

钻探用振动器

П. Ф. 帕利揚諾夫 著

地质出版社

鉆探用振動器

П. Ф. 帕利揚諾夫著

地質出版社

1957·北京

П. Ф. ПАЛЪЯНОВ
ВИБРАТОРЫ
В РАЗВЕДОЧНОМ БУРЕНИИ

Госгеолтехиздат

МОСКВА 1956

本書專門研究有關鑽深中應用振動器之問題，其目的是為了使鑽探時之各種繁重工作過程機械化，提高鑽深效率。

書中敘述振動器之構造、作用原理和在處理事故、用套管加固孔壁和使手搖鑽深機械化時，振動器之應用範圍和操作方法，以及在松軟地層中直接用振動器鑽進的方法。

本書可供鑽深工程技術人員和教學人員參考。

全書由郝聚多同志翻譯，單紀元同志校訂。

鉆探用振動器

著者 П. Ф. 帕利揚諾夫

譯者 郝聚多

出版者 地質出版社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第050號

發行者 新華書店

印刷者 地質印刷廠

北京廠安門內教子胡同甲3號

印數(京)1—1,100冊

1957年12月北京第1版

開本31"×43"1/25

1957年12月第1次印刷

字數 60,000

印張 2 10/25

定價(10)0.37元

目 錄

序 言	4
鑽進時的繁重工作	5
振動器的作用原理	9
振動器的構造	19
鑽探工作中使用振動器的幾點理論基礎	37
振動器在鑽探工作中的使用範圍	44
附 錄 I	59
附 錄 II	61
參考文獻	66

序 言

國民經濟的日益增長的需要，要求不斷地增加我國的礦物資源，因此必須大力發展調查礦產儲藏量的勘探工作。

鑽探是礦產勘探的主要方法之一。地質鑽探工作的作用逐年地增大，鑽孔的深度不斷地增加，鑽探技術也不斷地在改進着。

現代的鑽探設備均帶有變速箱，可以變換多種速度，因而能以各種不同的速度鑽進並能進行快速的升降操作。鑽機工作時配備有很大功率的高速而且極經濟的電動機。所有這些都大大地促使增加鑽進效率，提高鑽探工作質量和降低礦產的勘探費用。

雖然現代高效率的鑽探技術逐漸發展，但是淺孔鑽進一般還是用低效率的手搖方法。某些岩心鑽進工作直到現在也未能達到機械化，仍用手搖的方法進行。

在本書中所要研究的是有關鑽進中使用振動器的問題，其目的是為了使鑽進時的各種繁重的工作過程機械化，以及直接用振動器在鬆軟地層中鑽進。

本書是供地質勘探隊的工作人員了解振動器的構造和作用原理以及及在處理事故、用套管加固孔壁和使手搖鑽進機械化時振動器的使用範圍。

鑽進時的繁重工作

用普通的方法處理事故

根據統計的資料證明，處理事故占全部鑽進時間的 8—12%。在鑽孔中所發生的事故，一般都是由於違反所定的鑽進規程（孔底壓力，轉數，沖孔等），在選擇工具和設備時，及在鑽進的過程中未能對工具和設備進行很好的檢查，在鑽具下入鑽孔前裝配工作的粗心大意，以及在不夠穩固的地層中鑽進時，鑽具的突然卡塞。

鑽進時主要的孔內事故是岩心鑽具的卡塞（岩粉淤塞或被岩塊楔住）。用硬質合金鑽頭鑽進時鑽具發生淤塞，一般是由於鑽進程序不對，沖洗液的質量不好，或者是由於鑽進時水泵的抽水量不足。在這種情況下鑽下來的岩石碎塊便集中在孔底附近，並堆集在鑽孔壁和岩心管壁之間的環形空隙中，卡塞住鑽具。用硬質合金鑽頭鑽進時有時也發生所謂鑽頭的燒毀現象，燒毀現象是由於孔底過分受壓和鑽孔沖洗程序受到破壞的結果。

