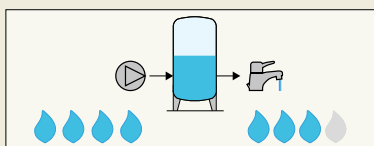
实际上，这种情况下，平均补水时间等于清空时间。

$$G_{\text{泵}} = 1/2 G_{\text{用户}}$$



**案例3：**假设用户所要求的流量 ( $G_{\text{用户}}$ ) 略低于从水泵补充到定压罐里的流量 ( $G_{\text{泵}}$ )。可以得出，平均补水时间会明显延长，因为取水量大。

$$G_{\text{泵}} = G_{\text{用户}}$$





## 变频增压供水设备

系统主要包括：

- 一台或多台变频泵；
- 压力传感器；
- 控制面板；
- 隔膜式定压罐；

系统可以自动调节，持续地将水压加至预定压力。

一般来说，整个增压设备是在工厂里一体式组装、调节、调试而成的一个整体。

系统主要由性能相同的一个或多个变频泵并联而成。只有大功率水泵构成的高性能组件才串联一台小泵（称为Jockey补水泵），以便在不启动主要水泵的情况下满足低流量要求。

通过控制泵的开启和转速调节，这套设备可以实现长时间跨度的流量供应。

所有泵以最高转速运行时达到的最大流量需要等于设计流量。

而最低流量则是最小的泵以最低转速工作时的流量。

为了保证比最低流量还低的流量（滴水或少量取水），设备一般使用隔膜式定压罐。

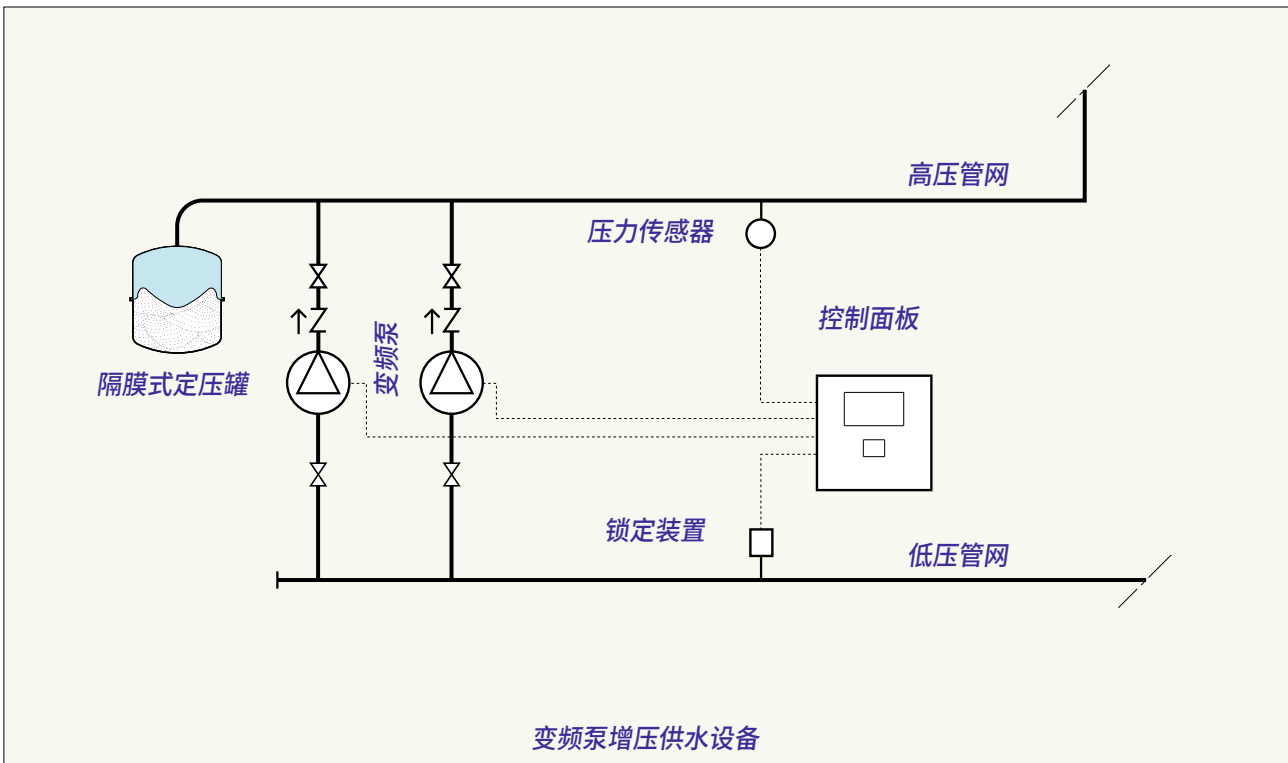
后者的设计选型通常由制造商负责，依据与前面章节中描述的类似法则，不过还要考虑承担所能保证的最低流量。因此，增压设备的定压罐非常小。

另外，定压罐还能缓冲压力的突然变化。

对于变频泵供水设备来说，应当加一个锁定装置预防空转危险。如果泵是从开式水罐中吸水，那么可以使用液位开关，而如果是从自来水管网或压力罐内抽水，可以使用低压压力开关。

这类系统的好处是：

- 压力值几乎保持恒定；
- 系统紧凑，占地很小。



## 减压系统

自来水供水压力有时很高，而且经常不稳定；基于此，在供水入户前必须借助减压元件降低并稳定压力到理想值。

减压元件主要分为：

- 膜片或活塞式的直接作用式减压阀；
- 先导式减压稳压阀。

**直接作用式减压阀**一般用于住宅和中小型工业。

下面我们可以清楚地看到，这些装置利用的是膜片（或活塞）和与活塞相连的弹簧之间的相互作用力。

**先导式减压稳压阀**可以更加精确地控制压力（特别是大流量情况），不过因其尺寸、复杂性和成本问题，它主要用于工业中。

## 膜片式减压阀

如前所述，减压阀目的是降低供水系统的进水压力，至一个可以通过本装置手动调节的值。

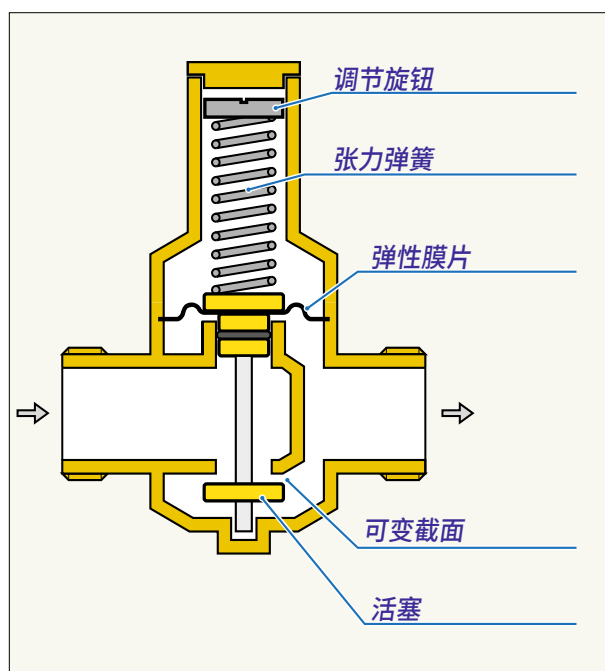
它还可以消除管道内出现的压力波动，这些变化通常发生在用水量少的夜间和日间时段。

稳定的供水压力可以保证用户水路系统部件的良好使用寿命，防止噪声，还能节水。关于后一点，参见第42页及以后的论述。

它主要由以下部件构成：

- 调节旋钮，
- 张力弹簧，
- 弹性膜片，

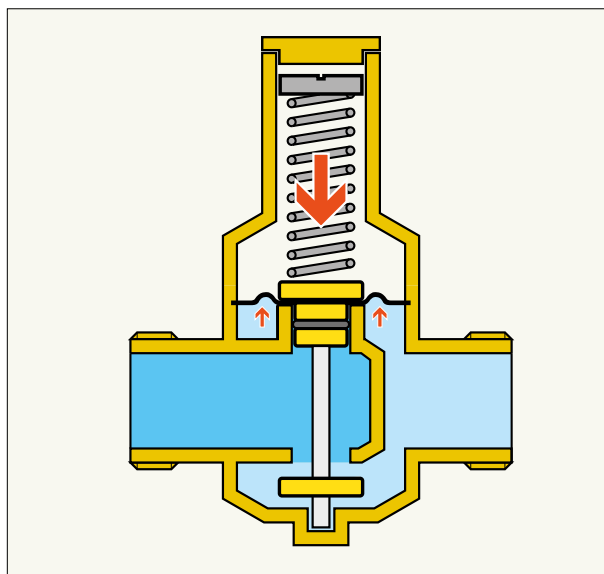
通过控制阀杆与膜片连接的活塞。膜片对压力变化敏感，稳压作用明显。



## 工作原理

减压阀的工作原理基于两个对立的力量之间的平衡。

弹簧向下朝着减压阀开启方向推动活塞：作用于膜片的下游压力则产生一个相反的力，向上推促使活塞关闭。



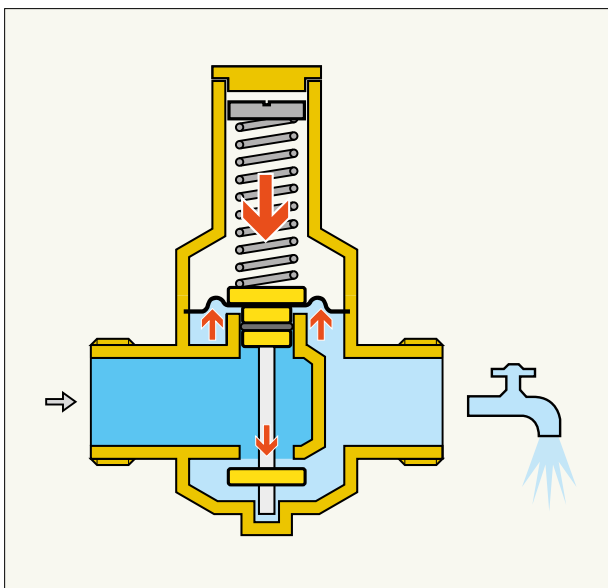
减压阀在用户用水和非用水时均在工作。

通过调节旋钮，可以改变弹簧的初始压力（即改变预设压力），以产生不同的推力。这一构造特点利于把减压阀调校至期望的压力值。

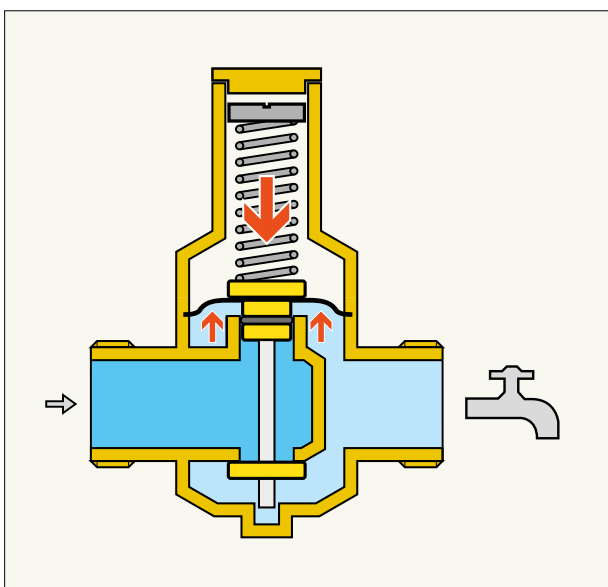
减压阀下游的龙头开启时，膜片下方的压力会下降。

与膜片向上施加的压力相比，弹簧的下压力占据主导：弹簧向下推动活塞，让水流经过。

打开的龙头数量越多，膜片下方的压力下降得越多，活塞开度越大。

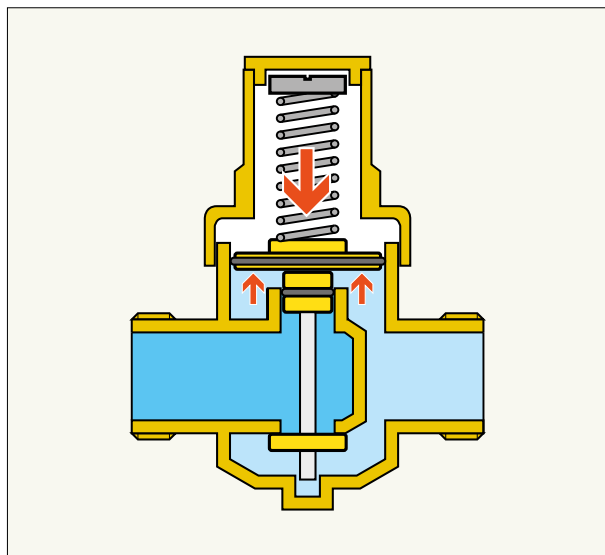


关闭减压阀下游的所有龙头，膜片下方的压力回升，直至抵消弹簧的推力（调校压力）。活塞关闭，将下游压力维持在调校压力值。



## 活塞式减压阀

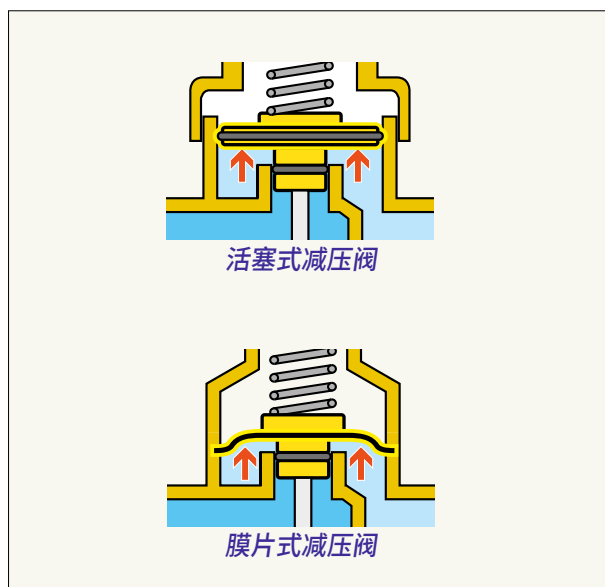
活塞式减压阀的工作原理与膜片式减压阀非常相似。在这些装置中，作用于活塞下表面的下游压力被预调节好的弹簧推力阻止和抵消。



活塞可以更好地对抗因压力突然增加和可能出现的水锤产生的应力。

但是，活塞对压力的波动不敏感，所以它的稳压作用反应不“活跃”：反应时间比膜片式的要长。

因此，此类装置很少用于末端稳压。



## 先导式减压阀

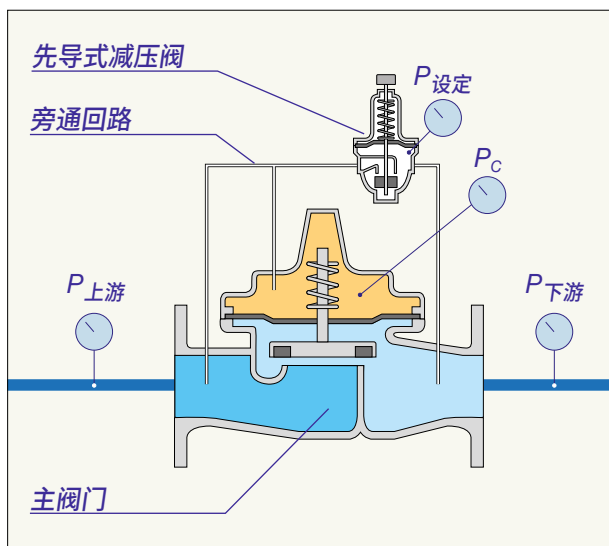
在普通的减压阀中，当用水流量增加时，下游压力会低于设定压力。之所以如此，是因为装置的内部压损增加。其实，所要求的流量越大，设定压力和下游实际压力之间的差距就越大。

要克服这一问题，可以使用所谓的前导式减压阀（或者减压稳压阀），它的特点使得它可以维持下游压力值的稳定，而不受流量变化和上游的压力变化的影响。

此类装置用于供水量大的情况，它主要由以下元件构成：

1. 主阀门，内部的活塞通过阀杆连接于膜片；
2. 旁通回路；
3. 导向式减压阀，即安装于旁通回路上的直接作用式减压阀。

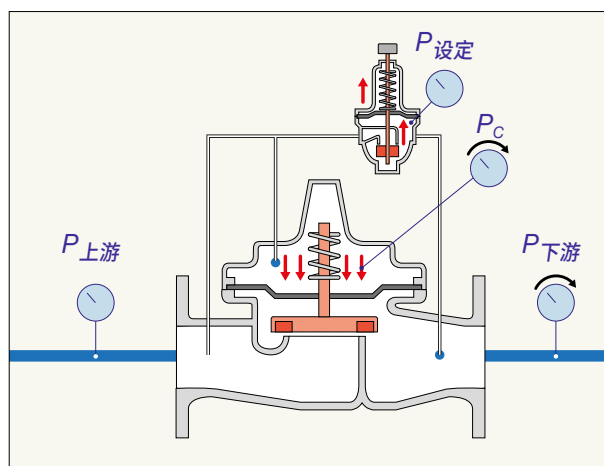
它的运行由导向式减压阀控制，而主阀门起着“倍增器”的作用。



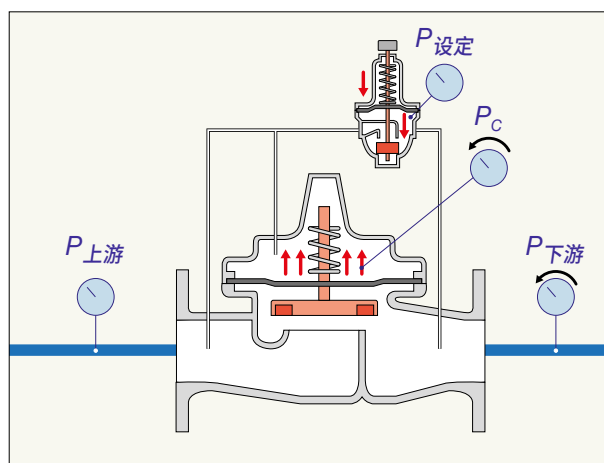
主阀门上部舱室有个导压孔，与旁通回路相连。先导式减压阀的上游压力作用于膜片上部，简便起见我们称之为控制压力 ( $P_c$ )。而下游压力则作用于膜片的下部。所以，基于这一原因，主阀门活塞的运动取决于  $P_c$  和  $P_{\text{下游}}$  之差。

