

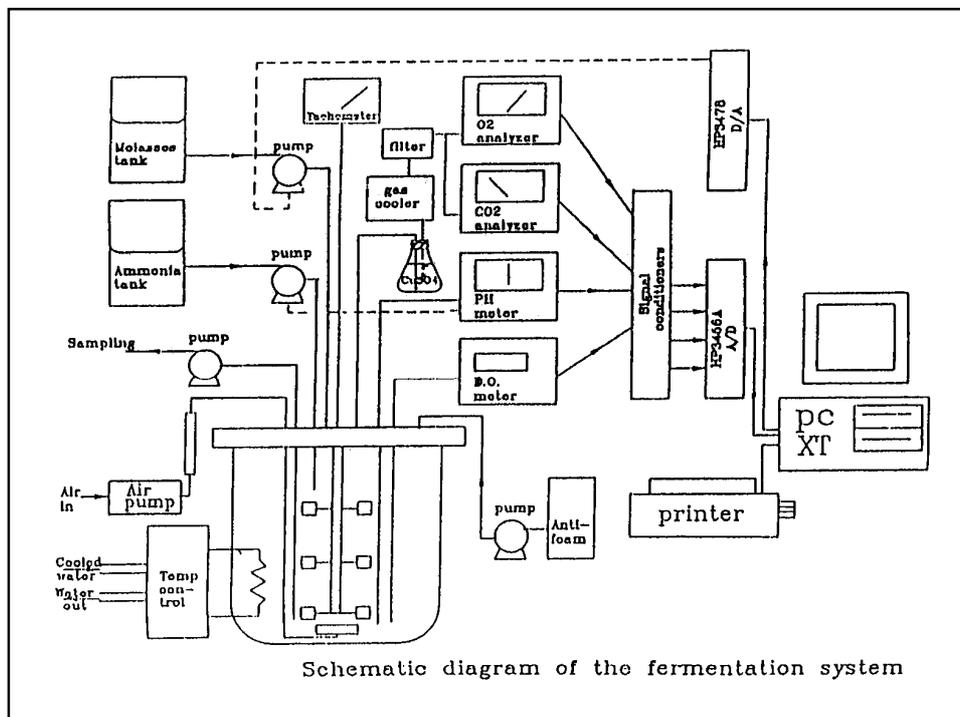
發酵槽之設計

在發酵工程上，選擇一個優良的**生化反應器(發酵槽)**，是決定整個生產程序是否成功的重要關鍵。因此，生化反應器的設計與應用便成爲一個相當重要的課題。

針對微生物培養而言，由於不同的菌種對其生長所言的環境和條件有所不同，所以我們在設計反應器的時候，必須針對個別的微生物系統加以考慮，如此菌體才能在其良好的環境下表現出最佳的效果。

一般而言，探討生化反應器的優劣必須對氣-液質傳、液相混合及流體動態等重要參數進行評估。在好氧性發酵程序中，反應器是否能夠提供充足的溶氧對於微生物的生長有很大的影響。在正常的培養情況下，好氣性微生物消耗溶氧的速率非常快，如果在培養過程中停止通氣，在短時間內發酵液中的溶氧將會被菌體消耗殆盡。

如何設計出一氣液質傳性能良好的生化反應器，便往往成爲設計上的重點。除此之外，反應器的液相混合特性也是設計上必須考慮到的部份，特別是規模較大的反應器。假若反應器內的液體混合不佳，則會造成基質濃度分佈不均，甚至產生遲滯區，此現象對於微生物的培養常有負面的影響。

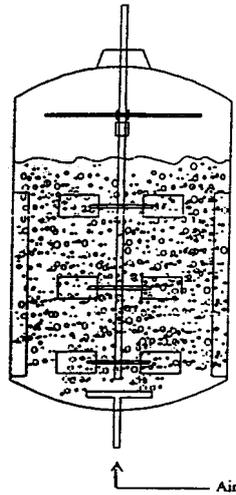


氣液反應器的性能優劣主要取決於反應器本身的形狀、內部構造、接作方式及氣體分散器的型式。目前可見到的氣液生化反應器類型相當的繁雜。

反應器之分類

| Vessel type | Primary Source of Mixing | | |
|-------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | Compressed Air | Internal Moving Parts | External Pumping |
| Tank | | Stirred tank | |
| Column | Bubble column Tapered column | Multistage | Sieve tray Packed bed |
| Loop | Air-lift Pressure cycle | Propeller loop | Jet loop |

