

小型空分设备的新技术措施

[西德] D. Winkler

【内容摘要】 本文介绍了西德林德公司就降低小型空分设备的能耗,所采取的一些技术措施:如采用标准化设备和标准化零部件、小批量生产、用 ISO 箱体作冷箱、自动化控制、真空绝热、高效油分离装置等。并示出了第二代标准型空分设备(GOX-100)和一种化点较多的小型标准液氮设备(LOX-25)的流程。图10。

小型空分设备的重要性又在不断地增大。一方面是由于能源价格的提高和气体使用量的不断扩大,许多用户想依靠自己的设备供气;另一方面是由于小型空分设备的不断发展,采用了特殊的新措施,解决了技术上和经济上的一些问题,设备的制造成本较低。

靠自己设备生产的工业氧气和氮气,要比外购气体的成本低。即使是较小的空分设备,如果采用了新的技术措施,那么,每公斤氮气的成本费用是12芬尼*,每公斤氧气的成本费用是14芬尼。

如果是外购气体的话,在大多数情况下,首先要使产品气体液化,然后再加温气化才能使用。这样,所需的能耗再加上运输费用,就是与自己空分设备生产所需费用发生差异的决定因素。

另一种既不同于从外部购买液态产品,也不同于依靠自己设备来生产的办法是:从气体供应商那里租借设备,在气体不足时能提供气体,并提供维修服务,而且他们也能根据需要更换设备,以改变气量。

在六十年代后期,林德公司设计了一系列用于生产氧气或氮气的标准型设备。从那时以来,已有好几百套这类标准设备在许多国家投入运转。

现在我们已经有了第二代的小型空分设备。这些设备采用了从第一代设备和从最近市场要求中所获得的经验和知识。下面谈谈气量最大约为700公斤/时氧和3000公斤/时氮的小型空分设备。

为什么小型空分设备需要有专门的技术措施呢?主要原因是投资费和人工费在小型空分设备产品总成本中占有决定性的作用。另一方面,一定的运转费用(大都分为能源费用)与设备大小没有多大关系。图1所示是把氮气总成本分为投资费用、人工费用和运转费用的一个例子。左图是普通设备的曲线图,右图是新设备的曲线图。从图中可以看出,最好是安装自动化操作的小型设备,以减少人工费用。右图中曲线中断是因为用于较小空分设备的某些技术措施,不能用于前述气量最大的小型空分设备上。

图2绘出以中欧地区条件为依据,压力为10巴、含氧量小于3ppm的氮气设备所生产的氮气绝对总成本曲线图。

* 1 马克=100芬尼≈0.76元人民币。——编者

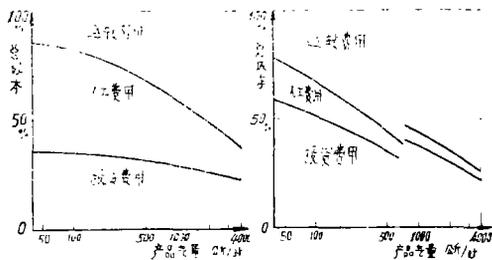


图1 普通空分设备氮气总成本分析 采用新技术的空分设备氮气总成本分析

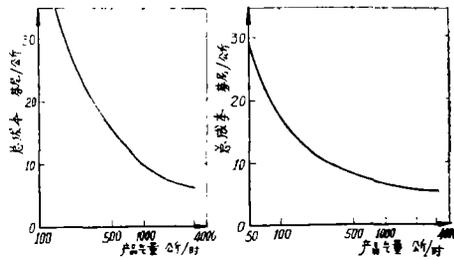


图2 普通空分设备氮气总成本曲线 采用新技术的空分设备氮气总成本曲线

以上比较清楚地表明，采用新的技术措施是可以减少总成本的，特别是减少人工费用和投资费用。假如总成本降低的话，才有可能减少投资费用。这些费用包括：设备制造厂设计费、设备费、基建费、安装及调试费。

决不能低估设计费，特别是小型设备的设计费。因为设计一种新的设备所需的时间，与设备的大小几乎关系不大。如果设计费为300000西德马克，这对于总费用为800000西德马克的一套小型设备来说是不能接受的。实际表明，气量最大约为1000公斤/时氧或3000公斤/时氮的设备，不能以完整的工程设计出售，而必须标准化。然而，这种技术措施要求用户接受制造厂的标准型设备，于是制造厂就按实际需要修改气量，这样便能节省设计费用，减少设备制造成本，并缩短制造时间。至于质量保证方面，采用标准化设备和标准零部件，同时也能减少费用。

