

蘇聯機器製造百科全書

第九卷

第三十四章 風動運輸設備

第三十五章 挖土機

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編



機械工業出版社

蘇聯機器製造百科全書

第九卷

第三十四章 風動運輸設備

第三十五章 挖土機

謝蓋里、彼薦爾斯、陀姆勃羅夫斯基、費英別爾格著



機械工業出版社

1 9 5 5

出版者的話

蘇聯機器製造百科全書第九卷分爲三大部分共計三十五章，第一部分（第1～13章）敘述各種金屬切削機床；第二部分（第14～16章）敘述木材加工機器；第三部分（第17～35章）敘述起重運輸設備和挖土機。爲了適應目前需要，全卷暫先分章出版。

本書是原書的第三十四和三十五章。其中第三十四章是論述風動運輸設備。簡要地敘述了這種設備的應用範圍及分類；各種送料裝置以及閘門式排料器和吸入管的型式、結構和優缺點；運輸設備的零件、部件及附屬裝置等的結構和作用原理；本章中還用了較大的篇幅來敘述計算論據。第三十五章是敘述單斗式挖土機各種型式的構造、應用範圍和工作特點；傳動系統的構造及動力裝置的種類；操縱系統的構造；挖土機的強度計算，部件和零件的計算及其所用材料，穩定性的計算等。此外，本章中還列舉了蘇聯製造的各種挖土機的特性和規範。

本書可作工程技術人員和大專學生的參考用書。

蘇聯‘Машиностроение энциклопедический справочник’ (Машииз
1949年第一版)一書第九卷第三十四章 (И. С. Сегаль著) 第三十五章
(Е. Р. Петерс, Н. Г. Домбровский, Г. М. Фейнберг著)

* * *

編者：蘇聯機器製造百科全書編輯委員會

書號 0677

譯者：黃湛泉

1955年4月第一版 1955年4月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 字數127千字 印張4¹/₂ 0,001—3,600冊

機械工業出版社(北京盛甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號

定價(8) 0.73元

目 次

第三十四章 風動運輸設備

(謝蓋里 И. С. Сегаль)

應用範圍及分類.....	1	送風機械.....	7
螺旋式風動送料機.....	1	風動運輸槽.....	7
風動運輸設備的封閉式送料機.....	4	風動排灰裝置.....	8
閘門式排料器.....	5	計算論據.....	8
吸入管.....	5	參考文獻.....	14
運輸管及其元件.....	5	中俄名詞對照表.....	15
分離裝置.....	6		

第三十五章 挖土機

概論.....	1	挖土機的工作機構.....	陀姆勃羅夫斯基
挖土機的型式.....	彼薦爾斯 Э. Р. Петерс	挖土機的主要部件與零件.....	彼薦爾斯
單斗式和多斗式挖土機的應用範圍.....	彼薦爾斯	挖土機的操縱系統.....	陀姆勃羅夫斯基
挖土機使用概述.....	陀姆勃羅夫斯基 П. Г. Домбровский	多斗式挖土機.....	40
單斗式挖土機.....	3	多斗式挖土機的式樣.....	陀姆勃羅夫斯基
單斗式挖土機的式樣及其發展特性.....	陀姆勃羅夫斯基	傳動系統和動力裝置.....	彼薦爾斯
挖土機基本型式的構造特徵.....	彼薦爾斯	挖土機計算.....	彼薦爾斯
建築用的萬能式挖土起重機.....	陀姆勃羅夫斯基	挖土機的工作尺碼.....	彼薦爾斯
採石場用半萬能式挖土機.....	陀姆勃羅夫斯基	挖土機的穩定性.....	彼薦爾斯
除土用半萬能式挖土機.....	陀姆勃羅夫斯基	臂斗和鏈條傳動的構造.....	彼薦爾斯
踏步式耙鏈挖土機.....	陀姆勃羅夫斯基	挖土機零件計算及其所用材料的一般應注意之點.....	彼薦爾斯 48
傳動系統圖和動力裝置.....	彼薦爾斯	蘇聯挖土機製造的標準.....	費英別爾格 Г. М. Фейнберг 49
挖土機計算.....	彼薦爾斯	參考文獻.....	50
挖土機的工作尺碼.....	彼薦爾斯	中俄名詞對照表.....	51
挖土機的穩定性.....	彼薦爾斯		

第三十四章 風動運輸設備

應用範圍及分類

顆粒狀和粉末狀物料的風動運輸是以空氣或氣體和物料的混合物在運輸管內按指定方向運動的原理為基礎的。物料藉特殊的設備——即所謂送料機的作用，在壓力或真空吸力下引入運輸管內。送料機有下列各種：螺旋式送料機、封閉式送料機（泵）、滾筒閘門式排料器和吸入管。

風動運輸設備用在很多工業部門中，以及用在建築業、鐵道和水路運輸中。各式各樣的顆粒狀和粉末狀物料，如：水泥、石灰、煤末、磷酸肥料、灰塵、渣滓、各種穀物、粉碎的煤、棉花、木屑、金屬粉末、鹽、石子、沙子等等，用風動運輸是最有成效的。

上述物料是由各種不同形式和不同構造的风動機械和設備來運輸的。這類裝置的生產率和主要特性的變化範圍也是很寬廣的；在個別情形中，以一個運輸管計算的生產率可達 300 噸/小時，而運輸路程達 2 公里。

在工業上，五十年前就已開始應用風動運輸。

自從螺旋式風動送料機發明之後（1924 年），運輸粉末狀物料的高壓風動運輸設備得到了很大的發展。在這時亦開始製造封閉式送料機，廣泛地用在製造水泥的工廠和大規模建築業中的水泥運輸。

圖 1 所示是一整套設備成功地用於浮船式風動轉

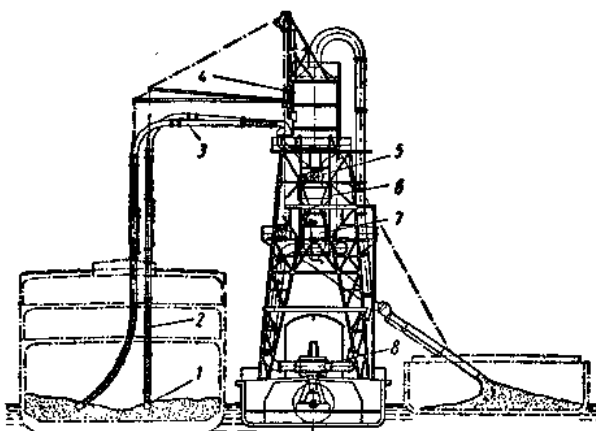


圖 1 浮船式風動穀物轉運機：

- 1—吸入管；2—柔管；3—運輸管；4—有乾燥過濾器的穀物分離器；5—閘門式排料器；6—自動秤；7—過渡存倉；8—立式真空泵。

運機，將穀物從一隻船舶運到另一隻上；其生產率為 300 噸/小時。整個設備安裝在浮船上；在個別情形中，浮船具有獨立的行動設備。

水泥廠用的有螺旋式風動送料機的風動運輸設備，能夠在 20 小時內裝卸排水量為 8000 噸的輪船，這種設備可作為全部機械化裝卸水泥的一個典型的例子。

為了克服被運輸物料和空氣的混合物在風動運輸設備內的阻力，用送風機造成壓力落差。根據造成這種壓力落差的方法，可分為兩種類型的設備——吸力的和壓力的。在個別情形中，採用帶有吸入和壓入運輸管的混合型設備。

根據運輸材料的種類和運輸的條件（路徑的長度和高度）、生產率和技術條件，採用各種壓力落差和適應的各種送風機械。

設備的主要元件的結構、工作規範、送風機的特性、分離物料與塵土的方法，在大多數情形中是由用來將物料引進輸送管內的裝載機械的型式所決定。風動運輸設備的分類如表 1 所列。

螺旋式風動送料機

一般的結構 螺旋式風動送料機在蘇聯和國外已被廣泛地應用於水泥工廠、建築業、電力站和其他地方以運輸水泥、煤末以及別的粉末狀物料。這種送料機如座定式、懸掛式或行動式，是供用於生產率自 5 至 300 噸/小時，路程在 1 公里以下和高度在 100 公尺以下的風動運輸設備中。

