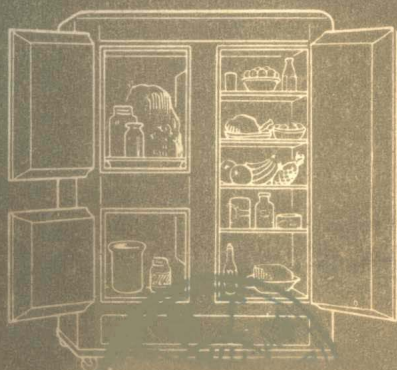


139998

冷氣工程

黃劍蘭編著
趙鉄厂修訂



商 務 印 書 館

冷 气 工 程

黃劍蘭編著

趙鉄厂修訂

商 务 印 書 館

本書系根据原著“冷气工程”(1950年三版)增訂而成。

本書共分三編。第一編專述房屋空气調节設備，系由原著修訂而成，講述空气的基本性質，空气調节的器械与設備，并补充了音响控制及工厂空气調节兩章，增添了例題及附以各項重要圖表。第二編及第三編均系根据著者新添的遺稿增訂，第二編講述冷冻剂之性質，冷气机構造，冷气管裝置等冷气設備以及冷气設備工作的檢查。第三編講述造冰法、冷藏法以及其他冷藏設備和附屬冷气工程。全書以实际工作为主，附有簡單的計算实例及很多圖表，至于較深入的原理及公式的来源等，則不在本書論述。

本書供厂矿企業等有关空气調节-冷气工程的技术人員閱讀。

冷 气 工 程

黃劍蘭編著 趙鐵廠修訂

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

統一書號 15017·78

1936年2月初版

1957年12月6版(修訂本)

1957年12月上海第1次印刷

印張610/16 插頁1

開本 850×1163 1/32

字數 169,000

印數 7,501—9,300

定價(10) 1.10

目 录

第一編 空气調节設備

第一章 空气調节法1	第二节 冷气机28
第一节 空气調节法大綱.....1	第三节 散热器27
第二节 空气調节与人体舒适.....2	第四节 風扇28
第三节 空气調节与生产事業.....2	第五节 通風管29
第二章 空气及其性質3	第六节 噴霧箱33
第一节 空气的成分与特性.....3	第六章 空气冷却法与計算36
第二节 干空气与湿空气.....4	第一节 冷气計算單位37
第三节 空气的潜热.....5	第二节 冷气計算方法37
第四节 空气的比热.....5	第七章 空气調节簡易設備62
第三章 温度与湿度的关系6	第一节 用热水間接暖气以自来水 为冷媒62
第一节 温度与溫度計.....6	第二节 用蒸汽間接暖气以井水为 冷媒64
第二节 湿度及其測定法.....7	第三节 用蒸汽噴射以冷水为冷媒66
第三节 温湿圖及其应用.....9	第四节 用石英减湿以天然湖水为 冷媒68
第四节 露点温度的測定.....9	第五节 用屋頂通風以吸引夜間冷 空气69
第五节 有效温度与舒适範圍10	第六节 空气調节自动管理法70
第四章 空气調节設備的設計11	第八章 冰与冷气設備71
第一节 室外温度与室內温度的 关系11	第一节 冰的潜热72
第二节 空气容积与温度的变化12	第二节 冰的溶解法72
第三节 空气湿含量計算13	第三节 冰櫃構造73
第四节 建筑結構傳热量計算15	第四节 冰箱構造74
第五节 空气渗透耗热量計算18	第五节 冷气流通74
第六节 人体發热量計算19	第六节 冷气設備种类75
第七节 太陽輻射热計算21	第九章 空气調节設備的音响控 制77
第八节 动力發热量計算22	
第五章 空气調节器械与裝 备23	
第一节 鍋爐23	

第一节	音响来源	77
第二节	音响测定	77
第三节	机器响声隔离法	79
第四节	风管传声控制法	80
第十章	工厂空气调节设备	80
第一节	适用范围	80

