

(京)新登字 039 号

内 容 提 要

本书是根据美国著名的ROBERT H. PERRY所著的《PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK》(第六版)译出。

中译本分上、下两卷出版。全书共分27篇。上卷包括第1至12篇,主要内容有:单位换算和各种数据表,数学,物理和化学数据,反应动力学,反应器设计,热力学,流体与颗粒力学,流体的输送与贮存,粉粒体的输送及固体和液体的包装,粉碎与团聚,能的利用、转化与储存,传热及传热设备,湿度测定法,蒸发冷却,致冷及深冷过程。

本书为全化工各行业通用的工具书,是指导化工、轻工、冶金等领域的科研人员,教学人员、生产人员进行过程研究开发,生产设备设计计算的必备手册。

ROBERT H. PERRY

PERRY'S CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK

SIXTH EDITION

McGraw-Hill

1984

PERRY化学工程手册

第 六 版

上 卷

责任编辑, 郭乃铎
陈 丽

封面设计, 韩 星

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里1号)

北京朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本787×1092 1/16 印张112 3/4 字数2804千字

1992年2月第1版 1992年2月北京第1次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5025-1036-2/TQ·603

定 价145.00元

编辑说明

(1) 《PERRY化学工程手册》是一部在国际、国内具有较大影响的权威性工具书，对指导化工、轻工、冶金等行业的科研、设计和生产具有重要的参考价值。该书自1934年问世以来，经过五次修订再版。现将1984年第六版译成中文，介绍给广大读者。

(2) 由于计算机技术的迅速发展和被广泛采用，以及新的结构材料的开发利用，化学工程的理论和技术日益更新，新的另枝不断形成。为此，作者在第五版的基础上，对手册的内容作了大量修订和补充，不但对第五版的25篇逐一修正增补，并改写了经济、蒸馏、萃取和吸收各篇，还增加了生化工程技术和废物管理两篇新内容。另外，本版新收入的图、表、数据等以SI单位制表示，并增加了U.S.单位和SI单位的换算。

(3) 天津大学，浙江大学，清华大学，大连理工大学化工学院，石油大学，华南理工大学，成都科技大学，天津化工研究院的有关专家教授参加了翻译和审校工作。

(4) 参加本手册的编辑人员(以姓氏笔划为序)：刘哲、刘小蕓、李迟善、**李诵雪**、李洪勋、李建斌、朱振东、陈丽、陈逢阳、苗延秀、罗幼松、张红兵、张婉如、施承薇、周国庆、郭乃铎、徐世峰、梁虹、谢丰毅等。

总 目 录

上 卷

单位换算因子和各种数据表	1-1
数学	2-1
物理和化学数据	3-1
反应动力学, 反应器设计, 热力学	4-1
流体与颗粒力学	5-1
流体的输送和贮存	6-1
粉粒体的输送及固体和液体的包装	7-1
粉碎与团聚	8-1
能的利用、转化与储存	9-1
传热	10-1
传热设备	11-1
湿度测定法, 蒸发冷却, 致冷及深冷过程	12-1

下 卷

蒸馏	13-1
传质与气体吸收	14-1
液液萃取	15-1
吸附和离子交换	16-1
新的分离过程	17-1
液-气系统	18-1
液-固系统	19-1
固体干燥和气固系统	20-1
固-固体系和液-液体系	21-1
过程控制	22-1
结构材料	23-1
过程机器的传动	24-1
过程经济	25-1
废物管理	26-1
生化工程	27-1
索引	1

第12篇 湿度测定法, 蒸发冷却, 致冷及深冷过程

作者:

Eno Bagnoli	湿度测定法
R. W. Norris	蒸发冷却及致冷
T. M. Flynn	深冷过程
K. T. Timmerhaus	

译者:

徐敦颐	湿度测定法, 蒸发冷却及致冷, 深冷过程
林纪方	本篇审校人

第12篇 目 录

12.1 湿度测定法	12-5	例15	12-37
12.1.1 名词解释	12-5	12.2.7 冷却池	12-38
12.1.2 湿球温度同绝热饱和温度的 关系	12-6	例16	12-40
例1	12-6	12.3 致冷	12-41
12.1.3 湿度表的应用	12-7	12.3.1 导论	12-41
一、用例题说明湿度图的应用	12-7	一、基本原理	12-41
例2	12-8	二、定义	12-41
例3	12-18	12.3.2 致冷剂性质	12-42
例4	12-18	一、沸点和压力	12-42
例5	12-19	二、冷冻温度	12-42
例6	12-19	三、临界温度和压力	12-42
例7	12-20	四、冷凝器和蒸发器的压力	12-42
二、非大气压条件下湿度图的应用	12-20	五、比容	12-42
三、相对湿度和露点	12-21	六、潜热	12-42
例8	12-21	七、液体的比热	12-43
12.1.4 湿度的测量	12-22	八、分子量	12-43
一、露点法	12-22	九、理论吨马力	12-43
二、湿球法	12-22	十、排出温度	12-43
三、机械湿度计	12-22	十一、相溶性	12-43
12.2 蒸发冷却	12-23	十二、安全方面	12-43
12.2.1 原理	12-23	十三、其他所希望的性质	12-43
12.2.2 冷却塔理论	12-23	12.3.3 设备的选择	12-43
例9	12-25	12.3.4 蒸汽压缩循环	12-46
例10	12-25	一、单级致冷循环	12-46
12.2.3 机械通风塔	12-26	二、多级循环	12-48
例11	12-28	三、复合循环	12-49
例12	12-28	四、逐级循环	12-50
12.2.4 冷却塔的操作	12-29	五、复合同逐级循环的组合	12-51
一、水的补充	12-29	12.3.5 蒸汽压缩设备	12-52
例13	12-29	一、导论	12-52
二、通风机的功率(马力)	12-30	二、离心式压缩机	12-52
三、泵功率(马力)	12-31	三、操作特性	12-54
四、除雾	12-31	四、压缩机容量的控制	12-54
五、能量管理	12-32	五、往复式压缩机	12-54
12.2.5 自然通风塔	12-34	六、压缩的基本知识	12-55
例14	12-35	七、影响压缩机容量的因素	12-56
12.2.6 喷水池	12-35	例17	12-58
		八、往复压缩机容量控制	12-60