螺旋式送料機的優點是：工作均衡而高度尺寸特別小（故在廠房中安裝沒有困難）。這些優點保證它能得到廣泛應用。

和別種式樣的高壓力落差的送料機（如封閉式送料機）相比，螺旋式送料機的缺點是磨損很大和能量消耗較高（大約高 30 %）。

固定式螺旋送料機 固定式螺旋送料機如圖 2 所示。粉末狀物料由存倉經過漏斗 1 藉助於高速迴轉（通常為 1000 轉/分）的螺旋輸送機 3 而送到混和室 2 之內。螺旋的螺距是變動的（隨其行程而減小），這是為了使物料緊密，並由此來阻止壓縮空氣從混和室穿過螺旋而滲入帶有物料的存倉內。壓縮空氣經由特種噴封

器 4 進入混和室內。以高速度行進的壓縮空氣在經過 的物料噴成碎片。在混和室內形成很容易由空氣運送噴射器的直徑不大的小孔時，重新把被螺旋弄成稠密的混合物，這混合物即沿着運輸管 5 送至應用的地方。

表1 風動運輸設備根據裝運設備型式分類

裝運設備的型式	壓力落差的特性	設備的用途	被運輸的物料	優點	缺點
固定式螺旋風動送料機（運送粉末狀材料的泵）	高壓力落差1~3公斤/公分 ²	運輸粉末狀物料	水泥、煤末和別的粉末狀物料	高度尺寸小，連續工作，生產率很大（5~300噸/小時）便於在舊廠房應用	能量消耗增加（比封閉式送料機多30%）。螺旋和套筒的磨損較快
行動式螺旋風動送料機	高壓力落差1~3公斤/公分 ²	鐵道車輛、船舶和粉末狀物料倉庫的卸載	主要是水泥	鐵道車輛和駁船卸載唯一完善的設備。生產率25~60噸/小時。可遠程操縱	構造比較複雜
立式懸掛螺旋風動送料機	高壓力落差1~3公斤/公分 ²	船舶、倉庫和儲藏室的卸載	水泥、酸性磷酸鹽和其他粉末狀物料	生產率很大，可以懸掛在起重機上	構造比較複雜
固定封閉式風動送料機	高壓力落差2~5公斤/公分 ²	運輸粉末狀物料	水泥、煤末和其他粉末狀物料	和螺旋式送料機比較，能量消耗較少（約少30%）。零件磨損較少。運輸距離可以很大	高度尺寸很大。週期性作用。必需用空氣將結成一塊塊的物料弄鬆軟
用於風動填充‘已開採的礦床空隙’ ^① 的箱形裝置	高壓力落差2~5公斤/公分 ²	風動填充礦井內的‘已開採的空隙’	碎石、沙子和其他的填充材料		尺碼很大，運輸管和裝載裝置的零件受磨損
開門式排料器	中等壓力落差0.1~1.0公斤/公分 ²	運輸粒狀物料	壓碎的煤、穀物	結構簡單、尺碼小	運輸長度受限制。空氣通過
吸入管	中等壓力落差0.1~1.0公斤/公分 ²	運輸粒狀和粉末狀材料，用在鐵道車輛、船舶和倉庫內裝載和卸載（固定式、行動式和浮船式裝置）	所有形狀的材料	結構簡單。重量不大。運輸穀物的生產率可以很大	生產率很大時不能運輸粉末狀物料（超過5~8噸/小時）。運輸長度受限制。壓力落差受限制（0.4公斤/公分 ² 以下）
充氣槽	低壓力落差0.01~0.05公斤/公分 ²	儲藏室，存倉的卸載和在短距離供應粉狀物料	粉末狀物料	結構尺碼小，能量消耗少	

① 已開採的礦床空隙：在開礦時一面把礦物取出，一面必須在開取礦石的地方填置泥、石等物，以防危險，在填好後，方可進行繼續開採。——校者

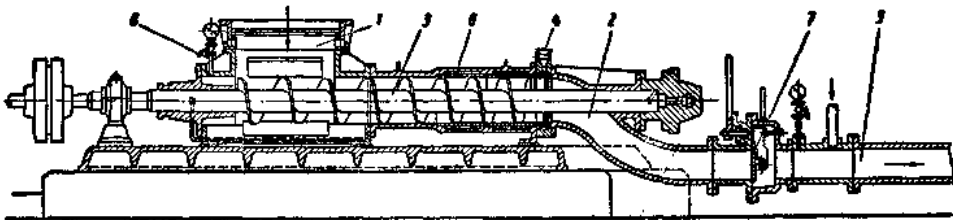


圖2 固定式螺旋送料機。

為了耐磨的目的，螺旋的螺紋工作表面經過滲碳硬化手續或鍍上一層硬的合金。為了防止送料機殼體的圓柱形內表面和螺旋的螺紋接觸的地方磨損起見，裝有兩對由硬鋼或冷硬表面鑄鐵製造的可拆卸的或固定的套筒6。為了防止物料透出，壓縮空氣8沿着轉軸

向外延到特殊的密封裝置內。

壓縮空氣自空氣壓縮機沿輸送管引到噴射器4。在輸送管放氣時（在螺旋式送料機工作之前或之後進行），運輸管藉助於滑閥7與螺旋式送料機拆離。

固定式螺旋送料機製成有各種尺碼，以便在運輸

各種物料時得到不同的生產率。螺旋式送料機的尺碼由螺旋的直徑所決定，如 100、150、200、250 公厘。這種型式的螺旋送料機在蘇聯已大量生產和使用。

圖 3 所示為已改良結構的固定式螺旋風動送料

機，用於運輸粉末狀物料。物料從存倉、儲藏器經過漏斗 1 裝載或直接由螺旋裝載。物料掉進變螺距的送料機 2 的螺旋內，即變緊密而進入混和室 3。在室的下部安置兩排供給壓縮空氣的噴射管（11~13 件），由它們

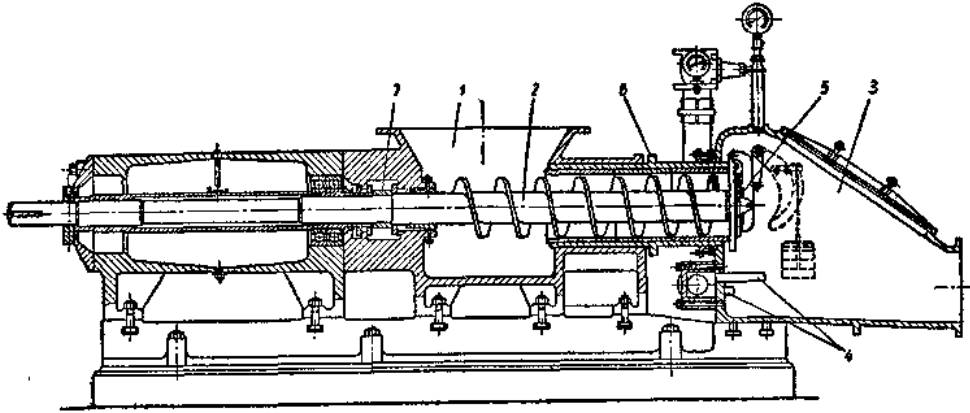


圖 3 帶有意臂式螺旋、單向閥和平噴射器的固定式螺旋送料機。

供應壓縮空氣。空氣噴出物料並帶着它沿運輸管送到應用的地方。物料的緊密程度可由位於懸臂螺旋端部和重錘式閘門 5 之間的灰塵墊料的長度來調節，這還可以防止送料機在放氣時空氣經過螺旋而透入存倉內。灰塵墊料的長度可以藉助於螺栓的作用使送料機殼體的圓柱部分 6 伸縮來調節。進入密封裝置口 7 的空氣經過軸的環狀隙縫集中於漏斗內，而不使物料透入油封裝置和軸承內。表 2 所列是螺旋風動送料機的特性。

鐵道車輛和輪船卸載用的行動式螺旋風動送料機

圖 4 所示為建築堤壩用的生產率在 50 噸/小時以下的五馬達行動式送料機。

表 2 螺旋風動送料機的特性

螺旋尺碼 (公厘)	生產率 (按 水泥計) (噸/小時)	運輸 長度 (公尺)	空氣壓力 (公斤/公分 ²)	原動機 功率 (馬力)	運輸管 直徑 (公厘)
150	42.5	100	1.40	35	125
		200	1.95	60	150
		300	2.10	87	150
		600	2.45	97	200
200	100.0	100	1.40	84	200
		200	1.95	125	200
		300	2.10	170	200
		600	2.45	188	250
250	170.0	100	1.4	126	250
		200	1.95	170	250
		300	2.10	220	250
		600	2.45	240	300