安装在旁通回路上的先导式减压阀用于调校所期望的下游压力 ( $P_{\text{设定}}$ )。它本身的运行状况与传统减压阀相似，不过增加了“引导”主阀门的作用。

当下游压力上升时，先导式减压阀内部活塞向关闭位置移动（和传统减压阀一样）。于是，旁通回路中的流量减少，控制压力 ( $P_c$ ) 趋于增加，对主阀门膜片产生下压力，把活塞向下朝关闭位置推动。



而当下游压力下降时，情况正好相反：先导式减压阀打开较大，旁通回路中流量加大，于是作用于主膜片上部的控制压 ( $P_c$ ) 下降。因此，主阀门活塞被“引导”向上趋于打开。



正是有了这些连续调节，才可以控制下游压力，使其保持在规定的范围内。



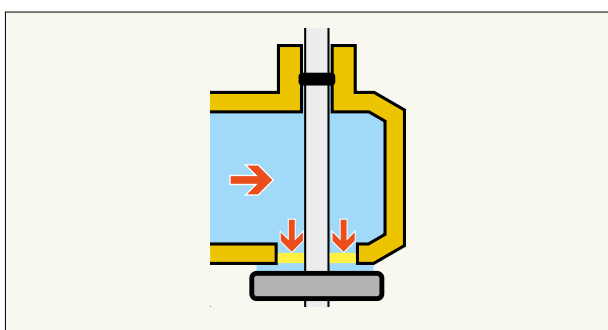
## 主要技术参数

如前所述，减压阀的工作原理和主要技术参数都是一样的，无论是活塞式还是膜片式。

鉴于其更好的调节性能，我们将深入探讨膜片式减压阀，在下面的章节阐明其主要技术参数，以及设计选型和安装方式。

## 常规阀座

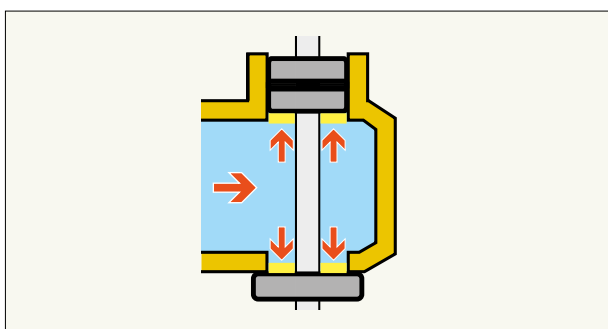
上游压力只作用于活塞。随着上游压力的增加，作用于活塞的弹簧推力增加，活塞向下，打开通道。活塞的运动受到上游压力波动的影响。



## 补偿阀座

活塞阀座结构设计使得向上和向下表面压强相同。通过这种方式，作用于活塞上的上游压力“被抵消”。

补偿阀座式减压阀可以提高精确度和运行稳定性，因为活塞的运动不受上游压力波动的影响。

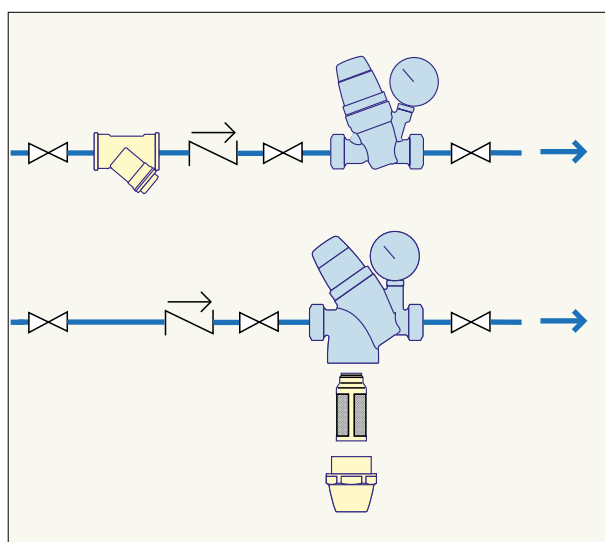


## 过滤

在减压阀上游安装过滤器可以防止非减压阀自身故障带来的运行异常。

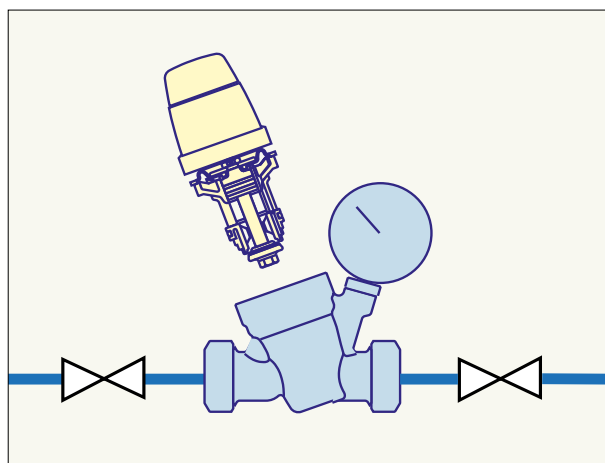
很多时候，减压阀看似不能维持设定的压力值，实际情况却是，该问题的出现是由于密封阀座上杂质的沉积造成溢流，使下游压力增加。

有的减压阀内置了一个可检测式过滤器，外面有一个专门的透明箱体；这样可以保护减压阀和系统免受供水中杂质的困扰。



## 可抽取和更换式阀芯

集膜片、过滤网、阀座、活塞和补偿式活塞于一体的预组装阀芯，可以从减压阀体中抽取出来，便于检查和维护。



## 减压阀的调校

减压阀的调节分为：

- 可调式
- 预调节式。

可调式减压阀安装在系统上之后要进行调校。需要调节压簧螺母：顺时针旋转可增加压力值，逆时针则降低压力值。

这种调节方式始终需要在下游安装一个压力表来检测调校压力值。

预调节式减压阀则可以在安装之前就调校好压力，它借助一个可显示调节值的专门旋钮。要增减调校值，只需顺时针或逆时针旋转旋钮即可。

安装完毕后，系统压力自动达到调节值。

## 耐高压

在一些实际应用当中，由于进水压力非常高，故而要求部件耐压强度高。

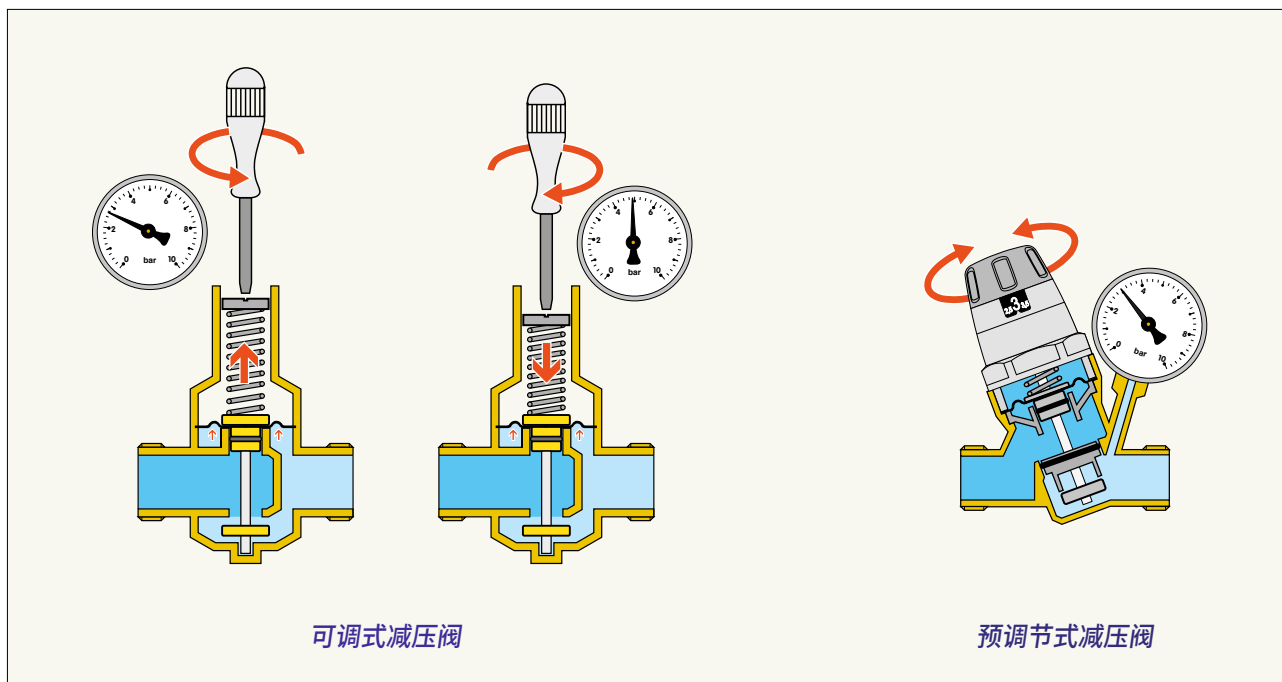
这种情况下，减压阀内部的上游压力区域具备耐高压特性，以防止出现故障或部件损坏。

这种减压阀可以持续用于高达40 bar的上游压力。

## 耐高温

减压阀还可用于生活热水供水系统中，此时所承受的温度要高于普通自来水系统。

为此，市场有特殊的减压阀能够承受最高80℃的高温。



## 设计选型

减压阀的设计选型主要分为以下步骤：

- **设计流量的计算：**用户实际要求的流量随着用水设备数量，尤其是建筑类型的不同而有很大变化。所以，需要认真评估这一数值以保证正确的设计选型。
- **速度的计算：**根据估算的设计流量，水流速度应保持在最佳值（详见后面），以确保减压阀精确而安静地运行。

## 设计流量的计算

如前所述，设计流量的计算须从总流量开始，并考虑到适合的同时用水概率。不过，对于减压阀的设计选型没有专门的规范或标准，而是建议为此类装置提供一个同时用水概率值，以避免系统设计过高，并确保最佳运行状态。

用水概率系数的选择取决于各种因素，特别是：

- 用户类型；
- 用水设备数量与类型。

鉴于这种同时用水规律是建立在概率基础上，那显然各种方法之间会有差距，而且具体到个案准确度也会不同。所以，是否采用同时用水概率更多是设计师的选择。

用水设备类型和单位流量（见表），可得到总流量：

$$G_{\text{总}} = n \cdot G_{\text{脸盆}} + n \cdot G_{\text{洁身器}} + \dots$$

其中，n是每一类用水设备的数量。

用水设备	单位流量 (l/min)	用水设备	单位流量 (l/min)
洗碗池	12	浴缸	24
洗脸池	6	坐便器	6
洁身器	6	洗衣机	12
淋浴	12	洗碗机	12

用水设备单位流量

已知同时使用概率系数，可得设计流量：

$$G_{\text{设计}} = F_{\text{脸盆同时用水概率}} \cdot G_{\text{总}}$$

一般来说，已知总流量值，设计流量可以从技术资料或者规范中的图表中获得。关于这方面，推荐参阅第50期《水力杂志》。

## 速度的计算

为了防止管道出现噪音和用水设备的快速磨损，建议管道内水流速度不超过2m/s的限值。众所周知，水流速度值取决于管道截面和流量，关系如下：

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{G_{\text{设计流量}}}{DN^2}$$

其中，

v = 水流速度 [m/s]

$G_{\text{设计流量}}$  = 流量 [l/min]

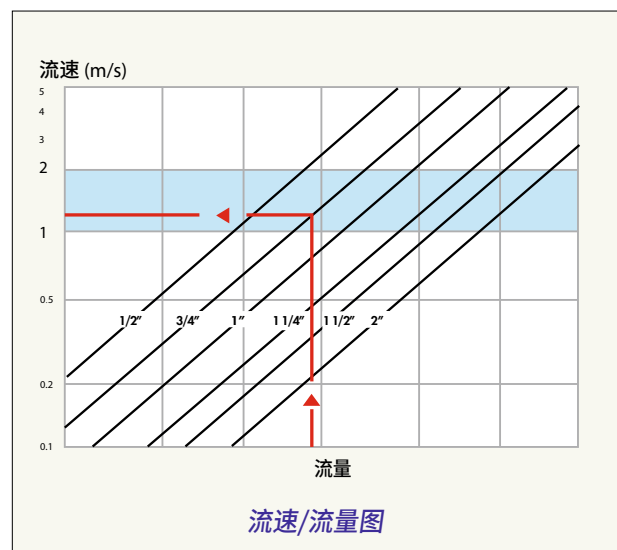
DN = 额定直径 [mm]

除非产品另有限制性要求，建议流速范围为：

$$1 \text{ m/s} < v < 2 \text{ m/s}$$

在上述流速范围内选择合适的减压阀尺寸。

为避免繁琐计算，也可参考类似以下的图表：



流速/流量图

## 减压与气蚀的关系

### 减压比

减压阀的减压比指的是上游压力 ( $P_M$ )和下游压力 ( $P_V$ ) 之间的关系。

例如：

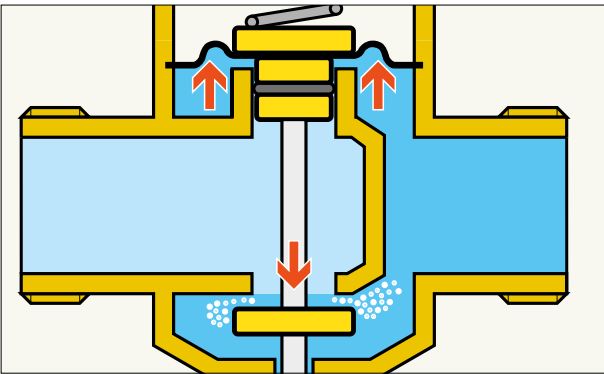
上游压力  $P_M = 15 \text{ bar}$

下游压力  $P_V = 3 \text{ bar}$

减压比为  $15:3 = 5:1$ 。

### 气蚀现象

气蚀现象是水力系统常见现象，表现为小的蒸汽水泡的形成，气泡快速破灭时，会给管道和部件造成损害。



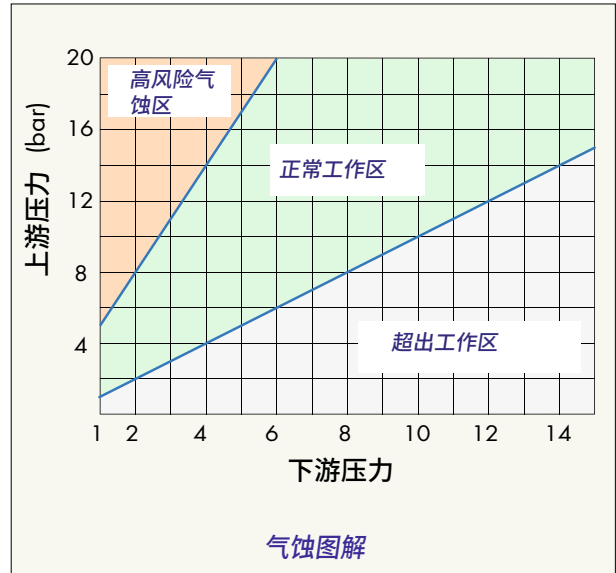
如果说上游压力( $P_M$ )和减压( $P_V$ )之间的减压比过高，在减压阀内部活塞与阀座之间的水流速度增高，就会形成局部低压，最终达到饱和蒸汽压力。

这种状况会导致液相的变化，直接过渡到气相，形成包含水蒸汽的气泡（气蚀），这一现象会随着水中溶解空气的存在而加剧。

这些气泡爆裂会产生压力变化，压力的能量连同阀座与活塞间高速的水流会造成减压阀内部元件损坏。

## 气蚀图解

气蚀会导致运行异常，密封区域腐蚀、震动和噪音。为了降低减压阀内部出现气蚀的风险，强烈建议参照气蚀图解中的工作条件选型设备。



- **红色区域：**上下游减压比过高，发生气蚀的可能性很大。
- **绿色区域：**减压阀在正常减压比条件下工作，不会发生气蚀。
- **灰色区域：**减压阀不可能在这一区域运行，因为上游压力比下游压力（减压）还低。

