

技术探讨

并联压缩制冷技术的应用现状与发展趋势

李 鹏

(西克制冷(亚洲)有限公司上海代表处)

摘 要 介绍了一种针对大型冷库、速冻设备、低温物流配送中心及超级购物中心的并联压缩制冷技术,并对其在中国地区的应用现状和发展趋势进行了比较详细的阐述。

关键词 并联机组;制冷;冷库;配送中心;超市;速冻

Abstract Parallel compressor rack system, which is designed for large cold storage warehouses, refrigerated distribution centers, fast freezing plants and supermarkets is introduced and analyzed. Its current application status and development trend is also presented.

Key words Parallel compressor rack; refrigeration; cold storage; distribution center; supermarket; fast freezing

1、引言

近几年来,随着国际物流业巨头及零售业巨头大举投资中国市场,以及国内民用冷库设施的改造和国内零售商的崛起,中国的低温物流业,食品加工和零售业正在经历着从传统制冷系统向国外先进制冷系统过渡的过程。

并联压缩制冷系统以其高效节能、稳定可靠且成本较低的独特优点,逐渐被人们认识和接受,成为了目前大型超级市场的主流。同时越来越多的低温物流配送中心、食品加工厂、速冻设备和大型冷库,尤其是人口稠密地区和外资企业的商用冷冻项目,开始逐渐使用并联压缩制冷系统或取代原有的氨单机制冷系统。

2、并联压缩系统简介

在大型商用制冷系统中,通常将传统的单机系统合并成大型的中央冷冻站—并联压缩机系统(在国外行业内俗称为 Rack 或 Pack 系统)即将多台压缩机并联连接在一个公共的机架上,共享吸排气集管、冷凝器及储液器等部件,从而向整个制冷系统的各蒸发末端提供制冷剂。

图1所示为西克制冷(无锡)有限公司出品的

BOHN 并联压缩机组外观,自2000年8月以来,共有五百多台该品牌机组成功运用在中国国内的大型冷库,物流中心和超市中。

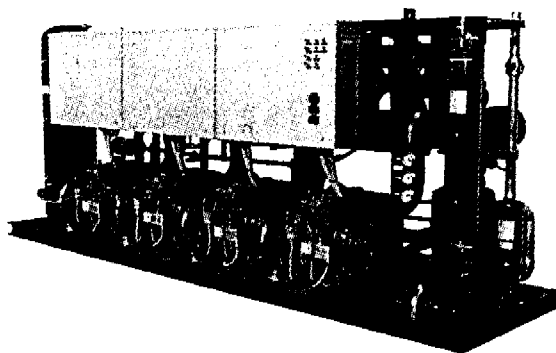


图1 Bohn 并随意压缩机组外观

图2显示了该并联压缩机系统的流程原理图。除虚线所连接的冷凝器和蒸发器外,实线所代表的部件及管路全部位于并联机组上。制冷剂过热蒸气从回气总管流入气液分离器和过滤器,然后进入回气集管并均匀进入每台压缩机,压缩机的排气通过减振管进入排气集管,进入公用油分离器。油气混合物中99%的润滑油应被分离并落在油分离器的底部并经过回油系统均匀分配到每台压缩机,而含油量较少的排气排入远置在室外的风冷冷凝器

(或其它形式的冷凝器)经过冷凝以后回到储液器。储液器底部所排出的液体进入供液集管,并流经各支路上的电磁阀和膨胀阀,进入所对应的蒸发器(吊顶冷风机或冷柜),经蒸发后经过各支路球阀进

入吸气集管,从而完成封闭循环。经过多年的使用和摸索,我们感觉到采用这种直接蒸发式并联压缩机系统的优点集中体现在以下方面:

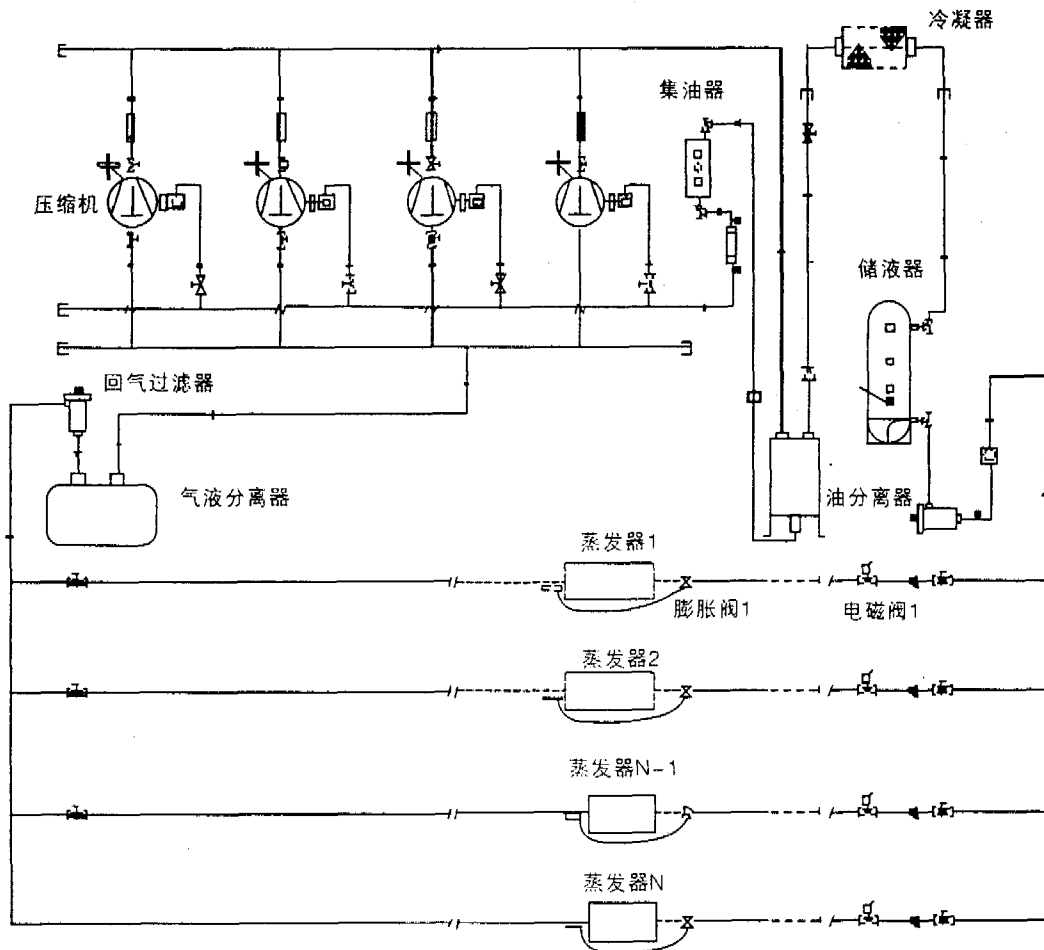


图2 并联压缩机系统流程图

● 并联压缩机组能够更好的匹配制冷系统的动态冷负荷。通过调节整个系统中压缩机的开停,避免了“大马拉小车”的情况,使得压缩机组的吸气压力保持恒定且压缩机在设定的正常工作范围内工作,从而大大提高了系统的效率。对于制冷量变化比较大的场合,比如四季分明的地区,或者是本身系统负荷变化较大的应用,比如气调库,采用并联压缩机组甚至是不等大小的并联压缩机组往往能起到非常惊人的节能效果。对于长期使用该系统的客户,其在制冷系统生命周期(Life Cycle,国外一般规定为10年或15年)内节约成本的效果是极为显著的。

● 并联压缩机组的所有对于压缩机、冷凝器、蒸发器和阀件的控制都可以集中在系统电控箱中,

可以使用电脑控制器最大限度的优化系统的使用效率,基本上可以作到完全无人操作和远程操作。加之氟利昂系统相对于氨系统的稳定性和安全性,目前该机组是让客户最“省心”的解决方案之一,所耗费的人力成本也最低。

● 由于系统富余量较大(一部分蒸发器除霜的同时另一部分蒸发器在制冷),除霜后空闲的压缩机立刻参与制冷,一般5分钟内就可以把冷库或冷柜的温度降到规定要求。从温度的品质来说,该系统的表现也非常的优异。

