

地质勘探孔的 振动钻探法

M·Г·耶弗列莫夫著

廖林志译

中国工业出版社

PDG

这本小册子介绍苏联目前采用的各种类型的振动钻探设备，并作了比较性的鉴定；对其操作方法，与所取得的地质勘探资料的质量和生产效率还进行了分析研究。这里所介绍的方法主要用于钻探深度在20米以内的地质勘探孔。

目前我国的工程地质勘察工作，广泛采用手摇钻探，它有不少优点，但不能不认为这种方法是一件极其繁重的体力劳动，生产效率也不是很高的。为了解决这些问题，为使钻探工作进一步机械化，振动钻探是一个很好的途径。所以本书的出版，对振动钻探的研究与使用，以及对其他钻探设备的革新都有一定的参考价值。

М.Г.Ефремов

ВИБРОМЕТОД ПРОХОДКИ ГЕОЛОГОРАЗВЕД- ЧНЫХ СКВАЖИН

Государственное Издательство Литературы

по Строительству и Архитектуре

МОСКВА—1958

* * *

地质勘探孔的振动钻探法

廖林志译

*

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑（北京修械园路西10号）

中国工业出版社出版（北京修械园路西10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张11 $\frac{1}{2}$ ·字数33,000

1962年4月北京第一版·1962年4月北京第一次印刷

印数0001—3,350·定价（10-7）0.23元

*

统一书号：15165·1188（建工-158）

PDF
PDG

緒 言

在工业和民用建筑勘察中，地质勘探孔的深度多半为10~20米。从前，钻探这样的钻孔，主要是用手摇冲击旋轉钻探方法。手摇钻探是极其繁重的重体力工作，而且生产效率也很低。至于现有的冲击旋轉钻机和岩心钻机，又主要是用于深孔钻探的。因此，用它钻探浅孔是很不经济的。

1950年Д.Д.巴尔坎教授和В.Н.杜比柯夫工程师(1和2)提出了振动钻探法，从而顺利地解决了浅孔钻探的机械化问题。这种方法不仅减轻了工人的劳动，并大大地提高了劳动生产率，加速了钻进和降低了生产费用。这种方法简单说来，就是用一个某种结构的振动沉入器，借助快速旋转的力量将钻头——触探器钻入土中。触探器是一个带有纵向开缝的小管。它切割自然地层，提取岩心土样，从而提供给我们以详细的地质剖面资料。用它提取的岩心土样能够很好地保持土的构造特点和结构特点，使我们在地质剖面描述中，能够得到比在手摇钻探中更为详细和精确的资料。在粘土地区钻探，用它还可以提取试验用的土样。

采用这种方法钻探钻孔，所需要的机具包括有：振动沉入器、触探器、钻杆以及起重运输设备等整套设备。

1955年以前，中用作沉入器的只有振动器，但目前它已经开始要让位给机械振动锤了。这种新式机具具有沉入能力大、重量轻、电力耗电量少等优点，而且还能比较好地保持提取岩心土样的原状结构。

钻探系用直径为70~150毫米、长约2~3米由岩心管制成的触探器来进行的。

振動器（包括觸探器和鑽杆在內）的吊裝工作及從鉆孔中起拔套管等工作可用起重運輸設備。這種設備可採用汽車式起重機、拖拉機或是為此專門改裝的電動操作的汽車。

鉆探應根據土的密實程度、振動器或振動錘的沉入能力，以及對地質勘察資料質量的要求，按1~2米或更大一點的進深循序進行。在必要的情况下，下岩心管亦可用振動沉入器。

這種鉆探方法，在最初發展階段還很不成熟。比如，最初用槽鋼和角鋼〔1〕制成的觸探器所取得的地質勘察資料常常不能保證質量。此外，初期制成的振動器也只能在密實的土層中進行鉆探。這種情况便要求大力改進這種方法：改進振動沉入器和觸探器的結構及起重運輸設備；制訂操作方法。還必須規定振動鉆探法的使用範圍與所取得地質勘察資料的質量要求；確定鉆探的生產效率。