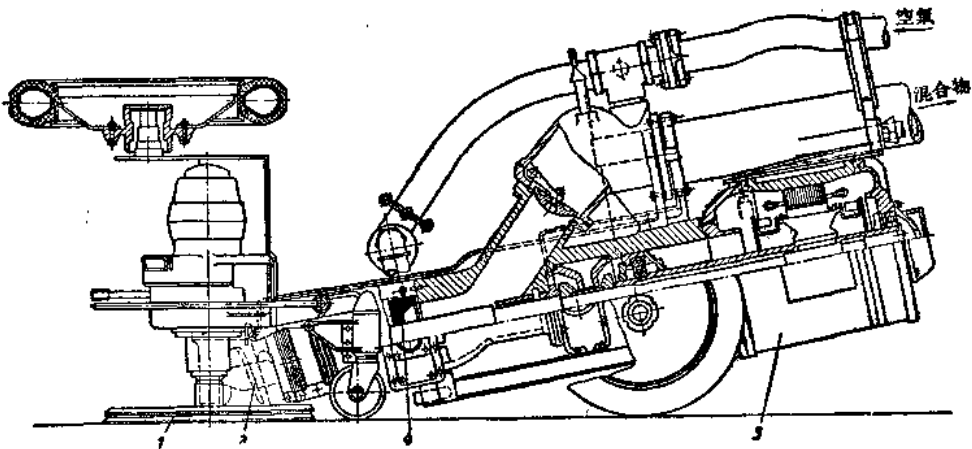


圖 4 行動式螺旋風動送料機。

行動式送料機的作用原理概括如下：兩個圓盤1從車輛或駁船將堆積的水泥肥進螺旋2的第一道螺旋紋，螺旋是連接在125馬力的主原動機3的軸上。螺旋以1200轉/分的速度迴轉；其螺距是變動的，因此，被傳送的水泥就隨着螺距的減小而變成緊密，這樣就可以防止壓縮空氣從運輸管經由螺旋向外透出。在運輸管內的空氣經過圓形的噴射器4供應，由這樣造成的空氣和水泥的混合物開始沿着運輸管柔軟的部分，然後又沿着剛固的部分運送到貯存室內。送料機裝在兩個車輪上行動，每個車輪自電動機得到獨立的傳動；前進、後退和轉彎用水銀開關遠程控制。

把集熱的原動機自動和主原動機一起開動。在主原動機過載時，圓盤的原動機藉助於以滿載電流125~150%間的調整最大電流用繼電器以切斷電流。

原動機功率為125馬力的成套裝置的重量達4000公斤。

風動運輸設備的封閉式送料機

一般的結構 高壓落差的封閉式送料機（裝載設備），如同螺旋式送料機一樣，用來運輸粉末狀的物料。由於零件沒有很快的磨損以及可以運輸物料至很遠的距離，這種送料機的應用極為廣泛。

這種型式設備的能量消耗較螺旋式送料機大約少30%。封閉式送料機的缺點是高度尺碼很大，以及週期

性作用。根據封閉箱的數目，這種送料機分為單箱式和雙箱式兩種。為了使封閉式送料機作近似的連續作用，常常做成雙箱的裝置，輪流由每一箱將材料引入一條運輸管內。這樣可以大大提高生產率，但却同時使設備的尺碼增大。

雙箱封閉式送料機 圖5所示是自動操縱的雙箱封閉式送料機的展開簡圖。

在開始起動時，圓錐形閥門1打開。用任何方法送到送料機的運輸物料即裝入箱2之內。此後，當箱內物料裝滿至限制物料裝滿用的閥門3時，物料掉進漏斗內而使閥門傾斜，並將水銀管接觸點開通電。氣動的電力換向開關4的線路即行合上，操縱用的空氣乃推動活塞5而使圓錐形閥門1關閉，並同時打開圓錐形閥門6。與此同時，操縱用的空氣藉助於活塞7將物料的通道上的‘二道閥’8調整好位置。在由緩速裝置9所控制的週期開始過了15秒鐘之後，工作空氣的開關10藉助於安裝在它上面的操縱活塞11而開啓。工作空氣即經由連接管12、13和14進入箱2和混和室16之內，在此以後就開始由風動運輸物料。在混合物沿著箱內運輸管運動時，除克服混合物的運動阻力以外，尚有多餘的壓力。這壓力就使處在壓力落差狀況的接觸壓力計17作用（當箱內材料全部卸載時，接觸壓力計即在壓力落差狀況），切斷氣動電力換向開關4的線圈電路；使開關10關閉並停止供應工作空氣。

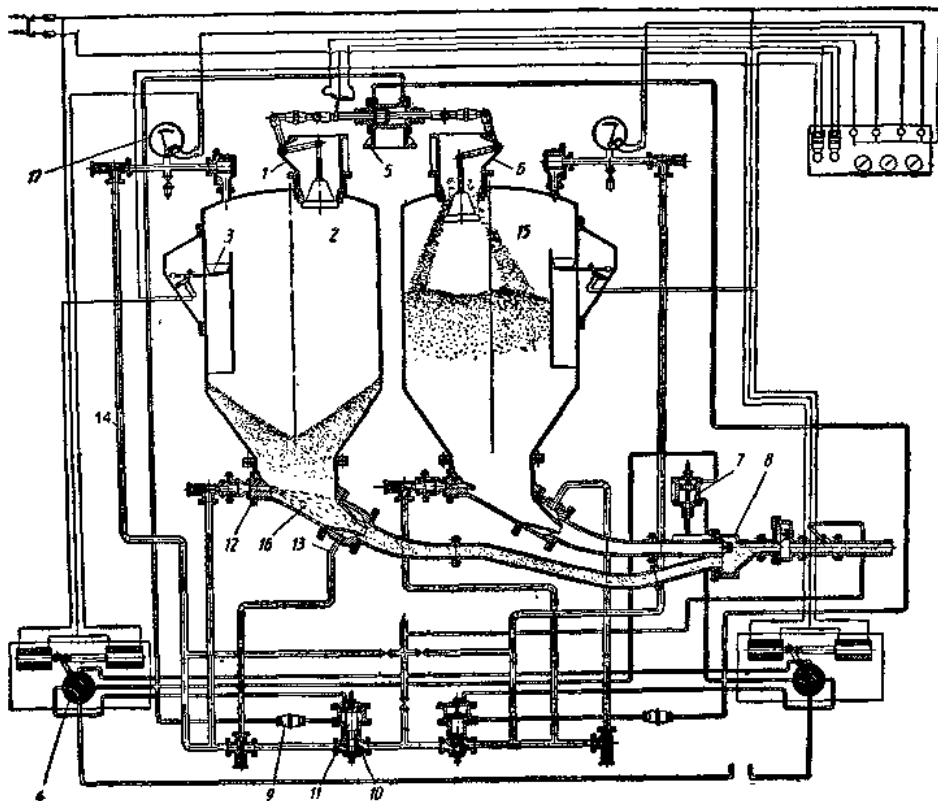


圖5 雙箱式風動送料機的工作原理簡圖。

在箱 2 的卸載期間，箱 15 不斷裝進物料。它的生產率是做成這樣，使風動卸載時間比裝載時間少 3 分鐘。在一個箱卸載完畢之後至第二個箱未裝滿之前，機構是保持寧靜的。但當箱 15 的物料裝滿到限制裝滿用的閥門的水平時，機構又

開始如同上述的箱 2 工作時的過程進行操作。

表 3 所列是運輸水泥用的封閉式送料機的試驗數據。

表 3 封閉式送料機的技術特性

運輸長度 (公尺)	空氣壓力 (公斤/公分 ²)	生產率 42.6 噸/小時		生產率 105 噸/小時		生產率 170.5 噸/小時	
		運輸管直徑 (公厘)	壓氣機功率 (馬力)	運輸管直徑 (公厘)	壓氣機功率 (馬力)	運輸管直徑 (公厘)	壓氣機功率 (馬力)
91.5	3.1	125	80	200	185	200	320
183	3.8	150	108	200	240	200	384
305	4.5	150	166	200	388	200	632
610	6.0	150	184	250	470	250	740

閘門式排料器

在中等壓力落差的壓力排出裝置中，極常用閘門式排料器。這種排料器用在吸入系統和排出系統的把物料與空氣分離的‘分離器’中。

閘門式排料器的用途是將低壓地方的物料送到高壓地方，或者反之。

滾筒式閘門排料器的應用最為廣泛。這種排料器連續不斷地和均衡地供應材料，並在滾筒尺碼不大時就能得到很高的生產率。

圖 6 所示是滾筒式閘門排料器的簡圖。物料經過連接管進入迴轉着的滾筒的格子孔內，並由它本身重量之作用向下落在排出管內；在這裏由空氣流沿箭頭方向將之帶走。滾筒和殼箱緊密接觸，以防空氣從運輸管洩入存倉內。