由于有诸多可变因素和条件，如：

- 系统压力
- 温度
- 空气存在
- 流量和流速

这些因素和条件可能影响到减压阀的运行，所以，建议上下游压力的理想比在2:1到3:1（减压极限值）之间。

范例：

上游压力  $P_M = 10 \text{ bar}$

下游压力  $P_V = 5 \text{ bar}$

减压比为  $10:5 = 2:1$ 。

在这种条件下，气蚀发生的风险降到最低。



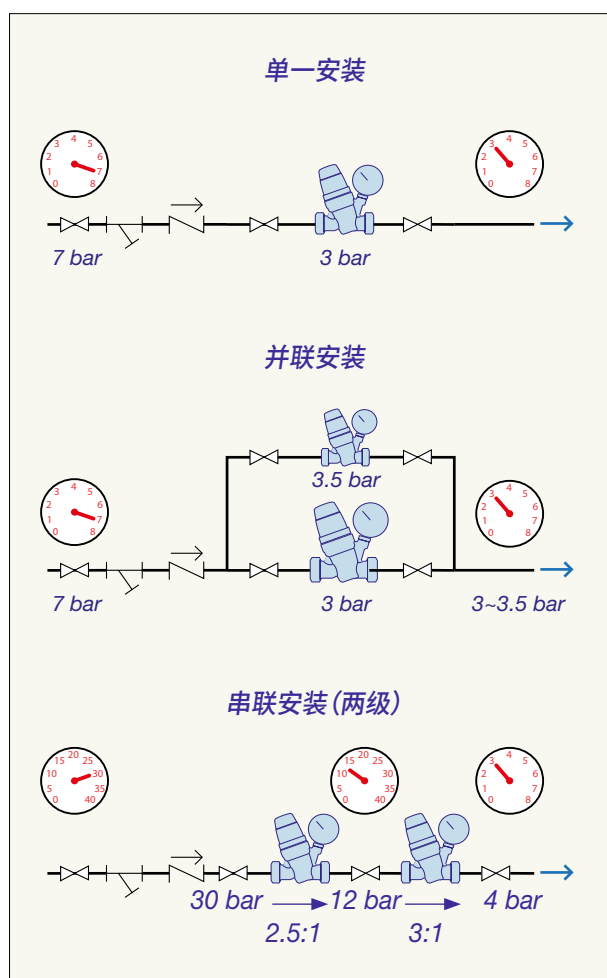
## 安装方式

减压阀一般安装于入户进水处，以降低来自主管道的水压，它通常安装在入户水表下游。

如果供水系统辐射面很广，入口处一个减压阀不够，那就需要在供水沿线安装多个减压阀以确保所有用水点压力正确。

普遍的安装方式有：

- 单一安装。用于减压比小于3:1的情况，以免出现气蚀；
- 并联安装。用于用户用水量变化很大，甚至可能比设计流量低很多时；这种安装方式可以保证低流量情况下游压力值同样很稳定；
- 串联安装（两级）。用于进水压力过高，减压比大于3:1或者进水压力波动很大的情况。



## 并联安装减压阀

按最大流量为减压阀选型往往会在低流量用水时产生运行问题。

在这种情况下减压阀不在最佳工作范围之内，活塞几乎处于完全关闭位置，无法正确调节出口压力，导致压力波动。

为了防止这一问题的出现，可以并联安装两个减压阀，运行原理如下：

- 主减压阀按设计流量选型；
- 旁通减压阀设定压力值比主减压阀大约高出0.5~0.7 bar，而且口径根据系统所要求的最低流量选型。

如前所述，设计流量的计算可以参照第50期《水力杂志》，里面讲述了计算步骤和相关参照规范。

用水最低流量可以合理地假定为设计流量的

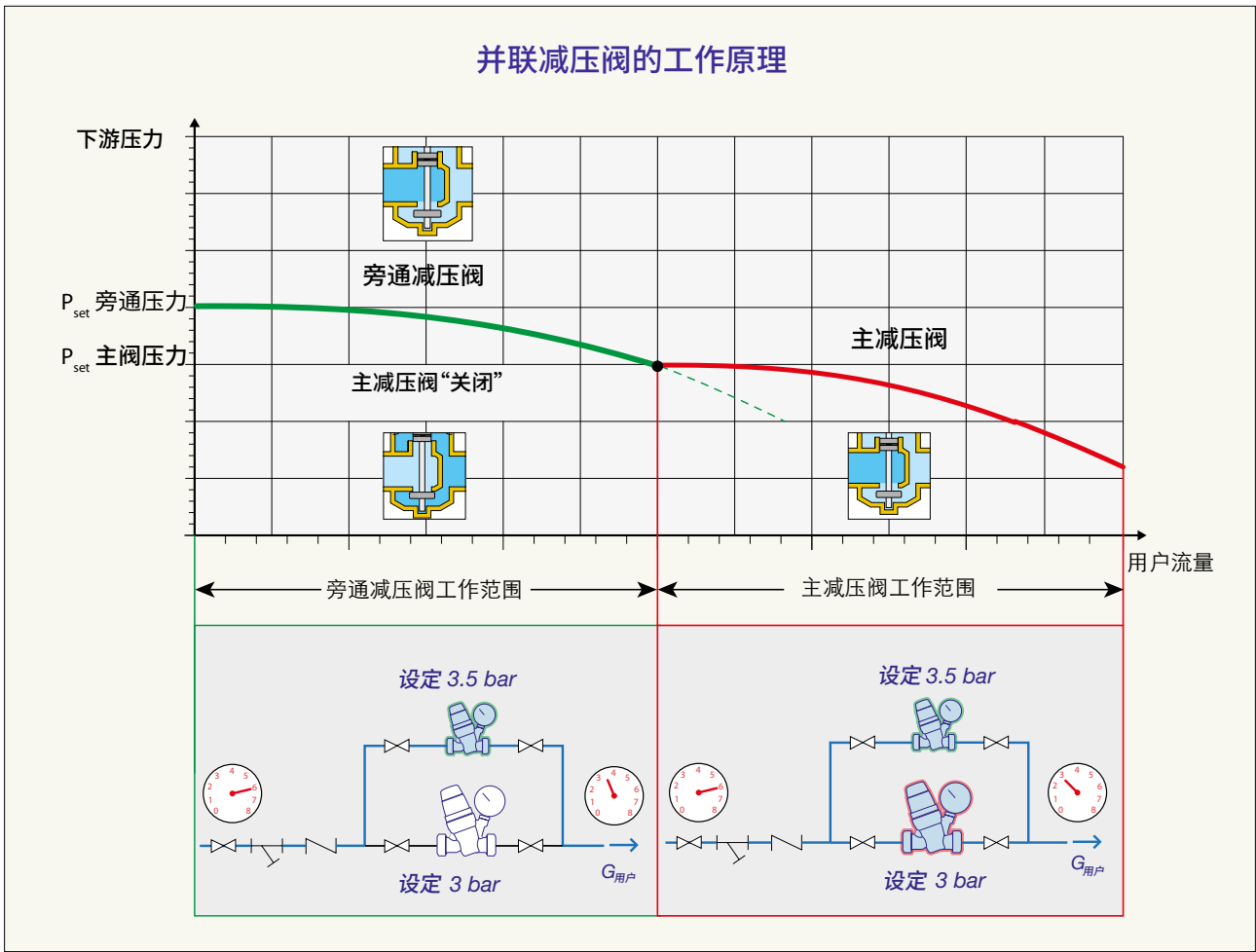
20-30%。

下面的图示说明了两个并联减压阀的运行情况。当用户用水量低时，只有旁通减压阀工作，它的设定压力比主减压阀高。

当用水量增加超过一定值时，主减压阀也会参与运行，具体逻辑如下：

- 随着流量的增加，旁通减压阀内部压损随之增加，下游压力会下降；
- 当下游压力下降至主减压阀设定压力时，主减压阀开始工作（即活塞开始打开）。

## 并联减压阀的工作原理



## 设计选型范例

分层减压阀的选型有以下特点：

- 服务4个用户（用户特征如于下表）；
- 用户入水压力设定为3 bar

用水设备	数量	单位流量
洗碗池	4	12 l/min
洗脸池	4	6 l/min
洁身器	4	6 l/min
淋浴	4	12 l/min
坐便器	4	6 l/min
洗衣机	4	12 l/min
洗碗机	4	12 l/min
<b>总流量</b>		<b>264 l/min</b>
<b>设计流量</b>		<b>44 l/min</b>
<small>根据UNI EN 806计算</small>		

利用得到的设计流量，根据第24页上的公式计算流速；若要速度在1到2 m/s之间，主减压阀的尺寸应该为DN 25。

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{44.4}{25^2} = 1.5 \text{ m/s}$$

在用水量不大的情况下，可以适当假设最低流量要达到设计流量的20~30%，也就是：

$$G_{\min} = 30\% \cdot G_{\text{设计流量}} = 13.3 \text{ l/min}$$

利用该数值，可以按同样步骤为旁通减压阀选型：若要速度在1到2 m/s之间，旁通减压阀的尺寸应该为DN 15。

$$V = \frac{10^3 \cdot 4}{60 \cdot \pi} \cdot \frac{13.3}{15^2} = 1.25 \text{ m/s}$$

为了保证旁通减压阀的工作，应当将其压力调节至比主减压阀调节值高出0.5~0.7 bar。

$$P_{\text{set 主阀压力}} = 3 \text{ bar}$$

$$P_{\text{set 旁通压力}} = 3.5 \text{ bar}$$

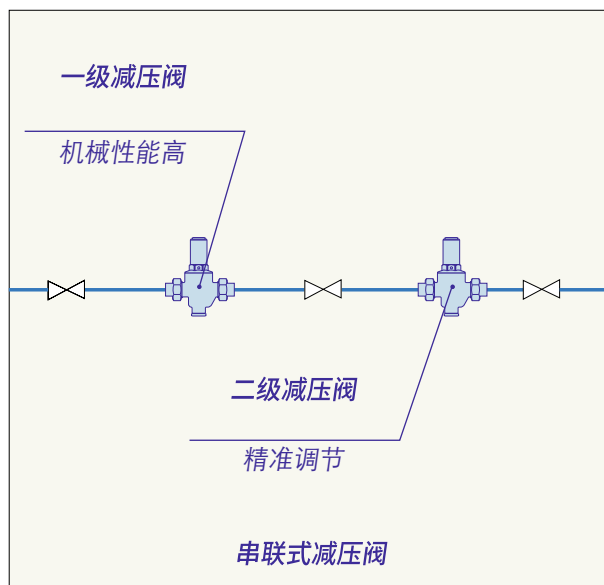
## 串联式减压阀

如果减压比超出所建议的限值或系统的设计压力，那么就应该评估使用：

- 一级减压阀进行第一次减压；
- 二级减压阀，与第一个串联安装，调节实际所需压力。

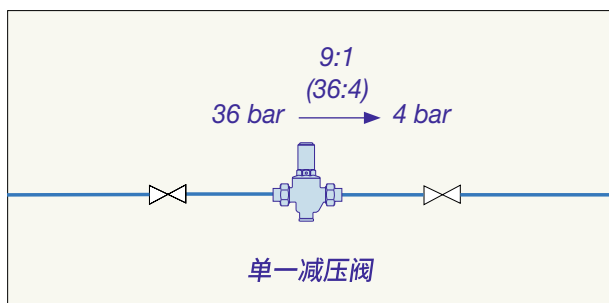
一般来说，一级减压阀在调节上可以不必很精准，不过机械性能要求高，因为它要承受系统压力峰值和突然变化的影响。

相反，二级减压阀不必承受压力峰值和突然变化，因为它的运行受到一级减压阀的保护，但是它要保证对用户入水压力实现精准调节。

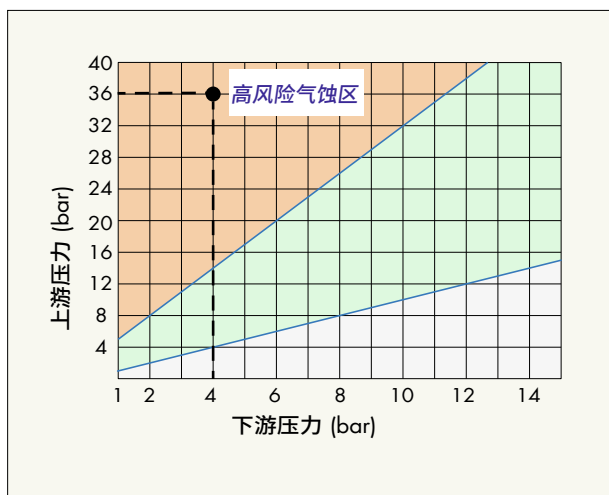


## 设计选型范例

如果上游压力已达36 bar，而且必须要保证4 bar的下游供水压力，那么相应的减压比就是9:1，远远高于3:1的极限值。

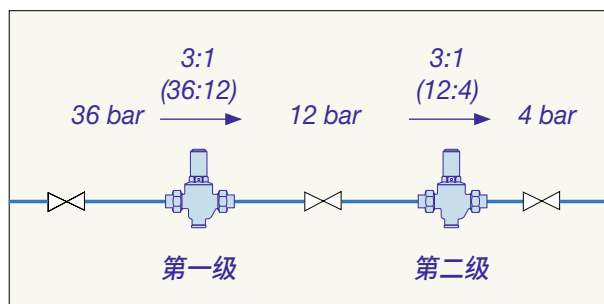


从下图中可以看出，只使用一个设定出水压力为4 bar的减压阀是不适当的，因为减压阀工作处于红色区域，即处在高风险气蚀区。

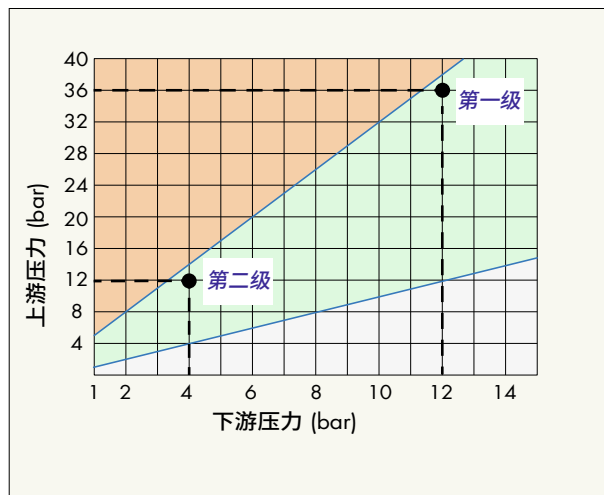


正确的选型是串联两个减压阀。

第一级减压阀可设定出水压力至12 bar，减压比为3:1 (36:12)。与之串联的二级减压阀，设定为出水压力4 bar，工作减压比3:1 (12:4)。



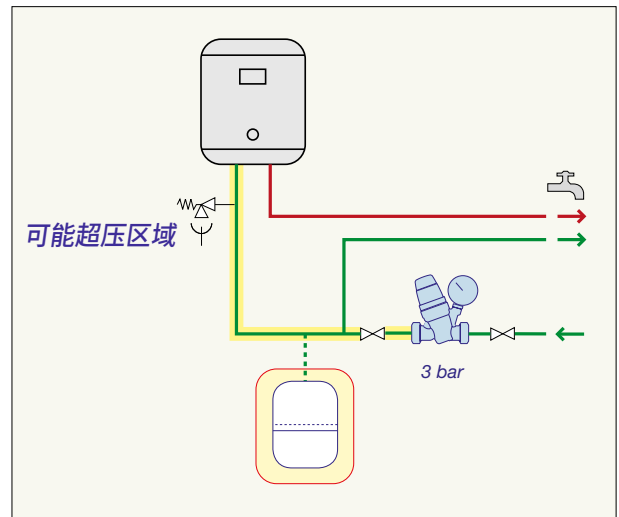
这种方式下，两个减压阀都在最佳工作范围内工作。



## 减压阀下游超压保护

如果减压阀下游压力增加，它的运行方式类似于止回阀。为了更好地理解这一点，不妨参照下图，可以看到：下游高压对膜片形成推力，使减压阀活塞关闭。通过这种方式，用户水龙头和减压阀之间的水被完全截断。

但是，如果减压阀下游的水温升高，就会造成水量增加压力急剧上升。最终可能会导致减压阀膜片破裂。

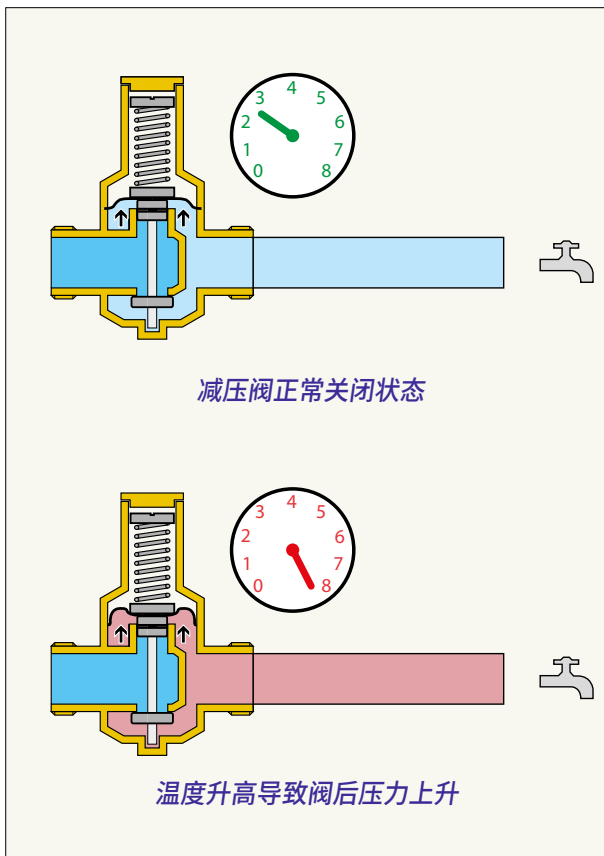


导致压力增加的另一个现象多见于大型系统，通常存在于多个减压阀串联安装时。这种情况下，如果两个减压阀临近，那中间管道的水量有限，水的膨胀容易被管道吸收；相反，如果两个减压阀距离较远，膨胀量就不容小觑（在大型供水系统中）了，它膨胀导致的升压甚至会造成减压阀膜片的断裂。

