

有害大气污染物 控制技术手册

[美]R. Y. 珀塞尔 G. S. 萨里夫 著

滕慧法 译

卢正永 顾永达 刘振宇 校

中国环境科学出版社

译者的话

本手册由美国学者 R.Y. 珀塞尔和 G.S. 萨里夫根据美国环境保护局(EPA)的技术报告“有害大气污染物控制技术评价”改编而成,是供美国国家环保局和下属各地区、各州以及地方大气污染控制部门技术人员和管理人员在办理或审查有害大气污染物(HAPs)排放许可证申请时使用的一本技术参考手册。

手册系统地介绍了用以确定 HAPs 控制技术的基本性能和估算成本的方法。第一章概括地说明了对有害大气污染物排放许可证申请进行咨询和审查或评价许可证申请时所需采取的步骤;第二章针对使用溶剂工业、冶金工业、合成有机化学制造工业、无机化学工业、化学产品工业、木材产品工业、石油相关工业、矿产工业和燃烧源等九大类潜在 HAPs 的污染源,分别介绍了可能排放的 HAPs 及其主要的物理性质;第三章结合具体的排放源类型(工艺点源、工艺瞬时源、区域瞬时源),叙述了选择 HAPs 控制技术的准则;第四章根据通用的设计原则和设计参数,讨论了用于有害大气污染物排放控制设备(系统)的基本设计参数和运行参数的计算过程;第五章给出了估算某些控制系统的基本投资和年度运行费用的一般化程序;在附录中为读者提供了某些补充数据的计算步骤和计算中使用的记录单。

为了指导读者能通晓本手册所叙述的内容和计算方法,在手册正文的主要部分都给出了相应的使用范例。

作为一本技术参考手册,本手册可供环境保护工作者、有关工业部门的大气污染控制技术人员、管理人员,以及高等院校环境工程专业的师生阅读和使用。我国将对有害大气污染物排放实施许可证管理制度。为了推进我国有害大气污染物的控制技术,我们根据 1989 年由美国环境保护 JACA 公司编辑的版本译成中文。对书中所用的英制单位,为保证其数值的准确性,均未作改动,谨请读者鉴谅。

限于水平,疏漏之处在所难免,谨请批评指正。

该永久性版本包括美国环境保护局的技术转让手册“有害大气污染物控制技术”完整的正文,该正文是在大气与能源工程技术实验室(北卡罗来纳州,研究三角公园)的指导下撰写的;在他们的指导下,由 11 位科学家和评论家组成的特别工作组又创作了大量的正文、插图和表格素材;最后由 JACA 公司改编和精简。

原 书 前 言

本手册旨在帮助技术人员对各种大气污染控制技术进行选择、评价和成本估算,以便减少或消除因工业或商业活动而引起的具有潜在危害的大气污染物的排放。本手册不仅对办理和审查许可证申请是有用的,而且也能为从事控制系统选型、基本设计和成本估算的有关人员提供有用的资料。

当今,随着工业技术、产品和各种实践活动的迅速变化,往往会引起有害大气污染物(HAPs)的不断产生。因此,在能源和资源的提取、加工、转换和应用的同时,对由此而产生的对人类健康和自然环境的影响都要求人们对各种污染采取有效的控制措施。

净化大气法的 1970 年修正案要求美国环境保护局(EPA)对于在国内已发现的基准大气污染物制定国家环境大气质量标准,同时该修正案还要求 EPA 对有害大气污染物实行检测并制定管理规程。所谓“有害大气污染物”是指可能会逐渐危害生命或导致严重疾病而且尚未作为基准污染物纳入管理规程的那些污染物。

由于 HAP 的定义是很广泛的,而且所包含的成分又有数千种,因此欲将所有的 HAP 成分以及一些特定成分的控制技术全部罗列出来是不实际的。然而,尽管用于普通大气污染物的有效控制技术的数量不多,但是对许多非基准污染物适用的一些控制技术的成本及其对性能的影响因素已经被确认并在文献中给予了讨论。