第二节	反潮率	80
第三节	温湿度标准	81
第四节	调节方法	82
第五节	空气分布	82
第六节	結論	83

第二編 冷气设备

第一章	冷冻剂	84
第一节	冷冻剂的种类	84
第二节	冷冻剂的性質	84
第三节	冷冻剂的循环	85
第四节	冷冻剂的性能系数	89
第二章	鹽水及冷水	90
第一节	鹽水的用途	90
第二节	鹽水的性質	90
第三节	鹽水配制法	90
第四节	鹽水計算法	91
第五节	冷水的供給	93
第六节	冷水冷却法	94
第三章	压缩冷气机	97
第一节	活塞压缩机	97
第二节	离心压缩机	100
第三节	齿輪压缩机	101
第四节	轉筒压缩机	101
第四章	吸收冷气机	102
第一节	吸收机的用途	102
第二节	管狀吸收机	103
第三节	完全吸收机	105
第四节	石英吸收机	105
第五节	漸續吸收机	107
第五章	冷凝法	107
第一节	空气冷凝器	107
第二节	冷水冷凝器	107
第三节	大气冷凝器	111
第四节	揮發冷凝器	112
第五节	浮液冷凝器	113

第六节	冷凝器的选择	113
第六章	冷却法	114
第一节	揮發器	114
第二节	空气直接冷却法	117
第三节	冷水直接冷却法	117
第四节	鹽水間接冷却法	117
第七章	膨脹門	118
第一节	固定膨脹門	118
第二节	自动膨脹門	119
第三节	浮力节制門	120
第四节	磁电节制門	121
第八章	冷气管及其配件	123
第一节	冷气管类别	123
第二节	冷气管配件	123
第三节	冷气管弯曲法	124
第四节	冷气管强度	124
第九章	冷气设备的安裝及其使用	125
第一节	冷气机的安裝	125
第二节	冷凝器与氨液揮發器的安裝	126
第三节	冷气管的安裝	127
第四节	冷气机的發动	123
第五节	漏气檢驗法	129
第六节	冷冻剂注入法	130
第七节	惰气清除法	131
第八节	潤滑油加入法	132
第九节	积垢吹除法	133

第十章 冷气设备工作情况的檢**查与校正**.....133

- 第一节 功能缺乏的补救.....133
- 第二节 压力超过的檢查.....134
- 第三节 功能損失的檢查.....134
- 第四节 膨脹門的校正.....135
- 第五节 冷冻剂用量的測定.....135

第六节 吸收压力的控制.....135**第七节 排出压力的控制**.....136**第八节 气体过热及局部冷却法**.....136**第九节 間隙与習用容积效率的測定**.....137**第十节 管綫压力降落的限制**.....137**第三編 冷藏設備****第一章 冰**.....139

- 第一节 天然冰.....139
- 第二节 人造冰.....139
- 第三节 干冰.....139

第二章 造冰法.....140

- 第一节 塊冰法.....140
- 第二节 鑽冰法.....143
- 第三节 片冰法.....143
- 第四节 碎冰法.....144

第三章 冰厂設計.....145

- 第一节 一般要求.....145
- 第二节 冰箱構造.....148
- 第三节 冰鑽構造.....148
- 第四节 藏冰室的建造.....149

第四章 造冰計算.....150

- 第一节 冷气負荷量計算.....150
- 第二节 結冰時間計算.....151
- 第三节 冰鑽数計算.....152
- 第四节 冷气管計算.....153