九、螺杆压缩机.....	12-60	一、氮-4.....	12-82
十、螺杆压缩机的性能.....	12-60	二、氢.....	12-82
十一、螺杆压缩机容量控制.....	12-62	三、氮.....	12-82
十二、蒸汽喷射.....	12-62	四、空气.....	12-82
十三、影响容量的因素.....	12-63	五、氧.....	12-82
十四、容量控制.....	12-64	六、甲烷.....	12-83
12.3.6 吸收系统.....	12-65	12.4.4 致冷及液化原理.....	12-83
一、导论.....	12-65	12.4.5 致冷及液化方法.....	12-83
二、说明.....	12-65	一、等焓膨胀.....	12-83
三、平衡图.....	12-66	二、等熵膨胀.....	12-85
四、容量控制.....	12-67	三、综合等焓和等熵膨胀.....	12-85
五、单元效率.....	12-68	四、混合致冷循环.....	12-85
六、吸收致冷机的计算.....	12-68	12.4.6 致冷及液化系统的热力学分	
七、氨-水吸收.....	12-71	析.....	12-87
12.3.7 盐水.....	12-72	12.4.7 气体的分离和纯化.....	12-89
一、导论.....	12-72	一、林德(Linde)空分单塔系统.....	12-90
二、盐水的选择.....	12-72	二、分离空气的林德(Linde)双塔	
三、盐水.....	12-73	系统.....	12-90
四、有机化合物.....	12-74	三、从天然气中分离氮.....	12-91
五、腐蚀的防止.....	12-78	四、天然气加工.....	12-92
12.4 深冷过程.....	12-80	五、提纯.....	12-92
12.4.1 导论.....	12-80	12.4.8 贮存系统.....	12-93
12.4.2 低温下工程材料的性质.....	12-80	12.4.9 深冷系统的安全.....	12-97
一、强度、延展性及弹性模数.....	12-80	一、生理危害.....	12-98
二、比热.....	12-81	二、对材料和结构的危害.....	12-98
三、热导率.....	12-81	三、可燃性和爆炸危险.....	12-98
四、热膨胀率.....	12-81	四、高压气的危险.....	12-99
五、电阻率.....	12-82	五、小结.....	12-98
12.4.3 深冷液的性质.....	12-82		

一般参考文献

GENERAL REFERENCES: Brown et al., *Unit Operations*, Wiley, New York, 1950. Coulson and Richardson, *Chemical Engineering*, vol. 1, McGraw-Hill, New York, 1955. *Handbook of Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, New York, 1967. Penman, *Humidity*, Institute of Physics Monographs, London, 1955. Quian, "Humidity: The Neglected Parameter," *Test Eng.* (July 1963). Sherwood and Pigford, *Absorption and Extraction*, 2d ed., McGraw-Hill, New York, 1952. Treybal, *Mass-Transfer Operations*, McGraw-Hill, New York, 1955. Walker, Lewis, McAdams, and Gilliland, *Principles of Chemical Engineering*, 3d ed., McGraw-Hill, New York, 1937. Wexler, *Humidity and Moisture*, vol. 1, Reinhold, New York, 1965. Wexler and Bombacher, NBS Circ. 512, September 1951. Zimmerman and Lavine, *Psychrometric Charts and Tables*, Industrial Research Service, 2d ed., Dover, N.H., 1964.

12.1 湿度测定法

湿度测定法关系到气-汽混合物的性质的测定。空气-水蒸汽系统是最常见的系统。

确定其他系统性质所牵涉到的原理与空气-水蒸汽系统相同，但有一例外，空气-水蒸汽系统的湿度比（传热系数与传质系数同湿热乘积的比，定义见下节）可取为1，而其他系统一般不等于1。由于这一点造成绝热饱和温度不等于湿球温度。因此对于非空气-水蒸汽系统，增湿和干燥问题的计算，由于需要对蒸发表面温度进行逐点计算而复杂化。例如，对于空气-水系统，即使气流的温度和湿度变化，在恒速率干燥期间，其表面蒸发温度是恒定的。而对于其他系统，该表面蒸发温度是变化的。

12.1.1 名词解释

与湿度测定法有关名词的解释及它们的关系式：

1. 绝对湿度 H 1(lb)干空气所含的水蒸汽量(lb)。假定该气体为理想气体，则 $H = M_w P / [M_a (P - p)]$ ，式中， M_w = 水的分子量； M_a = 空气的分子量； p = 水蒸汽分压，atm； P = 总压，atm。

在给定温度条件下若空气中水蒸汽分压 p 等于同样温度条件下水的蒸汽压 p_s ，这时空气被饱和，其绝对湿度记为饱和湿度 H_s 。

2. 百分比绝对湿度（百分比饱和量） 绝对湿度与饱和湿度之比，由 $H/H_s = 100 p (P - p_s) / [p_s (P - p)]$ 给出。

3. 百分比相对湿度 给定温度条件下空气中水蒸汽的分压除以该条件下水的蒸汽压。因此， $RH = 100 p / p_s$ 。

4. 露点或饱和温度 在该温度条件下所给出的水蒸汽和空气混合物达到饱和，亦就是给出的混合物中在该温度条件下水的蒸汽分压等于该温度条件下水的蒸汽压。

5. 湿热 c_s 1(lb)干空气和它所含的湿量的热容量。多数的工程计算 $c_s = 0.24 + 0.45 H$ ，这里0.24和0.45分别是干空气和水蒸汽的热容量，并假定这两者是常数。

6. 湿体积 1(lb)干空气和它所含水蒸汽所占有的体积(ft³)。

7. 饱和体积 当空气饱和时的湿体积。

8. 湿球温度 由对流向水表面传递热量的速率等于由传质从表面所带走热量的速率时，达到的动态平衡温度。平衡时，假定忽略干球温度的变化，则在表面处的热量平衡为：

$$k_g \lambda (p_s - p) = h_c (t - t_w) \quad (12-1a)$$

式中 k_g = 传质系数，lb/(h·ft²·atm)

λ = 汽化潜热，Btu/lb

p_s = 湿球温度条件下的蒸汽压，atm

p = 环境条件下水蒸汽的分压，atm

h_c = 传热系数，Btu/(h·ft²·°F)

t = 空气-水蒸汽混合物的温度（干球温度），°F

t_w = 湿球温度, °F

在通常条件下, 总压对分压和蒸汽压影响不大, 于是湿球温度的方程可用湿度差来表示:

$$H_s - H = (h_c / \lambda k') (t - t_w) \quad (12-1b)$$

式中 $k' = \text{lb}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2)$ (单位湿度差) $= (M_a / M_w) k_g = 1.6 k_g$ 。