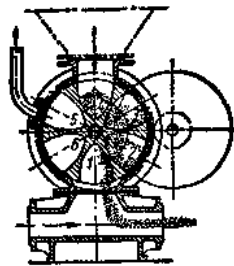


圖 6 滾筒式閘門排料器。

在圖 6 所示的滾筒位置中，格子孔 1 和 6 處在高壓下，格子孔 4、3 和 2 則處在大氣壓力下，而格子孔 5 經過小孔及管子與外界相通，亦是處在大氣壓力下。

為了避免在存倉漏孔下面的在格子孔內的空氣膨脹起見，預先使格子孔內的壓力降低；不然，在這種情況下是會影響材料裝滿格子孔的。

閘門式排料器的轉速通常在 20~60 轉/分的範圍內。

吸入管

吸入管用來把粉末狀的、小塊的和殼物類的物料引入吸取裝置的運輸管內。它的工作原理概括如下：管

子(圖 7)懸掛於運輸管的柔性元件上，稍為沉入材料堆內。由於有壓力落差，空氣即開始運動，一部分透過物料，而一部分則經過可調節的隙縫而從管子的環狀口腔引進(額外地)。空氣在透過物料時抓取一部分物料帶入運輸管內。

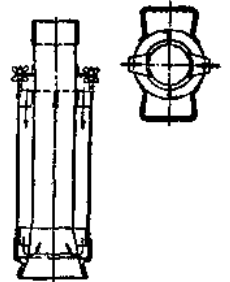


圖 7 吸入管。

運輸管及其元件

當正確選擇裝載設備時，運輸管的直徑在很大的程度上決定了每小時的生產率、運輸 1 噸物料所需的能量以及需要的壓力或真空度的大小。在設計運輸管的結構圖形時，應避免大量的轉彎、彎管和與此相類似的元件。不然就會造成局部的阻力，並增加能量的消耗和磨損。當不得已而應用這些元件時，也應使它的尺寸和構造能保證安全工作並盡可能減少阻力。在地方允許條件之下，必需力求縮短輸送管的總長度，使它以最短距離通過兩端點之間。

對於高壓力落差的排出型式的設備，應用直徑為 75~250 公厘的普通品種無縫鋼管。在中等或低的壓力落差而運輸管直徑很大時，可以用壁厚 1~3 公厘的較輕的管子。凸緣連接可按 ГОСТ 選用。幾乎在每一個風動設備中，方向都有改變，在運輸管中則用彎管來改變其方向。

由於物料對彎管壁的摩擦，彎管很快磨損而變為無用。可以增加在磨損地方的管壁厚度或採用特殊的在磨損的地方做成可拆除，並按需要程度可以更換新的彎管結構來提高彎管的使用壽命。

在排出裝置中，需要把物料從一處運送到兩處或幾處時，或是在吸入裝置中，需要把物料從兩處或幾處運送到一處時，運輸管的分支處可用特種換結器來改換連結（圖8和圖9）。換結器可以用手工或以電力或風動電力裝置來操縱。

有時用軟管作為工作的運輸管。軟管可用來連接吸入管和運輸管的剛性段；以及當吸入管或行動的風動送料機必需在裝有物料的某些地方（煤倉、鐵道車輛、船艙等等）工作時，亦可利用軟管來連接運輸管的各單獨段。這時軟管使行動的螺旋送料機或吸入管得到必需的機動性。

軟管由單獨的鋼環製成，用軟帶條連接起來，並包在由橡膠布做成的殼套內。除了這種結構以外，軟管還有用型鋼的螺旋帶片構成，用石棉線或橡膠線密封之。

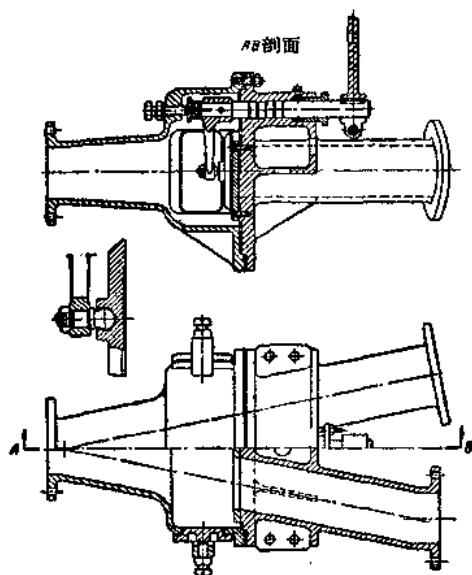
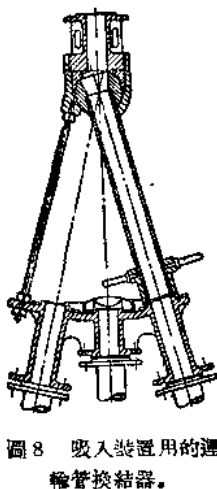


圖9 排出裝置用的運輸管換結器。

軟管須有光滑的近似圓柱形的內表面；在各方面都是柔軟的，在彎曲時不需加很大的力；在轉彎處沒有壓扁，橫截面保持圓形；有足夠的緊密以防止空氣向外滲透並且重量較小而抗張強度很大。

分離裝置

分離器（擴散器、集器）把運輸的物料從空氣流中分離出來可由適當的降低氣流速度並改變它的方向以及在離心力作用下進行。當空氣速度減小時，便在很大的程度上減低它攜帶物料的能力，因為動能是按速度平方的比例而減少的。將氣流引入分離器（擴散器、集器）（圖10）的容器之內，即可降低氣流速度。分離器連接於工作運輸管的終點，它的橫截面面積為運輸管橫截面面積的50~150倍。

空氣在分離器內的速度在0.2~0.8公尺/秒的範圍內選定，也就是說對於很輕的材料碎塊也保證可以從氣流中掉下析出。分離器通常是圓柱形狀的（圖10）。

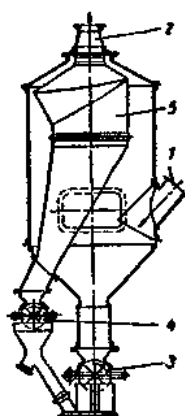


圖10 帶有內裝的旋風除塵器的分離器。

底部做成圓錐形，並在下面裝有閘門式排料器3，可使物料向外排出而不致使運輸過程停頓。上底的形狀，當小壓力落差時做成平的，當大壓力落差時則做成圓錐狀或球狀。工作的運輸管連接於圓柱部分1（如圖10所示），或者在圓筒的切線方向引入。在上底有連接管將空氣自分離器向外排出。

因為空氣和物料的混合物進入分離器時產生強力的渦流，所以最輕的粉末狀物料碎塊和塵土沒有掉下，和空氣一起走向連接管2。為了自這一混合物中清理空氣，在分離器本身或其外裝設旋風除塵器5。空氣和塵土的混合物在走過旋風除塵器時作曲線運動。混合物的較重部分的一些塵土，受離心力的作用而撞在旋風除塵器的壁上，與壁接觸並失去它的速度，於是沿着圓錐狀斜道向下滾到第二個排料器4，而空氣則向上流到外出的連接管。運輸的物料經過一個閘門式排料器排出，而灰塵則從旋風除塵器經過另一個閘門式排料器排出。

分離器內的物料和旋風除塵器內的塵土用滾筒式閘門排料器向外送出。這種滾筒式閘門排料器和前面所述的在結構上並無不同。

在高壓力落差的排出裝置中，物料的分離通常在容積很大的容器內進行。該處體積很大，上升空氣流的速度變成這樣小，使得極小的碎末也要沉下。當空氣需要仔細清除時，可通過附有“布過濾器”的管子來進行。

過濾器 在旋風除塵器內將空氣預先清除塵土常常是不夠的，所以空氣從分離器引出之後，還要經過布

袋過濾器除去塵土(較少用濕性過濾器,更少用電過濾器)。

除了要保證充分清除塵土以及結構和保養簡單之外,過濾器還要盡可能地使空氣運動阻力達到最小。

按照工作原理,過濾器分為下列幾種:a)機械或風動振動的自動過濾器;б)人工週期性振動的非自動過濾器。

非自動過濾器(圖11)是包括上面有圓柱部分1和下面有圓錐部分2的,兩者用金屬薄板片隔開的箱

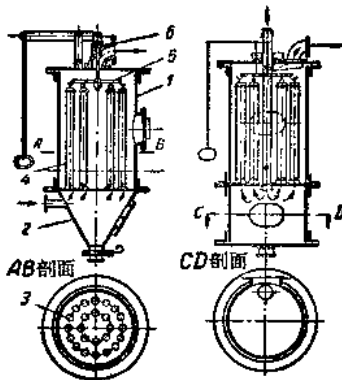


圖11 手工振動的布袋過濾器。

子。板片上有很多圓孔3,緊接着圓孔上面連接着用任何一種過濾布製成的圓柱形袋套4。袋套的上封閉端懸掛在特殊的橫桿5上。帶有塵土的空氣經由連接管進入過濾器的圓錐部分,然後穿過板片的圓孔進入袋套中,透過袋套壁清除塵土後再從頂部的連接管向外送出。黏在過濾袋套上的塵土,可以用特殊的裝置在反向吹風使之掉下;或不用吹風而將袋套部分拆除振動之。此外,還可以用手工方法經過一套橫桿系統使懸掛着袋套的橫桿振動以除去塵土。這種過濾器常常採用機動的或風動的連續作用振動設備。

