

大專用書

除塵裝置手冊

黃 啓 明 譯

Blower

A technical line drawing of a dust removal system. It features a central unit with four circular components, flanked by two vertical rectangular units. Below these are two tall, lattice-like structures. A curved duct on the left is labeled 'Blower' with a line pointing to it. The entire diagram is rendered in white lines on a yellow background.

國立編譯館出版

GL±0

大 專 用 書

除塵裝置手冊

黃 啓 明 譯

國 立 編 譯 館 出 版

中華民國七十三年十月一日台初版

除 塵 裝 置 手 冊

版權所有
翻印必究

定價：精裝新台幣貳佰叁拾元
平裝壹佰玖拾元

譯 者：黃 啓 明

出版者：國 立 編 譯 館

印行者：國 立 編 譯 館

館 址：台北市舟山路二四七號

電 話：三 二 一 六 一 七 一

原 序

自從我國（日本）有了空氣污染與其影響的報告發表，並闡述採取對策之必要性以來已經過數年，但空氣污染之情形却年年惡化，於是在輿論要求加強採取對策下，昭和 37 年（公元 1962 年）終於公佈實施「煤煙排放規定等有關法律」。

空氣污染之對策，原則上係指對可成為污染物排出原因者而言，譬如：選擇適當之燃料與正確使用方法是也。關於這點，燃料自熱管理之立場言早有其措施，可是對我國既存諸事仍未達到完全解決之程度，因此污染物排放於社會環境中，受到殷切地期望能夠剔除。然而，一般而言投資設置污染物剔除設備，本身與增產無直接關連，故防治設備之裝設不受業者歡迎，而對於裝設污染物排出處理設備者，亦因未能充分發揮其效果，被認為浪費投資的例子為數也不少。

為因應諸如此類的情形，本協會認為普遍推廣空氣污染之防治技術與知識，以及其正確之應用實為當務之急，因此央請田中楠彌太理事為發起人，計劃編撰以除塵為主之手冊，終於組成以池森魚鶴教授為中心之編集委員會，著手訂定編集方針，以高工畢業程度可以理解開發為準，使實際欲裝設防治裝置者能參考利用，在實際使用裝置時可熟知其性能。

順此方針，池森教授的努力成為果實，本書得以問世，但願本書有助於推動空氣污染防治。最後，對本書編輯付出心血之池森教授以及各位編輯委員，深表謝忱。

1962 年 3 月

空氣污染研究全國協議會

會長 齊藤 潔

發 刊 辭

空氣污染研究全國協議會下設第五委員會係在該協議會成立一年後之1960年2月，因為該會認為調查空氣污染的實態與其對人身植物之影響，乃先決問題。然而迄目前為止除了煤煙帶來之空氣污染外，一般產業或工場之工業粉塵以及塵埃等公害問題亦在叫嚷，致都市環境衛生課等有關單位，被迫採取緊急對策。於是與調查污染實態之同時，想以日本人之技術做到立刻實施看出效果，徹底普遍推出不昂貴的煤煙剔除裝置或除塵裝置，甚至於將現有的除塵裝置加以改善運用的，未必是筆者一人而已。於是在前年第一次本委員會上，便提案及早編輯發行「除塵裝置手冊」，藉此使除煙除塵裝置儘可能快速普及且能有效運轉作為工作目標。一年半以來，承各委員及斯界專家技術人員之協力贊助，始有本書在此問世。

我國（日本）日漸關心除塵裝置並將之納入粉體工程之一部份予以積極開始研究乃戰後之事。十餘年來，日本在除塵工程上之進步令人瞠目結舌，其技術之開發有的甚至凌駕外國。即使如此，全盤看來除塵裝置仍未達到想像般的普及，公害問題越見喧嘩不已。

