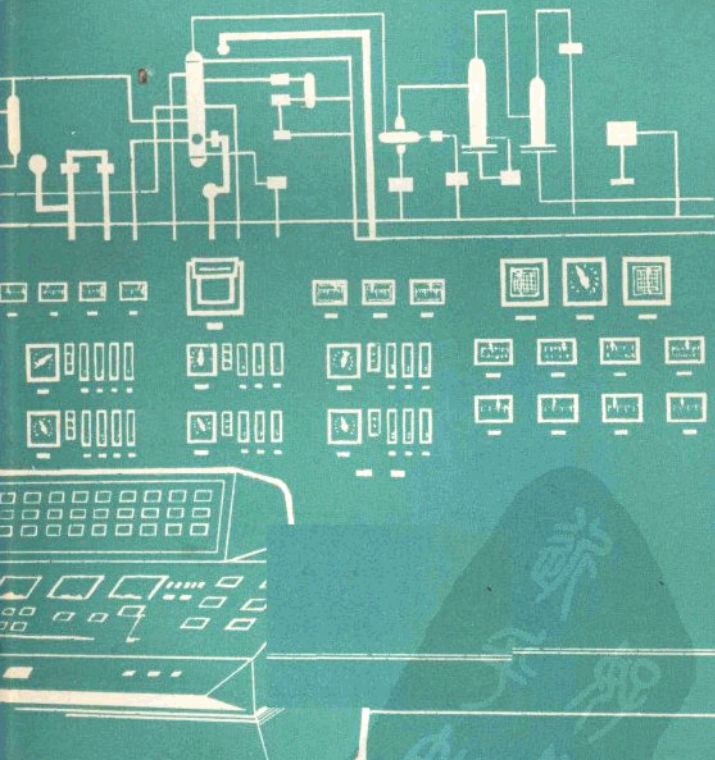


射流技术译文集 (第五集)



上海工业自动化仪表研究所

一九七二年十月

毛主席语录

外国一切好经验，
好的科学技术，我们都
要吸收过来，为我们所
用。拒绝向外国学习是
不对的。当然，迷信外
国认为外国的东西都是
好的，也是不对的。

射流技术译文集

(第五集)

射流传感器的新动向.....	1
射流元件的应用及研究动向.....	11
液动射流元件的发展前途.....	22
重新评价射流技术.....	27
射流测量方法和传感器的结构(概述).....	32
静态气动逻辑系统代数比较用判据.....	45
具有高压恢复的双稳态射流放大器的特性评价.....	52
射流应用在英国.....	67
带可动部件空气逻辑装置的利用.....	76
气动素流放大器.....	82
几种新的射流装置.....	90
Fluidlog —— 一种新型射流逻辑元件.....	94
射流振荡器.....	95
温度控制的射流装置.....	108
一个新元件——射流接近传感器.....	110
射流专利介绍(一).....	112
射流专利介绍(二).....	116

射流传感器的新动向

(计装, Vol.14(1971), 图1)

自美国Harry Diamond研究所于1959年提出射流元件以来,最初是计划用于宇宙火箭的控制方面,后来由于其特有的优良性能足以用于一般工业控制中,至今已得到广泛的发展。特别是随着射流和气动逻辑控制的发展,气动传感器越来越显得重要了。在许多场合,物品的检知、定位、计数和测量等,光电检测器和电磁检测器都不适用,而气动传感器却能简单地解决这些问题,并且费用低廉。

射流装置的优点之一就是能在30厘米左右的距离之外不接触地检知物品的“存在”和“通过”,并能做成最适用于各种用途和使用条件的传感器。

下面介绍几种今已实用的气动检测器。

I. 射流物品检知器

射流物品检知器用于检知物品的“存在”、“通过”以及静止或移动物体的位置,根据它们的检测距离分为下几类(其中包括数字式(两位式)传感器和模拟式(比例式)传感器)。

a、接触传感器——需要同被测对象接触;

b、短距离传感器——不接触检测距离为0~0.76毫米(即0.03英寸);

c、中距离传感器——不接触检测距离的0.76~12.7毫米(0.03~0.5英寸);

d、长距离传感器——不接触检测距离为12.7~3657毫米(0.5英寸~12英尺)。

A、接触传感器:

这种传感器虽与以往的气动部件原理相同,但与各种小型限位开关与射流逻辑控制回路一道,得到广泛的应用,相当于电动限位开关的作用。图1为三种接触传感器。

其中 (a) 与 (b) 是常通信号阀, (c) 是常闭信号阀, 均为数字式 (开关式) 传感器。

B、短距离传感器:

这种传感器一般多采取背压式, 图 2 所示的背压式传感器能以 $1/10000$ 英寸 (0.0025 毫米) 的分辨力检测物体的移动。

只要被检测物体离开传感器喷嘴的距离超过喷嘴直径的 $1/4$, 压缩空气就从喷嘴自由地流出, 输出压力将非常小; 物体靠近喷嘴, 喷出气流将受到抑制, 输出压力就增大, 亦即输出压力将随着物体靠近传感器喷嘴而增大。

在相当大的范围内, 传感器的输出与物体到喷嘴的距离成反比地变化。特别是背压式传感器可作为控制元件, 能够很容易地将极微小的尺寸变化转换为压力变化检测出来。另外, 还常以两位方式用作部件安装差错检测器和限位开关。

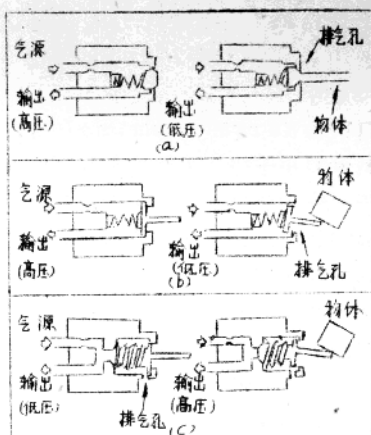


图 1. (a) 弹簧式提动阀
(b) 螺旋弹簧式阀
(c) 常闭信号阀

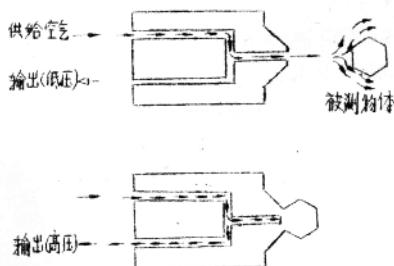


图 2 背压式传感器

背压式传感器的有效检测距离约为喷嘴开口直径的 $1/4$ ，但若为了增大检测距离而将喷嘴开口直径增大到 $1/8$ 英寸（约 3.2 毫米）以上，则空气消耗量将是相当大的。因此，当检测距离超过 0.76 毫米（0.03 英寸）时，背压式传感器基本上就不适用了。在检测距离短的情况下，背压式传感器的灵敏度可达到 20000（磅/平方英寸）/英寸。

C、中距离传感器：

这种传感器用于检测物体的“存在”与否，利用空气的射流和旋流。相当于光电检测器的射流检测器是如图 3 所示的中断喷气传感器。层流传感器可以低速层流喷气灵敏地检测 0.025 毫米的物体或移动，起到开关作用；而紊流传感器则用高速紊流喷气，可检测约 0.13 毫米的移动，其输出与未被阻挡的喷气量成正比。

1. 层流中断喷气传感器

图 3 (a) 为层流中断喷气传感器，层流稳定性要求极严，对障碍物非常敏感。只要被测物体的边缘一进入检测空间接触到层流的边缘，层流喷气就立即变成紊流状态，到达受喷孔的流量将变得极小，输出压力几乎为零。因此，这种层流喷气传感器可起到数字式（即开关）检测器的作用，它能以高精度检测直径为 $0.05 \sim 0.076$ 毫米的细丝。但是由于它用的是低速喷气，容易受环境气流和工厂噪声的影响，必

