

中等專業學校教學用書

热 工 測 量

下 册

苏联Г.А.穆林著

電力工業出版社

72.56
11
12

中等專業學校教學用書

热 工 測 量

下 册

苏联 Г. А. 穆林著

薛邦迈 丁爵曾 陆天瑜译

錢 鍾 韓校

苏联电站部教育司审定作为动力工業學校教科書



內 容 提 要

本書是动力工業学校热工專業“热工測量”課程的教科書，也可作为其他有关学校的教学参考書。

書中闡明热工測量的基本概念，并对热力动力設備中广泛采用的各种仪表的作用原理、構造、用途、使用及檢驗方法作了叙述。

本書分上下兩册出版。上册的內容包括热工測量的基本理論，溫度的測定和压力的測定。下册包括数量及流量的測定、烟氣分析、水和蒸汽品質的決定、水位測定和其他特殊的測量。

Г. А. МУРИН

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1951

热 工 測 量 下 册

根据苏联国立动力出版社1951年莫斯科版翻譯

薛邦迈 丁爵曾 陆天瑜譯

錢 鍾 韓校

*

638R159

电力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版總局登記證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 7 $\frac{1}{2}$ 印張 * 143 千字 * 定价(第10类)1.00元

1957年 8 月北京第 1 版

1957年 8 月北京第 1 次印刷(0001—5,100册)

目 录

第四章 数量及流量的测定	193
4-1. 数量及流量测定的单位及方法	193
4-2. 天平	194
4-3. 容积式计数器	207
4-4. 速度式计数器及速度式流量计	213
4-5. 节流式流量计	230
4-6. 固定压降式流量计	287
4-7. 热量计	292
第五章 烟气分析	297
5-1. 烟气成份的检查	297
5-2. 手动化学式分析仪	300
5-3. 化学式自动气体分析仪	310
5-4. 机械式气体分析仪	323
5-5. 电气式气体分析仪	330
5-6. 自动气体分析仪的附件	337
5-7. 自动气体分析仪的装置	341
5-8. 烟级仪	342
第六章 水和蒸汽品质的确定	345
6-1. 确定水和蒸汽品质的方法	345
6-2. 干度计	349
6-3. 盐量计	352
6-4. 氧量计	356
第七章 水位测定	360
7-1. 汽锅的低位水位计	360
7-2. 贮液器中的液面指示器	367
第八章 特殊的测量	369
8-1. 转速计和转数计数器	369
8-2. 汽轮机轴的轴向移动指示器	371
8-3. 面积仪	373
8-4. 湿度计	381

1465833

第四章 数量及流量的测定

4-1. 数量及流量测定的单位及方法

在单位时间内沿着明渠、管道等流过的物量或热量，叫做这种物质的或热的流量。物质的数量及流量以重量的及容积的测量单位来表示。

测定数量所用的重量单位通常用：克，公斤，公吨；而容积单位则用：公分³或毫升，公寸³或公升；公尺³。气体的容积常以换算到0°C及760公厘水银柱时的标准公尺³来表示。

最常用的测定重量流量的单位是公斤/小时及公吨/小时，而测定容积流量则用公升/分，公尺³/小时及标准公尺³/小时。

由重量单位变换到容积单位或反之，都可按照下列公式计算：

$$G = V\gamma, \quad (4-1)$$

式中 G ——物质的重量，公斤；

V ——物质的容积，公尺³；

γ ——物质的重度，公斤/公尺³。

热量测定的通用单位——大卡或千卡及百万千卡，而热流量的单位——千卡/小时及百万千卡/小时。

天平、计数器、热量计是属于测定数量的仪表。用它们可以确定在已知的一段时间内通过的物量或热量。为此，要读出在测定时间的开始与終了时仪表的读数，并算出这些读数的差。

测定流量的仪表称为流量计。它们指出在单位时间内流过的被测定的量的瞬时数值。流量计有时备有积计瞬时流量的设备，称做积算器或计数机构。

为了确定固体粉末的、液体的及气态的物质的数量及流量，

主要是应用四种测量方法：重量法、容积法、速度法及节流法。

重量法通常用来确定块状或粉末的固体燃料(煤、泥炭)的数量；容积法及速度法用来测定液体及气体(水、石油、重油、滑油、气态燃料、空气等)的数量，而节流法则用以确定液体、气体及蒸汽的流量。