9. 绝热饱和温度, 或等熵线:

假如一股空气流与一定量水, 在温度 T 条件下, 系统为绝热, 相互很好地混合, 这时空气的温度下降而它的湿度增加。假如 t_s 是空气离开水时的平衡温度, 则 t_s 就是绝热饱和温度。表示空气的温度同湿度之间关系的曲线称之为绝热饱和线。绝热饱和线的方程为,

$$H_s - H = c_s / \lambda (t - t_s) \quad (12-2)$$

12.1.2 湿球温度同绝热饱和温度的关系

实验已证明空气-水系统的湿度比—— $h_c / k' c_s$ 近似等于1。该条件下, 湿球温度同绝热饱和温度基本相等, 并可互换使用。严格地说, 随着湿度的增加绝热饱和温度同湿球温度之间的差值增加, 但对多数工程计算来说其影响是不重要的。

对于非空气-水系统, $h_c / k' c_s$ 值很明显地不等于1, 这时湿球温度同绝热饱和温度不再相等。对于这些系统可从传质传热类比来确定 h_c / k' , 从而得到湿度比, 例如采用 Chilton—Colburn 类比 [Ind. Eng. Chem., 26, 1183 (1934)]。对于低湿度, 该类比给出

$$h_c / k' = c_s \left(\frac{\mu / \rho D_v}{c_s \mu / k} \right)^{2/3} \quad (12-3)$$

式中 c_s = 湿热, Btu/(lb·°F)

μ = 粘度, lb/(ft·h)

ρ = 密度, lb/ft³

D_v = 扩散系数, ft²/h

k = 热传导系数, Btu/(h·ft²) (°F/ft)。

全部物性均按气体混合物来算。

对于流过圆柱体的情况, 譬如流过湿球温度计。Bedingfield 同 Drew [Ind. Eng. Chem., 42, 1164 (1950)] 从他们由圆柱体向空气升华的数据以及其他关于湿球温度计的数据出发得到一关联式。对于在空气中的湿球温度计有

$$h_c / k' = 0.294 (\mu / \rho D_v)^{0.56} \quad (12-4)$$

这里的符号同式 (12-3)。若向气体中蒸发而不是向空气中蒸发, 式 (12-3) 的指数取 0.56。

这些式子的应用由例 1 来说明。

例 1 大气压条件下的空气-水系统, 测得干球温度同湿球温度分别为 85°F 和 72°F。求绝对湿度, 并比较湿球温度和绝热饱和温度。假定 h_c / k' 由式 (12-4) 给出。

解: 对于比较干的空气, 其施密特数 $\mu / \rho D_v$ 为 0.60, 按式 (12-4) $h_c / k' = 0.294 (0.60)^{0.56} = 0.221$ 。72°F 时水的蒸汽压是 20.07 mmHg, 蒸发潜热为 1051.6 Btu/lb。按式 (12-1b),

$$[20.07 / (760 - 20.07)] (18/29) - H = (0.221 / 1051.6) (85 - 72)$$

则 $H = 0.0140$ lb 水/(lb 干空气)。

湿热算得 $c_s = 0.24 + 0.45 (0.0140) = 0.246$ 。从式 (12-2) 得到绝热饱和温度计算式

$$H_s - 0.0140 = (0.246 / 1051.6) (85 - t_s)$$

由湿度表的饱和曲线给出 H 和 t_s 的值,如图(12-2)。用试差法求得 $t_s=72.1^\circ\text{F}$,它比湿球温度高 0.1°F 。

12.1.3 湿度表的应用

图(12-1)~(12-3)给出低温、中温及高温范围三种空气-水蒸汽系统的图。图(12-4)给出修正了的Grosvenor图,化学工程师比较熟悉该图。这些图均只适用于绝对压强为1的条件下。表(12-2)给出的不是1个大气压情况下的校正值。图(12-5)给出空气中燃烧产品的湿度表。表(12-1)给出湿空气的热力学性质。

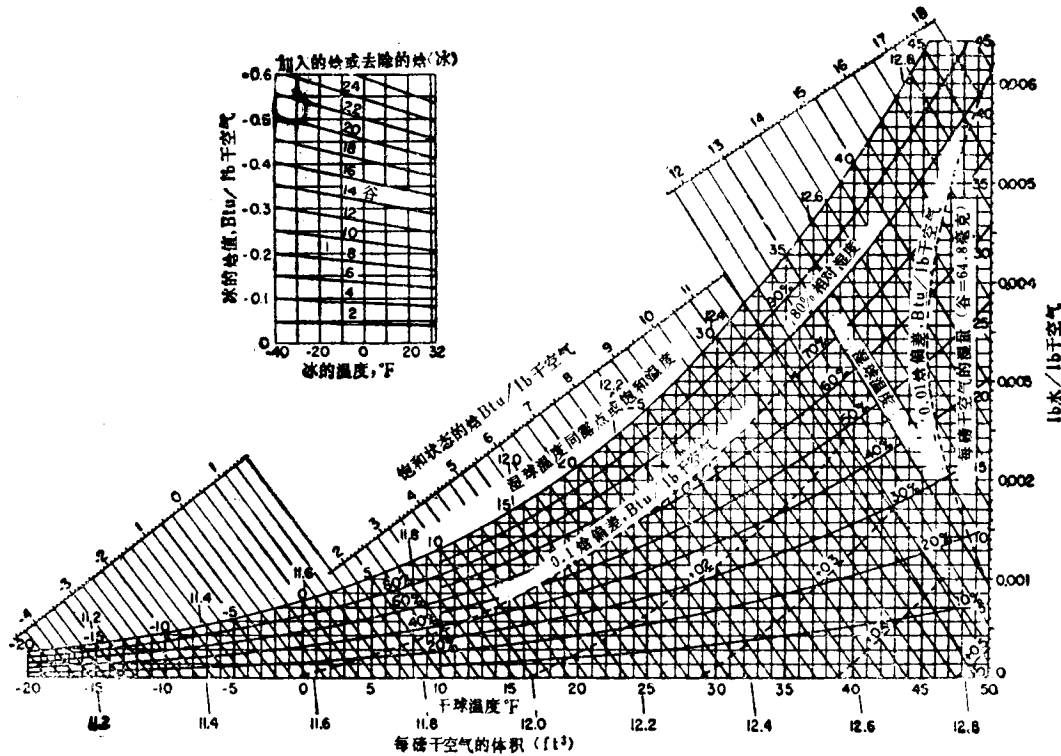


图 12-1 湿度图——低温, 表压29.921inHg

一、用例说明湿度图的应用

例题中采用的符号如下:

t = 干球温度, $^\circ\text{F}$

t_w = 湿球温度, $^\circ\text{F}$

t_d = 露点温度, $^\circ\text{F}$

H = 湿含量, lb水/(lb干空气)