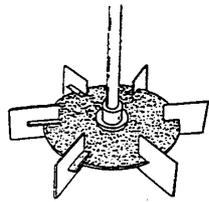
在生化工業上，目前以攪拌槽式反應器(高度/內徑比 <3)最為廣泛使用，其基本構造如圖所示。



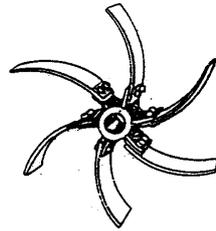
在氣液兩相的系統中，因為攪拌槽內的流體及氣泡可藉由機械攪拌使之均勻地散布在整個系統中，故其具有高質傳能力與混合性質佳等特性。過去在化學工業上，攪拌槽式反應器使用的十分普遍，對於高黏度的流體系統則相當的適用。

而在發酵工業上，此類反應器經常被用來進行微生物的培養(如麵包酵母)，雖然目前攪拌槽已被普遍地應用在好氣性發酵程序上，但仍存在著一些缺點：

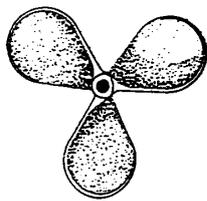
- (1)結構過於複雜，建造成本高。
- (2)在微生物的培養上，快速攪拌時攪拌翼附近所產生的高剪應力極可能會對微生物造成傷害，對微生物的生長形態、代謝、成長速率及產物之產率都會有很大的影響。