和上述数量及流量的测量方法相对应，所使用的测量仪表(天平、计数器、流量计)可分为下列四类：

- 1)天平；
- 2)容积式计数器；
- 3)速度式计数器及流量计；
- 4)节流式流量计。

4-2. 天 平

用以求得固体物质的数量，特别是燃料数量的最准确和最流行的方法是称出重量。用作称重量的主要仪器是槓桿式(等臂式)天平，它是用与标准荷重的质量(砝码)相比较的方法来确定被称燃料的质量的。

a) 槓桿式天平的型式

槓桿式天平有两种型式——手动的及自动的。

手动的天平有砝码式的、刻度尺式的、字盘式的及复合式的。以砝码式天平来确定物体的质量是用与活动的砝码的质量相平衡的方法，砝码放在天平桿另一端的臂上。

在刻度尺式天平上称重是用一不能移下的砝码沿着天平桿移动，当系统达到平衡状态时，按照砝码对于直綫刻度尺的位置，即可确定所测物体的质量。

字盘式天平是靠指针及圆弧形刻度盘来决定物体的质量的。复合式天平由两种型式的天平合併組成，例如砝码式的与刻度尺

式的，砝碼式的与字盤式的等等。

不等臂的天平如十分之一的、百分之一的等等屬於复合式天平的一种(砝碼式与刻度尺式合併的)，在这些天平上砝碼質量与它所平衡的被測物体的質量所作用着的二个槓桿臂的比例等于10、100 等等。

手动的天平主要用以秤不大的数量。在試驗室工作中，当分析水、油类及燃料时使用極精密的砝碼式(等臂的)天平，这种天平被称作分析天平及技术天平，可以达到的准确度是：第一种达到0.0002 克，第二种达到0.01 克。

在量計大量的燃料时，手动的天平是不方便的。

在發电厂中确定燒掉的固体燃料数量，照例是用自动磅秤，它們不仅使秤重的过程机械化，而且还用計数机构記下測量的結果。

按照作用的原理，自动磅秤分为兩类：

- 1)用分批方法秤出燃料重量的分部式磅秤；
- 2)在添煤机构运送燃料时連續秤重的磅秤。

6) 分部式自动磅秤

分部式自动磅秤有箕斗式的(煤斗式的)及平台式的。第一种具有可以翻轉的箕斗或底部可以开啓的箕斗，而第二种則具有使砝碼沿秤桿移动的机械的或电气的傳动机构。

有翻轉箕斗的煤斗式磅秤(圖4-1, a)具有双重的等臂秤桿1 (秤桿的第二部分在圖上看不到)，用三角形刀口支在机架2 上。在秤桿左臂末端的刀口上掛着兩個掛鈎3。在箕斗4 的兩側壁的外面牢裝着兩個刀口，這兩個刀口压在兩個掛鈎3 的下端。盛着砝碼的托座5 懸掛在秤桿右臂末端的刀口上。

由于固定在箕斗后壁的均衡重量6，空箕斗的重心S 的位置是在懸掛点的右面，但由于箕斗的特定形狀，使裝滿后的箕斗

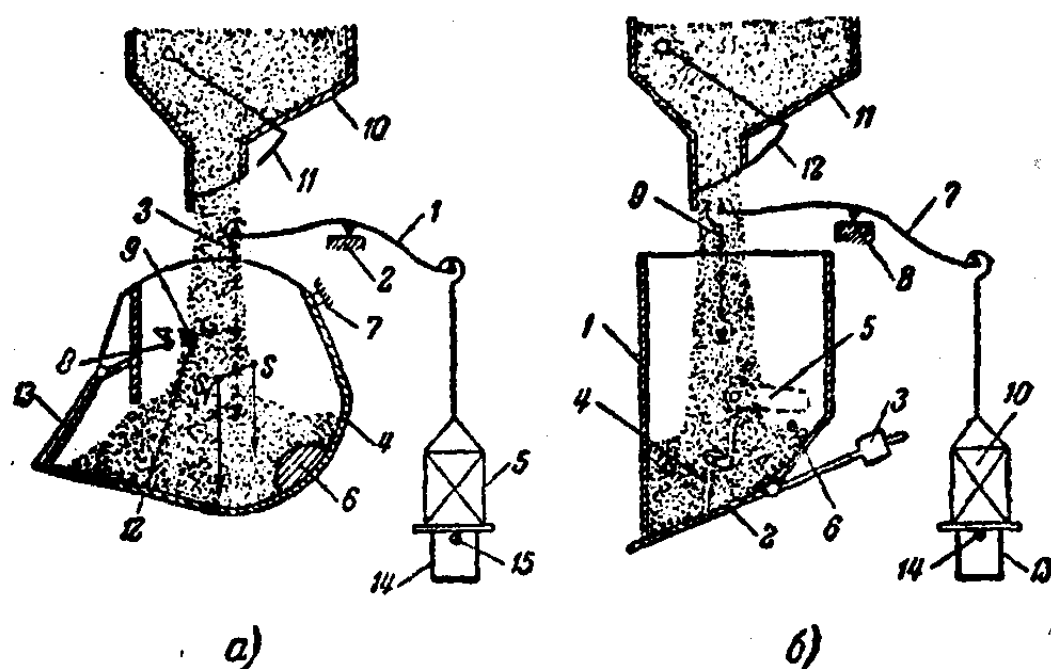


圖 4-1 箕斗式磅秤

a—有翻轉箕斗的: 1—秤桿; 2—机架; 3—掛鉤; 4—箕斗;
5—砝碼托座; 6—均衡重量; 7—停止點; 8—三角刀口;
9—扳機; 10—給煤斗; 11—給煤閘門; 12—停止點; 13—
箕斗門; 14—絆環; 15—停止點。

