

四川大學

化工原理实验报告



题 目 填料塔的流体力学性质实验报告

学 院 化学工程学院

专 业 化学工程与工艺（虚拟的）

学生姓名 王诗煜

学 号 2022141500089 年级 2023

指导教师 吴潘

不是教务处制表
二〇二五年三月十九日

填料塔的流体力学性质实验报告

化学工程与工艺（虚拟的）

学生: 王诗煜 指导教师: 吴潘

[摘要]: 这一部分有意留白。

[主题词]: 化工原理实验; 气体吸收

Experimental Report of fluid mechanics , Packed Tower

Chemical Engineering and Technics(virtual)

Student:Shiyu Wang Adviser:Pan Wu

Abstract: This part intentionally left black.

Key Words: Chemical Engineering Experiment; Gas Absorption

目录

第一章 报告正文	2
1.1 实验目的	2
1.2 实验原理	2
1.3 实验装置图及主要设备 (包括名称、型号、规格)	2
1.4 实验步骤	3
1.5 实验原始数据记录列表	4
1.6 实验数据处理 (以一组实验数据为例进行计算)	4
1.7 实验结果、结论与分析	5
1.7.1 实验结果	5
1.7.2 实验结果分析与结论	5
1.8 实验思考题	5
声 明	6

第一章 报告正文

1.1 实验目的

1. 观察气、液在填料塔内的操作状态，掌握吸收操作方法。
2. 测定在不同喷淋量下，气体通过填料层的压降与气速的关系曲线。

1.2 实验原理

气体混合物以一定气速通过填料塔内的填料层时，与吸收剂（液相）接触，进行物质传递。气、液两相在吸收塔内除了物质传递外，其流动相互影响，还具有自己的流体力学特性。填料塔的流体力学特性是吸收设备的重要参数，它包括了压降和液泛规律。测定填料塔的流体力学特性是为了计算填料塔所需动力消耗和确定填料塔的适宜操作范围，选择适宜的气液负荷，也是确定最佳操作气速的依据。填料塔的流体力学特性以气体通过填料层所产生的压力降来表示。该压力降在填料因子、填料层高度、液体喷淋密度一定的情况下随气体速度的变化而变化。将气体压降与流速的关系绘制成双对数坐标图即可确定填料塔的流体力学特性。

当气体流量增加到一定程度时，塔内填料或其他内部结构表面开始形成一层较薄的液膜，液体随气流在填料上分布，导致压降开始明显上升，这个临界气速就称为载点。载点反映的是系统开始进入较高气液负荷状态的起始阶段，是设计和运行时需要关注的拐点。

随着气体流量进一步增加，液体的排出速度赶不上其在填料上的积累，导致填料或塔板上液体大量滞留，形成液泛现象。此时塔内压降会急剧增加，气流无法顺畅通过，整个系统趋于失稳，甚至出现泛塔的现象。泛点即为这种极限状态出现的气速，是操作时绝对不能达到的上限。

1.3 实验装置图及主要设备 (包括名称、型号、规格)

实验所使用的设备如下：

- 内径为 200mm，填料层高 1m 的填料塔以及配套的管路和液罐
- 离心泵和离心风机
- 气体转子流量计
- 液体文丘里流量计
- 与管径相匹配的球阀和闸阀
- CS208-51C-A2SC 型差压变送器
- 配套的控制系統

