天然气工业中减少气动装置排放甲烷的方案

OPTIONS FOR REDUCING METHANE EMISSIONS
FROM PNEUMATIC DEVICES IN THE NATURAL GAS INDUSTRY

1 内容提要

压缩天然气驱动的气动装置被广泛用在天然气工业中作为液位控制器、压力调节器和阀门控制器。据估计，生产环节中每年从气动装置排放的甲烷量有 310 亿立方英尺、加工处理环节有 160 亿立方英尺、输送环节有 140 亿立方英尺，气动装置中的甲烷排放是天然气工业中最大的甲烷排放源之一。使用低排气装置更换高排气装置、改进高排气装置和提高装置维护保养水平等方法来减少甲烷排放量能取得很好的经济效益。

天然气 STAR 合作伙伴通过更换、改进和维护保养高排气装置节省了大量成本并减少了甲烷排放量。合作伙伴发现，绝大多数改进设备的投资在 1 年内就能收回，更换设备的投资在 6 个月内就能收回。迄今为止，合作伙伴通过改进设备或用低排气气动装置更换高排气气动装置已经节省了 204 亿立方英尺的甲烷气体，也即节省了 0.612 亿美元。每种方法的节约费用存在差异，这取决于控制器的结构、使用条件和具体工作环境。

措施		节省气体体积（千立方英尺/年）	节省气体的费用（美元/年）[1]	实施费用（美元）	投资回收期（月）
更换装置	在使用寿命期末更换成低排气装置	50～200	150～600	150～250[2]	5～12
	早期更换高排气装置	260	780	1 350	21
改进装置		230	690	500	9
保养装置		45～260	135～780	忽略不计～350	0～5

[1]天然气价格按 3 美元/千立方英尺计算
[2]低排气设备比高排气设备增加的费用

2 技术背景

天然气工业使用一系列的控制装置来自动地操作阀门和控制压力、流量、温度或液面。当技术经济上可行时，控制设备一般由电力或压缩空气来驱动。然而在绝大部分的应用中，天然气工业使用依靠压缩天然气提供能量的气动装置。

天然气驱动的气动装置在天然气工业的三个环节中发挥着不同的功能。在生产部门，用于监控脱水器和分离器中气体和液体的流量与液面、脱水器再沸器中的温度以及闪蒸罐中压力的气动装置估计有 250 000 台。在加工处理部门，大约有 13 000 台气动装置在天然气集输站和增压站中用于控制压缩机和乙二醇脱水、在天然气处理厂中用于操作隔离阀（天然气处理厂中的过程控制主要使用仪表风）。在输送部门，估计有 90 000～130 000 台气动装置在压缩站、管道设施以及储存设施中用于操纵隔离阀、控制天然气流量和压力。气动装置同样也用在分配公司控制站的流量计导管上以调

节流量、压力和温度。

作为正常操作的一部分，气动装置向大气中释放或排出天然气，这是天然气工业中甲烷泄露的一个主要来源。实际排放速度或排放水平主要取决于装置结构。

高排气气动装置定义

按照天然气 STAR 项目规定，排气量超过 6 标准立方英尺/小时（即超过 50 千立方英尺/年）的气动装置称为高排气气动装置。

图 1 给出了气动控制系统的示意图。纯净干燥的压缩天然气调节到常压状态，通常为 20psig。这种气体既可用作信号气源也可用作动力供应。一小股气流被传送到测量工艺操作条件（如液面、气体压力、流量和温度）的装置中。该装置将这一小股气流的压力调节到与工艺操作条件成比例的压力（3～15 psig）。气流接着流到气动阀控制器中，利用变化的压力来调节阀门执行器。

为了关闭图 1 所示的阀门，向执行器直接施加压力为 20 psig 的气动天然气，将隔膜向下推向弹簧，通过阀杆，推动阀塞向下运动关闭阀门。当气体从执行器中排出时，弹簧推动阀门向上运动打开阀门。这些少量的信号气源被连续排放到大气中。电动－气动装置利用微弱电流而不是微弱气流为驱动气动阀提供执行信号。