在大中型系统中，除了热源附近外，管道内的水也可能因管道沿线输送被动加热而导致压力上升。

例如，配有双减压阀的大型管网系统其管道受阳光或其它热源加热的情况。

类似于小型安装系统，这一问题可以通过加装适当的膨胀罐予以解决。



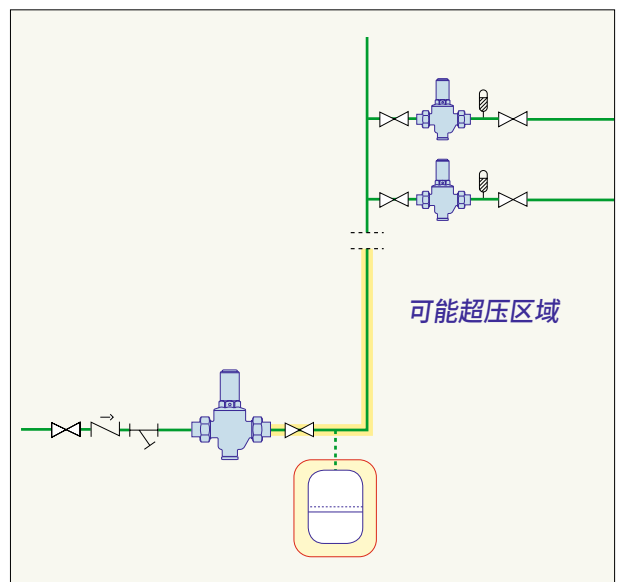
减压阀正常关闭状态

温度升高导致阀后压力上升

在使用储水式热水器的小型系统中，减压阀下游压力的增加一般是由于热水器加热，热水升温所引起的。

热水加热导致的上升压力无法“泄出”，因为用户端没有用水，而减压阀又处于关闭状态。

解决方法是在减压阀和锅炉之间安装一个膨胀罐，吸收膨胀的水量，抵消压力的增加。





## 供水系统流量过低

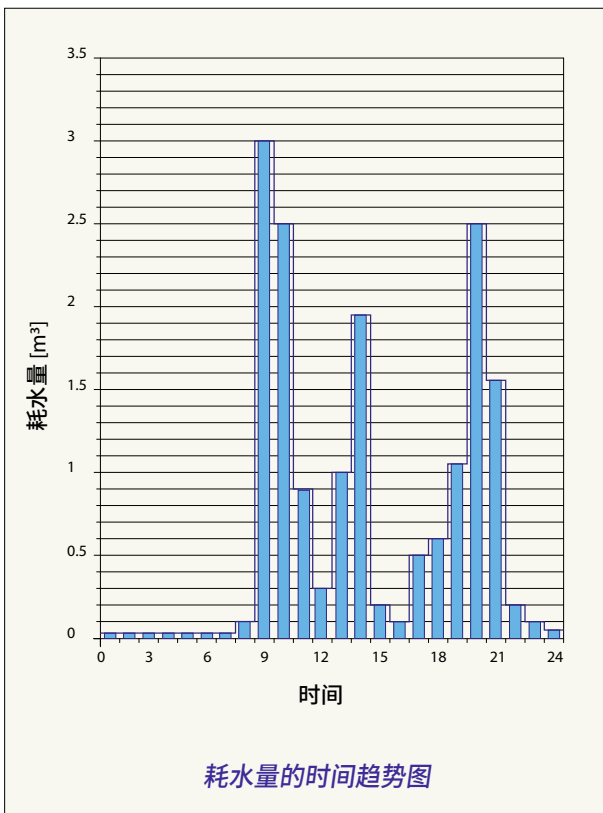
供水系统不仅会出现由于超压导致的故障；有时候，系统会由于流量不足而无法达到设计性能。

这些问题的出现主要是由于供水系统用水点设计流量过低，或者是因为主管水量的减少。

这两种情况都要求适当的水量储备，以满足供水系统在供水不足情况下的流量要求。

备用水箱或储水罐的作用就是在用水少的时段存水，以备用水高峰时使用。

要精确计算储水系统，可以从研究耗水量随时间变化的趋势开始（用水轮廓图）。下面的图示给出的例子是关于住宅的。



不过，要获得或假定一天不同时段中实际耗水量并不是那么现实，因此计算起来就更为复杂。

水罐的选型方法可分为：

- 简化分析法，用于未掌握用水情况相关数据时；
- 图表法，用于已掌握用水数据时。

## 简化分析法

这是一种近似选型法，主要基于两个假设条件：

- 最大的设计流量要求 ( $G_{pr}$ ) 集中于一个或多个高峰时段 ( $t_p$ )；
- 高峰时段相隔时间长，这个时间即储水罐以可用流量 ( $t_{ric}$ ) 的加载时间 ( $G_{disp}$ )。

在这些调节满足的情况下，且设计流量 ( $G_{pr}$ ) 还考虑了同时用水概率，储水量可用如下公式计算：

$$V = t_p \cdot (G_{pr} - G_{disp})$$

得证：

$$t_{ric} > \left( \frac{V}{G_{disp}} \right)$$

其中

$V$  = 理论储水量 (l)

$G_{pr}$  = 设计流量 (l/h)

$G_{disp}$  = 可用流量 (l/h)

$t_p$  = 高峰时段 (h)

$t_{ric}$  = 注水时间 (h)

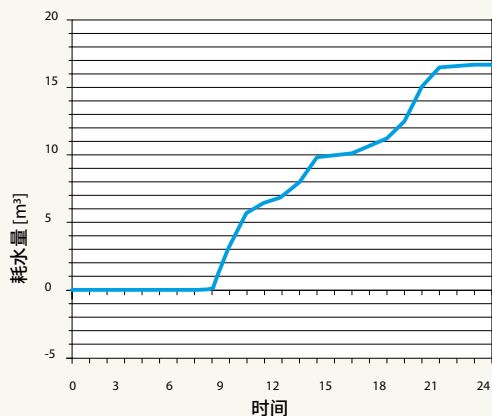
理论储水量一般要加一个安全系数 ( $F_s$ )，以满足偶然出现的高耗水量。

$$V_{罐} = F_s \cdot V$$

在储水罐的下游，要给供水系统加压，如第4页所示。

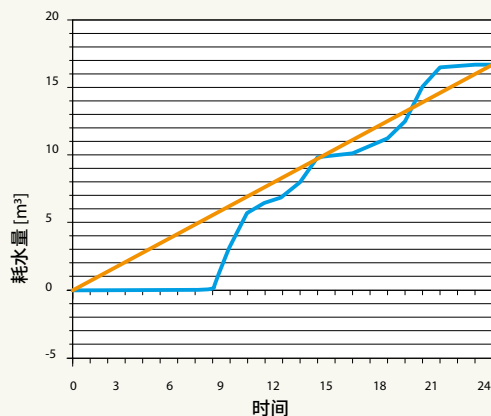
## 图示法

是一种较为准确的选型方法，因为它考虑到与用水轮廓相关的数据。为了避免复杂冗长的计算，可以画出储水时间变化曲线，从曲线开始以图解方法获得储水罐的容积，如以下所示。



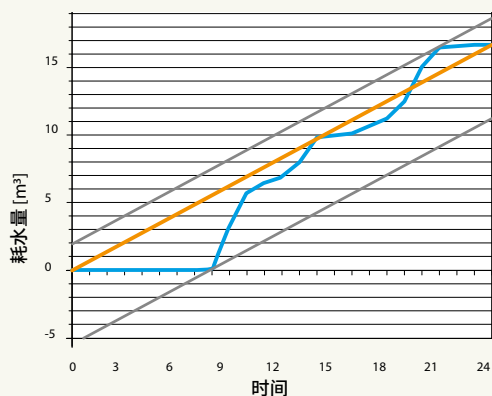
### 1. 累积用水时间变化曲线

曲线代表一天中总取水量趋势。它将每小时耗水数据相加而得。



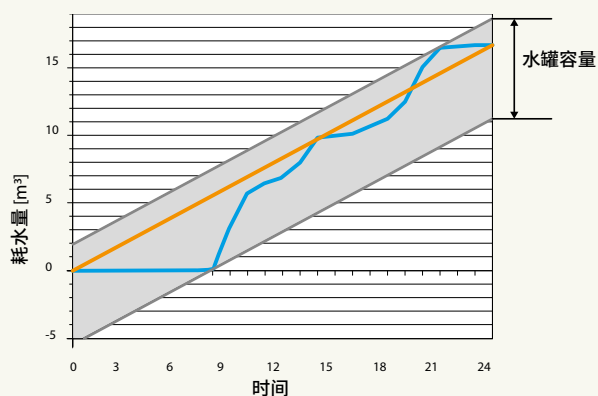
### 2. 使用平均直线

连接起点（0点）与累积用水曲线终点的直线斜率表示用户一天中平均需水量。



### 3. 制约线

完全包含累积用水曲线并平行于平均用水线的两条直线。



### 4. 水罐的理论容量

通过测量制约线之间Y轴上的距离可得。

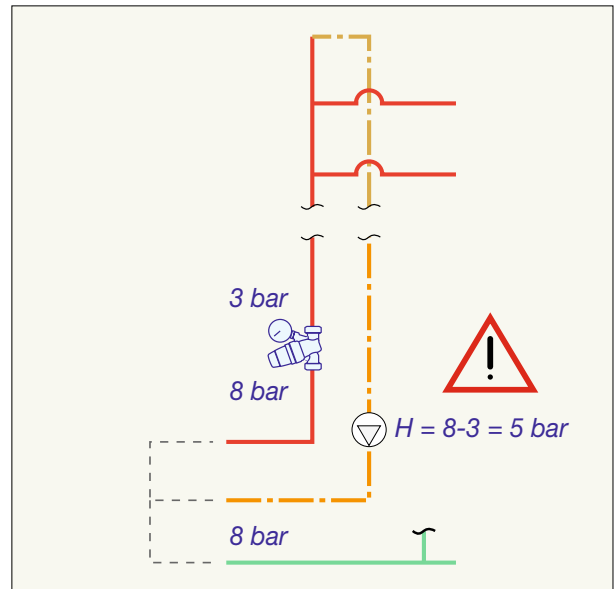
## 循环系统与减压阀

服务于多层建筑或塔楼的生活用水供水系统主要向高处延伸，层高造成的静压差别大。因此，必须沿着管线安装多个减压阀。

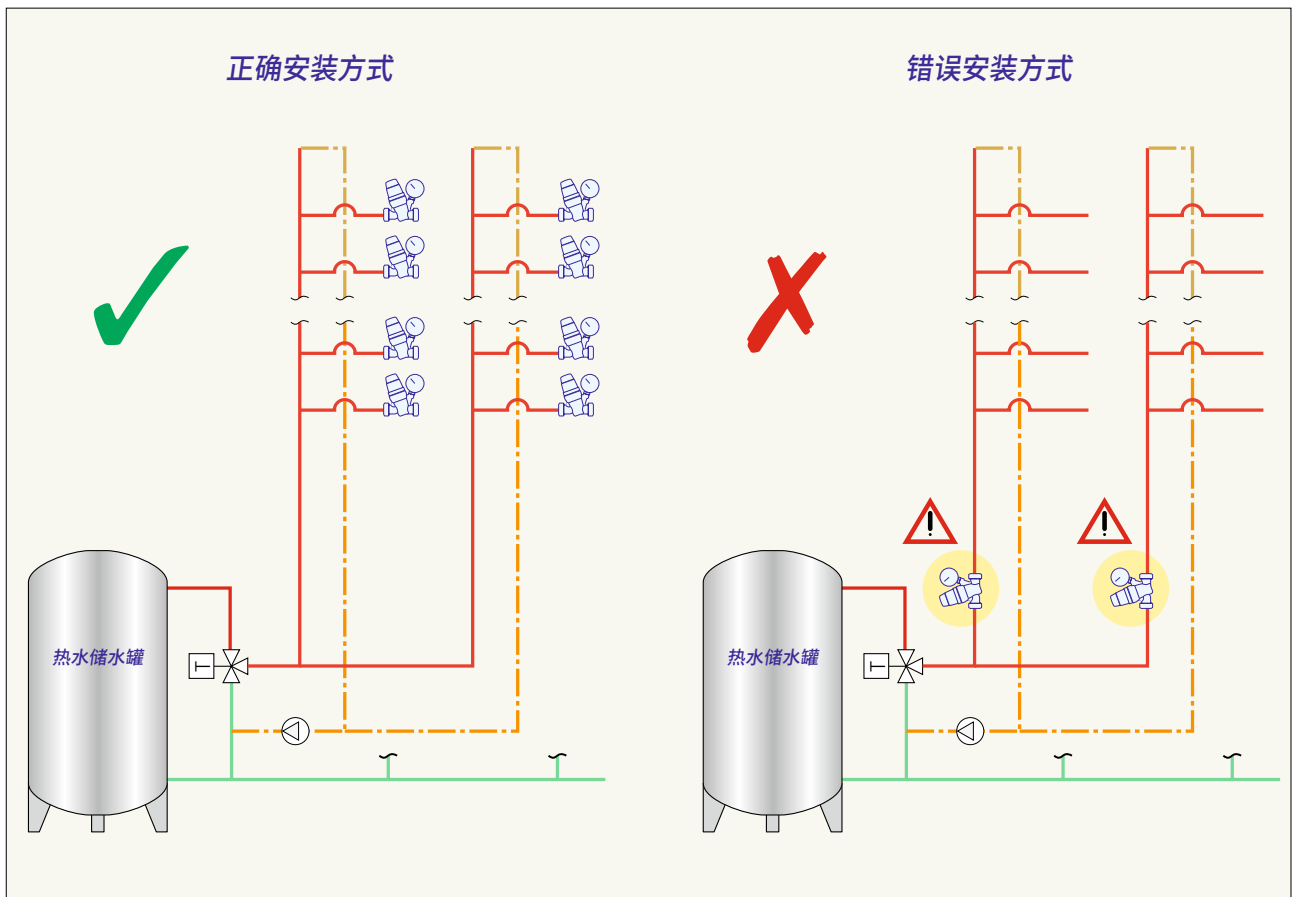
同时，为了避免生活热水供水自然冷却，还需要有热水循环系统。为了保证系统正确工作，服务于热水供水系统的减压阀不得安装在循环管道内。

减压阀的工作原理之所以不允许这样安装，是因为当所有的用水龙头关闭时，减压阀下游压力等于热水管网压力，减压阀活塞处于关闭状态，这样就阻止了系统循环。

打开活塞的唯一方法就是用循环泵产生一个高于管网压力和减压阀设定压力之差的扬程：这一差值一般在1~6 bar之间，传统循环泵难以达到。



反之，即便循环泵能够提供此必要的扬程，维持该循环系统的能耗成本也难以让人接受。



## 安装示意图

下面的篇章介绍一下减压阀的一些典型安装图示。

首先我们将分析家用生活冷水供水系统；然后探讨多层建筑供水系统，通过这些分析我们将了解到调节正确供水压力的必要性。

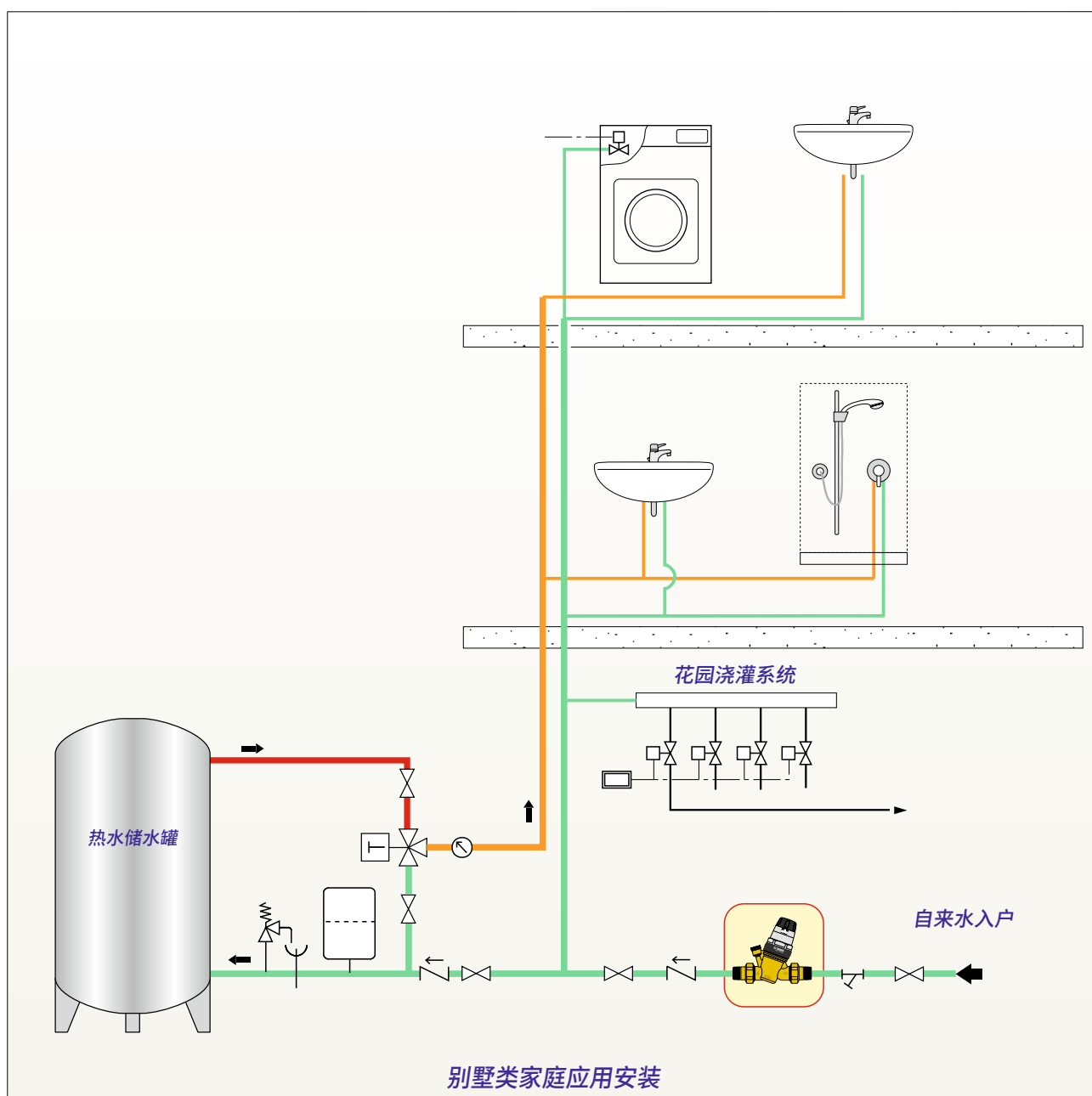
最后，我们还将提供生活热水系统的正确供水图示。

## 家庭应用

此类安装一般服务于二、三层建筑的小型供水系统。

这类系统中的隐患来自供水管网的超压，或是持续超压，或是一天中的某些时段超压，这在自来水供水系统中较为常见。

为了保护系统，在自来水入户处安装总减压阀。压力一般设定在1.5到3 bar之间。





## 多层建筑

在多层建筑供水系统中，用户的水压随着层高增加而下降：每层的压降通常在0.3-0.4 bar。

这通常会导致两种情况出现：

- **可用压力充足时**，能保证最不利用户（一般为高层）的供水压力；低层承压高。
- **可用压力不足时**，最不利用户（一般为高层）供水压力无法保证；低层压力较正常。

