

空气
污染
控制
设备
指南

〔美〕路易斯·西奥多·安东尼·J·布尼科尔 编

中国石化出版社



X 10.5
X 06

空气污染控制设备指南

〔美〕 路易斯·西奥多 编
安东尼·J·布尼科尔

黄定生 译

李文振 校

中国石化出版社

(京)新登字048号

内 容 提 要

本书是一本实用的现场工作指导书,全面、系统地介绍了工业中常用各种空气污染控制设备的结构、性能及应用场合,包括吸收塔、吸附器、焚烧炉、冷凝器、机械集尘装置、袋滤器、湿式洗涤塔、静电除尘设备、烟道气脱硫系统以及烟囱等。书中内容与生产实际紧密结合,从设备选型、设计、安装、操作到维修保养和生产的角度,提供了极有参考价值的数据和资料。

本书可供从事环境保护设备设计、制造、使用的工程技术人员、管理及采购人员、以及高等院校相关专业师生参考。

Air Pollution Control Equipment: Selection,
Design, Operation and Maintenance
Louis Theodore and Anthony J. Buonicore

© 1982 by Prentice-Hall, Inc

空气污染控制设备指南

【美】 路易斯·西奥多 编
安东尼·J·布尼科尔
黄定生 译
李文振 校

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码: 100029)

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 13¹/₈印张 373千字 印1—5000

1992年3月北京第1版 1992年3月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-227-0/TQ·117 定价: 8.60元

序 言

利用技术装备而实现的空气污染控制方案，应当能使全部费用转化成效益。但若不下决心在操作与维修上大做文章，就达不到这一目的。无论采用哪一种控制技术，都必须保证在任何复杂的条件下操作可靠。因此，只要操作性能达到最优化，或者与最优化水平相接近，就能保持操作的连续性。遗憾的是，实际控制技术本身还达不到这样高的水平。高水平控制效率不仅来源于可靠的工程实践，而且来源于操作与维修工序。本书涉及到这两方面的内容，书中特别注重实际，且通俗易懂。作者根据自己丰富的经验以及渊博的知识，其中包括学术上与工业上接触到的空气污染控制方面的知识编写此书。适当地运用本书所阐述的经典原理，对取得并维持空气污染控制设备的有效性、效率以及经济效益这些重要参数将大有帮助。

爱德华·弗雷德里克

(Edward Frederick)

〔美〕空气污染控制协会技术理事

值此主体设备与能源价格飞涨之时，几乎各行各业都被迫对其设备进行保养与维修。各种设备中，了解最少而且最易忽视的或许要数由法规管理的空气污染控制装置了。这些装置发生故障时会引起运行中断、减产和受罚。这部杰作将作为空气污染控制设备用户的参考指导书。本书虽然也包括选择与设计方面的资料，但主要将帮助读者解决控制操作、检查与维修中的一些问题。西奥多(Theodore)和布尼科尔(Buonicore)先生与本领域一

些知名权威合编了这部著作。应当向他们表示庆贺。特约撰稿作者分工撰写了论述主要污染控制设备及系统各章。本书内容将使读者熟悉基本操作原理，并概述卓有成效的维修方法。同时，对于管理干部或者有志于成为管理者的人，本书是一部必读物。我与乐意向工作在空气污染控制领域的人们积极推荐这部书。

H·L·恩格尔布雷希特(H. L. Engelbrecht)

〔美〕 Wheelabrator-Frye公司

空气污染控制分公司工程理事

前 言

随着1970年《空气净化法》的颁布，空气污染控制装置数量急剧增多。论述用各种不同控制装置以提高集尘效率的文章虽然不少，但对有利于降低维修费用和防止集尘器效率降低所需技术的筛选整理，却还是一大空白。

虽然本书涉及的是设计与选择，但也想着重讨论一下操作与维修，兼而探讨空气污染控制设备用户常感到苦恼的许多经常遇到的问题。这些问题的存在常常是由于工艺过程太复杂，其中也与操作技术还不够成熟有关。无论如何，本书将着重研究这些因素在什么样的场合、怎样严重地影响控制装置的保养。

