

JW 佳温型氨合成塔的设计特点

杭州林达化工技术工程有限公司

摘要: 佳温型氨合成塔已被授权为中国专利, 并申请了国际专利。该内件有五种结构型式, 适用国内外不同塔型。本文简要介绍其设计特点和主要优点。

近几十年来, 我国在氨合成塔内件的开发设计工作十分活跃, 一些单位出现各种各有特色的氨合成塔内件, 并为国内不少合成氨厂使用, 为推动我国合成氨工业的技术进步起了很大作用。JW 佳温型氨合成塔是我们在考察国内外各种主要塔型的优缺点、全面分析氨合成反应规律、深入总结近十年来氨合成塔的设计和使用经验的基础上, 开发设计的一种创新塔型。目前该技术已获中国专利 (ZL 96221332.2), 申请国际专利 (PCT/CN97/00082), 国际审查报告已作出“本申请的主题被认为满足新颖性、创造性和工业适用性标准”, 现已申请美国专利 (US 09/242,574), 并已注册了商标。该技术获得用户广泛好评。目前已有多个各种规格的内件交货或即将交付投产使用。我们将努力使这一技术推广应用, 并使之配套高活性触媒。下面简要介绍该塔的结构、特点和优点。

该塔型在专利中有五种结构型式, 包括轴向、轴径向、逆流对向、现代大型氨塔改造型等, 附图是其中之几种。它的触媒层由上部冷管层和下部绝热层组成, 其中图 1 气体在冷管层和绝热层中都呈轴向流动适合较小塔; 图 2 在冷管层中为轴向, 在绝热层中为径向, 适合较大塔径。冷管层中设有冷胆管, 占总入塔冷气量约一半的 $\sim 30^{\circ}\text{C}$ 冷气通过内外筒环隙和盖板, 进入冷管胆冷管内, 由下到上与管外床层气体逆流换热到 $360\sim 400^{\circ}\text{C}$, 然后出冷管胆与来自中心管的经换热器加热到 $\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的气体 2 混合进入触媒层反应, 气体一边反应一边冷却到冷管层底部后 420°C 、氨浓 $\sim 15\%$, 进入下部绝热层进行绝热反应, 达到 $\sim 470^{\circ}\text{C}$ 、氨浓 $\sim 19\%$ 。附图 2 表示, 在下部绝热层中设有内外气体分布筒, 除内外气体分布筒外, 底部不开孔, 底板密封, 气体在下部绝热层中由外分布筒成径向流向内分布筒, 然后出床层去换热器。在触媒升温还原时, 关小冷管胆进气 1, 用下部换热器和中心管中电加热器加热气体 2 为触媒升温还原提供热量。

上述塔型具有以下特征: 即逆流内冷-绝热反应、单环冷管束分流并联进气换热、直通连续单一触媒床层, 具体如下:

一、逆流内冷-绝热反应, 触媒层反应温度逼近最佳温度线, 工艺性能优良:

根据氨合成反应的特点和规律, 作为典型的可逆放热反应的工艺条件(即合成触媒, 合成压力, 合成气中氢氮比和惰性气含量)下, 对应于一定合成率或一定氨含量下, 存在着反应速度最大的最适宜温度, 故设计的反应器实际所得触媒层温度和氨浓曲线与最适线愈接近, 则触媒活性发挥愈好。这一最适宜温度线随反应的进行, 即随着反应气中氨含量升高而由高到低变化(见图 3 中 T_m 线, 图中 T_e 为平衡线)。

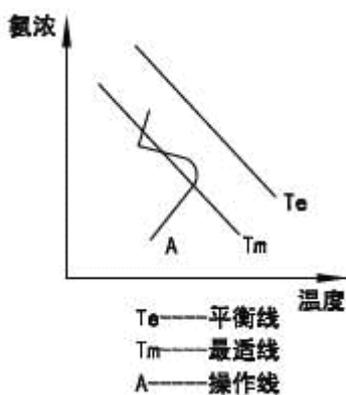


图 3 佳温型氨合成塔

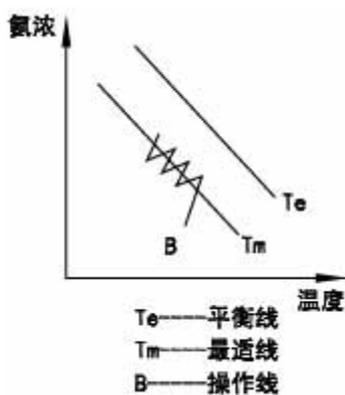


图 4 冷激型氨合成塔

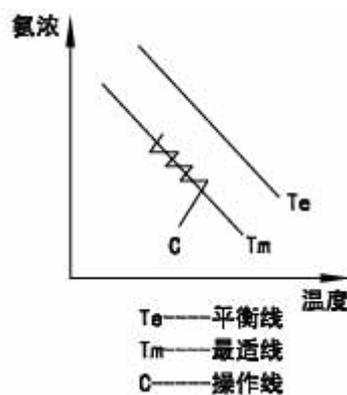


图 5 间接换热氨合成塔

在本设计佳温型塔中, 由于触媒层中上部为逆流冷管换热, 所以在触媒层顶部冷管内气体温度接近管外触媒层温度或高于管外温度, 故向冷管内传热少, 床层气体接近绝热反应, 有利于使气体反应温度快速升高, 达到最佳反应温度, 见附图 3 中操作线 A。随气体向床层下部流动, 因逆流换热冷管内外温差加大, 使反应沿最佳反应温度进行, 到冷管层底部管