根据美国环境保护局的资格审查和管理评审政策,本手册已通过评审并获准发表。本手册中提到的商品名称或商业产品并不意味着认可使用或推荐使用。

致 谢

本手册由题为“有害大气污染物控制技术评价”的 EPA 报告(两卷本)改编而成。该报告由下列人员编写:R.Y. 珀塞尔(太平洋环境服务股份有限公司,达勒姆市,北卡罗来纳州)和 G.S. 萨里夫(雷达公司,北卡罗来纳州,研究三角公园)。他们得到了如下人员的帮助:V.S. 凯达林, K.C.C 格施娃茨那, M.K. 辛克, C.R. 克拉克(太平洋环境服务股份有限公司)和 A.J. 迈尔斯、D.B. 巴斯、G.E. 威尔克斯(雷达公司)。美国环保局(EPA)大气和能源工程研究实验室(北卡罗来纳州、研究三角公园)的 B.A. 蒂切诺博士是该报告的 EPA 研究课题的负责人。

本手册由 JACA 公司(宾夕法尼亚州, Fort—华盛顿)编制。美国环保局(EPA)环境研究信息中心(俄亥俄州辛辛那提)的 N. 库里坚是本出版物的 EPA 研究课题负责人。

术 语 表^a

a	——填料常数
A	——热交换器表面积, 平方英尺(ft^2)
A_{bed}	——炭床的总截面积, 平方英尺(ft^2)
A_{column}	——吸收柱总截面面积, 平方英尺(ft^2)
A_{con}	——冷凝器表面积, 平方英尺(ft^2)
A_{nc}	——织物净面积, 平方英尺(ft^2)
A_p	——收集板面积, 平方英尺(ft^2)
A_t	——文丘里涤气器喉头面积, 平方英尺(ft^2)
A_{tc}	——织物总的面积, 平方英尺(ft^2)
ABS	——横坐标(公式 4.7—6)
AC	——炭床的吸收负荷, 磅有害大气污染物/100 磅炭($\text{lbHAP}/100\text{lb}$)
A/C	——集尘室中空气对织物之比, 每分钟实际立方英尺/平方英尺($\text{aft}^3/\text{in}\cdot\text{ft}^2$)
AF	——吸收因子
b	——填料常数
c	——填料常数
C	——年度信贷贷款, 美元/年($\$/a$)
C_{req}	——炭需要量, 磅(lb)
$C_{P_{\text{air}}}$	——空气的平均比热, 英热单位/(标准立方英尺·华氏度)($\text{Btu}/(\text{sft}^3\cdot^\circ\text{F})$)
$\bar{C}_{P_{\text{air}}}$	——空气的平均比热, 英热单位/(磅·摩尔·华氏度)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot\text{mol}\cdot^\circ\text{F})$)
$C_{P_{\text{com}}}$	——混合气体流的平均比热, 英热单位/(标准立方英尺·华氏度)($\text{Btu}/(\text{sft}^3\cdot^\circ\text{F})$)
$\underline{C}_{P_{\text{coolant}}}$	——冷却剂的平均比热, 英热单位/(磅·华氏度)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot^\circ\text{F})$)
C_{P_e}	——排放流的平均比热, 英热单位/(标准立方英尺·华氏度)($\text{Btu}/(\text{sft}^3\cdot^\circ\text{F})$)
$\underline{C}_{P_e}$	——排放流的平均比热, 英热单位/(磅·华氏度)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot^\circ\text{F})$)
$\underline{C}_{P_f}$	——补充燃料的平均比热, 英热单位/(磅·华氏度)(天然气)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot^\circ\text{F})$)
$C_{P_{\text{fg}}}$	——烟道气体的平均比热, 英热单位/(标准立方英尺·华氏度)($\text{Btu}/(\text{sft}^3\cdot^\circ\text{F})$)
$\underline{C}_{P_{\text{fig}}}$	——火炬气体的平均比热, 英热单位/(磅·华氏度)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot^\circ\text{F})$)
$\underline{C}_{P_w}$	——水的平均比热, 英热单位/(磅·华氏度)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot^\circ\text{F})$)
$\bar{C}_{P_{\text{HAP}}}$	——HAP 的平均比热, 英热单位/(磅·摩尔·华氏度($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot\text{mol}\cdot^\circ\text{F})$))
CE	——收集效率(按质量计算, %)
CRF	——投资还息因子
CRF_w	——加权平均的投资还息因子
d	——填料常数
D	——年度直接劳务成本, 美元/年($\$/a$)

