



职业技能鉴定培训教程

中级

油品储运操作工

陈惠彦 梁成龙 主编

● 紧密结合生产实际

● 面向国家职业资格培训

● 配有技能鉴定考试复习题库



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训教程

中级

油品储运操作工

陈惠彦 梁成龙 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

油品储运操作工 (中级)/陈惠彦, 梁成龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 5

职业技能鉴定培训教程

ISBN 7-5025-8805-1

I. 油… II. ①陈…②梁… III. 石油产品-石油与天然气储运-职业技能鉴定-教材 IV. TE8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 055038 号

丛 书 名 职业技能鉴定培训教程
书 名 油品储运操作工 (中级)
主 编 陈惠彦 梁成龙
责任编辑 赵丽霞
文字编辑 李玉峰
责任校对 郑 捷
封面设计 于 兵

出版发行 化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
地 址 北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029
购书咨询 (010)64982530
(010)64918013
购书传真 (010)64982630
网 址 <http://www.cip.com.cn>
经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京云浩印刷有限责任公司
装 订 三河市前程装订厂
开 本 720mm×1000mm 1/16
印 张 12
字 数 199 千字
版 次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5025-8805-1
定 价 23.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

事业因人而兴,企业因人而发展。企业核心竞争力的形成和提高主要依靠员工综合素质的不断提升。随着新工艺、新技术、新设备和新方法的应用,油品储运系统操作服务人员必须强化学习,提高操作技能,以适应企业发展的需求。企业应帮助、引导和激励员工强化培训,自主学习,以促进企业的发展。为了便于做好技术工人技能鉴定的培训工作,弥补油品储运操作工职业技能鉴定培训教材的空白,化学工业出版社组织编写了《职业技能鉴定培训教程 油品储运操作工》系列丛书,具体包括《油品储运操作工(初级)》、《油品储运操作工(中级)》和《油品储运操作工(高级)》。

本套丛书作者具有丰富的现场生产操作经验及职工培训经验,在编写过程中注意结合当前炼油化工油品储运生产、技术、安全现状,并考虑到其发展趋势,配合职业技能鉴定工作的开展组织内容。其内容涵盖了炼油化工油品储运过程的各个工种,涉及面广,内容简明实用,通俗易懂,同时结合实际操作需要编写了一些例题,对员工的实际工作具有一定的指导意义。并且每册书中都配有相应级别的职业技能鉴定模拟试题,便于读者自学检测。

本书是《职业技能鉴定培训教程 油品储运操作工》之中级本,主要介绍了石油及其主要产品的物理性质,油品生产主要的装置,储油设备及使用维护,输油管道热应力及其补偿,输油管道的使用、检查与维护、泄漏处理,离心泵的内部结构、汽蚀现象、吸入特性、泵效率和特性曲线以及常见故障分析与处理;同时还介绍了常见阀门的使用与维护、故障分析与处理,油品的装卸设备及作业,与油品计量有关的误差理论基础、容积表及其使用,散装油品油量的计算和流量计的使用与维护等使用维护知识;另外还介绍了油料及其蒸气的毒性、防油料中毒的措施、油库静电的产生和积聚、静电危害的控制和防护等安全知识。

本书适用于油品储运生产操作工人的自学和培训,同时可供油品储运生产技术管理人员参考。

本书在编写过程中直接或间接地参考和借鉴了有关书籍、资料,在此一并对其作者和出版社深表谢意。

由于编写时间仓促,书中难免出现不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年3月

目录

第1章 石油及其主要产品的物理性质	1
1.1 油品的相对密度(比重)和密度	1
1.1.1 液体油品密度与温度的关系	2
1.1.2 油品比重与油品组成的关系	3
1.1.3 油品比重的测定	4
1.1.4 石油气体的比重	4
1.2 油品的蒸气压	4
1.3 油品的馏程和平均沸点	5
1.3.1 油品的馏程	5
1.3.2 油品的平均沸点	6
1.4 油品的特性因数及平均分子量	8
1.4.1 特性因数	8
1.4.2 平均分子量	10
1.5 油品的黏度、浊点、结晶点以及凝点和倾点	11
1.5.1 油品的黏度	11
1.5.2 油品的浊点和结晶点	12
1.5.3 油品的凝点和倾点	12
1.5.4 针入度和伸长度	13
1.6 油品的闪点、燃点、自燃点	13
1.6.1 油品的闪点	13
1.6.2 油品的燃点和自燃点	14
1.7 油品的比热容	15
第2章 油品生产的主要装置	17
2.1 常减压装置	17
2.2 催化裂化装置	18
2.3 润滑油的装置	19
2.3.1 润滑油加氢装置	19
2.3.2 溶剂精制装置	19
2.3.3 溶剂脱蜡	20
2.3.4 精制装置	21

