

礦山空氣壓縮站及管道

蘇聯 恩·阿·列托夫著
龔 倫 舜譯

燃料工業出版社

礦山空氣壓縮站及管道

蘇聯 恩·阿·列托夫著
龔 倫 舜譯

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書論述了空氣壓縮機的配置和構造，對其輔助設備和測量儀器等也略有闡述。

關於礦山空氣壓縮站及壓縮空氣管道的安裝、修理及操作等，在本書中也作了實用的指示；同時並介紹了在空氣壓縮站進行上述工作時的技術保安規程。

本書可供礦山空氣壓縮站的設計、建築、安裝及運行人員參考。

* *
*

礦 山 空 氣 壓 縮 站 及 管 道

ШАХТНЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ И ВОЗДУХОПРОВОДЫ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1950年列寧格勒俄文第一版翻譯

蘇聯 Н. А. ЛЕТОВ著

龔 倫 舜譯

燃 料 工 業 出 版 社 出 版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：梁祖佑 校對：陳 楓 張國楹

北京市書刊出版營業許可證出字第012號

書號235 * 煤95 * 850×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 4 $\frac{1}{2}$ 印張 * 158千字 * 定價9,800元

一九五四年七月北京第一版第一次印刷(1—4,200冊)

版權所有★不許翻印

目 錄

前 言	3
第一章 概論	4
第 1 節 決定空氣狀態之因素及其表示符號	4
第 2 節 熱力學的基本公式	5
第 3 節 活塞空氣壓縮機的工作原理及可以影響其生產率之因素	7
第 4 節 空氣壓縮機的分類	8
第 5 節 計量儀器及其使用法	10
第二章 空氣壓縮站	16
第 1 節 空氣壓縮站的任務與構成	16
第 2 節 空氣壓縮站的站房	21
第 3 節 空氣壓縮機的構造	22
第 4 節 空氣壓縮站的輔助設施	31
第三章 空氣壓縮站的組裝	39
第 1 節 基礎	39
第 2 節 安裝前的準備工作	41
第 3 節 機座及整體機壳的安裝	43
第 4 節 機座及整體機壳的加灌水泥砂漿	47
第 5 節 主曲軸的安裝及軸承的裝配	48
第 6 節 皮帶輪、飛輪及圓盤聯軸器的安裝	51
第 7 節 氣缸與活塞的裝配	54
第 8 節 主動機械的安裝	59
第 9 節 填料函的安裝	64
第 10 節 配氣機械的安裝	65
第 11 節 潤滑體系的組裝	68
第 12 節 貯氣器及冷却系統的裝配	70
第 13 節 移動式空氣壓縮機在礦井中的安裝	70
第 14 節 空氣壓縮站電氣設備的安裝	71
第四章 空氣壓縮機的修理	73
第 1 節 修理的間隔期	73
第 2 節 曲軸的修理	74
第 3 節 氣缸及活塞的修理	75
第 4 節 活塞環的更換	78

第 5 節	連桿螺栓的檢查與更換	78
第 6 節	氣閥的修理	79
第 7 節	濾氣器的清掃	79
第 8 節	水帶、氣缸及貯氣器的清掃	79
第五章	空氣壓縮機的試驗及調整	80
第 1 節	空氣壓縮機的試運轉	80
第 2 節	空氣壓縮機的試驗	82
第 3 節	空氣壓縮機的調整	85
第六章	壓縮空氣管路及其裝配	86
第 1 節	壓縮空氣管路的配置方式	86
第 2 節	空氣管道的構造	90
第 3 節	空氣管道的裝配	96
第七章	空氣壓縮站的操作	108
第 1 節	空氣壓縮機的開車、運轉及停車	108
第 2 節	空氣壓縮機在運轉時的事故及其工作的不正常現象	109
第 3 節	空氣壓縮站的管理組織	113
第八章	空氣壓縮站的潤滑業務	114
第 1 節	潤滑材料及其使用	115
第 2 節	廢油的還原（再生處理）	117
第九章	壓縮空氣的節約	121
第 1 節	空氣壓縮機生產率的增大	121
第 2 節	壓縮空氣管道中損失的減少	122
第十章	空氣壓縮站的安裝及運轉的安全技術	125
第 1 節	安裝工作的安全技術	125
第 2 節	運轉中的安全技術	131
附錄		132

