

# 焦炉煤气净化生产 设计手册

鞍山立信焦耐工程技术有限公司 编

范守谦 主编 谢兴衍 副主编



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 焦炉煤气净化生产 设计手册

中国石化集团北京燕山石化公司设计部 编

北京燕山石化设计院 编 中国石化出版社

中国石化出版社

# 焦炉煤气净化生产设计手册

鞍山立信焦耐工程技术有限公司 编

范守谦 主 编

谢兴衍 副主编

北 尔

冶金工业出版社

2012

## 内 容 提 要

本手册分为两篇，上篇主要介绍焦炉煤气净化工艺和工艺计算，下篇主要是焦炉煤气净化工艺常用理化数据。手册内容涵盖了焦炉煤气冷却、脱萘及焦油氨水分离、剩余氨水蒸馏、焦炉煤气中氨的回收、焦炉煤气脱苯及粗苯蒸馏和焦炉煤气脱硫脱氰等工序。本手册不仅详细介绍了焦炉煤气净化各生产工序的工艺特点和理论基础，总结了工业生产操作中的实践经验，而且还列出了各工序详细的工艺操作指标和设计参数，对现场生产的操作人员具有很好的指导意义。

本手册可供焦化行业的工程和生产技术人员使用，也可供科研、设计和教学方面的有关人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

焦炉煤气净化生产设计手册/范守谦主编；鞍山立信  
焦耐工程技术有限公司编. —北京：冶金工业出版社，  
2012. 7

ISBN 978-7-5024-5901-7

I. ①焦… II. ①范… ②鞍… III. ①焦炉煤气—  
净化—技术手册 IV. ①TQ546.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 111716 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 谢冠伦 美术编辑 彭子赫 版式设计 葛新霞

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5901-7

三河市双峰印刷装订有限公司印刷；冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销

2012 年 7 月第 1 版，2012 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16；23.25 印张；557 千字；355 页

88.00 元

冶金工业出版社投稿电话：(010)64027932 投稿信箱：tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话：(010)64044283 传真：(010)64027893

冶金书店 地址：北京东西大街 46 号(100010) 电话：(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

# 序

我国已是世界第一焦炭生产和消费大国，全国有 800 多家焦化厂和不少从事焦化设计和科研的单位。焦炉煤气净化是焦化生产中的重要组成部分。改革开放以来，我国焦炉煤气净化的工艺技术和装备水平有了跨越式的发展，国际上该领域的先进技术和研发动向，国内业者也都了然于胸。

《焦炉煤气净化生产设计手册》是一部焦炉煤气净化技术方面的专业工具书，本书以总结焦炉煤气净化工艺的生产实用技术为主线，系统地阐述了焦炉煤气净化工艺的基本原理、特点和主要设备结构，内容丰富，数据翔实，图文并茂，表达到位。作者以其在该领域深厚的技术功底，使本书在以下三个方面体现了作者的匠心独具：一是理论与生产实践结合、工艺流程与主要设备结构结合，对焦炉煤气净化工艺中各工序特点、操作指标、设计参数和优缺点都以国内的生产实践为依据进行了评述。其中，焦炉煤气脱硫技术中的 FAS 法煤气脱硫工艺就是由作者研发的新工艺，并已有工业生产装置在运行，愿其成为焦炉煤气脱硫脱氰工艺的新秀；二是系统而全面介绍了焦炉煤气净化各工序生产装置的工艺计算，实属可贵；三是汇集了与焦炉煤气净化工艺技术有关的常用理化数据，这是作者的用心之举。因而，这部手册是焦炉煤气净化工艺技术的工具书，对初入本领域者是一本如良师益友般的教科书；对有一定资历的从业者，也有助于其对本领域技术加深理解，充实提高。

相信本手册的问世，将对从事焦炉煤气净化工艺的企业技术人员、设计、科研人员以及职业学校和高等院校的师生均有参考价值，并将从中获益。

原鞍山焦化耐火材料设计研究总院院长  
中国炼焦行业协会原常务副理事长

钟英飞

2011 年 9 月

# 前 言

改革开放以来，伴随着我国钢铁工业的飞速发展，焦化行业也取得了辉煌成就，在国际焦化领域占有重要的位置，特别是焦炉煤气净化技术的发展更快，从引进国外先进的净化技术到消化吸收，并加以改进创新，我国的焦炉煤气净化工艺技术及装备水平得到了极大的提高和完善。