2.3.5 石蜡装置.....	22
第3章 储油设备及使用维护	24
3.1 油罐附件.....	24
3.2 油罐的使用.....	27
3.2.1 金属油罐使用的基本条件.....	27
3.2.2 金属拱顶油罐的合理使用.....	28
3.2.3 内浮顶油罐的正确使用.....	31
3.3 油罐主要附件的检修.....	33
3.4 油罐清洗作业.....	33
3.4.1 清洗原则.....	33
3.4.2 安全保障的基本要求.....	34
3.5 油罐的检修维护.....	35
第4章 输油管道及使用维护	38
4.1 输油管道热应力及其补偿.....	38
4.1.1 热应力的概念.....	38
4.1.2 补偿方法和补偿器.....	40
4.2 输油管道的投用.....	41
4.3 输油管道的使用.....	42
4.4 输油管道的检查及维护.....	43
4.5 输油管道的泄漏处理.....	44
4.5.1 地下管道的渗漏判断.....	44
4.5.2 防漏措施.....	45
4.5.3 管道抢修应急措施.....	45
第5章 转动设备	47
5.1 离心泵的内部结构.....	47
5.1.1 吸入室.....	47
5.1.2 叶轮.....	47
5.1.3 蜗壳.....	47
5.1.4 密封环.....	48
5.1.5 轴封装置.....	48
5.1.6 轴向力平衡装置.....	51

5.2 离心泵的汽蚀现象.....	52
5.3 离心泵的吸入特性和安装高度.....	53
5.4 离心泵的管路特性.....	58
5.5 离心泵的效率 and 特性曲线.....	60
5.5.1 离心泵的机内损失和效率.....	60
5.5.2 离心泵的特性曲线.....	61
5.6 离心泵常见故障分析及处理.....	63
第6章 阀门	65
6.1 常见阀门的使用与维护.....	65
6.1.1 阀门的使用.....	65
6.1.2 阀门的维护.....	65
6.2 常见阀门的故障及处理.....	66
6.2.1 闸阀的常见故障及处理.....	66
6.2.2 截止阀常见故障及处理.....	71
6.2.3 球阀的常见故障及处理.....	72
6.2.4 蝶阀的常见故障及处理.....	73
6.2.5 止回阀的常见故障及处理.....	73
6.2.6 安全阀的常见故障及处理.....	74
6.2.7 蒸汽疏水阀的常见故障及处理.....	76
第7章 油品的装卸设备	77
7.1 铁路装卸设施及方法.....	77
7.2 铁路装卸油常用设备.....	78
7.3 常用的鹤管.....	79
7.4 密封装车鹤管.....	83
7.5 大鹤管铁路装车设施.....	86
第8章 油品计量	89
8.1 误差理论基础.....	89
8.2 测量误差的定义及表达.....	90
8.2.1 绝对误差.....	90
8.2.2 相对误差.....	92
8.3 测量误差的来源和分类.....	93

8.3.1 测量误差的来源	93
8.3.2 测量误差的分类	95
8.4 容积表及其使用	96
8.4.1 立式金属罐容积表	96
8.4.2 浮顶罐容积表	98
8.4.3 卧式罐容积表	99
8.4.4 球形罐容积表	99
8.4.5 铁路槽车容积表	99
8.4.6 油船舱容积表	100
8.4.7 汽车油罐车容积表	101
8.5 石油标准质量换算法	102
8.5.1 标准密度换算	102
8.5.2 标准体积换算	104
8.6 流量计计量的使用及维护	108
8.6.1 流量计使用维护注意事项	108
8.6.2 影响流量计计量精度的因素	109
第9章 防毒及防静电	111
9.1 油料及其蒸气的毒性	111
9.2 防油料中毒的措施	113
9.3 油库静电的产生和积聚	117
9.4 静电危害的控制和防护	118
技能鉴定考试复习题库	122
技能鉴定考试模拟试题(理论部分)	163
技能鉴定考试模拟试题(理论部分) 参考答案	171
技能鉴定考试模拟试题(实操部分)	174
技能鉴定考试模拟试题(实操部分) 参考答案	177
主要参考文献	183