前 言

在斯大林五年計劃的年代中，蘇聯的煤礦隨着採煤與掘進過程的大規模機械化，空氣壓縮機的生產率也大大提高了。在礦山空氣壓縮站裏使用複雜而且貴重的設備，所以必須有這些設備的安裝、管理以及修理等方面的知識，以便延長設備的使用年限和降低它的維護費用。

近年來在煤井裏最流行的蘇聯製造的活塞空氣壓縮機有：CA-8 型、200E- $10/8$ 型、2P- $20/8$ 型及 B300-2K 型立式壓縮機，2BГ 型臥式壓縮機以及 ШБК-5 型活動式壓縮機等。本書的內容就是闡明這些空氣壓縮機的構造、安裝程序以及操作。

第一章 概 論

第 1 節 決定空氣狀態之因素及其表示符號

可以決定着空氣狀態的基本因素是體積、重量、溫度及壓力。

空氣的體積 V 一般均用立方公尺計量。重 1 公斤的空氣體積，稱為空氣的比容。

$$v = \frac{V}{G} \text{ 立方公尺/公斤,} \quad (1)$$

式中 G ——體積為 V 的空氣重量。

1 立方公尺空氣的重量，稱為空氣的比重。

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 公斤/立方公尺。} \quad (2)$$

在工程界，空氣的溫度，多以百等分刻度 ($t^{\circ}C$) 的溫度計計量，但作學理上的論證時，則常採用絕對溫度 T 。絕對溫度與用百等分刻度的溫度計所計量的溫度相差 273° ，即

$$T = t + 273^{\circ}K. \quad (3)$$

大氣壓力多用水柱或水銀柱高度的公厘數計量之。

在海平面上溫度為 0° 時的平均大氣壓力等於 760 公厘水銀柱，這相當於物理學上的一個絕對大氣壓 (ama)。物理學上的一個絕對大氣壓等於 1.0333 公斤/平方公分。

在工程界測量壓力 p 常以工業絕對大氣壓為單位計量之，其大小等於 1 平方公分面積上作用 1 公斤的壓力。工程上的一個絕對大氣壓等於 735.6 公厘水銀柱。在作理論上的分析時，空氣的絕對壓力，通常以公斤/平方公尺 ($P = 10\,000\,p$) 為單位。

當壓力大於大氣壓力時，在工業上常用壓力計計量之，這種壓力稱為壓力計表示壓力 (簡稱表壓力) 或超大氣壓 (amu)。

表壓力可用下列公式計算之：

$$P_M = P - P_a \text{ 公斤/平方公尺,} \quad (4)$$

式中 P_a ——絕對大氣壓。

壓力小於絕對大氣壓時，可用下列公式計算之：

$$P = P_a - P_{\text{бак}} \quad (5)$$

式中 $P_{\text{бак}}$ ——真空計所指示的壓力。

第2節 熱力學的基本公式

空氣壓縮機運轉時，氣缸中所完成的工作過程，都符合於熱力學的定律。

在空氣壓縮機的氣缸裏，一個整個循環包括下列過程：吸氣、壓縮、將空氣壓入壓氣管內。

將空氣壓縮並壓入壓氣管內，爲一做功過程；但吸氣所作的功，與壓縮及壓出所作的功相比，應作負值計算。

空氣之壓縮過程，分爲等溫、絕熱和多變三種過程。

等溫壓縮——在壓縮過程中溫度不變。

進行絕熱壓縮時，溫度將有昇高，因爲在這種壓縮下，並不將壓縮熱導出。

多變壓縮——在壓縮過程中導出一部分的熱量。

活塞空氣壓縮機的全循環過程如圖1所示，依圖可知在其他相同的條件下，其壓縮過程可分等溫（曲線 $\delta\theta_1$ ）、絕熱（曲線 $\delta\theta_2$ ）及多變（曲線 $\delta\theta_3$ ）等三種。