内外温差最大，冷管内气体吸热最多使反应温度降到最佳温度以下，这就为气体在下部触媒层中进行绝热反应创造条件，也为下部用径向段提供了便利。

与其他塔型如四段 Kellogg 型（图 4 中操作线 B）、四段内冷间接换热型（图 5 中操作线 C）和本设计佳温型中操作线（图 3 中操作线 A）相比与相应的最适宜温度线离开较远，可看佳温型氨塔操作线最接近最适宜温度线。因此在同样的工艺条件和触媒及装量下，反应速度大，触媒活性发挥好，工艺性能优良。

二、单环冷管胆直通连续单一触媒床层，触媒装填系数高，装卸触媒、检修安装设备方便：

现有一些冷管型内件在上绝热层底部设支承多孔板，支承绝热层，这样会导致装卸催化剂时多孔板易与筒壁卡住而麻烦，若不用多孔板隔开则冷管胆的上环管埋在触媒层，冷管二端均不能自由伸缩导致拉裂。佳温型氨塔不设上绝热层，由于整个触媒层为从顶到底连续的一个床层，且冷管胆可以单独抽出，只有引气管通过填料函和盖板活动密封。由图 1 可见，冷管胆只有下部一连接各冷管的分气环管，各冷管上部均为各自独立管端伸出触媒层。这就完全避免了双环管式冷管胆因上部环管埋在触媒层中的应力和两端固定于各环管间，各冷管伸长量不一产生应力引起损坏，显示本塔型结构十分简单可靠。由于全部触媒床层为一直通连续单一的触媒床层，当中既没有段间换热器、隔板和冷激气分布器占据空间，触媒装填系数提高，又没有分布板相隔，故装卸触媒和检修安装设备十分方便。

三、分流进气并联换热减小塔阻增加调节手段：

目前大多氨合成装置都没有回收氨合成反应热副产蒸汽，其蒸汽锅炉大都利用降温到 300℃ 多度的反应气产汽。以前中型氨厂合成塔多在合成塔内设上下二个换热器，中置锅炉式副产蒸汽。近年来新建塔大多将下部换热器移至塔外，但为了冷气保护高压外筒塔壁，采用称为“提温型合成塔”，即冷气一次进塔，从内外筒环隙流过再出塔去塔前换热器，这样多了外筒开孔和配管。现有并流和折流冷管型塔气体在塔内串联经过换热器和冷管胆。而佳温型氨塔的设计，采用进塔气分流，冷气一部分进合成塔经内外筒环隙后进冷管胆，另一部分直接去塔外换热器换热再进塔内换热器换热，即进塔气分二股分别在冷管胆和换热器中换热，有效地降低了塔阻，分流进气又增加了调节塔温的手段。老的冷管型塔塔内换热器气体全部进入冷管胆难以调节塔温，而佳温型氨塔采用分流后可用进冷管胆之冷气量用温度可灵活调节触媒层温度。

四、有效消除内冷型氨塔的冷管效应：

内冷型氨塔具有触媒成连续床层反应与传热同时进行，冷管在触媒层中，在填充有导热系数高的触媒层中传热系数比间断换热空管中气-气换热系数大，反应温度逼近最佳温反应温度，冷管型塔被认为不可避免的缺点是冷管效应。冷管效应可以在触媒还原和正常投产使用中影响触媒活性的发挥。佳温型氨塔则有效地消除这种影响，一是在触媒升温还原时可关闭进冷管胆气，冷管胆未通冷气而用冷热气换热器和装于中心管的电加热器为触媒升温还原提供热量，容易实现触媒自上而下逐步还原，全床层触媒还原出水均匀，触媒活性好，从而避免了一般冷管塔还原中的冷管效应。二是在触媒投产使用中由于采用逆流冷管胆，冷管层底部温度拉低，为下部设置较高绝热层创造条件，不象并流和折流冷管胆设置下绝热层受到限制。由于佳温型内件下部为绝热反应床，故消除了管壁过冷和沟流等壁效应，在决定氨净值高低的关键区内，气流和温度分布均匀，操作稳定性和自热性能好，由于冷管内气体由塔外直接引入，因此可用调节冷气量的多少和气温来调节床层反应温度，克服一般冷管因冷管固定的移热特性不能随反应前后期因触媒活性或工艺条件变化调节的缺点。

根据对 $\Phi 1000$ 三套管氨合成塔催化床层二维模型电算结果，在 8 米多高的冷管层中径向温差为 4~15℃，最大径向氨浓差为 0.07%，在这二种冷管塔中，由于最大径向温差在冷管层上部即为触媒热点位置，故需注意因存在径向温差而导致触媒过热。而佳温型氨塔，其冷管胆为逆流换热，触媒热点位置在冷管层上部，这里管内外温差小，故冷管效应产生的触媒层径向温差小，不会因小量的径向温差而造成触媒层局部过热，同时因冷管逆流换热，拉低了出冷管层温度，为提高下部绝热层厚度创造了条件。佳温型塔集中了国内外各型氨合成塔之优点而克服了其中的缺点。除了上述各点外，佳温型尚有其他优点如下：

- 1、具有冷激型氨合成塔结构简单可靠多装触媒之利而无冷激气稀释生成氨浓降低氨净值之弊。
- 2、具有多段绝热-间接换热内件床层温度均匀调节方便之优点而无因段间换热器分隔结构复杂触媒装量少之不足。
- 3、具有内冷型塔反应和传热同步，反应温度逼近最佳反应温度线之利而无冷管效应径向温差造成之不利影响。