

空分装置采用 辅助热交换器防止杂质沉积(1)

(日) 外 山 昭

【内容摘要】 该专利先介绍了通常防止空分装置内原料空气中所含杂质在其要害部门沉积的流程。后介绍了作者发明的流程,它可有效地除去原料空气中的杂质,保证空分装置正常高效地运转。图4。

该发明有助于防止进入空分装置内的原料空气中所含的杂质在其要害部沉积,从而确保整个空分装置长期连续高效运转。

供空分装置用的原料空气,或多或少总含有一些杂质,其中像水、二氧化碳这类高沸点杂质的含量是受控的,并应尽量除净,特别是二氧化碳,若除得不干净,则在运转时,它便会粘附在热交换器的冷端部附近,并随着时间的推移会越积越多,有时甚至会阻塞通道,迫使空分装置停车,除霜。杂质中二氧化碳的去除较难。

空分装置的工作原理如图1所示。原料空气经空压机压缩后,压力达5公斤/厘米²,随即经切换阀1、2进入可逆式热交换器3、4中的通道5、6,在此流动过程中,便与流经附近通道中的回流气,即产品气进行对流热交换,气温降至液化点附近,随后进入双级精馏塔的下塔7。在此与含氧40%的液空和高纯液氮一起预精馏。尔后,液空就经热交换器8及节流阀9进入双级精馏塔的上塔10的中部。与此同时,液氮则经热交换器11及节流阀12进入双级精馏塔的上塔10的顶部。在上塔10处进行精馏后,其底部得产品氧,顶部得产品氮。部分产品氧经过可逆式热交换器3、4中特定的通道13,与原料空气进行对流热交换,在赋予原料空气以冷量之同时,自身升温到接近大气温度,出空分装置。产品氮通过热交换器11、8之后进入可逆式热交换器的通道5、6,与原料空气进行对流热交换,赋予原料空气以冷量,自身升温到大气温度,并同时使通道内所粘附的水份及二氧化碳蒸发,一起被带出装置外。又,为去除沉积于可逆式热交换器中原料空气通道内的水份及二氧化碳等杂质,需周期性地改变切换阀1、2的切换方向,以改变通道5、6中流经的介质种类。在采用这种方式时,原料空气中的水份呈露或冰状凝结于可逆式热交换器热端附近通道内的传热面上,而二氧化碳不仅因凝结温度比水要低,而且其热力学特性与水亦有所不同,故,在冷却过程中,其不但会固化在通道内的传热面上,而且还会固化于流动状态的气体之中。结果,它除了粘附在固化处之外,还雪片状地进入可逆式热交换器的冷端,碰撞粘附在冷端部附近的传热面上。所以,当用产品气体的热量来使粘附着的二氧化碳气体全部蒸发时,就需严格控制原料空气和产品气体的温差。现即使二氧化碳气体在冷却过程中只粘附在固化位置的传热面上,且所粘附的二氧化碳气体在下一个周期中亦能通过温差控制,由产品气将其全部蒸发带走,但由于二氧化碳气体在流动状的气体中亦会固化,并被带入低温端,加之固化位置与粘附位置有所区别,故试图以控制温差的办法来彻底去除二氧化碳实际上是有困难的。在一切

换周期中,难免会有些二氧化碳留下来,并且会积少成多。

为了控制二氧化碳的沉积,以往所采取的措施如图1所示。即使通过可逆式热交换器3、4之原料空气的一部分,在相当于可逆式热交换器3、4中的冷端部4中再循环后,经管道14,进入透平膨胀机15。或者如图2所示,使部分原料空气,在其冷却过程中,通过管道16抽气。据此,控制冷端部中对流二流体间的温差。但采取这些措施,效果均不甚理想。图1中,17是液化器。

由理论解析及实验得知:流体的冷却速度越快,则其中所固化的二氧化碳气体量亦越多;温差越大,冷却速度越快。鉴上所述,本发明旨在极力缩小温差,以减少流过气体中所固化的二氧化碳气体量,有效地控制传热面上二氧化碳气体的沉积量。

