

# 洗滌冷卻塔

孫元進編著

石油工業出版社

## 內 容 提 要

洗滌冷却設備目前在我国石油工业（特别是人造石油厂）、化学工业、冶金、煉焦、以及火力发电等工业中正广泛地使用着。为了适应当前上述工业部門的需要，我們特此出版了这本小册子。

本書共介紹了七种洗滌冷却設備，其中包括一般常見的填料塔、噴洒塔、陣傘塔、鼓泡洗滌設備，同时还介紹了泡沫塔、多孔板塔与柵板塔、以及文特里噴射洗滌器等新型設備。

本書的前三章主要是講述洗滌冷却的基本知識及洗滌塔物料衡算、热量衡算。以下几章分別对各种类型的洗滌設備进行了闡述，此外，書中着重对設備的原理、構造，及計算也作了介紹，並对各种設備的特性及优缺点作了比較。

本書可供石油煉厂、人造石油厂、化工厂（如氮肥厂）、冶金、煉焦厂、炭黑厂、煤气发生站、以及其他有关工业部門的工程技术人员（包括設計人員）閱讀，也可供有关專業学校师生参考，同时对上述各厂老工人來說也有学习参考价值。

統一書号：15037·741

## 洗 滌 冷 却 塔

孙 元 进 編 著

石油工业出版社出版（社址：北京六鋪盤石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本·印张1 $\frac{1}{4}$ ·32千字·印1—2000册

1959年10月北京第1版第1次印刷

定价（10）0.27元

## 目 录

第一章	序言	1
第二章	基本知識	2
第三章	洗滌塔の物料与热量衡算	12
第四章	填料塔	16
第五章	噴淋塔	29
第六章	陣傘塔	33
第七章	鼓泡洗滌設備	35
第八章	泡沫塔	37
第九章	多孔板塔与柵板塔	43
第十章	文都利洗滌器	51
	参考文献	52

## 第一章 序 言

在化学工业、冶金工业及人造液体燃料工业和其它生产部門中，經常要用液体来洗滌气体；这种洗滌气体的过程称为洗滌操作。通常是在一个直立的圓筒內使气体及液体进行直接接触而进行的。这种設備称为洗滌塔。

在工业中进行气体的洗滌过程可以有不同的目的：（1）除去气体中的尘埃或霧沫状的气体；（2）使气体增湿或减湿；（3）使溶液蒸浓；（4）用液体吸收气体中的某些組分。但是，在工业上应用得最普遍的是气体的冷却，而所使用的液体大半是工业用的冷水。例如，在煤和頁岩低温干燥时所生成的瓦斯就是用水来洗滌的。此时不但使气体冷却，而且可以除去其中所含灰尘，并使焦油蒸汽与水蒸汽冷凝，从而將焦油回收下来。

气体洗滌設備的种类很多，可以根据气体及液体的接触情况分为两大类：（1）將液体分散到气体中的設備，如噴淋塔、填料塔、陣傘塔、文特里噴射洗滌器等；（2）將气体分散到液体中的設備，如鼓泡設備、泡沫塔、多孔板塔、柵板塔等。在选择这些設備时首先要考虑到气体和液体的性質，以及洗滌的目的，而后根据各种設備的特点初步选择几种較好的設備，經過計算与經濟比較，最后确定所用設備。目前在工业上应用得最广泛的是填料塔，其設備簡單、阻力小、操作可靠，但由于其效率低、設備龐大、材料消耗多及投資大，故目前已逐漸被一些新型的高效能的設備所代替，如

泡沫塔、柵板塔、多孔板塔等。这些设备的冷却、洗涤效果比填料塔高十倍至数十倍，构造简单，大大降低了材料及投资费用。本书将分别介绍工业上常用的一些洗涤设备的构造、操作原理及简易计算方法。为了使初学者能掌握这一方面的理论及计算方法，本书对一些有关的基本知识作了概括的介绍。