D_{bed}	——炭床直径, 英尺(ft)
D_{column}	——吸收柱直径, 英尺(ft)
D_{duct}	——管道直径, 英尺(ft)
D_p	——平均粒子直径, 微米(μm)
D_t	——文丘里涤气器喉头直径, 英尺(ft)
D_{tip}	——火炬顶直径, 英寸(in)
D_G	——气体流中的扩散系数, 平方英尺/时(ft^2/h)
D_L	——液体中的扩散系数, 平方英尺/时(ft^2/h)
D_1	——年度运行劳务成本, 美元/年(\$/a)
D_2	——年度管理劳务成本, 美元/年(\$/a)
DE	——破坏效率(%)
DE_{reported}	——报告的破坏效率(%)
DP	——排放流的露点, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
ex	——空气过量百分比(% , 体积)
f	——百分率
FE	——制造装置成本指数
FER	——鼓风机需电量, 千瓦时($\text{kW}\cdot\text{h}$)
g	——填充常数
g_c	——万有引力常数, $= 32.2$ 英尺/秒 ² (ft/s^2)
G	——气体(排放流)流量, 磅/时(lb/h)
G_{area}	——气体(排放流)流量(按柱的横截面积计算), 磅/(秒 $\cdot$ 平方英尺)($\text{lb}/\text{s}\cdot\text{ft}^2$)
$G_{\text{area}, f}$	——在溢流条件下气体(排放流)流量(按柱体横截面计算), 磅/(秒 $\cdot$ 平方英尺)($\text{lb}/\text{s}\cdot\text{ft}^2$)
G_{mol}	——气体(排放流)流量, 磅 $\cdot$ 摩尔/时($\text{lb}\cdot\text{mol}/\text{h}$)
h_d	——稀释后排放流热含量, 英热单位/标准立方英尺(Btu/sft^3)
h_e	——排放流热含量, 英热单位/标准立方英尺(Btu/sft^3)
h_f	——补充燃料(天然气)的最低热值, 英热单位/标准立方英尺(Btu/sft^3)
h_{flg}	——火炬气体热含量, 英热单位/标准立方英尺(Btu/sft^3)
ΔH	——HAP 的汽化热, 英热单位/(磅 $\cdot$ 摩尔)($\text{Btu}/(\text{lb}\cdot\text{mol})$)
H_{con}	——与 HAP 冷凝相关的焓变化, 英热单位/分(Btu/min)
H_i	——补充的热需要量(由补充燃料提供的热量), 英热单位/分(Btu/min)
H_{load}	——冷凝器热负荷, 英热单位/时(Btu/h)
H_{noncon}	——与不能冷凝的蒸气相关的焓变化, 英热单位/分(Btu/min)
H_{uncon}	——与非冷凝的 HAP 相关的焓变化, 英热单位/分(Btu/min)
H_G	——气体传输装置的高度, 英尺(ft)
H_L	——液体传输装置的高度, 英尺(ft)
H_{OG}	——气体传输装置的高度(基于总的气体薄膜系数), 英尺(ft)
Ht_{column}	——吸收器柱的填料高度, 英尺(ft)