第五章 冷藏法.....154

- 第一节 冷藏冰櫃.....154

第二节 家庭制冰櫃.....155**第三节 鹽水冷藏櫃**.....156**第四节 冷藏室**.....158**第五节 冷藏站**.....162**第六节 冷藏車**.....165**第七节 冷藏船**.....167**第八节 打包間**.....167**第九节 急冻法**.....168**第十节 預冷法**.....170**第六章 煉乳法**.....170**第一节 牛乳**.....170**第二节 冰淇淋**.....172**第三节 奶油**.....174**第四节 奶酪**.....174**第七章 其他冷藏設備**.....176**第一节 面包房冷藏設備**.....176**第二节 啤酒厂冷藏設備**.....177**第三节 煉油厂冷藏設備**.....178**第四节 藏麦室冷藏設備**.....180**第八章 附屬冷气工程**.....180**第一节 冷飲噴泉**.....180**第二节 滑冰場**.....184**附圖 空气溫湿圖**.....(插頁)**附表 1 空气性質表**.....(186)**附表 2 太陽对于牆壁及屋頂的輻射热强度**.....(191)**附表 3 各种建筑材料吸收太陽輻射热的系数**.....(191)**附表 4 太陽輻射热通过牆壁及屋面的延迟時間**.....(192)

附表 5 太陽輻射热对于各种窗戶的蔭蔽率	(192)
附表 6 中国某些地区平均溫度表	(193)
附表 7 中国某些地区平均湿度表	(194)
附表 8 二氯二氟甲烷 F-12(CF_2Cl_2) 的性質	(195)
附表 9 一氯二氟甲烷 F-22(CHF_2Cl) 的性質	(197)
附表 10 氯甲烷 (CH_3Cl) 的性質	(197)
附表 11 氨 (NH_3) 的性質	(198)
附表 12 二氧化碳 (CO_2) 的性質	(200)
附表 13 一氟三氯甲烷 F-11(CFCl_3) 的性質	(201)
附表 14 水的性質	(202)
附表 15 氯化鈉鹽水的物理性質	(204)
附表 16 氯化鈣鹽水的物理性質	(205)

第一編 空气調節設備

第一章 空气調節法

第一节 空气調節法大綱

随着科学的發达,人类的生活水平也日益提高,房屋内部冬天可用暖气設備,夏天可用冷气裝置,使空气得到調節,以满足舒适健康的需要。現在,空气調節設備已不仅在办公大楼、电影院、劇場等公共場所应用,且已成为工矿企業中所不可缺少的生产輔助設備之一。

空气調節是一种具有加热、冷却、增湿或减湿并且能清潔空气的方法,其大綱可簡略說明如下:

1. 温度調節:

- (a) 暖气
 - (1) 蒸汽式
 - (2) 热水式
 - (3) 發汽式
 - (4) 真空式
- (b) 冷气
 - (1) 冰与井水設備
 - (2) 冷气机
 - (3) 鼓風机
 - (4) 噴霧或揮發器

2. 湿度調節:

- (a) 减湿法: (1) 凝結 (2) 吸收
- (b) 增湿法: (1) 揮發 (2) 噴霧

3. 潔度調節:

- (a) 過濾 (b) 噴湿 (c) 吸塵

4. 空气分布:

(a) 管道式 (b) 单独式

5. 空气去臭:

(a) 分解(臭氧化或离子化)法 (b) 通风法

上述大纲,通常认为属于冷气工程的居多,实则与暖气工程尤有密切关系。

第二节 空气调节与人体舒适

常人体温须能保持 37°C 方为健康,多则发热,少则寒冷。但气候温度时时变化,而人的体温却如何才能保持正常呢? 在夏日温度超过 37°C 时,人体可以自动出汗,由于挥发作用而使体温迅速下降,尚得以保持相当舒适;但在严冬,则既无羽毛御寒,也不能如蜗牛一样蛰伏不出,其唯一保持体温的方法,只有增加衣服,或使空气温暖。一般室内温度宜常在 20°C 到 21°C , 使人体所消耗的热量受相当限制,若在 5° 以下,则体温消耗过多,即觉寒冷;若在 35°C 以上,体温消耗过少,又觉烦闷,而体温消耗与空气湿度及通风情况尤有密切关系。如冬季室内温度为 19°C 湿度为 40% 至 45%, 与温度为 21°C 湿度较低时无异;夏季温度低、湿度高时感觉舒适,反之,湿度低温度高时亦尚觉舒适。又如室内空气不流通,固觉烦闷,若过于流动,亦使身体有不良的感觉。空气调节法的目的,即在于不但使室内空气流通,并使温度与湿度相宜,以满足人体舒适的需要。

