

冷量计量技术的新进展

吴育 (上海金茂物业管理有限公司金茂大厦管理处 上海 200121)

纪纲 (上海宝科自动化仪表研究所 上海 200940)

摘要 叙述液体冷量计量方法和必须解决的几个问题,详细分析了温度传感器和电磁流量计的防潮,提高测温精确度和分辨力并介绍仪表选型。

关键词 冷量计量 盐水腐蚀 仪表防潮 温度校正 分辨力

随着大型楼宇和现代化建筑物的增多,集中供冷系统获得了高速发展。工业以及其他行业对冷量的需要也促进了集中供冷事业的发展。集中供冷就是动力厂(站)用冷媒体(一般为淡水和盐水)将冷冻机所制冷量供给用户,为了对制冷设备的运行进行管理和核算,对用户所耗冷量进行结算,需要对有关节点进行冷量计量。

为了解决冷冻水的冷量计量问题,多年来计量部门伤了不少脑筋,有些单位也为此花了不少钱,往往仍旧不很理想。所以出现这样的情况主要是因为这个问题有一定难度和技术工具跟不上需要。

一、困难所在

在冷量计量中,难度较高的当数盐水作冷媒体的供冷系统,其特点是:

(1) 流体对仪表有腐蚀,常将孔板、热电阻套管等仪表腐蚀掉。导致仪表失准和故障。

(2) 流体温度低,常常因此导致电磁流量计的励磁线圈受潮而引起故障。尤其在夏季,电磁流量传感器接线盒内,接线端子之间常常凝结很多水滴,引起故障。

(3) 冷媒体的低温,还会给测温带来困难。在选用普通铂热电阻测温时,由于接线盒内空间同大气之间存在呼吸现象,夏季大气中水汽分压又较高,被吸入热电阻套管后,在低温条件下达到露点而凝结为水滴,此水滴极易导致铂金丝短路。以前有人在测温套管中灌石蜡,但不够理想,有时灌入的石蜡碰到电阻体,引起阻值变化。

(4) 温差较小,对测温精度和分辨率要求高。多数冷冻站供水温度和回水温度之差较小,两支铂热电阻和二次表的两个温度输入通道的误差引起冷量测量误差往往成为冷量测量的主要矛盾。

温差较小给测温分辨率也提出了很高的要求,通常的数字显示表,0.1 的分辨率已属上乘,但在温差为 5 的情况下,二次表 1 个分辨力值的跳码就要达到 2%,显然不能满足要求。

二、新的进展

1. 淡水冷冻水的冷量计量

众所周知,冷冻水的冷量计量是基于如图 1 所示的原理。图中用户所耗冷量为:

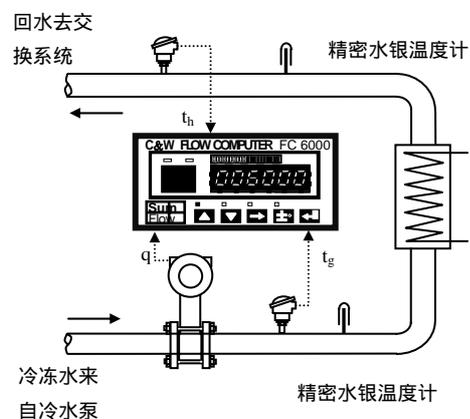


图 1 淡水冷冻水冷量计量系统

图中用户所耗冷量为^[1]：

$$\begin{aligned} H_c &= (h_g - h_h) q_m \\ &= (h_g - h_h) q_v \end{aligned} \quad (1)$$

$$h_g = f(t_g)$$

$$h_h = f(t_h)$$

式中 H_c 冷量，kJ/h；
 h_g 供水比焓，kJ/kg（由查 IFC 比焓表得到）；
 h_h 回水比焓，kJ/kg（由查 IFC 比焓表得到）；
 t_g 供水温度，；
 t_h 回水温度，；
 q_m 质量流量，kg/h；
 q_v 体积流量，m³/h；
冷冻水密度，kg/m³

由于水温低和温差小。为了解决这两个问题，就必须有相应的措施。

（1）冷冻水测温问题

空调用冷冻水的供回水温差大多数设计为 5~6，但是在季节更替或调节不当时，温差小于 3，这就为温度测量的准确度提出了极其高的要求，这时温度测量结果如果引起温差出现 0.2 的误差，就将导致冷量测量误差大于 6.6%R，这是很可观的数字。而对于测温系统来说，又是很容易发生的事。因为温差测量不仅包含两个温度传感器，而且包含热量表（冷量表）的两个温度输入通道。为了提高温差测量精确度，下面的几个实用方法可供采用。