氣體狀態的一般方程式如下：

$$Pv = RT' \quad (6)$$

式中 T' ——絕對溫度；

R ——氣體常數（可由表1查得）。

等溫過程的方程式爲：

$$Pv = \text{常數} \quad (7)$$

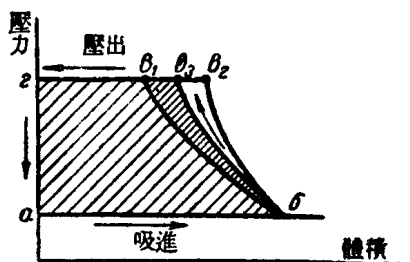


圖1 理論壓縮圖

氣體比熱及氣體常數

表 1

氣體種類	c_p	c_v	R
空氣	0.238	0.170	29.27
氧	0.217	0.155	26.47
氮	0.247	0.176	30.13
二氧化碳	0.210	0.160	19.25

絕熱過程的方程式為：

$$Pv^k = \text{常數}, \quad (8)$$

式中 k ——絕熱指數。

$$k = \frac{c_p}{c_v}, \quad (9)$$

式中 c_p ——氣體的等壓比熱；

c_v ——氣體的等容比熱。

各種氣體的 c_p 與 c_v 可由表 1 查得。

多變過程的方程式為：

$$Pv^m = \text{常數}, \quad (10)$$

式中 $k > m > 1$ 。

由圖 1 可知壓縮氣體時所耗的功：最小的是等溫過程（面積 $a\delta\theta_1z$ ），最大的是絕熱過程（面積 $a\delta\theta_2z$ ）。

在空氣壓縮機裏不可能將壓縮的熱量全部導出，因此實際上也就不可能達到等溫的壓縮過程。

空氣壓縮機的氣缸一般都附有冷卻裝置，因此壓縮過程必須當作多變曲線（ $\delta\theta_3$ ）考慮。

在多變壓縮的情況下，空氣壓縮機在每一壓縮階段裏所作的全功為：

$$A_{\text{全功}} = \frac{m}{m-1} P_0 V_0 \left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \text{公斤公尺}, \quad (11)$$

式中 m ——多變指數；

P_0 ——吸氣時空氣的絕對壓力，公斤/平方公尺；

P_1 ——壓氣時空氣的絕對壓力，公斤/平方公尺；

V_0 ——空氣在吸進時的體積，立方公尺。

經過多變壓縮過程後的空氣溫度為：

$$T = T_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{m-1}{m}} \text{度}, \quad (12)$$

式中 T_0 ——空氣在吸進時的溫度。

依照空氣壓縮機的生產率（立方公尺/小時），便可計算出單階段空氣壓縮機的功率為：

$$W = \frac{A_{\text{non}} V}{3600 \cdot 102} \text{ 瓩}, \quad (13)$$

式中 V ——空氣壓縮機的生產率，立方公尺/小時。

在雙階段的空氣壓縮機裏，第二壓縮階段內所作的功也可應用與上相同的公式計算之。由兩個壓縮階段所作功量的總和，便可求出雙階段空氣壓縮機的功率。

第3節 活塞空氣壓縮機的工作原理及可以影響其生產率之因素

在煤礦裏使用最普遍的就是活塞空氣壓縮機。

活塞空氣壓縮機的作用原理如下：當活塞在氣缸內作往復運動時，氣缸內便交替地發生着吸氣、壓縮和將空氣壓入壓氣管內等過程。

如圖2所示，當活塞向右運動時，氣缸右部的空氣受到壓縮，俟壓縮到一定的壓力時，壓縮空氣便經過壓入閥Ⅲ而壓入導管3內；與此同時在氣缸的左部，空氣經過吸氣閥Ⅰ而吸入氣缸內。