对于4-5层以上的建筑，这两种情况的供水问题都会出现。

### 可用压力充足

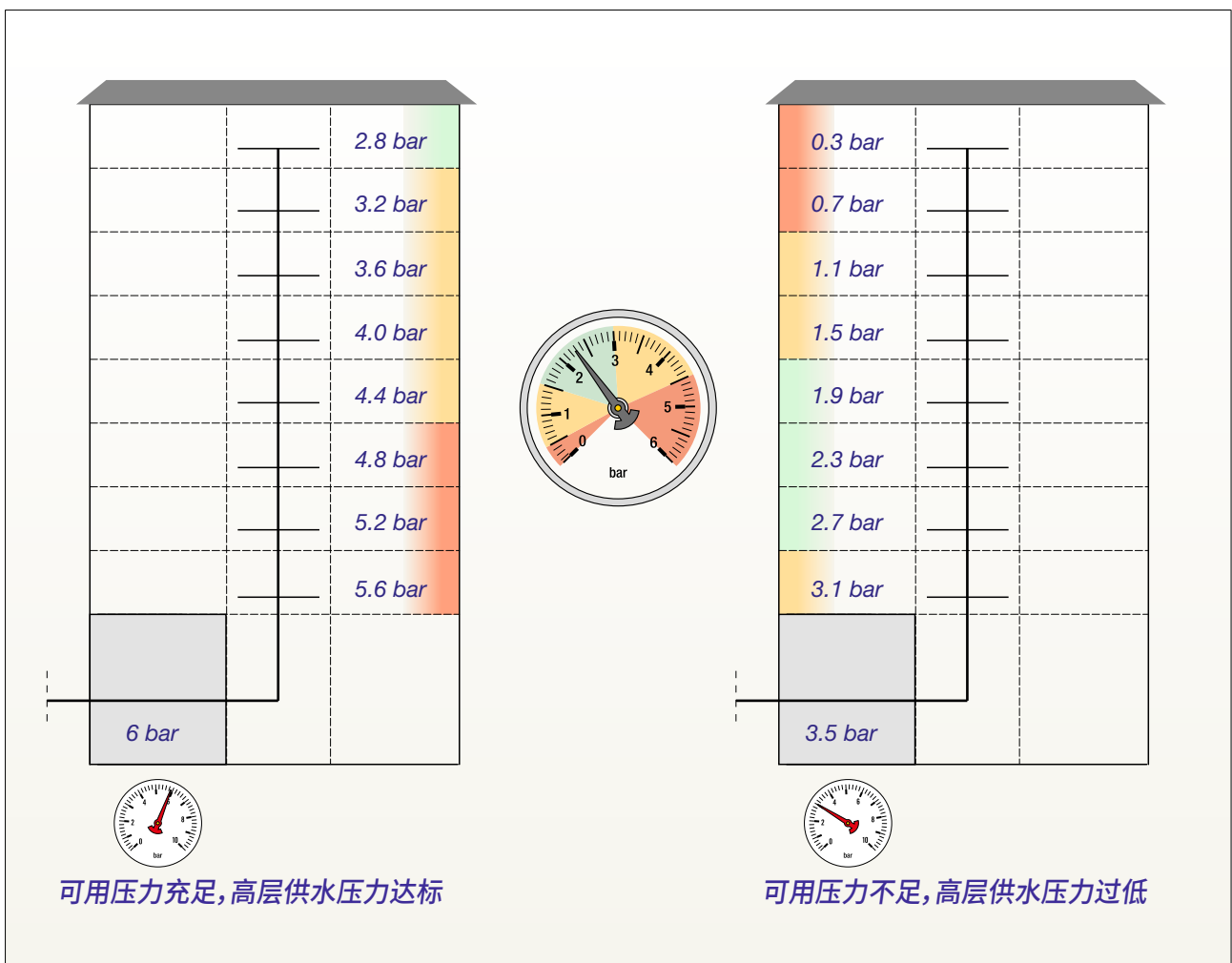
在案例1中，可用压力足够给最不利位置的用户供水，因此可以把供水按区分为多个立管。每个立管服务4-5层；服务于低区的立管可以通过减压阀调节至适当压力。

案例2中，分区的减压阀并联安装，减压阀的选

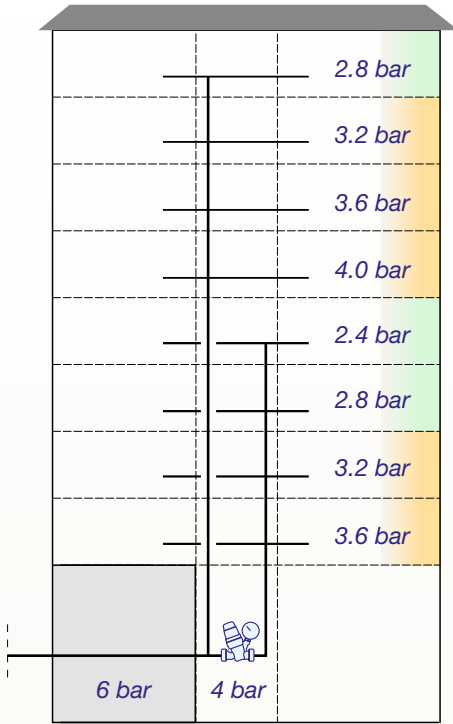
型要考虑各自立管的流量。服务于低区立管的减压阀其减压比偏高。

案例3中，分区的减压阀串联安装，服务于高区的减压阀在前。这时，第一个减压阀要根据总流量来设计选型，而后面的减压阀，由于是二级减压阀，工作减压比较低，更能避免气蚀风险，调节更准确。

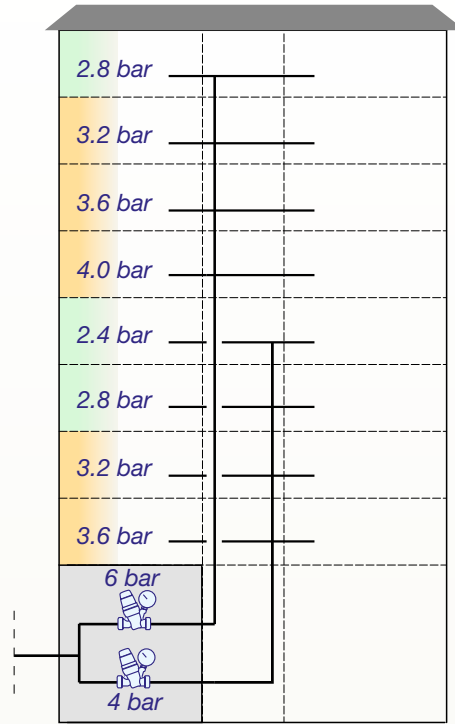
当分区供水不实际或不划算时，正如案例4一样，可以用单立管供水，每一层或每个用户装一个减压阀。这一方案可以提供给用户最佳的供水压力，不过15或16层以上的系统不适用，因为减压比过高。



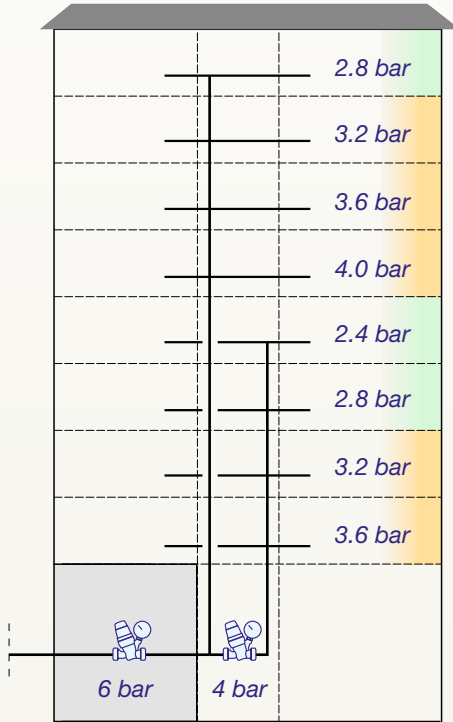
案例 1



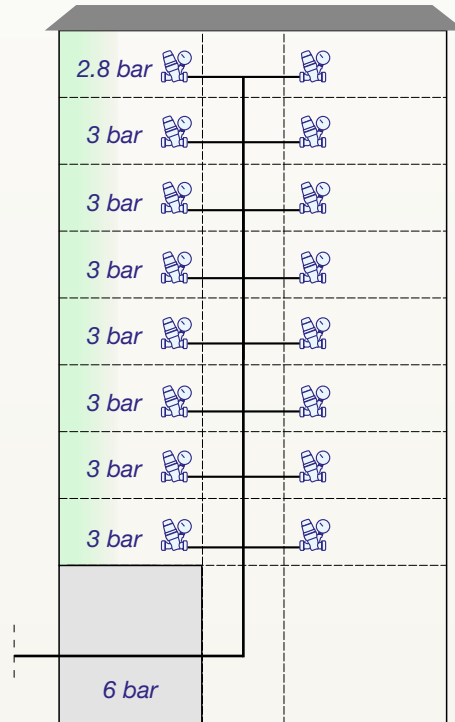
案例 2



案例 3



案例 4



自来水压力充足的多层供水系统

## 可用压力不足

在大部分多层建筑中，都存在自来水压力不足以保证最不利用户即高层用户正常使用的情况。

这时，必须借助一个或多个增压设备，以满足高层用水需求，但同时还需避免低层压力过高。

当压力只够服务于最底层时（案例1），可以分立管供水，这样：

- 自来水压力直接服务于低层；
- 增压设备服务于高层。

增压设备的设计选型要考虑所涉及到最高几层的设计流量，而不是整个建筑的总流量。

如果自来水压力不足以给低层供水的话，就必须给整个管网增压（案例2、3和4）。

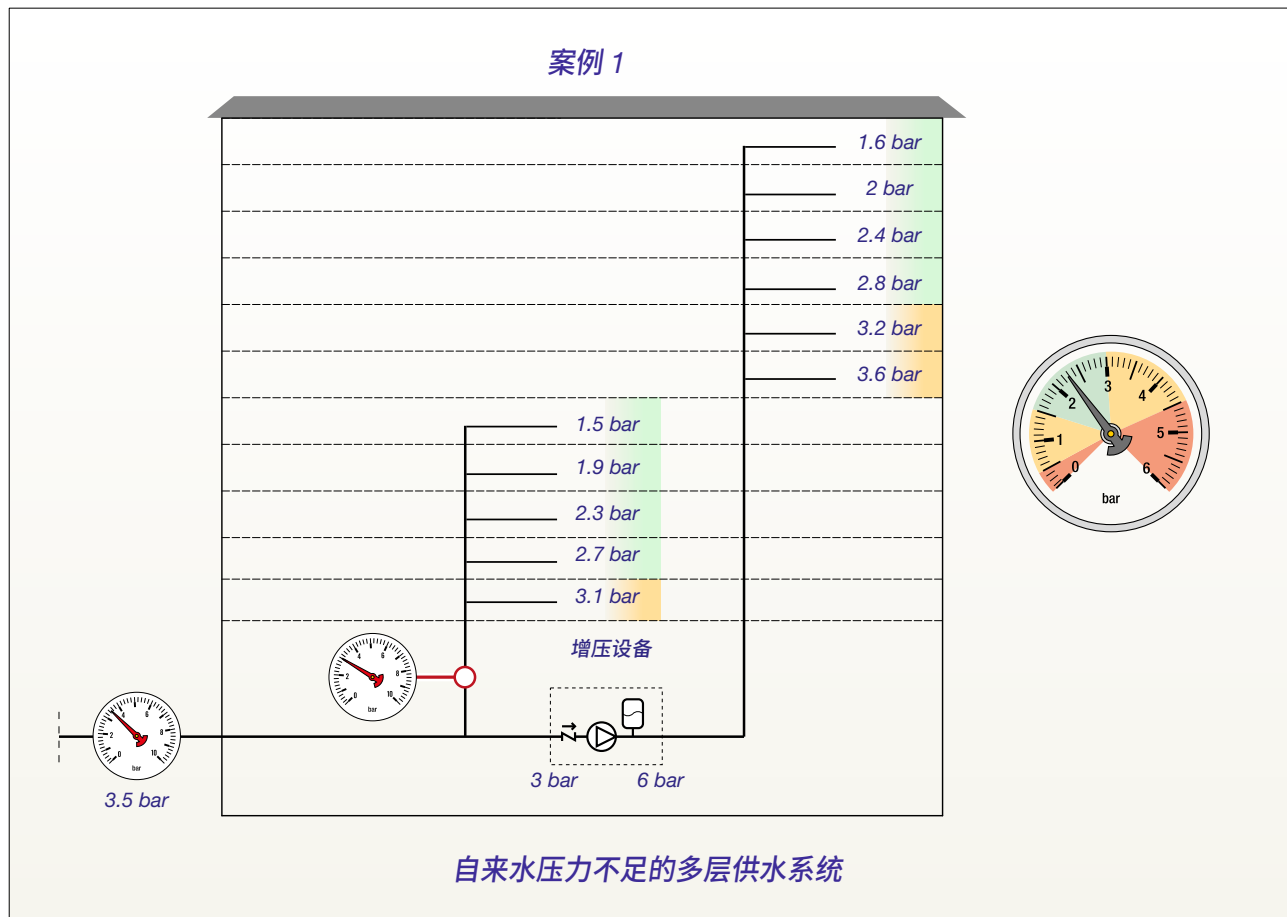
可以考虑每个供水立管各用一套增压设备（案例2），按照各自的设计流量选型。

也可以在主管上安装一台增压设备，与服务于

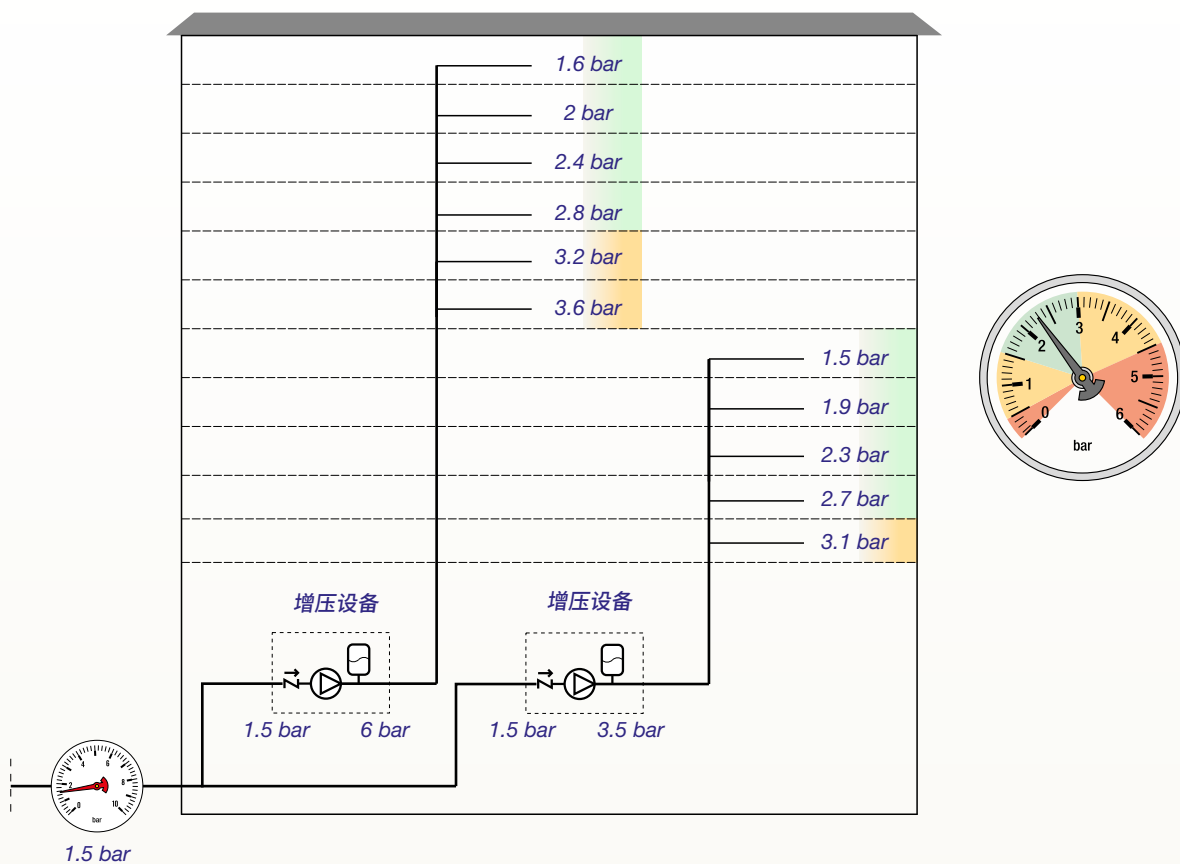
低区的减压阀结合使用（案例3）。对于这一应用，增压设备的设计选型要考虑整个建筑的设计流量，以及服务于最不利区域立管所需的压力。