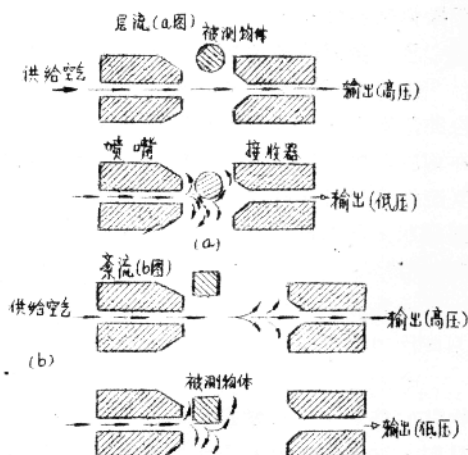


图3. (a)层流中断喷气传感器
(b)紊流中断喷气传感器

须注意保护，以免层流状态受到破坏，它的检测间隙宽度约可达到 1.9 毫米 (3/4 英寸)。

2. 紊流中断喷气传感器

如图 3 (b) 所示，在这种传感器中，只有喷气的高速中心气流进入受喷口。传感器的检测间隙的无物体时，输出压力约为供给压的 1/2。随着物体逐渐深入检测间隙，输出压力逐渐减小，当喷气流完全被阻挡时，输出为零。

紊流中断喷气传感器在其标称检测范围内，给出与物体的移动成比例的输出信号。当喷气流直径为 0.76 毫米时，可检测 0.025 毫米的移动。据称，实际的检测间隙可达 50 毫米。

这种传感器用途非常广，例如在可动机械的某一部位装一小片，通过检测该小片的运动，可实现开关控制，又如采用低压气源，可作边缘传感器使用。

3. 会聚圆锥传感器

图 4 (a) 是采用了环形乃至圆筒形喷嘴的会聚圆锥传感器，它的检测范围大，而且空气消耗量小。压缩空气由圆筒形狭缝释放出来，在传感器中心的排气孔的四周形成圆筒状的空气层。由于该空气层的气流速度很高，在中心排气就形成负压，于是圆筒状的空气层会聚成圆锥状，其内部包有低压气泡，这气泡离开传感器的距离大约等于喷嘴的直径，检测范围内无物体时，传感器检测口压力极低，常为真空。物体一靠近到传感器的检测区，就有一部分气流被返回气泡中心，检测口压力增加。物体越接近，输出压力越大，这种响应是线性的。

会聚圆锥传感器的检测距离约等于喷嘴直径，在此距离内可检测物体的移动，但通常是检测物体“存在”与否，作为限位开关使用。目前，这种传感器的最大检测距离约为 3.1 毫米 (1/8 英寸)，以 2.54 毫米 (0.1 英寸) 的距离测量直径为 3.1 毫米的物体的移动时，灵敏度为 (2 磅/厘米² 平方英寸) / 英寸。

4. 发散圆锥传感器

这种传感器采用如图 4 (b) 所示的发散喷嘴，它既不需要增加空气消耗量，又可以进一步扩大检测范围。这是因为它与会聚圆锥传感

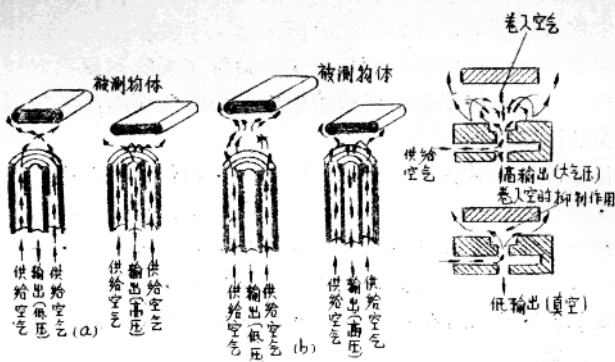


图 4. (a)会聚圆锥传感器 (b)发散圆锥传感器
(c)涡流传感器

器相比，圆筒形气流层要经过更长的距离才会聚，形成的气泡更长。检测区内无物体时，检测口压力在大气压以下；有物体时，输出压力增加，物体愈接近传感器，输出压力越大。

发散圆锥传感器的检测距离约为圆筒形喷嘴直径的 2 倍。在检测距离内，传感器的输出与到被测物的距离成反比。它常用于测量从离传感器 6.35 毫米远逐渐靠近的物体与传感器的距离，分辨力是 0.025 毫米。还可以同样的分辨力，测量从 6.35 毫米远处逐渐靠近的，直径为 9.5 毫米的物体的移动。还可以作为边缘控制装置的传感器。