第三节 空气调节与生产事业

空气调节适宜,不但能增进人体健康,提高劳动生产率,而于生产过程中也起着重要的作用。例如纺织工厂,如果空气里水汽太多或太少,都会增加棉纱的断头率,影响产品质量;又如精密机械工厂,由于空气温度的高低可以直接影响产品的精密度,也需要

严格控制空气的温度和湿度。其他如提高复印企业印刷车间中的相对湿度由 25 到 80%，将使纸张尺寸改变到 0.8%，在彩色套版印刷时，纸张甚至只不过伸长 0.08%，就足以造成废品。在食品工业中，需要 183°C 的高温来制造和保存巧克力，不然就使巧克力成为粗劣制品。为了防止由于静电而燃着赛璐珞，电影胶片的洗印需要在 70% 的相对湿度、21°C 的温度下进行，在辗压工厂中，过高的温度会使铅片的辗压过程受到影响。这都足以说明空气调节对于生产的重要性。

由此可见，空气调节在生产事业中要照顾到“改善劳动条件”与“提高产品质量”两方面，设计人员是不能单从片面观点考虑的。

第二章 空气及其性质

第一节 空气的成分与特性

大气里的空气，基本上是由氧气、氮气和水蒸汽三种气体组成的。除此以外，还存在一定量的二氧化碳、氩以及少量其他气体。为便于研究空气的温度和湿度，一般都把除了水蒸汽以外的混合气体称为干空气，包含水蒸汽的混合气体称为湿空气。

干空气的组成如表 1。

表 1. 干空气的组成

空气组成部分	化学符号	含 量 %	
		按 重 量	按 体 积
氮	N ₂	75.55	78.13
氧	O ₂	23.10	20.90
氩	Ar	1.30	0.94
二氧化碳	CO ₂	0.05	0.03

氧是人体呼吸时主要吸取的气体，可以与血液起氧化作用，供给我们劳动与生活的能力。氮的作用是冲淡氧在空气中的比重，

减低氧化作用。

在大气压力和普通温度下,空气亦可当作为理想气体,理想气体的諸定律对于空气都可以适用。

(一)空气的比重:

$$PV = GRT$$

式中: P 为空气压力,如無水蒸汽,即等于大气压力,公斤/公尺²;

V 为空气容量,公尺³;

G 为空气重量,公斤;

R 为空气的气体常数 = 29.27;

T 为绝对温度,°K。

設 γ = 空气比重,公斤/公尺³; 則

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{P}{RT}$$

当 $P = 760$ 公厘水銀柱时,

$$\gamma = \frac{760 \times 13.6}{29.27 \times T} = \frac{353}{T} \text{ 公斤/公尺}^3$$

(二)空气的比容:

$$V = \frac{1}{\gamma} = \frac{RT}{P}$$

当 $P = 760$ 公厘水銀柱时, $V = \frac{T}{353}$ 公尺³/公斤。

(三)空气的热含量: 假定以 0°C 时的空气的热含量等于零, 則:

$$I = 0.24$$

式中: I 为空气在 t° 时的热含量,千卡/公斤;

0.24 为空气的定压比热,千卡/公斤·°C。

第二节 干空气与湿空气

不包含水蒸汽的干空气,其物理性能如見附表 1。

包含水蒸汽的湿空气,其压力等于干空气与水蒸汽的分压力之和。比重是由一立方公尺湿空气中所含干空气重量与所含水蒸汽重量的和来表示。湿空气的热含量系指干空气和水蒸汽热含量的代数和,即:

$$I = 0.24t + (0.47t + 595) \frac{d}{1000}$$

(式中: d 为水蒸汽含量,克; 0.47 为水蒸汽的比热; 595 为水汽的潜热)。

当湿空气中水汽饱和时,加热则每立方公尺的重量减少,水汽重量增加,其物理性能如表 2。

表 2. 饱和空气每立方公尺的重量与温度的变化

温度(°C)	空气重量(公斤)	水汽重量(公斤)	混合气重量(公斤)
-20	1.8960	0.0011	1.1391
0	1.2888	0.0049	1.2937
15	1.2075	0.0128	1.2203
20	1.1761	0.0172	1.1933
35	1.0736	0.0393	1.1129
55	0.8978	0.1306	1.0284
75	0.6101	0.2399	0.8500
90	0.3184	0.4188	0.7372
95	0.1721	0.4963	0.6704