最后，还可以不分区立管供水，利用一组增压设备和每层（每用户）使用减压阀（案例4）相结合。如前所述，这一方案可以实现用户的最佳供水压力，避免划分成多个立管供水。

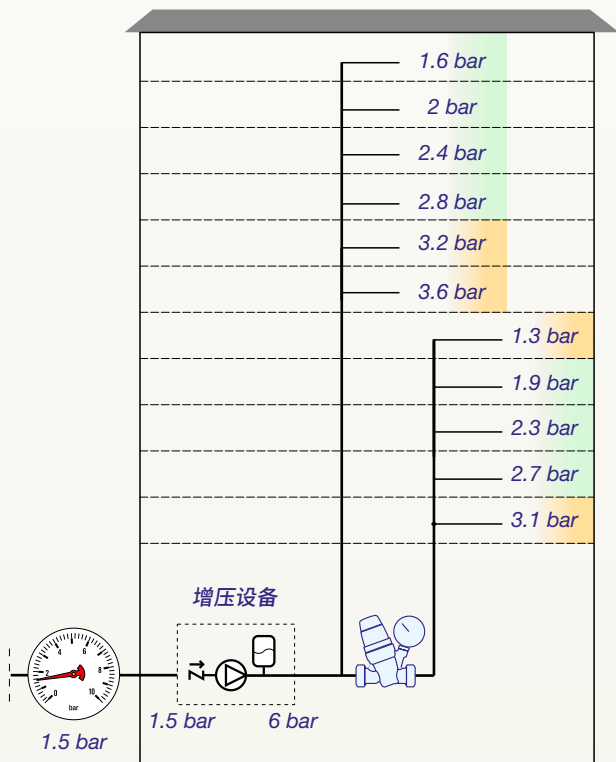
在超高建筑中，低层的减压比可能过高；这种情况下，必须串联安装减压阀。



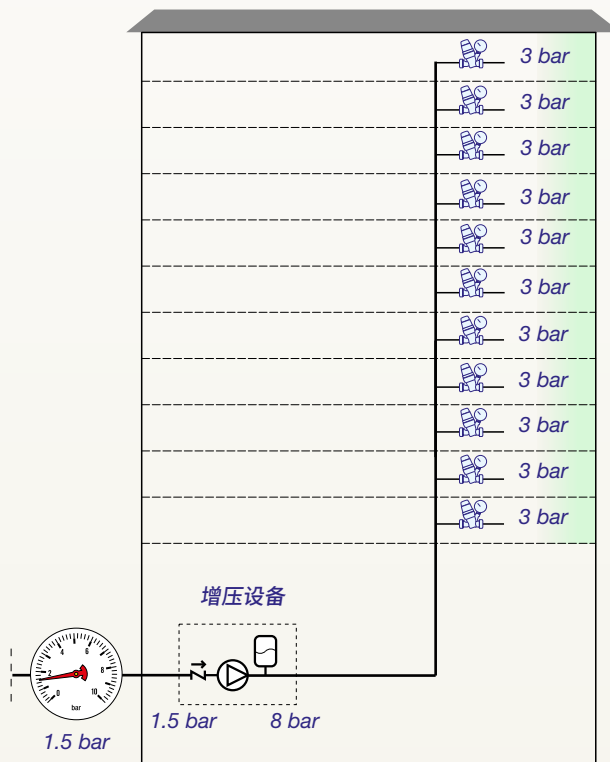
### 案例 2



### 案例 3



### 案例 4



自来水压力不足的多层供水系统

## 生活热水供应

生活热水的产生方式有：

- 集中式，热力站储水箱和专门的供水系统；
- 自力式，通过用户热力站、壁挂式锅炉或热水器。

### 集中式

现在详细分析一下多层建筑中的集中式生活热水系统的供水压力。

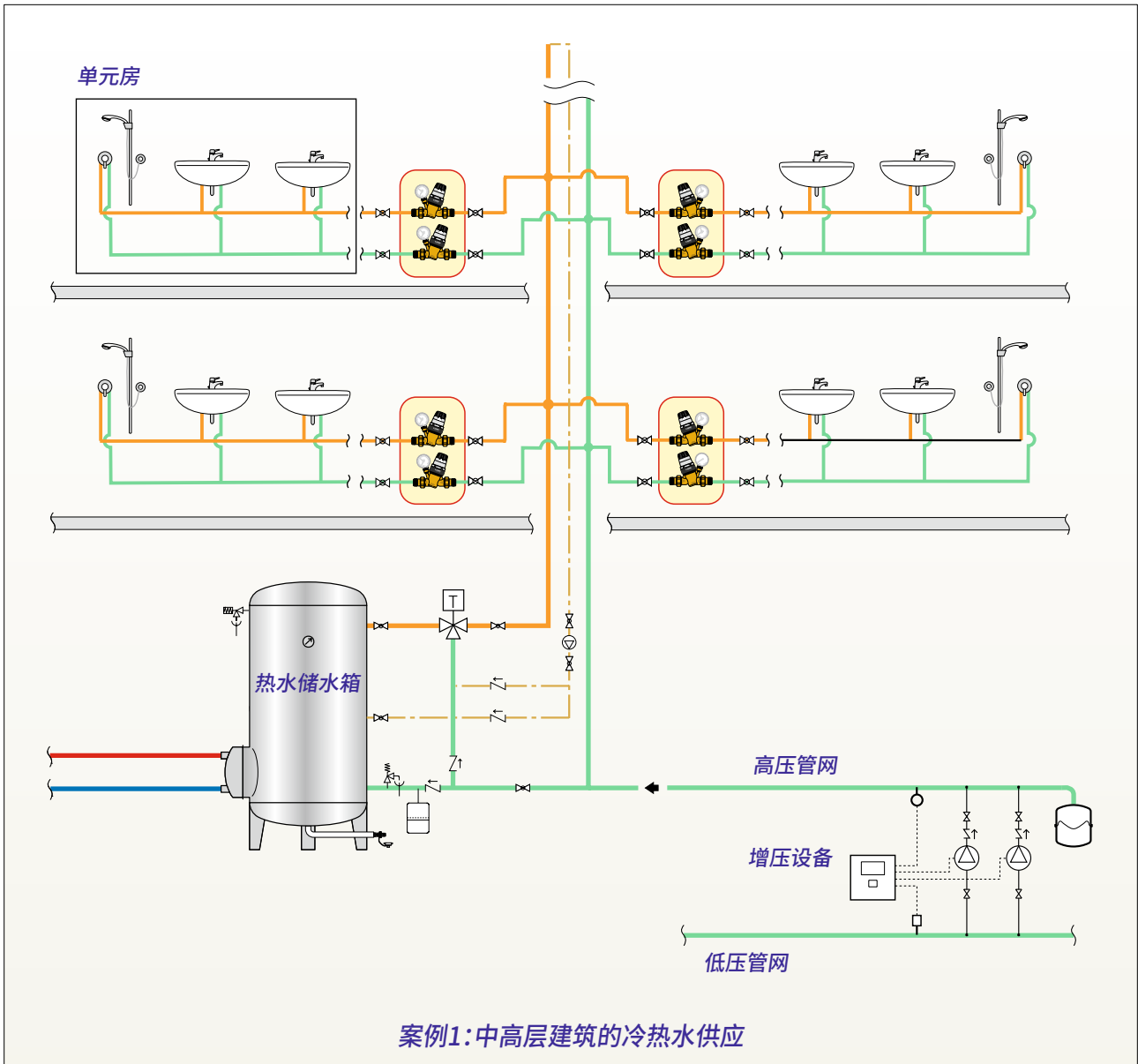
除了与冷水供应相关的那些问题以外，还要考虑以下几个方面：

- 高温易引起气蚀现象；
  - 高温对系统部件材料的影响；
  - 减压阀错误安装时可能给循环系统带来的故障
- (参见第32页)。

最高约10或15层的中高层建筑中(案例1)，可以考虑使用一个供水立管，每层或每单元两个减压阀：一个用于冷水减压，另一个用于热水减压。如前所述，须考虑到热水系统的减压阀耐高温性能。