由于这种传感器的检测气泡更大，故欲以较好的分辨力测量物体的移动，要求被测物比会聚圆锥传感器的被测物更大。

这种传感器的优点是构造简单，传感器内外的污染也没有什么影响，与敏感的转换器连用，可以每秒 25 个的速率检测传送带上的分银簪（美元的百分之一）。

5. 渦流傳感器

如图 4 (c) 所示, 这是最新的一种傳感器。检测区内无被测物时, 由渦流气室内渦流中心取得的输出表压为零。当被测物一达到检测区, 即一达到发散渦流圓錐的底部边缘后, 就破坏了渦流对周围空气的卷吸作用, 检测口就失去了这部气流的压力, 供给气流的高速旋渦使检测口的压力达到真空。

渦流傳感器从本质上讲是个双稳开关器, 物体在检测区之外时给出零信号, 而当物体一达到某一位置就给出真空信号。这种傳感器的检测距离约达 19 毫米 (3/4 英寸)。但是它从根本上讲, 还是基于发散圓錐傳感器的原理, 所以被测物必须足够大, 至少要能有效地封住发散圓錐的底。因此, 它用于检测大的机械部件或包装物等。

D、长距离傳感器

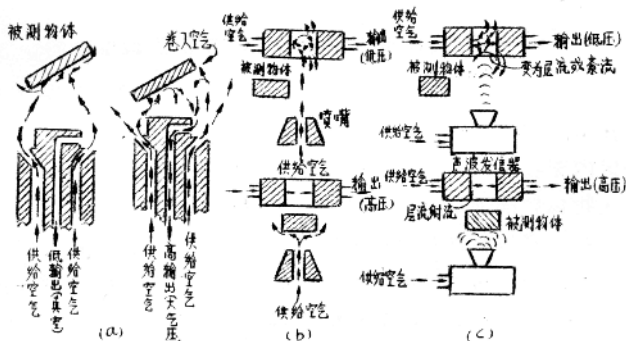


图 5. (a) 长距离发散圓錐傳感器 (b) 长距离中断噴气傳感器
(c) 声波束傳感器

1. 长距离发散圓錐傳感器

这种傳感器可以最少的空气消耗量, 进行长距离检测。为了形成尽可能长而稳定的气泡, 扩大了供给气流的发散角度。

这种长距离发散傳感器是一种双稳开关检测器, 检测区内无物体

时给出真空输出信号，有物体时，检测气泡被由物体返回的气流冲破，真空信号消失。

这种传感器的检测距离，至少为发散喷嘴直径的2倍左右，约为7.6~102毫米。它一般用于计数、检测波动或物体以及各种高温场合。在只需要对物体的一面进行长距离检测时，这种传感器是最适用了，它的可靠性高，能检测的物体或孔洞的大小约为喷嘴直径的3倍，这与检测大物体时的检测距离大致相等。

这种传感器除检测距离长而外，还有一个重要特长，就是还能检测多孔物体。即检测气泡非常敏感，能象检测固态物体一样检测静止的气层。所以，还可用于检测海绵状物体，粗眼的布，细眼网或过滤网，以及其他固体、液体、透明体等。

2 长距离中断喷气传感器

这种传感器系由前面所述的中断喷气传感器组合而成，如图5(b)所示，用一个标准的中距离中断喷气传感器作为接受器，另外用一个高压喷嘴提供高压信号射流去阻止接受器检测间隙的层流。这样，可使检测距离（即高压喷嘴与接受器之间的距离）长达1.0英尺（约2450毫米）。但在必要时，需设法延长信号射流，以便它能达到接受器。另外，需防止接受器受周围气流和噪声的影响。还有，从物体离开检测区到信号射流到达接受器，这之间有个相当长的时滞，必须考虑。但不管怎样，对于长距离检测来说，这种传感器毕竟是简单而价廉的。

3 声波束传感器

与光电装置相媲美的另一种射流传感器，就是所谓“声波束传感器”，它是基于层流喷气对声波非常敏感的原理。利用这一特性可以制得检测距离非常长的传感器，其工作原理如图5(c)所示。

由于层流喷气对声波非常敏感，故虽然声波束接收口的形状可设计得能避免接受外界噪声，但当声波束与接收口的焦点不合时，则需充分注意。最佳设计的声波束传感器的检测距离可达4.5米以上。不过这种传感器的检测对象必须能吸收大部分的声波，或能使声波束的大部分发生折射，象人手和多孔物体都没有这种特性，故不能测出。