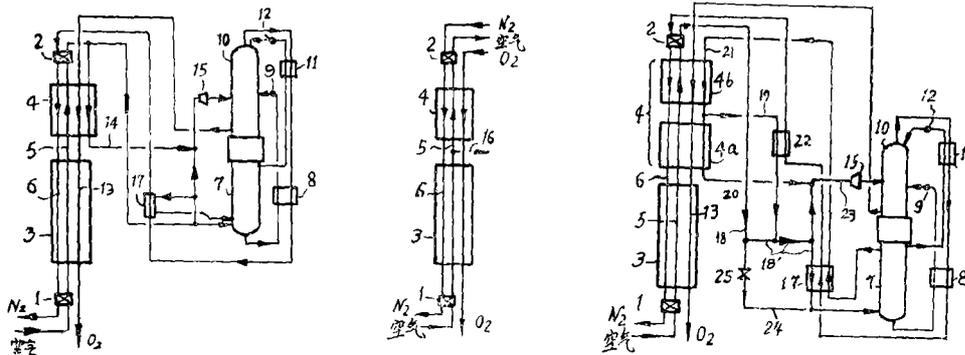


图1 未改进的空分流程

图2 未改进

图3 改进后的空分流程

图3为本发明的流程图。原料空气由空压机压缩后,通过切换阀1、2进入流动方向受控的可逆式热交换器3、4内的通道5、6,与回流气(产品气体)进行对流热交换,使原料气体冷却到液化点附近,随后导入双级精馏塔的下塔7,进行预精馏。所分离出来的液空、液氮分别经由热交换器8、节流阀9及热交换器11、节流阀12进上精馏塔10,在此进行精馏后,得产品氧,产品氮。其中产品氧经可逆式热交换器3、4中的通道13与原料空气进行对流热交换后,出装置。同时,产品氮则通过热交换器11、8及液化器17后,与流经可逆式热交换器中的通道5、6的原料空气进行对流热交换。在该热交换的过程中,将通道内粘附着的水份及二氧化碳等固化的杂质蒸发,带出装置。并周期性地切换切换阀1、2,使通道5、6互换。上述运转过程与图1所示的流程完全相同。不同之处在于:图3中,近冷段处的可逆式热交换器4分为二部分,即一部分为热端侧热交换部4a和冷端侧热交换部4b。此外,还将流过可逆式热交换器3、4的原料空气,由管道18、19将之分为主流和分流二部分。主流部分为原来的原料空气流,分流部分在冷端侧热交换部4b处再循环后,经导管20、21被分成第一分流和第二分流:第一分流流经产品气体从液化器17到可逆式热交换器4时中间设置的一个特别的热交换器22之后,与原料空气的主流在管道18中相汇合,其中一部分经通道23、透平膨胀机15进入精馏塔上塔10,另一部分经液化器17以液态进入下精馏塔7;第二分流于近冷端处的可逆式热交换器4的热端侧热交换部4a处再循环后,在管道23处与原料空气主流之一部分相汇合,然后经透平膨胀机15进入上精馏塔10。通过从管道18分设的旁通管道24中的流量调节阀25,来控制流经液化器17的原料空气的主流气量,使其大于液化量。据此,使从精馏塔回流的产品气体在液化器17中进行热交换,得以升温。

采用图3所示流程时的可逆式热交换器的温差分布及其与前比较情况如图4所示。图中

a、b、c 分别表示冷却过程中，所固化的二氧化碳气体未被带入低温部，仅粘附于固化位置的传热面上，且假定通道传热面上固体二氧化碳为未沉积情况，原料空气和产品气体间的流量比、温度、允许温差之间的关系。具体地说，曲线 a、b、c，分别表示流经同一流道的原料空气和产品气体的流量比为 0.8、0.7 及 0.6 时的允许温差。图 4 中，d、e、g 表示图 1、图 2 中的可逆式热交换器的温差分布。f、g 表示用图 3 流程时，其可逆式热交换器的温差分布。

140K 时，二氧化碳气体的蒸汽压是 1.3 毫米汞柱，在压缩到 5.5 个大气压的原料空气中，二氧化碳气体的分压为 1.3~1.5 毫米汞柱，在 140K 附近，原料空气中的二氧化碳气体已达饱和点，当温度降至 120K 时，二氧化碳气体的分压约低到 0.03 毫米汞柱，此时，饱和浓度约为 140K 时的 1/45。若传热面上所固化的二氧化碳气体，只是蒸气压减少的那一部分，则在冷至 120K 时，所流入的二氧化碳总量，约有 97.5% 会固化析出，而余下的 2.5% 则要在更低的温度下固化析出。图 4 中的 a、b、c 为假设所固化的二氧化碳气体，在流经气体中仅粘附于固化位置的传热面上时的允许温差，在这种假设条件下，采用老的温差控制办法时，可逆式热交换器内的温差分布曲线 d、e、g 也确在曲线 a、b、c 之下方处，按理可望能析出除去二氧化碳。但实际上，二氧化碳气体本身的热力学特性及质量转移特性与众不同，其在流经气体中亦固化，并呈雪状粒子进入低温部，因此低温部传热面上所粘附的二氧化碳气体量远较计算值为多，所以实际允许温差在图 4 a、b、c 的更下方处。因此，可逆式热交换器的温差应比图中的 d、e、g 更小。

采用图 1、图 2 所示的方法，亦即用变化原料空气的再循环量或抽出量来控制温差时，可以看到再循环量或抽出量增加时，热端部的温差增大，冷端部的温差减小。但再循环量或抽出量的增减对温差的调节是有限的。例如，把原料空气出口，即可逆式热交换器冷端的温差定为 0.5℃ 时，在 140~120K 的温度范围内，所流入的总二氧化碳气体约有 98% 固化，但由于原料空气的比热关系，用再循环量或抽出量的变化能调节的温差范围是 1.5~4