b—底部可以開啓的: 1—箕斗; 2—可旋轉的底部; 3—均
衡重量; 4—扳機; 5—爪; 6—停止點; 7—秤桿; 8—机架;
9—掛鉤; 10—砝碼托座; 11—給煤斗; 12—給煤閘門;
13—絆環; 14—停止點。

的重心移到懸掛點的左面。因此空的箕斗有順時針方向翻轉的趨勢，而裝滿的箕斗則將沿反時針方向而翻轉。停止點 7 擋住了空箕斗的翻轉，而裝滿的箕斗的翻轉則暫時由刀口 8 擋住，這刀口嵌在箕斗的外面側壁上，並頂住了和掛鉤 3 鉸接着的扳機 9。

箕斗由通過給煤斗 10 的燃料所裝滿，給煤斗的出煤孔由給煤閘門 11 來開關。當箕斗裝滿到達平衡狀態時，箕斗向下降落，砝碼托座向上移動，並借槓桿（在圖上未示出）而關閉閘門 11，停止了從給煤斗接受燃料。箕斗連同荷重由於慣性而繼續向下移動，當此時，扳機 9 遇到了固定於磅秤机架上的不動的停止點 12，被向上抬起而與刀口 8 脫開。原來鎖住而現在被放開的箕斗就沿反時針方向翻轉，箕斗門 13 在其本身的重量及燃料壓力的

作用下被打开，箕斗內所裝載的煤就被傾倒在受煤斗內。砵碼托座的下面裝着絆环 14，由它与不动的停止点 15 相遇而限制箕斗的行程。

随着箕斗逐漸倒空的程度，因为帶有砵碼的砵碼托座降落而使箕斗逐漸上升；并在箕斗內所裝載的煤完全倒空之后，由于重心移动到悬挂点的右面，箕斗就順时針方向翻轉而恢复到原来的位置。当翻轉时，箕斗又打开了給煤閘門 11，此后就开始了新的秤重循环。

有翻轉箕斗的煤斗式磅秤可用来秤塊煤，其分批重量从 50 到 2000 公斤。磅秤的能力是每分鐘 2~3 次循环。通过磅秤的燃料总量由計数机构記下，这可以由磅秤的箕斗或給煤閘門来推动。这种磅秤的精度級是 0.5~1。

現在已有帶有更完美的裝載調節器的箕斗式磅秤，它將箕斗的裝載時間划分为两个阶段——基本时期与滿裝时期(开始时用較大量的燃料粗略地裝入箕斗，然后用較少量的燃料准确地加滿到規定的重量)，或者是帶有用可以記下过剩重量的特殊計数机构的設備。

箕斗底部可以开啓的煤斗式磅秤如圖 4-1, 6 所示。这种型式的磅秤和前述磅秤的区别仅在于箕斗 1 的裝置不同，这种箕斗有活动的底部 2，和当箕斗倒空时用以关上底部的均衡重量 3。在关闭位置，箕斗底部用扳机 4 鎖住，扳机是和裝于箕斗壁上的爪 5 相咬合的。

当裝滿的箕斗达到平衡状态而向下运动时，爪 5 碰着了磅秤机架上不动的停止点 6，就向反时針方向迴轉，放开扳机，同时，箕斗的底部在箕斗內所裝的燃料的压力下被打开，而秤过的一批燃料即被倒到鍋爐的受煤斗中。

箕斗底部可以开啓的煤斗式磅秤較之有翻轉箕斗的磅秤在工作时更平稳得多，后者当箕斗倒空时受到强烈的冲击，因此要求

建造更堅固的基礎。

平台式磅秤直接裝置于鐵道(煤台)上，鐵道是在發電廠中用以運送裝載燃料的車箱或小車的。煤車要在磅秤的平台上秤重時，就依次地沿着敷設于平台上的軌道推上去。

圖 4-2 示一用機械傳動砝碼的平台式磅秤。磅秤的組成部分如下：平台 1，用四個刀口支在不等臂槓桿 2 及輸出槓桿 3 上。槓桿 3 右臂末端的刀口支在拉桿 4 上，拉桿則掛在秤桿 5 的短臂下。在對面的秤桿長臂上裝着一個帶有砝碼的砝碼托座 6，不可折開的砝碼 7 可以沿着秤桿移動，砝碼的下表面有牙條，與小齒輪 8 相嚙合。小齒輪 8 是由小齒輪 9、10 及 11 而連到下落牙條 12 上。

