

振 动 試 驗 台

[苏联] A. H. 布拉格著



國防工業出版社



78.15
158

振 动 試 驗 台

[苏联] A. И. 布拉格 著

陈 永 芳 译

刘 正 群、陈 锦 标 校



Dr. G. L. S.

內 容 簡 介

本书是一本比較詳細而全面地叙述振动台的各种型別、结构、特点和不同用途的书籍，它不仅对我們的工厂产品試驗，而且对我們的仪表工业等都有实际的参考价值。

本书适用于各科研生产单位的工程技术人员参考。

ВИБРОСТЕНДЫ

А. П. Бураго

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ДОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ПРОПАГАНДЫ 1960

*

振 动 試 驗 台

陈 永 芳 譯

刘正群、陈錦标校

*

国防工业出版社 出版

北京图书刊出版业部北京可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印張 27¹/₈ 60字

1965年2月第一版 1965年2月第一次印刷 印数：0,001—5,200册

統一书号：15034·806 定价：(科七) 0.42元

序 言

为了試驗产品的耐振强度和耐振稳定性，采用了各种振动試驗台，特別值得注意的是，其中一些能在不停止其工作的情况下，可使振幅均匀改变的振动試驗台。采用这些試驗台既可节省时间和改进試驗质量，又能使試驗更接近于实际情况。

В. А. 馬特維也夫 (Матвеев) 的文章中所述的新系統是一种帶离心傳动裝置的試驗台。А. В. 巴柯夫 (Богов) 的文章所研究的是借助液压裝置調節振幅的另一种型式的振动試驗台。在 Е. А. 阿特佐夫 (Отцов) 和 В. В. 巴克罗夫斯基 (Покровский) 的文章中对大功率电动試驗所进行的探討，引起了人們很大的注意。此外，В. В. 巴克罗夫斯基还对液压振动器的試驗台作了一些說明。

直接在試驗地点对振动測量設備进行校准和檢查具有重要意义。最正确的試驗大綱的編制应包括試驗前后对振动发送器的檢驗。此外，在許多場合下，在試驗过程中最好亦能进行檢查。为此，采用了一些小型而輕便的振动試驗台，其中的一种将在 И. Д. 比文 (Пивен) 的文章中叙述。

在現代的一些試驗中，不能仅仅局限于使用沿垂直方向作直綫振动的試驗台，Ф. И. 謝莫年科 (Симошенко) 对于沿水平方向振动的試驗台很重視，他对这种試驗台作了叙述，这种試驗台略加調整之后，就能进行角振动試驗，为了便于檢

驗，采用光学法来測量角振动。这种方法是根据从固定在振动对象上的反射鏡反射到光屏上的图像来进行檢驗的。作者建議采用十字形狹縫作为光点測标，因为采用十字形的狹縫作为光点測标較明显，同时这也是唯一的方法。利用这种方法可以比較容易地測定向两个方向相垂直的、同时振动的分量。

在 В. С. 史卡立可夫 (Шкаликoв) 的文章中叙述了一些能提高工作稳定性和获得最精确振动参数的振动試驗台。这类試驗台可用来对振动測量設備作精确的檢驗。

在文集中还叙述了一种模拟运输产品时所产生的振动 (亦称为脉冲振动) 的試驗台。类似这样的試驗的模型已經不少了，但是要造成具有寬頻帶的，以及伴有与运输冲击振动相似的非周期振动还存在着一定的困难。正如研究所表明的，不是所有被推广的試驗台都能完成所提出来的任务。本文对上述試驗台作了論証，并对拟制的模型提出了一些必須滿足的要求。这种模型的进一步发展是具有能引起振动和冲击两种机能的結構，其中还包括有气动的机械裝置。

最后，在 А. И. 瓦若娃 (Вoжжoвa) 的文章中对生理研究用的試驗台模型及其制造新样品时必須遵守的条件作了簡要的說明。

文集的作者們有时談到同一个題目，因此，在編輯加工时将某些个别重复之处作了縮減，但是为了不損坏文章的內容起见，並沒有全部縮減。其次也遇到了一些其他困难，例如“高頻率振动”或“升高頻率的振动”等概念对振动試驗台來說都不是一定的。对頻率为 150~200 赫芝机械傳动的試驗台可称为高頻試驗台，但是对頻率等于 1000 和 1000 赫芝