对简化流程所用的标准化零部件进行小批量生产，以及摒弃不必要的设备，能降低设备零部件的成本。十年来林德公司一直是采用小批量生产，即同时制造5~10套设备贮备起来，这不但能节省成本费用，而且能按要求及时供货。

下面的几个流程示意图是用于说明如何通过采用专门技术措施而达到简化的。图3示出六十年代制造的普通型式的高压空分设备。图4示出采用分子筛净除水份、二氧化碳、碳氢化合物及其它杂质的现代空分设备。

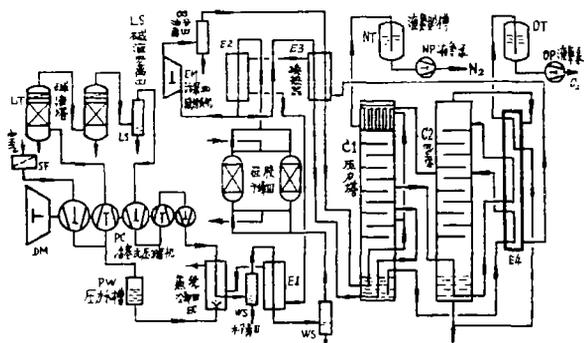


图3 普通型式的高压空分设备
84个部件，56个测控点

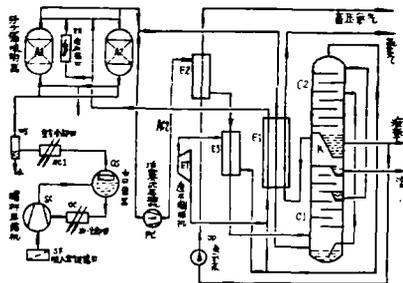


图4 采用分子筛及内部压缩
的低压空分设备
34个部件，28个测控点

图中示出我公司第二代标准设备的GOX-100型空分设备。其主要优点是能把氧气提高

至充瓶压力的所谓内部压缩，方法是采用高压泵使液氧安全地提高至所需的压力，然后加热至常温。另一种方法是采用高压氧压机，但这不仅比较复杂，而且会产生操作问题。

图 5 示出一种优点较多的小型液氧设备的流程，这是我公司的 LOX-25 型标准化设备。这种流程的特点是采用独立于分离过程的非利浦低温制冷机，能使整个流程采用最简便的方法进行控制。LOX-25 型设备是一种不需要外加自动装置的自动化设备。采用相同的基本原理，我公司能提供最大气量约为 200 公斤/时的标准型设备。

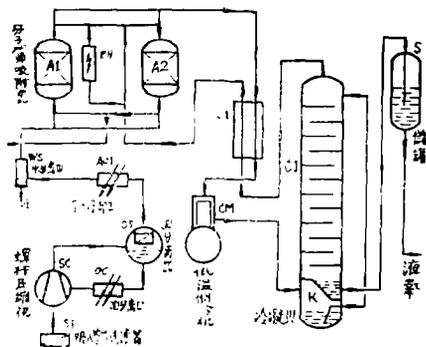


图 5 采用分子筛和低温制冷机的低压空分设备
37 个部件，34 个测控点

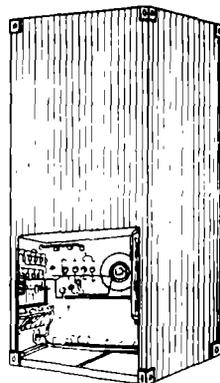


图 6 用 ISO 箱体作冷箱外壳

下面列举三例，对成本低的标准零部件的使用作些简要的说明。

把一只标准的 ISO 钢制箱体进行适当的改装之后，能用作空分设备的低温冷箱的外壳。由于这种箱体是大批生产的，所以价格便宜，这是冷箱壳体单独制作所无法做到的。另外，这种箱体能完全满足所有的运输要求，而且运输费用低。图 6 所示就是用这种箱体作成的标准设备冷箱。与箱体构成一体的控制仪表板，以及与低温部直接有关的其它设备，都装在箱体之内，并在制造厂内安装，接好管路和线路，以备使用。