除塵裝置為何普及困難，依我一己之見有如下原因：

(1)除塵裝置一般受粉塵之物理、化學性質以及其狀態左右其捕集性能。僅考慮粉塵粒度，無視其形狀、吸濕性、帶電性或電阻之不同便加以設計製造，將招致意想不到的失敗。

(2)除了電氣式集塵器外，一般機械的除塵裝置較其他機械看起來構造簡單，故若僅依其形狀或構造模倣，對粉塵之動態或含塵氣體的流動欠缺力學上的思慮，則連可能捕集的粉塵眼睜睜地看它逸出的情

形亦多。

(3)裝設優良之除塵設備，儘管可直接改善作業人員之環境衛生，提高作業效率，間接可提高產品品質是為事實，但除塵裝置與生產無直接關連為由，很容易對該項投資裹足不前。

(4)一般除塵裝置之除塵效率與包括保養費在內之設備費的關係，如附錄所示點繪在雙對數方格紙上時為直線。例如同一含塵氣體做同量處理時，90 %除塵率之設備與99 %除塵率的設備相比較，後者之價格為前者之二倍，99.9 %除塵率者其價格要比99 %除塵率者高出二倍之多，是故往往購用性能稍差價格較廉的設備使用，其結果便是公害問題仍舊留下來。

(5)對除塵裝置之保養和運轉欠缺技術上的照料，除塵裝置漏氣或配管不當，或者將此與當成空氣源之機械間之恰當組合有所差錯，致將原本的除塵性能矯枉使用的場合多。

目前在我國有如上所述情形，結果對除塵裝置之性能產生不信任者，頗為普通。本書執筆各位對粉體工程與技術，均歷經多年之經驗，為斯界之權威與專家。他們撰述各節均著重簡明平易，期使設備製作者，設備用戶以及環境衛生之管理行政人員等各界人士，利用參考。若由於此書能使較佳之除塵裝置以合理之價格急速普及，則本委員會可以說已盡到一部分之責任。又，本書倉卒出版遺誤不全之處想必不少，深盼讀者賢達不吝指正，以期他日增補改訂之。

1962年3月

空氣污染研究全國協議會第五委員會

委員長 池 森 龜 鶴

目 錄

1. 空氣污染概要

1-1 前言.....	1
1-2 空氣污染之現狀.....	2
1-3 空氣污染之機構.....	4
1-4 空氣污染物.....	6
1-5 空氣污染之影響.....	7

2. 粉塵及氣體之性質

2-1 粉塵之性質.....	11
2-1-1 粉塵與除塵裝置.....	11
2-1-2 粒子、氣溶膠體、粉塵.....	11
2-1-3 粒子的形態.....	12
2-1-4 比表面積.....	19
2-1-5 粒子之凝集.....	19
2-1-6 附着現象.....	25
2-1-7 粒子之荷電.....	25
2-1-8 粉體層之空隙率.....	26
2-1-9 靜止角.....	27
2-1-10 粉體之安定性與粉塵爆炸.....	31
2-2 氣體之性質.....	31
2-2-1 除塵裝置與處理氣體之特性.....	31
2-2-2 空氣之性質.....	38

2-2-3 有毒氣體與爆炸性氣體.....	38
2-2-4 燃料之燃燒與燃燒氣體.....	38
2-2-5 氣體之密度.....	39
2-2-6 氣體之粘度.....	42

3. 流動學

3-1 氣體之功能與其性質.....	47
3-2 靜壓、動壓及總壓.....	49
3-3 壓力及風速之測定法.....	51
3-4 白努利 (BERNOULLI'S) 定律.....	52
3-5 流體之流動本質.....	55
3-6 管內流動之壓力損失與芮諾 (REYNOLD'S) 數.....	57
3-7 圓管內之速度分佈.....	62
3-8 靜止氣體中落下之粒子運動.....	66
3-9 粒子在水平氣流中之加速運動.....	68
3-10 粉塵之輸送風速.....	70
3-11 氣體中之粒子的凝集.....	73
3-12 彎管內之流動與粉塵粒子之動態.....	76