## 第二章 基本知识

### (一) 物理量与单位制度

在计算洗涤设备或研究其操作情况时，要应用到物质的物理性质和其它有关各种数量间关系的数据，如重度、粘度、速度、比热、导热系数及传热系数等。所有这些量，都能够量度出来，并以某种单位表示。在物理学和工程学上有三个基本量，就是长度、时间、力或重量，其它物理量都可以由这三个基本量引导出来。表示物理量大小的单位，有各种不同的度量衡制度，如公制和英制等，在公制中又有绝对单位及工程单位。目前我国在工程上多用公制的工程单位，其基本单位为：长度（米）、时间（秒）、力（公斤）。

长度的其它单位为：千米=1000米；分米=0.1米；厘米=0.01米；毫米=0.001米；微米=0.001毫米（1/1000000米）。

时间的其它单位为：1分=60秒；1小时=3600秒；

力的其它单位为：1吨=1000公斤；1克=0.001公斤；1毫克=0.001克。

在我国一些較旧的工厂中某些設備有采用英制的，其长度单位为呎，力的单位为磅、時間单位为秒。在长度单位中 1 呎=12吋。下面列出若干常用的公制与英制换算关系：

- 1[吋]=2.540[厘米]
- 1[呎]=0.3048[米]
- 1[磅]=0.4536[公斤]
- 1[仟瓦]=1.341[馬力]
- 1[美][加侖]=3.785[升]
- 1[英][加侖]=4.546[升]

### (二) 流体的特性

气体与液体統称为流体。流体的特点在于其質点几乎有无限的流动性、而且几乎可以毫无阻力地將其形状分裂或改变，但液体不具有压缩性，即受压时其体积几乎不变，而气体則相反，它有很大的压缩性。此外，液体有一定的表面，而气体則沒有。

每单位体积流体的重量称为重度，通常以  $\gamma$  表示，其单位为[公斤/米<sup>3</sup>]。水的重度为1000[公斤/米<sup>3</sup>]。气体的重度与温度有关，在0°C及常压下气体的体积称为标准米<sup>3</sup>，簡写为标米<sup>3</sup>。空气在0°C时重度为1.285 [公斤/标米<sup>3</sup>]。瓦斯的重度与其組成有关，一般高温炼焦煤气中含氫多，故重度小，約为0.5[公斤/标米<sup>3</sup>]；頁岩或煤低温干餾瓦斯中含氫少，而氮及二氧化碳較多，其重度約为1.2—1.3 [公斤/标米<sup>3</sup>]。气体混合物的重度可按下式求得：

$$\gamma_{混} = \frac{\gamma_1 a_1 + \gamma_2 a_2 + \dots + \gamma_n a_n}{100} \quad \text{[公斤/米}^3\text{]} \quad (2-1)$$

式 中  $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$  —— 气体混合物中每一组分之重度;  
 $a_1, a_2, \dots a_n$  —— 气体混合物中每一组分之体积百分比。

流体每单位面积上所 受之压力 称为压力 强度或简称压 力, 以  $P$  表示, 其单位为 [公斤/米<sup>2</sup>]。压力的单位还可以用 大气压、汞柱高度或水柱高度来表示。大气压分为物理大气 压与工程大气压两种。在压力的各种单位之间存在有下列关 系:

$$1[\text{物理大气压}] = 760[\text{毫米汞柱}] = 10.33[\text{米水柱}] = 1.033[\text{公斤/厘米}^2]。$$

$$1[\text{工程大气压}] = 736[\text{毫米汞柱}] = 10[\text{米水柱}] = 1[\text{公斤 /厘米}^2]。$$

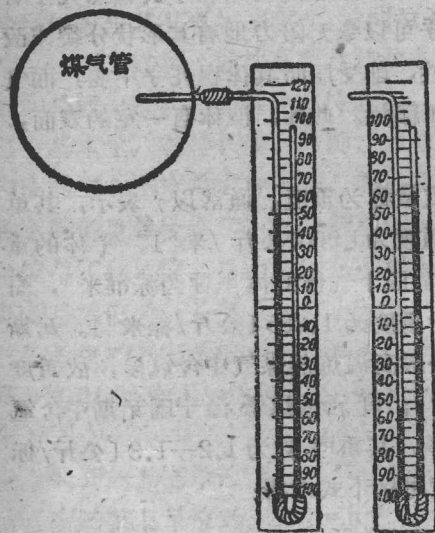


图2-1 U形管压力计

在工业上测量压 力的仪器称为压力 计, 其读数表示为器 内的绝对压力与外界 大气压力之差。当外 界压力大于器内压力 时其压差数称真空度 (或负压), 反之则称 为压力, 图2-1所示 为U形玻璃管制成的 压力计。