目前，随着焦化科技人员的不断更新，老一代的焦化工作者正陆续退居二线，大批年轻的技术人员已走上了教育、生产、科研和设计的第一线。为及时总结以往取得的生产、科研和设计的成果，供广大的焦化工作者学习参考，我公司特别聘请鞍山焦化耐火材料设计研究总院原副总工程师范守谦教授等老专家编写了《焦炉煤气净化生产设计手册》一书，奉献给焦化同行参考。本书在编写过程中，得到了焦化界老前辈和有关专家的大力支持和帮助，在此，谨向他们表示衷心的感谢。

本手册分为上、下两篇，详细介绍了各生产工序的工艺特点和理论基础，总结了工业生产操作中的实践经验，而且还列出了焦炉煤气净化工艺各工序详细的操作指标和设计参数，对生产现场的操作人员具有很好的指导意义。

为满足在校学生和现场技术人员进行工艺计算的需要，手册特别编写了各生产工序的计算书，详细计算了各工艺过程的工艺参数、主要设备的操作指标及尺寸。应用此计算书的计算结果，可直接用于煤气净化工艺及设备的技术革新和工艺改造，这是以前各类工具书难以做到的。书的下篇还收集了许多焦炉煤气净化工艺常用理化数据，以便于读者查阅。

总之，本书具有较强的实用性，可作为焦化企业的技术人员、设计研究工作者和在校学生的工具书。

由于我们的水平所限，书中存在的不足之处，敬请读者批评指正。

鞍山立信焦耐工程技术有限公司董事长 

2011年8月

# 目 录

## 上篇 焦炉煤气净化工艺和工艺计算

<b>1 焦炉煤气净化工艺的综述</b> .....	(3)
1.1 荒煤气的组成 .....	(3)
1.1.1 水汽 .....	(3)
1.1.2 干煤气 .....	(4)
1.1.3 杂质 .....	(4)
1.2 煤气净化装置的功能 .....	(5)
1.2.1 荒煤气中化学产品的产率 .....	(5)
1.2.2 通用设计数据 .....	(5)
1.2.3 煤气处理量的计算 .....	(6)
1.2.4 净煤气的质量指标 .....	(6)
1.3 煤气净化装置组成及净化工艺的组合 .....	(7)
1.3.1 脱硫负压操作的工艺流程 .....	(7)
1.3.2 脱硫正压操作的工艺流程 .....	(7)
1.3.3 真空碳酸盐法脱硫的工艺流程 .....	(7)
1.4 煤气净化设施各装置的工艺技术简介 .....	(8)
1.4.1 冷凝鼓风机装置 .....	(8)
1.4.2 剩余氨水蒸馏 .....	(8)
1.4.3 煤气脱硫装置 .....	(8)
1.4.4 煤气脱氨装置 .....	(8)
1.4.5 煤气终冷及脱苯装置 .....	(9)
<b>2 焦炉煤气的冷却、脱萘及焦油氨水分离</b> .....	(10)
2.1 焦炉煤气的冷却 .....	(10)
2.1.1 焦炉煤气的冷却工艺 .....	(10)
2.1.2 选用横管初冷器设计时的注意事项 .....	(13)
2.2 焦炉煤气脱萘 .....	(14)
2.2.1 焦炉煤气脱萘的工艺流程 .....	(15)
2.2.2 脱萘工序的控制要点及操作指标 .....	(16)
2.3 焦油氨水分离 .....	(17)