II. 其他的射流传感器

D、液位检测传感器

如前所述，长距离发散圆锥传感器（图 5 (a)）非常灵敏，可象检测固体一样地检测静止气体。利用这一特性，可做成检测液位或粉末物位的传感器。图 6 为在标准型发散圆锥传感器上装上转接器，通过转接器连有一定长度的软塑料管或金属管的液位（物位）检测传感器。

这种传感器的最大优点是可以不接触地进行检测。它的标称检测距离为 3.2 毫米（1/8 英寸）（自延长管的前端算起），液位低于延长管前端 4.13 毫米（3/16 英寸）就受到

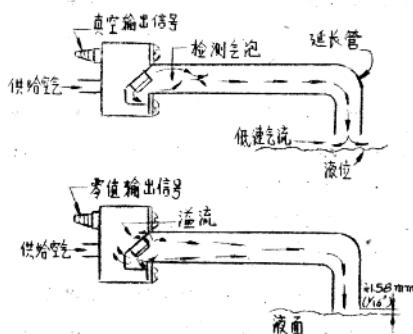


图 6. 不接触式液位检测传感器

重调。这种传感器喷出气流的速度相当低，既不会在液体中产生气泡，也不会使液面发生波动。只要适当选择延长管的直径，就能一直加长到 3 米左右。

这种传感器对于透明、不透明、爆炸性、腐蚀性对象均能安全而准确地测量，因而能用于检测胶体、墨水及其他化学品的液位或物位。

E、四转角速度传感器

利用涡流的动态特性，可制作无可动部分的角速度传感器（速度陀螺仪）（图 7）。当具有多孔侧壁的圆筒形气室绕中心轴回转时，气室正中央排气筒内的气流就成螺旋型旋转上升。回转速度愈快，螺旋气流（射出时离开铅直方向）——译者注的角度越大。因此，只要在排气筒上装置皮托管式敏感元件，以测量螺旋气流的偏离角度，就成了速度陀螺仪。

这种回转角速度传感器的灵敏度与圆筒形气室的直径成正比，灵敏度高且结构牢固。用作飞行器的稳定和自动导航装置的传感器直径约从6~10英寸。另外，美国已制成能测量地球回转角速度（ $1/240$ 度/秒）的大型（ $\phi 36$ 英寸）传感器。

F. 高温传感器

实践证明，射流传感器对测量非常高的温度有很大优越性。图8所示为一种射流振荡高温传感器。

由于这种传感器具有反馈通道，当作为工作媒质的高温流体输入后，输出射流就交替通过两个输出口，产生振荡。振荡频率取决于反馈通道的长度和流体的密度。

对于一个传感器来说，其反馈通道的长度是一定的，振荡频率仅取决于输入流体的绝对温度。

因此，只要将它同适当的射流频率鉴别回路配用，就能制出可给出与流体的绝对温度成正比的频率输出的温度检测器。

在美国，已在研制具有能检测喷气引擎内部温度这种特殊性能的高温传感器，这种传感器在工业上也正在朝着实用阶段发展，已有检测 2760°C 的试验，实践证明了它的优良的实用价值。

结束语

以上通过了气动不接触传感器的原理及其独特的性能，由于篇幅的限制，还不得不省略了几种传感器没有谈，但就这些也足以说明了

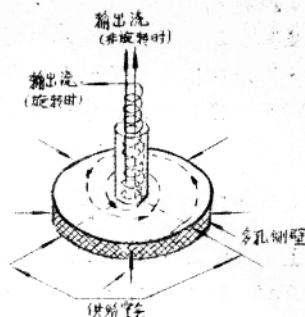


图7. 回转角速度传感器

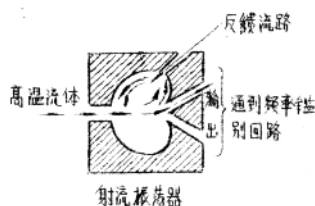


图8. 高温传感器

它在：不接触和长距离检测，构造简单、牢固、可靠性高，可适用于高温及其他苛刻条件以及不影响被测物体的性质等方面的特长和性能。因此，可以相信，若把气动仪表、射流、油压以及电子线路等合理地结合起来，必将为仪器仪表和自动控制开拓更广泛的领域。