$H_{t\text{ total}}$	——吸收器柱体的总高度,英尺(ft)
HAP_{con}	——冷凝的 HAP 量,磅·摩尔/分(lb·mol/min)
HAP_e	——入口 HAP 浓度,百万分之(几)体积(ppmv)
$HAP_{e,m}$	——进入到冷凝器的排放流中的 HAP 量,磅·摩尔/分(lb·mol/min)
HAP_o	——出口 HAP 浓度,百万分之(几)体积(ppmv)
$HAP_{o,m}$	——冷凝器出口排放流中 HAP 量,磅·摩尔/分(lb·mol/min)
HP	——鼓风机需要功率,马力(hp)
HR	——热交换器的热回收(%)
HRS	——年度运行的小时数(h)
L	——溶剂流量,磅/时(lb/h)
L^*	——溶剂流量(按吸收柱的横截面积计算),磅/(时·平方英尺)(lb/(h·ft ²))
L_{gal}	——溶剂流量,加仑/分(gal/min)
L_{mol}	——溶剂流量,磅·摩尔/分(lb·mol/min)
L_v	——文丘里涤气器中液体流量,加仑/分(gal/min)
$L_v/Q_{e,a}$	——液体对气体之比,加仑/10 ³ 实际立方英尺(gal/10 ³ aft ³)
LEL	——最低爆炸限值(%, 体积)
m	——平衡曲线的斜率
M	——年度维修成本,美元/年(\$/a)
M_e	——排放流湿度(%, 体积)
M_1	——年度维修劳务成本,美元/年(\$/a)
M_2	——年度维修管理成本,美元/年(\$/a)
M_3	——年度维修材料成本,美元/年(\$/a)
MW_{avg}	——混合成分的平均分子量,磅/(磅·摩尔)(lb/(lb·mol))
MW_e	——排放流的平均分子量,磅/(磅·摩尔)(lb/(lb·mol))
MW_{flg}	——火炬气体的平均分子量,磅/(磅·摩尔)(lb/(lb·mol))
MW_{solvent}	——溶剂的分子量,磅/(磅·摩尔)(lb/(lb·mol))
MW_{HAP}	——HAP 的分子量(如果 HAP 是混合存在则为平均分子量),磅/(磅·摩尔)(lb/(lb·mol))
N	——炭床数目
N_{OG}	——气体传输装置的数目(基于总的气体薄膜系数)
O_2	——排放流中的氧含量(%, 体积)
ORD	——纵坐标(公式 4.7—7)
ΔP	——控制系统的总压降,英寸水(inH ₂ O)
ΔP_a	——吸收器柱的压降,磅/(平方英尺·英尺)(lb/(ft ² ·ft))
P_e	——排放流压力,毫米汞(mmHg)
P_{partial}	——排放流中 HAP 分压力,毫米汞(mmHg)
P_{vapor}	——排放流中 HAP 的蒸气压力,毫米汞(mmHg)
ΔP_{total}	——吸收器柱的总压降,英寸水(inH ₂ O)

ΔP_v	——通过文丘里的压降,英寸水(inH ₂ O)
PC	——购置装置成本,美元(\$)
Q_a	——在实际条件下气体流流量,每分钟实际立方英尺(aft ³ /min)
Q_c	——燃烧空气流量,每分钟标准立方英尺(sft ³ /min)
Q_{com}	——进入催化床的混合气体流流量,每分钟标准立方英尺(sft ³ /min)
$Q_{coolant}$	——冷却剂流量,磅/时(lb/h)
$Q_{cool, w}$	——冷却水流量,磅/时(lb/h)
$Q_{e, a}$	——在实际条件下排放流流量,每分钟实际立方英尺(aft ³ /min)
$Q_{e, s}$	——饱和排放流流量,每分钟实际立方英尺(aft ³ /min)
Q_f	——补充燃料(天然气)流量,每分钟标准立方英尺(sft ³ /min)
Q_{ig}	——燃料气体流量,每分钟标准立方英尺(sft ³ /min)
$Q_{ig, a}$	——在实际条件下燃烧气体流量,每分钟实际立方英尺(aft ³ /min)
Q_{fig}	——火炬气体流量,每分钟标准立方英尺(sft ³ /min)
$Q_{fig, a}$	——在实际条件下火炬气体流量,每分钟实际立方英尺(aft ³ /min)
Q_{rec}	——HAP回收量,磅/时(lb/h)
Q_s	——蒸气流量,磅/分(lb/min)
Q_w	——冷却水流量,加仑/分(gal/min)
r	——填料常数
R	——气体常数, = 0.73 立方英尺·大气压/(磅·摩尔·兰氏温度) = 1.987 卡/(克·摩尔·开) (= 0.73ft ³ ·atm/(lb·mol·°R); 1.987cal/(g·mol·°K))
R_{hum}	——相对湿度(%)
R_{ef}	——制冷负荷,吨(ton)
RE	——脱除效率(%)
$RE_{reported}$	——报告的脱除效率(%)
s	——填料常数
S	——年度运行补充成本,美元/年(\$/a)
Sc_G	——HAP排放流的施密特数
Sc_L	——HAP溶剂系统的施密特数
St	——蒸气率,磅蒸气/磅炭(lb蒸气/lb炭)
SV	——空间速度,时(h ⁻¹)
t_c	——除尘时间间隔,分(min)
t_r	——驻留时间,秒(s)
T	——温度,华氏度(°F)
T_c	——燃烧温度,华氏度(°F)
T_{ci}	——进入到催化床的混合气体流的温度,华氏度(°F)
T_{co}	——离开催化床的燃烧气体的温度,华氏度(°F)
T_{con}	——冷却温度,华氏度(°F)