第三节 空气的潜热

凡液体在空气中变为气体时,必吸收空气中的显热在干空气中,水分挥发过度,空气湿度必增加;同时并有很多热量被水汽所吸收,人体即感觉相当舒适。反之,欲减少空气湿度必先吸收水汽潜热。空气调节法与冷气工程,即根据此原理而应用的。

第四节 空气的比热

在通常温度下,干空气的比热为 0.24 千卡,即每公斤空气由

0°C 每增高 1° 时所需的热量。湿空气的比热系指混合气体总量为 1 公斤时干空气的比热与水蒸汽部分比热之和。当 $t^{\circ}\text{C}=20^{\circ}\text{C}$, 水蒸汽含量 = 10 克时, 湿空气的比热为:

$$\frac{0.24 + \frac{10}{1000} \times 0.47}{1 + \frac{10}{1000}} = 0.243 \text{ 千卡/公斤}^{\circ}\text{C}$$

第三章 温度与湿度的关系

第一节 温度与温度计

普通所用的温度计, 多为干球温度计。其所示温度仅足以表示纯粹干空气的显热, 至于空气中所含水汽的潜热, 则不能包括在干球所示温度内。故普通干球温度, 不能代表空气的全热, 此理在空气调节法最为重要。假令干球温度在一定的湿度下, 吾人感觉异常舒适, 而干球温度不变, 空中水汽增加, 空气全热亦随之增加, 吾人即感觉异常不适, 故干球度数不足以为人体舒适标准。表 3 所示为饱和空气的全热。

表 3. 饱和空气全热

温度 $^{\circ}\text{C}$	干空气的显热 千卡/公斤干空气	水 汽 潜 热 千卡/公斤干空气	饱和空气全热 千卡/公斤干空气
-20	-4.8	0.469	-4.331
-15	-3.6	0.647	-2.953
-10	-2.4	1.003	-1.399
-5	-1.2	1.541	0.341
0	0	2.261	2.261
+5	1.2	3.226	4.426
+10	2.4	4.581	6.981
+15	3.6	6.394	9.994
+20	4.8	8.832	13.632
+25	6.0	12.104	18.104
+30	7.2	16.464	23.664
+35	8.4	22.238	30.638
+40	9.6	29.855	39.455
+45	10.8	39.927	50.727
+50	12	42.120	54.120

物質的溫度既是由于分子運動而來，所以當分子運動完全停止時的溫度叫做絕對零度，此溫度在攝氏溫度計為零下 273 度，即 -273°C ，自絕對零度算起的溫度叫做絕對溫度，設 T 代表絕對溫度，則 $T = 273 + t^{\circ}\text{C}$ 。

第二节 湿度及其測定法

湿度可以表示空氣中所含的水汽量。共分三種方式：(1) 濕含量，用于表示每公斤干空氣中所含的水汽重量為若干克；(2) 絕對濕度，用于表示每立方公尺濕空氣中所含水汽重量為若干克；(3) 相對濕度，用于表示現有空氣中所含水汽重量與同溫度下飽和空氣中所含水汽重量之比，以百分數表示。例如在 15.5°C 時，飽和空氣所含水汽量應為 1 立方公尺 13.2 克，今在 15.5°C 時每 1 立方公尺空氣中所含水汽為 6.67 克，即其相對濕度為 $(6.67 \div 13.2) \times 100 = 0.5 \times 100 = 50\%$ 。