<参考资料>

1. An Introduction to Fluidic Input and Output Interface Prepared by Interface Workshop Subcommittee Fluidic Section
2. Sensing With Air by Mr. Belsterling

摘选自《计装》 1971.VoL14.No.1

射流元件的应用及研究动向

〔摘译自《油压技术》VOL. 9 (1970) 第 4 (4 月)〕

1. 前言

关于射流元件的设想，最初是在 1960 年由美国《控制工程学》(Control Engineering) 杂志发表的。1962 年在美国举行了两次关于射流的讨论会，几乎所有现在所用的元件的原型在那时就都已发表了，讨论会的目的在于如何充实，并引起人们的注意。由此，除美国外，其他国家也开始了关于射流的研究，而且逐渐从对元件的基础研究发展到应用方面。应用部门也从飞机、火箭等军事用途扩展到一般民用工业。

然而与当初的预料相反，射流技术在一般工业中的应用，发展是缓慢的，1965 年的时候还受到一些责难，以至许多公司刚开始就又中断了这方面的研究。但由于新颖的原理和控制技术的要求，对射流的研究毕竟是越来越发展了，不仅进行了不少研究，而且有了许多实用的例子。现在，射流已经在控制技术中确立了新的地位。

2. 应用分类

射流元件的应用大致可分两类，第 1 类是利用它的独特性能进行检测和执行，有时再附加若干运算元件构成控制回路。火箭喷射角的控制、液面控制、洒水设备、人工呼吸器等是射流元件用作执行器的例子，而用声波振荡器检测温度以及渦流型回转速度检测器等则是射流元件用作传感器的例子。用适当的运算元件将这些传感器和执行器组合起来，即可构成全射流控制回路。

第 2 类应用是生产过程或机械等的程序控制和反馈控制方面，这也是人们通常所关心的。从响应速度和能量消耗来说，射流元件只适用于较简单的控制。数字元件可用于 100~200 位左右的程序控制。

关于反馈控制，所用的模拟元件性能在增益、漂移和信噪比等方面还不理想，故其实用是缓慢的。最近随着模拟元件的改进，射流用于反馈控制已有希望。这就象对温度控制系统所作的尝试那样，以傳

感器同执行器的结合为条件，还考虑用射流回路代替一般的气动PID调节器，射流在过程控制（包括程序）方面的应用是大有希望的。另外，最近还发展了对适用于油压伺服系统的油压射流技术的研究。

3. 各方面应用的研究现状

(1) 在飞机上的应用

例如：自动操纵装置、气体执行装置、反推力装置、直升飞机稳定装置、汽轮机控制装置（温度、压力、转速）、冲压式喷射发动机控制装置、飞行服保温装置以及面罩呼吸器等。

其中，自动操纵装置用的是第1图的涡流型转速传感器，以代替以往的速度陀螺仪，飞行试验效果良好。直升飞机稳定装置采用第2图的回路，其特征是工作流体为油。

第3图是检测喷气引擎透平入口温度误差的射流元件回路，用连接着双稳元件两控制口的声波振荡器，根据振荡频率随工作气体温度的变化，检测温度。振荡频率为几千赫，故用外差法降低频率，最后给出直流输出信号。这个回路就是有名的射流元件信号调制回路，不仅可用于检测温度，还普遍用于处理转速检测等调频信号。