在每一台空分设备中，必须从下塔底部抽出一定量的低温液体，来控制液面。图 7 示出所需的控制线路，包括安装费在内大约为 7000 马克，对于小型设备来说，将占整个冷箱费用的 5~10%。另一种方法是用一只在其它场合多次使用的简单的冷凝液排液器，这样费用大约只有 500 马克。

空分设备的主要机组之一是空气压缩机。以前的小型设备都使用油润滑活塞式压缩机，后来才建议用无油润滑活塞式压缩机来代替。就那时所产生的油分离问题来说，采用无油润滑压缩机应该说是一种受欢迎的改进。然而不久，这种改进出现了难于解决的问题，即要安全可靠且能满足所有要求的压缩机，在技术上是很复杂的，而用户却要求制造厂生产便宜的产品。结果产生一系列的问题，如经常停车、易损件寿命短、操作费用高等等。

现在应当指出，可靠的无油润滑活塞式压缩机用于小型空分设备上，其所需费用与总投资相比是太高的。

近十年来，由于喷油冷却螺杆压缩机具有技术结构简单、由成一体的齿轮直接驱动、设计紧凑、操作范围广、无振动、稳定可靠、维修简易、效率高、操作费用低等特点而被广泛使用。除了这些优点之外，成本较低（一个原因是大批生产），不需要基础，而且减少噪音（至必要程度）的措施简单又便宜。实际上只有一个缺点，即必须增设一套可靠的油分离

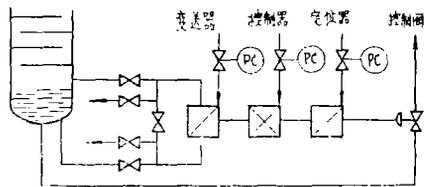


图7 冷箱中液面控制线路图

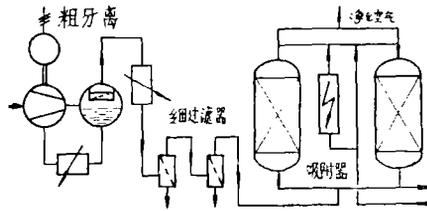


图8 螺杆压缩机油分离装置

装置。现在这个问题很容易解决，因为螺杆压缩机的最终温度与活塞式压缩机相比，要低得多，这是一个有利的因素。图8示出油分离装置的设计示意图。它主要由粗分离器、细过滤器（为安全起见使用两只）以及油蒸汽吸附器组成。我公司专门研究的测量方法能达到测出每立方米空气含油量为0.005毫克的水平，因而能保证净化空气中油的含量低于这个水平。残余的油在冷却时形成固体颗粒，在设备的低温部由过滤器过滤。

采用我公司制造的设备，不会出现油与液氧接触的可能性。但应当指出，油与液氧接触在一定条件下不会构成任何危险，因为着火需要大量的能量，如果设备设计正确，是不会产生这种情况的。虽然世界上配置油润滑空气压缩机的空分设备，要比配置无油润滑压缩机的多，但空分设备因油的缘故而造成的破坏却是少有的。此外，德国虽然有很多安全条例，但并不反对空分设备使用油润滑空气压缩机。

还必须指出，由于加工空气量小，在小型空分设备中宜不选用透平压缩机和无油螺杆压缩机。

当考虑摒弃不必要的设备时，特别要注意测量和控制设备。现空分设备采用大量的仪表和控制线路等，已是流行的方法。对于大型空分设备来说，这的确会带来一些好处，其费用也较容易支付。但对于小型空分设备来说，如果按这种流行的方法来设置的话，在仪控上所花的费用将会太高。上面提到的LOX-25型标准设备，就是费用较低的一种小型空分设备。在这种情况下，设备自动操作，无人管理，但仪控费用却低于5%。即使是较大的标准型设备，如GO-500型设备，采用新的技术措施后，不仅降低了仪控费用，而且也能取得自动化操作。这种设备只要一按按钮，便能启动。生产过程中不需要任何人工操作，就能获得所需要的氧气量。

设备的正确设计，可大大减少基建和安装费用。所谓的“箱式”设计，能够解决技术问题。到目前为止，一般都把空分设备或其中某些部件安装在室内。由于充分考虑了特殊条件和建筑上的问题，结果使计划和施工占去了大量的费用，即使采用预制部件，安装仍然是一个既花时间又花钱的问题。

空气量在3000公斤/时以下的空分设备，适合于分件装在标准的ISO运输箱内。这些箱体不但可作为运输箱体，还可作为设备箱体，使设备能在野外进行安装和运转。其它还有好多装置和设备，如发电机、压缩机、制冷机、计量室和材料仓库等，也已采用了这种新的技术措施。