流体的另一重要 特性为粘度, 流体的 粘度越大则流动性越

差。粘度的单位有绝对粘度、动粘度、〔度〕和〔秒〕等。

绝对粘度的单位系以面积各为1〔厘米<sup>2</sup>〕、相距1〔厘米〕、并速度为1〔厘米/秒〕的二层流体相对移动时所需之力表示。在物理单位制中，绝对粘度的单位为泊〔克/厘米·秒〕。因实际应用时此单位过大，故多用0.01泊的单位，即厘泊。在工程上应用之粘度单位为〔公斤·秒/米<sup>2</sup>〕。1〔公斤·秒/米<sup>2</sup>〕=98.1〔厘泊〕。

某些工业气体的容积热容

表 2—1

气 体	组 成 %								热 容 (公斤/标 米 <sup>3</sup> ·°C)
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	
空气	20.8	79.2	—	—	—	—	—	—	0.3100
鍋爐烟道气	8.0	80.0	12.0	—	—	—	—	—	0.3221
高爐煤气	—	59.5	8.0	28.0	4.0	—	0.5	—	0.3191
水煤气 (焦炭的)	0.2	4.5	6.0	38.2	50.0	0.4	0.5	—	0.3158
发生爐煤气									
空气鼓风	0.2	62.6	5.0	23.0	6.0	—	3.0	0.2	0.3268
蒸汽空气鼓风	0.2	54.2	4.5	25.0	13.0	—	2.8	0.3	0.3175
炼焦煤气	0.6	4.0	2.0	6.7	53.9	0.8	24.5	2.5	0.3318
照明煤气	—	3.0	2.0	8.0	51.0	—	32.0	4.0	0.3387
烟煤半炼焦 煤气	—	17.0	11.0	—	15.0	4.0	50.0	3.0	0.3623
頁岩低温干餾 瓦斯	0.4	54.9	20.8	4.4	11.9	0.3	6.7	0.75	0.347
烟煤气燃方爐 干餾瓦斯	0.5	45.5	5.9	12.6	21.6	—	11.7	1.0	0.310
烟煤成堆干餾 瓦斯	3	56.2	7.4	9.8	12.1	—	13.6	0.5	0.3231



### (三) 热、温度与比热概念

测量热的单位为[卡]，使1[克]水升高1[°C]所需的热量称为1[卡]。工程上热量的计算采用较大的单位为[仟卡]，即使1[公斤]的水升高1[°C]时所需之热量。

物体加热的程度叫做温度。测量温度的仪器称温度计。工业上测量温度常用百分温度标的度数（简称为°C）。

比热：使一单位物质加热1°C所需的热量称为比热（或热容），通常以C表示，其单位为[仟卡/公斤°C]。对于气体的比热单位可用[仟卡/米<sup>3</sup>°C]表示。

将重量为G的物体由0[°C]加热至t[°C]所需之热量可用下式求出：

$$Q = GCt, \text{ [仟卡]} \quad (2-2)$$

气体及液体之重度、粘度、比热等数据可由有关之书籍或手册中查到。工业气体比热一般为0.31—0.36[仟卡/米<sup>3</sup>°C]，如表2-1所示。

### (四) 湿气体的性质

当水与气体接触时，水便逐渐汽化而产生蒸汽，并与气体混合形成水蒸汽与气体的混合物。当温度一定时，气体中水蒸汽达一定含量，则水就不再汽化，成为平衡状态。这种气体称为饱和气体。气体温度愈高则饱和时所含水蒸汽愈多。