ΔH = 空气流中加入的或去除的湿量, lb水/(lb干空气)

h' = 饱和状态的焓, Btu/(lb干空气)

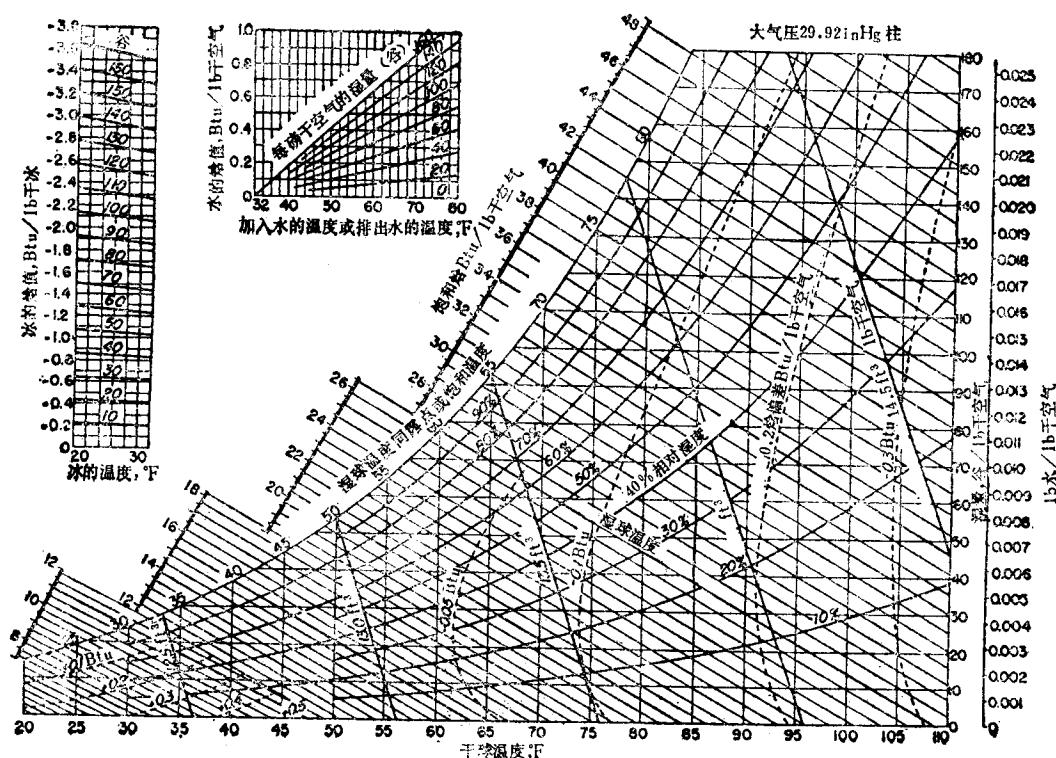


图 12-2 湿度图——中温，表压29.92inHg

D = 焓偏差, Btu/(lb干空气)

$h = h' + D$ = 真实焓, Btu/(lb干空气)

h_w = 加入系统或从系统中排除的水的焓, Btu/(lb干空气)

q_a = 加入系统的热量, Btu/(lb干空气)

q_r = 从系统中移去的热量, Btu/(lb干空气)

下标1, 2, 3等代表进口的状态以及其后继的状态。

例2 干球温度为80°F, 湿球温度为67°F时, 求湿空气的性质。

解: 直接从图12-2(图(12-6)给出图)读出:

湿含量 $H = 78 \text{ gr/lb干空气} = 0.0111 \text{ lb水/(lb干空气)}$

饱和状态焓 $h' = 31.6 \text{ Btu/(lb干空气)}$

焓偏差 $D = -0.1 \text{ Btu/(lb干空气)}$

真实焓 $h = 31.5 \text{ Btu/(lb干空气)}$

比容 $v = 13.8 \text{ ft}^3/(\text{lb干空气})$

相对湿度 = 51%

露点 $t_d = 60.3^\circ\text{F}$

例 表压为25.92inHg, 干球温度220°F以及湿球温度为100°F, 求 H , h , 以及 $v \cdot \Delta p$ = 4按表查得 $\Delta H_s = 50.4$, 按注

$$\Delta H = \Delta H_s - \left(\frac{120}{24} \times 0.01 \times 50.4 \right) = 50.4 - 2.5 = 47.9$$

所以, $H = 102$ (按图) + 47.9 = 149.9g/(lb干空气)