當活塞向左回行時，空氣經過吸氣閥Ⅱ吸進，同時壓縮空氣經壓氣閥Ⅳ而壓入導管。

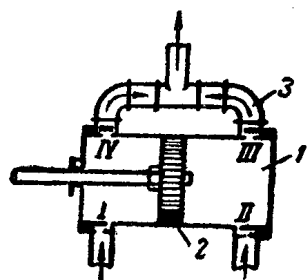


圖2 空氣在氣缸內的壓縮示意圖

空氣之所以能吸進氣缸，是因為活塞在氣缸內作往復運動時，氣缸內的相應部分造成真空所致；因之氣缸外部受着大氣壓力作用的空

氣，便能克服濾氣器、吸氣管及吸氣閥等的阻力，而進入氣缸。

值得注意的，同時也是我們所希望的，就是吸氣管部的阻力應儘可能設法減少；否則受大氣壓力作用的空氣，就沒有力量克服這些阻力，因之吸進的空氣也就不能完全填滿氣缸，也就是說，活塞的回行是開始於氣缸內存有殘餘真空的情形下發生的，這樣便會降低空氣壓縮機的生產率。

活塞在氣缸內運動時，活塞與氣缸蓋之間保有一個叫做氣缸餘隙的自由空間。存留在餘隙部分的空氣，是不能壓入壓氣管裏面去的。

當活塞回行時，餘隙中的空氣便在氣缸內膨脹，因之吸進的空氣量便會減少。

氣缸中吸進的空氣量，以及空氣壓縮機的生產率，將隨氣缸餘隙的增大而降低。

吸進空氣的實際體積與活塞行程所造成的實際吸氣容積的比值愈大，那麼空氣壓縮機也就愈近於理想。

這個比值稱為進氣係數；現代化的空氣壓縮機的進氣係數可達 0.85。

在煤礦裏，一般最常用的是複動式活塞空氣壓縮機，其生產率的計算公式如下：

$$Q = 2ksln \text{ 立方公尺/分鐘。} \quad (14)$$

式中 k ——進氣係數，一般約等於 0.8—0.85；

s ——低壓氣缸的活塞面積，平方公尺；

l ——活塞行程，公尺；

n ——空氣壓縮機主軸每分鐘的轉數。

第 4 節 空氣壓縮機的分類

按構造、工作過程的特性、用途、生產率及功率等，活塞空氣壓縮機可以分為若干類。

按活塞的作用方式，空氣壓縮機可以分為單動式及複動式兩種。

在單動式的空氣壓縮機的氣缸中，空氣僅由活塞之一側壓縮之。因其生產率不高，所以這種空氣壓縮機現在已很少使用。

在複動式的空氣壓縮機的氣缸中，空氣係由活塞之兩側壓縮（圖2）。

按工作過程的特性，活塞空氣壓縮機又可分為一段式、二段式及多段式三種。

在多段式空氣壓縮機裏，空氣的壓縮係連續地在若干個氣缸內進行，以增高其壓力。

在煤礦裏大多使用二段式空氣壓縮機，以便將空氣壓縮到8大氣壓的壓力，於此，先在低壓氣缸中將空氣壓縮到2.5—3大氣壓，然後再將其導入高壓氣缸中壓縮到8大氣壓。

在空氣進入第二個（高壓）氣缸以前，為了將其冷卻，在二段式空氣壓縮機裏，大都裝有中間冷卻器。

圖3所示，為礦山裏一般常用的二段式空氣壓縮機的工作原理圖。

主曲軸1旋轉時，在低壓氣缸2中及高壓氣缸3中，空氣便可被連續壓縮。