● 同时,相对于单机系统,采用并联压缩机组还可以降低设备成本,模块化安装的理念还可以大大降低安装工程量,缩短工期,减小机房面积,因此

对于终端用户来讲,采用该技术后其综合初投资也可以大大地降低。

3、并联压缩制冷系统的应用现状及面临的挑战

前面已经提到,并联压缩制冷系统已经成为了目前大型超市的主流,几乎100%的大中型超市都在使用这项技术。一般说来,每个超市使用一台中温并联机组来拖动冷藏柜和冷藏库及加工间,一台低温并联机组来拖动冷冻柜和冷冻库,这项技术已经基本成熟。随着市场竞争的日渐白热化,该制冷系统价格已经基本到达或超过工程商和设备制造商可以承受的底线,因此部分工程商和设备制造商出现了偷工减料,恶性竞争等现象,服务的质量也大大下降,但是从我们国家目前来讲,由于没有一个能够真正适用于并联压缩机系统的行业标准,所以目前也很难在市场上规范这些行为。数个比较大的制冷机组生产企业目前都在加紧细化各自的企业标准,在不降低自身品质的情况下采取各种降低成本的策略,积极应对激烈的超市行业竞争。

由于并联压缩系统采用的是一种“为客户定制(Customize)”的设计、生产和销售模式,专业的系统方案设计本身往往才能最大限度的体现系统节能的特点。这就导致了担负大型冷库、物流中心设计任务的设计单位对于该系统的了解显得非常的重要。一般说来,普通的设计院对该系统的特性并不十分了解,工程商往往对设备不够了解,设备制造商对工程设计也不非常了解,造成的结果是目前不少人认为大型冷库、物流中心使用氟利昂并联机组还不够成熟,甚至不是一个很好的方案。其实这是一种误解,在国外,尤其是发达国家,并联压缩系统是大型冷库、物流中心应用得极为广泛的一种制冷方式,其设计单位的核心力量为实力很强的工程商或者咨询公司,这个核心在我国目前还并不具备,工程设计质量也良莠不齐。但是,越来越多的大型制冷工程,尤其是外资进入后的冷库工程、物流中心和国内要求较高的食品加工厂等已经开始采用这种系统。

4、并联压缩制冷系统的发展趋势

● 螺杆并联机组(图3)开始涌现:

自2005年初起,大量的螺杆并联机组开始在中国并联压缩机市场上涌现。这一趋势得益于外资

物流中心的进入,国家对于人口稠密地区危险气体使用的关注以及单台制冷量较小的往复式压缩机在大型冷库项目上的成本劣势。与往复式压缩机相比,螺杆压缩机本身活动部件少,可靠性高,低温冷库工况下(蒸发温度 -25°C ~ -35°C),带经济器的螺杆并联压缩机效率很高,因此受到了市场的欢迎。在速冻领域,使用氟利昂的双级螺杆并联机组(Screw Compressor Booster Unit)也受到了比较大的关注,因为速冻往往由前期冷却阶段和后期速冻阶段这两个不同的温度区间组成。多机双级螺杆机组可以完美的提供前期冷却阶段需要的制冷量同时提高后期速冻阶段的效率(相对于单级带经济器系统)。同时,氟利昂低压循环桶加氟泵的组合提供的满液式系统(Flooded system)也提高了蒸发器侧的效率,同时对原有速冻设备的改动也最少。这些都符合大型食品加工企业、速冻冷库的需要。

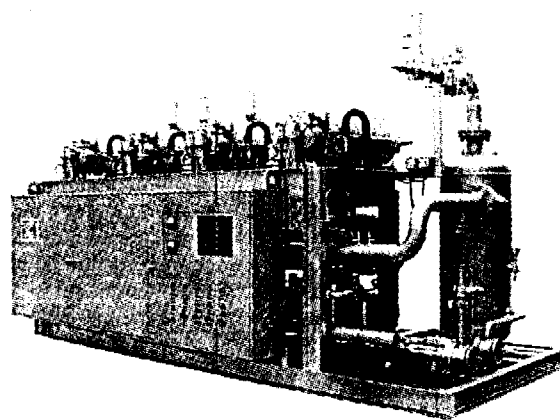


图3 BOHN“银河”系列螺杆并联压缩机组

● 热气化霜(凉气化霜)值得推广

由于并联压缩机采用分时化霜的模式,即在一部分蒸发器化霜的同时另外大部分蒸发器是在制冷的。因此可以在不耗费其它额外电能的情况下提供热气化霜所必须的资源:“热排气”(对于凉气化霜来说是储液器上端的高压气体)。而电除霜是整个系统运行中耗电的一个“大户”,以2004年我公司在北京中标的一个大型冷库项目为例,该项目冷库净面积8500平方米,库高5.3米,有低温冷库10间,高温冷库24间,其中仅低温冷库电化霜每年消耗的电就高达25万多度。如果采用热气化霜的方案,这个消耗就可以基本避免。而由于采用热气化霜产生的初投资成本增加一般在1到2年内就可以收回。图4是我公司“Priority I”热气化霜方案的原理图:在