輸出槓桿 3 的左臂支在荷重槓桿 13 上，在槓桿 13 的另一端(右端)放着荷重 14。槓桿 13 的右端另用槓桿系統(在圖上未示出)連接到下落牙條 12，也連接到空氣阻尼器 15 的活塞。當被秤的物體放上或離開平台時，空氣阻尼器可使荷重槓桿平穩的移動。

在平台式磅秤上秤重的過程如下：送上磅秤平台上的載重使槓桿 13 的右端向上舉起，並釋放下落牙條 12。當牙條向下移動時，它通過齒輪系而轉動小齒輪 8，使砝碼 7 沿着秤桿 5 向右移動，一直到磅秤到達平衡狀態為止。當到達平衡狀態時，秤桿是在水平位置，此時牙條 12 即被鎖住並停止了它更進一步的降落。

被秤過的燃料量用計數機構記下，計數機構由小齒輪 8 帶動，而小齒輪迴轉的多少與作用在磅秤平台上的載重成比例。除此之外，移動的砝碼 7 還帶有指示器 16，可以按照秤桿 5 上的刻度尺直接讀出所秤的重量。平台式磅秤是這樣調整的，即以被秤的載重中的某一部分，即相當于磅秤的最小載重的這一部分，由砝碼托座上預先安放着的砝碼來平衡，而每次載重中的其餘部分，從上述的最小量以上一直到最大容許的載重量，則由可以移動的砝碼 7 與之平衡。

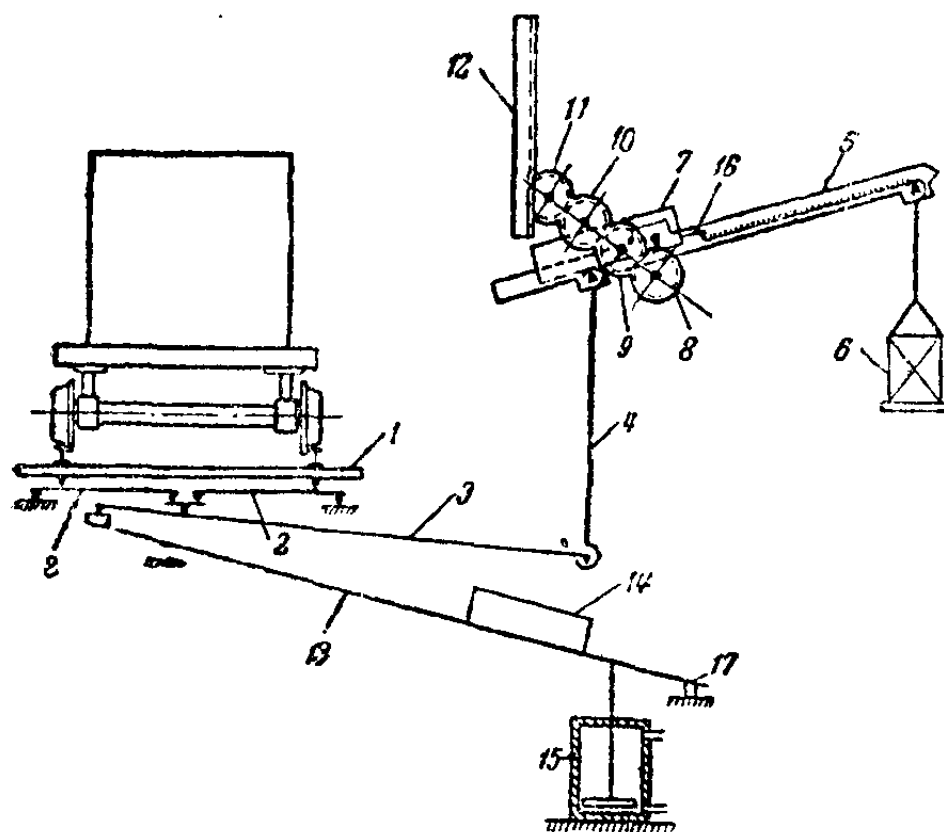


圖 4-2 平台式磅秤圖

1—磅秤的平台；2,3—橫桿；4—拉桿；5—秤桿；6—砝碼托座；7—不可拆開的砝碼；8,9,10,11—齒輪；12—下落牙條；13—荷重橫桿；14—荷重；15—空氣阻尼器；16—指示器；17—停止點。

當載重由磅秤平台移下後，荷重橫桿13的右端向下降落到停止點17上，並向上舉起（裝好）下落牙條。同時由於齒輪系的反向迴轉，砝碼7回到它在秤桿左端的原來位置。此時不帶動計數機構。

用電力傳動砝碼的磅秤，較之用機械傳動砝碼的磅秤，構造更為簡單，因為它沒有下落牙條、齒輪系及荷重橫桿等。這種磅秤秤桿的左臂上裝着小電動機，用螺旋導桿使砝碼沿着秤桿移動，而在右臂上則裝着接觸設備，由玻璃水銀開關或裸露的接觸器組成，用以接通或切斷電動機。