空氣可由吸氣管4進入低壓氣缸2，然後通過中間冷卻器5再進入高壓氣缸3，最後乃壓入壓氣管6內。

按氣缸的配置方式，空氣壓縮機又可分為立式、臥式、傾斜式、及V字式等四種。

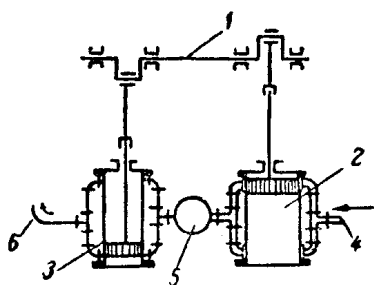


圖3 二段式活塞空氣壓縮機的工作原理圖

在礦山裏採用得很廣泛的空氣壓縮機，是立式的與臥式的兩種。

空氣壓縮機的馬達，可與空氣壓縮機直接聯結，也可以通過傳動皮帶聯結之。

按壓縮空氣的生產率，空氣壓縮機更可分為下列三種：小型——生產率在10立方公尺/分鐘以內，中型——生產率為10至40立方公尺/分鐘，大型——生產率為60至100立方公尺/分鐘和100立方公尺/分鐘以上。

在礦山裏，很少使用生產率大於100立方公尺/分鐘的活塞空氣

壓縮機。

礦山裏常用的活動式空氣壓縮機，其生產率多在 10 立方公尺/分鐘以內。

第 5 節 計量儀器及其使用法

各種計量儀器，是用以調整及試驗空氣壓縮機，同時也用以控制空氣壓縮機的運轉情況的。

計量儀器按用途可分為永久安裝在空氣壓縮機上的固定式儀器，和臨時計量用的攜帶式計量儀器兩種。

永久安裝在空氣壓縮機上的計量儀器有下列幾種：

- a) 壓力計——用以計量每段壓縮後的空氣壓力、濾油器前後的油壓，以及冷却系統的水壓等；
- б) 溫度計——用以計量室外空氣溫度，每段壓縮後的空氣溫度，以及進出空氣壓縮機的冷却水的溫度；
- в) 水量計——用以計量冷却水的消耗量；
- г) 氣量計——用以計量壓縮空氣的消耗量；
- д) 安培計、伏特計，以及瓦特計——用以計量電流、電壓及功率。

為了進行臨時的計量，以及空氣壓縮機運轉情況的定期檢查，空氣壓縮站必須備有下列的攜帶式計量儀器：

- a) 帶有減速裝置的示功器——用以測繪空氣壓縮機運轉中的示功圖；
- б) 袖珍式轉數計——用以計量馬達及空氣壓縮機的轉數；
- в) 秒錶；
- г) 標準壓力計；
- д) U 型通風計。

在空氣壓縮機上大多使用金屬壓力計；這種壓力計是由一端焊封的彎曲黃銅管 1（圖 4）所構成，黃銅管的焊封端與扇形齒輪 3 用細桿 2 聯結。

經過塞門 5 進入的空氣壓力，大於大氣壓力時，那麼趨向於伸直

的彎曲黃銅管，便可藉助於扇形齒輪 3 而帶動指針 4 旋轉。

這種金屬壓力計的刻度，以超過大氣壓力的大氣壓（公斤/平方公分）為單位。

壓力計受高溫作用時，容易失去它的效能，因此切勿直接安裝在機器發強熱的地方。壓力計中的各機構，不能承受高於 10° 的發熱溫度，因為發熱溫度過高時，很快就可以將壓力計損壞。因此，在機器發強熱的部分與壓力計之間，必須裝有彎曲的銅管，以資間隔。