需要化霜时,阀门1打开,阀前后产生压差,正常工作的3号阀门和5号阀门关闭,供热气通过的2号阀门和4号阀门打开,使得压缩机的排气反方向进入蒸发器,冷却(或冷凝)后进入储液器。

并联机组的热气化霜虽然是一种非常节能的除霜方式,但是对于控制时序和蒸发器制作工艺的要求都比较高,因此目前还没有广泛采用,但以其雄厚的节能潜力来说,在不久的将来,该方案一定会被业主广泛的采用。

● 多吸气压力并联机组 (Multi - suction Rack) 开始使用

虽然超市并联压缩系统已经比较成熟,但仍然

存在着其它的一些能源浪费现象。如在低温系统中,通常是把整个低温机组的蒸发温度拉到温度最低的冷柜的蒸发温度(-38oC),而对于不需要那么低蒸发温度的冷库风机(-30oC)和制冰机(-22oC)等,通常是利用蒸发压力调节阀的节流作用人为提高其蒸发压力以满足现场的需要,这样就大大增加了电能消耗。多吸气压力(multi - suction)是一种比较满意的解决方案,它通过把不同蒸发温度的压缩机组组合在一个框架上,使用公用的高压系统以达到节能且降低初投资的作用。图5显示的是一台多吸气压力并联机组。

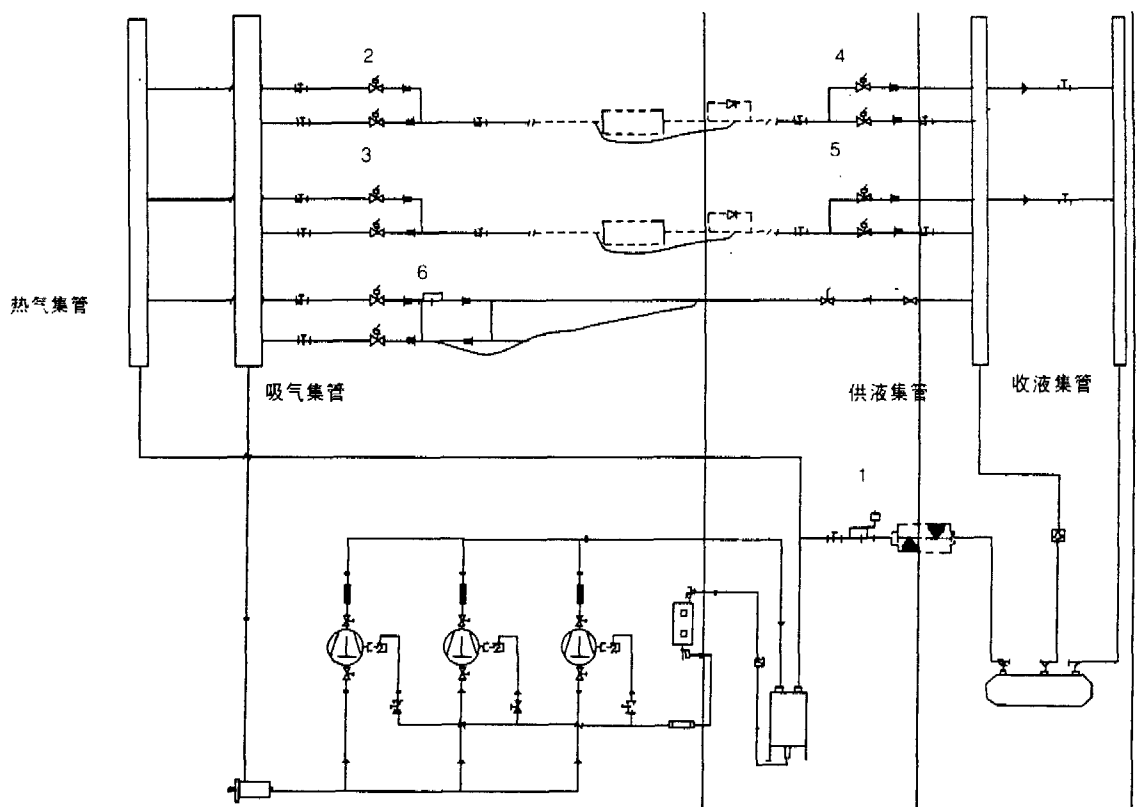


图4 BOHN Priority I热气化霜方案原理图

多吸气压力并联机组在现实使用中也有着一些问题。最大的问题是由于把一个蒸发压力下的机组分为2至3个吸气组,系统的冗余率下降,一旦该吸气组里的某一台压缩机发生故障,该吸气组的温度很可能难以达到。因此,该系统中使用的部件必须为可靠性很高的部件,同时,设计和施工时也必须考虑得比较周全。只要这些问题得到解决,多吸气压力并联机组将可以使大型超市的耗能和初投资同时降低15%左右。