石油及其馏分的物理性质不仅是生产或科研中评定石油和油品质量、控制油品输送过程的重要指标,而且是设计石油及油品管路和油库以及石油加工装置的重要依据。因此,必须研究它们的性质,影响其性质的有关因素,性质的表示方法及意义等问题。

石油和油品的物理性质同它的化学组成和结构状态有密切关系。可以认为某一种物理性质实质上是组成石油或油品的各种烃类和非烃类化合物的物理本质在某一方面的综合表现。

由于石油和油品是一种复杂的混合物,其组成不易测定,而且多数性质不具有可加性,所以对油品的物理性质常采用一些条件性的试验方法进行测定。所谓条件性的试验,即采用特定的仪器,在规定的试验条件下进行测定。在这些测定方法中,有些是国际统一的,有些是国内统一的,规定的方法具有一定的法规性。有些方法之间,已建立起对应的换算图表,以便使用。石油及油品物理性质数值的条件性是它们同纯物质性质的主要差别,离开了测量方法、仪器和条件,这些性质就没有意义。

1.1 油品的相对密度(比重)和密度

物质的密度是单位体积物质的质量,单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 ,以 ρ 表示。

物质的重度是单位体积物质的重量,工程上常用单位为 kg/m^3 ,以 γ 表示。

液体油品的相对密度(比重)是其密度与规定温度下水的密度之比,是无因次的,通常以 d 表示。由于纯水在 3.98°C 时密度最大,为 $0.99997\text{g}/\text{cm}^3$,一般近似地把 4°C 时水的密度定为 $1\text{g}/\text{cm}^3$,所以常以 4°C 水作为基准, d_4^t 表示 $t^\circ\text{C}$ 的油品密度与 4°C 水的密度之比,在数值上等于该液体 $t^\circ\text{C}$ 时的密度。我国常用比重为 d_4^{20} ,国外常用 $d_{60^\circ\text{F}}^{60^\circ\text{T}}$,我国改以摄氏温度表示,即为 $d_{15.6}^{15.6}$ 。

在欧美各国,液体比重常以比重指数表示,亦称为 API 度。它与 $d_{15.6}^{15.6}$ 关系如下式所示

$$\text{比重指数 (API}^\circ) = 141.5 / d_{15.6}^{15.6} - 131.5$$

随着比重增大,比重指数的数值变小。各种比重表示方法,可用有关图表或公式进行换算。表 1-1 列出几种原油及石油产品的比重和沸点范围。

表 1-1 几种原油及石油产品的比重和沸点范围

油 品	沸点范围/℃	比重 $d_{15.6}^{15.6}$	比重指数 API°
原油		0.65~1.06	86~2
汽油	<200	0.70~0.77	70~50
煤油	200~300	0.75~0.83	50~39
柴油	200~350	0.82~0.87	41~31
润滑油	>320	>0.85	<35

1.1.1 液体油品密度与温度的关系

温度升高时,油品膨胀体积增大,因而比重减小,或者说,密度减小。在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的温度范围内,比重随温度的变化可近似地视为直线关系,可用下式计算

$$d_4^t = d_4^{20} - \alpha(t - 20) \quad (1-1)$$

式中 d_4^t —— $t^\circ\text{C}$ 时油品比重;

α ——温度校正值,即温度变化 1°C 时油品比重变化的数值, α 值可从表 1-2 中查得。

表 1-2 温度校正值

比重 d_4^t	1°C 的温度校正值 α	比重 d_4^t	1°C 的温度校正值 α
0.700~0.710	0.000897	0.780~0.790	0.000792
0.710~0.720	0.000884	0.790~0.800	0.000778
0.720~0.730	0.000870	0.800~0.810	0.000765
0.730~0.740	0.000857	0.810~0.820	0.000752
0.740~0.750	0.000844	0.820~0.830	0.000738
0.750~0.760	0.000831	0.830~0.840	0.000725
0.760~0.770	0.000813	0.840~0.850	0.000712
0.770~0.780	0.000805	0.850~0.860	0.000699