$T_{\text{cool}, i}$	——冷却剂的入口温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
$T_{\text{cool}, o}$	——冷却剂的出口温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_e	——排放流温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
$T_{e, s}$	——饱和排放流温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{flg}	——火炬气体温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{he}	——热交换器之后的排放流温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_r	——参考温度, $= 70$ 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{sti}	——入口的蒸气温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{sto}	——冷却的蒸气出口温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{Wi}	——入口的冷却水温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
T_{Wo}	——出口的冷却水温度, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
ΔT_{LM}	——对数平均温度差, 华氏度($^{\circ}\text{F}$)
Th_{column}	——吸收器柱的厚度, 英尺(ft)
U	——总的热传递系数, 英热单位/(时·平方英尺·华氏度)($\text{Btu}/\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F}$)
U_d	——粒子漂移速度, 英尺/秒(ft/s)
U_{duct}	——气体流在管道中速度, 英尺/分(ft/min)
U_e	——通过炭床的排放流速度, 英尺/分(ft/min)
$U_{e, s}$	——饱和排放流的喉头速度, 英尺/秒(ft/s)
U_{flg}	——火炬气体出口速度, 英尺/秒(ft/s)
U_{max}	——最大的火炬气体速度, 英尺/秒(ft/s)
U_t	——年度公用事业成本, 美元/年($\$/\text{a}$)
V_c	——燃烧室体积, 立方英尺(ft^3)
$V_{\text{炭}}$	——炭床的体积, 立方英尺(ft^3)
V_{bed}	——催化床的体积, 立方英尺(ft^3)
V_{packing}	——吸收器柱填料体积, 立方英尺(ft^3)
W	——粒子负荷, 格令/实际立方英尺(gr/aft^3)
Wt_{column}	——吸收器柱重量, 磅(lb)
$\bar{x}$	——溶剂中的溶质的摩尔分数, $\text{mol 溶质}/(\text{mol 溶质} + \text{mol 溶剂})$
$\bar{X}$	——液体中气体成分的摩尔分数, $\text{mol 溶质}/\text{mol 溶剂}$
$\bar{y}$	——空气中溶质的摩尔分数, $\text{mol 溶质}/(\text{mol 溶质} + \text{mol 空气})$
Y	——填料常数
$\bar{Y}$	——空气中溶质的摩尔分数, $\text{mol 溶质}/\text{mol 空气}$
Z_{bed}	——炭床的厚度, 英尺(ft)
ϵ	——填料常数
λ	——蒸汽汽化的潜热, 英热单位/磅(Btu/lb)
η	——鼓风机效率(%)
ρ_{bed}	——炭床的密度, 磅/立方英尺(lb/ft^3)

ρ_c	——碳钢板的密度, 磅/立方英尺(lb/ft ³)
ρ_G	——气体(排放流)密度, 磅/立方英尺(lb/ft ³)
ρ_L	——溶剂的密度, 磅/立方英尺(lb/ft ³)
θ_{ads}	——吸附周期, 小时(h)
θ_{reg}	——还原周期, 小时(h)
$\theta_{dry-cool}$	——床的干燥与冷却周期, 小时(h)
μ_L	——溶剂粘滞系数, 厘泊(cP)
μ_L''	——溶剂的粘滞系数, 磅/(英尺·时)(lb/ft·h)