用户对操作与维修问题感到苦恼已有近100年了。自从70年代初期以来，这些问题的数量和复杂性大致以指数曲线的趋势增长。70年代曾产生过高效率的设计，常常包含更多的部件，安排也更加复杂，从而没有时间为培训现场技术人员和工程师去摸索这些用来处理气体与颗粒的较新型装置的问题(从而加以解决)。虽然最近几年集中精力于更好地了解空气污染控制设备，遗憾的是最后却得出了本末倒置的结论。

空气污染控制装置会占去工业设备的大部分投资。控制设备的寿命与操作特性已成为保证成套装置操作经济合理的重要条件，显而易见，这就需要有可靠而且周密考虑的操作与保养方法。一套特定装置的成败常常取决于对这一方法或与它等效的手段的执行情况。标准的控制设备操作应包括开机与停机的准确步骤，还应当包括对于故障处理以及改善操作所提供的指导。设备投入运行后，只要一出故障就要分析找出主要原因，同时，有必要取得第一手数据资料来制订维修工序和提出备用部件需要量。

虽然各种工业、工厂以及各个工艺流程对保养措施的具体要求有所不同，但一些基本的步骤与程序都是通用的。这些共同点包括安全操作、检查方法以及确定检查与保养的责任制。

本书的内容以探讨撰写本题材时所遵循的总体指导思想，和通用的论述格调为序幕。第二章单独讨论空气污染控制设备选择的程序。其余部分共分十章，每章专门论述一种特定的控制装置或工艺过程。从第三章开始，将要研究的空气污染控制设备顺序如下：吸收塔、吸附器、焚烧炉、冷凝器、旋风分离器、袋滤器、洗涤器以及静电除尘装置。烟道气脱硫系统将放在第十一章讨论。本书最后一章(第十二章)有关烟囱的内容非常重要。各章在讨论该章专题控制装置的操作与维修特性时，编排格式都颇为类似。所要讨论的内容为控制装置描述、设计程序、安装、操作、维修以及改善操作效率的方法。

掌握各章中所论述的知识，不仅对工业上采用的空气污染控制设备的正确操作与维修，而且对它们的设计与选用都极为必要。本书将使读者对空气污染控制设备系统本身和影响该系统操作与维修的因素都能获得更深刻的了解。从目前和将来对空气污染控制管理严格要求的观点来看，这类知识是必不可少的。

路易斯·西奥多 (Louis Theodore)

安东尼·J·布尼科尔 (Anthony J. Buonicore)

目 录

第一章 绪论 1	3.5 维修..... 70
1.1 关于本书..... 1	3.6 操作与性能改善..... 73
1.2 操作与维修程序要求..... 1	3.7 结论..... 75
1.3 维修程序..... 2	3.8 参考文献..... 76
1.4 系统描述.....10	第四章 吸附器 77
1.5 污染源取样.....11	4.1 控制装置描述..... 77
1.6 记录.....12	4.2 设计程序..... 93
1.7 人员.....14	4.3 安装程序.....105
1.8 安全.....16	4.4 操作.....114
第二章 选用空气污染控制设备时的考虑因素17	4.5 维修.....124
2.1 引言.....17	4.6 操作与性能改善.....126
2.2 选择控制设备时考虑的因素.....18	4.7 结论.....135
2.3 设计程序概述.....21	4.8 符号说明.....137
2.4 通用控制设备比较.....24	4.9 参考文献.....138
2.5 特种工业用控制设备选择.....30	第五章 焚烧炉139
2.6 空气污染控制规章概述.....30	5.1 控制装置介绍.....139
2.7 参考文献.....45	5.2 设计程序.....144
第三章 吸收塔46	5.3 安装步骤.....149
3.1 控制装置描述.....46	5.4 操作.....150
3.2 设计程序.....49	5.5 维修.....154
3.3 安装程序.....62	5.6 操作与性能改善.....156
3.4 操作.....66	5.7 结论.....156
	5.8 符号说明.....156
	5.9 参考文献.....157
	第六章 冷凝器158
	6.1 控制装置描述.....158
	6.2 设计程序.....163