续表

比重 d_4^t	1℃的温度校正值 α	比重 d_4^t	1℃的温度校正值 α
0.860~0.870	0.000686	0.930~0.940	0.000594
0.870~0.880	0.000673	0.940~0.950	0.000581
0.880~0.890	0.000666	0.950~0.960	0.000668
0.890~0.900	0.000647	0.960~0.970	0.000555
0.900~0.910	0.000633	0.970~0.980	0.000642
0.910~0.920	0.000620	0.980~0.990	0.000529
0.920~0.930	0.000607	0.990~1.000	0.000518

若温度和 20℃ 相差较大, 可用图 1-1 求得任何温度下的比重, 以满足工业计算的需要。

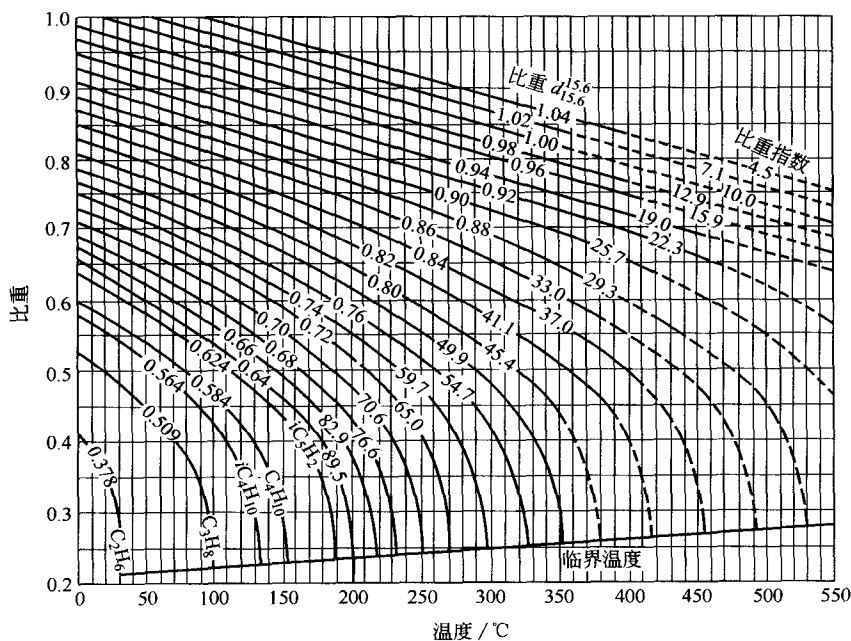


图 1-1 石油馏分在不同温度下的比重

1.1.2 油品比重与油品组成的关系

石油和油品的比重取决于组成它的化合物的分子大小和分子结构。同一原油的各馏分, 随着沸点升高, 分子量增大。相同沸点的两个馏分, 其比重

却有较大的差别,这主要是由于它们的化学组成不同。

碳原子数相同而分子结构不同的烃类比重以芳香烃最高,环烷烃次之,烷烃最小;分子中碳原子数相同而分子结构不同的烃类比重以芳香烃最高,环烷烃次之,烷烃最小;分子中环数越多,密度越大。对于同样馏程的石油馏分,含烷烃多的油品密度较小,含芳香烃多的油品密度较大。因此,对于石油及其馏分,只知它的沸程或平均分子量并不能确定其密度和比重,还必须有一个反映它组成特性的性质数据,常用的是特性因数 K (后述)。

1.1.3 油品比重的测定

比重的测定一般有三种方法。最简单而又较粗略的方法是用比重计,所测得的比重为 d_4^{20} 。当测定黏度不大的油品时,其准确度为 0.001;测黏性油品时,准确度为 0.005。第二种是工业生产上使用的较准确的方法——韦氏天平,准确度为 0.0005,其刻度一般以 20℃ 的水为标准,故测得的比重为 d_4^{20} ,它可用于产品的质量检查。准确度最高的方法是用比重瓶,测得的比重为 d_{20}^{20} ,其准确度为 0.00005,一般用于科学研究上。