當磅秤空載時，秤桿處於水平位置，使電動機斷路。在磅秤的平台上放上載重，就引起秤桿右端的舉高，並用接觸器接通電動機，使之工作。電動機轉動了螺旋導桿，就使砝碼自左向右移

动一直到平衡状态为止，此时秤杆重新回到水平位置，使电动机断路。当被秤过的重量由平台上卸下时，引起秤杆右端的降落，其结果在另一方面接通电动机，引起螺旋导杆的反向旋转，因而使砝码及秤杆又恢复到原来的位置。被秤过的重量由连接在螺旋导杆上的计数机构记下。

平台式磅秤由于特殊的榎杆设备使载重只能从一个方向通过，因此，已送上磅秤的煤车不能从平台上反推下来以致再秤一次重量，亦不能把没有秤过重量的车厢一直向前推去。

B) 連續秤重的自动磅秤

連續秤重的自动磅秤是裝置在皮帶運輸机上，称为运送磅秤。这种磅秤一般应用在以煤为燃料的发电厂中，在这里它們是計算沿着运煤机送入鍋爐或煤粉制造設備的燃料流量的主要仪器。在后一种情况下，它們常常用来作为每个磨粉机的单独的磅秤。

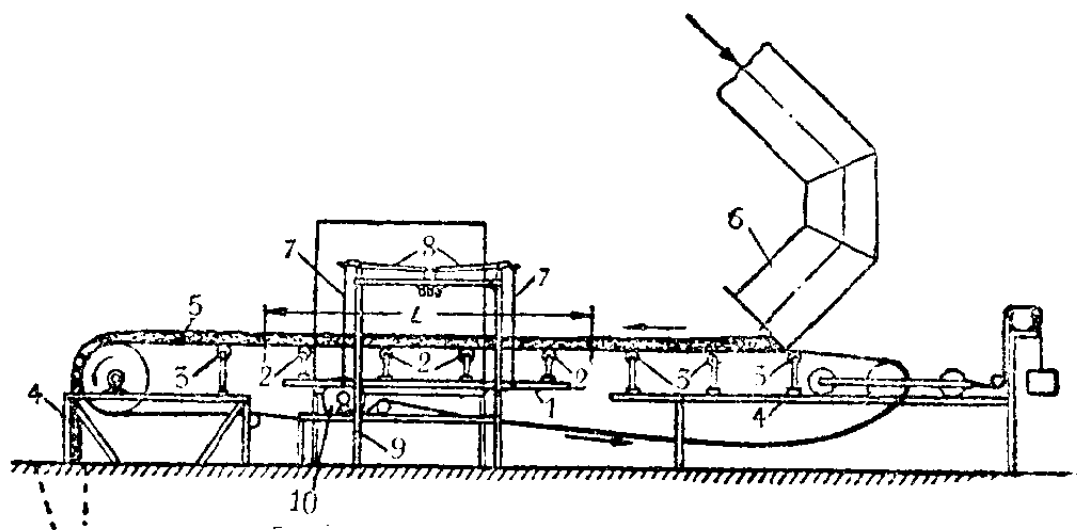


圖 4-3 运送磅秤的裝置圖

1—磅秤架；2,3—滾子；4—運輸机座；5—皮帶；6—給煤管；7—拉桿；8—榎桿；9—磅秤基座；10—計数機構的驅動轉子。

运送磅秤并不扰乱供給燃料的平稳性，并且有簡單而在工作充分可靠的機構。磅秤裝置在水平運輸机上，也可以裝置在和

水平或傾斜角度不超过 $20\sim 25^\circ$ 的傾斜運輸机上。

圖 4-3 表示在磨粉机前面，裝在一个特別短的皮帶運輸机上的运送磅秤的裝置圖。为了裝置磅秤，在運輸机上有一开口，磅秤架 1 即坐落于其內，架的上面裝有滾子 2，与裝在運輸机座 4 上的滾子 3 在同一平面上。運輸机的皮帶 5 支在滾子 2 及 3 上，以移动由給煤管 6 送下的燃料。磅秤架用四根拉桿 7（架的每一边有兩根）悬挂在不等臂槓桿系統 8 上，槓桿支在磅秤座 9 上，后者由坚固地互相連接的 U 形鋼梁所組成并連接在基础上。数字机构的傳动轉子 10 裝在磅秤架下，由運輸机的回轉空載皮帶使它轉动。