- 选用高精度温度传感器。如 A 级铂热电阻，名义精确度可达 ±0.2%。
- 一个计量点的供回水温度采用配对温度传感器。
- 将热量表（冷量表）的测温分辨率提高到 0.01 ~ 0.02。
- 在热量表（冷量表）内分别设置供水温度和回水温度误差校正（也称传感器校正 SC）功能，以便在配校出现误差时，予以校正。
- 将热量表（冷量表）同供水温度传感器及回水温度传感器配校。
- 在供回水温度传感器安装点附近的管道上各开一个深度足够、管径合适的校验口，插入同一根标准水银温度计，以便对温度示值进行核查，以避免仪表安装环节及其他环节引入大的误差。

（2）比焓与压力的关系

淡水的比焓是温度的函数，同时又受水压的影响，对于流量值较大的测量对象，不应忽略压力的影响。

2. 盐水冷冻水的冷量计量

盐水冷冻水的冷量计量与淡水冷冻水的冷量计量方法大致相同，其系统图与图 1 相同。但是由于盐水的几个特点，也带来了几个不同点。

（1）盐水的密度同含盐量有关

由于盐水的温度等级有异，所以含盐量不同，这导致其密度也不相同。因此，在从盐水体积流量计算质量流量的过程中，应留一个窗口，填写参考温度条件下的盐水密度。

(2) 采用比热容方法计算热量

无法采用式(1)计算冷量,因为工艺专业提供不出不同含盐量盐水的比焓表。只能采用平均比热容的方法计算冷量。其表达式为:

$$H_C = \Delta t \cdot c \cdot q_m \quad (2)$$

式中 H_C 冷量;
 t 供回水温差;
 c 冷媒体平均比热容;
 q_m 质量流量。

(3) 仪表选型应能耐盐水腐蚀

因为盐水对不锈钢等材质都有腐蚀,所以测温套管以及流量计与盐水接触的部分都应能耐盐水腐蚀。

(4) 仪表选型应注意耐更低的温度

例如选用电磁流量计测量流量时,应考虑到零下若干度的流体,不致引起励磁线圈受潮导致仪表损坏。

3. 冷冻水冷量计量的仪表选型

(1) 铂热电阻的选型

1) 防止铂热电阻套管中生成冷凝水的设计

由于热电阻套管中气体与大气之间的呼吸现象难以避免,在夏季,大气中水蒸气绝对含量高,被吸入套管后经冷凝变成水,若选用普通铂热电阻,久而久之铂金电阻丝及其引出线极易被水淹没,引起故障。为了避免此类问题的发生,可选用铠装铂热电阻,由于铠装铂热电阻的套管中空间被烧结成型的氧化镁粉填满,套管的口上一段管内又有环氧树脂封填,将套管内的残存的气体同管外完全隔绝。从而杜绝了水的侵入。

2) 接线盒内接线端子的防潮问题

由于冷冻水温度可能比环境温度低 $20 \sim 40$,接线盒如果太靠近冷冻水管,由于热传导影响可能使接线盒温度大大低于环境温度,引起接线端子之间结露,导致短路,造成温度示值偏低,为了避免这个问题的发生,选型和安装中接线盒至少应离开保温层 100mm 。使接线盒温度与环境温度接近。

3) 减少测温套管热传导引起的测温误差

由于冷冻水冷量计量中对测温精确度要求特别高,所以应考虑测温套管热传导引起的测温偏高(假定环境温度高于冷冻水温度)现象。选用铠装铂热电阻,由于套管细,管壁薄,通过传导引起的测量误差可忽略不计。

4) 管外贴装的铂热电阻

有一些测量对象一年四季没有机会停车在管道上开口装表,这种情况下测温只能用管外贴装铂热电阻的方法。所贴铂热电阻必须有防水防潮性能,因为冷冻水管外壁上总是湿漉漉的。热电阻与管壁之间应有良好的热传导,热电阻贴装处及周围区域应强化绝热保温,经这样的处理后,铂热电阻测到的温度比管内水温偏高的数值被限制在 $0.1 \sim 0.2$ 以内是完全可能的。

(2) 流量计的选型

1) 电磁流量计

在冷冻水的流量测量中，电磁流量计有明显的优势，其中耐腐蚀问题，对于盐水冷冻水尤为重要。因此，除了个别特殊情况不宜选用电磁流量之外，大多数场合都能使用电磁流量计。在具体设计时尚有下列问题需要考虑。

a. 测量管内衬的选择

如果冷冻水是淡水，则选用橡胶内衬，价格较低。如果冷冻水为盐水，则须选聚四氟乙烯内衬。如果既测淡水冷冻水又测盐水，则必须选聚四氟乙烯内衬。

b. 电磁流量计测量管励磁线圈防潮问题

止逆阀

电磁流量计测量管新的制造工艺是用壳体焊接密封法将励磁线圈密封在壳体内，以防潮气侵入。但是在生产过程中，线圈周围空腔中总是充满空气，此空气中如果水气含量较高，则流量计投入使用后由于导管和空腔中温度降低，很可能会出现结露现象，因此，冷冻水温度为 5 的测量对象，空腔中应封入干燥的空气；冷冻水温度为-5 的测量对象，空腔中应封入氮气或硅油等合适的介质。并应保证所封入的介质不会逃逸。

c. 内衬承受负压问题

冷冻水流量正常测量时，测量管本身并不承受负压，只有在将管道中的存水排放时，由于管道最高点的放空阀忘记打开，才会使管道上部出现负压，如图 2 所示。

KROHNE 公司的几种内衬能够承受的管内负压如表 1 所列^[2]。因此，管内负压一旦超过规定值，就有可能使测量管内衬瞬间脱落，因此，应设法避免。解决这一问题的另一方法是选用能承受真空的内衬，这种内衬由于特殊设计的骨架而使其能承受绝对真空的压强，当然，选用带骨架型内衬将会使投资明显增加。