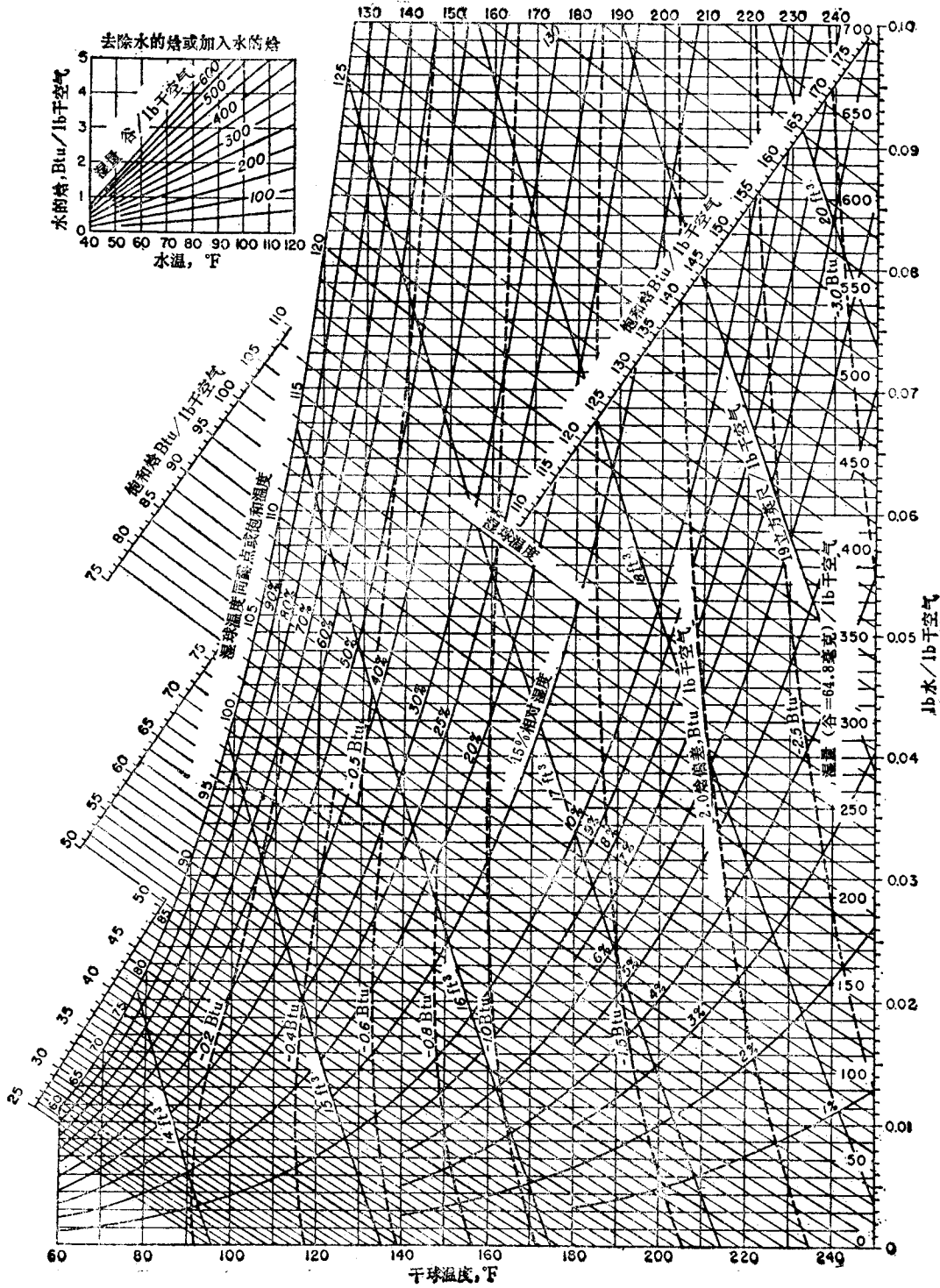


图 12-3 湿度图——高温, 表压29.921inHg

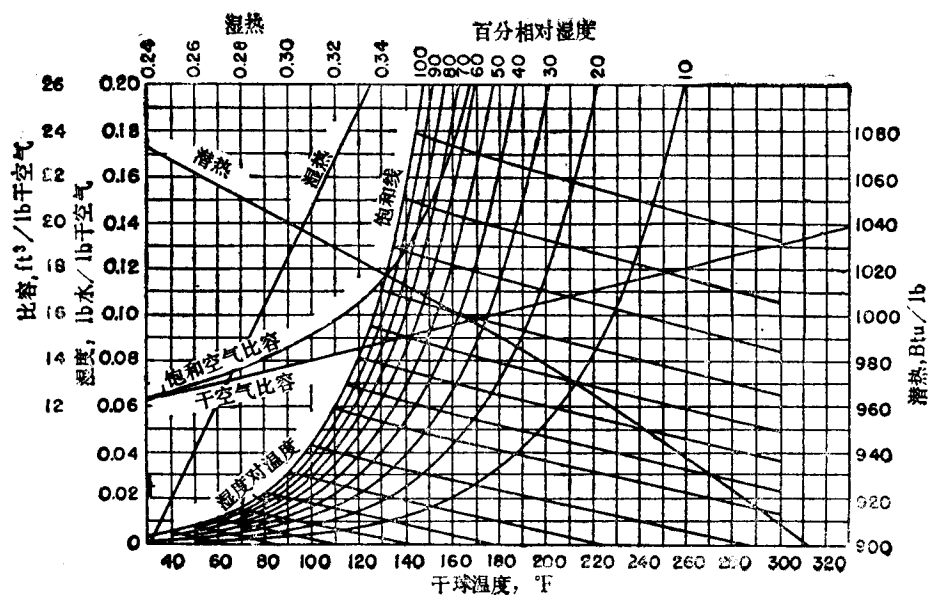


图 12-4 空气-水蒸汽混合物的湿度图

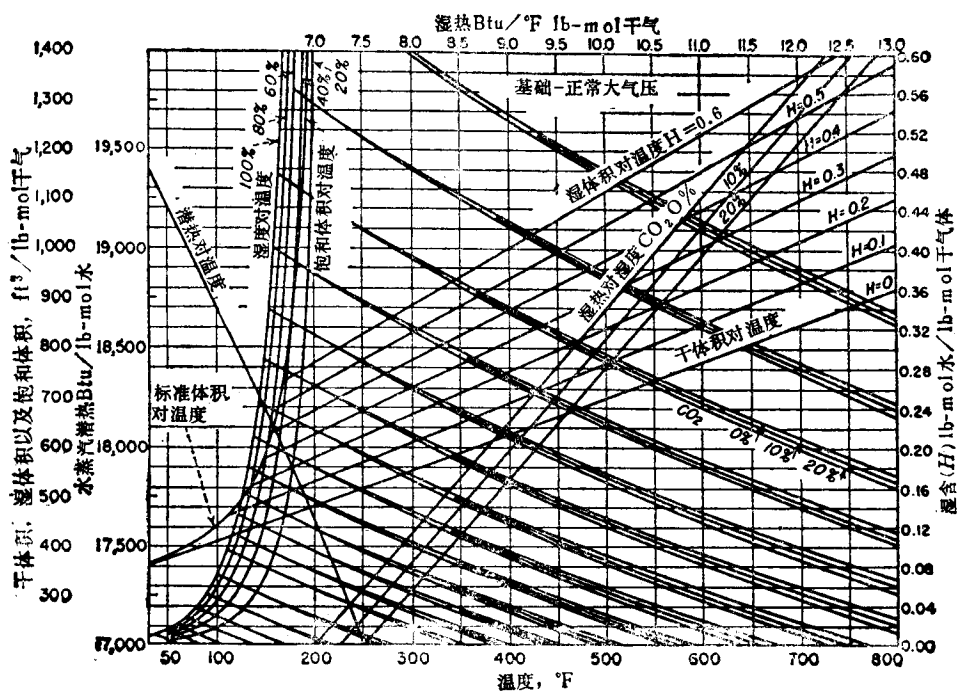
图 12-5 空气和燃烧产物，高温湿度图的修正图
(基于水蒸汽和干气体的磅-摩尔数)