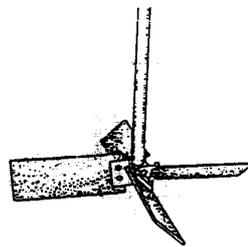
Disk style flat blade turbine



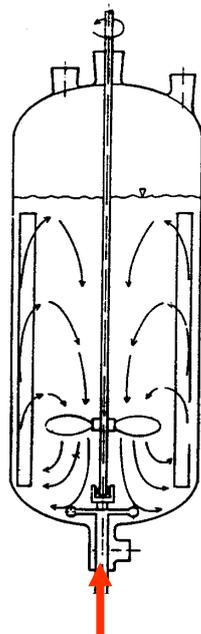
Spiral turbine



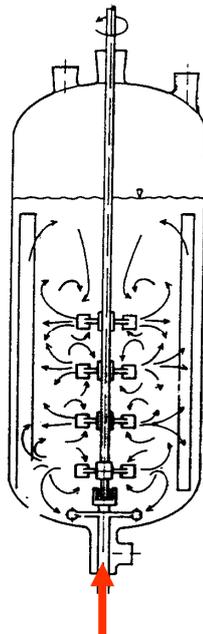
Propeller



45° pitched blade turbine

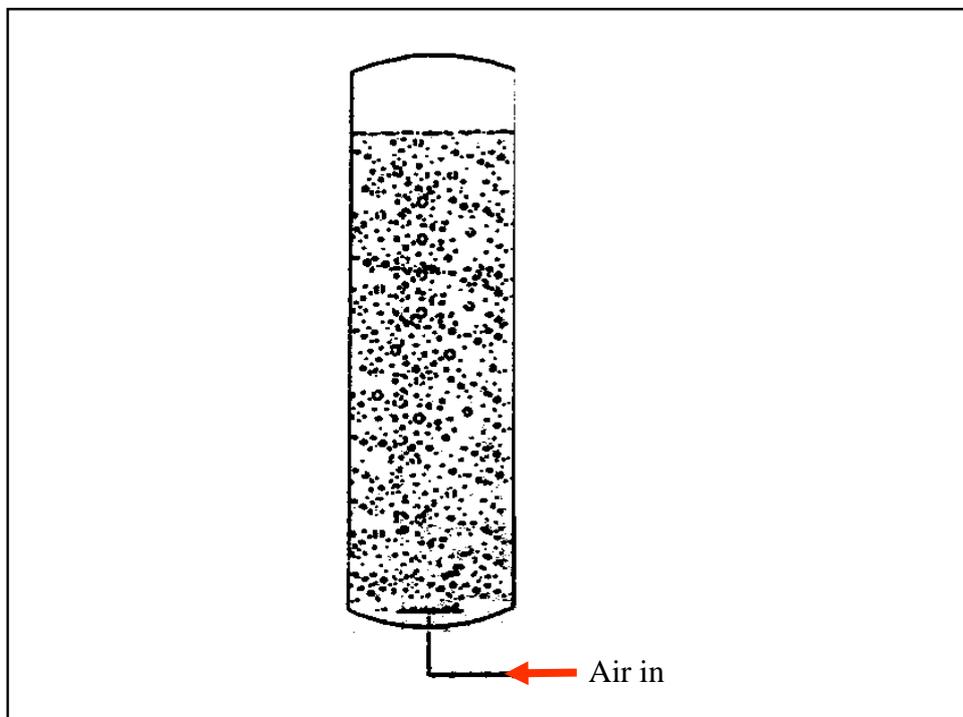


Air in



Air in

除了攪拌槽式反應器之外，氣泡塔式反應器(高度/內徑比 >3)在生化工程上也應用的相當廣泛。



在氣泡塔中所通入的氣體，除了可攜入反應所需的氣相成份外，還具有攪拌的作用，使各相間能充分地混合。由於此種反應器不具攪拌翼，因此不需要額外的機械動力成本，加上其低剪力、無機械性產熱、構造簡單及建造成本低等優點，使它在生化程序的應用上極具潛力。

在近十年來，動植物細胞培養為生物技術中研究的重點之一，其低剪力特性的氣泡塔式反應器極適合用來培養此類細胞。

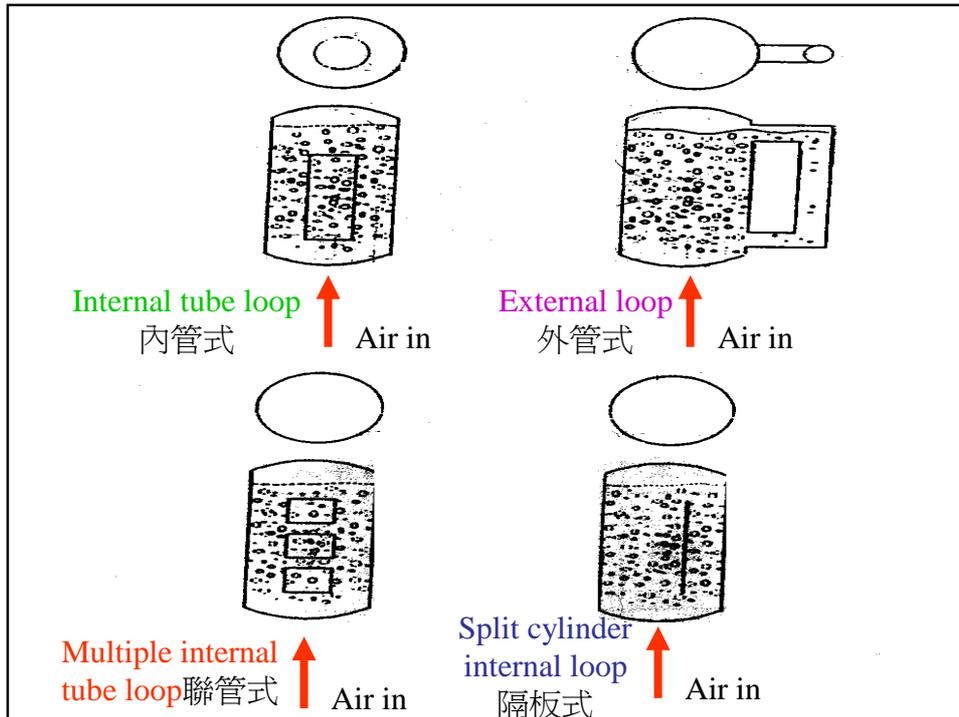
對於某些特定的系統(如高黏度之流體)，氣泡塔在質傳及混合性質的表現上並不是令人非常滿意，同時也易產生泡沫過多的問題，於是便出現許多改良式的氣泡塔反應器。