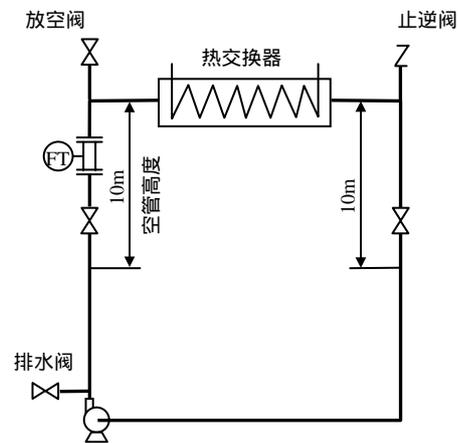


图 2 误操作造成管内负压示意图

表 1 IFS 4000 型传感器在不同介质温度下的负压极限值

衬里	测量管尺寸	介质温度 / 最低工作绝对压力 kPa							
		40	50	70	90	100	120	140	180
PFA(F46)	25-150	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
PTFE(Teflon)	10-20	0	0	0	0	0	0	0	0
	200-250	50	75	100	100	100	100	100	100
	300-1000	80	100	100	100	100	100	-	-
氯丁橡胶	50-300	40	40	-	-	-	-	-	-
	350-3000	60	60	-	-	-	-	-	-
Lrethane	200-300	50	-	-	-	-	-	-	-
硬橡胶	200-300	25	40	-	-	-	-	-	-
	350-3000	50	60	-	-	-	-	-	-
软橡胶	200-300	50	-	-	-	-	-	-	-
	350-3000	60	-	-	-	-	-	-	-

超声流量计从原理分有多普勒法和时差法，空调系统中的冷冻水由于较洁净，应选时差法，经合理的安装调试能达到 1~3%R 的精确度。

超声流量计的传感器防护等级有高有低，用来测量冷冻水流量的传感器，由于传感器连同电缆插头都有可能被包在保温层里面，所以电缆插头处结露在所难免，解决方法是选用 IP 68（潜水型）防护等级。

三、冷量和热量计量两用的计量表

在有些楼宇中，暖通专业设计的空调用热交换器只有一个，冬季通入热水供热，夏季通入冷冻水供冷，其系统图如图 3 所示。从图中可看出，切换一下阀门就可从供热改为供冷。而热量计量的表计要冷热两用。

解决负压的另一方法是将原来的放空阀改为单向阀（止逆阀），在管道出现微小负压时，止逆阀自动开启，从大气中吸入空气，从而确保安全。

2) 超声流量计

有些测量对象一年四季没有机会停下来开口装表，这时只能用夹装式超声流量计测量冷冻水流量。

其实，有些热量表的设计中已经考虑到冷热两用^[3]。当供热时，供水温度高于回水温度，仪表显示的温差和热量为正值，其瞬时值单位为 MJ/h 或 GJ/h，其累积值为 MJ、GJ 或 kWh。当供冷时，供水温度低于回水温度，仪表显示的温差和热量值为负值。但是热能和冷能都为正值，这是为了防止从供热改为供冷后，累积数字倒走。另外，可编程热量（冷量）表除了能显示上面的数据之外还能显示供水温度、回水温度、温差、瞬时流量、累积流量等参数。

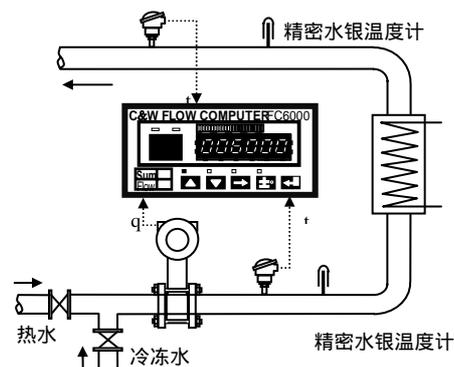


图 3 供热和供冷两用的系统

参 考 文 献

1. JIG 225—2001 热能表检定规程
2. 上海光华爱而美特. IFM 4080 型智能电磁流量计使用说明书, 2001
3. 上海宝科自动化仪表研究所. FC 6000C 型智能冷量(热量)表, 1997

(摘自《化学世界》专辑，上海市化学化工学会 2002 年度学术年会论文集，324~326,170)