本实验的装置图如下：

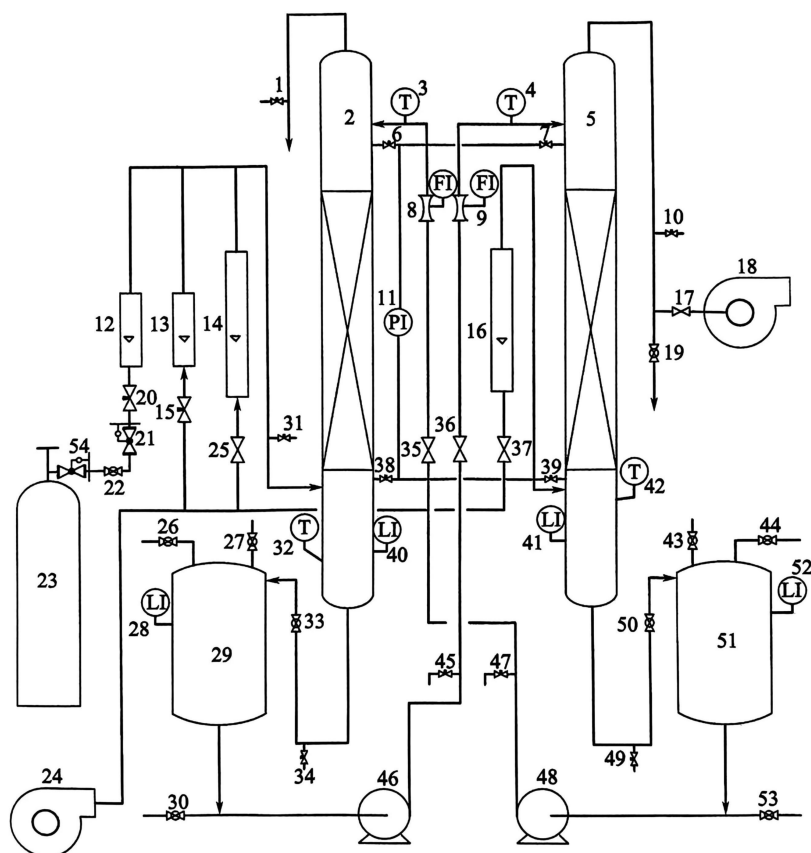


图 1.1: 本实验的装置示意图

1.4 实验步骤

1. 检查所有阀门是否处于关闭状态, 检查液罐液位是否正常, 打开测压三通阀, 开启总电源与仪表电源。
2. 关闭测压三通阀, 启动风机, 调节空气流量调节阀, 让空气进入填料吸收塔底部, 调节空气流量, 流量从小到大, 每调节一次风量, 测定一次填料塔压降 ΔP 、转子流量计记录的空气流量 V , 共采集 9 组数据。
3. 启动离心泵, 通过闸阀或调节水量, 保持吸收塔和解吸塔的喷淋量不变, 注意观察水不能从塔顶尾气管内流出; 用空气流量调节阀调节空气流量, 流量从小到大, 每调节一次风量, 测定一次填料塔压降和转子流量计记录的空气流量, 共采集 7 10 组数据
4. 改变液流速, 重复步骤 3, 从而测定不同水量下空塔气速与填料塔压降的变化曲线, 完成气、液在填料塔内的流体力学性能测定。

1.5 实验原始数据记录列表

液体流速/(米每秒)	0	
气体流量(立方米每时)	压差 (Pa)	气体流速 (米每秒)
30	273	0.265392781
27	234	0.238853503
24	195	0.212314225
21	157	0.185774947
18	121	0.159235669
15	89	0.132696391
12	63	0.106157113
9	40	0.079617834
6	0	0.053078556
液体流速/(米每秒)	0.52	
气体流量(立方米每时)	压差 (Pa)	气体流速 (米每秒)
3	0	0.026539278
5	0	0.04423213
7	62	0.061924982
9	111	0.079617834
11	166	0.097310686
13	235	0.115003539
15	330	0.132696391
17	429	0.150389243
19	549	0.168082095
液体流速/(米每秒)	0.71	
气体流量(立方米每时)	deata P (Pa)	气体流速 (米每秒)
4	0	0.035385704
5	69	0.04423213
6	88	0.053078556
7	116	0.061924982
8	142	0.070771408
9	181	0.079617834
10	223	0.08846426
11	267	0.097310686
12	314	0.106157113
13	373	0.115003539
14	437	0.123849965
15	518	0.132696391

图 1.2: 本实验的原始数据

1.6 实验数据处理 (以一组实验数据为例进行计算)

在这里, 我们需要在已知气体流量时求出塔内气体流速, 这里以第一组数据为例。此时, $q_v = 30\text{m}^3/\text{h}$, $d = 200\text{mm}$ 将数据带入公式算出此时流速为:

$$u = \frac{q_v}{A^2} = \frac{4q_v}{\pi d^2} = 0.27\text{m/s}$$

用同样的方法可以算出其余组的气体流速。

1.7 实验结果、结论与分析

1.7.1 实验结果

根据实验数据算出的不同液体流速下，气体流速与压差关系曲线如下：

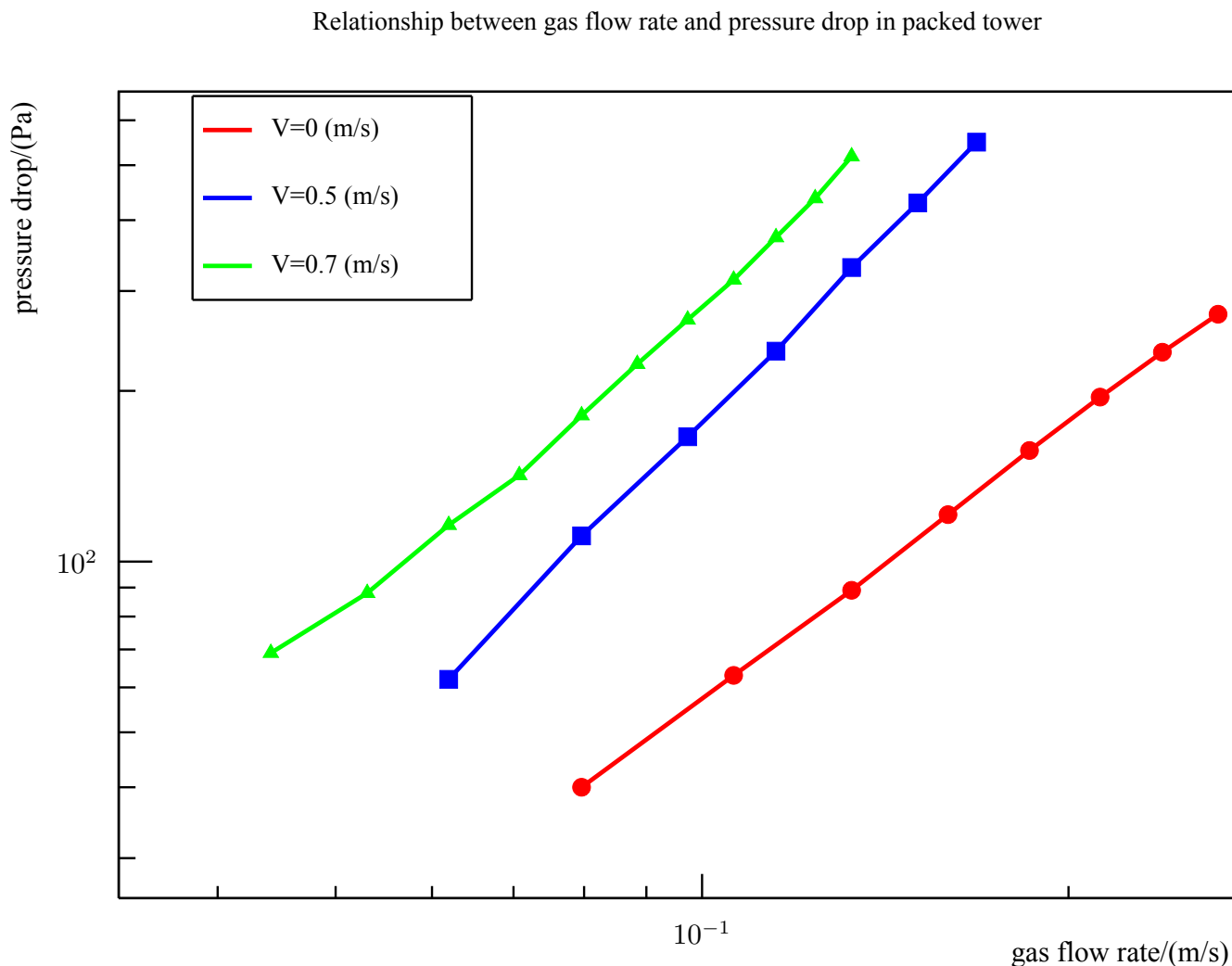


图 1.3: 填料塔气体流速与压降关系

1.7.2 实验结果分析与结论

根据画出的关系图，在不同的液体流速下，气体经过填料塔的压降与气体流速的关系图在双对数坐标图下均成直线，且不同液体流速下的图像几乎平行。虽然在实验中观察到了液泛的现象但图中并没有出现的泛点。经过分析，没有出现泛点的原因可能是实验中存在偏流使得气体和液体分布不均，从而导致泛点不明显。并且在出现泛点后为了放置泛塔而读数过早，导致没有记录到压差增大的现象。