鑽粒鑽進時，岩心鑽具往往被鑽粒卡住。用一次投砂法鑽進時，鑽具的卡塞是由於不正確和不均勻地供給沖洗液，以及補充投砂的結果。分批和定期投砂鑽進時，鑽具的卡塞常常由於下一批的鑽粒供給的不及時而引起的。在這種情況下鑽粒鑽頭是在孔底鑽粒不足的条件下工作着，因此，鑽孔的直徑逐漸減小，當新的一批鑽粒投下後，鑽具在孔底即被鑽粒卡塞，或者岩心管中的岩心被楔住。

由於岩心鑽具在孔底的卡塞，常引起鑽杆在卡塞的當時，或者在試圖解脫岩心鑽具時被折斷。

處理孔內事故一般都需要很長的時間，並且耗費鑽探隊很多的體力勞動，以及付出很大的物質和財經上的開支。在處理事故過程中鑽

探設備和工具受到嚴重的磨損，甚至於常常損壞。

處理有關孔底鑽具卡塞的事故，一般採用下列方法。

如果事故是由於沉下的岩粉把岩心鑽具淤塞而發生的，則首先應用滑車系統和鑽機的升降機起拔鑽具（圖1）。如果滑車系統沒有足夠的起重能力，則用千斤頂起拔被卡塞的鑽杆。在起拔鑽杆的同時開動水泵，使沖洗液在鑽杆中產生最大的壓力，以便竭力衝破在鑽孔壁和岩心管壁之間環形空隙中的岩屑塞。此時鑽杆發生伸張，鑽杆伸張一般是由於鑽杆本身的抗拉強度而產生的。

鑽粒鑽進時，如果由於岩心鑽具被鑽粒卡住而發生了孔內事故可用吊錘進行處理（圖2）。在鑽杆2上端套上吊錘3並且擰上塞子4。借助於拉杆5，工作隊用吊錘衝上上面的塞子，這樣便會把被卡塞的鑽具震出。

鑽粒鑽進時，在借助於吊錘處理事故的过程中，不僅向上衝，而且也經常往下衝。這樣可以加快處理事故的速度。

標準吊錘的重量為50和100公斤，但有時這樣的吊錘的重量還不夠用，因此，在地質勘探的實際工作中常製造些較重的吊錘。使用吊錘是一種非常繁重的工作。

當被卡塞在孔底的鑽具，不論是用衝和起拔的方法都不能解脫時，須進行長時間的工作，用反螺紋的打撈工具擰去鑽杆和鑽具，把反螺紋的公錐或母錐安在反螺紋的打撈鑽杆柱上，放入鑽孔。

向左旋轉擰開正螺紋的鑽杆和被卡塞的岩心鑽具，然後把它們一節一節地提取到地面上來。有時在擰開和向地面提取右螺紋的鑽具時，岩心管的異徑接頭擰不到鑽杆上，在這種情況下就得將其銑掉。

如果岩心管卡塞得很厲害，就把它留在鑽孔中，用小直徑的鑽具繼續鑽進。如果不能減小鑽孔直徑，則借助於斜楔使鑽孔彎曲。把斜楔安在鑽杆上試探着降入孔內，放置在孔底，然後開始鑽進。但是，應當指出將斜楔試探着降入孔內需要很長的時間，並且往往得不到所希望的结果。所以有時候，當事故很複雜，並且鑽孔打的又不深時，最好另打新孔。