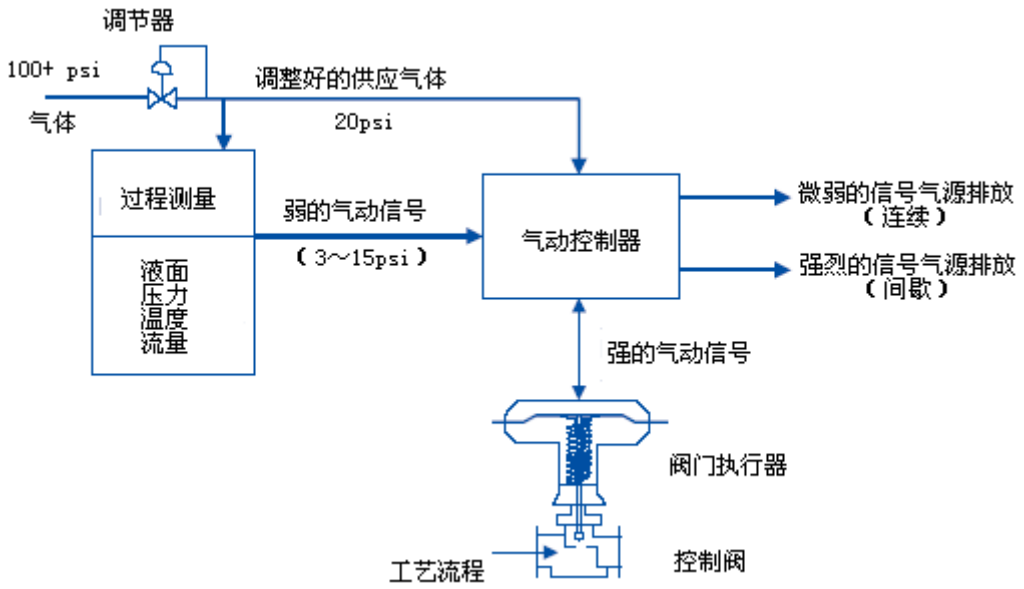

图 1 气动装置示意图

一般情况下，不管品牌是否相同，同样结构设计的控制器通常都具有相同的稳定排放速度。气动装置有三种结构：

（1）**连续的**排放装置可用于调节流速、液面或者压力，一般以稳定的速度排放气体；

（2）**致动或间歇的**排放装置执行快速动作控制，仅当装置动作打开或关闭阀门或节流气体流动时才排放气体；

（3）**自成系统的（密闭的）**排放装置将气体排放到下游管线中，而不是排放到大气中。

为了减少气动装置排放量，可以单独应用或结合应用下述措施：

（1）利用具有相同性能的低排气装置更换高排气装置；

（2）在运行装置上安装低排气量的改进型配套部件；

（3）加强保养、清理/调整、维修/更换泄漏垫圈、管道接头和密封。

现场试验表明：在所有的高排气装置中， 80%的装置能够更换成低排气装置或者进行改进。表 2 给出了适合于不同控制器要求的常用方案。

表 2 减少不同类型控制器气体排放的方案

措施	气动装置类型		
	液位控制器	压力控制器	位置控制器/传感器
替换 高排气换为低排气	×	×	× （电动-气动）
改进 安装改进型的配套部件	×	×	×
保养 较低的供气压力/更换弹簧/更换工作台	×	×	×
修复泄漏，清理和调整	×	×	×
改变增益设置	×	×	
去掉不必要的位置控制器			×

一般情况下，排放速度会因供气压力、启动频率和设备使用时间或使用条件的不同而不同。由于精度的要求，那些必须快速操作的控制器将比操作速度较慢的装置排出更多的气体。气动装置的工作条件比使用时间更能现实出潜在的排放趋势。精心保养的气动装置可以有效地工作多年。

3 经济效益和环境效益

通过上述方案来减少高排气装置的甲烷排放量将产生巨大的效益，包括：

（1）**减少气体损失所带来的经济回报**。天然气价格按照 3 美元/千立方英尺计算，每台装置每年因减少气体排放量将节省 135 美元～780 美元或更多的费用。在很多情况下，不到一年即可以收回成本。

