



为什么低阻力倒流防止器不防倒流

虞之日

(佛山市南海永兴阀门制造有限公司, 广东佛山 528000)

[摘要] 本文针对设计原理上采用减压原理或不采用这种原理。而在工作原理上采用了旁通泄水阀技术、整体结构由三个压力区所组成的倒流防止器。要满足什么条件才能防止介质倒流? 泄水阀满足什么条件时开启才能防止倒流? 倒流与防止倒流的实质是什么? 能防止什么形式的倒流? 低阻力倒流防止器(下称该产品)为什么不能称为倒流防止器? 有哪些工况不能防止介质倒流? 等问题予以论述, 供读者参阅、讨论。

[关键词] 倒流防止器, 减压原理, 介质倒流与防止倒流, 背压倒流, 虹吸倒流, 空气隔断, 任何工况, 零流量, 倒流污染, 防倒流可靠性, 旁通泄水, 水头损失。

一 综述

开发倒流防止器的原因出自各种止回阀都不能防止介质倒流, 采用旁通泄水阀技术的倒流防止器始于上世纪六十年代的美国, 这是一项突破用止回阀“止”、截止阀“截”来防止倒流传统的关键技术。第一个产品标准是 AWWA C506-69《倒流防止装置—减压原理和双止回阀》。

至今在设计上采用减压原理、工作原理上采用泄水阀技术倒流防止器的产品标准真实意义上只有一册。即为美标 ANSI/AWWA C511-97“减压原理倒流防止器组件”(REDUCED-PRESSURE PRINCIPLE BACKFLOW PREVENTION ASSEMBLY)(下称美标)。该标准始于 1989 年, 由 AWWA C506-78《倒流防止装置—减压原理和双止回阀》标准分成两个独立标准, 经 1992 年和 1997 年两次修改而成, 一直沿用至今。

我国城镇建设行业标准 CJ/160-2002“倒流防止器”(下称行标)、澳大利亚/新西兰标准 AS/NZS2845.1:1998《供水—反流抑制设备》第 12 节、第 13 节和其他一些国家标准, 都参照此美标, 将其美制计量单位换算成 ISO 公制单位并在文字上作些修改而成。

虽然减压原理倒流防止器在美国已应用了半个世纪, 但一直以大于普通止回阀水头损失为代价来保证公共用水安全、减少因上游压力波动造成泄水阀过

量排放的总旨没有改变。为减少水头损失是国内用户所期盼的, 开发人员都在努力探索采用不同结构形式、不同的设计理论、不同的工作原理来开发水头损失较小的倒流防止器, 但是其防倒流功能的唯一性是不能动摇和改变的。

二 行标(或美标)中的倒流防止器为什么能防止倒流

1 主要结构形式

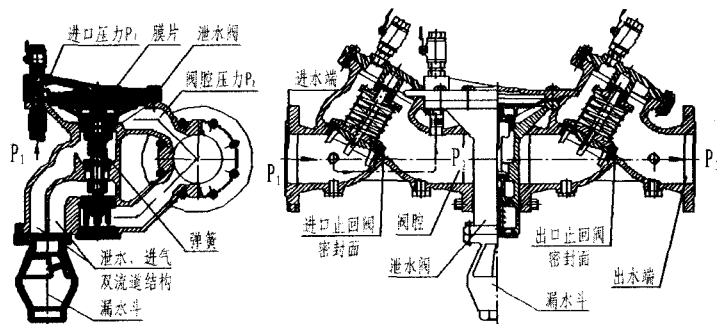


图 1 行标中直流式倒流防止器结构示意图

行标中的倒流防止器是按减压原理设计的, 防倒流工作原理采用旁通泄水阀导流向大气排放倒流水。主要形式有直流式(见图 1)和直通式。是一种由两个独立工作止回阀或一个双止回阀和一个旁通泄水阀组成的水力控制装置。

倒流防止器分三个有压区域: 进口端端面至进口



止回阀阀座密封面为进水端,此密封面至出口止回阀阀座密封面内腔为阀腔(或称减压隔离腔);此密封面至出口端面为出水端。

本文中令进水端、阀腔、出水端内的介质压力分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 (MPa),且: $\Delta P = P_1 - P_2$;

