

气体搅动对填料塔和喷洒塔的性能影响

熊杰明

张丽萍

(北京石油化工学院化学工程系, 北京 102617) (北京石油化工学院自动化系, 北京 102617)

摘 要 气体搅动作用可以强化液-液两相接触和传质性能。在填料塔和喷洒塔中,气体搅动对萃取塔性能的影响有很大的差异。在气体搅动下,通过对填料塔和喷洒塔流体力学性能和传质性能的试验研究,发现填料对气泡和液滴均有破碎作用,因此填料塔的气含率和分散相滞存率均明显高于喷洒塔,传质单元高度和液泛速度则相反;对填料塔和喷洒塔,气体搅动都可以显著提高液-液两相的接触与传质性能。

关 键 词 填料塔; 喷洒塔; 气体搅动; 水力学性能; 传质性能

中图法分类号 TQ028.32

萃取技术作为一种成熟的工艺在工业上已得到广泛的应用。提高和强化液-液两相接触性能,对提高萃取装置的性能和萃取过程的效率,减少萃取过程溶剂消耗,降低用于溶剂回收与再生的能耗,降低生产过程成本,提高产品质量和收率,实现能源和资源充分利用等有重要意义。转盘塔、脉冲塔、振动塔等机械强化技术在这方面取得了不错的效果,但同时也暴露出明显的缺点,这就是采用机械强化方式的萃取塔内有运动部件,存在机械磨损等问题,在装置大型化等方面受到机械强度的限制。相比之下,气体搅动的萃取技术则完全可以避免上述问题。在填料萃取塔底引入气相,气相以鼓泡形式通过萃取塔,而气泡在快速上升过程中对液层进行强烈冲击和搅拌,通过外加能量进一步强化液-液两相接触与传质,提高传质系数。对于填料塔与喷洒塔,气体搅动的影响是不同的。关于这方面的内容,目前少有报道,并且主要集中于喷洒塔等方面的研究^[1~5]。

1 实验装置与实验方法

实验装置如图 1 所示。萃取塔由内径 $\Phi 50$ 的玻璃管做成。作为喷洒塔时,塔内无任何内构件;作为填料塔时,塔内装填金属压延孔板波纹填料。塔的有效高度为 $H=0.9\text{ m}$ 。实验中以水

为连续相, 加有苯甲酸的煤油为分散相; 利用空气作搅拌气体。煤油中苯甲酸质量分数保持在 0.001 5~0.002 0 之间。空气和煤油从塔底进入, 与水逆流接触。利用转子流量计调节水、煤油和空气的流量, 通过分析水、煤油进出口苯甲酸浓度, 计算出从分散相(煤油)→连续相(水)过程传质系数; 用体积法测定相应的分散相滞留率; 并用观察法测定液泛速度。

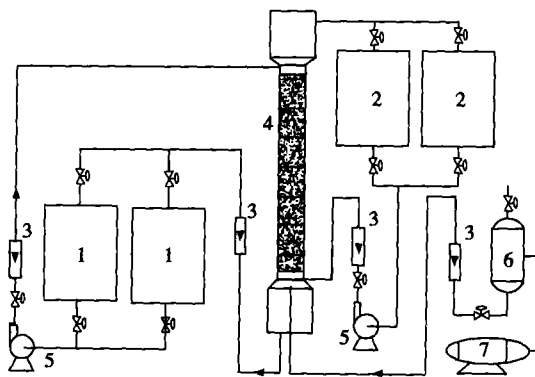


图 1 实验装置示意图

1——水贮器;2——煤油贮罐;3——流量计;
4——萃取塔;5——泵;6——空气缓冲罐;7——空压机

2 结果与讨论

2.1 气速对气含率的影响

图 2 显示,对填料塔和喷洒塔,气含率均随着气速 u_g 增加而明显增大,但相同气速下,填料塔的气含率明显高于喷洒塔。从现象上观察,

在填料塔内,填料对气泡有明显破碎作用,气泡直径较小,上升缓慢;而在喷洒塔中,气泡不易分散,并且小气泡容易聚合成大气泡,上升速度很快,停留时间较短,因而气含率相对较低。当然,为了充分发挥气相的搅拌作用,气泡直径越小越好。

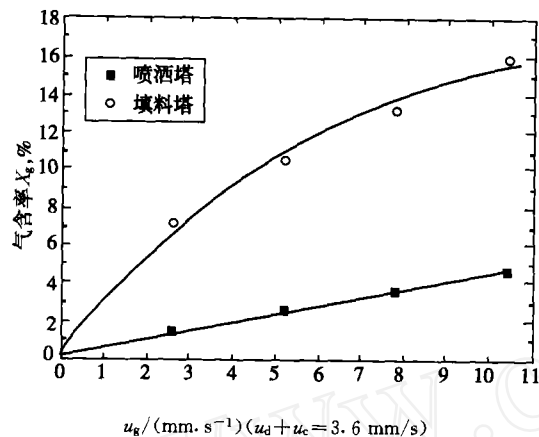


图2 气速对气含率的影响

2.2 气速对分散相滞存率的影响

图3表明,对填料塔和喷洒塔,分散相滞存率随着气速 u_g 增加而明显增大。如果没有气体搅动作用,分散相液滴上升速度主要取决于液-液两相物性及填料性能等。但当有气体搅动时,气相在迅速上升过程中撞击分散相液滴,使液滴破碎,直径减小(这种现象可从实验明显看出),上升速度变慢,停留时间延长,分散相滞存率增加。气速越大,这种作用就越强。