測定空氣中的濕度通常系利用水蒸發時會從空氣中吸收熱量的原理，制成濕球溫度計。其法即將溫度計球用純潔白棉紗做成圓口袋套緊，浸入水盆中，如圖 1 所示。但試驗時，須將濕表迅速旋轉，或置于空氣流動最速處，方為準確。故通常將干、濕球兩溫度計並立一起，安置于一活動柄上，以易于旋轉，是為手搖濕度計（圖 2）。如圖 1 內所示，當干球溫度為 21°C ，濕球溫度為 14.7°C 時，相對濕度為 50%。可知濕球溫度常較干球溫度為

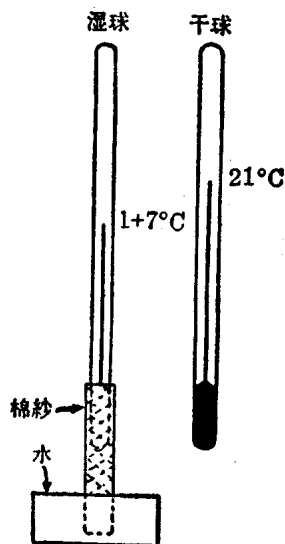


圖 1.

低，根據其所低的度數，便得以測定空氣中的相對濕度。圖 3 所示，為相對濕度與溫度的關係，且表示出在飽和空氣中，即相對濕

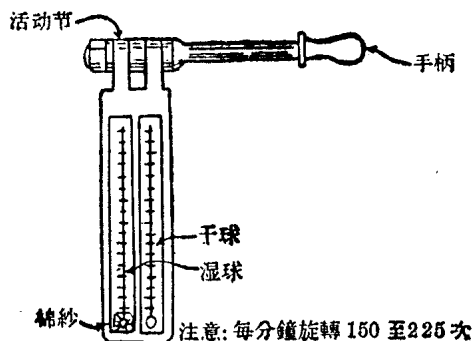


圖 2.

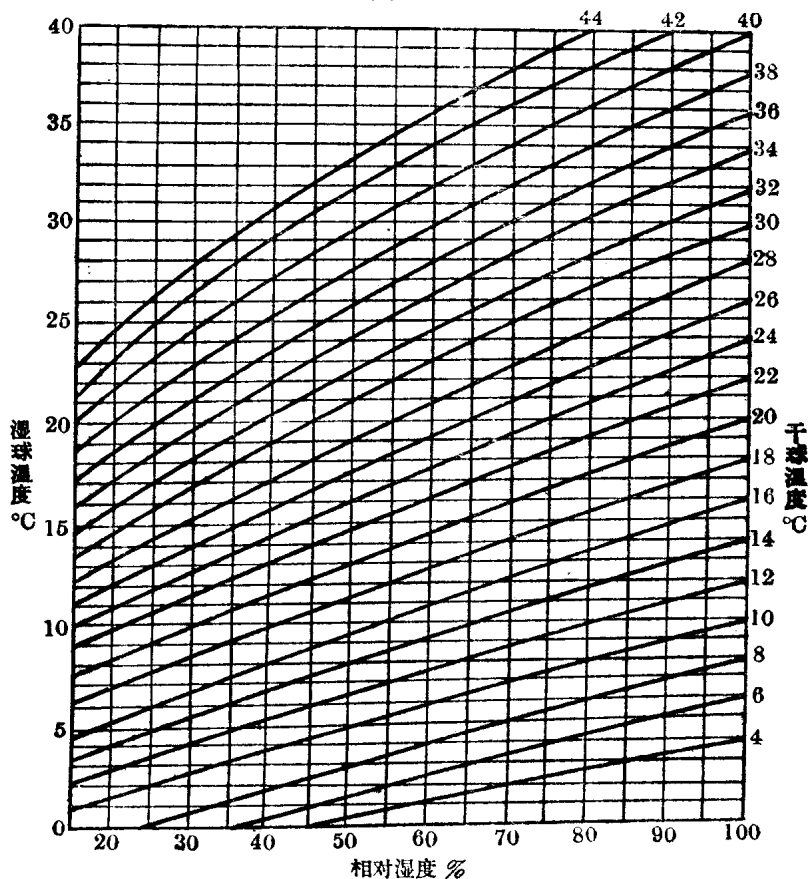


圖 3. 相对湿度与温度的关系。

度为 100% 时,干球温度与湿球相同。

第三节 温湿圖及其应用

温湿圖是苏联克·拉姆津教授在 1918 年以空气热含量和湿含量为骨干首先繪制的,又称 $I-d$ 圖。圖中共包含四个主要参数:温度,相对湿度,湿含量和热含量。此外,还有一个說明空气情况的参数比容和一个說明空气調节过程进行方向的热湿比。