并确定以下共识:

a) 任何工况条件包括正常向下游供水、零流量状态、进水端压力下降、出水端压力上升、一个或二个止回阀密封同时破坏及上述情况同时发生;

b) 零流量是指进水端处于正常供水条件,而出水端无水流出的工况;

c) 止回阀关闭后应认为是要泄漏的,并要发生倒流;

d) 当 $P_1 = P_2$ (即 $\Delta P = 0$)时的临界状态应认定阀腔内的水已形成了向进水端倒流。

2 关于倒流和防止倒流的实质

倒流分两种:一是进水端处于连续压力正常供水条件下,包括出水端无水流出的零流量工况或进、出口压力波动工况时的倒流称为背压倒流;二是进水端处于非正常供水条件下,由进水端压力下降至零或更低而引起的倒流称为虹吸倒流。所谓非正常供水条件是指市政供水管网停水、泵组供水管网停泵或上游因各种原因发生虹吸,使进口端压力由 P_1 降为零或产生负压的工况。

无论采用什么设计原理,只要采用了旁通泄水阀向大气排水技术、并由三个压力区所组成的倒流防止器,倒流的实质是指:在任何工况下,严格禁止阀腔内的水流向进水端的倒流现象。至于出水端的水因进、出口压力变化、止回阀泄漏等原因倒流至阀腔是允许的,它可以通过泄水阀排向大气,所以要讨论防止倒流课题就是研究进口压力 P_1 和阀腔压力 P_2 及两者变化关系。

防止倒流的实质是指:在任何工况条件下 P_1 恒大于 P_2 。即在正常供水条件下包括零流量、泄水阀开启瞬间在内的任何工况 P_1 恒大于 P_2 以防止背压倒流;非正常供水条件下在 P_1 下降到零之前泄水阀必须全开,使阀腔成为气室形成空气隔断防止虹吸倒流。若能证明上述变化关系成立,而且通过有效、可行性试验尤其是当 P_1 下降时在泄水阀开启瞬间是否

$P_1 > P_2$ 予以验证的,即可认为其具有防倒流必要条件的倒流防止器。若不能证明和验证上述要求的,无论对设计原理、工作原理、密封性能、结构形式、水头损失大小等方面如何描写都不是倒流防止器。

a) 防止背压倒流

要可靠地防止背压倒流无论采用什么方法都应保证 P_1 恒大于 P_2 ,也就是“水往低处流”的道理。行标中定量了压差 $\Delta P = P_1 - P_2$ 恒大于 0.012MPa(约 1.23m 水头)。这个压差产生于进水端的水流经进水止回阀阀座密封面时,克服以弹簧为主的机械阻力后进入阀腔时的减压过程,也就是标准中说的减压原理。

在正常供水条件下因进、出口压力波动(变化),一旦 $\Delta P = 0.012\text{MPa}$ 时泄水阀自动开启泄水,此时 P_2 下降 ΔP 增加,当 $\Delta P > 0.012\text{MPa}$ 时泄水阀又自动关闭。因为泄水阀开启时保证了 $P_1 > P_2$,此时不具备倒流条件,以这个压差作为泄水阀的开启条件足以保证防止背压倒流的可靠性和防止倒流污染的安全性。又因为 $\Delta P > 0.012\text{MPa}$ 时泄水阀又会自动关闭,所以此时阀腔不可能也不需要成为气室形成空气隔断。

反之,当 $P_1 - P_2 \leq 0$ 已具备了倒流条件时泄水阀才开启或不能开启,都应认定已形成了倒流工况,符合行标的倒流防止器是不可能出现此工况的。

b) 防止虹吸倒流

虹吸倒流是发生在非正常供水条件下的个例,非正常供水条件一般由正常供水条件转化而成,此时在很短的时间段内进口端压力由 P_1 降为零或更低,随着泄水阀的开启阀腔内也由 P_2 降为零或更低。