積集的塵土集合在過濾器下部的圓錐部分,積集至相當程度時即從孔中取出。該孔是用閘門嚴密封閉着的。

過濾袋套可用各種布料製成,如:棉布、法蘭絨布、粗白洋布。

過濾的表面積的大小,視空氣污穢的程度而定,但每流過3公尺³/分空氣其面積不得小於1公尺²。有一些結構將過濾器裝在分離器上,與之組成一整體。

送風機械

在風動運輸設備中所必需的並與該設備管路中空氣運動有關的壓力落差,是由於各種式樣的空氣壓縮

機、送風機和通風機所造成的。

對於增壓器的形式,習慣用壓力不超過5~6公斤/公分²的標準式空氣壓縮機。對於吸氣裝置的形式,通常是用短衝程而大活塞直徑的立式特種活塞真空泵。這種機器的優點是:a)工作均衡,空氣幾乎沒有脈動的吸入;б)對稍微帶有塵土的空氣亦可工作,因為活塞和填料箱用乾的石蠟潤滑劑;в)平面尺寸不大。

對於中等壓力落差的風動設備,最好是採用在受真空或壓力作用下的Pyт型迴轉式送風機。

在穀物運輸裝置中,採用吸入工作的三級送風管。這種機器雖然有一些優點(不大的尺寸,工作很均衡以及可以對有塵埃的空氣工作),但它却有本質上的缺點:當體系中的阻力有任何一點小的改變時,就引起空氣流量的改變(根據送風管的特性而定),這是對風動設備的工作規程極為不利的。為了克服這一缺點,而採用改變送風機轉速的自動裝置來調整空氣的流量。

風動運輸槽

風動運輸槽用來運移各種粉末狀的物料(水泥,煤末、灰燼等等)。在槽內用不大的壓力(250~500公厘水柱)運移,當風動運輸槽的斜度大約為2~4°時,可送達幾十公尺的距離。運移的過程概述如下:物料進入作為槽的底部的多孔板上,壓縮空氣從下面透過多孔板引入槽內,穿過材料層而使之流動。這個工作原理是由於空氣的吸着作用或粉末狀物料的每一小塊凝聚在一起所致。當物料的塊越小和風動運輸槽的傾斜度越大時,風動運輸槽的生產率也就越高。

底板的孔隙性可使空氣均勻散佈於底部的整個面積。

槽的下底和側壁是嚴密封閉的。槽的上蓋是可拆除的;第二個中間底則用多孔板製成。壓縮空氣從板的下部引入並用簡單的裝置散佈。

表4所列是風動運輸槽的各種技術特性。

表4 風動運輸槽的技術特性

[根據吉波勒車門(Гипроцемент)的試驗數據]

槽寬 (公厘)	生產率 (公尺 ³ /小時)	運載材料層 的高度 (公厘)	在各種槽長(公尺)下的 空氣流量(公尺 ³ /小時)				
			10	20	30	40	50
125	18	100	30	60	90	130	150
250	45	125	60	120	180	240	300
400	72	125	100	200	300	400	500
500	108	150	120	240	360	480	600

風動排灰裝置

風動排灰裝置是經過多次改良的裝置，其結構具有若干特點(圖12)。它用裝在灰罐分離器2和旋風除塵器3之間的特殊蒸汽噴射器1造成壓力落差。灰罐

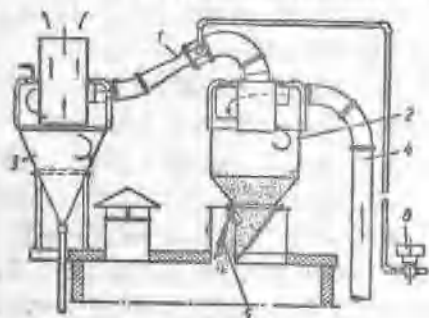


圖12 風動排灰裝置的簡圖。

自然燒窯下面用固定的吸入管吸進運輸管4而入分離器內；再從分離器經過用電動液壓推桿控制的閘門5進入存倉中。微小的灰末沿着送風機繼續前進，和蒸汽混在一起而掉在旋風除塵器內，在這裏受水的充分噴射而帶入排水道內。

這種裝置的特點是週期性工作。這種週期性是由一特殊的裝置所造成——閘門6週期性地將蒸汽引入

噴射器內。灰罐藉助於自動操縱閘門在適合蒸汽噴射器間歇工作的間隔自分離器進入存倉內。這種裝置的特有優點是不需要複雜的帶有電動機的送風機械、昂貴的和複雜的閘門排料器；沒有這一些機構可以增加工作的可靠性。這類裝置的主要特性是：生產率——10噸/小時；空氣消耗量——70公尺³/分；功率消耗——90馬力；蒸汽壓力——6—7公斤/公分²。

計算論據

計算步驟概述 風動運輸設備的理論和計算還沒有很完備地擬訂，製造廠家多半是根據經驗數據來製造。下面所引述的資料是根據某些科學研究和設計機關[全蘇起重運輸機械科學研究所(ВНИИПТМАШ)，工業機械化協會(Союзпромхозмеханизация)，穀物工業計劃所(Промзернопроект)等等]的研究以及工廠的經驗而制定的。這些資料只能用於它所屬用的某些型式的設備。

可按下列步驟進行計算：

- 1)根據物料的特性，決定送進的速度；
- 2)根據經驗數據並按送進的速度或物料塊的比重選定合適的運輸空氣速度；
- 3)根據該種型式裝置所應用的混合物濃度和指定

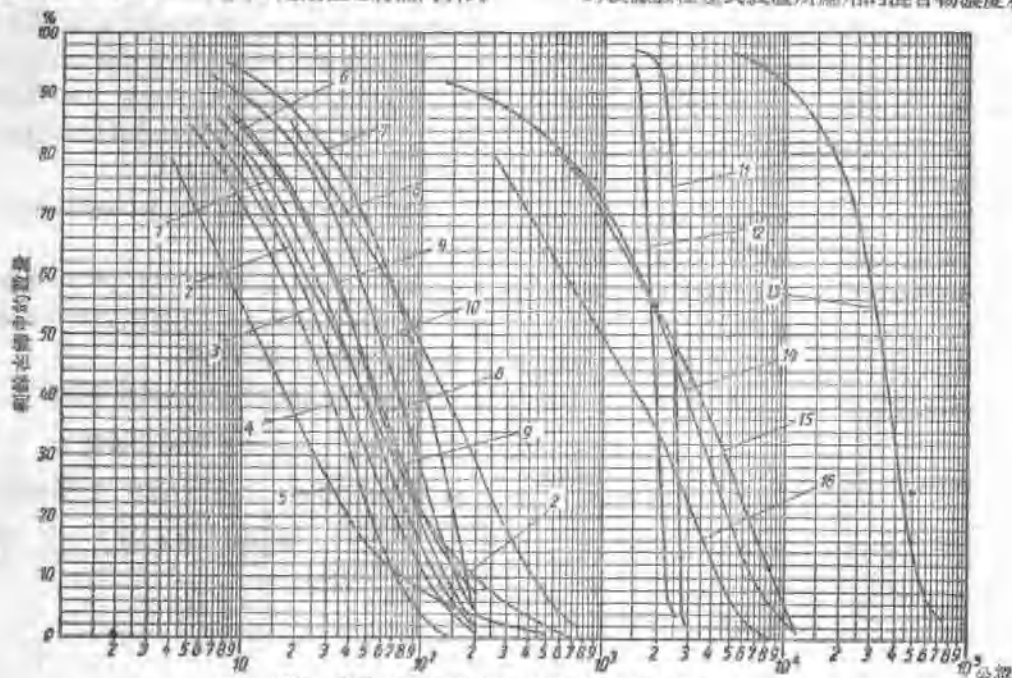


圖13 由風動運輸的物料的特性(按照塊的大小)：

1—灰山灰的波特蘭水泥；2—型型用石膏粉；3—000號波特蘭水泥；4—煤粉(細末)；5—水硬石灰；6—煤末(粗末)；7—石灰-灰分水泥；8—雪花石膏；9—0號波特蘭水泥；10—石灰-灰山灰水泥；11—小礫；12—黑礫；13—填充材料；14、15、16—無煙煤粉。