（2）**提高经营效率**。改进或完全更换已磨损的装置能提供更好的系统性能和可靠性，并能提高气体流动、压力或液面等参数的监测质量。

（3）**降低甲烷泄露量**。每台装置每年可以减少 45～260 千立方英尺的甲烷排放量，具体数值取决于装置情况和具体应用。

4．决策步骤

根据下面的决策步骤，操作人员就能确定出最适合于现场条件的减少气体排放量的方案。根据所考虑的装置类型，适合用于减少气动装置气体排放的方案可能有一种或多种。

减少气动装置甲烷排放的 5 个步骤
（1）确定并描述高排气装置； （2）确定技术可行性和备选方案费用； （3）估计节省量； （4）经济评价； （5）制定实施计划。

第 1 步：确定并描述高排气装置。合作伙伴首先应该确定出作为更换、加装或者修理候选对象的高排气装置。确定和描述工作在正常保养过程中或者在整个系统或具体气动设备调查过程中完成。对各个气动装置，记录其位置、功能、铭牌和型号、工作条件、使用时间、预计的剩余使用寿命以及排气特点（排放体积，间歇排放还是连续排放）。

气动装置的排气速度可以通过直接测量或根据厂商提供的数据来确定。直接测量包括在选定设备上进行装袋测量、大容量采样器测量（参考“在压缩站进行针对性检修”一文）或进行标准的泄漏测量。操作人员发现，没有必要在各个设备上测量其排气速度。在大多数情况下，对少数装置进行采样测量就足够了。经验表明，厂商提供的排气速度偏低，所以当可以取得测量数据时，应该使用测量数据。

附录 A 列出了厂商提供的各种气动装置的种类、型号以及气体排放信息。该表并不是一个详尽列表，但它涵盖了绝大多数常用的装置。已有的实际现场的排气速度数据也包括在内。

然而，某些高排气装置不应更换成低排气装置。那些需要对压力变化作出快速和/或精确响应的大型阀门的控制通常需要采用高排气控制器。在大型压缩机放空控制器和旁路压力控制器中经常看到这类设备。美国环保署（EPA）推荐与供货商接触以获取新型的、动作快速的低排气速度设备。

第 2 步：确定技术可行性和备选方案费用。几乎所有的高排气装置都可更换成或者改成低排气装置。操作者应向气动设备供应商或仪器专家咨询设备的可利用性、规格和费用。低排气装置的排气速度应小于 6 标准立方英尺/小时。值得注意的是并不是所有厂商都按相同的方式提供排气速度数据，所以公司在购买低排气装置时应格外注意。

附录 B 列出了许多低排气装置的费用数据，总结了配备不同控制器的改进部件的兼容性。该表并不是一个详尽列表，但它涵盖了大多数常用的装置。

气动装置保养是减少气体排放的一种经济有效的方法。所有公司都应将装置保养看作是实施方案的一个重要组成部分。除了修理泄漏垫圈、管道接头和密封外，进行设备清理和调整工作，每台装置每小时可以节省甲烷 5～10 标准立方英尺。将设备调整到一个更宽的使用范围内工作，通常能将排气速度降低 10 标准立方英尺/小时。移去多余的阀门位置传感器，每台装置每小时可以节省甲烷 18 标准立方英尺。

第 3 步：估计节省量。利用高排气装置和在用的同类型低排气装置的现场测量数据，确定出利用低排气控制器所能节省的气体量。如果不能获得实际的排气速度数据，可利用厂商提供的数据来进行计算。

气体价格按 3 美元/千立方英尺计算，将减排量（单位通常为标准立方英尺/小时）乘以 8 670 小时/年，则可将气体节省量转换成年节省费用。

节省气量=（高排气速度，标准立方英尺/小时）-（低排气速度，标准立方英尺/小时）

年节省费用=节省气量（标准立方英尺/小时）×8 670 小时/年×1 千立方英尺/1 000 立方英尺×3 美元/千立方英尺

第 4 步：经济评价。利用简单的经济分析，能评价更换、改进或维护高排气设备的成本效益。对更换或改进设备进行成本效益分析是恰当的，除非因操作原因，要求使用高排气特性的设备。

表 3 给出了更换高排气液位控制器的成本效益分析情况。通过给出成本（用圆括弧表示）和效益的大小和时限，分析了五年内的现金流情况。在本例中，初始投资 380 美元购买一台液面控制器，每小时可以节省 19 标准立方英尺的气体。以气体价格按 3 美元/千立方英尺计算，一台低排气装置每年可以节省 498 美元。表中列出了新旧控制器的年保养费用。旧的高排气装置的保养费用作为收

