

膨胀珍珠岩制作和充填技术对其绝热性能的影响

——浅谈人工充填方式与现场膨胀自动充填方式的比较

天津三华实业有限公司 刘立冬

在气体分离行业中,人们对“膨胀珍珠岩”(国内习惯称“珠光砂”)并不陌生。膨胀珍珠岩以其优良的保冷性能一直以来都被作为气体分离设备中主要的保冷隔热材料。但由于受技术、资金、服务意识等多方面因素的影响,膨胀珍珠岩自六十年代中期在我国开发成功并应用于深冷保冷领域以来。一直沿用工厂生产、现场人工充填的方式。而日前,国际上经常采用最先进的方式是现场膨胀、自动充填方式,它是将特殊粒度级配的珍珠岩矿砂运到施工现场后,利用移动式膨胀设备在现场制作膨胀珍珠岩,并采用空气移送的方式实现一体化作业。天津三华实业有限公司于1999年6月份自韩国引入了该项技术并成功应用于国内大中型空分项目中,迄今为止,已为业内近20家企业提供了现场膨胀、自动充填服务,由于其特有的安全、无尘、含水率低等特点而深受用户欢迎。

以下根据我们的实践经验对膨胀珍珠岩的绝热机理以及由于人工充填和现场充填两种方式的不同特点而对膨胀珍珠岩绝热性能所产生的不同影响谈一点体会。

一、膨胀珍珠岩的绝热机理:

珍珠岩(PERLITE)是火山爆发时喷出的酸性熔岩流入到海洋、湖泊中后,急速冷却形成的内部含有2%~5%结合水的天然玻璃质火山岩矿石。珍珠岩区别于其它火山岩的最明显的特征是当珍珠岩被迅速加热到其软化点(800~1100℃)时,玻璃质熔化,内部结合水汽化,体积膨胀为原来的10~40倍。膨胀后的珍珠岩内部为微孔结构,这种特有的微孔结构致使膨胀珍珠岩具有较低的密度和优秀的保冷隔热性能。

众所周知,热量的传递是通过传导、对流和辐射三种方式进行的,低温设备通过采用不同的绝热类型和绝热结构,以及选用不同性能的绝热材料,将以上属方式传递给低温系统的热量减少到尽可能低的程度,从而达到维持低温系统的正常运转为目的。

根据大型液化、分离和储藏设备的结构特点,一般采用膨胀珍珠岩普通填充绝热的方式,由于膨胀后的珍珠岩具有微孔、质轻的特点,所以当低温设备绝热层内充入膨胀珍珠岩后,绝热层内的空气发生自然对流所需要的特征尺度非常小,表征自然对流的格拉晓夫数 Cr 远远小于 10^3 ,由于空气的粘性对流热阻的作用致使微孔中空气的自然对流热传递可以忽略不计。又由于膨胀珍珠岩属分散介质,通过膨胀珍珠岩微粒对热射线的吸收和散射,使辐射对热传递的贡献大大减小。所以,经填充膨胀珍珠岩后的绝热系统中的热传递形式仅可以看作是绝热材料本身的固体热传导和材料间的气体传导,实际上这部分的热流量约占总热流量的90%以上。而在常压、293~77K条件下,膨胀珍珠岩的平均热传导率仅为0.0185~0.029W/m.K,且热稳定性好,所以,膨胀珍珠岩作为一种非常好的绝热材料被广泛应用于气分离装置等低温绝热系统。

二、膨胀珍珠岩的性能指标:

在气体分离设备行业,由于制造厂制造技术和设计习惯的不同,各厂家对绝热膨胀珍珠岩

的性能要求有所不同,但基本内容大致相同。天津三华实业有限公司目前沿用的是国际珍珠岩协会的标准,数据如下:

- ①松散密度:35~55Kg/M³
- ②振实密度:48~65Kg/M³
- ③含水率:≤0.5%(wt)
- ④有机物含量:≤0.1%(wt)
- ⑤导热系数:≤0.022W/M.K(常压、293~77K)
- ⑥粒度级配:

>1.18	mm	≤10%
1.18~0.15	mm	70~90%
<0.15	mm	≤30%

在上述性能指标中,其中,松散密度、含水率和粒度级配对膨胀珍珠岩绝热性能影响最大。松散密度的大小说明珍珠岩膨胀效果的好坏,松散密度过大,膨胀不完全,充填密度增加,导热系数增大;松散密度过小,膨胀过度,材料在装填过程中容易破碎,亦导致充填密度的增加,导热系数亦随之增大。

由于膨胀珍珠岩的吸水性特强,在富水的环境中,在很短的时间内重量可增加4~5倍,而水的导热系数是空气的25倍,所以,材料的含水率增加,将严重影响材料的绝热性能。通常在大型空分装置中,均设计有侧管将氮气从换热器旁引入绝热层中,使其内倍保持正压,防止空气中的水分被吸入绝热材料中,导致材料绝热性能的变坏。

绝热材料应具有合理的粒度级配,目的是使绝热材料处于最佳堆积状态,粒度过小,材料充填密度增加,致使绝热层间的气体热传导增加,绝热性能降低。所以,绝热材料的粒度分布对实现最佳绝热效果起着不可忽视的作用。

三、人工充填和自动充填的特点:

(1)人工充填:

人工充填方式是指人们利用吊车或其他机械提升设备将在工厂生产后运输到现场的膨胀珍珠岩提升至冷箱等绝热设备的顶部,人工填入绝热夹层的方式。它具备以下几个特点:

- ①过程复杂,经济性差;
- ②倒运次数多,破碎严重,导致材料本身的绝热性能降低;
- ③填充现扬尘多,污染严重;
- ④接触空气时间长,材料含水率增加,绝热性能降低;
- ⑤高空持续作业,安全性差。

(2)现场膨胀、自动充填:

自动充填方式是指利用移动式膨胀设备将按一定粒度级配加工的珍珠岩矿砂在低温设备安装现场膨胀,利用空气移送方式将绝热材料填入绝热层中。它具备以下特点:

- ①可实现全过程自动化控制,材料性能确保;
- ②膨胀后直接充填,避免与空气接触,含水率低;
- ③可实现封闭作业,现场粉尘少,无环境污染;
- ④避免高空作业,安全性好;
- ⑤物流费用减少,综合经济性好;
- ⑥受环境因素影响小,计划性好,工期保障能力强。

⑦现场生产、现场检测、品质稳定性好

综上所述,无论在绝热材料的品质保障方面,还是在安全、环保以及经济性方面,现场充填方式均优于人工充填方式,所以现场膨胀、自动充填方式作为一种先进的服务方式在大中型空分设备的安装过程中被广泛采用。并继之扩大到大型液体储槽、LNG 储罐、LNG 运输船等低温系统。天津三华实业有限公司最近又建立完善了一套专门服务于真空储罐行业所需绝热膨胀珍珠岩的供应体系,使材料的性能指标在装填时保持其膨胀后的状态,以求缩短抽真空时间,达到最佳绝热效果。

随着国内外气体工业的不断发展,低温设备的制造和使用厂在绝热材料的经济性、安全性以及环境保护方面将越来越重视。继现场膨胀自动充填方式的成功应用之后,冷箱或储罐维修时的自动扒砂方式、储罐充填时的电磁振动方式等代表了国际先进水平的技术装备和服务方式,不久将在国内得到广泛的应用。