6.3 安装程序.....	168	9.5 维修.....	274
6.4 操作.....	169	9.6 操作与性能改善.....	276
6.5 维修.....	171	9.7 结论.....	289
6.6 操作与性能改善.....	173	9.8 符号说明.....	290
6.7 结论.....	174	9.9 参考文献.....	290
6.8 符号说明.....	174	第十章 静电除尘器装置.....	291
6.9 参考文献.....	175	10.1 控制装置描述.....	291
第七章 机械集尘装置.....	176	10.2 设计程序.....	301
7.1 控制装置描述.....	176	10.3 安装程序.....	317
7.2 设计程序.....	182	10.4 操作.....	322
7.3 安装程序.....	187	10.5 维修.....	339
7.4 操作.....	187	10.6 操作与性能改善.....	352
7.5 维修.....	193	10.7 结论.....	364
7.6 操作与性能改善.....	196	10.8 符号说明.....	366
7.7 结论.....	197	10.9 参考文献.....	366
7.8 符号说明.....	197	第十一章 烟道气脱硫系统.....	368
7.9 参考文献.....	198	11.1 控制装置描述.....	368
第八章 袋式过滤器.....	199	11.2 设计程序.....	373
8.1 控制装置描述.....	199	11.3 安装程序.....	378
8.2 设计程序.....	211	11.4 操作.....	379
8.3 安装程序.....	219	11.5 维修.....	385
8.4 操作.....	225	11.6 操作与性能改善.....	386
8.5 维修.....	230	11.7 结论.....	386
8.6 操作与性能改善.....	237	11.8 参考文献.....	388
8.7 结论.....	240	第十二章 烟囱.....	390
8.8 参考文献.....	240	12.1 控制装置描述.....	390
第九章 湿式洗涤器.....	241	12.2 设计程序.....	391
9.1 控制装置描述.....	241	12.3 硫酸腐蚀.....	414
9.2 设计程序.....	243	12.4 衬里检修.....	422
9.3 安装程序.....	263	12.5 结论.....	434
9.4 操作.....	267	12.6 参考文献.....	435

第一章 绪 论

L·西奥多(L. Theodore)

1.1 关于本书

最近20年中,环境工程已把它对社会的责任扩大到对工业污染源的控制。工程师与应用科学家的人数急需增加已成为这一特殊重要领域所面临的问题。虽然空气污染控制设备的设计与建造目前已获得一定程度的成功,但论述这些控制装置操作与维修的技术资料还是寥寥无几。现在和将来的环境工程师和现场技术员,不仅在设计与选择上,而且在操作与维修上,都应对空气污染控制设备有充分的了解,以便解决这些问题。本书就是在这种精神指导下编写的。

1.2 操作与维修程序要求

自第一台污染控制设备安装以来,用户便对操作与维修问题感到苦恼。但因作为1970年空气净化法修正案的一个结果,设备安装迅速扩大,操作与维修问题明显激增。自70年代初以来,这些问题之多、情况之复杂,几乎成指数增加。50年代和60年代看到的装置是根据低、中档集尘效率设计的。在70年代出现了高效率设计,所包含部件越来越多,从而没有时间培训现场技术员和工程师去探索这些用来处理气体与颗粒的较新型装置的问题(从而加以解决)。虽然最近几年集中精力于更深入地了解空气污染控制设备,但最后却得出本末倒置的结论。

需要操作与维修程序的原因是多样的。最重要的有:

(1) 持续不断地满足现行规章排放控制标准,改善空气品质;

(2) 延长控制设备寿命;

(3) 求助控制装置以维持工艺设备的生产能力(减少生产过程停工期);

(4) 延长工艺方法有效期限;

(5) 降低操作费用;

(6) 搞好公共关系,避免与公众发生纠纷;

(7) 有利于和负责管理的政府官员搞好关系;

由此可见,完善操作控制装置需要有计划地培训操作工,需要设备技术知识、预修以及适当存贮备用部件,以适应现行空气污染排放标准,而且可以不耽误工厂的生产计划安排。

1.3 维修程序

本节概述了维修在全厂生产中的重要地位。应当把设备,包括空气污染控制设备,看作为极其特殊而复杂的装置,由它所产生的废气应达到排放标准。设备管理的责任在于以最低的设备费用和尽可能高的空气品位来产生合乎环保条例的排放气体。要担负起这一责任,关键在于要制订出可靠的维修管理程序。