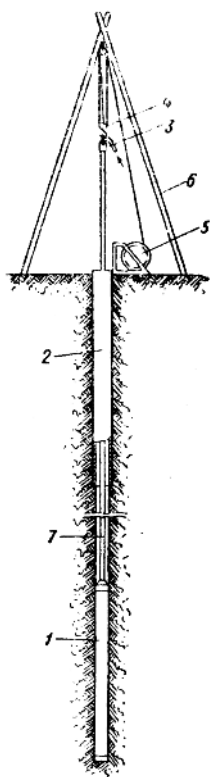


圖 1. 用絞車和滑車系統起拔鑽具
1—岩心鑽具；2—套管；3—沖洗提引接
頭；4—滑車系統；5—鑽機絞車；6—鑽
架；7—鑽柱柱

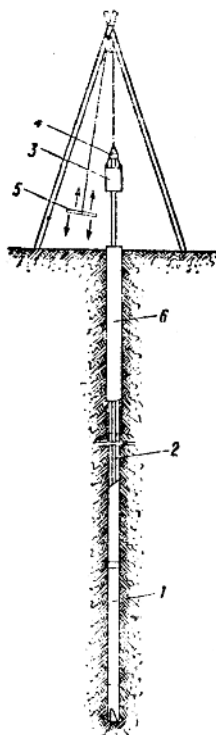


圖 2. 用吊錘衝打鑽具
1—鑽具；2—鑽柱柱；3—
吊錘；4—繩子；5—拉杆
6—鑽架

这样，现有的处理孔内事故的方法效率很低，并且价值高昂，处理事故过程在技术上缺乏装备，全靠人的体力劳动。

应用振动器处理事故能数倍地加快和减轻这种复杂的操作过程。

往鑽孔中下套管

当进行手搖衝击迴轉鑽進和鋼繩衝击机械鑽進时，如果岩層不堅固需要下套管，由于套管与岩石的摩擦，常引起很多困难。套管袖往往必須插進孔底，特别是在砂層、流砂和其他与其类似的岩石中鑽進时。

在这些情况下往鑽孔中下套管用下列几种方法进行：旋轉，压入或者打入。

用旋轉方法下套管时，在套管上放置一个或者两个木制管夾，工人们利用管夾旋轉或来回活动套管，此时管袖破坏着岩石，使套管在其本身重力的作用下逐渐地往鑽孔中下降。

为了增加套管的軸心压力，有时在管夾上放上架子，在架子上补充荷重，甚至于有时連工人自己也坐上。

如果侧面的拮制力很大，用上述方法往鑽孔中下套管是不够的。在此种情况下，需要用千斤頂、鉗头和地脚螺栓將套管压入。

一般在鋼繩衝击机械鑽進时，有时在手搖衝击迴轉鑽進时，如果鑽塔上裝置有平衡器，可采用打入套管法。为了把套管打入鑽孔，衝击器应有足夠的重量，一搬达700—800公斤以上。

从鑽孔中起拔套管也是一件很繁重的工作，需要花费很長的时间。在提升套管之前，利用木制管夾、衝击器、或者鉄挺轉动套管，竭力使其脱离与岩石的附着。套管脱离岩石后，一方面用木制管夾轉动套管，同时將其用滑車提升上来。如果套管被岩石夾塞得很紧，則須用千斤頂起拔。

打淺鑽时采用这些下套管的方法主要有下列一些缺点：下套管主要是依靠人力，因而工人的劳动相当繁重，并且效率也很低。在往鑽孔中下套管的过程中使用着相当笨重的和不方便的设备：千斤頂，鉗头，木制管夾，重荷架板，大木槌等，这些东西阻塞了工地，并使鑽

探过程复杂化。裝置这些設備时需要付出大量劳动和很多時間。

使用振動器和振動鏈可以減輕并且大大地加快下降和起拔套管的工作。

手搖鑽進

目前手搖銜击迴轉鑽進的方法主要用于鑽進孔深不大的松軟岩層和部分堅硬岩層。

手搖鑽進的要點如下(圖3)。把鑽頭1連接在鑽杆2上放進孔內，使鑽頭旋轉，把岩石破碎，因而逐漸地深入岩層中。工人們用靈活夾持器4旋轉鑽具。為了保障升降操作，設立帶絞車6的輕便三腳架5。鑽孔壁用套管3加固。

迴轉鑽進方法适用于鑽松散的和軟質的岩層，為此常使用勺形鑽頭和螺旋鑽頭。手搖銜击鑽進适用于流砂層和堅硬的岩層，此時常採用銜击鑽頭和抽筒。但在這兩種情況下均沒有利用效率較高的鑽探設備和先進的鑽進技術，鑽孔的鑽進速度很低，鑽具的升降和下套管等工作進行得很慢。