經過地基及地下構築物科學研究所等單位的試驗研究與設計，振動鉆探法目前已經大大地改進了，並在實踐中廣泛地得到應用。

截至目前為止，運用振動鉆探法約鉆進了150,000米深，其中80,000多米是莫斯科城市勘察公司鉆進的。在1956年以前，這個公司只有一種振動設備，即БГ-9型（加強型）振動器，但自1957年就擁有數套設備了，而且大部分都是新型的БМГ-5型振動錘。這個公司使用振動鉆探法完成的工作量約占全部鉆探工作量的40%。每台振動錘每月的生產定額可達1,200米。

在公路橋梁設計院、列寧格勒水電設計院、列寧格勒工業建築設計院、水工設計院、列寧格勒水運工業設計院及其它單位都曾採用過振動鉆探法，並對這種方法作了改進。同時，許多單位不僅用它來鉆探鑒別孔，作描述土的岩性，還鉆探了技術孔，取試驗用的土樣。

在製造新設備和研究土試樣的工作中，除上述單位外，其他

一些单位，如：全苏水利及卫生技术工程科学研究所、建筑道路机械研究所、列宁格勒铁路运输工程学院及列宁格勒运输设计院也都作出了重大贡献。

最后要说明一下编写这本小册子的目的。这本册子的主要任务是介绍目前振动钻探法的情况，对目前采用的设备作了一些说明和鉴定，并叙述了生产过程，还对使用振动法的钻探效率和所取得的地质勘察资料的质量作了一些分析。

本书是根据研究院和莫斯科城市勘察公司的工作经验，并参照某些公开发表的资料编写而成的。至于尚未设计完毕的设备，本册均未列入。

本书可供勘察设计部门的工程技术人员及钻探人员学习参考。

目 录

前 言

1. 振动器.....	(1)
2. 地質勘探用的振动錘.....	(6)
3. 吊装运输装置.....	(15)
4. 触探器及鑽杆 (鑽具)	(20)
5. 振动鑽探的操作.....	(26)
6. 地質勘探資料的質量.....	(32)
7. 工作效率及費用.....	(35)
結 論.....	(43)

1. 振 动 器

在目前地質勘探鑽探中，多数是采用下列三种型号的振动器：1. BT-9（加强型）；2. BПM-1；3. BBЛ-3。

BT-9 振动器（加强型；如图-1）是地基及地下构筑物科学研究所設計的，业經莫斯科城市勘察公司采用，BПM-1 振动器（图 2）是由全苏水利及卫生技术工程科学研究所設計的，已被列宁格勒工业建筑設計院采用；BBЛ-3 振动器（图 3）是列宁格勒水电設計院設計并采用的。此外，全苏水利及卫生技术工程科学研究所和国立农业电力設計院还分別設計了 BПM-2 振动器及 B-109 振动器。这二种振动器的特点是沉入能力大，結構完善，但目前尚未采用。

振动器的技术性能見表 1。

所有振动器都是由振动器本身和发动机二部分构成。振动器有一外壳，里面有偏心輪数个，安装在两根軸上，用齿輪联結，向不同方向旋轉。这种装置即产生导向扰力而定期上下运动，而轉动是通过发动机用三角皮带傳动偏心輪的一个軸而进行的。

振动器的底板有一个带接箍的振头，接箍供联結鑽具（鑽杆和触探器）用。

BT-9 振动器的机壳与发动机系采用剛性联結，而 BПM-1 和 BBЛ-3 的机壳与发动机是用彈簧联結的。加彈簧的目的是为了保护发动机不受振动的影响与增大振幅。因为在最难鑽进的密实粘