本节将概述综合维修管理系统的基本特点。附加的详细内容见本章后面各节。应当包括的基本特点列述如下,这些特点适用于各种类型和规格的设备:

- | | |
|---------------|-------------|
| (1) 设备记录系统 | (6) 专用工具与设备 |
| (2) 制订计划与安排日程 | (7) 润滑 |
| (3) 贮藏室与报表系统 | (8) 主设备数据资料 |
| (4) 检修人员 | (9) 保修与承包条件 |
| (5) 检修操作费用与预算 | |

现把上述分项的一般详细情况分述如下。至于在各特定控制装置中的运用情况则将于随后各章讨论。系统描述、污染源取样、记录、人员以及安全的具体详细内容,将在本章后面各节研究。

1.3.1 设备记录系统

各责任者应当建立设备管理记录系统。设备使用者和/或管

理人要精心选用记录保存系统。设备记录系统应包含每项设备的技术资料。这种系统可能仅仅是一张单项设备的记录卡片、一系列单项设备或整套设备的记录卡片，也可以是资料卡片与计算机存贮数据相结合。

在建立设备记录系统时，第一步要建立起最能符合特定空气污染控制设备要求的设备编码法。成套装置中需要维修的每项设备应标明序号以便识别，还要有助于保证所有设备特别引人注目。给每项设备标明序号后，要编目录列出设备种类、位置以及设备件数。目录能对寻找设备位置和清查设备件数提供有益的参考。有各种形式卡片存储器可供利用，譬如单个设备卡片、三折式卡片系统和边缘穿孔卡片。卡片存储器可以是竖立的，也可以是平放的，并有一边缘露外，边缘上面安插色耳。这些彩色编码耳注明设备需要预防性检修的月、周。这些卡片系统很容易从大部分办公用品供应部门得到，而且还可以根据个人需要情况使记录系统和设备相适应。设备记录系统推荐人应保证记录系统包含下述技术资料：

- (1) 设备说明书以及标明它在成套装置中位置的设备序号；
- (2) 供应部门地址、代表、电话号码以及购买日期并注明价格；
- (3) 尺寸、模式、类型以及序号；
- (4) 电气和/或机械数据；
- (5) 现有备用部件清单；
- (6) 需经常进行检修的项目。进行检修时工人的记录以及有关评判性内容的分类材料。说明工时、费用以及材料或供应物资消耗情况的数据；
- (7) 记录设备保养工作情况的技术资料，其保存方式应和上述检修相类似；
- (8) 技术数据统编系统，用于确定费用，也用于将来预算，开发项目。

1.3.2 制订计划与安排日程

空气污染控制设备是没有节日假期的。这类设备的确受过流量与维修工作量波动的影响。在这些条件下,维修计划制订与日程安排好,就可以避免空载或出现高峰工作量期。维修日程安排受设备规模与复杂情况的影响,还随现有人员素质的不同情况而有所变化。但要管好设备,就必须制定维修计划,而不论设备规模大小。

在计划与布置检修任务时,要考虑到维修工身材与能力将会影响到所能完成的维修工作量。在确定检修方案时,要想一想该项设备维修所起的作用。设备是否需要矫正性维修可根据昔日经验与维修历史资料来估计。维修劳力标准将有助于确定完成某一具体维修任务所需要的时间。在制订计划与安排日程时,应当在维修日程表中留出进行设备矫正性维修的时间。设备矫正性维修计划的范围将有助于确定完成检修任务需要的实际时间。

根据题目、人员与时间先后顺序排列的工程图表,有助于减少突击性,并可为闲散人员寻找工作。这种工程图表按日、周、月、季度、半年以及年度分段,以便了解整个维修过程。把色卡和标签进行编码,以说明在指定地点和时间的全体人员及其任务情况。从工程图表板摘掉的标签便表示这项工作在进行中或者已经做完。这种图表板利用图示法指出工作进展与人力派用的情况。同时还说明哪些任务完成慢了。这种图表板来源于大部分办公物资供应公司,其尺寸、用法以及详细程度取决于对控制设备的管理水平。