益列在表中，因为它是一种可避免费用。净现值（NPV）等于收益减去 5 年内应计成本（每年折旧 10%）。投资收益率（ROI）为 NPV 等于零时的贴现率。

表 4 给出了业已证实的气体减排方法所带来的节省幅度。为简单起见，假设气动设备更换、改进或加强保养活动前后的维护保养费用相同。

表 3 更换设备的成本效益计算

成本类型	第 0 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
实施成本（基建费用）[1]，美元	（380）					
年度节省资金（新设备与旧设备对比）[2]，美元		498	498	498	498	498
保养费用（新控制器）[3]，美元		（24）	（24）	（24）	（24）	（24）
可避免的保养费用（更换控制器）[3]，美元		50	50	50	50	50
净收益	（380）	524	524	524	524	524
NPV[4]=1 606 美元 ROI=138%						

注：
[1]引用 Fisher2680 装置的成本，参照附录 B。
[2]每台装置年节约成本按照如下方法计算：排气速度为 19 标准立方英尺/小时×8 760 小时/年×气体价格 3 美元/千立方英尺=166 千立方英尺/年×气体价格 3 美元/千立方英尺＝498 美元
[3]估计的保养费用
[4]基于 5 年内贴现率为 10%的净现值（NPV）

表 4 减少气动装置气体排放的经济效益

措施	成本[1]（美元）	排气速度减少值[2]（千立方英尺/年/台）	年度节省费用[3]（美元/年）	投资回收期（月）	投资收益率[4]（%）
更换设备					
液位控制器	380	166	498	9	31
高排气更换为低排气					
压力控制器					
高排气更换为低排气	1340	228	684	24	42
将金属阀座更换为软阀座	77	219	657	1.4	>800
改进设备					
液位控制器					
改为 Mizer 设备	500	219	657	9	131
大孔板改为小孔板	30	184	552	<1	>1 800
大喷嘴改为小喷嘴	140	131	393	4	>250
压力控制器					
大孔板改为小孔板	30	184	552	<1	>1 800
维修保养					
所有类型的设备					
降低供气压力	153	175	525	4	>300
修复泄漏，重新调整装置	23	44	132	2	>500
液位控制器					
改变增益设置	0	88	264	立即	…
位置传感器					
去掉不必要位置传感器	0	158	474	立即	…

[1]实施成本表示安装Fisher品牌气动设备的平均费用
[2]排气速度减少值=排气速度的变化值（标准立方英尺/小时）×8 760（小时/年）
[3]基于天然气价格按3美元/千立方英尺计算的节省费用
[4]计算5年内的投资收益率（ROI）

如表 4 所示，对于某种给定的应用情况，恰当且经济有效的气体减排方案有时可能不止一个。对于所列方案，实施成本的投资回收期从少于 1 个月到 2 年不等。

表5给出了两个天然气STAR项目合作伙伴在气体生产设备上安装改进设备所进行的分析过程和所获得的节省费用。

表 5 通过改进设备来减少气体排放的案例

研究项目	执行成本（美元）	泄露减少量（千立方英尺/年）	年度节约成本（美元/年）	投资回收期（月）	投资收益率（%）
公司 1					
平台 1	6 405	2 286	6 858	11	104
平台 2	9 900	3 592	10 776	11	106
改进液位控制器	3 885	1 717	5 151	9	131
公司 2					
每台装置	500	219	657	9	129

第 5 步：制定实施计划。当确定出能经济地更换、改进或维修的气动装置之后，接下来为实施设备变更制定一个系统的计划。包括更改当前的检修计划、制订设备更换或改进的优先次序。一次更换所有满足技术经济标准的那些设备是最经济有效的方法，这样可以最大程度地减少劳务费用和作业中断时间。