在皮帶的一段 L 上的荷重的重量只傳达到磅秤架上， L 等于分別裝置在磅秤架上及運輸机架上的末端滾子 2 及 3 間跨距的兩個中点之間的距离。因此 L 的数值被称做皮帶的秤重段的長度，通常用公尺表示，并可由下列公式确定：

$$L = 60 \frac{w}{n}, \quad (4-2)$$

式中 w ——皮帶的运动速度，公尺/秒；

n ——在每分鐘內秤重的循环数。

这样，運輸机皮帶的秤重段的長度，以及磅秤架的長度，对于每个磅秤必須个别地确定，并随皮帶的运动速度及秤重的循环数而改变。这保證了磅秤的正常工作，使在一次循环的期間內，通过磅秤的皮帶段不会大于或小于秤重段長度 L ，因而亦不会看到有些燃料通过而未被秤重的現象，或者相反地，有些燃料被秤了数次。

运送磅秤每分鐘內的循环次数是等于 10，即一次秤重循环的时间等于 6 秒。这个时间完全足够保證磅秤及計数机构的正常工作。通常在每次秤重时，磅秤的槓桿系統經過 3~4 秒鐘可达到稳定状态。

运送磅秤的槓桿系統圖如圖 4-4 所示。磅秤架 1 帶有六个滾子 2，并用四个拉桿 3 懸掛于兩個不等臂的（秤重的）槓桿的末端刀口上。秤重槓桿支在磅秤基座上，它的另一端的刀口用掛鉤 5 將磅秤架的重量及沿着磅秤架运动的皮帶秤重段連同燃料的重量傳達到不等臂的傳動槓桿 6。槓桿 6 是反槓桿，因為它的支點是在槓桿的上部。傳動槓桿 6 用掛鉤 7 連接到秤桿 8。在秤桿 8 的左臂上固定着兩個均衡重量，用來平衡磅秤——荷重砝碼 9 及皮重砝碼 10。為了使槓桿機構在磅秤載荷變動時能平穩地移動，

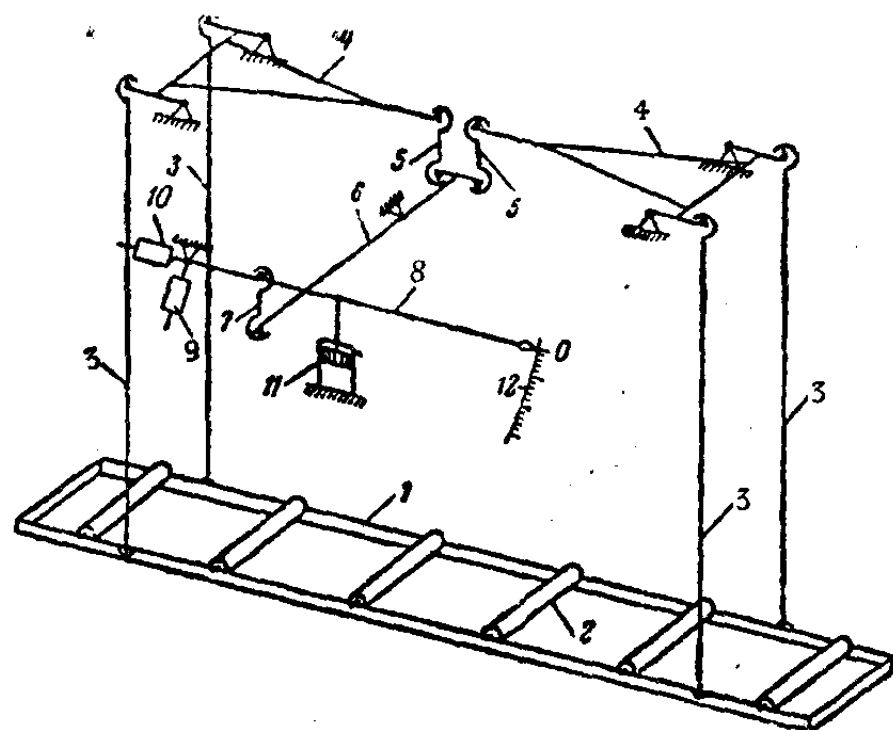


圖 4-4 运送磅秤的槓桿系統圖

1—磅秤架；2—滾子；3—拉桿；4—双重槓桿；5—掛鉤；
6—傳動槓桿；7—掛鉤；8—秤桿；9—荷重砝碼；10—
皮重砝碼；11—空氣阻尼器；12—刻度尺。

秤桿 8 的右臂連接到空氣阻尼器 11 的活塞上。

由于运送磅秤的載荷的增加，在傳動槓桿 6 的作用下秤桿 8 的右端向下降落，并且当磅秤滿載時，在刻度尺 12 上測出的秤桿桿端的最大行程等于 150 公厘，而与这一行程相对应的磅秤架的垂直位移約为 1 公厘。