标准规定当 P_1 降至 0.020MPa 时无论阀腔内压力是多大,泄水阀应开启。其旨在当 P_1 降为零时泄水阀一定处于全开状态。因为 P_1 为零时泄水阀已丧失了关闭的作用力,使阀腔成为与大气相通的气室,以保证没有发生虹吸倒流之前就在阀腔与进水端之间形成了空气隔断,这就有效地保证了防止虹吸倒流可靠性。

显然防止虹吸倒流的工作原理是发生虹吸倒流之前在阀腔与进水端之间就形成了空气隔断,而空气隔断只有在 P_1 为零、泄水阀丧失了关闭能力的非正常供水条件下才能形成的个例。

上述空气隔断旨在防止水的虹吸倒流,至于虹吸



时倒流空气的流量大小除倒流压差之外还决定于进水止回阀的密封程度,不能完全保证对上游真空度实现破坏,所以倒流防止器绝对不能等同于空气隔断阀。

c) 关于泄水阀排水流道最小截面积

泄水阀应具有足够排放最大倒流流量并使大气进入阀腔的能力,在行标和澳/新标准中对最小排放截面积作了规定,美标对最大倒流流量时的排放率作了规定。所谓最大倒流流量根据美标陈述是指进口压力为零,出口压力不小于公称压力,出口止回阀的密封膜片严重破坏、脱落或故障时的倒流工况。虽然此时泄水阀已经全开,但必须足以将所有的倒流水排向大气同时还能补入空气。因为这时的排水不是重力流,阀腔内处于气、水同存有压状态,但阀腔内压力不应大于 0.0103MPa (1.5PSI 、 $1.05\text{m}\cdot\text{H}_2\text{O}$)。如果排水能力不足必将形成排水、倒流同时发生的结果。

以上简述就是为什么标准所确定的倒流防止器,能在任何工况下防止各种形式倒流的原理和理由。

三 关于泄水阀两个不同的开启条件

为防止背倒流已确定了泄水阀的开启条件是 $P_1 - P_2$ 不小于 0.012MPa ,这个条件是不能变的,而非正常供水条件要求确定的是 P_1 下降到什么值时作为泄水阀开启条件。因决定泄水阀开启的不是 P_1 大小而是 ΔP 。实际上在形成非正常供水条件的 P_1 下降瞬间,只要 $\Delta P = 0.012\text{MPa}$ 时泄水阀已经开启,这时的 P_1 随各个现场供水压力不同而相异,无论是从理论上或实践应用上都无法定量开启时的 P_1 值。

而行标和美标中分别规定了 P_1 降为(或不小于) 0.020MPa 和 2PSI (0.0138MPa)时泄水阀应该开启。若规定 P_1 值与防背压倒流时的 ΔP 相同,则应以 P_2 为零作前提。从 P_1 降到零的时间虽然极短,笔者认为泄水阀开启时 P_1 真实值远大于标准规定。但是标准作这样规定是合理、可行的。因为其目的是为了当 P_1 降为零,在没有发生虹吸倒流之前泄水阀已处于全开状态并在阀腔内形成了空气隔断,达到了防止虹吸倒流之目的这是最重要的。

要澄清的是两个开启条件的物理意义是完全不同的。 ΔP 目的是为了防背压倒流,其值越大水头损失越大,而防止上游压力波动减少过量排放的性能

就越好, ΔP 越小则反之;而 P_1 值作为开启条件其目的是为了确保尚未发生虹吸之前已在阀腔内形成了空隔断,有效防止虹吸倒流。其值的大小与水头损失毫无关系。

四 为什么低阻力倒流防止器不是倒流防止器?