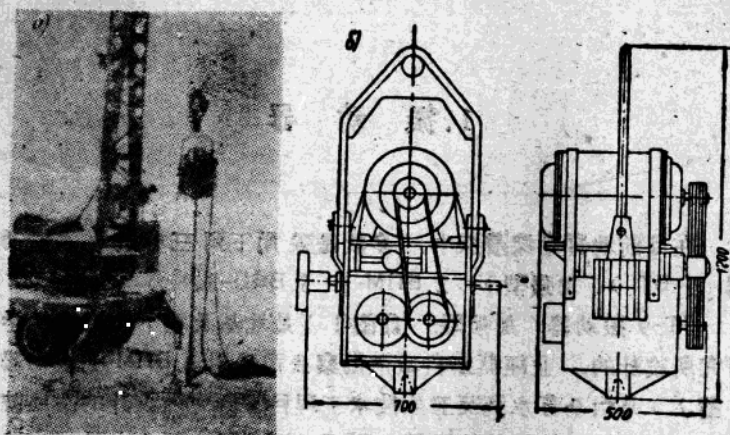


图 1 BT-9 振动器 (加强型)

а—全视图; б—结构示意图

性土层中，沉入速度主要取决于振幅的大小。

事实上为防止电动机受振动影响而加弹簧也是没有什么根据的。象莫斯科城市勘察公司用 BT-9 振动器 (加强型) 的发动机鑽进了 30,000 米，使用了三年才损坏。

除此之外，发动机用弹簧联结也并不能大大增加上述振动器的振幅。

实际上，振幅接近于表 1 所列的极限数字，按公式为：

$$A_m = \frac{Q_0 e}{\Sigma Q},$$

式中： $Q_0 e$ ——偏心力矩，公斤厘米；

Q_0 ——偏心輪的重量，公斤；

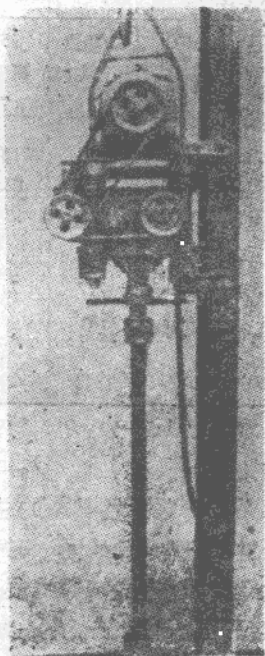


图 2 ВПМ-1 振动器



图 3 В5Л-3 振动器

e —— 偏心距，厘米；

ΣQ —— 振动器振动部分和鑽具的总重，公斤。

表面看来，用彈簧联结的发动机，由于其重量不計入总重 ΣQ 中，好象振幅可能要比将发动机刚性联结于振动器上的振幅要大。

各种振动器的技术性能

表 1

指 标	量度单位	BT-9 (加强型)	ВПМ-1	ВБЛ-3	ВПМ-3	В-109
振动器重量	公斤	400	175①	300	300①	250
发动机类型	—	电 动 机	—	汽油 发动机	电 动 机	—
发动机的功率	瓩	7	4.5	—	7	7
	马力	—	—	6	—	—
偏心力矩(最大)	公斤厘米	200	60	100	150	250
每分钟转数	—	1250	1500	1500	1500	1250
扰力	公斤	3500	1500	2500	4000	6000
最大振幅:						
当钻具长10米, 重80公 斤时	毫米	4.1	4.6	5.3	7.7	7.6
当钻具长20米, 重60公 斤时	毫米	3.6	2.8	3.7	5.4	6.1
高度	毫米	1200	1080	1700	1375	900

① 未考虑振头的重量, 大约30~40公斤。

但是, 发动机的重量比起整个振动系统(包括钻具)的总重就显得小得多了。因此, 如表1所示, 当钻具长20米时, BT-9 振动器(加强型)的振幅不是小于、而是大于 ВПМ-1 振动器的振幅, 就是钻具只有10米时, 其振幅比 ВПМ-1 振动器略小一点儿。如果与 ВБЛ-3 振动器比较, 当钻具长10米时, BT-9 的振幅比 ВБЛ-3 小30%; 钻具长20米时, 小6%。假若计算振头的重量并考虑有一部分土体参加了振动, 则 ВПМ-1 和 ВБЛ-3 振动器的实际振幅很可能还小于 BT-9 振动器(加强型)的振幅, 因为后者的偏心力矩最大。