a. 本手册使用英制单位, 在很多工程手册中提供了从英制到公制的转换因子。

目 录

术语表	(VII)
第一章 引 言	(1)
1.1 目 的	(1)
1.2 本手册的使用	(2)
1.3 参考文献	(5)
第二章 有害大气污染物的排放及其主要物理性质	(6)
2.1 背 景	(6)
2.2 潜在的 HAPs 和排放源的确定	(8)
2.3 主要排放流性质的识别	(21)
2.4 参考文献	(23)
第三章 控制设备的选择	(27)
3.1 背 景	(27)
3.2 蒸气排放控制	(27)
3.3 微粒排放控制	(44)
3.4 参考文献	(53)
第四章 HAP 控制技术	(55)
4.1 背 景	(55)
4.2 热焚烧	(55)
4.3 催化焚烧	(64)
4.4 火 炬	(75)
4.5 锅炉/工艺加热炉	(80)
4.6 炭吸附	(80)
4.7 吸 收	(91)
4.8 冷 凝	(101)
4.9 织物过滤器	(109)
4.10 静电除尘器	(119)
4.11 文丘里涤气器	(122)
4.12 参考文献	(128)
第五章 成本估算程序	(131)
5.1 目 的	(131)
5.2 总投资	(131)
5.3 年度运行成本	(148)
5.4 参考文献	(154)
附录	(155)
A.1 溶剂使用操作潜在的 HAPs	(157)

B.1	气流参数计算	(160)
B.2	稀释空气需要量的计算	(166)
C.1	HAP 排放流数据表	(167)
C.2	稀释空气需要量计算记录单	(168)
C.3	热焚烧炉的计算记录单	(169)
C.4	催化焚烧炉的计算记录单	(173)
C.5	火炬的计算记录单	(177)
C.6	炭吸附的计算记录单	(180)
C.7	吸收的计算记录单	(184)
C.8	冷凝的计算记录单	(189)
C.9	织物过滤的计算记录单	(193)
C.10	静电除尘器的计算记录单	(195)
C.11	文丘里涤气器计算记录单	(197)
C.12	投资和年度运行费用计算记录单	(199)

插图

- 1-1 咨询步骤
- 1-2 许可证审查步骤

- 2-1 由一个虚拟的企业所产生的六个排放流中的一个排放流(1#)的 HAP 排放流数据格式(部分)
- 2-2 使用具有气压冷凝器的蒸气喷射器的真空蒸馏塔的潜在排放点

- 3-1 加上控制设备后能减少的百分比范围
- 3-2 1# 排放流的流出物性质
- 3-3 2# 排放流的流出物性质
- 3-4 3# 排放流的流出物性质
- 3-5 4# 排放流的流出物性质
- 3-6 5# 排放流的流出物性质
- 3-7 6# 排放流的流出物性质
- 3-8 城市焚烧炉排放的流出物性质

- 4-1 热焚烧炉系统示意图
- 4-2 补充的热需要量与排放流热含量的关系曲线(稀释流或无燃烧空气)
- 4-3 补充的热需要量与排放流热含量的关系曲线(排放流中无氧或最大的燃烧空气)
- 4-4 热交换器尺寸与排放流流量的关系曲线(稀释流或无燃烧空气)
- 4-5 热交换器尺寸与排放流流量的关系曲线(排放流中无氧或最大的燃烧空气)
- 4-6 催化焚烧炉系统示意图(稀释流或无燃烧空气)
- 4-7 补充的热需要量与排放流热含量的关系曲线(稀释流或无燃烧空气)
- 4-8 补充的热需要量与排放流热含量的关系曲线(排放流中无氧或最大的燃烧空气)
- 4-9 热交换器尺寸与排放流热含量的关系曲线
- 4-10 典型的蒸气助式火炬系统
- 4-11 甲苯和活性炭系统的吸附等温线
- 4-12 典型的固定床炭吸附系统
- 4-13 炭需要量与 HAP 入口浓度关系曲线
- 4-14 蒸气需要量与炭需要量的关系曲线
- 4-15 一种典型的逆流式填充塔吸收器系统
- 4-16 无规则填充塔的溢流速度关系曲线
- 4-17 具有恒定吸收因子 AF 的吸收塔的 N_{OG}
- 4-18 典型的带致冷的冷凝系统流程图
- 4-19 蒸气压力-温度关系曲线
- 4-20 文丘里涤气器的收集效率
- 4-21 空气湿度图(温度范围 $0\sim 500^{\circ}\text{F}$ 、压降 29.92inHg)