以上的電力試驗台就絕對不是高頻試驗台。因此，為避免與有關機械試驗台最大頻率的文章混淆，故列舉了頻率數值。

必須指出：適用於所研究的設備的術語還未最後確定下來。甚至文集中所述及的試驗機的叫法也有一些意義相同的名稱——即同義詞：如振動試驗台、振動平台、振動機、振動機床、振動工作台、振動裝置、振蕩器等等……。很多作者同時採用了這些詞，而且未作任何特別的說明。只有在他們想着重強調試驗機已提高穩定性或工作精確度時才說明：“校準試驗台”，“平台”，“標準振動裝置”等等。

與此同時，在文集中還使用了一些縮寫詞，如振動試驗台（вибростенд），振動平台（виброплатформа），振動裝置（виброустановка）等等。應當承認：以上所列舉的縮寫詞中的第一個，即振動試驗台（вибростенд）一詞已得到特別廣泛的應用，對任何人都不会引起疑問，本文集就是利用這個詞作為書名的。

目 录

序言.....	(3)
大功率高频振动試驗台.....	(7)
大功率电动振动試驗台.....	(16)
檢定振动测量仪器的試驗台.....	(31)
工作时能平稳調节振幅的离心式振动器的 振动試驗台.....	(45)
工作时利用液压机构改变振幅的 500 公斤 負荷的振动試驗台.....	(57)
模拟运输抖动的試驗机及 MT-200 試驗台的 研究.....	(65)
МИП-3水平方向振动和角振动振动机.....	(78)
振动测量仪器核准用的輕便式試驗台.....	(81)
生理研究用振动試驗台.....	(88)

大功率高频振动試驗台

B. B. 巴 克 罗 夫 斯 基

在大多数現代高频振动試驗台中，都采用电磁振动器来激起机械振动。当試驗所用頻率不严格要求时，可使用諧振式試驗台。

調整激磁頻率，并相应地改变活动系統的自由振动頻率，便能將試驗台調整在諧振状态下工作。为了使工作稳定，常采用自振系統。

如果要求頻率在較寬的範圍內均匀地变化时能保持所規定的加速度值或位移值，則采用在亞諧振状态下工作的試驗台，这就是說，当活动系統在彈性元件（支架）上作垂直移动时，其自由振动頻率比扰动力的頻率小得多。

作用于活动系統的扰动力振幅与試驗台所产生的力的振幅之比值的变化情况見图1所示。比值 τ 的量取决于扰动力的頻率对活动系統自由振动值 α 的变化。从系統中两个不同衰减值 ν 所組成的曲綫图中可以看出諧振系統对于亞諧振系統的优越性（ $\alpha = 1$ ），前者可在弱衰减情况下以极小的扰动力便可获得所規定的力。而在后一种情况下則要在 α 值較大时才能达到 $\tau \approx 1$ 。

由試驗台所产生的力的振幅是試驗台的主要特性参数。在苏联和其他国家的大多数大型試驗台結構中，这个力的值不超过500~1000公斤。

图2为美国“MB”牌大型振动试验台的全貌，它在长期试验状态下可发出振幅为5500公斤的正弦变化的力[1]，在这种情况下频率可能在5~2000赫芝范围内，当产品重量在450公斤以下时，最大加速度为10g。当被试产品的重量再大时，试验台须使用低加速度工作，这样就便于解决与研究