若一台气动装置处于其使用寿命期末并且计划要进行更换，那么不管什么时候都应尽可能用低排气装置而不是新的高排气装置来更换该设备。

5 其他技术

仪表风、氮气、电动阀控制器以及机械控制系统是合作伙伴所应用的几种气驱气动装置替代技术。

（1）**仪表风**。这些系统用压缩的仪表风替代气动装置中的天然气，因此可完全消除甲烷泄露问题。仪表风系统一般安装在气动控制阀高度集中并且有专职操作人员在场操作的地方（例如，大多数天然气处理厂将仪表风用于气动装置）。与仪表风系统相关的主要费用是投资成本和能源费用。仪表风系统由电动压缩机驱动，需要安装脱水器和洗气罐来过滤、干燥和储存空气以供仪表使用。合作伙伴发现，经济有效地使用仪表风系统仅局限于已有可用电源或可自己发电的场所。EPA 技术经验交流材料——变天然气气动控制为仪表风控制——详细描述了评价从天然气气动控制转变成仪表风控制所需的技术经济决策过程。

（2）**氮气**。与需要投资费用和电力的仪表风系统不同，氮气系统仅需要安装一个需要定期更换的低温液氮容器和一台液氮蒸发器。当氮气进入控制系统时，该系统利用压力调节器来控制氮气的膨胀（也即气体压力）。这类系统的主要缺点源于液氮费用和使用低温液体带来的潜在的安全隐患。

（3）**电动阀控制器**。由于技术进步，电动控制仪器的使用正逐步增加。这类系统使用小型电机来操作阀门，因此不会向大气中排放甲烷气体。虽然这些仪器运转依赖于恒定的电力供应，并且操作成本较高，但它们的优点是工作时不需要使用天然气或压缩机。

（4）**机械控制系统**。这类装置已被广泛应用于石油和天然气工业中。它们利用弹簧、杠杆、流动通道和手动轮的组合来进行工作。虽然设计简单并且工作时不需要使用天然气或电源，但由于要求控制阀非常接近过程测量位置，因此它们的应用受到了限制。同时，这些装置不能够处理较大的流量波动并且缺乏气动系统的灵敏性。

上述各个方案都有其各自的优缺点。天然气 STAR 项目合作伙伴要安装这些系统以替换天然气驱动的气动装置时，他们应该公布最终的减排量和节省的费用。

一个合作伙伴的经历

Marathon 石油公司在 50 个生产现场调查了 158 台气动控制设备，利用大容量采样器来测量泄漏情况。其中有半数的控制器被确认为无排放装置（例如，加重调压阀、弹簧操作调节器、封闭的毛细管温度控制器以及无排放压力开关等）。67 个液位控制器中有 35 个高排气装置，76 个压力控制器中有 5 个高排气装置，15 个温度控制器中有 1 个高排气装置。测得的天然气排放速度总计为 583 标准立方英尺/小时；86%的排放量来自液位控制器，排放速度最高为 48 标准立方英尺/小时，平均 7.6 标准立方英尺/小时。Marathon 石油公司指出，在测量排放量之前能通过声音定性地确定出高排气控制装置，这样就没有必要利用先进的技术设备来定量地测量甲烷排放量。

另一个合作伙伴的经历

Union Pacific Resources 公司用低排气装置更换了 70 台高排气装置并改进了 330 台高排气装置。该公司估计每年可以减少 49 600 千立方英尺的甲烷排放量。假设天然气价格按 3 美元/千立方英尺计算，则相应的节省费用为 148 800 美元。更换和改进所有设备的费用（包括材料费和劳务费）总共为 118 500 美元，该项目投资回收期不到一年。

6 经验总结

天然气 STAR 项目合作伙伴提供了以下经验：

★ 听设备、感觉设备、更换设备。能够听到或感觉到泄漏的地方，说明泄漏已经足够大，需要采取补救措施。

★ 控制阀循环频率是表征过度泄漏的另一个指标。当设备每分钟循环次数超过一次时，就需经济地更换或改进该设备。

★ 使用者在实际工作过程中并不一定能碰到厂商提供的排放速度。因为现场操作条件与厂商的假设条件不同以及安装环境和保养程度等原因，所以实际排气速度通常超过厂商技术说明书中的数据。

★ 将设备改进或更换工作与设备保养工作结合在一起实施。不要轻视一些简单的解决方案，比如更换管道和接头或者调整控制器。

★ 在低排气装置和改进装置上的小孔眼很容易被腐蚀管道中的碎片所堵塞。因此，在改进小孔眼装置之前应当对气动供气管道系统进行吹洗，并且应保养好天然气过滤器。

★ 当用仪表风或者其他系统更换压缩天然气驱动的气动装置时，不要忘了考虑甲烷减排所节省的费用。

★ 将气动装置的甲烷减排量记录在所提交的年度报告中（作为天然气 STAR 计划的一部分）。

7 参考文献

Burlage, Brian, Fisher Controls International, Inc., personal contact.