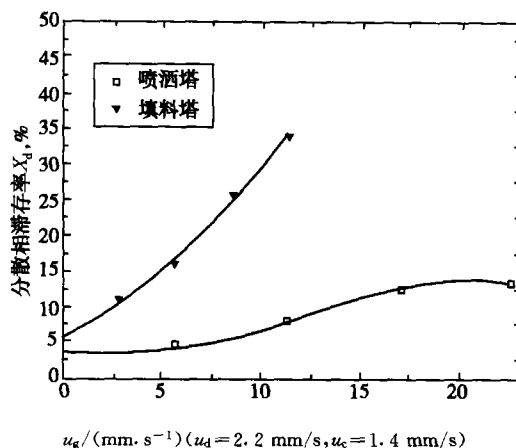


图3 气流对分散相滞存率的影响

在相同气速下,填料塔的滞存率明显高于喷洒塔。这是由于填料对气泡和液滴都有破碎作用,前者使气体搅动作用加强,后者则直接分散液滴,使液滴直径减小,这都会使液滴上升速度变慢,停留时间延长,分散相滞存率增大。

2.3 气速对液泛速度的影响

根据上述分析,随着气速 u_g 增大,一方面气含率 x_g 增大,使液相流道空间减小;另一方面分散相滞存率 X_d 增加,这都会使液泛速度 u_f 下降。填料塔分散相滞存率 X_d 较喷洒塔高,再加上填料阻挡作用,因此液泛速度低于喷洒塔,见图4。

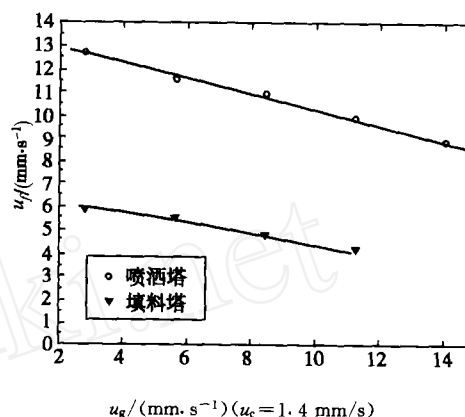


图4 气速对液泛速度的影响

2.4 气速对传质性能的影响

图5表明,对填料塔和喷洒塔,气体搅动均使传质单元高度大幅下降,这是因为液滴直径减小,液-液湍动程度增加,表面更新加快,传质系数增加所致。从现象上观察,填料既有利于促进分散相液滴的分散、表面更新和传质,又能有效降低轴向混合,因此填料塔传质性能明显优于喷洒塔。当然,过分的搅动会使分散相过分分散和乳化,传质性能下降,传质单元高度增加(图5所示)。

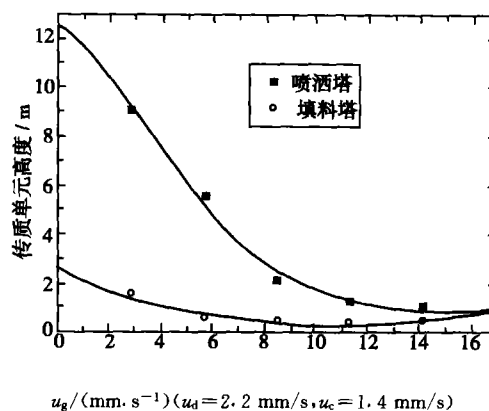


图5 气速对传质单元的影响

3 结论

(1) 填料对气泡和液滴均有破碎作用,因此填料塔的气含率和分散相滞存率均明显高于喷洒塔,传质单元高度和液泛速度则相反;

(2) 对填料塔和喷洒塔, 气体搅动都可以显著提高液-液两相的接触与传质性能。

参考文献

- 1 Matehars W G, E E. Principles and operation of an air-operated mixer-settler[J]. J Can J Chem Eng, 1959, 37:99~104
- 2 Sovilj Milan, Knezevic Goran. Gas-agitated liquid-liquid extraction in a spray column[J]. J Collect Czech Chem Commun, 1994,59(10):2235~2243
- 3 Diaz Mario, Aguayo, Andres T, Alvarez, Rodolfo. Hydrodynamics of a liquid-liquid countercurrent extraction column with upflow gas agitation [J]. J Chem Ing Tech, 1986,58(1),74~75
- 4 Ren Xiaoguang, Song Yongji, Liu Changhou. A study on a gas agitated extractor with static mixer [J]. J Chin J Chem Eng, 1998, 6(4):361~365
- 5 Shon H Y. Doungdeethaveeratana D A novel solvent extraction process with bottom gas injection without moving parts[J]. J Separation and Purification Technology, 1998,13:227~235

Effects of Gas-agitation on Packed and Spray Columns

Xiong Jieming

(Department of Chemical Engineering,
Beijing Institute of Petro-chemical Technology, Beijing 102617)

Zhang Liping

(Department of Automation, Beijing Institute of Petro-chemical Technology, Beijing 102617)

Abstract Gas-agitation will improve the liquid-liquid contact and mass transfer in extraction column, and it has different effects on packed and spray columns. Performance experiment of hydrodynamics and mass transfer has been carried out both in packed and spray columns. It is clear that packing helps to break up the gas bubble and the liquid droplet of dispersed phase, so the gas hold-up and liquid hold-up in packed column are far larger than in spray column. But the unit height for mass transfer and flooding velocity behaves the other way round. The gas-agitation can greatly improve the liquid-liquid contact and mass transfer both in packed and spray columns.

Key words packing column; spray column; gas-agitation; hydrodynamics; mass transfer