茲將温湿圖(見附圖)的構造說明如下:

(1)空气热含量 i 綫是一条傾斜 135° 的直綫,單位以千卡/公斤表示。

(2)等湿含量 d 綫是一条和縱坐标互相平行的直綫,單位是克/公斤。

(3)等溫綫 t 綫是一些稍帶傾斜的橫綫。

(4)相对湿度 φ 綫是一条条曲綫,把等溫綫各点連接起来,就是相对湿度等于 100% 的曲綫,也叫做飽和綫。其他相对湿度綫可根据飽和空气的含湿量,及在某一相对湿度下的湿含量分別求出。

利用温湿圖可以查出各个空气的参数。例如在車間温度 30°C ,相对湿度 55% 时,可从温湿圖上沿着 30°C 的温度綫向右,到相对湿度曲綫 50—60% 的中間,得到一点,从此点順着湿含量綫往上看,得出 $d=14.6$ 克/公斤,再从此点沿着空气热含量綫斜着往下便可得出 $I=16.0$ 千卡/公斤。

第四节 露点温度的測定

空气与水混合时,常有一定的飽和温度,干球降至这一温度,即有微量水汽由空气中分离,遇金屬或玻璃面,即凝結为露,此温度即称为露点。在相对湿度为 100% 时,干球所示度数,常与露点相同;但在其他相对湿度下,露点常較干球温度为低,如干球温度

降至露点,虽空气中水汽無所增加,亦有露点發現,若温度再繼續下降,則有多量水汽,由空气中分离,变成水珠,附着于物面流下;即令室內空气,常能保持干球与湿球的相当温度,但遇物面温度在露点以下,仍即有水珠产生,冬季窗戶玻璃,常有此現象,称为凝結。欲免除凝結現象,其法有三:(1)使室內空气温度增加。(2)使室內湿度减低。(3)將室內外傳热表面加以隔离,如風雨窗框、双層玻璃等,使不易透風。

測定露点温度可采用露点計,它是由一个玻璃管下部緊貼着一个金屬杯而構成的(圖4)。

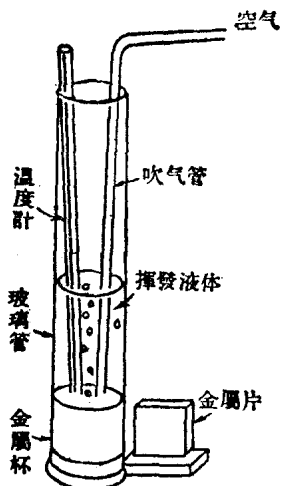


圖 4.

一个金屬杯而構成的(圖4)。玻璃管內盛揮發性液体如酒精等,內置溫度計和一个吹气管,金屬杯旁置一片金屬片,是用来和金屬杯作比較的,以便在开始有水汽从空气中凝結出来时可以分別清楚。当空气从吹气管吹到杯內时液体的揮發率增大了,揮發时所需要的热量便从液体中吸取,因而逐漸降低了液体的温度。因为金屬杯是緊貼在玻璃管外面的,所以杯的温度与液体的温度相同,当液体的温度降到湿空气的饱和温度时,露水便开始

在金屬杯上出現,这时溫度計所指示的温度便是湿空气的露点温度。

第五节 有效温度与舒适范围

由温度与湿度的关系可知必須溫湿度相宜,方能滿足人类舒适要求。而在任何溫、湿度条件下,人身所感觉的温度,各有不同,此感觉不同的温度,称为有效温度或实感温度。如圖5所示,干球温度为 26.6°C ,湿度为 70%,其有效温度为 24.4°C 。但須在