对于高黏度的油品,难于直接测得比重,但因油品比重有可加性,故可用等体积的已知比重的煤油与之相混合,然后测定混合物的比重,再利用下列公式算出高黏度油品的比重

$$d_{\text{混}} = \frac{d_{\text{高黏}} + d_{\text{煤油}}}{2} \quad (1-2)$$

$$d_{\text{高黏}} = 2d_{\text{混}} - d_{\text{煤油}} \quad (1-3)$$

1.1.4 石油气体的比重

石油气体的密度以 g/cm^3 或 kg/m^3 为单位。

气体的比重是指在标准状态下 (0℃、101.325kPa) 气体的密度与空气的密度之比。标准状态下空气的密度为 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ 。

气体的比重不受温度影响,与压力有很大关系,当压力增加时,要计算不同压力下气体的比重时,需进行压力校正。

1.2 油品的蒸气压

在一定温度下,液体同它液面上的蒸气呈平衡状态时蒸气所产生的压力称为饱和蒸气压,简称蒸气压。蒸气压的高低表明了液体中分子逃离液体汽

化或蒸发的能力, 蒸气压越高说明该液体越易汽化。因此, 即使在不平衡的状态下, 也时常应用蒸气压的概念。

在储运中经常会用到蒸气压的数据。例如, 计算油库的油品蒸发损耗, 控制航空汽油、车用汽油等轻质油品的质量等都要以蒸气压数据为依据。蒸气压一般用雷特蒸气压测定器来测定。该方法规定汽油在蒸气压测定器中与汽油蒸气的体积比为 1:4, 以及温度在 38℃ 时所测出的汽油蒸气的最大压力为雷特蒸气压, 单位是 mmHg^① 或 kgf/cm²^②。

在科学研究和工程设计中, 为了方便起见, 常利用查图的方法求出石油烃类的蒸气压, 这种石油烃类的蒸气压图称为考克斯图, 可在有关参考书中查得。

1.3 油品的馏程和平均沸点

1.3.1 油品的馏程

对于纯化合物, 在一定的外压下其沸点是固定的, 例如, 在 101.325kPa 下, 水的沸点为 100℃, 乙醇的沸点为 78.4℃, 苯的沸点为 80.1℃。

石油及其产品与纯化合物不同, 它的蒸气压随汽化率不同而变化。在外压一定时, 油品沸点随汽化率增加而不断升高, 所以表示油品的沸点不能用某一温度, 而是以某一温度范围来表示, 该温度范围称为馏程。

石油或油品的馏程因测定的仪器不同, 其数值也有差别。在油品质量规格和储存中作为控制指标的是馏程。即采用恩氏蒸馏设备按一定馏出速度加热蒸馏时, 最先汽化蒸馏出来的是一些沸点低的烃类分子, 流出第一滴冷凝液时的汽相温度称为初馏点, 蒸馏过程中烃类分子按其沸点高低的顺序逐渐蒸出, 汽相温度逐渐增高, 当馏出物的体积分别为 10%、…、50%、…、90% 时的汽相温度分别称为 10% 点、…、50% 点、…、90% 点, 蒸馏到最高的汽相温度称为终馏点或干点。

初馏点到干点这一温度范围称为馏程或沸程。石油中的高沸点组分, 在高温时易分解, 因此在蒸馏原油或较重组分时, 一般不把全部油样蒸干, 而是当汽相温度达到 350℃ 时即停止蒸馏, 并记下相应馏出物的

① 1mmHg=133.322Pa。

② 1kgf/cm²=98.0665kPa。

数量。

恩氏蒸馏是粗略简便的蒸馏方法,因此得到的馏分组成结果是条件性的,它并不能代表该油品的真实沸点范围。馏程是燃料特别是汽油的重要质量指标,也是油库储存中的易变指标。汽油、煤油馏程举例见表 1-3。

表 1-3 汽油、煤油馏程举例

馏程	汽油馏分馏出温度/℃	煤油馏分馏出温度/℃
初馏点	42	197
10%	78	205
20%	109	222
30%	126	231
40%	137	239
50%	145	247
60%	151	254
70%	159	263
80%	168	275
90%	180	287
干点	196	302
残留量及损失	1.0	—

1.3.2 油品的平均沸点

用恩氏蒸馏实验所测得的馏程和馏分在油品的评价上虽有很大用途,但在工业计算上却不能直接应用,因此又提出了平均沸点的概念,它在设计计算及其它物理常数的求定上有很多用途。