- 5-1 热焚烧炉的价格
- 5-2 热氧化同流式热交换器的价格
- 5-3 催化焚烧炉的价格(无催化剂)
- 5-4 已装填的炭吸附器的价格
- 5-5 常规的炭吸附器的价格(无炭)
- 5-6 吸收塔的价格
- 5-7 吸收器平台、梯子的价格
- 5-8 冷水冷凝器系统的总投资
- 5-9 制冷冷凝器系统的附加投资
- 5-10 负压型绝热织物过滤器系统的价格(无滤袋)
- 5-11 绝热静电除尘器的价格
- 5-12 文丘里涤气器的价格
- 5-13 文丘里涤气器所需要的碳钢厚度
- 5-14 文丘里涤气器价格调节因子
- 5-15 不同厚度碳钢直管的价格
- 5-16 不同厚度的不锈钢直管的价格
- 5-17 鼓风机的价格
- 5-18 碳钢烟囱的价格(1/4 in 板)
- 5-19 碳钢烟囱的价格(5/16 in~3/8 in 板)

表 格

- 2-1 溶剂使用操作的潜在 HAPs 和排放源
- 2-2 冶金工业中潜在的 HAPs 和排放源
- 2-3 SOCOMI 的排放源
- 2-4 无机化学工业潜在的 HAPs 和排放源
- 2-5 化学产品工业潜在的 HAPs 和排放源
- 2-6 矿产工业潜在的 HAPs 和排放源
- 2-7 木材产品工业潜在的 HAPs 和排放源
- 2-8 石油相关工业潜在的 HAPs
- 2-9 石油精炼工业潜在的 HAPs
- 2-10 石油相关工业的排放源
- 2-11 燃烧源潜在的 HAPs 和排放源
- 2-12 有机蒸气排放的主要性质
- 2-13 无机蒸气排放的主要性质
- 2-14 微粒排放的主要性质

- 3-1 点源有机蒸气控制技术选择中排放流和 HAP 的主要性质
- 3-2 各种无机蒸气的现行控制方法
- 3-3 捕获速度范围
- 3-4 控制有机区域瞬时排放源的控制效率汇总
- 3-5 微粒排放流的主要性质
- 3-6 微粒控制设备的优缺点
- 3-7 用于转运设备和输送设备排放源的控制技术
- 3-8 装卸料操作的控制技术
- 3-9 用于工厂道路的控制技术
- 3-10 用于敞开型贮料堆的控制技术
- 3-11 用于废物处置场的控制技术

- 4-1 热焚烧炉系统的设计变量
- 4-2 热焚烧炉的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-3 催化焚烧炉系统的设计变量
- 4-4 催化焚烧炉系统的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-5 火炬气体出口速度
- 4-6 火炬的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-7 炭吸附器系统设计变量
- 4-8 炭吸附器的计算值和许可证申请者提供值的比较

- 4-9 吸收器的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-10 冷却剂选择
- 4-11 冷凝器的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-12 织物过滤中所用的几种织物的特性
- 4-13 织物过滤器集尘袋清理方法的比较
- 4-14 粉尘和烟尘相应的不同的清理方法的空气-织物比(A/C)
- 4-15 由织物净面积转换到织物总面积使用的因子
- 4-16 织物过滤器的计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-17 不同微粒应用的典型的漂移速度值
- 4-18 ESPS 计算值和许可证申请者提供值的比较
- 4-19 典型文丘里涤气器应用的压降值
- 4-20 用于文丘里涤气器应用的典型结构材料
- 4-21 文丘里涤气器的计算值和许可证申请者提供值的比较

- 5-1 主要设备的设计参数和成本曲线的图号
- 5-2 化学工程制造设备(FE)成本指数
- 5-3 不同材料的单价
- 5-4 吸收器系统的填料价格
- 5-5 滤袋价格
- 5-6 辅助装置的设计参数和成本曲线图的图号
- 5-7 通过控制系统不同组成部分的压降
- 5-8 总投资要素和相应的因子
- 5-9 计算年度费用的单价
- 5-10 各种控制技术的正常运行消耗材料或替代品
- 5-11 外加的正常运行消耗(材料)需要量
- 5-12 估算的每工作班劳务小时数和装置平均寿命