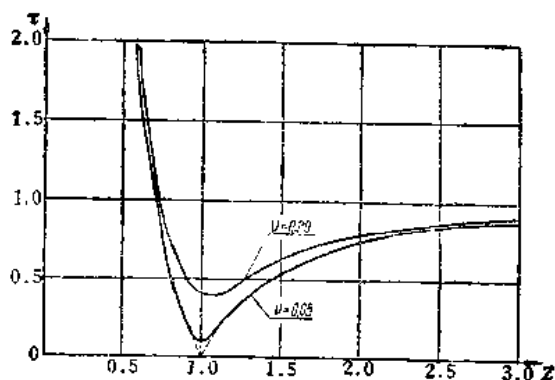


图1 振动试验台的动力特性曲线。

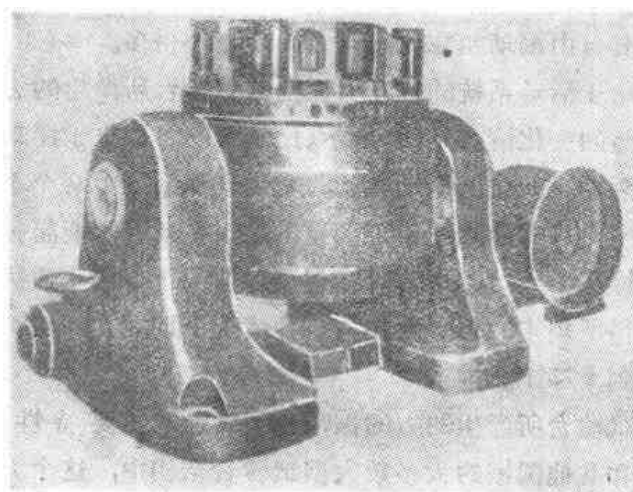


图2 大功率电磁振动试验台。

工作有关的一些問題。

列宁格勒加里宁工业学院配合列宁格勒的一些工厂共同完成了 BC-200 大功率振动試驗台的制造工作。这种試驗台可保証試驗以高加速度进行。

在設計試驗台时会規定在被試驗产品的重量为 5 公斤的情况下，正弦曲綫的加速度应达到 $150 g$ 。試驗台所产生的扰动力的幅值应在 2500 公斤左右，工作頻帶为 $100 \sim 2000$ 赫芝。

为了选择最适合在这些条件下工作的試驗台的型別，曾对繞組直接由交流电源供电的振动器与带短路綫圈的振动器进行了比較。

С. Б. 瓦薛金斯基 (Васютинский) 和 Г. В. 拉加叶科 (Лагаенко) 对振动器的参数进行了計算，并且研究出了单杆式和双杆式导磁体〔2〕結構的两个方案。

在带有短路綫圈的振动試驗台中，动繞組是整块金屬圓柱体，它与交流固定繞組有“变压器”耦合。带短路綫圈的振动器其优点在于結構簡單，动繞組有剛性，沒有导电部分，因此，整个活动系統的重量較小。

但是，带短路綫圈的振动器有較大的由强烈的集肤效应所引起的附加損耗。由于采用了强烈的散热液体冷却法，使能量損耗很大，并带来一系列的其他缺陷，故这种振动器的动繞組采取直接供电較为合适。

单杆式与双杆式振动器从理論和實驗比較中証明：双杆式的主要优点在于振动器周圍空間无磁場存在。因为按規定，工作台上的磁場强度不应超过 10 奧斯特，所以采用双杆式的振动器是必要的。

双杆式振动器的另一个优点在于其激磁绕组比单杆式振动器的轻很多。经计算证明，双杆式振动器的激磁损耗约比单杆式振动器的小一倍。因此，虽然双杆式振动器由于工作台的“台架”要通过导磁体，使其结构较复杂，但在 BC-200 试验台上仍选用了双杆式的振动器（图 3）。