平均沸点有好几种,用途也各不相同。含意虽不同,但都是根据恩氏蒸馏体积平均沸点和斜率求得的。

(1) 体积平均沸点

由恩氏蒸馏数据求出,即恩氏蒸馏 10%、30%、50%、70%、90% 五个馏出温度的平均值

$$t_{\text{体平}} = \frac{t_{10} + t_{30} + t_{50} + t_{70} + t_{90}}{5} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1-4)$$

体积平均沸点可用求定其它难以直接测定的平均沸点。

(2) 立方平均沸点、中平均沸点及其它平均沸点

除体积平均沸点可直接用恩氏蒸馏数据求得外, 其它平均沸点通常都由体积平均沸点查平均沸点温度校正图(见图 1-2)求得。

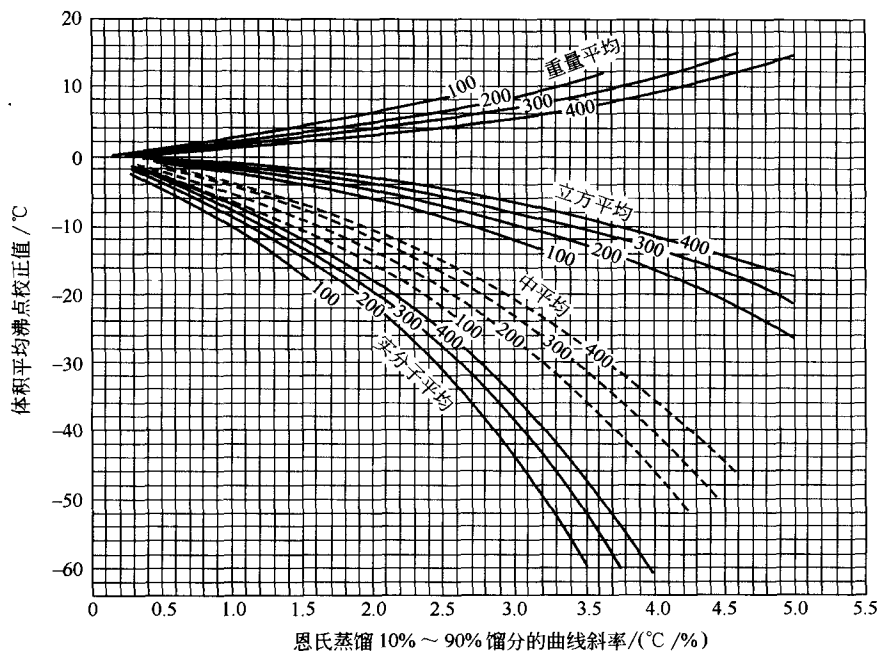


图 1-2 平均沸点温度校正图

例如, 某汽油馏分, 其蒸馏数据见表 1-4。

表 1-4 某汽油馏分的蒸馏数据

馏程/%	初馏点	10%	30%	50%	70%	90%	干点
馏出温度/°C	45	70	95	105	145	185	200

$$\text{则 体积平均沸点} = \frac{70 + 95 + 105 + 145 + 185}{5} = 120 (^{\circ}\text{C})$$

恩氏蒸馏曲线 10%~90% 的斜率

$$\frac{185 - 70}{90 - 10} = \frac{115}{80} = 1.44 (^{\circ}\text{C}/\%)$$

由体积平均沸点 120°C 和恩氏蒸馏曲线 10%~90% 的斜率 1.44, 从平均沸点温度校正图(图 1-2)查出各个温度校正值。

例如, 求定实分子平均沸点, 由图查出校正值为 -15.5°C, 则

$$\text{实分子平均沸点} = 120^{\circ}\text{C} - 15.5^{\circ}\text{C} = 104.5 (^{\circ}\text{C})$$

同样方法求得

$$\text{中平均沸点} = 120^{\circ}\text{C} - 9.5^{\circ}\text{C} = 110.5 (^{\circ}\text{C})$$

$$\text{立方平均沸点} = 120^{\circ}\text{C} - 3.5^{\circ}\text{C} = 116.5 (^{\circ}\text{C})$$

$$\text{重量平均沸点} = 120^{\circ}\text{C} + 3.8^{\circ}\text{C} = 123.8 (^{\circ}\text{C})$$