如果皮重（在空載時運輸機皮帶的秤重段及磅秤架等的重量）、荷重砝碼 9 的重量及皮重砝碼 10 的重量分別以 G 、 G_1 及 G_2

来表示，而由秤桿支点到这些荷重的重心之间的水平投影距离（荷重的臂）分别以 l, l_1 及 l_2 表示（圖 4-5），則空載磅秤的平衡状态可以用下列公式表示：

$$Gl = G_1 l_1 + G_2 l_2. \quad (4-3)$$

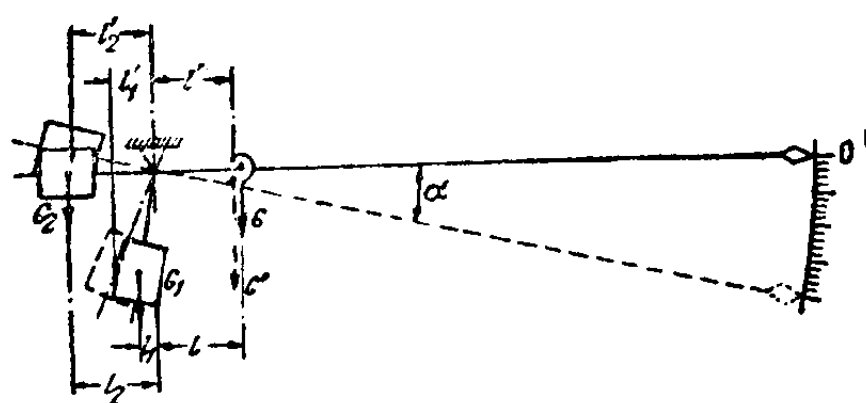


圖 4-5 运送磅秤的秤桿

当在运输机皮带上出現載荷时，磅秤秤桿在这个荷重的作用下按时針方向轉过了角度 α ，相当于磅秤的新的平衡状态，可用下式确定。

$$(G + G')l' = G_1 l'_1 + G_2 l'_2, \quad (4-4)$$

式中 G' ——在运输机皮带的秤重段上的載荷的重量，傳达到磅秤秤桿上的^①；

l'_1 及 l'_2 ——秤桿轉过角度 α 以后从秤桿支点到各荷重重心的臂長。

由圖 4-5 可見，当磅秤秤桿轉过角度 α 时，臂長 l 及 l_2 变化極小，故可以采用 $l \approx l'$ 及 $l_2 \approx l'_2$ 。在这种情况下，由式(4-4)減去式(4-3)，得：

$$G'l = G_1(l'_1 - l_1). \quad (4-5)$$

因为 G_1, l 及 l_1 的大小对于該磅秤是一定的，由式(4-5)可知，在运输机皮带上被秤的載荷随着荷重砝碼臂長的变化而变。

圖 4-6 表示运送磅秤的計数机构的最常应用的方案圖。傳动

① 实际載荷，須經過槓桿系統的傳动比例，方能折算成 G' 。——譯者註

轉子 1，由運輸機皮帶 2 的回轉部分使之轉動，並通過一對齒輪 3 及 4 將運動傳達到凸輪（曲綫輪）5。在一次秤重循環的時間內，凸輪 5 轉過一整周，並引起牙條 6 的一次升高及降落。這個牙條的向上升高的數值總是一定的，系由凸輪 5 的邊緣形狀所確定，而在牙條因它自己重量而下落的時候，它所經過的路程則隨磅秤秤桿 7 的位置而變，因為當它降落時，牙條 6 用裝置在它上端的刀口支在秤桿上，並保持在這個位置，一直到凸輪 5 下一次的將它向上升高為止。這樣，齒桿 6 降落時所通過的路程（由秤桿 7 的位置決定），就代表此時處在運輸機皮帶秤重段上的載荷的大小。

牙條 6 向上和向下的運動使在軸上鬆裝着的齒輪 8 來回轉動。當牙條降落時，齒輪 8 借棘輪 9 使鏈輪 10 單向地轉動。後者用鏈與輪 11 相連接，輪 11 與差動齒輪的大錐形齒輪 12 一起堅固地固定於共同的空心軸上。與這個錐形齒輪相咬合的是差動齒輪的小齒輪 13，其中心有孔，因此當用齒輪 12 使它旋轉時，可以自由地推動與計數機構 15 的軸相連接的曲柄桿 14。差動齒輪的第二個大齒輪 16 也與齒輪 13 相咬合，如果它當磅秤工作時保持不動，那末計數機構的軸的迴轉將與牙條 6 自上往下的行程成比例。這將在測量中引起某些誤差，因為為了保證磅秤計數機構的正常工作，當運輸機的載荷不大時，仍由凸輪 5 使牙條升高到超過磅秤 7 的最高位置約 10~15 公厘，因而在每個秤重循環中，牙條做了一些空的行程，因而加大了計數器的讀數。