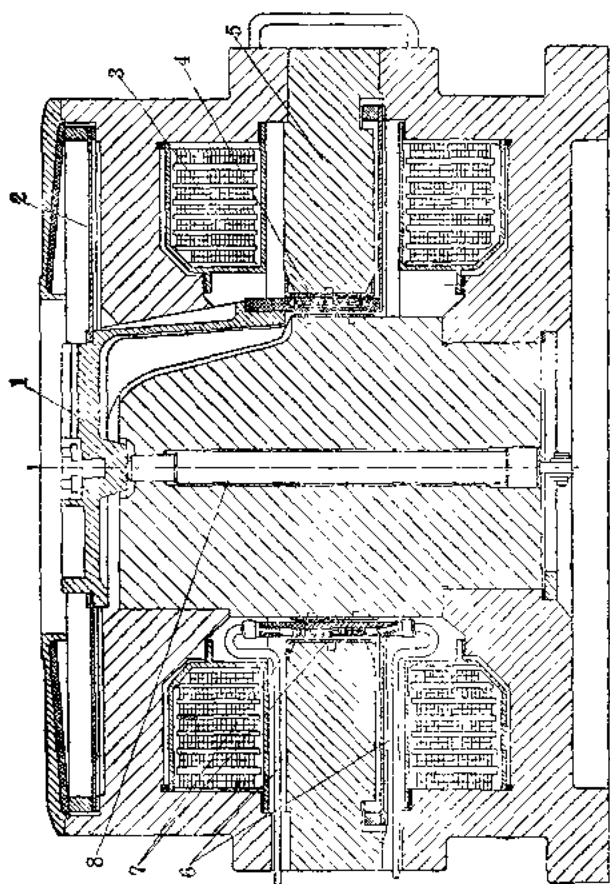


图 3 BC-200 电磁振动试验台：

1—工作台；2—弹性支架；3—激磁线圈；4—磁绕组；5—导磁体；6—管状导体，
7—屏磁板；8—稳定装置。

动繞組 4 采用正方形截面的銅管做导电体，其中通水进行冷却。这样可以大大地提高繞組的电流密度（达 42 安/毫米^2 ），并可縮小尺寸。动繞組做成单层綫圈的形状，这样可使其在骨架上固定时简单一些。为了使整个结构的纵向振动的最低自由频率高于試驗台的工作频率范围，必須注意使活动系統的剛度尽可能大。为此，必須使振動器上工作台的加速度不小于在动綫圈上所获得的加速度。如果纵向振动的基頻处于工作频率的范围之内，則在諧振以后，工作台上的加速度值远比綫圈上的加速度为小。在諧振以后，动繞組中可能会出现加速度“陷落”区域。至于活动系統的其他振動形状，其中值得注意的是当某些綫圈采用橢圓的形状，而工作台与綫圈用的杆发生弯曲振動时，振動将处于工作频率范围之内。因之，可能有个别的“禁区”存在。在此区域内加速度曲綫将有一些畸变。

应特別注意电路中的繞組、綫圈和工作台连接的可靠性，因为連接时稍有一点松动都可能引起个别的零件振動，并且会造成試驗台振幅特性的失真。連接金屬零件和塑料零件可使用 ЭД-6 环氧树脂。这种树脂在縫隙聚合之后可产生較高的强度。

活动系統所有零件的重量都要严格限定，因为在規定抗动力的值下，所获得的加速度的板限值（ 150 g ）是由零件的重量决定的。試驗台活动系統的结构的特点就决定了使用非磁性材料的必要性，而在强磁場部位还应采用非导体材料。

活动部分的彈性支架由两个圓形板 2，或由两排夹布塑胶质的板簧（第二个方案）制成。彈性支架材料的內摩擦系数

高会降低彈簧本身共振的振幅。这有很大的意义，因为彈簧横向振动的某些頻率处于工作頻率的範圍內。

工作时在活动系統的彈性支架中将产生巨大的应力，为了补偿因活动系統的重量所引起的靜荷撓度，特規定使用一种专门裝置——电磁悬挂支架。将通过直流电的，处于强磁場中的附加标记線到动繞組的繞圈之上。选择电流强度要考虑到能在中間位置調整（在开始工作之前）活动系統。

活动系統的折合质量应当是最小的。与活动部分联結的引線6用与动繞組截面相等的导管制成，它同时用作導線和水管。这些导管由接管嘴連接起来，并在拆卸振动器时可以分开。

振动器激磁是由两个相同的繞圈3进行的。为了散热，使变压器油流过繞組繞圈。可以使用普通型別的絕緣物作为油的冷却介质，并且可避免导磁体内与冷却液相接触的部分銹蝕。

在导磁体5中心环的内徑上，以及在定位孔上安装厚度为3毫米的銅质屏蔽板7。屏蔽板的存在可大大降低損耗和无效功率，此无效功率是由动繞組的电抗所决定的。屏蔽板的效果經实际檢查表明：采用屏蔽板后在2000赫芝的頻率下可将輸入电压降低3倍左右；此外，振动器对动繞組所要求的总功率也降低了。在这种情况下損耗可降低1.2倍左右，这便大大地簡化了冷却系統。

冷却系統的管路示于图4。动繞組和导磁体的屏蔽板只能用蒸餾水进行冷却，不能用自来水冷却，因为盐可能会沉淀在动繞組导管的內表面上，因而使其冷却性能变坏，甚至有通过冷却系統《漏电》的可能。