為了使手搖鑽進機械化，曾設計了各種不同的鑽機，但是，由於它們的複雜性尚沒被應用。用振動器使手搖鑽進機械化，得到了很好的效果，因此振動鑽進很快的排擠着手搖銜击迴轉鑽進。

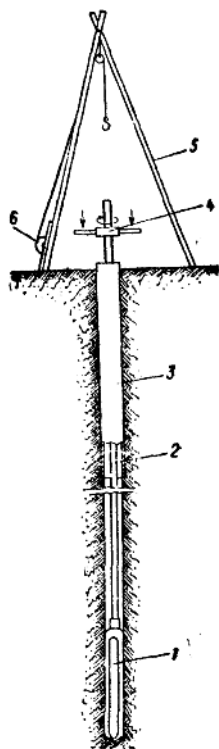


圖3. 鑽孔之手搖鑽進
1—鑽頭；2—鑽杆；3—套管；4—靈活夾持器；5—三腳架；6—絞車

振動器的作用原理

在鑽探工作中振動器的用途很多，而主要是用于在軟岩層中進行

淺孔鑽進、加深鑽孔，以及下套管和起拔套管等。

使用振動器能夠有成效地處理在岩心鑽進中所發生的岩心鑽具在孔底卡塞的事故。

在鑽探工作中最適宜的激發機是機械偏心振動器，其中的不平衡體——偏心輪旋轉時，便會產生離心力。使用振動器是為了產生振動。振動器是根據兩種主要作用原理製成的。第一種是定向作用的双輪振動器，第二種是變向作用的單輪振動器。

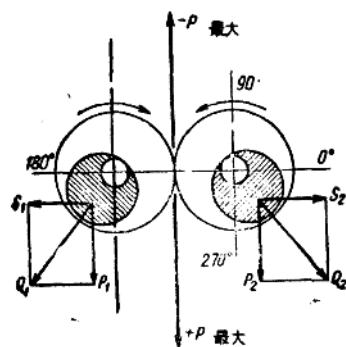


圖 4. 双輪振動器作用原理示意圖

双輪振動器 应用最广的双輪振動器的作用原理如圖 4 所示。

兩個不平衡的偏心重物以同一角速度和同一位相角朝着相反的方向旋轉（由於兩個永遠互相咬合的齒輪安裝在旋轉着的偏心輪的軸上，因而產生這種現象）。當偏心輪旋轉時，就產生了離心力 Q_1 和 Q_2 ，它們的方向永遠是變化着的。

偏心輪（不平衡體）的重量相等，它們的偏心距，即重物的重心至其旋轉軸的距離亦相等，因此轉動着的物體所產生的離心力也將相等： $Q_1 = Q_2$ 。

Q_1 和 Q_2 可以分為水平分力和垂直分力。不管重物處於何種位置，離心力的水平分力 S_1 和 S_2 永遠相等，但方向相反，所以它們互相抵消。離心力的垂直分力的方向總是一致的：向下或者向上，因而這些力的合力等於它們的垂直分力之和： $P_1 + P_2 = 2P$ 。

這些力將使整個的振動器產生垂直的振動，並且當偏心輪位於水平軸線下部的時候，垂直分力 P_1 和 P_2 的合力的方向將朝下，而當重物位於上部的時候，合力的方向將朝上。這樣，安在鑽杆上的偏心双輪振動器，沿着鑽杆軸的方向就發生了垂直的振動。

振動器的振動力等於兩個重物所產生的離心力之和，它的變化范

圍界于零至最大值之間。

$$P_{\max} = Q_1 + Q_2.$$

当偏心輪的重心位于垂直中心綫上的时候，即当 90° 和 270° 的时候，振动器的振动力达到最大值，当重物的重心位于水平中心綫上的时候，即当 0 和 180° 的时候，振动器的振动力等于零。在此种情况下两个重物的离心力將全是水平的，而方向却恰恰相反，因而互相抵消。