4. 除塵裝置之型式與選擇

4-1 前言.....	79
4-2 工業粉塵之種類.....	79
4-2-1 粉塵與霧.....	80
4-2-2 粉塵之形狀與大小.....	80
4-2-3 吸塵罩之決定.....	82
4-3 除塵裝置之選擇.....	83

4-3-1 重力沉降室	84
4-3-2 慣性分離器	84
4-3-3 離心力除塵器	85
4-3-4 過濾除塵裝置	85
4-3-5 洗滌除塵裝置	85
4-3-6 電氣集塵裝置	86
4-3-7 組合式除塵	86
4-4 除塵裝置之價格	86
4-5 除塵裝置之除塵效率	91

5. 慣性除塵裝置

5-1 前言	93
5-2 旋風除塵器	94
5-2-1 施風器內之流動	94
5-2-2 分離臨界粒徑	95
5-2-3 壓力損失	98
5-2-4 各種旋風器之基本特性	99
5-2-5 旋風器之大小	101
5-2-6 旋風器之型式	102
5-2-7 旋風器操作上之注意事項	109
5-3 其他之慣性除塵器	110
5-3-1 簡單之慣性除塵器	111
5-3-2 慣性除塵器的利用	114

6. 過濾除塵

6-1 過濾除塵之原理	115
-------------	-----

4 除塵裝置手冊

6-1-1 前言	115
6-1-2 塵埃之捕集機構及捕集效率	116
6-1-3 壓力損失	120
6-1-4 除塵效率與壓力損失之關係	126
6-1-5 濾材的選擇	127
6-2 過濾除塵裝置	130
6-2-1 前言	130
6-2-2 型式與特性	134
6-2-3 運轉與保養	145
6-2-4 使用材料	146
6-2-5 後記	148

7. 洗滌除塵

7-1 洗滌除塵之原理	149
7-1-1 定義	149
7-1-2 洗滌除塵之特色	149
7-1-3 洗滌除塵之原理	150
7-1-4 作業因子在洗滌除塵中之影響	153
7-1-5 選用洗滌除塵法的條件	155
7-2 洗滌除塵裝置	155
7-2-1 噴霧塔	155
7-2-2 水射洗氣器(WATER JET SCRUBBER)	156
7-2-3 孔口洗氣器(ORIFICE SCRUBBER)	157
7-2-4 文氏洗氣器(VENTURI SCRUBBER)	157
7-2-5 文氏洗塵器(VENTURI WASHER)	158
7-2-6 丕包狄洗氣器(PEABODY SCRUBBER)	159

7-2-7 旋風洗氣器 (CYCLONE SCRUBBER)	159
7-2-8 噴霧旋風器 (SPRAY CYCLONE)	160
7-2-9 機械式洗氣器 (MECHANICAL SCRUBBER)	161
7-2-10 其他洗滌除塵裝置	162
7-2-11 洗氣器的組合	162
7-3 設置洗滌除塵設備的注意事項	163
7-4 洗滌除塵裝置之使用例	165
7-4-1 開放型電氣爐用洗滌除塵裝置	165
7-4-2 吹氧煉鋼的洗滌除塵裝置	167
7-5 計算例題	169
7-5-1 文氏洗氣器	169
7-5-2 旋風洗氣器	174

8. 電氣集塵裝置

8-1 電氣集塵原理	181
8-1-1 電氣集塵之一般原理	181
8-1-2 電氣集塵裝置	181
8-1-3 電氣集塵之基礎	183
8-1-4 與除塵作用相關之要素	189
8-2 電氣集塵裝置	191
8-2-1 電氣集塵對象之氣溶膠體的性質與狀態	191
8-2-2 電氣集塵裝置之要素	199
8-2-3 型式、種類與其選擇要領	200
8-2-4 構造	202
8-2-5 操作與保養	226
8-2-6 電氣集塵之實例	232