对室内室外维修应作好安排,以利用晴朗或恶劣的天气、低负荷(浓度)或低流量阶段以及其他不以操作工意志为转移的可变条件。小修全要纳入计划,就好象日常操作必须纳入计划那样。检修不应该是一种有时间就干的无计划行动。某种类型的维修常利用一年一度工厂最低负荷期的机会。

制造者保养手册通常已成为一项设备检修守则的最好参考读

物。多数设备都是批量生产，以便于竞争，故其维修费用一定要和它的价值、理论计算确定的使用期限以及更换费用相称。应当按照设备在成套装置操作系统中的地位以及需优先维修顺序定出它的等级。不必要的或过于频繁的检修和不适当的维修同样是浪费的。

应当提醒成套装置维修人员，要持之以恒地监控设备操作动态，以确定是否需要进行其他小修。出现紧急故障时，要重温一下这些责任，然后使设备开始工作并恢复全负荷效率。

管理者要指导安排好施工修理业务，以利于设备维修人员完成各种维修任务和应急修理。这些任务包括电气与机械问题或其它的故障。其他一般性维护工作譬如扫雪、地面作业喷漆或另外的次要任务也可以包出。应当准备好一份推荐的承包人与承包任务清单。要建立任务下达制度，以便开始全部矫正性维修工作。任务下达制度有助于明确需要完成的作业的轻重缓急情况，以及所提出的任务具有哪些特点的技术资料。任务下达日记将明文规定任务开始下达与完成的时间。

1.3.3 贮藏室与报表系统

各控制设备应具有贮藏室与报表系统。贮藏室中心要负责保养备用部件、设备以及配给物资。对设备与制造者提出的意见作出评价，将有利于确定应当准备好什么样的备用部件，以及其他供应物资。备用部件要列入总目录簿并标明序号。应当确定需要贮备的最小量与最大量。卡片分类法的优点在于可以表示数量、项目序号、种类、最后购买的时间、费用、日期以及卖主等等，还可以记录别的信息。应当明确这些项目在贮藏室中的安排方式，以利于查找这些项目所在位置。从这部分贮备取出项目时，要在卡片上登记日期与用途。对从订货到交货周期长的那些项目，要确定另行订购的单位以便重新进货。贮藏室记帐员要负责保管部件、保存记录及采购清单的原始数据，并管好各部门所领取的仓库物资的回收系统。当使用某一项目时，要在存储签票或

销帐单上签字。签票上的记录说明这一项目使用的时间及其使用目的。这部分资料可转帐记入该项目卡片上,以便确定什么时候需重新订货。用这套方法就可以开出当时库存项目清单。

另外还要建立采购订单制度。这一制度要保证记载这些项目的订购日期、收货时间、数量、单价、总开支、供应部门以及项目目的(备料、检修或矫正性维修)。长期采购订单实际适用于批量供应物资分期交货。

1.3.4 维修人员

可以预料,只有经过专门训练的人员才能圆满完成检查、修理以及检修任务。训练有素的人员必须掌握设备的功用与操作方法,以及维修该设备的程序的全面知识。完善的保养管理方法应当考虑到设备操作工以及检修或厂方代表所能执行某种必要维修职能的范围。要发给维修人员工作标志、施工规范以及合格证。应当掌握关于维修人员的任何一般信息,或关于维修助手可能来源的特殊信息。人事讨论的补充细节见第1.7节。

1.3.5 维修操作费用与预算

设备维修费用帐目以及建立维修预算,将成为确定设备操作与维修总预算非常重要的组成部分。在还来不及精确估算维修费用,或还编制不出可靠维修预算时,有必要把维修操作划分成不同的保养类型,譬如检修、矫正性维修以及大修或更换设备。维修操作类型确定后,根据设备记录系统所记录完成的工作、包出的工作、从贮藏室库存中消耗和采购的项目、以及工时消耗情况这些数据资料,便可以计算维修费用。由这些费用,并斟酌设备更换、发展扩大以及设备保养史记录资料,便可制定维修预算。