Colwell, Chris, Masoneilan, personal contact.

Fisher Controls International, Inc. Pneumatic Instrument Gas Bleed Reduction Strategy and Practical Application.
Frese, Jack, Norriseal, personal contact.
Garvey, J. Michael, DFC Becker Operations, personal contact.
Hankel, Bill, Ametek - PMT Division, personal contact.
Henderson, Carolyn, U.S. EPA Natural Gas STAR Program, personal contact.
Husson, Frank, ITT Barton, personal contact.
Loupe, Bob, Control Systems Specialist Inc., personal contact.
Murphy, John, Bristol Babcock, personal contact.
Radian Corporation. Pneumatic Device Characterization. Draft Final Report, Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency, January1996.
Tingley, Kevin, U.S. EPA Natural Gas STAR Program, personal contact.
Wilmore, Martin R., Shafer Valve Company, personal contact.
Ulanski, Wayne. Valve and Actuator Technology. McGraw-Hill, 1991.

附录 A

附表 A 包含了厂商公开的排气速度数据。无论什么时候只要有可能，就应将实际排气速度包含在内。由于很多原因这两个数据之间会出现差异，这些原因包括：（1）设备保养；（2）工作环境；（3）厂商假设条件和工作条件。

值得重点注意的是，厂商提供的信息未得到第三方认可，这就使得厂商提供的排气速度数据和现场工作过程中所测得的数据存在较大差异。直到取得一系列完整数据为止，在对比厂商和型号时，公司应该以标准单位（CFH）来仔细比较设备的排放速度。本研究中发现，厂商所提供的信息使用了多种不同的单位制和工作假设条件。

附表 A 各种不同的气动装置的排气速度

控制器型号	类型	消耗率（CFH）	
		厂商数据	现场数据（可得到的）
高排气气动装置			
**Fisher 4100 系列	压力控制器（大孔板）	35	
**Fisher 2500 系列	液位控制器（P.B.中等量程）	10-34	44-72
*Invalco AE-155	液位控制器		44-63
*Moore Products－Model 750P	位置传感器	42	
*Invalco CT 系列	液位控制器	40	34-87
**Fisher 4150/4160K	压力控制器（P.B.0 或 10）	2.5-29	
**Fisher 546	变送器	21	
**Fisher 3620J	电动－气动位置传感器	18.2	
Foxboro 43AP	压力控制器	18	
**Fisher 3582i	电动－气动位置传感器	17.2	
**Fisher 4100 系列	压力控制器（小孔板）	15	
**Fisher DVC 6000	电动－气动位置传感器	14	
**Fisher 846	变送器	12	