的生產率決定需要的空氣消耗量和運輸管的直徑；

4) 根據已知的運輸管路圖和計算各處阻力的數據決定克服整個系統的總阻力所需的空氣壓力落差；

5) 根據算得的空氣消耗量和壓力(或真空度)的數值，按製造廠家說明書選擇合適的送風設備。

運輸物料的特性(按照物料塊的大小) 圖13所示是用風動方法運輸的主要物料的特性(按照物料塊的大小)。圖中用對數坐標表示塊的大小；橫坐標係篩孔的尺寸(公忽)；縱坐標係剩餘在篩上的數量，以全部受篩物料的百分數表示。

物料送進速度 送進速度或在空氣中均勻沉降的速度的數值，在計算物料與塵土的分離器時以及在決定空氣在運輸管內的速度時都是必需的。物料塊送進速度係上升的空氣流的速度，由氣流的上升力量與物料塊的重量均衡(物料塊沒有絕對速度)，並等於物料塊在靜止空氣中均勻下降的速度(當空氣阻力和重力相等時，物料塊即以均勻速度下降)。

球狀物料塊在均勻下降時，其對空氣的運動阻力為

$$W = \psi F \frac{v_m^2 \gamma_a}{2g}, \quad (1)$$

式中 ψ ——運動阻力係數； F ——物料塊中央截面面積； v_m ——物料塊相對運動速度； γ_a ——空氣比重(公斤/公尺³)。

和直徑為 d 的球狀物料塊的重量相等的力 W ，可通過雷諾氏標準數值表出速度 v_m ：

$$v_m = \frac{Re v}{d}; \quad \psi Re^2 = \frac{4}{3} \left(\frac{g}{\gamma_a v^2} \right) \gamma_a d^3$$

當 $\gamma_a = 1.2$ 公斤/公尺³， $v = 0.145 \times 10^{-4}$ 公尺²/秒， $t = 15^\circ\text{C}$ 和 $p = 760$ 公厘水銀柱時

$$\psi Re^2 = 5.074 \times 10^{10} \gamma_a d^3. \quad (2)$$

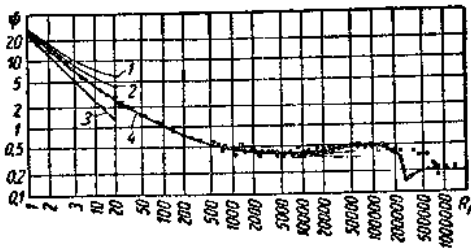


圖14 阻力係數和雷諾數的關係(根據許多研究者的試驗)：

- 1—奧氏(Оси)曲線；2—哥氏(Гольдштейн)曲線；
- 3—斯氏(Стокс)曲線；4—根據許多研究者試驗的曲線。

ψ 和 Re 之間的關係和 ψRe^2 的數值，由圖14中的經驗曲線來表示。根據每種物料所固有的 α 和 γ_a 計算

ψRe^2 值。有了 ψRe^2 和 Re 的關係，就可決定相應的物料塊均勻下降的速度。

爲了簡化計算起見，可用圖15的計算圖決定球狀物體的送進速度。 ψ 值可根據 Re 選定(Re 值的範圍爲 $10^{-4} \sim 5 \times 10^5$)。

離心除塵器分離程度的計算 在風動運輸設備中，物料在運輸線的終點必須和空氣分離。小塊的或粒狀的物料(如煤核、穀類)和混合物濃度很大的用螺旋式或封閉式送料機運輸的粉末狀物料($\mu = 15 \sim 50$ 及以上)與空氣分離比較容易，只須在分離器內使空氣速度減少到低於送進速度並改變其運動方向即可。

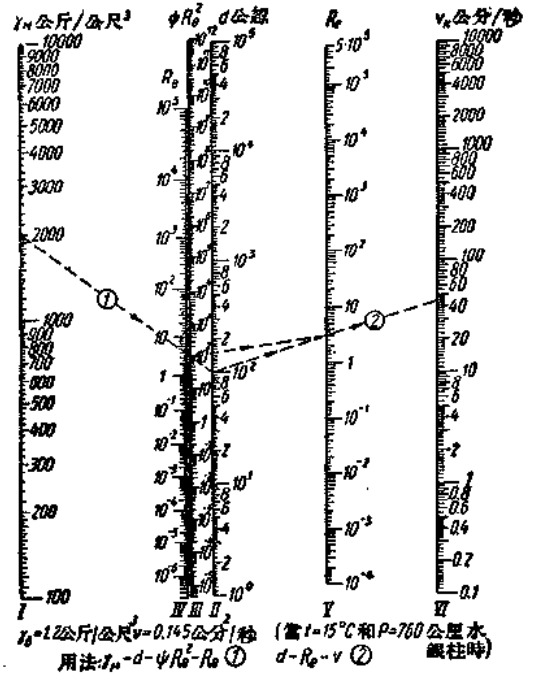


圖15 計算送進速度 v_m 的計算圖。

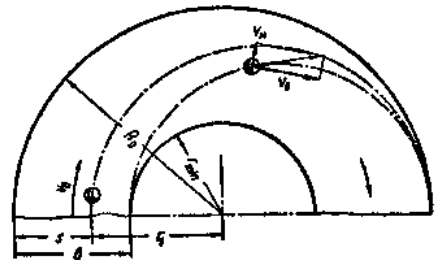


圖16 物料塊在彎曲的氣流中的運動圖。

以不大的濃度來運輸的粉末狀物料($\mu < 10$)，或者是主要物料已經在分離器內掉下而需要完全清理的空氣中的粉末狀物料，它們的分離以及分離程度的計算是最爲複雜的。