表 12-1 湿空气的热力学性质 (标准大气压 29.92 inHg)

温度 $t, ^\circ\text{F}$	饱和湿度 $H_s \times 10^6$	cu. ft./lb 干空气体积			B. t. u./lb 干空气焓			B. t. u./($^\circ\text{F}$)(lb. 干空气焓)			冷 凝 水			温度 $t, ^\circ\text{F}$
		v_a	v_{as}	v_s	h_a	h_{as}	h_s	g_a	g_{as}	g_s	焓 B. t. u./lb h_w	潜 B. t. u./ (lb)($^\circ\text{F}$) S_w	蒸汽压 in. Hg $p_s \times 10^4$	
-160	0.2120	7.520	0.000	7.520	-38.504	0.000	-38.504	-0.10300	0.00000	-0.10300	-222.00	-0.4907	0.1009	-160
-155	3869	7.647	0.000	7.647	-37.296	0.000	-37.296	-0.09901	0.00000	-0.09901	-220.40	-0.4853	.1842	-155
-150	6932	7.775	0.000	7.775	-36.088	0.000	-36.088	-0.09508	0.00000	-0.09508	-218.77	-0.4800	.3301	-150
-145	1.219	7.902	0.000	7.902	-34.881	0.000	-34.881	-0.09121	0.00000	-0.09121	-217.12	-0.4747	.5807	-145
-140	2.109	8.029	0.000	8.029	-33.674	0.000	-33.674	-0.08740	0.00000	-0.08740	-215.44	-0.4695	1.004	-140
-135	3.586	8.156	0.000	8.156	-32.468	0.000	-32.468	-0.08365	0.00000	-0.08365	-213.75	-0.4642	1.707	-135
-130	6.000	8.283	0.000	8.283	-31.262	0.000	-31.262	-0.07997	0.00000	-0.07997	-212.03	-0.4590	2.858	-130
	$H_s \times 10^7$												$p_s \times 10^6$	
-125	0.9887	8.411	0.000	8.411	-30.057	0.000	-30.057	-0.07634	0.00000	-0.07634	-210.28	-0.4538	0.4710	-125
-120	1.606	8.537	0.000	8.537	-28.852	0.000	-28.852	-0.07277	0.00000	-0.07277	-208.52	-0.4485	.7653	-120
-115	2.571	8.664	0.000	8.664	-27.648	0.000	-27.648	-0.06924	0.00000	-0.06924	-206.73	-0.4433	1.226	-115
-110	4.063	8.792	0.000	8.792	-26.444	0.000	-26.444	-0.06577	0.00000	-0.06577	-204.92	-0.4381	1.939	-110
-105	6.340	8.919	0.000	8.919	-25.240	0.001	-25.239	-0.06234	0.00000	-0.06234	-203.09	-0.4329	3.026	-105
-100	9.772	9.046	0.000	9.046	-24.037	0.001	-24.036	-0.05897	0.00000	-0.05897	-201.23	-0.4277	4.666	-100
	$H_s \times 10^6$												$p_s \times 10^4$	
-95	1.489	9.173	0.000	9.173	-22.835	0.002	-22.833	-0.05565	0.00000	-0.05565	-199.35	-0.4225	0.7111	-95
-90	2.242	9.300	0.000	9.300	-21.631	0.002	-21.629	-0.05237	0.00001	-0.05236	-197.44	-0.4173	1.071	-90
-85	3.342	9.426	0.000	9.426	-20.428	0.003	-20.425	-0.04913	0.00001	-0.04912	-195.51	-0.4121	1.597	-85
-80	4.930	9.553	0.000	9.553	-19.225	0.005	-19.220	-0.04595	0.00001	-0.04594	-193.55	-0.4069	2.356	-80
-75	7.196	9.680	0.000	9.680	-18.022	0.007	-18.015	-0.04280	0.00002	-0.04278	-191.57	-0.4017	3.441	-75
-70	10.40	9.806	0.000	9.806	-16.820	0.011	-16.809	-0.03969	0.00003	-0.03966	-189.56	-0.3965	4.976	-70
-65	14.91	9.932	0.000	9.932	-15.617	0.015	-15.602	-0.03663	0.00005	-0.03658	-187.53	-0.3913	7.130	-65
	$H_s \times 10^5$												$p_s \times 10^3$	
-60	2.118	10.059	0.000	10.059	-14.416	0.022	-14.394	-0.03360	0.00006	-0.03354	-185.47	-0.3861	1.0127	-60
-55	2.982	10.186	0.000	10.186	-13.214	0.031	-13.183	-0.03061	0.00009	-0.03052	-183.39	-0.3810	1.4258	-55
-50	4.163	10.313	0.001	10.314	-12.012	0.043	-11.969	-0.02766	0.00012	-0.02754	-181.29	-0.3758	1.9910	-50
-45	5.766	10.440	0.001	10.441	-10.811	0.060	-10.751	-0.02474	0.00015	-0.02459	-179.16	-0.3707	2.7578	-45
-40	7.925	10.566	0.001	10.567	-9.609	0.083	-9.526	-0.02186	0.00021	-0.02165	-177.01	-0.3655	3.7906	-40
-35	10.81	10.693	0.002	10.695	-8.408	0.113	-8.295	-0.01902	0.00028	-0.01874	-174.84	-0.3604	5.1713	-35