**Fisher 4160	压力控制器（P.B.0.5）	10-34	
**Fisher 2506	接收控制器（P.B.0.5）	10	
**Fisher DVC 5000	电动一气动位置传感器	10	
**Masoneilan 4700E	位置传感器	9	
**Fisher 3661	电动一气动位置传感器	8.8	
**Fisher 646	变送器	7.8	
**Fisher 3660	气动位置传感器	6	
**ITT Barton 335P	压力控制器	6	
*Ametek Series 40	压力控制器	6	
低排气或无排气气动装置			
**Masoneilan SV	位置传感器	4	
**Fisher 4195 系列	压力控制器	3.5	
**ITT Barton 273A	压力传感器	3	
**ITT Barton 274A	压力传感器	3	
**ITT Barton 284B	压力传感器	3	
**ITT Barton 285B	压力传感器	3	
**Bristol Babcock 系列 5457-70F	传感器	3	
**Bristol Babcock 系列 5453-Model 624-II	液位控制器	3	
**Bristol Babcock 系列 5453-Model 10F	压力控制器	3	
**Bristol Babcock 系列 5455 Model 624-III	压力控制器	3	
**ITT Barton 358	压力控制器	1.8	
**ITT Barton 359	压力控制器 1.8	1.8	
**Fisher 3610J	气动位置传感器	16	
**Bristol Babcock 系列 502 A/D	记录气动控制器	<6	
**Fisher 4660	高低压导阀	<5	
**Bristol Babcock 系列 9110-00A	变送器	0.42	
Fisher 2100 Series	液位控制器	1	
**Fisher 2680	液位控制器	<1	
*Norriseal 1001（A）(Snap)	液位控制器	0.2	0.2
*Norriseal 1001（A）(Envirosave)	液位控制器	0	0
*Norriseal 1001（A）(Throttle)	液位控制器	0.007	0.007
**Becker VRP-B-CH	双作用导向压力控制系统（替换控制器和位置传感器）	0-10	
**Becker HPP-5	气动位置传感器（双作用）	0-10	
**Becker EFP-2.0	电动一气动位置传感器	0	
**Becker VRP-SB	单作用导向压力控制系统（替换控制器和位置传感器）	0	
**Becker VRP-SB GAP 控制器	替换气动“开口”型控制器	0	
**Becker VRP-SB-PID 控制器	专为发电厂设计的单作用导向压力控制系统（替换控制器和位置传感器）	0	
**Becker VRP-SB-CH	单作用导向压力控制系统（替换控制器和位置传感器）	0	
**Becker HPP-SB	气动位置传感器（单作用）	0	
执行器型号	**尺寸**	**厂商数据**	**现场数据**

*Shafer RV 系列回转叶片式阀门执行器	33″×32″	1084	
	36″×26″	768	
	26″×22″	469	
	25″×16″	323	
	20″×16″	201	
	16.5″×16″	128	
	14.5″×14″	86	
	12.5″×12″	49	
	12″×9″	22	
	11″×10″	32	
	9″×7″	12	
	8″×6.5″	8	
	6.5″×3.5″	6	
	5″×3″	6	
执行器型号	**尺寸**	**每次控制流动的快速作用动作数**	**每次控制流动的节流动作数**
**Fisher 阀门执行器	20	21	39
	20	12	22
	34/40	6	10
	45/50	3	5
	46/50	2	3
*1996 年数据　　**2001 年数据			

附录 B

附表 B 与 MIZER 改进装置兼容的调节器

类型	品牌/型号
液位控制器	C.E.Invalco-215,402,AE-155 Norriseal-1001,1001A
压力控制器	Norriseal-4300
各种品牌的低排气气动装置的建议零售价（根据公布时的最佳信息作出的估计）	
品牌/型号	**每台设备价格**
**ITT Barton 335P （压力控制器）	920 美元
**ITT Barton 273A （压力传感器）	1 010 美元
**ITT Barton 274A （压力传感器）	1 385 美元
**ITT Barton 284B （压力传感器）	1 605 美元
**ITT Barton 285B （压力传感器）	1 990 美元
**ITT Barton 340E （记录压力控制器）	1 400 美元
**ITT Barton 338E （记录仪调节器）	2 800 美元
**Ametek Series 40 （压力控制器）	1 100 美元（平均价格）
**Becker VRP-B-CH	1 575 美元
**Becker HPP-5	1 675 美元
**Becker VRP-SB	1 575～2 000 美元
**Becker VRP-SB-CH-PID	2 075 美元
**Becker VRP-SB-CH	1 575 美元
**Becker HPP-SB	1 675 美元
**Mizer 改进工具箱	400～600 美元

**Fisher 67AFR （液化空气控制器）	80 美元
**Fisher 2680 （液位控制器）	380 美元
**Fisher 4195 （压力控制器）	1 340 美元
**Bristol Babcock Series 9110-00A （变送器）	1 535 美元～1 550 美元
**Bristol Babcock Series 5453 （控制器）	1 540 美元
**Bristol Babcock Series 5453 40 G （温度控制器）	3 500 美元
**Bristol Babcock Series 5457-624 II （控制器）	3 140 美元
**Bristol Babcock Series 502 A/D （记录仪控制器）	3 000 美元
**Bristol Babcock Series 5455-624 III （压力控制器）	1 135 美元
**Bristol Babcock Series 5453-624 II （液位控制器）	2 345 美元
**Bristol Babcock Series 5453-10F （压力控制器）	1 440 美元
*1996 年数据 **2001 年数据	