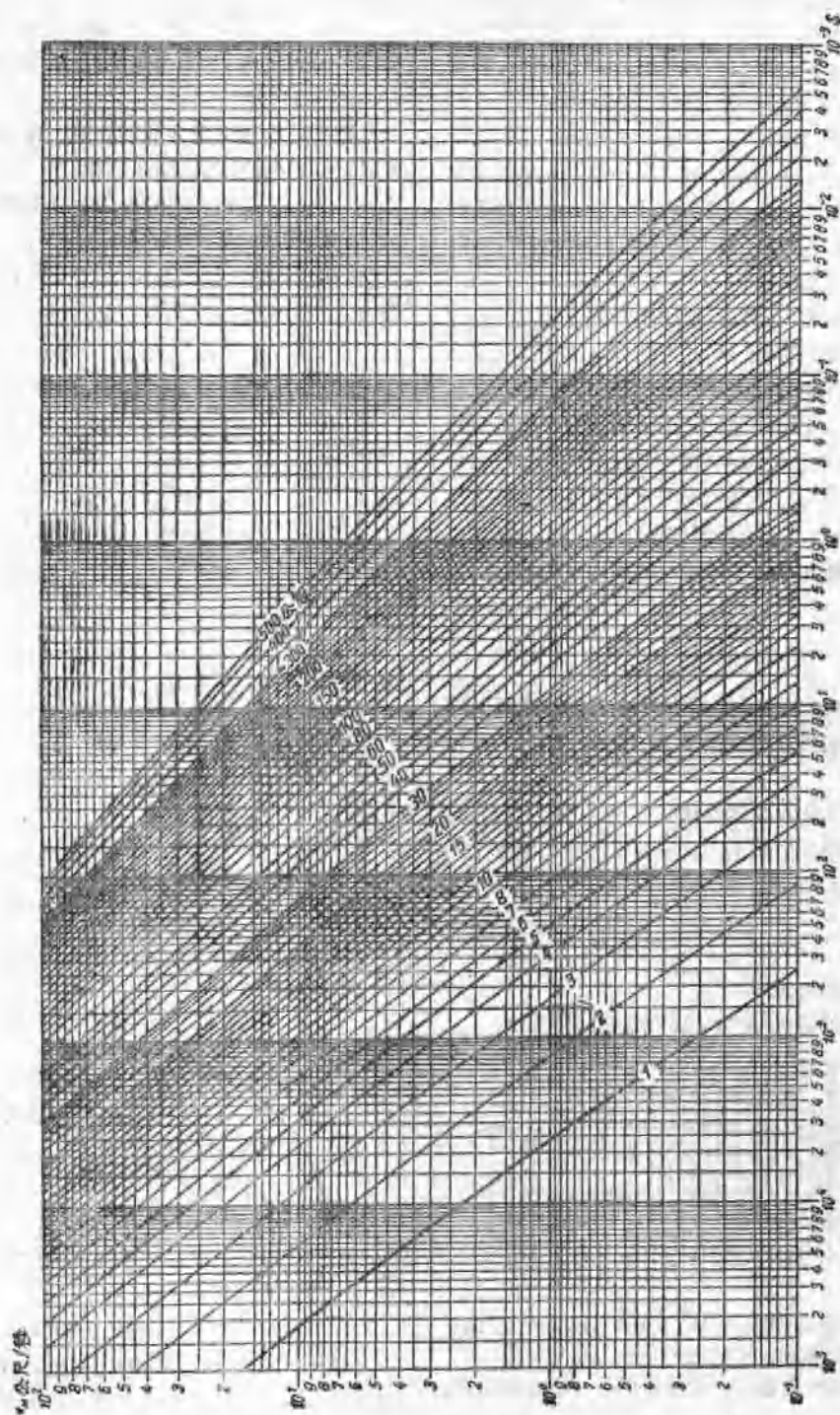


圖17 圖解式—S—d。

根據粒度、運輸空氣速度(v_n)、空氣流在分離器內的轉彎半徑(r)和轉彎角度(α)來決定物料分離程度這是離心分離器計算的最終目的。

物料塊受離心力的作用，橫過空氣流達到旋風除塵器的壁而往下掉。

物料塊在離心力的影響下行動(圖16)，克服空氣的阻力，此阻力等於離心力：

$$\frac{mv_n^2}{r} = \psi \frac{\gamma_s}{2g} F v_n^2, \quad (3)$$

式中 m ——物料塊的質量； ψ ——運動阻力經驗係數，根據物體的形狀和雷諾數而定； γ_s ——空氣比重(公斤/公尺³)； F ——物料塊中央截面面積(公尺²)； v_n ——物料塊的相對運動速度(公尺/秒)。

對於球狀物料塊

$$v_n^2 = \frac{4}{3} \frac{\gamma_n}{\gamma_s} \frac{d v_n^2}{\gamma \psi}, \quad (4)$$

式中 d ——物料塊直徑(公忽)。

圖17所示是物料塊的最小直徑 $d_{\min}$ 與按輔助值 S 改變的物料塊速度 v_n 的關係。

圖中假設物料塊在旋風除塵器內的空氣流中轉彎的時間(t)之內，到達除塵器的外壁。物料塊的直徑自1至500公忽。

空氣流在大直徑的旋風除塵器或分離器內運動時，它的速度在整個流動過程中可認為是相等的[●]。對於直徑超過1公尺的旋風除塵器，這可以用實驗證明[斯莫哈寧(Смухнин)教授]。在這種情形中，

$$S = \frac{4}{3} \gamma_n \frac{v}{\gamma_s} \frac{v_n^2}{r}, \quad (5)$$

式中 v ——空氣的動黏度(公尺²/秒)。

S 值也可用輔助計算圖求得(圖18)。

圖解 v_n-S-d (圖17)的計算是在這樣的條件下進行的：由空氣流帶入旋風除塵器內的物料塊處在離外壁各種距離的位置，並且當空氣速度(v_n)和空氣在旋風除塵器內行動的路程(l)給定時，空氣行動經歷的時間 $t = \frac{l}{v_n}$ 即為已知。

計算的步驟如下：

1. 把寬度為 b 的空氣流劃分為幾個部分(通常是四個部分)，用圖解計算每一個部分的 $d_{\min}$ 。為此，a)求兩端點處(在 $r_{\min}$ 和 $r_{\max}$)的輔助值 S ，即 S_2 和 S_1 ；6)計算物料塊走到旋風除塵器外壁時的假定平均速度[已知時間(t)]， $v_n = \frac{S_1}{t}$ ，這裏 S_1 是我們所研究的這一部分的內部邊界至旋風除塵器外壁的距離；B)根據 v_n 、 S_1 和 S_2 在圖解上求得該部分最小物料塊的直

徑，這物料塊就是在旋風除塵器中還能夠分離的。

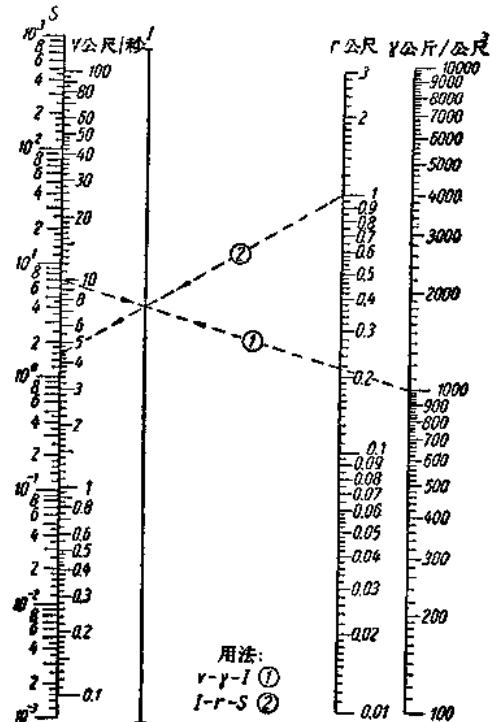


圖18 計算 S 的計算圖。

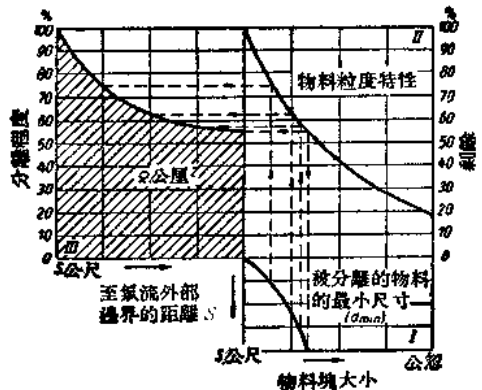


圖19 計算分離程度的圖解法。

2. 根據已算得的每一氣流部分的 $d_{\min}$ ，用羅、蘭、因三氏(Розин, Рамлер и Интельман)的圖解法計算總的分離百分率(圖19)。其算法如下：a)在區域I列置各部分的 $d_{\min}$ ；6)在區域II找得物料粒度特性(符合篩的分析)；B)在區域III求得分離程度。分離百分率可將方格子內的平面面積 Ω (公厘²)除以區域III的橫坐標

● 對於複式旋風除塵器，氣流在其內的流轉應和理想液體的流轉近似， v_n = 常數。

以求得。

混合物的濃度 表微物料在運輸管內運輸情況的特性有下列各種基本數值：運輸裝置的生產率 Q_m (噸/小時)、引向大氣壓的空氣消耗量 V_a (公尺³/分)、在已知壓力 (通常是大氣壓) 下的運輸空氣的速度 v_a (公尺/秒) 和規定的運輸管通道的直徑 d (公厘)。所有這些數值之間的關係，可用混合物的濃度來表示。

混合物濃度係物料量與同一時間內經過該運輸管截面的空氣量之比。混合物濃度可以用重量比或體積比來表示——分別稱為混合物重量濃度或混合物體積濃度^①。

重量濃度

$$\mu = \frac{Q_m}{\gamma_a v_a F_{mp} \cdot 3600} \quad (6)$$

體積濃度

$$\delta = \frac{Q_m}{\gamma_a v_a F_{mp} \cdot 3600} \quad (7)$$

式中 F_{mp} —— 規定的運輸管截面面積 (公尺²)； γ_a —— 在適合於取定的空氣速度的壓力之下的空氣比重 (通常用在大氣壓力下自運輸管排出或進入運輸管的空氣速度)； γ_m —— 物料比重 (噸/公尺³)。