续表

温 度 $t, ^\circ\text{F}$	饱和湿度 $H_s \times 10^6$	cu. ft./lb 干空气体积			B. t. u./lb 干空气焓			B. t. u./($^\circ\text{F}$)(lb. 干空气焓)			冷 凝 水			温度 $t, ^\circ\text{F}$
		v_a	v_{as}	v_g	h_a	h_{as}	h_g	g_a	g_{as}	g_g	焓 B. t. u./ lb h_w	焓 B. t. u./ (lb)($^\circ\text{F}$) s_w	蒸汽压 in. $H_g P_s \times 10^4$	
$H_s \times 10^4$														
-30	1.464	10.820	0.002	10.822	-7.207	.154	-7.053	-0.01621	0.00038	-0.01583	-172.64	-0.3552	0.70046	-30
-25	1.969	10.946	.004	10.950	-6.005	.207	-5.798	-0.01342	.00051	-0.01291	-170.42	-0.3500	.94212	-25
-20	2.630	11.073	.005	11.078	-4.804	.277	-4.527	-0.01067	.00068	-0.00999	-168.17	-0.3449	1.2587	-20
-15	3.491	11.200	.006	11.206	-3.603	.368	-3.235	-0.00796	.00089	-0.00707	-165.99	-0.3398	1.6706	-15
-10	4.606	11.326	.008	11.334	-2.402	.487	-1.915	-0.00529	.00115	-0.00414	-163.60	-0.3346	2.2035	-10
-5	6.040	11.452	.011	11.463	-1.201	.639	-0.562	-0.00263	.00149	-0.00114	-161.28	-0.3295	2.8886	-5
$H_s \times 10^2$														
0	0.7872	11.578	.015	11.593	0.000	.835	0.835	0.00000	.00192	0.00192	-158.93	-0.3244	3.7645	0
5	1.020	11.705	.019	11.724	1.201	1.085	2.286	.00260	.00246	.00506	-156.57	-0.3193	4.8779	5
10	1.315	11.831	.025	11.856	2.402	1.401	3.803	.00518	.00314	.00832	-154.17	-0.3141	6.2858	10
15	1.687	11.958	.032	11.990	3.603	1.800	5.403	.00772	.00399	.01171	-151.76	-0.3090	8.0565	15
20	2.152	12.084	.042	12.126	4.804	2.302	7.106	.01023	.00504	.01527	-149.31	-0.3039	10.272	20
25	2.733	12.211	.054	12.265	6.005	2.929	8.934	.01273	.00635	.01908	-146.85	-0.2988	13.032	25
30	3.454	12.338	.068	12.406	7.206	3.709	10.915	.01519	.00786	.02315	-144.36	-0.2936	16.452	30
32	3.788	12.388	.075	12.463	7.686	4.072	11.758	.01617	.00870	.02487	-143.36	-0.2916	18.035	32
32*	3.788	12.388	.075	12.463	7.686	4.072	11.7 8	.01617	.00870	.02487	0.04	0.0000	18.037	32*
34	4.107	12.438	.082	12.520	8.167	4.418	12.585	.01715	.00940	.02655	2.06	.0041	19.546	34
P_s														
36	4.450	12.489	.089	12.578	8.647	4.791	13.438	.01812	.01016	.02828	4.07	.0081	0.21166	36
38	4.818	12.540	.097	12.637	9.128	5.191	14.319	.01909	.01097	.03006	6.08	.0122	.22904	38
40	5.213	12.590	.105	12.695	9.608	5.622	15.230	.02005	.01183	.03188	8.09	.0162	.24767	40
42	5.638	12.641	.114	12.755	10.088	6.084	16.172	.02101	.01275	.03376	10.09	.0202	.26763	42
44	6.091	12.691	.124	12.815	10.569	6.580	17.149	.02197	.01373	.03570	12.10	.0242	.28899	44
46	6.578	12.742	.134	12.876	11.049	7.112	18.161	.02293	.01478	.03771	14.10	.0282	.31185	46
48	7.100	12.792	.146	12.938	11.530	7.681	19.211	.02387	.01591	.03978	16.11	.0321	.33629	48
50	7.658	12.843	.158	13.001	12.010	8.291	20.301	.02481	.01711	.04192	18.11	.0361	.36240	50
52	8.256	12.894	.170	13.064	12.491	8.945	21.436	.02575	.01839	.04414	20.11	.0400	.39028	52
54	8.894	12.944	.185	13.129	12.971	9.644	22.615	.02669	.01976	.04645	22.12	.0439	.42004	54

温度 $t, ^\circ\text{F}$	饱和湿度 $H_s \times 10^3$	cu. ft./lb 干空气体积			B. t. u./lb 干空气焓			B. t. u./($^\circ\text{F}$)(lb. d 干空气磅)			冷 凝 水			温度 $t, ^\circ\text{F}$
		v_a	v_{as}	v_h	h_a	h_{as}	h_h	g_a	g_{as}	g_h	焓 B. t. u./lb. h_w	潜 B. t. u./ (lb.) ($^\circ\text{F}$) h_w	蒸汽压 in. $H_s P_s \times 10^4$	
56	9.575	12.995	0.200	13.195	13.452	10.39	23.84	0.02762	.02121	0.04883	24.12	0.0478	0.45176	56
58	10.30	13.045	.216	13.261	13.932	11.19	25.12	.02855	.02276	.05131	26.12	.0517	.48558	58
60	11.08	13.096	.233	13.329	14.413	12.05	26.46	.02948	.02441	.05389	28.12	.0555	.52159	60
62	11.91	13.147	.251	13.398	14.893	12.96	27.85	.03040	.02616	.05656	30.12	.0594	.55994	62
64	12.80	13.197	.271	13.468	15.374	13.94	29.31	.03132	.02803	.05935	32.12	.0632	.60073	64
66	13.74	13.247	.292	13.539	15.855	14.98	30.83	.03232	.03002	.06225	34.11	.0670	.64411	66
68	14.75	13.298	.315	13.613	16.335	16.09	32.42	.03314	.03213	.06527	36.11	.0708	.69019	68
$H_s \times 10^2$														
70	1.582	13.348	.339	13.687	16.816	17.27	34.09	.03405	.03437	.06842	38.11	.0746	.73915	70
72	1.697	13.398	.364	13.762	17.297	18.53	35.83	.03495	.03675	.07170	40.11	.0784	.79112	72
74	1.819	13.449	.392	13.841	17.778	19.88	37.66	.03585	.03928	.07513	42.10	.0821	.84624	74
76	1.948	13.499	.422	13.921	18.259	21.31	39.57	.03675	.04197	.07872	44.10	.0859	.90470	76
78	2.086	13.550	.453	14.003	18.740	22.84	41.58	.03765	.04482	.08247	46.10	.0896	.96665	78
80	2.233	13.601	.486	14.087	19.221	24.47	43.69	.03854	.04784	.08638	48.10	.0933	1.0323	80
82	2.389	13.651	.523	14.174	19.702	26.20	45.90	.03943	.05105	.09048	50.09	.0970	1.1017	82
84	2.555	13.702	.560	14.262	20.183	28.04	48.22	.04031	.05448	.09477	52.09	.1007	1.1752	84
86	2.731	13.752	.602	14.354	20.663	30.00	50.66	.04119	.05807	.09926	54.08	.1043	1.2529	86
88	2.919	13.803	.645	14.448	21.144	32.09	53.23	.04207	.06189	.10396	56.08	.1080	1.3351	88
90	3.118	13.853	.692	14.545	21.625	34.31	55.93	.04295	.06596	.10890	58.08	.1116	1.4219	90
92	3.330	13.904	.741	14.645	22.106	36.67	58.78	.04382	.07025	.11407	60.07	.1153	1.5135	92
94	3.556	13.954	.795	14.749	22.587	39.18	61.77	.04469	.07480	.11949	62.07	.1188	1.6102	94
96	3.795	14.005	.851	14.856	23.068	41.85	64.92	.04556	.07963	.12519	64.06	.1224	1.7123	96
98	4.049	14.056	.911	14.967	23.548	44.68	68.23	.04643	.08474	.13117	66.06	.1260	1.8199	98
100	4.319	14.106	.975	15.081	24.029	47.70	71.73	.04729	.09016	.13745	68.06	.1296	1.9333	100
102	4.606	14.157	1.043	15.200	24.510	50.91	75.42	.04815	.09591	.14406	70.05	.1332	2.0628	102
104	4.911	14.207	1.117	15.324	24.991	54.32	79.31	.04900	.1020	.1510	72.05	.1367	2.1786	104
$H_s \times 10$														
106	6.5234	14.258	1.194	15.452	25.472	57.95	83.42	.04985	.1085	.1584	74.04	.1403	2.3109	106
108	.5578	14.308	1.278	15.586	25.953	61.80	87.76	.05070	.1153	.1660	76.04	.1438	2.4502	108