图9示出了箱式设计标准型空分设备。各箱内的部件已在制造厂内组装和配备完毕，并在工厂内进行了试运转。因此只要把箱体安装在工地上，用预制管道把各箱体连接起来，接上电源、水管和产品气体管道即可。甚至连控制设备和仪表板也是装在箱内，并已设置完毕即可使用。

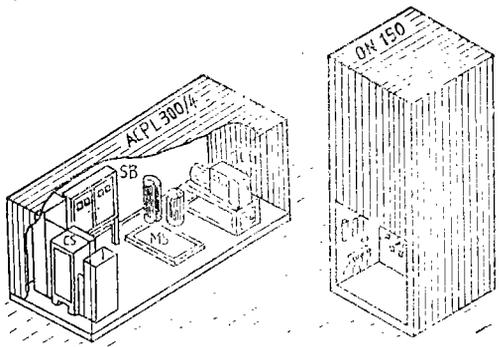


图9 箱式设计标准空分设备

还有关于减少小型空分设备操作、维修人员费用的问题。减少人员费用的必要性已很清楚。采用新的技术措施就在于采用简单的方法，实现设备的自动化操作，包括采用稳定的、易于维修的部件以及摒弃过于复杂的设备。空分设备大型化的目的是节省人工，但是这种设备通常需要有技术较高的人来处理故障并维修设备，因此反而达不到实际的目的。

在尽力减少小型设备的成本和人员费用之时，运转费用的问题也不能忽视。已经指出，所用机组效率要高，维修费用要低。为节能而

专门设计的流程，对于小型设备来说是比较经济的解决办法。这种设计包括把压缩余热用于分子筛再生，以及设备低温部采用真空绝热。如果采用真空绝热，可以降低产量约为800公斤/时以下的氧气设备的总能耗。设备越小，节能越多。例如产量为300公斤/时的设备，节能可在10%以上。

除了降低产品的总成本之外，对于小型设备来说还有下列目的：交货时间短，因此在作出购买设备的决定之后，能够很快地获得预计的利润；应用范围广，可生产不同类型和不同状态的产品，可用于各种环境条件，因此设备能适合各种不同的需要，并能安装于任何所需的地方；整套设备的更换简单、经济，这样便可根据已变化的情况来改变气量。

前述的技术措施如标准化、小规模系列生产备件、箱式设计等，也都能满足上述目的。此外，还应简要说明一下这方面另外的几项有利措施：

在工厂里把空分设备分成几个大的、完整的、可运输的预装组件，能节省安装时间。如果试车也在工厂里进行，便可避免工地上调试时间的拖长。大的组件可以按不同方法进行组合，这样便可根据不同的用途使用少量的组件。这个方法同样可用于许多单个的部件。总的看来，对好几种设备来说，如果采用大型的价格较高的组件、节省设计制造时间、简化备件和改善备件供应的话，那还是比较经济的。

最后还要说一说，这里提及的有关小型空分设备经济要求所考虑的问题，以及所叙述的技术措施，已在林德公司的标准设备中反映出来。这些标准设备中第一组包括的氧气设备的产量约为25~250公斤/时，氮气设备的产量约为50~600公斤/时。这些设备采取小规模系列生产，在短时间内便可供货；第二组标准设备的产量最大约为700公斤/时氧和3000公斤/时氮，一般是根据定货制造的。对于更大的设备来说，当然也应按上述标准化的几个方面去做，然而随着尺寸的增大，还须满足一些特殊的要求，因此在这一方面是有限度的。

图10绘出采用上述标准设备生产低压氧、充瓶用高压氧和压缩氮气所需成本的参考值。这些值是以中欧地区条件为依据的。高压氧的费用较高，主要是充瓶工作人员的费用所致。

译自《Linde-Symposium—Air Separation Plants, October 1980》D

开封空分设备厂 卢体隆译 杭州制氧机研究所 谢开明校

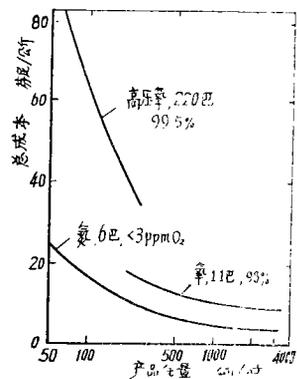


图10 氧、氮气的总成本