實際上，在我們研究的運輸設備中，混合物重量濃度的界限數值在 $\mu = 3 \sim 100$ 的範圍內，在個別情況下，甚至更高一些。通常，當運輸管越短和運輸用的壓力落差越大時，則應採用的混合物濃度越大。茲推薦下列幾點方針：

a) 當用螺旋式送料機的運輸設備運輸水泥時， $\mu = 22.5 \sim 60$ 適用於運輸長度自 600 至 100 公尺。

б) 當用封閉式送料機的運輸設備運輸水泥時， $\mu = 16 \sim 45$ 適用於運輸長度自 600 至 100 公尺。

в) 當用吸入裝置運輸小麥時， $\mu = 10 \sim 35$ 適用於運輸長度自 200 至 20 公尺。

要使混合物濃度為一定的空氣帶着物料沿着已知直徑和形狀的運輸管流動，就須具有一定的適合運動

阻力的壓力落差。

運輸速度 用空氣運輸粉末狀和粒狀物料的速度決定於傳給被運輸物料塊動能的空氣的速度。每一風動運輸設備的空氣速度按運輸管長度根據壓力的改變來選定，壓力的改變是由於在運送空氣和物料的混合物時空氣能量的損耗所致。同時，壓出式和吸入式運輸設備最小的空氣速度是在裝載地方，而最大的空氣速度則在卸載地方 (在吸入運輸裝置中，為了避免穀物受到損傷，有時將運輸管末端直徑增大，使在卸載處的空氣速度急劇減低)。

在計算中，通常表出在大氣壓力下的空氣速度。根據這一速度，很容易就確定需要的空氣消耗量和送風機械的生產率；此外，無論在吸入式或壓出式運輸設備中都遇到這一速度 (在吸入運輸設備中，這速度係在近吸入管處；在壓出運輸設備中則在混合物排入分離器——存倉或儲藏器處)。

在實用上，運輸各種物料的最小的和最合適的空氣速度，通常是按經驗數據選定。表 5 所列是按工作良好的運輸設備的經驗數據所定的運輸空氣速度。

表 5 中的送進速度，適用於按粒度特性有 25% 剩餘在篩中的那樣大小的物料塊。這種粒度可以用圖 13 求得：作一平行橫坐標軸的線，交於有 25% 剩餘在篩中的縱坐標處；這直線和粒度曲線的交點即在橫坐標給出物料塊的尺寸。按照這種粒度 (有 25% 剩餘在篩中的) 的物料塊所決定的送進速度，有條件稱為該運輸物料的送進速度。

選擇運輸速度亦可按下面的經驗公式：

$$v_a = a \sqrt{\gamma_m} \quad (8)$$

式中 γ_m —— 運輸物料的比重 (公斤/公尺³)； a —— 試驗係數 (在 24~72 範圍內選用；對於 v_{cp} 的 a 值可按表 6 選定)。

這一公式應用於高的運輸速度和小的混合物濃度 ($\mu < 7$) 的運輸設備。

● 體積濃度值很少應用。

表5 選擇各種物料的運輸速度的推薦數據

	比重 (噸/公尺 ³)	體積重量 (噸/公尺 ³)	計算粒度 (公忽)	送進速度 (公尺/秒)	運輸速度① (公尺/秒)
000 號波特蘭水泥	3.2	1.0~1.2	60	0.22	9~18
00號波特蘭水泥	3.2	1.0~1.2	86	0.34	9~18
標準粗細的煤末	1.4	—	70	0.14	8~13
磷灰石精礦	3.2	1.7	85~102	0.34~0.53	10~20
無煙煤粉	1.35	—	4400	7.5	25~35
黑麥	1.25	0.725	2150	7.5	22~26
小麥	1.35~1.45	0.785	2700	9.75	23~26
填充材料	2.3~2.6	—	45000	31.2	50~70
塑型用石膏粉	2.6	0.65~0.85	86	0.34	9~18

① 對於用封閉式、螺旋式送料機的運輸設備，用較小的速度；當運輸長度較大時，用較大的速度。

壓力損耗的計算 空氣流在運輸設備的全長上(自物料引入運輸管的地方起,至放出由分離器出來的清潔空氣的地方止)的總壓力損耗等於下列各項之和: 1)物料沿運輸管直線部分運動的壓力損耗 H_m ; 2)物料引入運輸管和給與它以必要的速度的壓力損耗 H_c ; 3)空氣混合物在運動時經過彎管、彎頭和別的改變運動方向的裝置時的壓力損耗 H_k ; 4)在垂直段提升混合物的壓力損耗 H_n ; 5)在分離器(旋風除塵器、過濾器)內將運輸物料分離時的壓力損耗 H_{om} 。

表6 在計算運輸速度時用的 α 值

運輸線特性	物料特性	α 值	
		剛性運輸管	柔性運輸管
水平直線	粉末狀的穀物塊狀的(各種尺寸)	24	38
		28	48
		36	57
帶有彎管、彎頭和垂直段的線路	粉末狀的穀物塊狀的(各種尺寸)	30	48
		36	57
		45	72

根據許多研究者的試驗,確立了下面的混合物運動時的壓力損耗 H_m 和清潔空氣運動時的壓力損耗 H_B 之間的關係:

$$H_m = \omega \cdot H_B \quad (9)$$

$$\text{修正值} \quad \omega = \frac{H_m}{H_B} = 1 + \mu \operatorname{tg} \alpha, \quad (10)$$

式中 $\operatorname{tg} \alpha$ ——經驗數值,根據空氣速度、混合物濃度和別的數值而定。圖 20 所示是以運輸空氣速度(V)的函數給出 $\operatorname{tg} \alpha$ 值的大小。

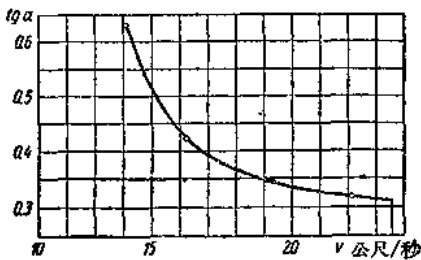


圖 20

公式(10)主要是適用於穀類。粉末狀物料用的公式較為複雜。

在吸入管內的壓力損失或管的真空度可用下式計算:

$$H_c = (c + \mu \psi^2) \gamma_B \frac{v_B^2}{2g}, \quad (11)$$

式中 $c = 4 \sim 14$ (下限用於較小的濃度—— μ); $\psi =$

$\frac{v_m}{v_B} = 0.65 \sim 0.85$ ——物料運移的平均速度和空氣平均速度之比。

混合物運動時經過彎管、彎頭及其他改變方向的裝置時的壓力損耗 H_k 可用下式計算[4]

$$H_k = Q_{\text{м}} (1 - \varphi^{2n}) \frac{v_{cp}^2}{2g}, \quad (12)$$

式中 $Q_{\text{м}}$ ——生產率(公升/秒); φ ——在衝擊時速度減低的係數(用 $\varphi = 0.7$); n ——在彎管內理論上衝擊次數; v_{cp} ——進入彎管時的速度。 $\frac{r_0}{d_{mp}}$ (r_0 ——彎頭曲率半徑, d_{mp} ——運輸管直徑)的比值越大時,則計算的衝擊次數 n 也越大。 n 可按下列數據選定:

$\frac{r_0}{d_{mp}}$	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0
n	0.75	0.94	1.22	1.67	2.04

公式(11)給出的阻力數值是過低一些,尤其是當混合物濃度很高時。

按照全蘇起重運輸機械製造科學研究所(ВНИИ-ПТМАШ)的材料,推薦用‘當量水平段長度’的方法計算彎管的損耗。對於塊狀物料(碎石、煤等等):

$\frac{r_0}{d_{mp}}$	2	4	6	10	15	20
當 $\alpha = 90^\circ$ 時, $l_{\text{當}}$ (公尺)	110	100	90	100	110	120
當 $\alpha = 120^\circ$ 時, $l_{\text{當}}$ (公尺)	100	90	90	90	100	110

對於大塊物料(碎石、煤 30~40 公厘), l 值應增加 15%。

在運輸管垂直段的壓力損失可按下列式計算

$$H_n = H'_n + H''_n = \gamma_B (1 + \mu) h_B + H_B (1 + x), \quad (13)$$

式中 h_B ——垂直段高度; H_B ——清潔空氣在相等的水平段上的阻力; x ——係數,等於 0.1~0.15[4]。

在分離器內的壓力損耗,可按堪多羅維奇(Канторович)教授的公式計算

$$H_{om} = (\xi + \mu \psi^2) \frac{\gamma_B v_B^2}{2g}, \quad (14)$$

式中,括弧內的 ξ 表示在速度突然減小時的純液壓損耗,而 $\mu \psi^2$ 則表示在物料塊突然停止時的渦流損耗。

分離器內壓力損耗 $H_{om} = 150 \sim 300$ 公厘水柱。

將空氣清除塵土的離心除塵器(旋風除塵器)內的壓力損耗,可由空氣流速壓迫的大小所導出的一個係數來考慮。

$$H_k = \xi \frac{\gamma_B v_B^2}{2g}, \quad (15)$$

式中

$$\xi = 1.5 \sim 2.5.$$

帶有振動機構的布過濾器的壓力損耗 $H_{\phi} = 50 \sim$