牙條空的行程的消除是用差動齒輪系，它的大錐形齒輪 16 用棘輪 17 和拉桿 18 而連接到偏心輪 19 上。偏心輪與凸輪 5 裝在共同的軸上。當這個軸每次迴轉時，與牙條 6 的降落相配合，拉桿 18 通過棘輪 17 的爪使差動齒輪系的齒輪 16 向一個方向迴轉了一定的角度，並由齒輪 13 的反向迴轉而從計數器讀數上消除了牙條的每次的空行程。在每一次秤重循環的停止時期，計數機構的運動部

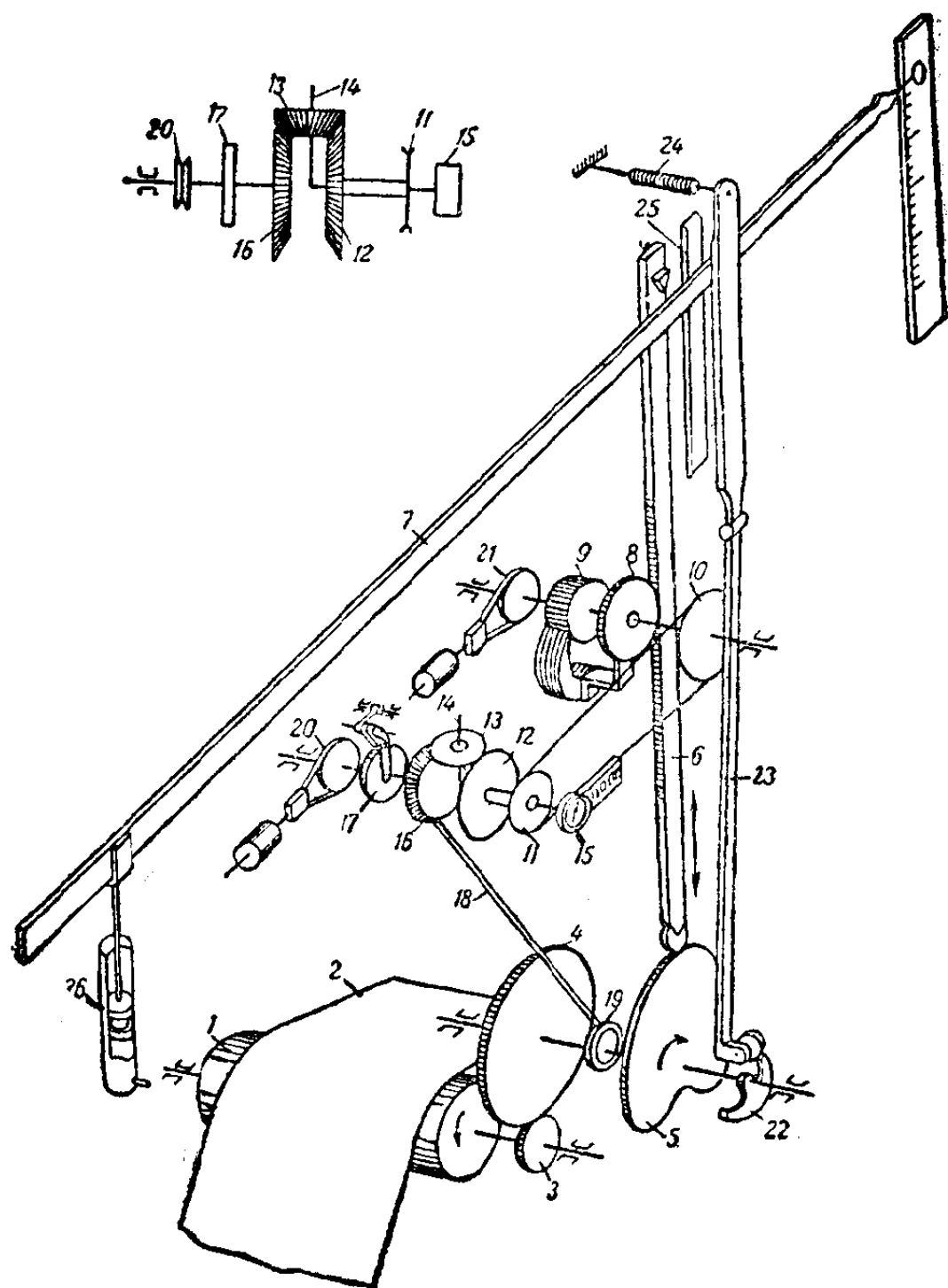


圖 4-6 运送磅秤计数器的运动机构图

1—传动转子；2—皮带；3,4—齿轮；5—凸轮；6—下落牙条；7—秤杆；8—齿轮；9—棘轮；10,11—链轮；12—大齿轮；13—小齿轮；14—曲柄杆；15—计数机构；16—大齿轮；17—棘轮；18—拉杆；19—偏心环；20,21—皮带制动器；22—凸轮；23—夹持杆；24—弹簧；25—夹子；26—空气阻尼器。