9. 空氣淨化器

9-1 機械式空氣淨化器.....	239
9-1-1 前言.....	239
9-1-2 車輛用空氣淨化器之型式與特性.....	240
9-1-3 室內冷氣機用淨化器.....	249
9-1-4 性能.....	253
9-1-5 操作與保養.....	261
9-2 電氣式空氣淨化器.....	263
9-2-1 前言.....	263
9-2-2 構造與功能.....	265
9-2-3 除塵效率.....	276
9-2-4 應用上注意事項.....	279

10. 附屬裝置

10-1 吸塵罩、管嘴	285
10-1-1 定義	286
10-1-2 型式、構造	286
10-1-3 罩口之氣流特性及抽氣量.....	287
10-1-4 吸塵罩的規劃.....	291
10-2 導管 (Duct)	296
10-2-1 定義.....	296
10-2-2 速度.....	297
10-2-3 形狀與壓力損失.....	299
10-2-4 導管構造及規劃上應注意事項.....	308
10-3 抽氣機.....	309

10-3-1	送風機之基礎知識	309
10-3-2	送風機之種類與其特性	311
10-3-3	送風機之必要動力	317
10-3-4	風量調節法	317
10-3-5	選擇、安裝上應注意事項	320
10-4	水泵	321
10-4-1	泵浦的揚程	321
10-4-2	口徑與水量	325
10-4-3	泵浦之動力	325
10-4-4	流量變化法	327
10-4-5	選擇泵浦有關事項	327
10-5	粉塵處理及排水處理	328
10-5-1	乾式法	328
10-5-2	濕式法	328

11. 除塵裝置試驗法

11-1	粒徑分佈測定法	333
11-1-1	粒徑分佈之測定與除塵裝置	333
11-1-2	光學顯微鏡	333
11-1-3	篩析法	337
11-1-4	沉降法	339
11-1-5	空氣滲透性	348
11-2	流量測定法	352
11-2-1	流量與除塵裝置	352
11-2-2	流速計算與流量之求法	352
11-2-3	測定上應注意事項	354

11-3 粒子濃度測定法.....	354
11-3-1 粒子濃度與除塵效率.....	354
11-3-2 等速吸引與粉塵捕集裝置系統.....	356
11-3-3 粉塵捕集裝置.....	358
11-3-4 不依質量標準之粒子濃度測定法.....	363
11-3-5 林格曼 (RINGELMAN) 圖	363
11-3-6 氣體中之水份測定法.....	364
11-4 除塵裝置壓力損失之測定	364
11-5 試驗用粉體.....	367
11-5-1 試驗用粉體之特徵	367
11-5-2 試驗用粉體之製造法	371
11-5-3 試驗用粉體之檢定法	372
11-5-4 試驗用粉體之使用法	373

附 錄

1. 各種除塵裝置之性能表	377
2. 各種工業用除塵裝置之適用範圍	394
3. 基本常數.....	395
4. 粒子濃度之單位與換算.....	396
5. 流速、流量與管內徑之關係.....	397
6. 氣體之粘度.....	398
7. 氣體與耐蝕性金屬材料.....	399

1 空氣污染概要

1-1 前 言

隨著工商業發展，人口集中和交通發達而引起的諸問題之一為空氣污染。雖然空氣污染問題已擴展為都市衛生之問題，到現在已超越都市衛生的範疇，成為世界各國共同之社會問題，且為其對策苦惱不已。

空氣污染曾經是都市的重要課題，雖然目前亦然但已次第擴展至全國性的廣大範圍。二次大戰起始，工場向地方遷移分散，空氣污染便帶進地方。

空氣污染被認為是資本主義體制下之私有企業過份自由競爭的結果，在社會的費用分擔問題上也成為重要項目之一。即吾人生活環境下的問題，以往行政當局雖負責運用稅金推進其對策，惟對空氣污染問題，污染物的排出者理應將防治對策的一部分當成社會費用來分擔，已逐漸被視為理所當然的事。更直截了當的說，對策的經費應視為應負的社會責任，為污染物排出者義不容辭之所在。空氣污染乃資本主義體制下，為謀急速發展而經濟活動過份自由競爭所致，其結果被認為係在經濟活動的權利下無視社會的規制而濫用權利的一種問題。