1.8 实验思考题

1. 填料吸收塔塔底为什么有液封装置？采用了什么原理进行液封？

答：填料吸收塔的塔底设置液封装置的主要目的是防止气体倒流、维持塔内稳定操作，

并确保气液相合理分布。液封的原理主要基于液柱静压力平衡，即通过液体形成的静压力防止气体进入或逸出非期望的通道。

2. 在填料塔的流体力学特性中，确定的最佳操作空塔气速是多少？

答：一般来说，泛点气速的 0.6 0.8 倍为最佳空塔气速。本实验中并没有测出泛点气速，所以还无法确定最佳的空塔气速。

附录 A 绘图所用到的代码

```
1  #include <Eigen/Dense>
2  #include <Eigen/src/Core/GlobalFunctions.h>
3  #include <Eigen/src/Core/Matrix.h>
4  #include <TApplication.h>
5  #include <TAxis.h>
6  #include <TCanvas.h>
7  #include <TGraph.h>
8  #include <TLatex.h>
9  #include <TLegend.h>
10 #include <TMultiGraph.h>
11 #include <cmath>
12 #include <cstdio>
13 #include <cstdlib>
14 #include <iostream>
15 #include <numbers>
16 #include <openblas/cblas.h>
17 #include <openblas/openblas_config.h>
18 #include <openblas_config.h>
19 #include <torch/torch.h>
20 #include <vector>
21
22 using namespace std;
23 using namespace Eigen;
24
25 void draw_loglog_plot() {
26     // 创建 Canvas
27     TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "Log-Log Plot", 800,
28                               600);
29
30     // 设置对数坐标
31     c1->SetLogx();
32     c1->SetLogy();
```

```
33 // 创建多个 TGraph 数据集
34 double x1[] = {0.265392781, 0.238853503, 0.212314225,
35               0.185774947, 0.159235669, 0.132696391,
36               0.106157113, 0.079617834};
37 double y1[] = {273, 234, 195, 157, 121, 89, 63, 40};
38 TGraph *gr1 = new TGraph(8, x1, y1);
39 gr1->SetLineColor(kRed);
40 gr1->SetLineWidth(2);
41 gr1->SetTitle("V=0");
42 gr1->SetMarkerStyle(20); // 圆形
43 gr1->SetMarkerSize(1.5);
44 gr1->SetMarkerColor(kRed);
45
46 double x2[] = {0.061924982,
47               0.079617834, 0.097310686, 0.115003539,
48               0.132696391, 0.150389243, 0.168082095};
49 double y2[] = {62, 111, 166, 235, 330, 429, 549};
50 TGraph *gr2 = new TGraph(7, x2, y2);
51 gr2->SetLineColor(kBlue);
52 gr2->SetLineWidth(2);
53 gr2->SetTitle("V=0.5");
54 gr2->SetMarkerStyle(21); // 圆形
55 gr2->SetMarkerSize(1.5);
56 gr2->SetMarkerColor(kBlue);
57
58 double x3[] = {0.04423213, 0.053078556, 0.061924982,
59               0.070771408, 0.079617834, 0.08846426,
60               0.097310686,
61               0.106157113, 0.115003539, 0.123849965,
62               0.132696391};
63 double y3[] = {69, 88, 116, 142, 181, 223, 267, 314,
64               373, 437, 518};
65 TGraph *gr3 = new TGraph(11, x3, y3);
66 gr3->SetLineColor(kGreen);
67 gr3->SetLineWidth(2);
68 gr3->SetTitle("V=0.7");
69 gr3->SetMarkerStyle(22); // 圆形
```

```
67     gr3->SetMarkerSize(1.5);
68     gr3->SetMarkerColor(kGreen);
69
70     TLatex latex;
71     latex.SetTextFont(43);
72
73     // 使用 TMultiGraph 组合多个数据集
74     TMultiGraph *mg = new TMultiGraph();
75     mg->Add(gr1);
76     mg->Add(gr2);
77     mg->Add(gr3);
78     mg->SetTitle("Relationship between gas flow rate and
79                 pressure drop in packed
80                 tower; gas flow rate/(m/s); pressure drop/(
81                 Pa)");
82
83     // 绘制
84     mg->Draw("APL");
85
86     // 添加图例
87     TLegend *leg = new TLegend(0.7, 0.7, 0.9, 0.9);
88     leg->AddEntry(gr1, "V=0(m/s)", "l");
89     leg->AddEntry(gr2, "V=0.5(m/s)", "l");
90     leg->AddEntry(gr3, "V=0.7(m/s)", "l");
91     leg->SetTextFont(43); // 43 表示支持 Unicode 字体
92     leg->SetTextSize(18); // 设置字体大小
93     leg->Draw();
94
95     // 显示 Canvas
96     cl->Update();
97     // cl->SaveAs("loglog_plot.png"); // 可选：保存图像
98 }
99
100 int main(int argc, char **argv) {
101     TApplication app("ROOT_Application", &argc, argv);
102     draw_loglog_plot();
103 }
```

```
102    app.Run(); // 进入 ROOT 事件循环，保持窗口打开
103    return 0;
104 }
```

声 明

本人声明所呈交的实验报告是本人在教师指导下进行的实验工作及取得的实验成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，报告中不包含其他人已经发表或撰写过的成果，也不包含为获得四川大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本实验所做的任何贡献均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

本实验报告成果是本人在四川大学修读课程化工原理及仿真实验期间在教师指导下取得的，报告没有所有权归属。任何组织或个人被允许以任何合法目的，在不取得任何许可的情况下使用此报告中的部分或全部内容且需要承担由此引发的全部后果，特此声明。

实验报告作者(签名) _____

报告指导教师(签名) _____

二〇二五年三月十九日