湿气体之主要性质为湿度、湿含量、热含量、干球温度、湿球温度及露点等。

在每[米<sup>3</sup>]的湿气体中所含水蒸汽的重量，称为气体之绝对湿度，即等于湿气体中水蒸汽重度，其湿度单位为[公

斤/米<sup>3</sup>〕。該数值与相同条件下(同温同压)可能含有的最大限度水蒸汽重量之比称为气体之相对湿度、或称水蒸汽饱和度以 $\psi$ 表示。

每公斤干气体中所含有的水蒸汽重量称为气体之湿含量,用 $X$ 表示,单位为〔公斤/公斤〕。

湿气体之热含量等于干气体的热含量及其所含水蒸汽热含量的总和。如以一公斤干气体为基准时,则湿气体之热含量为:

$$I = C_{\text{气}}t + xi \\ = C_{\text{气}}t + x(r_0 + C_{\text{汽}}t) \quad \text{〔仟卡/公斤干气体〕} \quad (2-3)$$

式中  $C_{\text{气}}$ —干气体比热,〔仟卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ 〕;

$t$ —气体之温度〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕;

$x$ —气体之湿含量〔公斤/公斤〕;

$i$ —水蒸汽在 $t$ 〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕时之热含量〔仟卡/公斤〕;

$r_0$ —水蒸汽在 $0$ 〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕时的蒸发潜热,为 $595$ 〔仟卡/公斤〕;

$C_{\text{汽}}$ —水蒸汽在 $t$ 〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕时之比热〔仟卡/公斤〕。

用一般温度计测定湿气体之温度称为干球温度,若在水银温度计的水银球处裹以湿布,在湿气体中所测得的平衡温度称为湿球温度。在未达饱和的湿气体中,湿球温度恒低于干球温度。如湿空气中的湿含量不变而被冷却,一直被冷却到湿空气达饱和状态而将结成露水时,所测定的温度称为该气体之露点。

在高温炼焦及低温干馏工业中,进行煤气的洗涤及冷却过程的计算时,常利用已编制好的煤气在不同温度时的容积、热含量及水汽量表。现将该表摘录于下:

## 煤气在不同温度时的容积、含热量、及含水量

附表 1

T°C	干煤气体 积, 米 <sup>3</sup>	I 米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之体积, 米 <sup>3</sup>	I 米 <sup>3</sup> 飽和 煤气中的水 汽量, 克	I 米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 所含水汽量, 克	I 米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之总含热量, 仟卡/米 <sup>3</sup>
0	1.000	1.006	4.9	4.93	2.93
1	1.004	1.010	5.1	5.15	3.42
2	1.007	1.014	5.6	5.68	4.10
3	1.011	1.018	6.0	6.11	6.72
4	1.015	1.023	6.4	6.55	5.35
5	1.018	1.027	6.8	6.98	5.97
6	1.022	1.031	7.3	7.52	6.65
7	1.026	1.036	7.8	8.08	7.35
8	1.029	1.041	8.3	8.64	8.05
9	1.033	1.045	8.9	9.30	8.81
10	1.037	1.049	9.4	9.86	9.51
11	1.040	1.054	10.1	10.65	10.35
12	1.044	1.053	10.7	11.32	11.12
13	1.048	1.063	11.4	12.12	11.97
14	1.051	1.068	12.1	12.92	12.81
15	1.055	1.073	12.9	13.84	13.73
16	1.058	1.078	13.7	14.77	14.66
17	1.062	1.083	14.5	15.70	15.59
18	1.066	1.088	15.4	16.76	16.59
19	1.070	1.093	16.4	17.93	17.67
20	1.073	1.098	17.4	19.10	18.74

續附表 1

T°C	干煤气体 积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之体积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 飽和 煤气中的水 汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 所含水汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之总含热量, 仟卡/米 <sup>3</sup>
21	1.077	1.103	18.4	20.30	19.83
22	1.081	1.109	19.5	21.63	21.01
23	1.084	1.115	20.6	22.97	22.20
24	1.088	1.120	21.8	24.42	23.45
25	1.091	1.126	23.1	26.00	24.77
26	1.095	1.133	24.4	27.65	26.14
27	1.099	1.139	25.8	29.30	27.52
28	1.102	1.145	27.3	31.26	29.09
29	1.106	1.151	28.8	33.15	30.61
30	1.110	1.158	30.4	35.20	32.24
31	1.113	1.165	32.1	37.40	33.96
32	1.117	1.172	33.9	39.73	35.76
33	1.121	1.179	35.7	42.10	37.58
34	1.125	1.187	37.7	44.75	39.59
35	1.128	1.195	49.7	47.45	41.62
36	1.132	1.103	41.8	50.28	43.74
37	1.135	1.211	44.8	53.27	45.95
38	1.139	1.219	36.3	56.43	48.28
39	1.143	1.227	48.7	59.74	50.70
40	1.146	1.236	51.2	63.27	53.25
41	1.150	1.246	53.8	67.02	55.93
42	1.154	1.256	56.5	70.95	58.74
43	1.157	1.265	59.4	75.13	61.72