在塔式建筑中(案例2)，鉴于其高度，最好避免分成多个立管供水，与前面章节中讲的生活用冷水系统情况相反。

这种情况之所以不划算是因为除了冷热水供应主管道外，还要考虑多个热水循环支管路。





从经济角度看，这类管网对总成本影响巨大。此外，热水（以及循环）管网越长，热量散失越严重，这会造成进一步的经济损失。

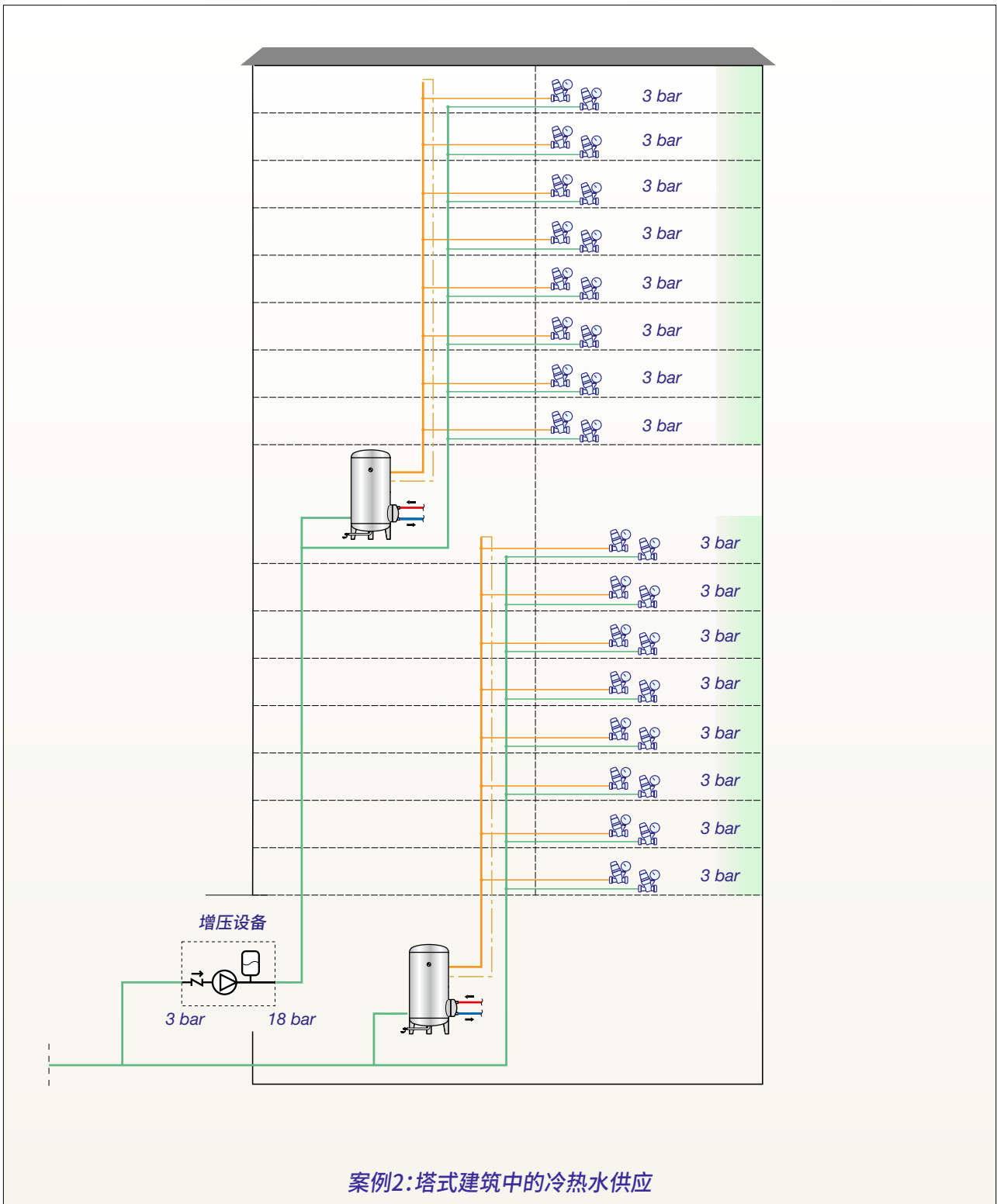
基于这些原因，可以只将冷水管网拆分，将热水生产置于中间层，即所谓的设备层。

通过这种方式，管网的长度明显缩短，系统部件（锅炉和减压阀）不必承受高压。在冷水和热水管网

上，每层或每户安装一个减压阀，可以保证正确的供水压力。

另一种解决方案是安装热交换器取代锅炉，因为该部件更耐高压。

各种可能性都必须在设计阶段对可行性和成本加以评估。



## 自主生产

在技术和经济层面上没有实现集中热水系统的优势时，可以通过比如“用户热力站”等设备产生热水。

推荐参阅第42期《水力杂志》，其中详细介绍了利用热电联产热量产生即热式热水的换热设备。

通过这种方式，只需保证冷水供应系统的正确压力即可。

这一类系统的好处是：

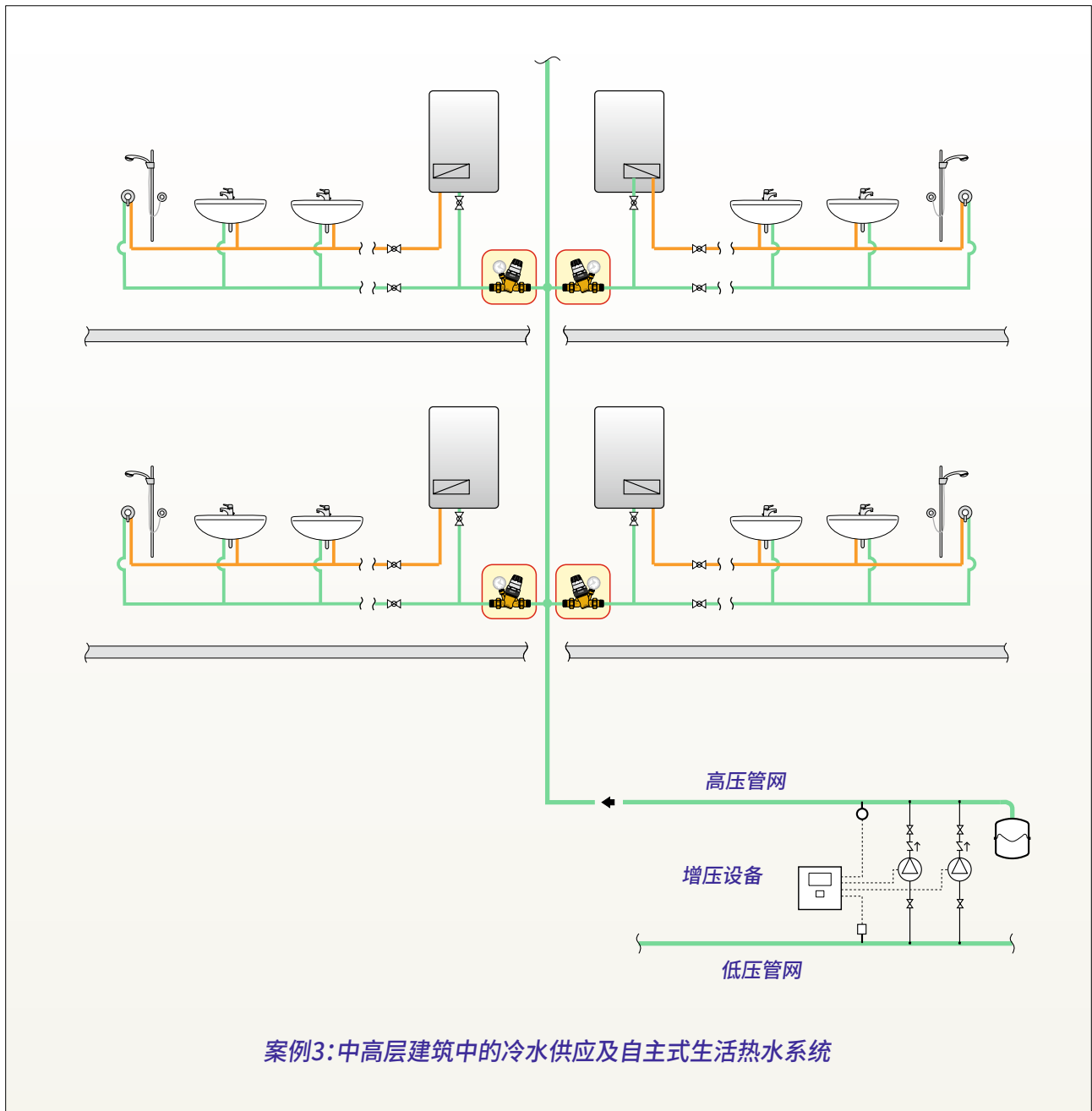
- 管道安装成本低；
- 更低的热量流失，无需维持热水管道的循环；

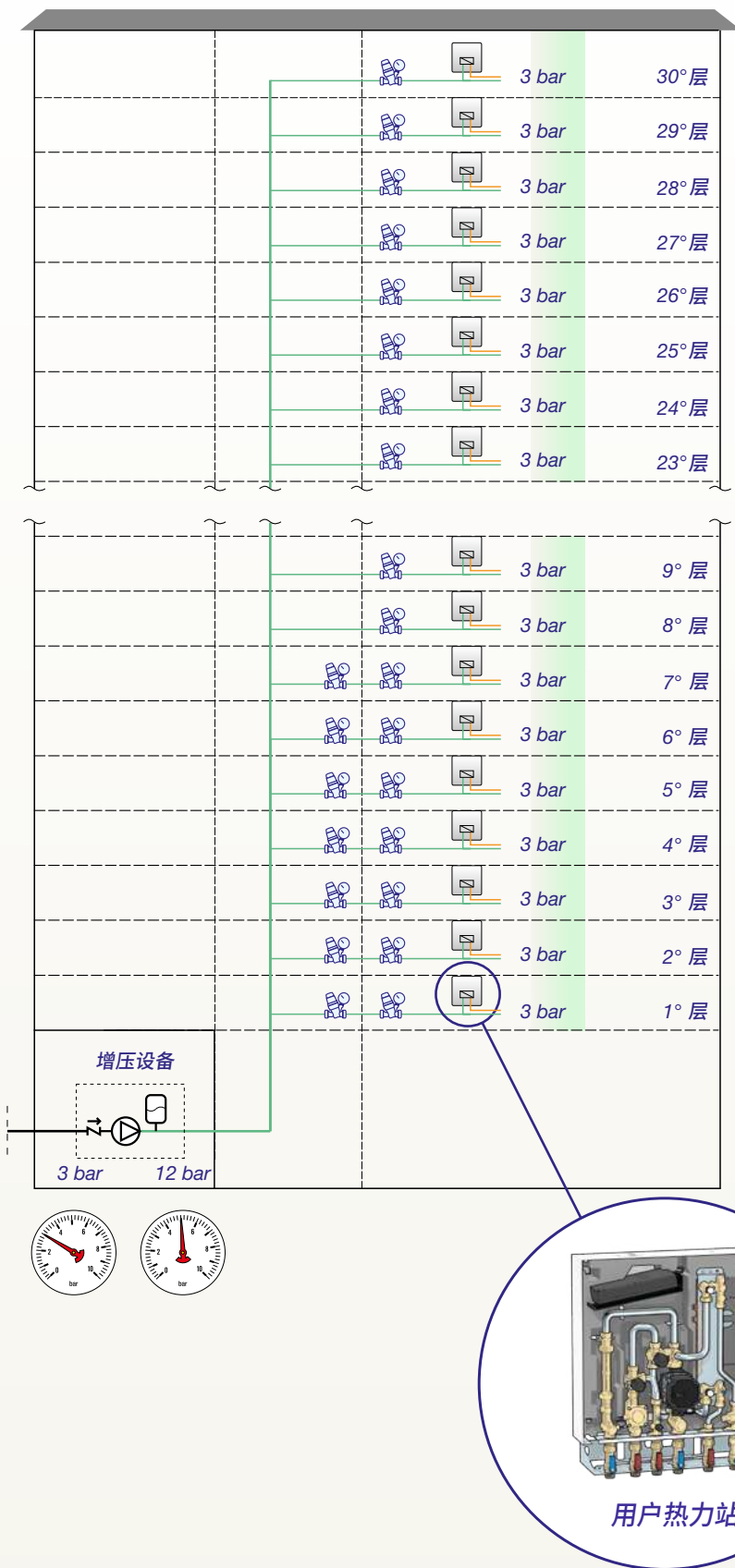
- 生活热水系统常见的分层加热导致的细菌产生可能小。

中高层和塔式建筑中都可以采用自主式热水生产。

第一种系统里（案例3），在每层或每户安装一个减压阀足够了。

第二种系统里（案例4）则需要串联安装两个减压阀，以避免超压和运行过程中减压比过高。





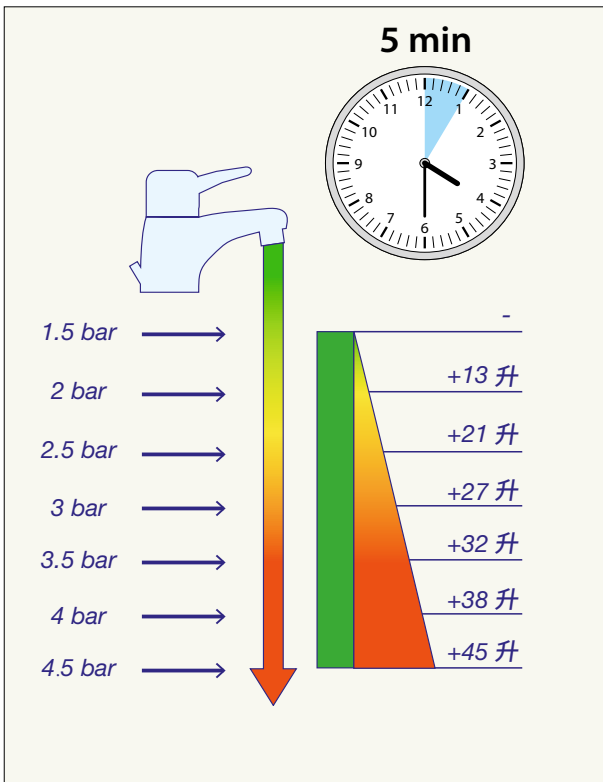
案例4:塔式建筑中冷水供应及自主式生活热水系统

## 节水

生活供水管道中正确的压力分布对于正确的用水调节和避免出现噪声以及管道水锤现象至关重要。实际上，压力过高会导致流量超出实际需要，从而造成能源尤其是饮用水的浪费。

用水过量主要是因为普通水龙头在没有限流装置的情况下，随着上游压力的增加其流出的水量也随之增大。

下图的例子就说明了这一现象。



从图中看出，水龙头上游供水压力过高会导致其实际流量是设计流量的几倍以上。

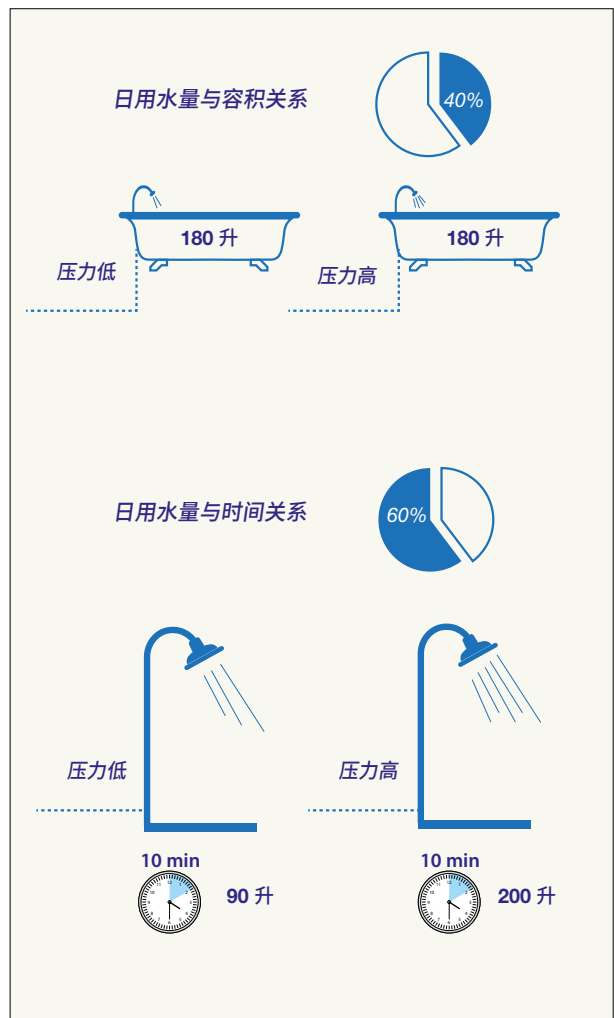
从节水的角度来讲，不是所有的用水设备都需要更高压力以获取更大流量。比如，注满浴缸或者抽水马桶水箱所耗水量都相同，而不管供水压力正常，还是压力过高。后一种情况下，由于水流量大，填满浴缸或抽水马桶的时间会缩短，但是水量是一样多的。

这类用水设备的用水特性与容积相关。而其它更多用水设备的用水特性与时间相关，这类设备流量的增加是主要的费水原因。比如，洗手、淋浴或刷盘子等基本上都是要保持水龙头打开一定的时间。

这些情况下，管网给水龙头的供水压力越大，即供水流量越大，水的消耗量就越大。

以过高压力给用户供水造成的消耗，如图所示，可以达到正常压力供水的两倍以上。

对于一个普通家庭用户来说，由时间所决定的耗水量其百分比可以估算在总用水量的50%到60%之间。



自来水的供水管道压力变化较大的一个例子就是高层建筑：实际上，高度造成的静压会使低层水龙头的可用压力相应地升高。

## 范例

为了更好地理解自来水的消耗和浪费现象，我们举例分析一栋9层建筑的供水情况。

在范例中，采用的是三根立管，每根服务于每层两个卫生间。供水管道的选型参考第5期卡莱菲手册。

为了简便起见，立管底部的压力视为相同。

供水图示和相关的压力变化见下图。可以看到，为了保证最高层的正确压力，随着高度的下降，压力逐渐增加。

关于日耗水量，可以参照以下数据：

- 每层人数: 8
- 人均总用水量: 240 l
- 容积所决定的用水量45% : 110 l
- 时间所决定的用水量55%: 130 l

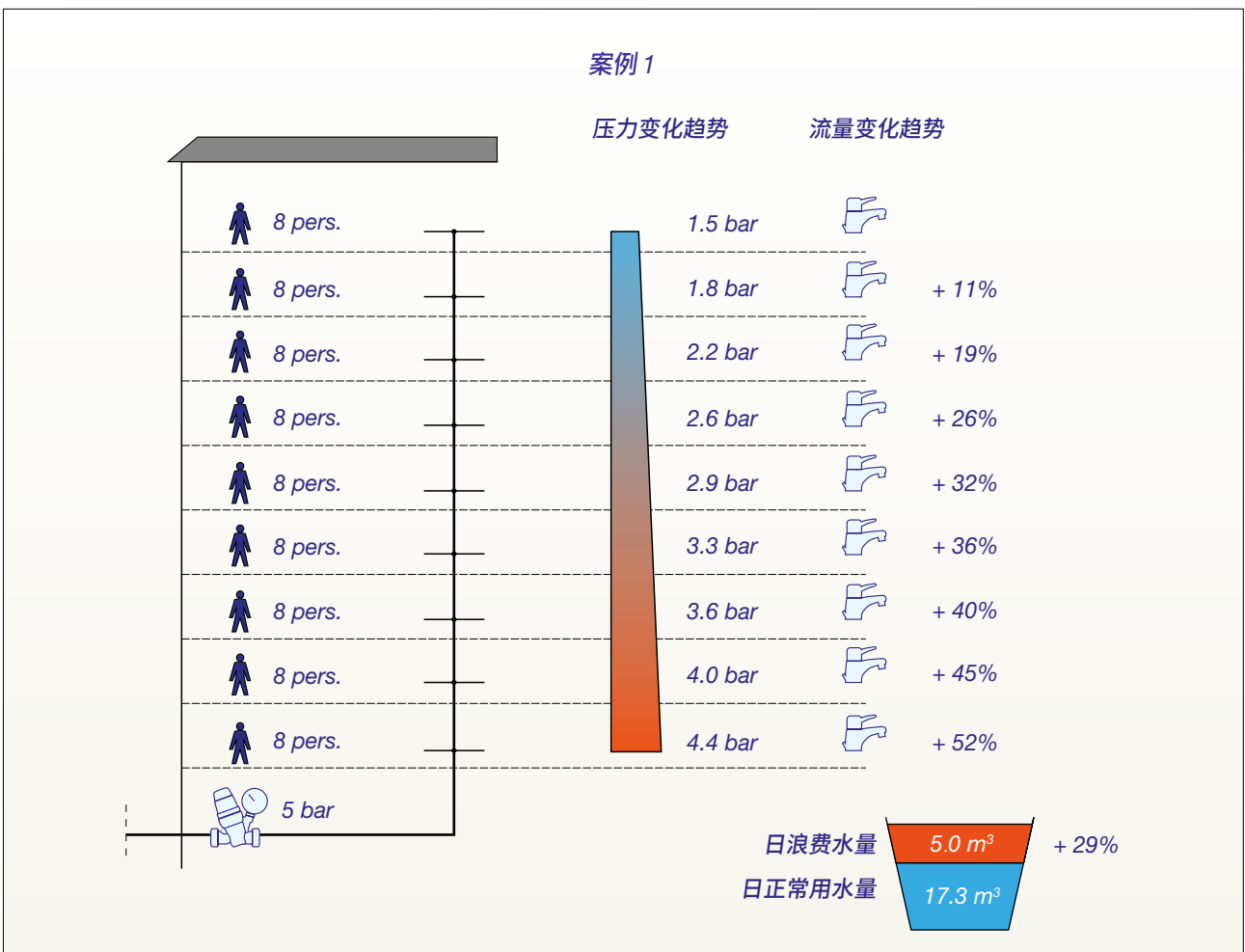
建筑总需水量为17.3 m<sup>3</sup>。

人均日用水量 [升]	
洗浴与淋浴	100
卫生间	50
洗衣	30
洗碗	25
食物	15
其它 (清洁)	20
<b>日总用水量</b>	<b>240</b>

如上一页所示，用水浪费取决于受时间影响的用水量，而它又受到供水压力的影响。

下面的案例中，将计算不同系统类型所造成的用水浪费情况。

案例1中所示的是一根供水立管，每层没有减压阀，水龙头上也没有节流装置。这种情况下，由于低层压力大，自来水的平均消耗量比所有龙头按设计流量供水的理想状态要高出29%。





案例2和3中分析的两种情况，供水压力通过使用不同压力的多根立管来保持比较固定的供水压力。

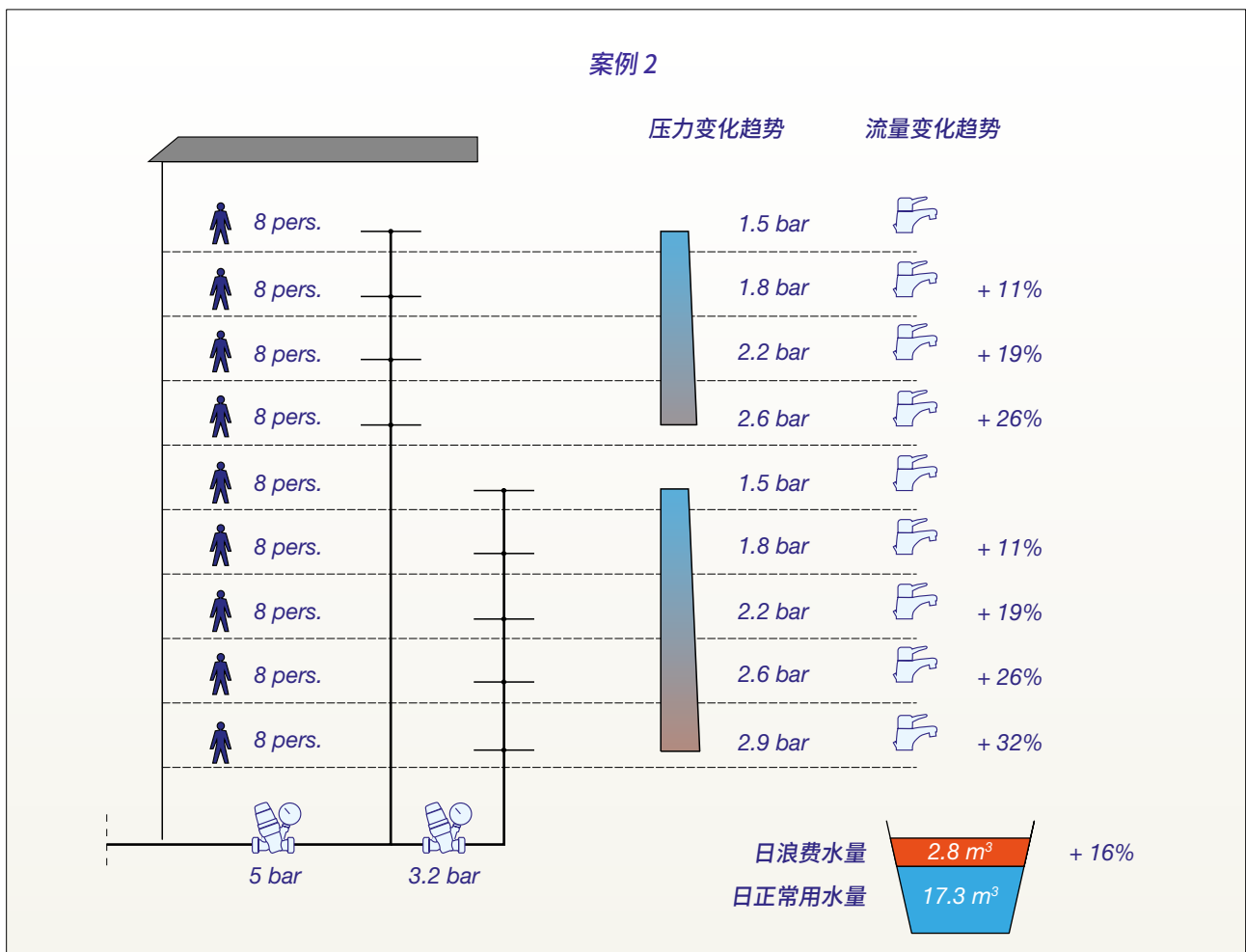
案例2中为两根立管供水：一根服务于较高的四层，另一根服务于余下的几层。从图中数据可以看出，与只有一根立管的情况相比，供水压力更佳，耗水量较小，不过仍然比理想状态要高出16%。