在考慮及空氣污染的對策時，基本的想法便是生活妨害（Nuisance）此一概念。此原由英國發展，如今已普獲各國所採用，意謂

加害者對被害者即使沒有直接的物理的襲擊一對身體或財產而言一亦妨礙到被害者之權利行使，予以現實之不便、不快、不利等加害行為。換句話說，對健康妨害，加害農作物損傷器物等明顯的影響者自不在話下，即使沒有如斯明顯的影響，只要人人感到不快、不便、不利，可視為生活上受到妨害，為不法之行為。該等生活妨害有公私兩種情況，前者即使加害者非特定的多數或少數，均符合被害者為非特定多數的情形，而後者則指加害者與被害者間之關係，可看到明顯的因果關係而言。在行政對策上言，前者站在公法的立場，後者則為私法的立場。從空氣污染之防治技術言，前者的情形只須符合排放標準則可，但後者雖遵守排放標準，也有可能構成損害賠償的問題。

空氣污染包括煤煙、粉塵、瓦斯、霧、煙煙與惡臭等。燃燒生煤，燃燒石油，製鐵、製鋼、化學工業與汽車排煙等，想必係其主要原因。

1-2 空氣污染之現狀

關於空氣污染的狀況究應如何表示，議論頗多。倘若技術上容許，構成空氣污染物最好一一加以物理及化學的測定，特別是長久浮游空中的物質能測定其濃度，從其影響的立場言更具意義。然而，事實上容易測定的物質有限，且在生活環境上空氣污染物之容許濃度非常低。又，空氣污染狀況經常反覆變化，欲捕捉其真相有諸多困難，故尚賴今後有所開發新技術。

現在日本的大都市、工業都市均在測定煤塵落降量，二氧化硫氣體之測定也比較普遍。任何地方都由地方自治團體為中心進行測定工作，使用比較簡易的方法，也就是污染狀況年次、月次之比較方法，並非測定空氣污染物濃度之方法也。煤塵落降量之測定若

長期施行，便可以窺知當地空氣污染之性格，特別是因燃燒煤炭的空氣污染，欲知微粉塵飛散形成之空氣污染狀況，即非常便利。從長期觀測的結果，吾人能判斷當地空氣污染對策的效果，煤炭燃燒效率，污染分佈與其變化。依各地之煤塵落降量測定值做為指標，日本的現況可以概括如下：

(1)日本的空氣污染比世界各國要嚴重。此乃由於都市計劃不完善，以及妨碍計劃實施之諸事未能解決—基本上都是土地問題一致一般住宅區受到工業的空氣污染的強烈影響。

(2)以都市空間廣泛遭受污染而言，工業特別是大企業應負其責任；中小企業僅掀起局部污染而已。自一般住宅排出的污染物，在歐美是負空氣污染的一半責任，日本則尚未構成問題。市民所控訴的屬都市全體污染者少，而大都傾向於中小企業的局部污染，換言之，妨害大眾生活事少，私人生活受妨害的責難較多。

(3)大企業之燃燒設備近乎完全燃燒，故有粉塵、灰分與氣體等污染，而中小企業、住宅等則僅及煤煙污染之階段而已，此可看出採用污染防治技術之差別。空氣污染之主角，在日本仍然屬於燃煤，然即使同屬燃煤，因其品質和燃燒設備之不同，空氣污染之狀況就迥然不同。

(4)目前雖然以燃煤為主要問題，以後石油系燃料消費增加，與化學工業發達將伴同而生氣體污染，特別是二氧化硫污染受注目的時機將到來。大都市中心和一級國家公路之汽車排氣污染，有的已經相當嚴重。

(5)日本的工場大都使用灰分多的低級煤，此乃空氣污染厲害之原因。日本的空氣污染對策中，特別是對粉塵防治的投資額，如以發熱量加以比較，顯然較外國付出很多，應予注意。

(6)日本之空氣污染，只因為以煤塵落降量為指標頗有嚴重之感，