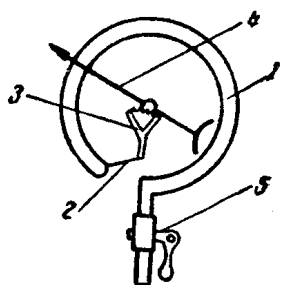


圖 4 金屬壓力計

在壓力計的下部必須裝有一個三通塞門，以便用以進行壓力計的檢驗，以及接通壓力計而使之工作，同時也可用以裝上標準壓力計。

檢驗壓力計的準確性，可利用三通塞門使壓力計與工作管路遮斷而與大氣接通。

在上述情況下，壓力計的指針應該輕快地轉到刻度盤的零位；但是當壓力計再接通工作管路而承受壓力時，指針就應該立刻回到原來位置。

開關壓力計的塞門時，動作不宜過快，因為這樣能使壓力計受到損害。

所有的工作壓力計，在一年當中至少要送 [度量衡檢定局] 檢驗一次。

壓力計的指示必須用標準壓力計定期校對，校對時工作壓力計所發生之誤差，不得超過表 2 所列數值。

校正壓力計時的容許誤差

表 2

壓力計的指示單位（大氣壓）	最大容許偏差（大氣壓）
3	0.15
5	0.23
10	0.30
15	0.33
20	0.45

正常的壓力計在承受穩定負荷時，其最大的工作壓力不得超過壓力計刻度的 $\frac{2}{3}$ ，承受常變或銳變的負荷時，則不得超過 $\frac{1}{2}$ 。

爲了檢查空氣壓縮機的運轉情況，必須對進入空氣壓縮機的空氣量，進行統計。

沿着管道進入的空氣量，可用氣量計計量之。

浮標式氣量計（圖 5）由外壳 1、裝在外壳 1 中的錐形閥 2、浮標及裝置在浮標中的荷載 3 等所組成。錐形閥與浮標聯結成一整體，而裝置在同一的垂直軸上。

空氣依圖 5 箭頭所示方向運動，而通過浮標下面的環隙時，可將浮標帶同軸 4 一同抬起，於是乃將氣量計的指示以機械方式記錄在轉筒 5 上。爲了防止整個體系發生急劇運動，氣量計上裝有一水力制動機 6。

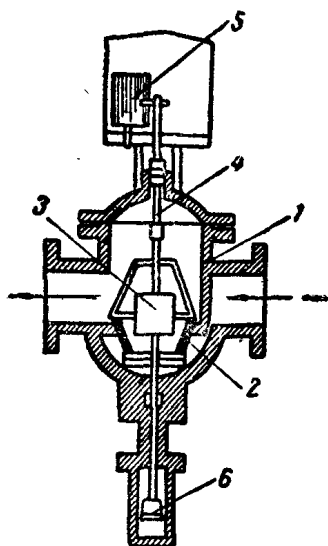


圖 5 浮標式氣量計

浮標式氣量計可在壓力小於 12 大氣壓時採用，安裝這種氣量計的管道的直徑不能大於 80 公厘。

這種浮標式氣量計的缺點，就是它對於氣流的衝擊及安裝不正確時的感應過於銳敏。

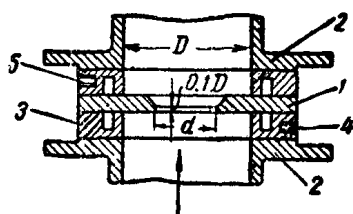


圖 6 銳角節流膜板

計量空氣消耗量的最簡單的儀器，就是節流膜板，它可以由礦山修理廠製造。

最簡單的節流膜板，就是銳角膜板（圖 6），膜板 1 爲圓盤形，通常安裝在兩個導管的平接盤 2 的中間。

導管平接盤與節流膜板的中間又裝有隔環 3。在隔環上切有同心

環槽，它們與孔 4 及孔 5 溝通，以便聯結差示壓力計。

空氣流動時在環槽內顯示着不同的壓力，在節流膜板前面的壓力將比後面的為高。

壓力差的大小與流過膜板的空氣量成正比。

空氣流過膜板時的方向必須如圖 6 箭頭所示者，亦即膜板的銳角邊緣必須朝着空氣流入的那一面。

隨壓力差而變化的流過膜板銳角邊緣的空氣量，其計算公式如下：

$$Q = 125 a \delta d^2 \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\gamma}}, \quad (15)$$