1 低阻力倒流防止器(下称该产品)主要参数介绍图2是防毒型低阻力倒流防止器介绍资料中关闭状态时的结构示意图,介绍原文摘录如下:

“外挂式自动泄水器:

设置在主阀中间腔的外侧,其进口端与中间腔相通,出口端与大气相通。

※防毒型低阻力倒流防止器,设有双膜片结构的自动泄水器(见图2),两控制膜片把泄水器的控制腔分隔成上腔、隔断腔和下腔;上腔和下腔分别感应主阀进口压力 P_1 和出口压力 P_3 ;当 $P_1 > P_3$ 时泄水器自动关闭, $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启;隔断腔与大气相通,如双膜片其中一片或两片损坏漏水,所泄漏介质都会通过隔断腔排出阀外,确保上下腔不串通。”

“工作原理

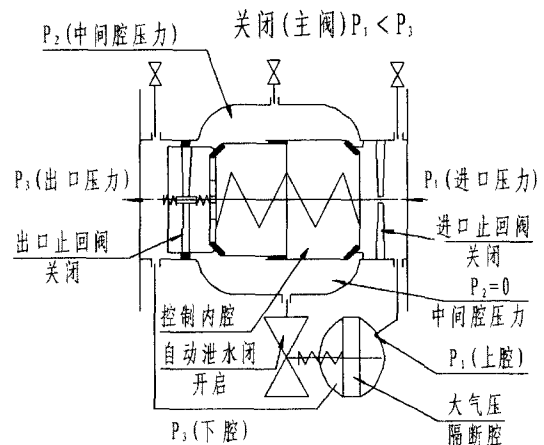


图2 该产品资料中的结构示意图

(1) 开启状态

正向流动,介质从进口端流经第一级止回阀瓣口、中间腔、第二级止回阀瓣口,流向出水端;此时进口压力 $P_1 >$ 中间腔压力 $P_2 >$ 出口压力 P_3 ,存在进出口压差 $h = P_1 - P_3 \geq 20\text{KPa}$,使泄水器关闭;当管道中的流速 $V = 2$ 米/秒时,流经该阀的压力损失 h 约为



2-3 米水柱。”

(2) 关闭状态

当 $h = P_1 - P_3 \leq 15\text{kPa}$ 时, 主阀开始关闭, 介质不能流过主阀。

当 $h = P_1 - P_3 \leq 10\text{kPa}$ 时, 泄水阀自动开启, 使中间腔的压力水排出。”

2 该产品在设计和工作原理上都具备了发生倒流的条件

a) 根据“外挂式自动泄水器: 上腔和下腔分别感应主阀进口压力 P_1 和出口压力 P_3 ”, “隔断腔与大气相通, 如双膜片其中一片或两片损坏漏水, 所泄漏介质都会通过隔断腔排出阀外, 确保上下腔不串通。”的介绍, 双膜片其中一片或两片损坏漏水时确实可以将泄漏介质排出阀外, 确保上下腔不串通。若损坏的是感应出口压力 P_3 的下腔膜片, 下腔即通过隔断腔与阀外的大气相通, 此时无论 P_3 压力有多大下腔压力皆骤降近零, 远远低于 P_1 , 泄水器完全丧失了开启条件, 此时无论发生什么形式的倒流, 泄水器皆无法开启, 更无防止毒污染水倒流的功能了, 下游有多少毒污染的液体就向进水端倒流多少。……(其 1)

上述两处对泄水器启闭条件介绍相互矛盾不知如何启闭, 在泄水器介绍中很明确: 当 $P_1 > P_3$ 时泄水器自动关闭, $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启; 而在工作原理的关闭状态介绍中为: 当 $h = P_1 - P_3 \leq 10\text{kPa}$ 时, 泄水阀自动开启, 使中间腔的压力水排出。 $P_1 - P_3 \leq 10\text{kPa}$ 的定义域为: $0 < P_1 - P_3 \leq 10\text{kPa}$ 和 $P_1 - P_3 \leq 0$, 前者为 $P_1 > P_3$ 后者为 $P_1 \leq P_3$ 。当 $P_1 > P_3$ 时按泄水器介绍应处于自动关闭与此时开启是矛盾的, 当 $P_1 \leq P_3$ 时的开启条件和泄水器介绍是一致的, 现按 $P_1 \leq P_3$ 为开启条件来讨论。

b) 该产品在零流量时 P_2 不可能为零

根据该产品介绍陈述: “正向流动, 介质从进口端流经第一级止回阀瓣口、中间腔、第二级止回阀瓣口, 流向出水端; 此时进口压力 $P_1 >$ 中间腔压力 $P_2 >$ 出口压力 P_3 , 存在进出口压差 $h = P_1 - P_3 \geq 20\text{kPa}$, 使泄水器关闭;” 十分清楚, 这时 $P_1 > P_2 > P_3$, 且 $P_1 - P_3 \geq 20\text{kPa}$ 。因 P_3 值的大小来源于 P_1 , 所以 $P_1 > P_3$ 是必然的、正确的。若此时关闭出水端阀门, 由正向流动转为出水端无水流出的零流量时。找不出任何理由能使