2.3.1	带有二段脱渣的焦油氨水分离工艺	(17)
2.3.2	沉降除渣和静置分离工艺	(18)
2.3.3	带压力焦油脱水的焦油氨水分离工艺	(18)
2.4	煤气中焦油雾的分离	(19)
2.4.1	电捕焦油器的配置	(19)
2.4.2	电捕焦油器沉淀极的形式	(20)
2.5	煤气初冷及焦油氨水分离工艺的推荐流程	(20)
2.6	工艺操作指标及设计参数	(21)
2.6.1	两段横管初冷器的工艺操作指标	(21)
2.6.2	冷凝鼓风机装置的工艺设计参数	(21)
2.7	煤焦油的产品质量指标	(22)
2.8	焦炉集气管的工艺计算	(22)
2.8.1	基本数据	(23)
2.8.2	集气管计算	(23)
2.8.3	初冷器的物料平衡	(26)
2.8.4	集气管与初冷器的水平衡	(27)
2.9	两段横管初冷器的工艺计算	(28)
2.9.1	物料衡算	(28)
2.9.2	热量衡算	(31)
2.9.3	两段横管初冷器的传热面积计算	(33)
<b>3</b>	<b>剩余氨水蒸馏</b>	<b>(37)</b>
3.1	剩余氨水量及其组成	(37)
3.1.1	剩余氨水量	(37)
3.1.2	其他装置送来的工艺废水	(37)
3.2	剩余氨水除油	(38)
3.2.1	剩余氨水的过滤除油	(38)
3.2.2	剩余氨水的气浮除油	(39)
3.3	剩余氨水的蒸馏工艺	(40)
3.3.1	直接蒸氨工艺	(40)
3.3.2	间接蒸氨工艺	(41)
3.3.3	各种剩余氨水蒸馏工艺的经济比较	(43)
3.3.4	剩余氨水蒸馏工艺的选择	(44)
3.4	剩余氨水蒸馏的操作要点及操作制度	(44)
3.4.1	剩余氨水蒸馏的操作要点	(44)
3.4.2	剩余氨水蒸馏的操作指标及操作制度	(44)
<b>4</b>	<b>焦炉煤气中氨的回收</b>	<b>(45)</b>
4.1	硫铵生产工艺	(45)



4.1.1	硫铵生产的机理	(45)
4.1.2	喷淋式饱和器法生产硫铵	(46)
4.1.3	酸洗法生产硫铵	(48)
4.2	磷铵吸收法生产无水氨工艺	(51)
4.2.1	无水氨生产的基本原理	(51)
4.2.2	无水氨生产工艺	(52)
4.2.3	磷铵吸收法生产无水氨的操作要点	(53)
4.3	水洗氨-蒸氨-氨分解工艺	(54)
4.3.1	水洗氨-蒸氨的基本原理	(54)
4.3.2	水洗氨-蒸氨工艺	(55)
4.3.3	氨分解工艺	(55)
4.3.4	水洗氨-蒸氨-氨分解装置的操作要点	(56)
4.4	操作指标及设计参数	(57)
4.4.1	喷淋式饱和器生产硫铵装置的工艺操作指标及设计参数	(57)
4.4.2	酸洗法生产硫铵装置的工艺操作指标及设计参数	(58)
4.4.3	无水氨生产装置的工艺操作指标及设计参数	(59)
4.4.4	水洗氨-蒸氨-氨分解装置的工艺操作指标及设计参数	(60)
4.5	氨回收产品的质量指标	(61)
4.5.1	硫铵的质量标准	(61)
4.5.2	无水氨的质量标准	(62)
4.6	喷淋式饱和器生产硫铵装置的工艺计算	(62)
4.6.1	基础数据	(62)
4.6.2	氨的平衡	(63)
4.6.3	饱和器的水平衡	(63)
4.6.4	饱和器的物料平衡	(64)
4.6.5	饱和器温度制度的确定	(65)
4.6.6	饱和器的热平衡	(65)
4.6.7	饱和器基本尺寸的计算	(68)
4.6.8	煤气预热器	(69)
4.6.9	采用母液加热时的工艺计算	(70)
4.7	酸洗法生产硫铵装置的工艺计算	(72)
4.7.1	基础数据	(72)
4.7.2	酸洗塔	(73)
4.7.3	蒸发器	(85)
4.7.4	蒸汽喷射系统	(87)
4.8	磷铵吸收法生产无水氨装置的工艺计算	(92)
4.8.1	基础数据	(92)
4.8.2	物料平衡及热平衡	(92)
4.8.3	主要设备选择	(97)