續附表 1

T°C	干煤气体 积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之体积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 飽和 煤气中的水 汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 所含水汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之总含热量, 仟卡/米 <sup>3</sup>
44	1.161	1.275	62.4	79.60	64.85
45	1.165	1.286	65.4	84.10	68.02
46	1.168	1.297	68.7	89.12	71.50
47	1.172	1.309	72.0	94.27	75.08
48	1.176	1.322	75.5	99.80	78.92
49	1.180	1.335	79.2	105.70	82.96
50	1.183	1.348	83.0	111.8	87.16
51	1.187	1.361	87.0	118.4	91.66
52	1.190	1.375	91.0	125.2	96.26
53	1.194	1.390	95.3	132.5	101.20
54	1.198	1.406	99.7	140.1	106.30
55	1.201	1.423	104.3	148.1	111.89
56	1.205	1.440	109.1	157.1	117.69
57	1.209	1.458	114.1	166.4	123.92
58	1.212	1.477	119.2	176.2	130.38
59	1.216	1.497	124.6	186.5	137.24
60	1.220	1.518	130.1	197.5	144.50
61	1.224	1.540	135.9	209.3	152.26
62	1.227	1.563	141.9	221.8	160.32
63	1.231	1.588	148.1	235.2	169.38
64	1.235	1.615	154.5	249.5	178.74
65	1.238	1.644	161.1	264.9	188.90
66	1.242	1.674	168.1	281.8	200.86

續附表 1

T°C	干煤气体 积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之体积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 飽和 煤气中的水 汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 所含水汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之总含热量, 仟卡/米 <sup>3</sup>
67	1.245	1.705	175.1	298.6	210.92
68	1.249	1.740	182.5	317.6	223.28
69	1.253	1.776	190.1	337.6	236.34
70	1.256	1.814	198.0	369.0	250.30
71	1.260	1.856	206.2	382.7	265.66
72	1.264	1.901	214.7	408.2	282.12
73	1.267	1.948	223.3	435.0	299.58
74	1.271	2.001	232.5	465.1	319.04
75	1.275	2.058	241.9	498.6	340.30
76	1.278	2.118	251.4	532.7	362.76
77	1.282	2.186	261.4	571.3	387.62
78	1.286	2.259	271.8	614.0	415.28
79	1.290	2.340	282.4	661.0	445.44
80	1.293	2.429	293.3	712.6	478.50
81	1.297	2.527	304.6	769.9	515.56
82	1.300	2.634	316.2	832.8	556.02
83	1.304	2.758	328.4	905.6	602.68
84	1.308	2.898	340.8	987.2	655.04
85	1.311	3.053	353.7	1.079	714.50
86	1.315	3.243	366.8	1.186	782.66
87	1.319	3.441	380.4	1.308	861.32
88	1.322	3.684	394.4	1.453	954.08
89	1.326	3.970	408.7	1.623	1,063.0
90	1.330	4.317	423.6	1.828	1,194.4

T°C	干煤气体 积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之体积, 米 <sup>3</sup>	1米 <sup>3</sup> 飽和 煤气中的水 汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 所含水汽量, 克	1米 <sup>3</sup> 干煤气 (标准状况) 經水汽飽和后 之总热量, 仟卡/米 <sup>3</sup>
91	1.333	4.739	438.9	2.079	1,354.8
92	1.337	5.270	454.7	2.396	1,558.1
93	1.340	5.948	470.9	2.801	1,816.5
94	1.344	6.860	487.7	3.345	2,164.3
95	1.348	8.132	505.1	4.106	2,652.2
96	1.352	10.050	522.6	5.253	3,386.6
97	1.355	13.270	540.6	7.173	4,614.9
98	1.359	19.610	559.3	10.970	7,045.3
99	1.363	38.830	578.7	22.460	14,395.6
100	1.366	—	598.7	—	—