$P_1 > P_3$ 突然变为 $P_1 \leq P_3$ 必然性, 除非是“永动机”。而“当 $P_1 > P_3$ 时泄水器自动关闭, $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启;”又是泄水器启闭工作条件。既然不可能在零流量时无故的使 $P_1 > P_3$ 变为 $P_1 \leq P_3$, 此时泄水器应处于关闭状态不可能开启。哪有中间腔与大气相通的可能? 中间腔也不可能成为气室, 更无空气隔断可言。该产品的介绍已经很完整的证明了零流量时 P_2 不可能为零的事实。上述情况的发生若不是该产品介绍不实就是零流量时 $P_2 = 0$ 是虚拟的。……(其 2)

无论用什么原理设计的倒流防止器或在结构、密封方面描写得如何玄妙。要成为倒流防止器无论是正常向下游供水、零流量状态还是泄水阀开启泄水瞬间, 若要证明其具备防背压倒流功能, 必须在各工况中满足 $P_1 > P_2$ 。该产品无法满足防止倒流的必要条件, 而避开了关键的阀腔压力 P_2 , 也无法陈述 P_1 和 P_2 的关系及其变化规律, 而把零流量时不存在 $P_1 \leq P_3$ 必然性作为泄水器开启条件、用零流量时不可能形成的空气隔断用来评价防倒流的安全性, 以取代防止背后压倒流应符合“水往低处流”的最基本常规, 这将造成对新入门的同行和各界用户严重误导。

c) “ $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启”作为泄水器开启条件, 注定了它不能防止倒流

很直观, 由正向供水时的 $P_1 > P_2 > P_3$ 转为零流量工况时, 即使因进出口压力变化, 形成 $P_1 \leq P_3$ 使泄水器开启, 也不能证明此过程恒保持 $P_1 > P_2$, 下面就此来进行讨论。

上节已述叙了该产品由正向供水转为零流量工况时仍应保持 $P_1 > P_2 > P_3$ ……(1)

要满足 $P_1 \leq P_3$ 的泄水器开启条件, 除下游水经增压装置增压后, 在零流量时增压装置又发生倒流的个例之外, 绝大多数工况只能是因为进水端压力波动, 引起 P_1 下降而出现 $P_1 \leq P_3$ 的工况, 现对此进行讨论。

c.1 因进水端压力波动 (或变化) P_1 下降, 且 $P_1 = P_2$ 时, 则(1)式变为: $P_1 = P_2 > P_3$ 。还不满足“ $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启”的泄水器开启条件, 而此时介质已发生了倒流。……(其 3)

c.2 若 P_1 下降, 而且 $P_1 = P_3$ 时, 则(1)式变为: $P_2 > P_1 = P_3$ 。这时已完全具备了倒流条件, 而泄水器只处在临界开启状态, 毫无防倒流可靠性可言。……(其



4)

c.3 若 P_1 下降, 而且 $P_1 \leq P_3$ 时, 泄水器开启泄水 P_2 下降, 同时出水端的水倒流至阀腔通过泄水器排向大气。随之 P_3 也下降, 当 $P_3 = P_1$ 时, 泄水器又自动关闭, 保持零流量状态。此过程又证明了零流量时 $P_2 \neq 0$, 阀腔内不可能形成空气隔断事实。

由于 P_1 下降使 $P_1 > P_2 > P_3$ 转变为 $P_1 < P_3$ 至泄水器开启过程中, 必然经过 $P_1 = P_2$ 和 $P_1 < P_2$ 的两个倒流工况, 因此泄水器开启发生在形成倒流之后。……(其 5)

d) “ $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启” 定义域中只有 P_1 上限 $P_1 = P_3$, 而没有 $P_1 < P_3$ 下限。若 $P_2 - P_1 < P_3 - P_1 = \Delta P_3$