4.9	洗氨-蒸氨-氨分解装置的工艺计算	(100)
4.9.1	洗氨塔	(100)
4.9.2	蒸氨塔	(103)
4.9.3	氨气分凝器	(106)
4.9.4	氨分解装置	(107)
5	焦炉煤气脱苯及粗苯蒸馏	(118)
5.1	焦炉煤气脱苯	(118)
5.1.1	焦炉煤气最终冷却	(119)
5.1.2	焦炉煤气脱苯	(120)
5.2	粗苯蒸馏	(122)
5.2.1	单塔生产粗苯工艺	(123)
5.2.2	单塔生产轻苯工艺	(127)
5.2.3	双塔生产轻苯工艺	(128)
5.3	操作指标及设计参数	(128)
5.3.1	横管式煤气终冷和粗苯洗涤装置的工艺操作指标及设计参数	(128)
5.3.2	粗苯蒸馏装置的工艺操作指标及设计参数	(129)
5.4	苯类产品的质量指标	(131)
5.5	煤气终冷和粗苯洗涤装置的工艺计算	(131)
5.5.1	煤气终冷的工艺计算	(131)
5.5.2	粗苯洗涤的工艺计算	(135)
5.6	粗苯蒸馏装置的工艺计算	(138)
5.6.1	原始资料及数据	(138)
5.6.2	脱苯塔的工艺计算	(139)
5.6.3	管式炉的工艺计算	(146)
5.6.4	再生器的工艺计算	(149)
6	焦炉煤气脱硫脱氰	(152)
6.1	HPF法煤气脱硫脱氰	(152)
6.1.1	HPF法煤气脱硫脱氰的反应机理	(153)
6.1.2	HPF法煤气脱硫脱氰的工艺流程	(153)
6.1.3	脱硫废液的处理	(154)
6.1.4	HPF法脱硫装置的操作制度	(155)
6.1.5	HPF法脱硫装置的操作要点	(156)
6.1.6	对HPF法脱硫工艺的评价	(156)
6.2	氨硫循环洗涤法煤气脱硫	(157)
6.2.1	氨和硫化氢的洗涤装置	(157)
6.2.2	脱酸蒸氨装置	(158)
6.2.3	氨分解和硫回收装置	(159)

6.2.4	对氨硫循环洗涤法煤气脱硫工艺的评述	(161)
6.3	真空碳酸钾法煤气脱硫	(162)
6.3.1	真空碳酸钾法煤气脱硫的基本原理	(162)
6.3.2	真空碳酸钾法煤气脱硫的工艺流程	(162)
6.3.3	真空碳酸钾法煤气脱硫的操作制度	(163)
6.3.4	真空碳酸钾法煤气脱硫的操作要点	(163)
6.3.5	对真空碳酸钾法煤气脱硫的评述	(164)
6.4	采用压力脱酸的氨水法煤气脱硫脱氰	(164)
6.4.1	FAS 法煤气脱硫的工艺流程	(164)
6.4.2	压力脱酸氨水脱硫工艺的基本原理	(165)
6.4.3	脱硫装置的正常操作及生产调整	(167)
6.4.4	FAS 法煤气脱硫新工艺的特点	(168)
6.5	改良 ADA 法煤气脱硫脱氰	(168)
6.5.1	改良 ADA 法煤气脱硫和再生	(169)
6.5.2	脱硫废液的处理	(169)
6.5.3	改良 ADA 法脱硫的主要特点	(170)
6.6	其他的焦炉煤气脱硫方法	(171)
6.6.1	TH 法煤气脱硫脱氰	(171)
6.6.2	FRC 法煤气脱硫脱氰	(172)
6.6.3	索尔菲班法煤气脱硫脱氰	(175)
6.7	煤气脱硫装置的工艺操作指标及设计参数	(176)
6.7.1	HPF 法煤气脱硫装置的工艺操作指标及设计参数	(176)
6.7.2	AS 法煤气脱硫装置的工艺操作指标及设计参数	(176)
6.7.3	脱酸蒸氨装置的工艺操作指标及设计参数	(177)
6.7.4	硫回收装置的工艺操作指标及设计参数	(178)
6.7.5	FAS 法煤气脱硫装置的工艺操作指标及设计参数	(179)
6.7.6	改良 ADA 法煤气脱硫装置的工艺操作指标及设计参数	(180)
6.8	FAS 法煤气脱硫装置的工艺计算	(181)
6.8.1	基本数据	(181)
6.8.2	物料平衡及热平衡	(181)
6.8.3	主要设备选择	(190)
6.9	AS 法煤气脱硫装置的工艺计算	(195)
6.9.1	基本数据	(195)
6.9.2	脱硫塔	(196)
6.9.3	洗氨塔	(199)
6.9.4	AS 法脱硫单元物料平衡	(200)
6.9.5	脱酸塔	(200)
6.9.6	挥发氨蒸氨塔	(207)
6.9.7	固定铵蒸氨塔	(209)