● 并联压缩系统外围设备的改进

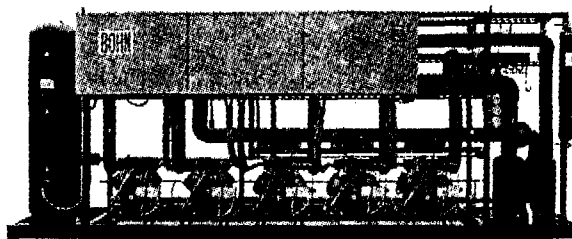


图5 BOHN多吸气压力并联机组

从并联压缩机组的外围设备(如冷凝器、蒸发器和阀门)的选择上,有很多用户认为没有压缩机组本身那么重要,其实不然。外围设备的设计水平、制作工艺、材料选择,甚至外围设备的正确选型,都对整个系统产生着重要的影响。对于换热器,随着国际高水平公司和研发机构的进入,国内冷凝器、蒸发器将在不久的将来告别计算多少“平方”换热面积的时代,进入计算机辅助设计和模拟的时代,相关的认证

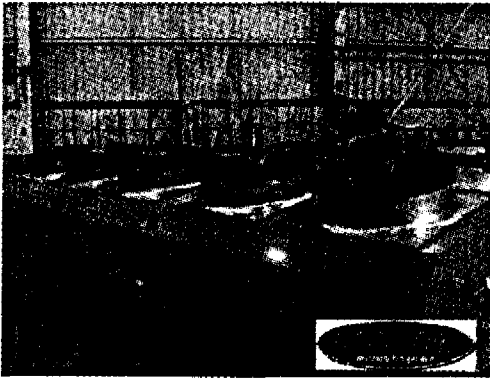


图6 BOHN WRC-EC系列风冷冷凝器

机构也将对该行业内生产的冷凝器和蒸发器的各项指标进行一个更加科学的评估。对于换热器上最多见的部件:电机,其改进也再不断的进行,图6显示的是使用直流调制电机(ECM)的冷凝器,比BOHN普通冷凝器使用的高效镰刀形外转子电机每年还节能45%左右。但由于直流调制电机的初投资成本比较高,它的广泛应用尚需时日。

5、结论

在美国、欧洲等发达地区,并联压缩技术已经成为商用制冷市场的重要产品。目前我国的大型冷库、低温物流配送中心和超级购物中心等正在飞速的发展当中,并联压缩系统正以其无可比拟的优势成为市场的主流。针对这一现象,我们对这项技术的一些特点、现状及已经出现的发展方向进行了比较深入的讨论。随着其在中国市场上更多的应用以及中国制冷工程技术人员对于其特点更加完善的了解,其更多的优点将在以后的工作中逐渐被我们所认识和利用。

(上接第40页)

管内有0.1mm厚的油膜,为保持设定的温度,蒸发温度就会下降2.5℃,耗电量就会增加11%;当冷凝器内水管壁水垢达1.5mm时,冷凝温度就会比原来的温度上升2.8℃,耗电量会增加9.7%;当制冷系统中有不凝性气体存在时,其分压力达到0.196MPa时,耗电量将增加18%。所以在使用过程中要定期或及时放油、放空气、除水垢,以保持传热设备良好的传热效果,充分利用传热面积,达到降低能耗的目的。

4. 结束语

在当前我国经济快速发展的形势下,节能降耗是永恒的主题。尤其是在广大农村地区,能源紧张

的问题始终困扰当地经济的发展。从设计施工、运行管理中寻找节能的途径,降低冷库能耗,为当地农业可持续发展,具有现实意义。

参考文献

- 1 李建华等编《冷库设计》机械工业出版社2003,8
- 2 曲春民“鲜食玉米冷冻加工的应用研究”《河北建筑工程学院学报》2004.4
- 3 曲春民“谈小型制冷系统管道设置对工况的影响”《河北建筑工程学院学报》2001.2
- 4 曲春民“产地果品蔬菜冷库冷却水系统设计运行中的节能问题”《河北建筑工程学院学报》1991,2