双輪振动器也可以根据另一种作用原理（圖5）制造。此种振动器工作时在鑽杆上產生两种振动：（1）由旋轉着的不平衡体的离心力的垂直分力所產生的按规律变化的上下振动；（2）由水平分力的力偶矩所產生的横向振动。

按此种作用原理制造的振动器和前者一样，也有两个安在垂直平面上的偏心輪。因为偏心輪的軸上安有两个齒輪，所以偏心輪是朝着相反的方向旋轉。

旋轉着的偏心輪的离心力的垂直分力 P_1 和 P_2 的方向总是同时朝

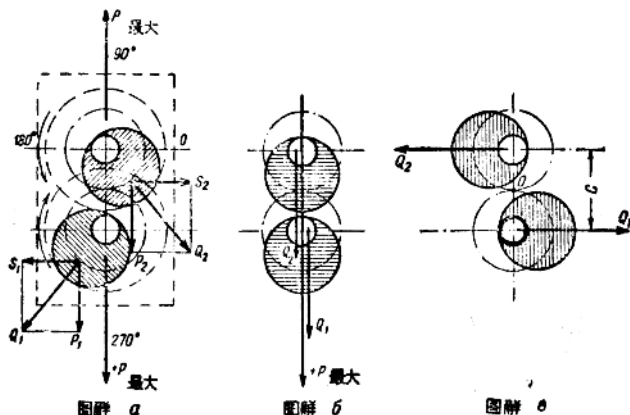


圖 5. 兩軸上下分布的双輪振动器作用原理示意圖

上或者朝下。这些力將使振動器產生垂直的振動。振動器振動力的最大值 $P_{\max}$ 發生在當偏心輪的重心位於垂直中心綫上的時候，即當 90° 和 270° 的時候（圖 5, 6）。

當重心位於水平中心綫上的時候（圖 5, a），离心力的水平分力方向相反，因此振動器之振動力等於零。在此種情況下，离心力 Q_1 和 Q_2 圍繞着圓心 O 將產生旋轉力矩，這個力矩是一變量，其最大值用下式表示：

$$M_{kp} = Q_1 r.$$

變化着的旋轉力矩 M_{kp} 在鑽杆中產生橫向水平振動。因此，該振動器在鑽杆中就產生了垂直的和水平的振動。

單輪振動器 最簡單的振動激發機是變向作用的單滑輪振動器，其作用原理如圖 6 所示。這種振動器有一個不平衡體（滑輪 m ），它距旋轉軸的距離為 r ，角速度為 ω 。當不平衡體——偏心輪旋轉時產生离心力 P ，其絕對值不變，而方向却在偏心輪的旋轉面上不斷地變化着。偏心輪离心力 P 可以分成水平分力 P_x 和垂直分力 P_y 。振動器离心力的值可由下式確定：

$$P = mr\omega^2.$$

离心力的垂直分力和水平分力的計算方法如下：垂直分力 $P_y = P \sin \alpha$ 和水平分力 $P_x = P \cos \alpha$ 。

安在鑽杆上的單輪振動器在鑽杆中產生兩種振動：由於离心力的垂直分力 P_y 而產生的與鑽杆中心綫方向一致的垂直振動和由於离心力的水平分力 P_x 而產生的鑽杆的水平橫向振動。

變向作用的單輪振動器可以製成如圖 7 所示的那樣。這個振動器的兩個偏心輪安在電動機外殼的兩側。

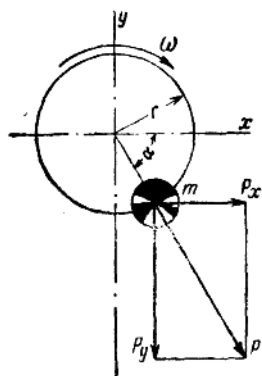


圖 6. 單輪振動器的作用原理示意圖

如果偏心輪安置在發動機的軸上，使其離心力轉向一個方向，則振動器的工作原理如圖 6 所示。如果將兩個偏心輪安置得互成某種角度（圖 8, a），則振動器的作用原理也將不同。現在讓我們來觀察一下此種振動器的作用。