重量平均沸点可用来求油品的真临界温度。

实分子平均沸点可用来求油品的假临界温度，并可用来计算平均分子量。

当用图表法求油品的特性因数和运动黏度时，需用立方平均沸点。

用中平均沸点可求出油品的平均分子量等。

1.4 油品的特性因数及平均分子量

1.4.1 特性因数（以 K 表示）

在原油分类和油品分析资料中，经常会看到以 K 表示的特性因数。在各族烃类性质的研究中，人们发现，各族烃类的沸点和比重同化学组成有一定关系。从沸点和比重可以计算得到一个表示其化学组成的数值，称为特性因数。表 1-5 列出了几种纯烃的特性因数，从表中数据可以看出，烷烃的 K 值最大，芳香烃的最小，环烷烃介于两者之间。石油是烃类为主的复杂混合物，所以特性因数也可以用来表示石油或石油馏分化学组成的特性。

表 1-5 几种纯烃的特性因数

名 称	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	比重 d_4^{20}	特性因数 K
正庚烷	98.4	0.684	12.77
2-甲基己烷	90.05	0.6786	12.71
甲基环己烷	100.9	0.769	11.35
苯	80.1	0.879	9.7
甲苯	110.6	0.867	10.03
邻二甲苯	144.4	0.8802	10.02

一般石油及其馏分的特性因数在 9.7~13.0 之间；含烷烃或烷基侧链较多的石蜡基油品，其特性因数为 12.1~13.0；含环烷烃和芳香烃较多的油品 K 值为 10~11。我国原油大多数具有较高的特性因数，例如，大庆原油

的 K 值为 12.6，胜利原油为 12.05。

特性因数可以用下式表示

$$K = 1.216 \frac{\sqrt[3]{T}}{d_{15.6}^{15.6}} \quad (1-5)$$

式中 K ——石油馏分的特性因数；

T ——该馏分的平均沸点， K （对石油馏分来说，最早用的是分子平均沸点，后改用立方平均沸点，近来又建议用中平均沸点）；

$d_{15.6}^{15.6}$ ——该馏分在 15.6℃ 时的比重。

在工艺计算上，特性因数一般不用公式计算，而应用图 1-3 求得。但对高分子量的石油馏分，由于常压蒸馏时裂化反应的干扰，难以取得可靠的平均沸点数据，可以由易于得到的黏度值从图 1-3 和图 1-4 查得特性因数值。该图的平均误差为 5%，适用于石油馏分，而不能用于合成石油馏分。

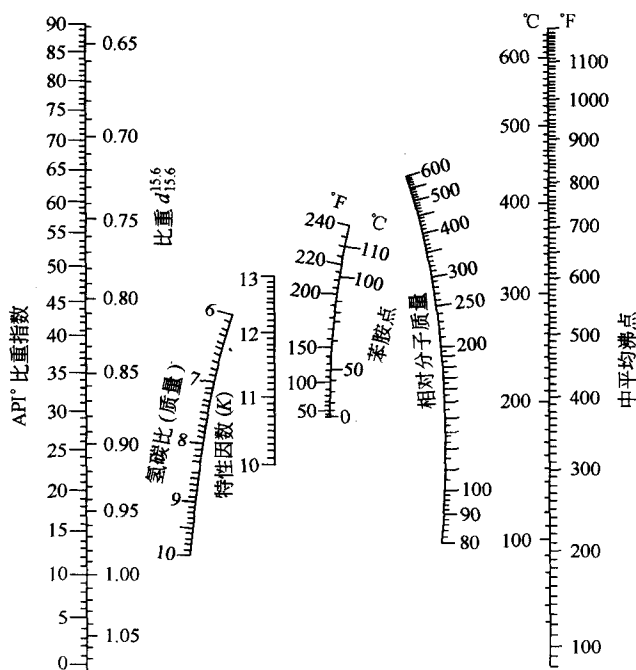


图 1-3 石油馏分相对分子质量和特性因数关系

特性因数不仅可以用来判断石油及其馏分的化学组成的特性，而且对于石油的分类及确定原油的加工方案也是相当有用的；同时，还可以用它来确