В-109 振动器是一项较为合理的设计, 它与发动机虽然也是刚性联结的, 但其振幅按计算来看, 并不小于用弹簧联结发动机的振动器。

电动机用彈簧联結的結果必然使結構复杂化，总重和高度增大。因此，我們認為，地質鑽探振动器的发动机用彈簧联結并不比剛性固定优越〔不过在某些情况下也还必需用彈簧联結，例如，汽油发动机（ВБЛ-3）在振动状态下不能工作〕。

目前还不可能按实际沉入能力来比較上述振动器。因为現有的关于各种类型振动器的資料都是来自完全不同的沉入条件：如土层不同，每次进尺不一样，触探器的类型不同。

根据試驗資料，在密实的粘性土层中，沉入速度与振幅大致成正比。振动器的重量也有积极的影响，而振动頻率只对砂类土层才有一定的意义。

根据上述情况，研究了振动器的各項生产上的資料和数据后，可以得出如下的結論。

在密实的粘性土层中，БТ-9振动器（加强型）比 ВПМ-1 及 ВБЛ-3 沉入能力强（为 0.1~2 米/分或更大），振幅和重量也大。但在砂类土层中，БТ-9 却不如其他两种振动器，因为它的振动頻率較小。

БТ-9 振动器在莫斯科地区的各种土层（冻土，含鋸屑、碎磚等建筑廢料的填土）中均能鑽进。但不可能使触探器在密实的亞普第砂土（аптский песок）夹层中鑽进10~15米之深。

ВБЛ-3振动器与其他振动器比較，有一个优点，即它不需要发电机，而采用汽油发动机。可是也有一个缺点，这种发动机的功率較小，因此在密实的粘性土层中ВБЛ-3振动錘就不能充分利用偏心力矩工作，沉入速度也比БТ-9振动器（加强型）小得多，每分鐘只能沉入几厘米〔7〕。

ВПМ-2和 В-109振动器的沉入能力最好。如資料〔3〕所載，在列宁格勒的土层中，ВПМ-1 的沉入能力达 2 米/分，不过列宁格勒的土层比莫斯科的土层松軟。

必須指出，上述各種振動器都比較重，所以野外運輸不甚方便，尤其是在汽車不能到達而需要鑽探的地点，困難就更多。并且除ББЛ-3振動器之外，其他振動器都要用10~20瓩的發電機，因此就更難以減輕整個鑽探設備的重量了。

在密實的堅硬土層中，振動器的沉入能力對生產性的鑽探往往是不夠的。

一系列的研究表明，好像很難從根本上改進振動器的結構和數據，製造出一種振動器，要它構造輕便，能量耗費很少，又能產生較大沉入能力。

現在這個問題已經成功地解決了。С. А. 查普林〔5〕首次提出建議，制成了振動錘。所謂振動錘就是用彈簧將振動器與沉入體聯結起來的組合體。

2. 地質勘探用的振動錘

振動錘是一種既產生振動，又產生沖擊作用的機器。

這種機器之所以能同時產生振動和沖擊，是因為振動器與沉入體不是採用剛性連接，而是利用彈簧。所以它一經振動，碰撞頭就要沖擊着振動錘底板的鐵墊帽（圖4，a）而產生沖擊。調整碰撞頭和鐵墊帽間隙及變換各種不同剛性的彈簧，可改變沖擊速度，使振動錘具有最佳、最穩定的工作狀態，保證在發動機一定能量消耗的範圍內有效的沉入。

雙節自由振動錘有一塊帶碰撞頭的中間板，用彈簧安裝在振動器與鐵墊帽之間（圖4，б）。這樣一來，碰撞頭便成了沖擊部件，而鐵板卻只振動，不沖擊。

雙節自由振動錘結構複雜，要使它具有最好的和穩定的工作狀態也相當困難，並比單節自由振動錘重。它的優點是能保護電

动机不受冲击荷载。但是試驗已經証明，只要适当地将电动机加以改装，冲击荷载对它并不危險。

根据振动器的类型、彈簧的数量和位置及各节点的装置，振动錘的結構可分成不同的类别。

振动器和电动机可以分开装置（全苏水利及卫生技术工程科学研究所），也可以合并装置^①，所謂合并装置就是将偏心輪安放在发动机軸的末端。由于振动錘比振动器所需偏心力矩小，并且合并装置能減輕机器的重量，也便于安装，因此合并装置比分开装置应用較广。