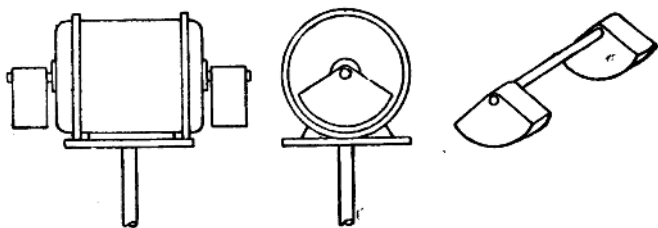


圖 7. 安在電動機軸上的帶偏心輪的單輪振動器

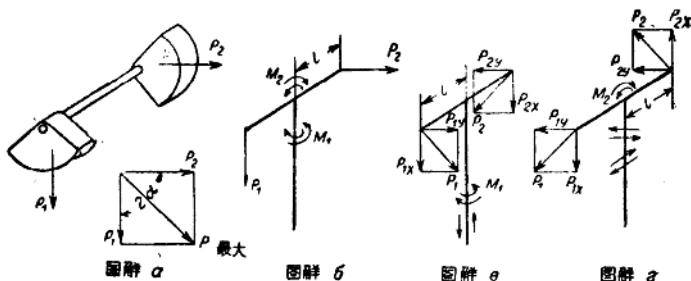


圖 8. 帶有互相交錯安裝的偏心輪的單輪振動器工作時力的分配示意圖

當軸旋轉時兩個偏心輪的相對位置不改變。當偏心輪（圖 8, a）在下面的時候，由於旋轉而產生的離心力 P_1 和 P_2 與垂直綫成 α 角；這時力 P_1 向垂直綫右方傾斜，而力 P_2 則向左。力 P_1 和 P_2 的垂直分力 P_{1y} 和 P_{2y} 在安有振動器的鑽杆上，就產生了沿鑽杆中心綫作用的力。當重物在下面的時候，這些力的方向朝下；當重物在上面的時候，力 P_{1y} 和 P_{2y} 的方向朝上。

這樣，離心力的垂直分力 P_{1y} 和 P_{2y} 就造成振動器的垂直振動并使鑽杆也作垂直振動。振動器的垂直振動力的最大值按下式確定：

$$P_{\max} = P_{1x} + P_{2x} = 2P_1 \sin \alpha.$$

如果 α 角 $= 45^\circ$, 則 $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$ 和

$$P_{\max} = \sqrt{2} \cdot P_1 = 1.414 P_1.$$

当 $\alpha = 45^\circ$ 时, 垂直分力和水平分力的值如圖 8 中 (a, z) 所示, 它們互相相等:

$$P_{1x} = P_{2x} = P_{2y} = P_{1y} = P_1 \sin \alpha = 0.707 P_1.$$

水平分力 P_{1y} 和 P_{2y} (圖 8, a) 圍繞鑽杆中心綫產生旋轉力矩 M_1 。旋轉力矩的最大值按下式确定:

$$M_{1\max} = 2P_{1y}l = 1.414 P_1 l.$$

当偏心輪位于如圖 8, z 所示的位置时, 水平分力 P_{1y} 和 P_{2y} 朝向同一方向, 在該圖中是向左。随着偏心輪所处的位置的不同这些力使鑽杆, 有时向左弯曲, 有时向右弯曲。在这种情况下垂直分力 P_{1x} 和 P_{2x} 在通过振动器軸和鑽杆中心綫的垂直平面上產生旋轉力矩 M_2 。 M_2 的最大值的計算方法如下:

$$M_{2\max} = 2P_{1x}l = 1.414 P_1 l.$$

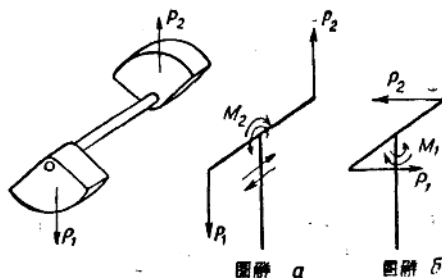


圖 9. 帶互成 180° 角的偏心輪的單輪振动器工作时力的分配示意圖

旋轉力矩 M ，竭力使鑽杆的上部彎曲，因此在鑽杆中就產生了垂直于第一側面振動的附加側面水平振動。

這樣，帶有互相成 90° 角的偏心輪的單輪振動器產生四種不同的振動：（1）沿着鑽杆中心綫的垂直——軸向振動；（2）垂直于振動器軸的水平振動；（3）沿着振動器軸的中心綫的水平振動；（4）扭轉振動。

如果振動器的偏心輪在軸上互成 180° 角，則在鑽杆中只能產生一些扭轉振動。當偏心輪處於水平位置時（圖 9, 6）在鑽杆中產生扭轉振動 M_1 ，該振動能夠將鑽杆擰緊，或者將其擰松。

當偏心輪位于同一垂直平面上時（圖 9, a）振動器在鑽杆中造成垂直平面上的旋轉力矩 M_2 。由於此種力矩在鑽杆中就產生了橫向側面振動。

從前面的單輪振動器的作用原理示意圖中可以看出，如果把偏心輪經過簡單的轉動，使其互成 90° 和 180° 角時，振動器便能夠在鑽杆中造成各種不同的振動，因此用其處理事故最為適宜。

振動器的計算

在進行振動器的設計時一般應規定振動器的振動力的大小和振動的轉數。根據這些數值確定偏心輪的力矩，根據力矩再確定偏心輪的形狀。

定向作用的双滑輪振動器的振動力的最大值可按下式確定：

$$P_{\max} = 2mr\omega^2,$$

而單滑輪振動器的離心力則按下面的公式求出： $P = mr\omega^2$ ，

式中： m ——一個偏心輪的質量；

r ——偏心距，即由旋轉軸中心綫至偏心輪重心之距離；

ω ——偏心輪的旋轉角速度。

將數值代入式中：偏心輪之質量 $m = \frac{G}{g}$ ，重力加速度 $g = 981$ 公分/秒²，角速度 $\omega = \frac{\pi n}{30}$ 和偏心距 r 用公分表示，則得出的双輪

振動器的振動力最大值为:

$$P_{\max} = 2 \frac{Gr}{g} \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 = \frac{2 \pi^2 Gr n^2}{981 \cdot 100 \cdot 30^2}.$$

經過整理得出確定雙滑輪振動力最大值的最后計算公式:

$$P_{\max} = \frac{Gr n^2}{44,750}, \quad (1)$$

式中: G ——一个不平衡器(偏心輪)的重量(公斤);

r ——偏心矩(公分);

n ——偏心輪的旋轉速度(轉/分)。

單滑輪振動器之離心力或振動力按下列公式計算:

$$P = \frac{Gr n^2}{89,500}. \quad (2)$$

在進行各種振動器的設計和比較時需求出 $G \cdot r$ 的值——偏心輪的力矩。雙輪振動器的偏心輪的力矩等于:

$$Gr = 44,750 \frac{P_{\max}}{n^2}. \quad (3)$$

而單輪則為:

$$Gr = 89,500 \frac{P_{\max}}{n^2}, \quad (4)$$

為了確定偏心輪的力矩,需採用這種或那種偏心輪的結構,並求出偏心矩 r 和重量 G 。偏心輪重量按下列公式計算:

$$G = F \cdot l \cdot \gamma,$$

式中: F ——偏心輪的有效端面面積(公分²);

l ——偏心輪的厚度(公分);

$\gamma = 0.0078$ 公斤/公分³——製造偏心輪用的鋼的比重。

振動器之偏心輪的形狀不一,並且與其製造方法有關。在地質勘探單位的機械修配廠的條件下進行製造時,最適宜的偏心輪為圖10中所示。