在合同维修和采购订单上各项费用方面所需的资料,要求工厂建立归档制度来保存。技术数据保存于操作日记簿,用档案存放采购订单、收据以及其他的重要文件。

大多数人员都进行一定维修工作的工厂,要把每个职员的工作时间改成每半小时轮换制,从而分开操作和维修工作来计算工

作量。对维修工作，个人工作量的计算应包括各方面的维修工作，譬如检修，矫正维修，而特种工作量在于进行大修和更换设备。

结合维修记录，操作日记簿常常也记载预修与矫正性维修工作，内容有绘图、工时、费用、日期以及完成任务的维修工。历史资料应保留前些年的维修卡片以及记录各次所发生重大问题的事故报告。这些史料在必要时，将有助于预算规划、计划制定、人力、操作费用以及提供其他所需的资料。这样的记录将有助于确定在什么日期更换一项设备，而不是修修补补。例如，对袋滤器来说，是仅替换坏了的滤袋，或是格室(或整个袋滤器)内滤袋全换，这部分技术资料就有助于这一决策。

建筑物和地面管理应受到与设备管理同样的注意。外观整洁，清除有害恶臭，会有利于获得社会的支持。日常管理可纳入班组标准操作规程。工艺设备要清理，外观要美化，这也是为了把恶臭污染源减少到最低限度。门、窗、地板、墙壁以及其他区域应保持清洁，维修良好。除维修作业外，割草、扫雪、整修、清扫檐槽以及排水，必要时也要纳入计划。

研究维修工的工作范围有助于开出整修需用工具与器械的清单。工具与器械保管应当井井有条，方便拿取。有些工具需多处使用时，就应该考虑到这一点。建议维修工具与器械存放处离使用地方不超过30~60m。必要时，可把悬挂专用或常用工具的工具体设置在适当的设备附近。在较大的控制设备中应贮备有整套的工具。工具应由工具检验控制系统发给，应当严格测试所有工具状况是否符合人身安全与设备保护。

1.3.6 润滑

设备的润滑技术说明书很容易弄到。应提供通用的润滑系统图，其内容包括说明色码润滑标签对所有设备的用法。另外包括润滑剂耗用量与库存量的记录式样。需要略述一下润滑方法实例，供维修管理人在确定控制设备润滑方法时参考。

负责检修的人员也要负责润滑。他们应承担的任务如下：

- (1) 进行润滑研究;
- (2) 编写润滑技术说明书;
- (3) 建立日程时间表;
- (4) 培训加油工;
- (5) 使加油方法标准化;
- (6) 保存消耗量与存货量记录;
- (7) 建立特效回收与存贮方法;
- (8) 研究新型润滑剂, 必要时对技术规范加以评价、修订;
- (9) 在可能的条件下使润滑剂标准化, 以避免库存的 同一种润滑剂商品的名称不统一。

在建立润滑剂系统时, 极其重要的一步便是搜集基础润滑数据。润滑技术规范可根据厂方的润滑推荐标准与ASTM标准来制订。要确定润滑方法, 每项设备给定一个方法序号。润滑点、类型与周期要视每项设备具体情况规定。有关所选设备润滑技术的全部数据要汇编成润滑参考手册。设备可用复印纸作彩色编码, 以说明润滑点、加油周期与润滑剂类型。润滑剂的强化方法有两种: 一是明文规定需使用一次以上的特级润滑剂; 二是明文规定用单一品种中级粘性油代替一定粘度范围内的数种油。

润滑周期取决于多种因素, 但要制订润滑日程时间表, 而且要按规定去做, 以保证操作正常。需要润滑的每种设备的设备卡片须注明打算要用的润滑剂和有利于提高操作效率的润滑周期。为方便和简化润滑工艺起见, 可用色码标签或复印纸标签来识别有关活动部件需要润滑剂的部位、周期以及类型。各类润滑油用的色码推荐如下:

颜色与类型		周 期
蓝色	齿轮润滑油	每 每 每 半 一 日 周 月 年 年
白色	轴润滑油	
绿色	导轨润滑油	
红色	液压油	
棕色	润滑脂	