### 第三章 洗滌塔的材料与热量衡算

洗滌塔之作用主要是使气体冷却並同时除去其中所含尘霧，从而收回气体中 useful 产品或除去有害物質，以便有利于气体的輸送及使用。

洗滌塔的计算通常有二种目的，即新塔設計与旧塔核算。新塔設計是根据已知任务（气体性質、处理量、冷却或除尘效率等）求得洗滌水用量及洗滌塔之主要尺寸和阻力等。旧塔核算主要是核算旧塔的主要尺寸，当洗滌某一气体时是否

合用和需要多少洗滌水等，或根据某一洗滌塔之操作条件核算其效率。

洗滌塔的物料与热量衡算是計算的基础，由此可求得洗滌水用量、热負荷及洗滌前后的物料分布情况。物料平衡系基于物質不灭定律，而热量平衡系基于能量不灭定律。在洗滌塔中因有物态（气态、液态、固态）的变化，故水及油等皆应以  $0^{\circ}\text{C}$  的液态为計算基准。在物料平衡中气体及蒸汽之重量皆按标准状态計算，即  $0^{\circ}\text{C}$  及 1 大气压。

### （一）物料平衡計算方法

今举一含焦油蒸汽的煤气为例，以示洗滌塔之計算方法。

- 設： $G_1$ ——干煤气入塔及出塔重量〔公斤/小时〕；  
 $G_2$ ——煤气中所含焦油重量〔公斤/小时〕；  
 $G_3$ ——煤气入塔时所含水蒸汽重量〔公斤/小时〕；  
 $G_4$ ——煤气出塔时所含水蒸汽重量〔公斤/小时〕；  
 $W$ ——洗滌水用量〔公斤/小时〕。

依物質不灭定律，入塔物料 = 出塔物料。現列出洗滌塔之物料平衡方程式：

$$(G_1 + G_2 + G_3) + W = (G_1 + G_4) + (W + G_2 + G_3 - G_4) \quad \text{〔公斤/小时〕} \quad (3-1)$$

图3—1所示为洗滌塔物料平衡示意图。

在洗滌塔中进塔及出塔的干煤气是不变的，其重量可由下式求出：

$$G_1 = V_0 \gamma_0 \quad \text{〔公斤/小时〕} \quad (3-2)$$

式中  $V_0$ ——干煤气流量〔标米<sup>3</sup>/小时〕；



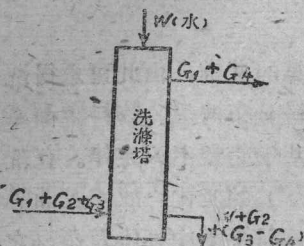


图3-1 洗滌塔物料平衡示意图

$\gamma_0$ ——干煤气重度〔公斤/标米<sup>3</sup>〕。

煤气入塔及出塔时所含水蒸汽重量决定于煤气量及煤气之露点，可由下式求出：

$$G_3 = V_0 a_1, \quad G_4 = V_0 a_2 \quad \text{〔公斤/小时〕} \quad (3-3)$$

式中  $a_1, a_2$ ——入塔及出塔时的干煤气中含水量〔公斤/标米<sup>3</sup>〕。

$a_1$ 及 $a_2$ 可根据煤气之露点由附表 1 查出。

煤气入塔时所含焦油通常为已知数，并假定其全部在洗滌塔中冷凝而由塔底排出。煤气中除焦油外尚有氨、轻质油、硫化氢及其它成分，但因数量不多或变化很少，故可忽略不计。

在物料平衡中洗滌水为未知数，可由热平衡求得。

## (二) 热平衡计算方法

根据能量不灭定律可知：入塔物料所带热量 = 出塔物料所带热量。

入塔热量：干瓦斯 =  $G_1 C_1 t_1$  〔仟卡/小时〕；

油 气 =  $G_2 I_0$  〔仟卡/小时〕；

水 汽 =  $G_3 I_1$  〔仟卡/小时〕；

洗滌水 =  $WC \theta_1$  〔仟卡/小时〕。

出塔热量：干瓦斯 =  $G_1 C_1 t_2$  〔仟卡/小时〕；

水 汽 =  $G_4 I_2$  〔仟卡/小时〕；