式中 p_1 ——空氣在膜板前面的絕對壓力，公斤/平方公分；

p_2 ——空氣在膜板後面的絕對壓力，公斤/平方公分；

d ——膜板孔的直徑，公分；

a ——流速損失係數，即表示速度損失與膜板孔直徑和管道的直徑的比值間關係的係數，其大小可由圖 7 內曲線查得；

δ ——修正係數，隨膜板後面的膨脹而變化，其大小由比值 $\frac{p_1 - p_2}{p_1}$ 及膜板和管道直徑的比值來決定，可由圖 8 內曲線求得；

γ ——在工作狀態下的空氣比重，其大小可由下列公式計算：

$$\gamma = 345 \frac{P_1}{T}, \quad (16)$$

式中 P_1 ——絕對壓力，公斤/平方公分；

T ——絕對溫度。



圖 7 隨膜板孔直徑與管道直徑的比值而變化的流速損失係數線圖

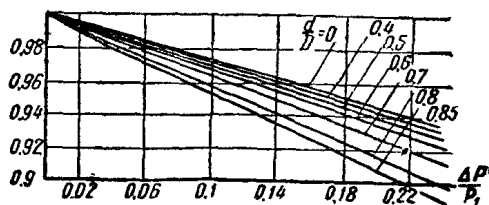


圖 8 在節流膜板後面隨壓力的相對差及膜板直徑而變化的膨脹係數圖

差示壓力計的構造及其與節流膜板的聯結法表示在圖 9 內。

在兩支玻璃管 1 及 2 (圖 9) 的下部，裝有共同溝通室 3，在每支

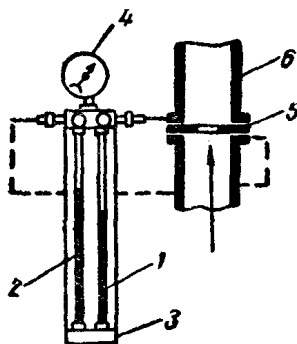


圖 9 差示壓力計的構造及其與節流膜板的聯結法

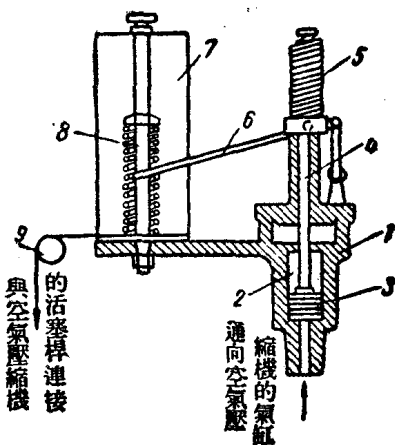


圖 10 自動記錄示功器

玻璃管的上部裝有塞門，以便和管道 6 的節流膜板 5 的前後兩孔通連。

爲了測定管道中在節流膜板前的氣流壓力，必須裝有壓力計 4。

在玻璃管中充有水銀，當差示壓力計工作時，兩玻璃管內便產生了不同高度的水銀柱，藉此便可測定空氣在節流膜板前後的壓力差。

知道節流膜板前的壓力 p_1 (根據彈簧壓力計 4)，並求得壓力 p_2 (由玻璃管 1 及 2 的壓力差決定)。然後再依圖 7 及圖 8 的曲線找出係數 a 及 b ，那麼進入空氣壓縮機的空氣量便不難由公式 (15) 求出。

在許多礦山裏，空氣壓縮機常常是在降低的生產率和低的效率下工作的，這種情形當將其示功圖測繪下時便可知道。

示功圖就是可以表示空氣壓縮機運轉時氣缸裏的工作過程的圖。

根據示功圖，便可判定空氣壓縮機氣缸之裝配的正確性，氣閥的工作情況，氣缸餘隙的大小以及效率等。這種示功圖可以利用自動記錄式示功器測繪之。