例如在反應器中加裝擋板(baffle)、加大頂部區域截面積、或再加裝攪拌翼等等，較常見的類型如表中所列。

各種型式之改良式氣泡塔反應器

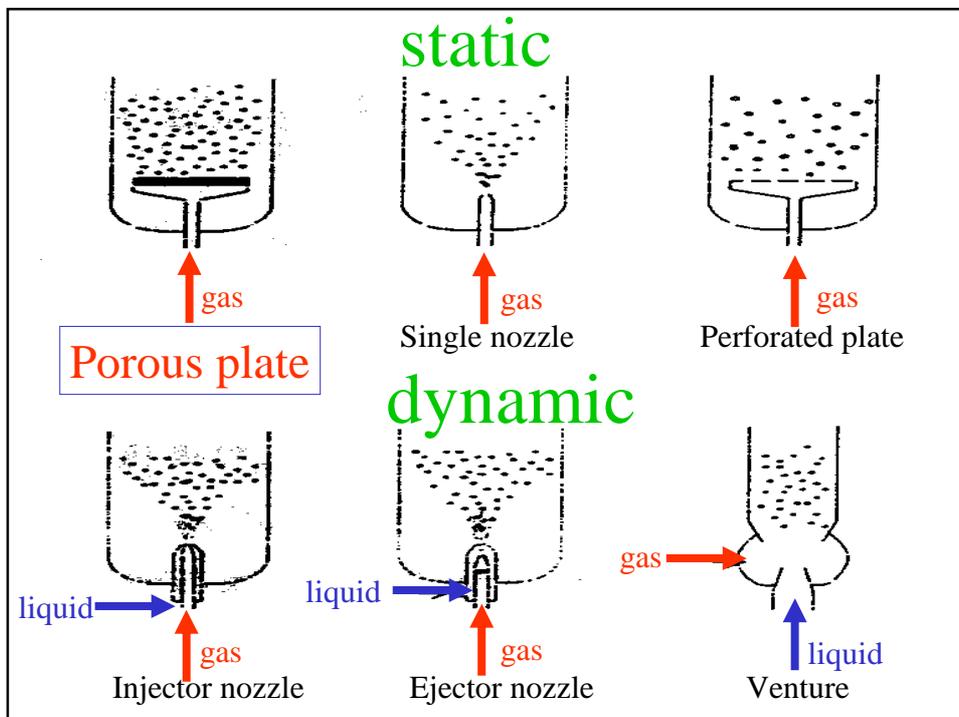
| 改進方式 | 改善效果 |
|-----------|----------|
| 加裝篩板 | 改善氣泡融合問題 |
| 放置氣泡分裂浮子 | 改善氣泡融合問題 |
| 加裝攪拌翼 | 改善氣泡融合問題 |
| 加裝固定混合子 | 增加氣體滯留時間 |
| 加大頂部氣液分離區 | 消除泡沫 |
| 底部漸縮型 | 避免產生遲滯區 |
| 加裝導流管 | 改進流動紊亂性 |

這些改良式的塔式或迴路式反應器，大都是在氣泡塔反應器的外部形狀或內部結構上加以修改，其中則以1955年法國人Lefrancois所提出的氣舉式反應器最受重視。今天我們所見到的氣舉式反應器，依流體被分隔的方式，大致上可分為內管式、外管式、聯管式、隔板式和雙層式等幾種不同的設計方式。



其中又以內管式與外管式兩種反應器較為常見，此兩者間的主要差異則在於氣液分離區的設計。在內管式之氣舉式反應器中，因氣液分離區通常為外管高於內管的延伸構造，所以氣體較不易逸出反應器；而在外管式氣舉式反應器中，由於氣液分離區有較為明顯的水平流動現象，因此，絕大部份的氣體都會逸出槽體，於是在下降區中的氣體滯留量相當低。

氣體分散器的型式對整個氣液反應器的性能有很大的影響。若依其分散特性來分類，一般可分為穩態 (static)和動態 (dynamic)兩種。



以穩態的氣體分散器而言，因為它只有單相氣體通入反應器內，所以構造較為簡單，常可見到的型式有多孔板、鑽孔板及噴嘴等。而動態之氣體分散器除了通入氣體外，並利用液體造成氣液兩相混合，接著才通入反應