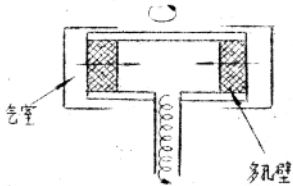


图1. 涡流型迴转速度传感器

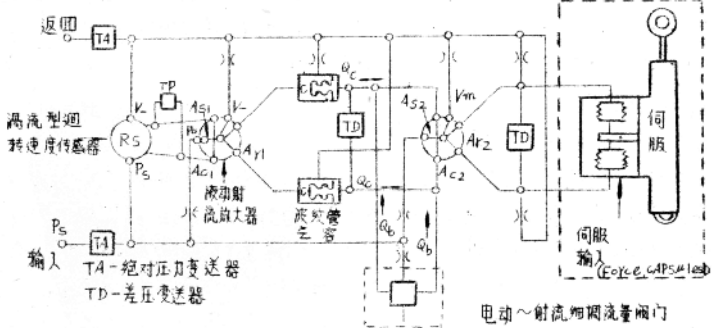


图2. 直升飞机稳定回路

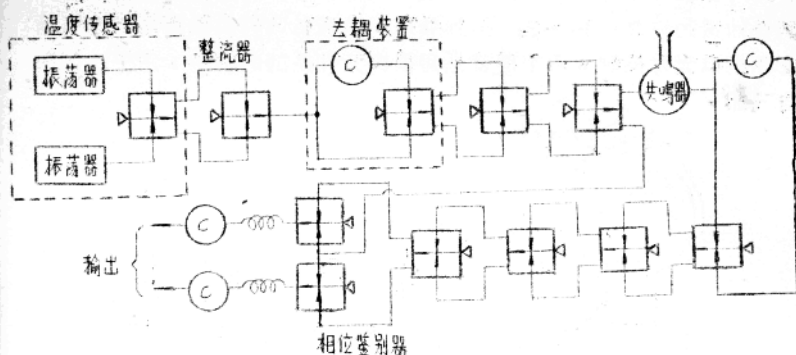


图3 温度误差检测回路

(2) 在宇宙工程方面的应用

宇宙飞船、导弹等也希望通过采用射流元件来提高可靠性，减轻重量，降低成本。这方面的应用有如：惯性制导装置（加速度计）、陀螺仪稳定台、洩漏流量计、控制紧急离船的计算机以及飞行姿势控制装置（流体飞轮、火箭喷射控制）等。

传感器和火箭喷射控制等多与飞机用的一样，这里只介绍宇宙飞船所特有的洩漏流量计和流体飞轮。在宇宙飞船中氧气供给是受限制的，如果由舱内向外界的空气洩漏量增加，将是很危险的。第4图和第5图即为洩漏量检测装置，洩漏增加了，舱内压力就降低，于是氧

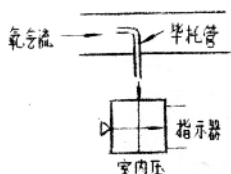


图4 比例放大式洩漏流量计

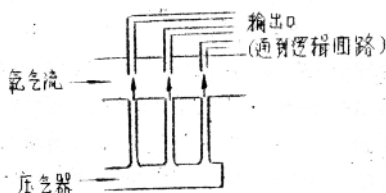


图5 紊流式洩漏流量计

气供给量增加。第4图是用比例元件，第5图是用紊流元件的情形。液体飞轮如第6图所示，是使两股水银液体按相反方向环流，根据它们角动量的差 $H = H_1 - H_2$ 控制转矩。两液体飞轮的流量用节流喷嘴或用模拟元件控制。第7图就是用模拟元件控制的情形，用于小型宇宙飞船。

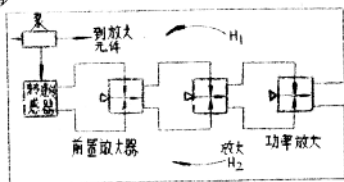
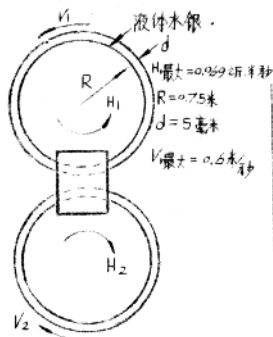


图6 流体差动飞轮

图7 流体差飞轮回路

(3) 在船舶上的应用

例如：液箱 (HYdro-fiol) 控制，喷水推进控制、浮筒的浮起控制、柴油机桥式发火程序控制、多引擎的同步运行、锅炉控制、透平速度控制等。

作为船舶控制之一例，第8图为水中翼船的水中机翼控制系统，控制机翼对水流的角度，使浮力保持一定，以使船体不受波浪摇晃。机翼前缘装有浮力传感器，由射流回路将浮力偏差信号放大，去策动执行活塞改变机翼对水流的角度。浮力传感器由机翼前缘的上下两个开口部分构成，由一定压力源提供的气流通过节流装置在

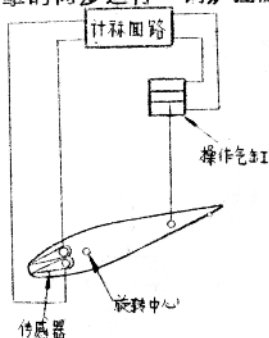


图8 水中翼板控制系统