6.9.8	硫化氢洗涤水冷却器 .....	(212)
6.9.9	富液换热器 .....	(212)
6.9.10	贫液冷却器 .....	(214)
6.9.11	挥发氨蒸氨塔废水冷却器 .....	(214)
6.9.12	固定铵蒸氨塔废水冷却器 .....	(214)
6.9.13	剩余氨水冷却器 .....	(215)
6.10	从酸性气体中回收硫黄装置的工艺计算 .....	(215)
6.10.1	基础数据 .....	(215)
6.10.2	克劳斯炉 .....	(217)
6.10.3	废热锅炉 .....	(225)
6.10.4	I 段硫反应器 .....	(231)
6.10.5	过程气换热器 .....	(233)
6.10.6	I 段硫冷凝器 .....	(235)
6.10.7	II 段硫反应器 .....	(238)
6.10.8	II 段硫冷凝器 .....	(241)
6.10.9	克劳斯炉尾气的处理装置 .....	(244)
6.10.10	液硫池 .....	(247)
6.10.11	硫黄贮斗 .....	(247)
6.11	改良 ADA 法煤气脱硫装置的工艺计算 .....	(247)
6.11.1	基础数据 .....	(247)
6.11.2	物料衡算 .....	(247)
6.11.3	脱硫塔 .....	(248)
6.11.4	再生塔 .....	(249)
6.11.5	反应槽 .....	(250)
6.11.6	溶液加热器 .....	(250)
6.11.7	事故槽 .....	(251)
6.11.8	硫泡沫槽 .....	(251)
6.11.9	熔硫釜 .....	(252)
6.12	粗制硫代硫酸钠及粗制硫氰酸钠生产装置的工艺计算 .....	(253)
6.12.1	真空蒸发器 .....	(253)
6.12.2	冷凝冷却器 .....	(254)
6.12.3	结晶槽 .....	(255)
6.12.4	冷冻机 .....	(256)

## 下篇 焦炉煤气净化工艺常用理化数据

7	焦炉煤气和煤焦油的性质 .....	(259)
8	氨的性质 .....	(274)

---

9 硫酸和硫酸铵溶液的性质 .....	(284)
10 粗苯、苯、甲苯、二甲苯的性质 .....	(293)
11 水和蒸汽的性质 .....	(302)
12 气体的性质 .....	(345)
13 NaOH 和 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液的性质 .....	(348)
14 其他 .....	(351)
参考文献 .....	(355)

上 篇

# 焦炉煤气净化工艺和 工艺计算



# 1 焦炉煤气净化工艺的综述

焦炉煤气净化是将焦炉炭化室中产生的粗煤气进行净化处理，除去杂质后得到净煤气的同时回收各种化学产品的技术。

粗煤气是装炉煤在焦炉中干馏时产生的混有水汽、干煤气以及各种杂质的混合气，粗煤气又称荒煤气。

## 1.1 荒煤气的组成

荒煤气的组成十分复杂，归纳起来有以下三大部分，即水汽、干煤气和杂质。荒煤气中的水汽是由两部分组成的，一是装炉煤中的水分；二是煤干馏时的热解水（也称化合水）。这些水分将决定煤气净化系统的剩余氨水的量。水汽的含量一般以露点来衡量。

### 1.1.1 水汽

在焦炉集气管内，荒煤气和喷洒的氨水相互作用，将荒煤气的温度从 650 ~ 750℃ 冷却到 80 ~ 90℃。实际上，焦炉煤气在集气管中的冷却过程是很复杂的，它伴随着热交换过程和物质交换过程。在煤气冷却时所释放出的热量，大部分用于氨水的蒸发上，小部分消耗在氨水的加热上。集气管的热平衡分析表明，消耗在氨水加热上的热量约占煤气冷却时放出热量的 13.3%，蒸发氨水的热量约占 77.0%，上述两项之和为 90.3%。热损失约占 9.7%。焦炉煤气被冷却的温度限度相当于湿球温度，即荒煤气被冷却的露点。