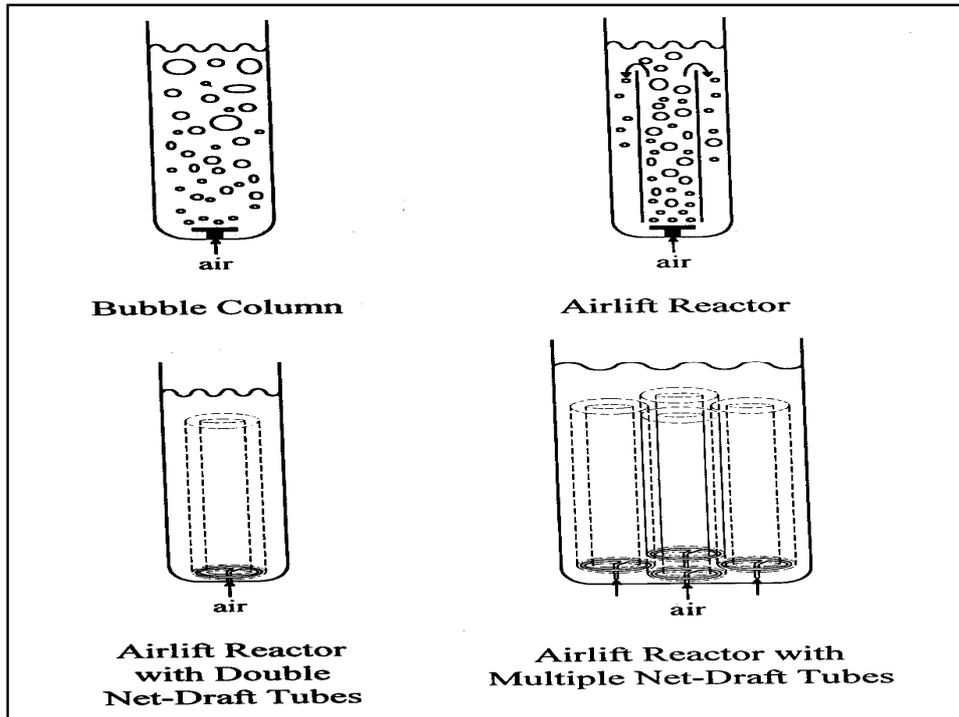
要選擇何種型式的氣體分散器，則需視系統需求及成本來決定。因為除了氣泡分散效果外，我們仍須考慮到壓降及污染上的問題。一般在實驗室中由於規模小，大多使用多孔板(Porous plate)以得到較高的質傳效果；目前在工廠大規模的反應器中，較常使用鑽孔板或噴嘴做為氣體分散器。而動態之氣體分散器可用於大規模的連續式反應器中。

傳統的氣舉式反應器乃是指內管式的反應器。此類型的反應器主要是由一個實壁內管將反應器內的流體分隔為上升區(riser)和下降區(downcomer)，再加上內管上方的氣-液分離區(gas-liquid separator)及底部基底(base)部份，總共可分為四個區域。

由於氣舉式反應器的氣體分散器大都位於流體上升區的底部，所以在上升區中的氣體量一般會比下降區來得多，結果因為兩區的流體總體密度不同，而導致流體的循環流動。上升區中的流體向上流動，具有較大的氣體滯留量，當流體到達上升區的頂部後，即進入氣液分離區，根據不同的設計，氣體逸出的程度會有所不同。之後，部份流體再向下流入下降區中，而下降區中的流體主要是朝下流動。

此一流體循環流動的現象與氣液分離區的大小及上、下兩區截面積比有著密切的關連，對於氣-液-固三相的混合及熱傳有相當大的幫助，但卻會因為氣泡易被攜出而減少反應器內的氣體滯留量。因為氣舉式反應器的質傳能力及液相混合性質並沒有氣泡塔式反應器好，所以在應用上仍有其限制。

為改進氣泡塔和氣舉式反應器的缺點，Wu等人在1990年提出具網狀導流管之氣舉式反應器。其研究結果指出，當氣體流速較大時，網管內的大氣泡在網管的作用下將會被切割成小氣泡，同時因網管將流體分隔成兩部分，所以具有類似傳統氣舉式反應器內流體循環流動的現象。



與氣泡塔或傳統氣舉式反應器相比，其鋼管氣舉式反應器在質傳能力及液相混合性質方面均獲得明顯的改善，同時Wu等人已成功的將其應用在好氣性的發酵程序上。