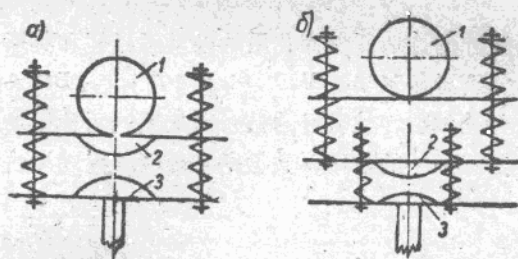


图 4 振动錘示意图

a—單节自由振动錘；b—双节自由振动錘；1—振动器；
2—碰撞头；3—鉄垫帽

在一个或两个軸面上，沿振动器的各角安装四根或八根彈簧。

考虑到地質勘探工作用的振动錘应尽量减小重量，以达便于野外运输之目的，曾提出單节自由振动錘的方案，振动器与电动机合并装置。为此，就設計出了只有一个电动机（产生不定向扰力）的單軸振动器^②。

① 按 C. A. 查普林的建議。

② 1953年全苏石油鑽探工具科学研究所根据 Д. Д. 巴尔坎教授和 А. Ф. 沃斯克列SENS基等的建議采用功率0.4瓩的电动机，用一个不大的試驗模型对此方案进行过核对。

必須指出，這是一個革新方案。過去經C. A. 查普林設計的為沉入用之振動錘，都是借兩個電動機或一個雙軸振動器而產生定向擾力。

1954~1955年我們曾用各種不同單發動機振動錘的模型進行了試驗。結果表明，振動都是發生在限定的方向上，因而主要是豎向振動。在第一個振動錘模型（BMГ-1）內，彈簧置於偏心輪轉動面內，它不僅有豎向振動，而且側向振動也很大。在另外的幾個模型中，彈簧置於電動機的縱軸面內，並且取消了几個側面剛性構件，如振動體的導向裝置，因而側向振動實際上被消除了。

研究所設計的打地質勘探孔用的振動錘已經和莫斯科城市勘察公司一道分別於1954年（BMГ-2）和1955年（BMГ-5）在生產條件下進行過試驗。試驗目的是為了比較這兩種振動錘和BT-9振動器（加強型）的好壞。試驗結果表明，振動沖擊機器比振

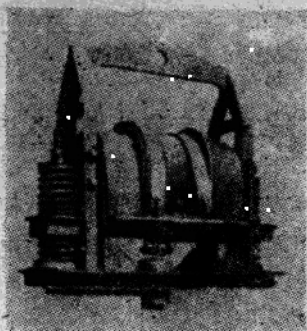


圖 5 BMГ-2振動錘



圖 6 用帶有韌性導向杆的振動錘鑽探

动机器有很大的优越性：使用少量功率却能得到良好的沉入能力。

BMГ-2 振动锤（图 5）重 170 公斤，电动机的功率为 2.8 瓩，轉动頻率 1420 轉/分。

对 BMГ-2 振动锤和 БТ-9 振动器（加强型）曾在莫斯科伊茲迈洛沃、彼罗沃、卡拉查罗沃及波罗夫公路等四处作过比較性的試驗。

卡拉查罗沃的土层为砂，而其他三个地区为冰磧亞粘土和粘土，含卵石和巨礫，并有亞砂土夹层。波罗夫公路的土层为特别重冰磧层，稠度一般为坚硬或硬可塑。以往在这里鑽探，均不下套管，因为土层很稳定，孔壁从未崩塌过。那时振动锤鑽探是試驗性的，而振动器鑽探（由莫斯科城市勘察公司完成）是为生产用的。这两項鑽探工作同时进行，鑽孔相距 3~5 米。吊装运输设备是使用載重量为 3 吨的电动起重机。起重机臂高 7 米。起重机都装有导向杆，振动器采用角鋼制成的剛性导向杆，振动锤用鋼繩制成的韌性导向杆（图 6），鑽探用直徑 145~73 毫米的触探器。