且 ΔP_3 没达到泄水器开启压差时, 全是倒流工况。……(其 6)

e) 根据关闭状态的介绍: “当 $h = P_1 - P_3 \leq 15\text{kPa}$ 时, 主阀开始关闭, 介质不能流过主阀。” 暂且不讨论主阀开始关闭, 介质不能流过主阀的陈述是否正确。其主阀开始关闭的定义域应是:

$0 < P_1 - P_3 \leq 15\text{kPa}$ 和 $P_1 - P_3 \leq 0$ 即 $P_1 \leq P_3$ 。此时将同时发生主阀开始关闭、泄水器开启、介质倒流(见 c.3)三种工作状态。……(其 7)

f) 该产品不具备反虹吸倒流的功能

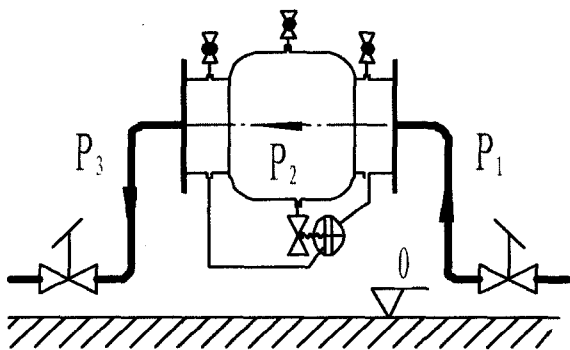


图 3 现场安装示意图

根据“ $P_1 \leq P_3$ 时泄水器自动开启”条件, 如图 3 示意图是诸如向泳池、灌溉、植物喷药等各种非生活用水场所送水时很普及安装形式。无论是正常供水状态

还是非正常供水状态, 恒不能满足 $P_1 \leq P_3$ 的泄水器开启条件, 泄水器无法开启, 零流量时 P_2 也不可能为零。一旦上游发生负压虹吸, P_3 也将降为负压, 即使泄水器开启也与虹吸倒流同时发生, 下游管路中的水和大气同时因虹吸倒流一起倒流至进口端。……(其 8)

结论: 该产品既不能证明或根本不可能在正常供水条件下的任何工况保持 P_1 恒大于 P_2 防止背压倒流, 又不能证明或根本不可能在非正常供水条件下保证在虹吸倒流之前使阀腔成为气室来防止虹吸倒流, 所以它不是倒流防止器。

五 结束语

1 关于防污隔断阀

开发倒流防止器的目的确是为了防止倒流污染, 但其功能是防止介质倒流, 在其所有设计参数中也没有防污的内容。无论是上游还是下游发生物理、化学、病菌、病毒等各种污染, 倒流防止器都没有防范功能, 笔者虽不能对防污阀下定义, 但将倒流防止器冠为防污阀是言过于实不能成立的。本文第二章第 2 节 b) 条“防止虹吸倒流”中已陈述了倒流防止器绝对不能等同于空气隔断阀, 所以倒流防止器不能称为防污隔断阀。既然该产品可以冠名为防污隔断阀, 那末它就不应是倒流防止器, 希望这是文字上的疏漏而不是误导。

2 关于倒流防止器的分“代”问题

在美标前言中陈述了美国在 1969 年 1 月 27 日编写并批准了 AWWA C506-69 《倒流防止器装置—减压原理和双止回阀型》标准, 通过修改一直沿用到 1989 年, 同年将该标准分开为 ANSI/AWWA C510 《双止回阀倒流防止器组件》和 ANSI/AWWA C511 《减压原理倒流防止器组件》两个标准, 这两个标准及其所涵盖的产品一直沿用到今天。本来就是因性能不同、应用场所不同的两种产品, 根本不存在第几代的问题, 如果将“双止回阀倒流防止器组件”称是第一代产品, 《减压原理倒流防止器组件》是第二代产品是毫无根据的, 将低阻力倒流防止器与上述产品妄聚在一起冠为第三代产品更无任何根据。