续表

温度 $t, ^\circ\text{F}$	饱和湿度 $H_s \times 10^3$	cu. ft./lb 干空气体积			B. t. u./lb 干空气焓				B. t. u./($^\circ\text{F}$)(lb. 干空气焓)			冷 凝 水		温度, $^\circ\text{F}$
		v_a	v_{as}	v_s	h_{as}	h_{as}	h_s	g_a	g_{as}	g_s	焓 B. t. u./lb. h_w	焓 B. t. u./ (lb.) ($^\circ\text{F}$) s_w	蒸汽压 in. $H_g P_s \times 10^4$	
110	0.5944	14.359	1.365	15.724	26.434	65.91	92.34	0.05155	0.1226	0.1742	78.03	0.1472	2.5986	110
112	.6333	14.409	1.460	15.869	26.915	70.27	97.18	.05239	.1302	.1826	80.03	.1508	2.7505	112
114	.6746	14.460	1.560	16.020	27.397	74.91	102.31	.05323	.1384	.1916	82.03	.1543	2.9123	114
116	.7185	14.510	1.668	16.178	27.878	79.85	107.73	.05407	.1470	.2011	84.02	.1577	3.0821	116
118	.7652	14.561	1.782	16.343	28.359	85.10	113.46	.05490	.1562	.2111	86.02	.1612	3.2603	118
120	.8149	14.611	1.905	16.516	28.841	90.70	119.54	.05573	.1659	.2216	88.01	.1646	3.4474	120
122	.8678	14.662	2.034	16.696	29.322	96.66	125.98	.05656	.1763	.2329	90.01	.1681	3.6436	122
124	.9242	14.712	2.174	16.886	29.804	103.0	132.8	.05739	.1872	.2446	92.01	.1715	3.8493	124
126	.9841	14.763	2.323	17.086	30.285	109.8	140.1	.05821	.1989	.2571	94.01	.1749	4.0649	126
128	1.048	14.813	2.482	17.295	30.766	117.0	147.8	.05903	.2113	.2703	96.00	.1783	4.2907	128
130	1.116	14.864	2.652	17.516	31.248	124.7	155.9	.05985	.2245	.2844	98.00	.1817	4.5272	130
132	1.189	14.915	2.834	17.749	31.729	133.0	164.7	.06067	.2386	.2993	100.00	.1851	4.7747	132
134	1.267	14.965	3.029	17.994	32.211	141.8	174.0	.06148	.2536	.3151	102.00	.1885	5.0337	134
136	1.350	15.016	3.237	18.253	32.692	151.2	183.9	.06229	.2695	.3318	104.00	.1918	5.3046	136
138	1.439	15.066	3.462	18.528	33.174	161.2	194.4	.06310	.2865	.3496	106.00	.1952	5.5878	138
H_s														
140	0.1534	15.117	3.702	18.819	33.655	172.0	205.7	.06390	.3047	.3686	107.99	.1985	5.8838	140
142	.1636	15.167	3.961	19.128	34.136	183.6	217.7	.06470	.3241	.3888	109.99	.2018	6.1930	142
144	.1745	15.218	4.239	19.457	34.618	196.0	230.6	.06549	.3449	.4104	111.99	.2051	6.5160	144
146	.1862	15.268	4.539	19.807	35.099	209.3	244.4	.06629	.3672	.4335	113.99	.2084	6.8532	146
148	.1989	15.319	4.862	20.181	35.581	223.7	259.3	.06708	.3912	.4583	115.99	.2117	7.2051	148
150	.2125	15.369	5.211	20.580	36.063	239.2	275.3	.06787	.4169	.4848	117.99	.2150	7.5722	150
152	.2271	15.420	5.587	21.007	36.545	255.9	292.4	.06866	.4445	.5132	119.99	.2183	7.9550	152
154	.2430	15.470	5.996	21.466	37.028	273.9	310.9	.06945	.4743	.5438	121.99	.2216	8.3541	154
156	.2602	15.521	6.439	21.960	37.508	293.5	331.0	.07023	.5066	.5768	123.99	.2248	8.7701	156
158	.2788	15.571	6.922	22.493	37.990	314.7	352.7	.07101	.5415	.6125	125.99	.2281	9.2036	158
160	.2990	15.622	7.446	23.068	38.472	337.8	376.3	.07179	.5793	.6511	128.00	.2313	9.6556	160
162	.3211	15.672	8.020	23.692	38.954	363.0	402.0	.07257	.6204	.6930	130.00	.2345	10.125	162