BMГ-2 振动锤是在彈簧的 $\xi = 0.38$ 、間隙为零时进行工作。随着自动起重机的发动机的轉数减少，电流頻率也随之降低，电动机的速度亦相应地减小，此时沉入效率最佳。振动頻率的比值

$$\xi = \frac{\omega_0}{\omega}, \text{ 可增大至 } 0.5.$$

比較振动锤和振动器在四个地区鑽探的結果（平均值）及所获指标的关系均分別列于表 2 及表 3。在波罗夫公路上鑽探（13.2 米深）的比較結果見图 7。

用振动锤和振动器鑽探所得的地質剖面差異很小。甚至可以說，用振动锤鑽探所得的剖面会更准确些，因为沉入速度較大，

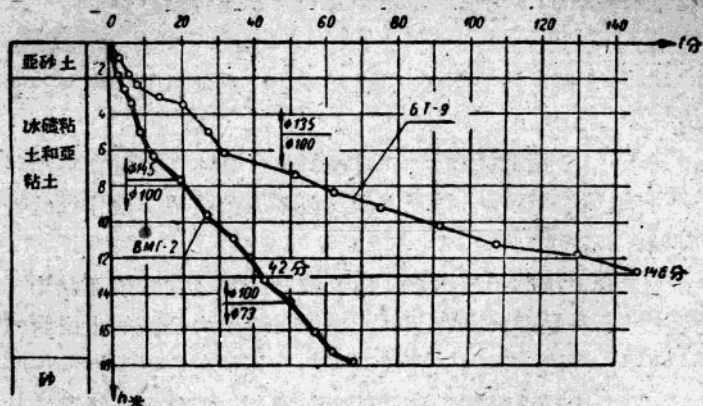


图 7 莫斯科波罗夫公路的場地上用BMΓ-2振動錘和
BT-9振動器（加強型）沉入觸探器的比較圖

觸探器未發生過事故，土的結構保持完好，岩心採取率沒低於100%。

在1955年BMΓ-5振動錘的試驗工作中及以後的井探工作中，上述推斷都得到了証實。

生產試驗之後又進行了台上試驗，結果不論在試驗成果上和理論上都表明減小電動機的功率和降低轉動頻率是完全可能的，而且也是合理的。由此，才在1955年設計出一種輕便的BMΓ-5模型，它不單能沉入觸探器、下套管，並且還能提取觸探器和拔出套管。

BMΓ-5 振動錘數據

重量.....	108公斤
振動體重量.....	80公斤
電動機功率.....	1.7瓩

振动和冲击次数..... 930轉/分

偏心力矩..... 50公斤 厘米

振动錘的尺寸..... 850×340×200毫米

BMГ-2振动錘和BT-9振动器(加强型)鑽探比較的結果 表 2

指 标	波罗夫公路		彼 罗 沃		依茲迈洛沃		卡拉查罗沃	
	BT-9	BMГ-2	BT-9	BMГ-2	BT-9	BMГ-2	BT-9	BMГ-2
进行綜合測量的鑽孔深度(米)	13.2	13.2	10	10	8	8	8	8
鑽孔数量	1	3	2	2	1	1	4	4
沉入時間(分)	146	42	23	14	16	10	10	7.5
平均沉入速度(米/分)	0.09	0.32	0.44	0.72	0.5	0.8	0.8	1.16
所需最大功率(瓩)	—	3.5	10.5	2.9	9.5	3.2	—	—
平均功率(瓩)	—	2.5	5.2	2.1	6	2	—	—
鑽探時間(无間息)(分)	300	143	83	—	65	—	55	45

BMГ-2振动錘指标对振动器指标之比

表 3

指 标 比 值	波罗夫公路	彼罗沃	伊茲迈洛沃	卡拉查罗沃	平 均
沉入時間	0.29	0.61	0.63	0.75	0.5
沉入速度	3.5	1.65	1.6	1.3	2
鑽探時間共計	0.48	—	—	0.91	—
最大功率	—	0.28	0.38	—	0.33
平均功率	—	0.41	0.33	—	0.32

振动錘的組成部件如下(图 8):

a) 带碰撞头(2)的振动器(1);