案例3中分析的是三根立管供水情况：从这一案例中也可以看出，比起所有龙头以正常设计流量工作的参照状态，供水压力越均衡，造成耗水量增加就越少。

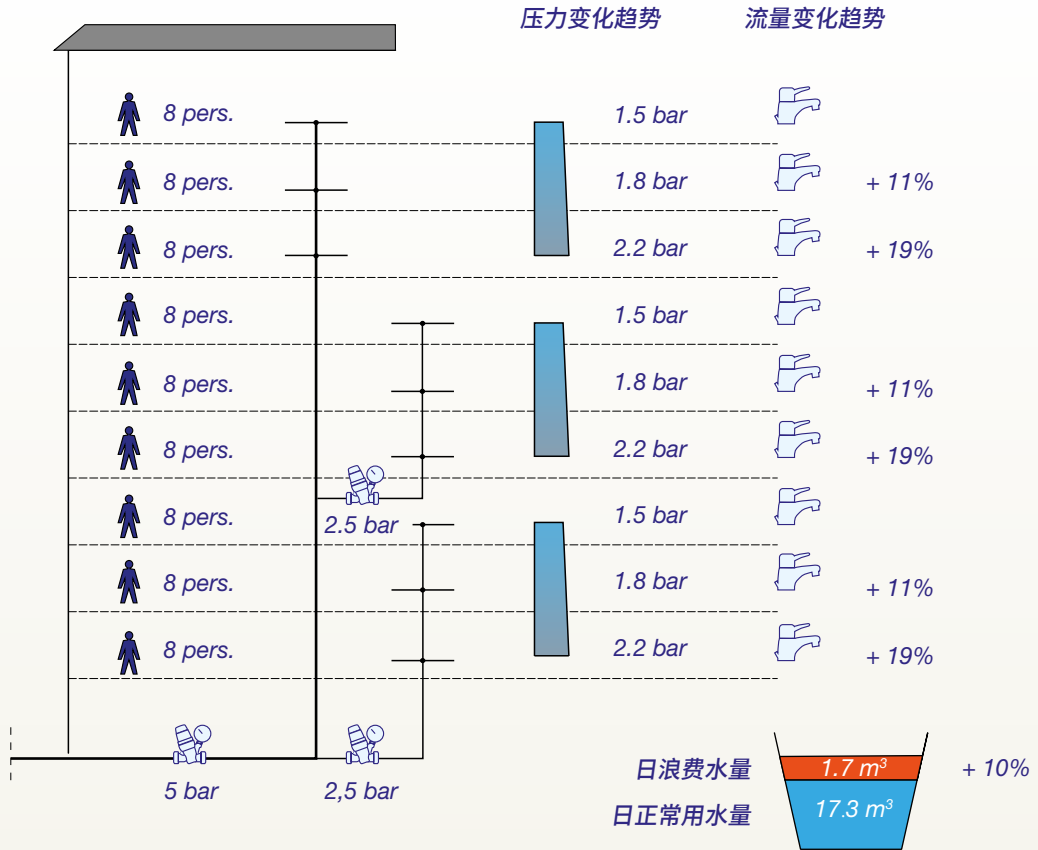
最后，在案例4中所示的是由一根立管和每层安装

减压阀组成的供水系统。这种方案保证每个水龙头的压力都非常接近设计值即正确的供水流量。通过在水龙头上安装流量控制阀也可以取得类似效果，不过，需要注意的是，在供水压力的上游进行控制更为有效和耐用，另外，末端的用水设备可能会被用户更换为不带流量调节类别的。

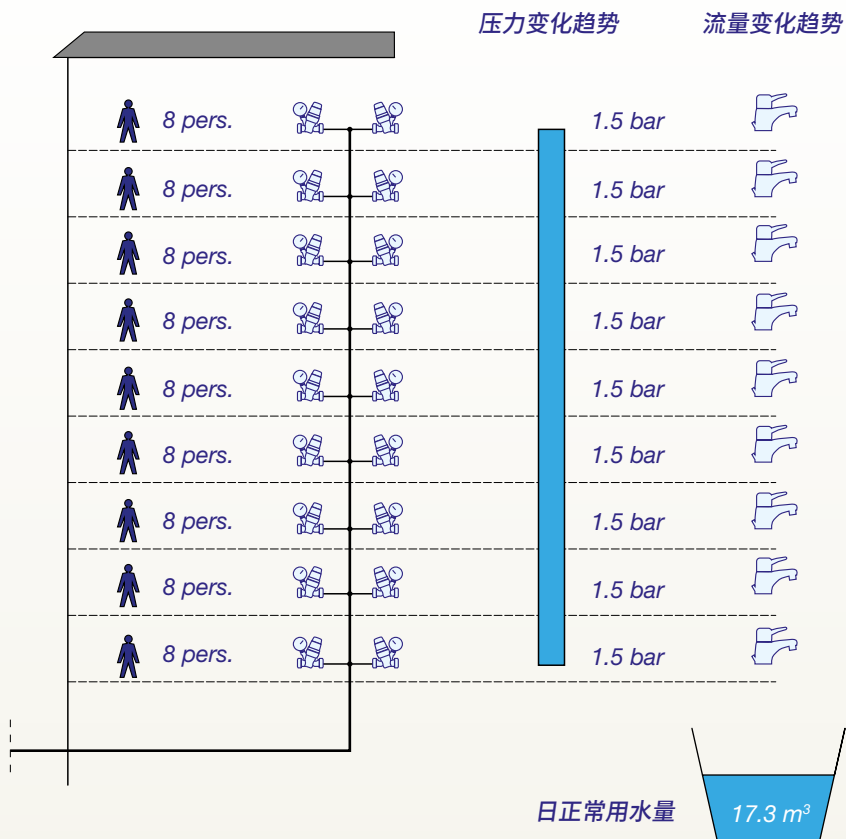
正如前面简短分析的，以均衡压力供水设计的管道系统，除了可以保证正常工作外，还可以明显地节约用水。



### 案例 3



### 案例 4



## 冷水 减压阀



### 533 型

倾斜式减压阀  
可抽取式滤网与阀芯

#### 技术特点

黄铜阀体  
镀铬  
内螺接口  
上游最大压力：16 bar  
下游调节压力：1 到 6 bar  
最高工作水温：40°C



### 5350 型

一体式阀芯减压阀  
带预调节显示

#### 技术特点

防脱锌合金铜阀体  
套筒式接头  
上游最大压力：25 bar  
下游调节压力：1 到 6 bar  
最高工作水温：40°C  
EN 1567标准认证  
专利



### 5351 型

一体式阀芯减压阀  
不锈钢滤芯，透明壳  
带预调节显示

#### 技术特点

黄铜阀体  
套筒式接头  
上游最大压力：25 bar  
下游调节压力：1 到 6 bar  
最高工作水温：40°C  
滤网网眼直径：0.28 mm  
EN 1567标准认证

## 冷热水 减压阀



### 539 型

减压阀

#### 技术特点

带内/外螺接头

上游最大压力: 25 bar

下游调节压力: 从1 到 5.5 bar

出厂调节压力: 3 bar

最高工作水温: 80 °C



### 5350..H 型

一体式阀芯减压阀

#### 技术特点

防脱锌“低铅”合金铜阀体

套筒式接头

上游最大压力: 25 bar

下游调节压力: 1 到 6 bar

最高工作水温: 80°C

性能符合EN 1567标准



### 5360 型

可抽取阀芯式减压阀

#### 技术特点

防脱锌合金铜阀体

套筒式接头

上游最大压力: 25 bar

下游调节压力: 0.5 到 6 bar

最高工作水温: 80°C

性能符合EN 1567标准



## 高压减压阀 (PN 40)



### 5360 型

一级减压阀

下游调节压力: 10 到 15 bar

防脱锌合金铜阀体

配有甘油不锈钢压力表: 0 ~ 25 bar

接口: 套筒式 1/2" ~ 1 1/4" M



### 5360 型

二级减压阀

下游调节压力: 0.5 到 6 bar

防脱锌合金铜阀体

配有甘油不锈钢压力表: 0 ~ 10 bar

接口: 套筒式 1/2" ~ 1 1/4" M

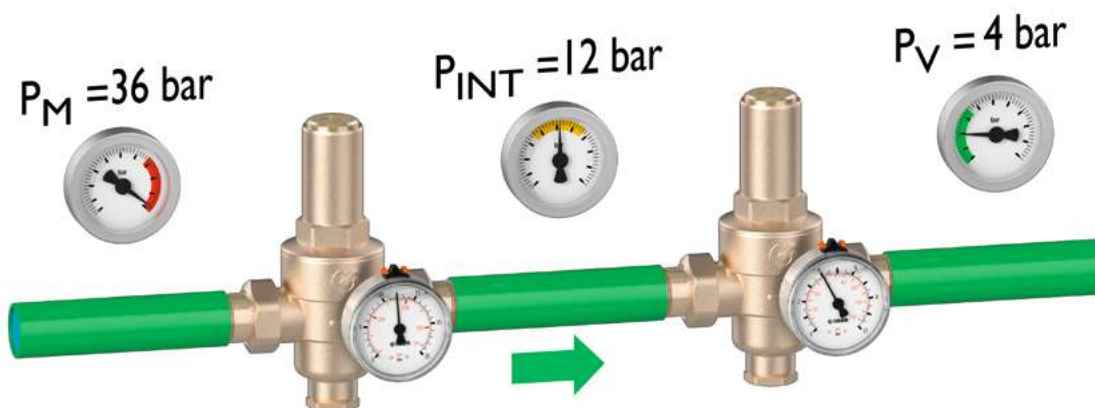
降低和稳定市政供水系统进水压力。

可抽取式阀芯，方便定期清洁与维护。

可选择防止人为失调的锁闭环。

### 减压比

为防止部件内部发生气蚀现象，建议上游最大压力与下游调节压力之间的比值不超过3。比如要将上游压力值36 bar降至下游4 bar，正确的选型是使用两个串联的减压阀。





## 法兰式减压阀



### 576 型

减压阀

#### 技术特点

铸铁阀体, PN16

法兰连接 PN16

尺寸从DN 65 到 DN150

上游最大压力: 16 bar

下游调节压力: 2 ~ 14 bar

双压力表

## 先导式减压稳压阀



### 578 型

减压稳压阀

#### 技术特点

铸铁阀体, PN25

法兰连接 DN 65 ~ DN150, PN16

DN 200 ~ DN300, PN10

尺寸从DN 65 到 DN300

上游最大压力: 25 bar

下游调节压力: 2.1 ~ 21 bar

双压力表

## 专用减压阀



### 533..H 型

迷你型倾斜式减压阀  
饮水机、饮料机和咖啡机专用  
可抽取式滤网与阀芯

#### 技术特点

防脱锌“低铅”合金铜阀体  
上游最大压力：16 bar  
下游调节压力：0.8 到 4 bar  
最高工作水温：80°C  
建议最大流量：6 l/min。

专门为精准降低和稳定低流量时的供水压力而设计

尤其适合狭小空间安装

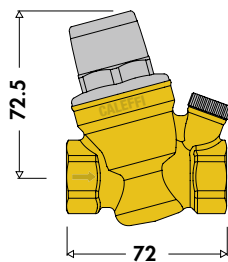
性能符合EN 1567标准认证

热水使用温度最高达80°C

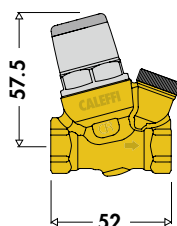
典型应用：饮水机、饮料机和咖啡机

#### 尺寸对比

1/2"标准减压阀



3/8"迷你型减压阀



## 辅助设计软件

卡莱菲始终重视设计师的要求，推出快速、正确为生活用水系统主要部件设计选型的软件。

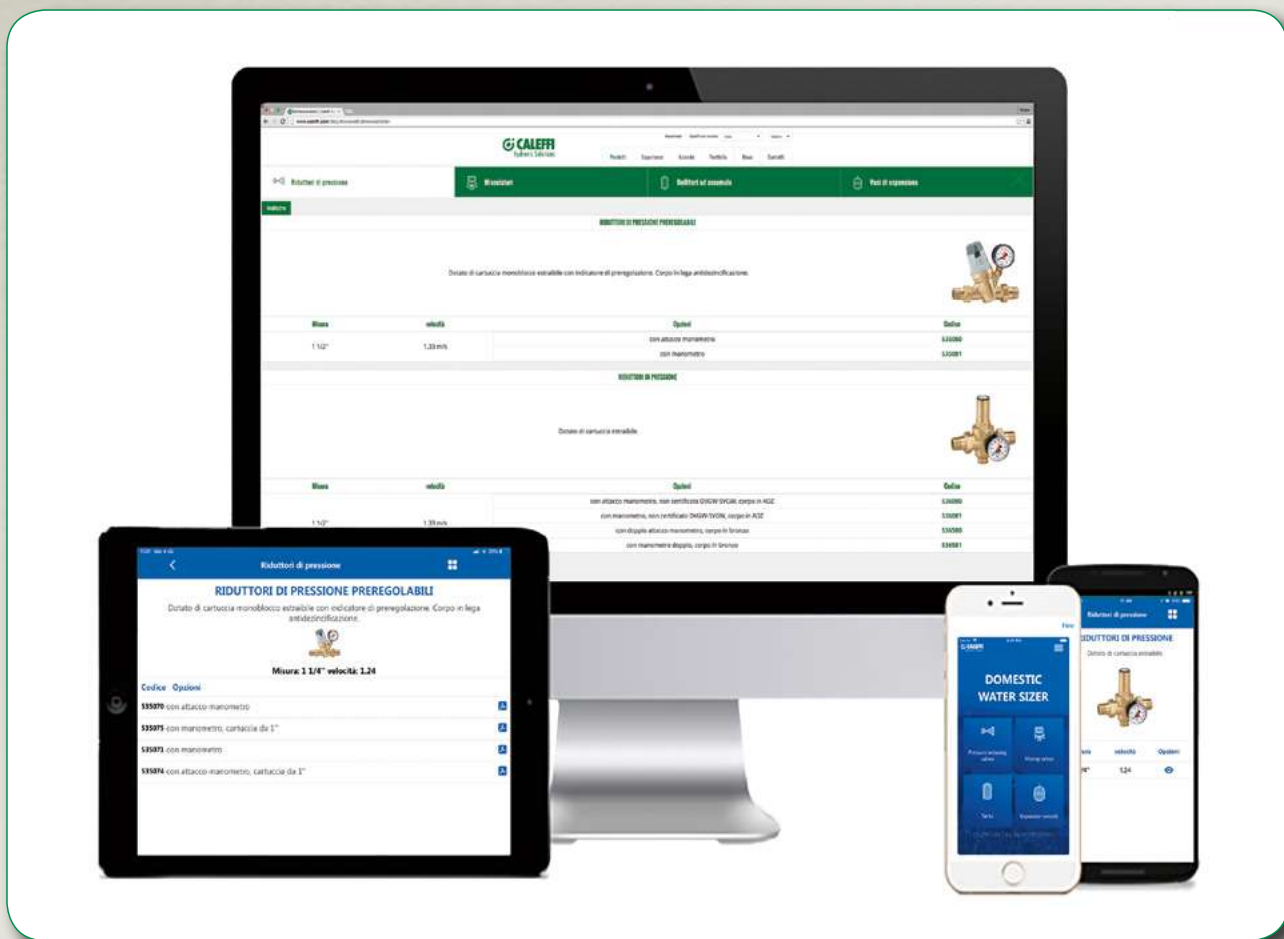
输入适当的设计参数，就会出现与使用条件兼容的产品。该应用还可以生成PDF格式的设计报告，包含输入的数据、计算得出的数据和技术资料。

DOMESTIC WATER SIZER可以快速、正确地为生活用水系统主要部件设计选型。



热水储水箱：减压阀、混合阀、储水式锅炉以及膨胀罐。

可以使用我们网站上的WEBAPP或者APP STORE和GOOGLE PLAY的手机APP。



另外，还有PIPE SIZER软件，空气和水压损表的数字化界面。可以为空气和水管道设计选型或者计算已知管网或压力损失。



www.caleffi网站、Apple Store和Google play上的设计选型软件。







## 更好的压力控制，更少的用水浪费

### 5350..H型

- 设计紧凑
- 安装、维护简便
- 低压损
- 压力预调节，带调节显示



冷热水

保护系统 保护水资源

[www.caleffi.com](http://www.caleffi.com)

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions