

对“低阻力倒流防止器”的防止回流能力的质疑

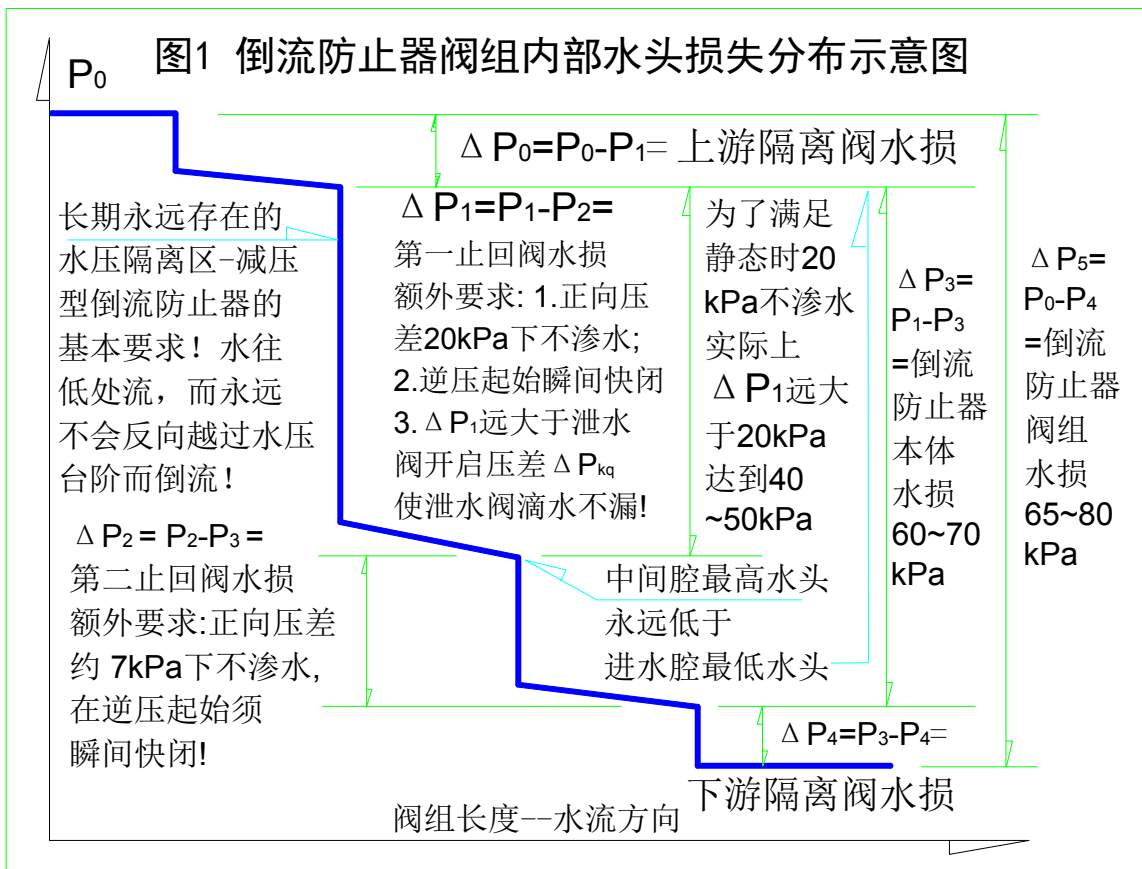
陈乙飞 廖芝金 陈银周 童智飞
深圳市华力大机电技术有限公司

摘要：回流污染可能引发重大事故，倒流防止器何其重要。通过阀内水损分布和背压泄水原理分析，详述了低阻力型与减压型倒流防止器的防止回流污染能力的差异与本质区别，论证了低阻力型倒流防止器的防护能力很弱，防护等级很低。

关键字：独立止回阀 主动关闭 提前关闭 水流换向趋势 低压隔离 水力隔离 界面隔离

减压型倒流防止器的大水损，源自三个苛刻要求：

- 1.二个止回阀的独立快闭；
- 2.在正常流态下使泄水阀动态关闭且滴水不漏---很难,只能牺牲水损；
- 3.减压隔离区的始终存在并长期永远低压；
- 4.倒流防止器的设计意图就是要“故意制造”较大的水损，以便形成居中的低压隔离区。该水损之大还足以动态地且滴水不漏地关闭“必须灵敏动作”的泄水阀--高难技术。因此，非 50kPa 以上的本体水损不足以达标。



从欧美标准 EN12729 和 AWWA C511 看二个止回阀关闭力对防止回流污染的重要性

1.下游止回阀，在不同的水柱高度情况下（见图 4），要求水柱高差 Δh_1 和 Δh_2 都高于 $70 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。这说明，下游止回阀的弹簧预紧力较大，将产生起码大于 $0.7 \text{ mH}_2\text{O}$ （C511 是 1psi）、动态时可能达到 $1.5 \text{ mH}_2\text{O}$ 的水头损失。

2.上游止回阀，充水水柱分别达到 0.2m、1m、2m 各停留 5 分钟，要求水柱高度不下降。

这说明，上游止回阀的弹簧预紧力更大，将产生起码大于 2mH₂O（C511 是 3psi）、动态时可能达到 5mH₂O 的水头损失。

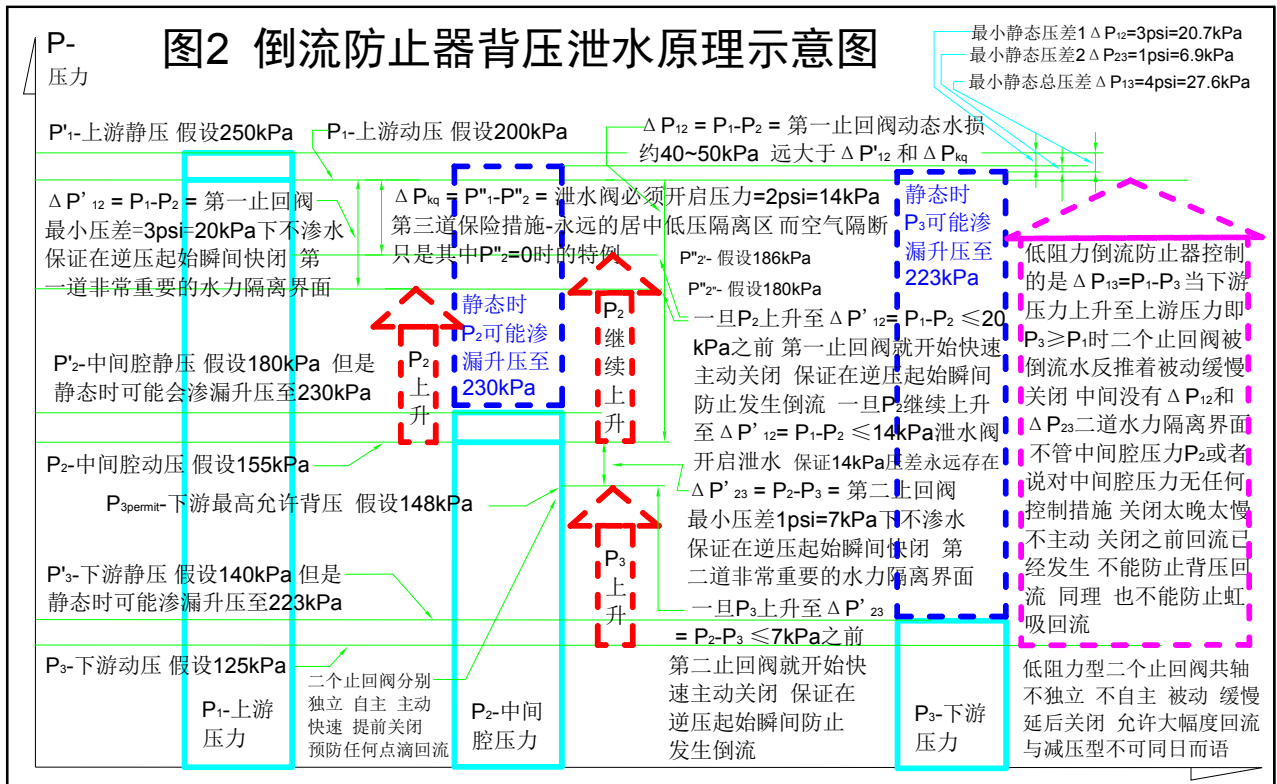
3.更重要的是，二个止回阀的较高强度的弹簧预紧力保证止回阀具有足够快的关阀速度，确保在发生背压倒流或者虹吸倒流之前（流向发生转向趋势之前）的瞬间($0 < \Delta p_{12} = p_1 - p_2 \leq 20\text{kPa}$)能完成关阀动作，这，正是减压型倒流防止器设计的本意之一。

图 1 的第 2 和第 3 压力差台阶是从物理上保证水不会从低处向高处倒流；二个止回阀的较高强度的弹簧预紧力是从时间上保证下游水永远不会有向机会向上游倒流-哪怕是非常短暂的瞬态也不允许，从而形成空间上和时间上防止回流污染的永远的可靠保证。

本文作者曾经在审阅倒流防止器国标 GB/T 25178-2010 送审稿时提议增加如下条文：

7.7.0 总体动作要求

为了尽量减小水力扰动和水头损失，阀内水流通道应该是流线型的。阀内活动部件应该被恰当地定位、支撑和导向，从而可靠地运动，不应出现松动和迟滞。泄水阀在正常流量波动和压力波动情况下应该可靠且安静地灵活开闭而没有过多“频跳”。在整个操作过程中，阀组不应该产生较大的水击，并且能够承受系统中可能遇到的水击的冲击。阀组应该对压力变化足够敏感而快速动作，不允许动作迟滞而导致可能的回流污染。一旦出现阀组下游压力增高而水流趋于转向之机，二个相互独立的止回阀都应该自主可靠地严密关闭。



减压型倒流防止器拥有一道水力隔离界面、二道机械隔离界面、一个泄水阀、一套可测控装置等多达五重的保险措施；而低阻力倒流防止器仅仅关注 $\Delta P_{13} = P_1 - P_3$ ，完全放任中间腔 P_2 和 $\Delta P_{12} = P_1 - P_2$ 这些重要指标是非常不合适的。

“主动关闭”与“被动关闭”是减压型倒流防止器与“低阻力倒流防止器”的主要区别

减压型倒流防止器的基本定义：是由二个相互独立的弹簧助闭弹性密封止回阀和中间减压腔内一个独立的水力差动式泄水阀构成。泄水阀的压力腔与上游供水压力相连，三个内部阀门除共用阀体外，无机械上的联系（亦即不会同时发生共同的相关的机械故障，并保证各自操作

的独立性)。阀体内部被二道隔离界面(止回阀)和隔膜分隔成上、中、下游三个压力腔(中间特命名为减压腔),并且带有上、中、下游四个弹性密封的压力测试球阀,连同上、下游二个弹性密封的隔离阀门一起,构成一套多保险的防回流装置。

低压隔离、四保险(相互独立的二道隔离界面+泄水阀+可测控)和止回阀的主动快速提前关闭是减压型倒流防止器的本质特点,它是目前全世界公认的最高等级的防回流装置。图 3

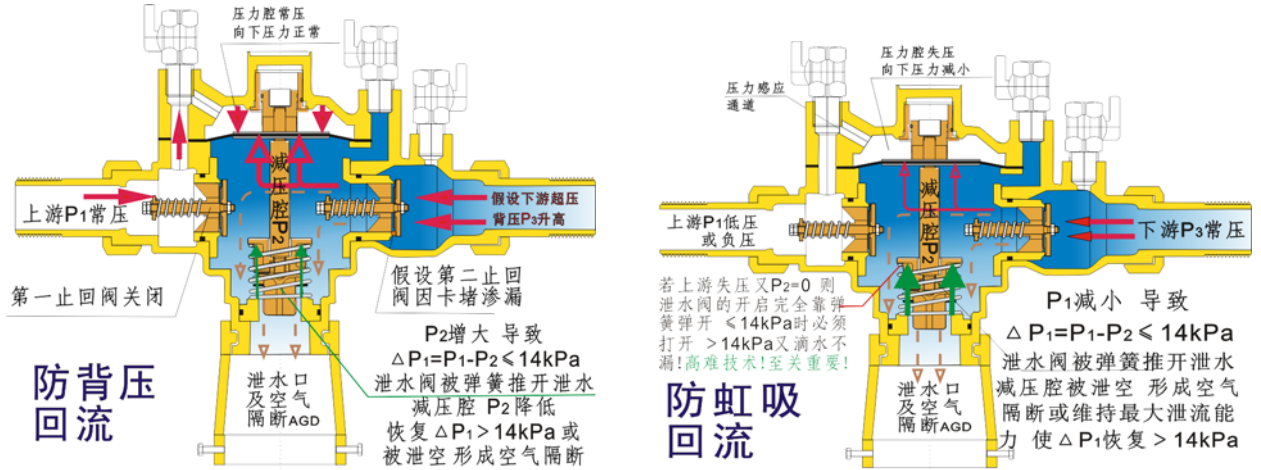
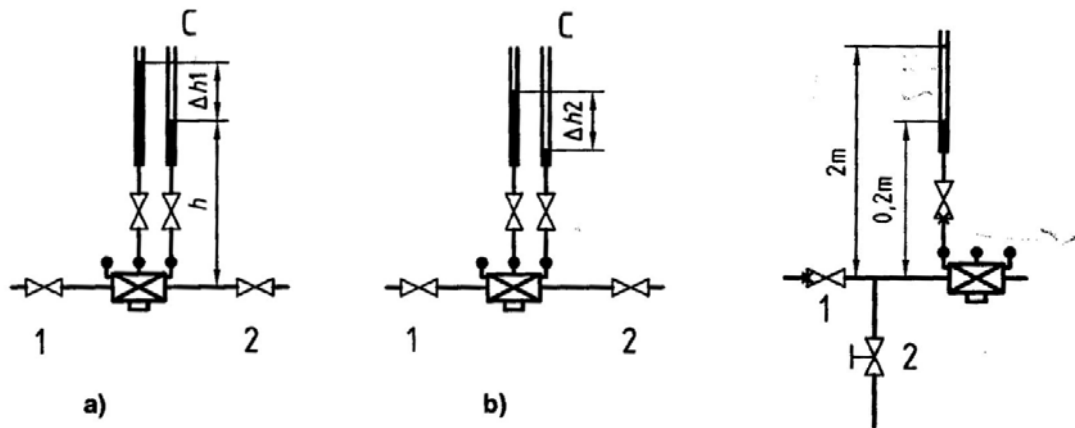


图 4



独一无二的，作为倒流防止器后期之秀的中国市场，一开始就“独辟蹊径”，很快就“削足适履”般地“发明了”能“满足规范期望”的水损只有 $3\sim 4\text{mH}_2\text{O}$ 的所谓“低阻力倒流防止器”，这可以称之为“世界级的发明”，起码是“中国对国际水工业行业的重大贡献”，号称“破解了困扰国际水工业行业几十年的世界级难题”。但是，“低阻力-低水损”的本质却是减小了二个止回阀的弹簧强度，从而使“倒流防止器”潜藏允许倒流的风险。据发明者自述¹：“当出现进口压力小于或等于出口压力时，主阀的二个（止回阀）阀瓣都感应出口压力而自动关闭，排水器的阀瓣会自动开启，保持常开，并将主阀中间腔内的压力水排空，形成空气隔断，从而确保了隔断的安全性”。最重要的就是这个“感应出口压力而自动关闭”：它实际上不是“自动关闭”，而是“被动关闭-被背压水推着被动关闭的”（见图 4-1），而且是缓慢的被动关闭，在其缓闭的过程中，出口侧的水已经部分地或者少量地或者微量地回流到了中间腔；中间腔的水也可能部分地或者少量地或者微量地回流到了进口腔，回流污染在所难免。这不就成了潜在的“倒流发生器”吗？令大多数人不容易识别的缺陷就是：它不能在所有的时间内确保阻止回流污染：在出现背压回流或虹吸回流的趋势之前，二个止回阀阀瓣就应该主动提前快速关闭-这是倒流防止器的本质要求之一，而“低阻力倒流防止器”就是忽略了这一本质要求。应该感应的不应该是“出口压力”，而应该是“二个压差的逐渐减小”-也就是水流发生逆转的潜在趋势，并且在

这个可能的趋势成为现实之前“主动、提前、快速、各自独立地关闭”，而不是在其之后“被动地、缓慢地、延后地、联轴一起共同地关闭”，这可能就是问题的关键。

防止回流能力比较

背压回流：减压型的二个止回阀阀瓣都是在出现逆压趋势之前分别被二个弹簧强行拉回来主动快速关闭的；而低阻力型都是在出现逆压趋势之后被出口腔压力 P_3 推着被动一起（不独立地）缓慢关闭的。

减压型设置了泄水阀弹簧，并且要求有一个最低开启力 $F_{\min} = \Delta P_{kq} * S_x \geq (P'_1 - P'_2) * S_x = 14kPa * S_x$ ，（ S_x 为泄水阀膜片水压作用面积）。保证在正常情况下，不管中间腔压力有多高， $(P_1 - P_2)$ 恒大于 $\Delta P_{kq} = 14kPa$ 。一旦背压 P_3 上升，使 $(P_2 - P_3) \leq 1psi = 7kPa$ ，则首先第二止回阀弹簧主动把阀瓣强行拉回来，提前主动快速关闭-单独地；如果 P_3 上升导致 P_2 也上升，达到 $P_1 - P_2 \leq 3psi = 20kPa$ ，则第一止回阀弹簧主动把阀瓣强行拉回来，提前主动快速关闭-单独地；当 P_2 继续上升达到 $P_1 - P_2 \leq 2psi = 14kPa$ 时，则泄水阀弹簧的最低开启力 F_{\min} 保证泄水阀立即开启，使中间腔保持低压隔离或者空气隔离。 F_{\min} 也是产生水头损失的主要原因。

低阻力型虽然也有泄水阀，但是却没有设置泄水阀弹簧，泄水阀膜片两端感应的也不是 $(P_1 - P_2)$ ，而是 $(P_1 - P_3)$ ，完全不管中间腔压力 P_2 。如果出口腔压力 P_3 上升至 $P_3 = P_1$ ，此时泄水阀可能还没有达到开启条件，导致 $P_2 = P_3 = P_1$ ，背压回流可能发生，也就是说，不能有效防止背压回流。

虹吸回流：

减压型有泄水阀弹簧，并且要求有一个最低开启力 $F_{\min} = \Delta P_{kq} * S_x \geq (P'_1 - P'_2) * S_x = 14kPa * S_x$ ，保证在正常情况下，不管中间腔压力是零（泄空）还是有压， $(P_1 - P_2)$ 恒大于 $\Delta P_{kq} = 14kPa$ 。一旦 P_1 下降至零或者负压，泄水阀弹簧的最低开启力 F_{\min} 保证泄水阀立即开启，使中间腔保持低压隔离或者空气隔离，能有效防止虹吸回流。

低阻力型没有设置泄水阀弹簧，泄水阀膜片两端感应的也不是 $(P_1 - P_2)$ ，而是 $(P_1 - P_3)$ ，完全不管中间腔压力 P_2 。当出口腔压力为零即 $P_3 = 0$ 时，满足泄水阀开启的条件是： $(P_1 - P_3) * S_x \leq 0$ ，即 $P_1 \leq P_3$ ，即 $P_1 \leq 0$ ，也就是说，只有在负压条件下，泄水阀才能开启，而不能保证 $P_1 - P_2 \geq 0$ ，此时，不能保证 $P_2 = 0$ ，虹吸回流可能发生，也就是说，不能保证不发生虹吸回流。

其他问题

除此之外，“低阻力倒流防止器”的工作原理还绕开了最高等级防回流装置具有本质特征的其他几个关键技术要求：

1.居中的压差 $\geq 14kPa$ 的低压隔离区--减压隔离原理--不管静态与动态--始终居中隔离--形成一道不可逾越的水力隔离界面，防止反向逆流，而空气隔离只是低压隔离的一个特例；而且，缺乏低压隔离措施的部分时间的空气隔断不能说能保证永远的安全隔断；

2.两个止回阀不相关的各自独立的主动的快速关闭--正向压差达 $20kPa$ 时不渗漏--防止逆压起始的瞬间回泄；

3.两个止回阀的相互独立性--不共用阀杆/不共用阀瓣--避免二个止回阀同时发生相同类型的机械故障，保持二个关闭的独立性以及二道隔离界面的独立性；

4.足够大的泄水能力(低阻力倒流防止器的泄水孔很小，不满足 GB/T 25178-2010 第 7.10.3 表 4 泄水阀排水性能要求)及泄水阀启闭灵敏度；

5.高精度差压计检测调试-仅使用所谓的高精度压力表，而不使用差压计是造不出合格的倒流防止器的；

6.既不遵守国内标准，也不遵守国际标准：对关键的隔离区压差值($\Delta P_{12} = P_1 - P_2$)无控制手段,而以上下游压差($\Delta P_{13} = P_1 - P_3$)代替($\Delta P_{12} = P_1 - P_2$) 既不合适，又指标偏低。

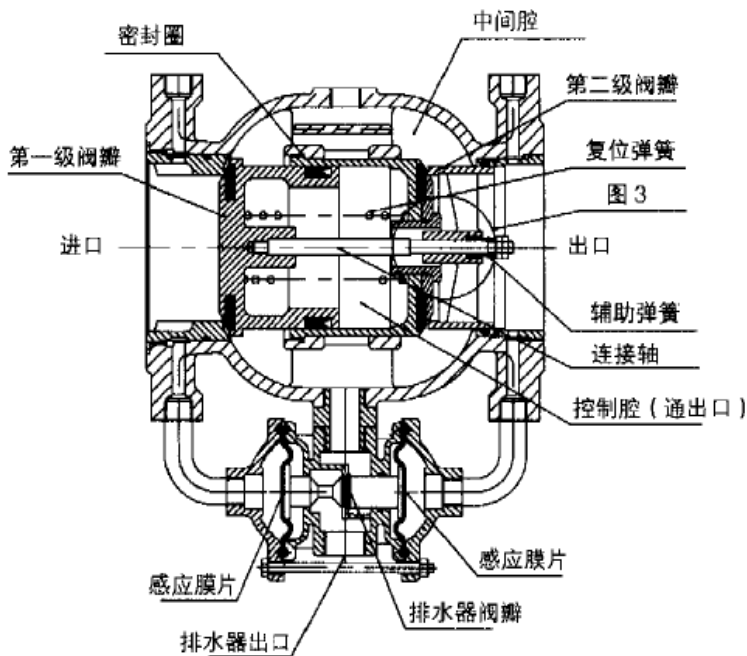
7.过度泄水问题：为了防止过度频繁泄水，特意要求 (P_1-P_2) 恒大于 $3\text{psi}=20\text{kPa}$ 。低阻力型强调中间腔的空气隔断和低水损，导致泄水阀频繁泄水，实测显示，每次下游开启关闭，几乎都出现泄水，过于频繁，过于浪费。

8.泄水口空气隔断面积很小，不能保证完全切断泄水口与排水接纳口之间的水力联系。

居中的减压隔离--是倒流防止器的本质特征之一。“水往低处流”--减压隔离区这个水力隔离界面的存在是防止回流的可靠保证之一，也是目前唯一被广泛认可的技术措施。非减压原理型的倒流防止器不属于最高等级的防回流装置。凡绕开减压原理而另谈所谓的“低水损倒流防止器”将不符合倒流防止器概念的基本定义，容易误导外行用户和行业新手。

因此，“低阻力倒流防止器”不能被称之为“倒流防止器”，它的防止回流污染能力低于双止回阀型倒流防止器，甚至低于单个快闭式消声止回阀。低水损的代价是低防护能力，低防护等级才是这种“特殊倒流防止器”的典型特征。

图 4-1 从剖面图看，低阻力型就是一个由单止回阀+泄水阀构成的，第二止回阀跟第一止回阀同轴，不算独立，关闭缓慢，几乎不去作用；且第一止回阀关阀力不够；泄水阀缺乏辅助开启弹簧、感应的压差对象不对。



“低阻力倒流防止器”的取名方式损害了他人利益

“我的是低阻力的”，就意味着“别人的是高阻力的”，在赞美自己的同时，贬损了他人，这样的取名方式是利己而损人的，是不公平的，而他人的所谓“高水损”却是标准的、无可指责的。而且，这样的美名掩盖了这种“特殊倒流防止器”的重大缺陷：低防护等级。其合适的取名应该是“低阻力低防护等级特种倒流防止器”。

实现倒流防止器低阻力的其他途径

我们认为：“减压原理型”仍然是目前最高等级的防止回流装置，基本原理与结构至今没有获得突破性进展。在此情况下，为了兼顾技术可靠与经济节能，建议部分场合允许降低泄水阀开启压力值($\Delta P_{kq}=P'_1-P'_2=14\text{kPa}$)至 $1\text{kPa}\sim 10\text{kPa}$ ，见图 5 和表 1。

图5 泄水阀动作指标的图形表示与比较

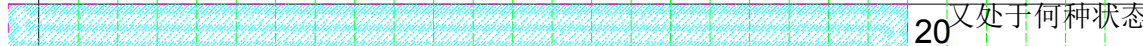
中国倒流防止器产品行标CJ/T160:当减压腔压差 $\Delta P_1 = P_1 - P_2 = 12 \sim 23 \text{ kPa}$ 时 泄水阀开启



中国行标CJ/T160:当减压腔压差 $\Delta P_1 = P_1 - P_2 \geq 24 \text{ kPa}$ 时 泄水阀关闭



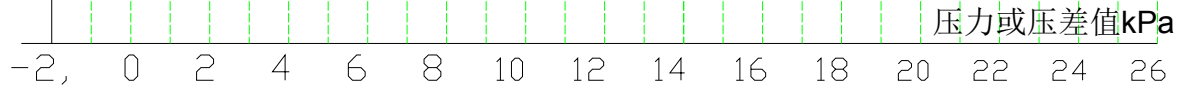
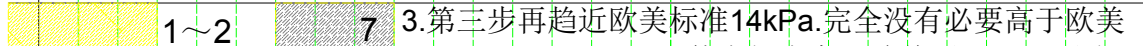
中国行标CJ/T160:当上游压力 $P_1 \leq 20 \text{ kPa}$ 时 泄水阀开启 但在 $20 \sim 24$ 之间或 $23 \sim 24$ 之间 泄水阀又处于何种状态呢?



欧美标准:当减压腔压差 $\Delta P_1 = P_1 - P_2 \leq 14 \text{ kPa}$ 时 泄水阀开启 当上游压力 $P_1 \leq 14 \text{ kPa}$ 时 泄水阀开启 当 $\Delta P_1 > 14 \text{ kPa} \& P_1 > 14 \text{ kPa}$ 时 泄水阀关闭 只有一个指标 14 kPa 简单明了



建议的新的倒流防止器产品标准:1.当压差 $\Delta P_1 = 1 \sim 2 \text{ kPa}$ 时,泄水阀开启,此时本体水损约 $3 \sim 4 \text{ mH}_2\text{O}$;2.当压差 $\Delta P_1 = 7 \text{ kPa}$ 时,即欧美的一半,泄水阀开启,此时本体水损约 $5 \text{ mH}_2\text{O}$;3.第三步再趋近欧美标准 14 kPa .完全没有必要高于欧美 ($20 \text{ kPa} > 14 \text{ kPa}$),使水损也高于欧美至 $7 \text{ mH}_2\text{O}$ 以上



多科--DUOKO--防回流装置 产品分类、应用条件和 选型指南 表-1

性能说明 安全等级 排序及型号	减压隔离快闭型 倒流防止器 RPBA				无减压隔离型 防污隔断器				
	高安全型	低安全型	中安全型	超高安全型	泄水型			非泄水型	
	第3	第4	第5	第2	第6	第7	第8	第9	第10
	高水损 约 70 kPa	低水损 30~40kPa	中水损 约 50 kPa	超高水损 约 80 kPa	简易型 倒流防止器 如 (R624/ D651)	真空破坏器		双止回阀式	
欧美标准 泄水阀 开启压力 14 kPa	企标 QB-1 泄水阀 开启压力 1~2 kPa	企标 QB-2 泄水阀 开启压力 7 kPa	行标 CJ/T 160-2002 泄水阀开 启压力 20 kPa	压力 型 真空 破坏 器		大气型 包括软 管接头 真空破 坏器 HVB (R622)			
简称	BP-1	BP-2	BP-3	BP-4	BP-5	PVB	AVB	DC1	DC2
保险等级	双止回阀+减压腔+泄水阀+可测控=五保险				三保险	三保 险	二保险	三保险	二保险
黄铜 PN10	D602	D612	D632	D642	D652	D662	D672	D682	D692
青铜 PN16	D603	D613	D633	D643	D653	D663	D673	D683	D693
铸铁 PN10	D605	D615	D635	D645				D685	D695
球铁 PN16	D606	D616	D636	D646				D686	D696
不锈钢 PN25	D608	D618	D638	D648	D658	D668	D678	D688	D698
长期连续压力	○	○	○	○	○	○	X	○	○

防虹吸回流	○	○	○	○	○	○	○	○	○
防背压回流	○	○	○	○	○	X	X	○	○
有毒污染	○	○/X?	○/X?	○	X	○/	X	X	X
有害污染	○	○	○	○	○	○	○	○	○
轻度污染	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注: ○表示可以, X表示不可以。BP2~3 可否用于有毒污染防治, 有待磋商。安全等级排序第 1 的是空气隔断 AG。但空气隔断也有许多缺点如: 水流喷溅; 噪声大; 抽吸粉尘; 易受环境污染; 易被人为短接等等!

说明:

BP-2 技术规格: 参考但部分低于下列标准: 澳大利亚 AS3500.1, 美国 AWWA C511-97, 欧洲 BS EN 12729:2002 等。执行标准: 企标 QB-D1 2006。能泄水的低等级倒流防止器。当出现背压条件时, 只要压差 $\Delta P_{12}=P_1-P_2 \leq 2kPa$, 泄水阀开启, 远低于标准 14kPa; 当出现虹吸条件时, 只要压差进水腔压力 $P_1 \leq 2kPa$, 泄水阀开启, 远低于标准 14kPa; 在正常流态下, 要维持泄水阀关闭, 本体水损 $\Delta P_{13}=P_1-P_3$ 可能达到 30~40kPa, 大约可以降低总水损 2~3mH₂O。

BP-3 技术规格: 参考但部分低于下列标准: 澳大利亚 AS3500.1, 美国 AWWA C511-97, 欧洲 BS EN 12729:2002 等。执行标准: 企标 QB-D2: 2006。当出现背压条件时, 只要压差 $\Delta P_{12}=P_1-P_2 \leq 7kPa$, 泄水阀开启, 仅是标准值 14kPa 的一半; 当出现虹吸条件时, 只要压差进水腔压力 $P_1 \leq 7kPa$, 泄水阀开启, 也是标准值 14kPa 的一半; 在正常流态下, 要维持泄水阀关闭, 本体水损 $\Delta P_{13}=P_1-P_3$ 可能达到 45~55kPa, 大约可以降低总水损 1~2mH₂O。能泄水的中等级倒流防止器。

在此, 我们建议: 允许上述这些低阻力型 BP-2 和 BP-3 等但是同时也是低标准的非标倒流防止器可以分别用于轻度污染和有害污染(无毒)场合。

主要参考文献:

1. 季能平“减压型倒流防止器与低阻力倒流防止器在隔断安全性能方面的比较”《水务世界》
2. EPA Cross-Connection Control Manual 2003
3. AWWA M14
4. AWWA C510/511-97
5. BS EN12729:2002
6. BS EN1717:2001
5. 李政宏“阻力性能与水质安全关系探讨” 中国水网
6. 吴兴 李志鹏等“减压型和低阻力型倒流防止器防倒流性能探讨”《给水排水》2009.05
7. 虞之日“为什么低阻力型倒流防止器不防倒流”《城镇供水》2007.06
8. 多科阀门论坛 倒流防止器分论坛 www.valve-forum.net
9. 澳大利亚标准 AS3500.1 等

深圳市华力大机电技术有限公司

BQQ: 800007755 E-MAIL: sales@valve-online.net; 13902935127@139.com