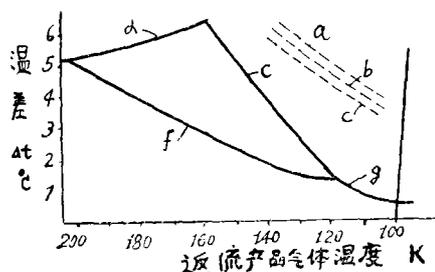


图 4 主热交换器的冷端温差分布

℃，因此，要使平均温差比图 4 中的 d、e、g 更小是困难的。当再循环量或抽出量增加时，冷端部的温差有缩小的倾向。结果不仅使整个可逆式热交换器的平均温度下降，热交换能力降低，热端部负荷增加，而且还将使原料空气在可逆式热交换器的冷端有发生液化的可能。

由此可知，采用图 1、图 2 所示的方法，温差不会比图 4 所示的 d、e、g 来得更小。但若采用图 3 所示的方法，则由于能适当地控制对流经气体中二氧化碳固化量有很大影响的可逆式热交换器的冷端温差，因此，温差分布就如图 4 中的曲线 f、g 所示，特别是能大幅度地缩小可逆式热交换器冷端部的温差，亦即 140~120K 温度范围内的温差。此外，尚可克服因温差缩小而使整个热交换器的平均温度下降、热交换效率降低等缺点。

综上所述，缩小可逆式热交换器中的冷端温差，虽能有效地减少流经气体中二氧化碳气体的固化量，但在冷端部同时也存在原料空气的液化现象。结果，在通道内的传热面上就会形成一层液空膜，原料空气中的烃将溶解于此，并且浓度达饱和状，由于通道周期切换，因此同一通道在流过产品气体时，上一周期所液化的空气，此时便将蒸发，所溶解的烃便固化残存在传热面上。如此不断反复，固体烃就会局部沉积，孕育着爆炸事故的危险。

为防止固体烃的沉积，在以往的流程中，是用液化器来提高产品气体的温度，但据此来

达到防止原料气体在可逆式热交换器的冷端部液化，所需的高温是非常困难的。即在以往的流程中，流入液化器的原料空气几乎全部液化，故在冷凝侧，液化开始和液化结束之间温差约 2℃，该温差因与热交换器在实际工作时，高温侧与低温侧流体间的温差相同，因此就无法使产品气体升到所需的温度。而图 3 所示的流程正好能克服上述的缺点，其特点是：增设一特制的热交换器 22，它与液化器 17 相并列，另再设一旁通管道 24，从精馏塔出来的回流产品气体在液化器 17 中，将与经流量调节阀 25 调节而气量大于液化量的原料空气主流进行热交换，以图初次升温，以后又在热交换器 22 中与原料空气的第一分流进行热交换，进一步升温，最终使产品气体获得显然超过原料空气的液化潜热，从而有效地防止原料空气在可逆式热交换器的冷端液化。

总之，按图 3 流程可有效地除去原料空气中的杂质，保证空分装置正常高效地运转。

译自“日本特许” 昭47—5083

杭州制氧机研究所 宋祥寿 译

杭州制氧机厂工艺科 薛水根 校

液化气体的安全技术

【内容摘要】 该译文介绍了灌注与使用液氧、液氮的一些安全事项，发生深冷冻伤的急救措施以及氧浓度低的大气对人体的危害。

液化气体的主要危险在于这些液态气体有着非常低的温度，当这些液化气体蒸发时，能够释放出大量的气体，这样，当蒸发 1 标准米³液态氧，可释放出 800 米³左右的气态氧气。在这种关系中，化学性质十分活泼的氧气转化为液态气体时，可以造成特殊的危险。

液化气体总则：

液化气体只能装入专用的容器中，用专门颜色标明容器用途，并做上标记。

当在容器中贮存液化气体时，液化气体不断蒸发，因此应当采取措施以减少容器中压力的增大。为此，容器应当装设安全阀门或者安全膜片，当没有这些保险装置时，气体出口应当是经常打开的。而对于只有小送入口的容器，则不准快速加温液化气体。

把容器充满液化气体应当小心，不能使液体激烈蒸发。特别是对开启孔咀的容器更不能充得太快，以免将液体抛洒在房间内。液化气体在往容积不大的容器或杜瓦容器中转注时，应当使用专门的漏斗，为了减少液体向各处喷洒，漏斗上部应当部份地关闭。为了从一个容器向另外的容器转注液态气体，使用“U”型转注小管为宜，小管一端头沉没在有液体的容器中，而另一端则放入盛装液体的容器中。在 U 型管上有专门的塞，堵严液体容器的孔咀。

转注液化气体的软管和导管应当冲净液体，否则软管会发生爆炸，并使服务人员遭受损伤。

转注液化气体时所用的金属软管，应当适用于任何一种深冷液体，不容许把软管用于一种液体而后又用于另一种液体上。

软管不使用时，应当用塞子堵住，以预防污染和渗水。对软管应当作定期检查。