送往集气管喷洒的循环氨水的温度取决于进入集气管的煤气露点温度。一般进入集气管的煤气露点在 68℃ 左右，循环氨水的温度应比进入集气管的煤气露点高出 5 ~ 10℃，以保证水分蒸发的推动力。因此，循环氨水的温度不得低于 75℃。

焦炉煤气离开集气管的露点温度与装炉煤水分和煤气温度的关系见表 1-1。

表 1-1 焦炉煤气离开集气管的露点温度与装炉煤水分和煤气温度的关系

煤气温度 /℃	焦炉煤气离开集气管的露点温度/℃				
	0	4%	8%	12%	14%
650	73.5	78.5	82.0	84.8	86.0
700	75.0	79.5	82.8	85.3	86.4
750	76.3	80.5	83.6	85.8	86.8

在其他条件相同的前提下，按装炉煤水分 10% 和 13% 两种数据进行集气管和初冷器的计算可得出，装炉煤水分由 10% 增加到 13% 以后，送往初冷器的煤气露点温度就由 83.9℃ 上升至 85.9℃，相应进入初冷器的热量由 86595.5MJ/h 增加到 101043.7MJ/h，初



冷器的热负荷增加了 16.7%，初冷器的用水量和面积均相应增加。此外，剩余氨水量也相应增加了 30%。通常，露点温度每升高 1℃，总的热负荷增加 9%~10%。所以，离开集气管荒煤气的露点温度的选取对初冷器的设计有很大影响。一般露点温度在初冷器计算时不应低于 83℃。

### 1.1.2 干煤气

干煤气是焦炉煤气的主要组成部分，主要有  $H_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、 $C_mH_n$ 、 $O_2$  等气体，其主要成分是  $H_2$  和  $CH_4$ 。干煤气的组成及产率与装炉煤的质量及炼焦操作条件有关，最主要的影响因素是装炉煤的挥发分含量。干煤气的一般组成见表 1-2。

表 1-2 干煤气的组成 (体积分数/%)

名称	$H_2$	$CH_4$	$CO$	$N_2$	$CO_2$	$C_mH_n$	$O_2$
组成	55~60	25~30	5~7	2.5~3.5	2~3	2~3	0.3~0.5

通常情况下，煤气发生量与装炉煤挥发分含量的关系见表 1-3。

表 1-3 煤气发生量与装炉煤挥发分含量的关系

干基挥发分 $V_d/\%$	22	24	26	28	30	32	34	36
干煤气产率/ $m^3 \cdot t^{-1}$ (干煤)	280	300	320	340	360	380	400	420

### 1.1.3 杂质

在荒煤气中，除水汽、干煤气外主要是杂质，其组成十分复杂，一般的杂质及其含量如下：

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| (1) 焦油                | 65~125g/m <sup>3</sup>             |
| (2) 含氮化合物             |                                    |
| 氨 ( $NH_3$ )          | 6~9g/m <sup>3</sup>                |
| 氰化氢 (HCN)             | 0.5~1.5g/m <sup>3</sup>            |
| 吡啶 ( $C_5H_5N$ )      | 1~3g/m <sup>3</sup>                |
| 一氧化氮 (NO)             | 1~4cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> |
| (3) 含硫化物              |                                    |
| 硫化氢 ( $H_2S$ )        | 4~7g/m <sup>3</sup>                |
| 二硫化碳 ( $CS_2$ )       | 0.3~0.5g/m <sup>3</sup>            |
| 碳氧硫 (COS)             | 0.1~0.2g/m <sup>3</sup>            |
| 噻吩 ( $C_4H_4S$ )      | 0.1~0.15g/m <sup>3</sup>           |
| 硫醇 ( $C_nH_{2n+2}S$ ) | 约 0.1g/m <sup>3</sup>              |
| 二氧化硫 ( $SO_2$ )       | 约 0.05g/m <sup>3</sup>             |
| (4) 含氧化合物             |                                    |
| 酚及其同系物 ( $C_6H_5OH$ ) | 2~4g/m <sup>3</sup>                |