蒸餾水由水泵輸送到動繞組內和振動器屏蔽板上，然後流入用自來水冷卻的冷卻器中。隨後，水繼續流入箱內，並再次進入水泵內。所以冷卻系統是封閉式的。

冷卻激磁繞組用的第二個管路中採用變壓器油循環冷卻，採用變壓器油以後，激磁繞組便能使用普通絕緣，並可防止導磁體部發生銹蝕。

激磁繞組的冷卻管路同樣做成封閉式的。熱油從激磁繞組中流出以後便流入用自來水冷卻的冷卻器中，然後再返回油箱內。

振動試驗台的電源由供電裝置和激磁裝置，以及兩個變頻裝置所組成的綫路來供給。供電裝置包括裝有激磁機的同步發電機（二者聯於同一軸上），驅動電動發電機和直流電機運轉的電路發電機。激磁裝置包括异步發動機和兩台供給激磁繞組和振動器電磁懸挂支架電流用的直流發電機。變頻裝

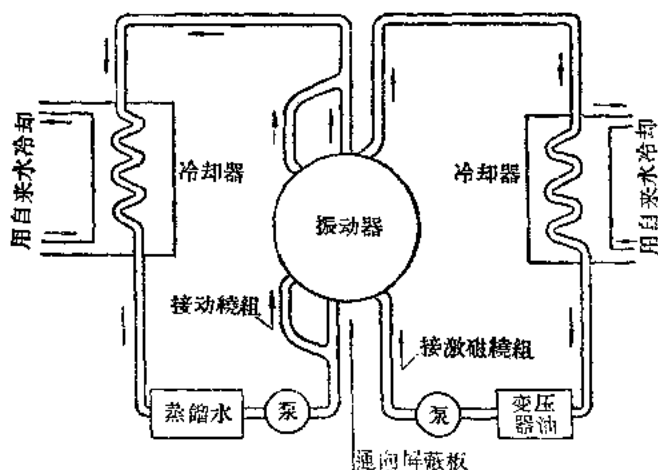


图 4 冷却系統。

置由电动机和两台能調节頻率的高頻发电机的电 动 发 电 机組成: 1 台从100到500赫芝, 另--台从 400 到 2000 赫芝。

大重量产品的振动試驗可以采用液压傳动的 振 动 試 驗 台。使用这种試驗台时得到的力比从机械傳动試驗台上所得到的要大得多, 而且对于进行一般試驗所用的工 作 頻 率 是 足 足 有 余 的。

对力增加到 30 吨的試驗台來說, 其頻率可以在 1~150 赫芝〔3〕范围之内。經过一番計算和結構分析后表明, 頻率有大大增加的可能。

液压振动器本身是一个带活塞的汽缸, 液体在压力的作

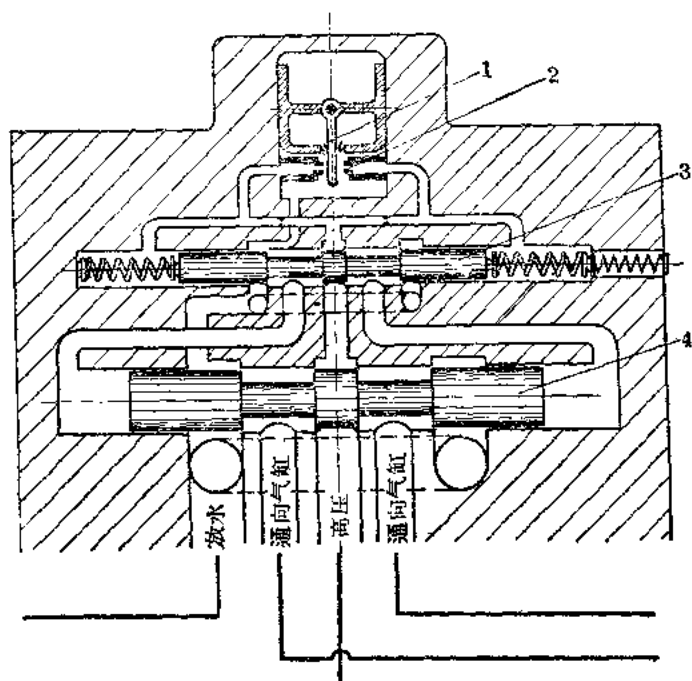


图 5 液压振动器的分布机构。

用下周期性地从两侧輸送到汽缸内部。試驗台的頻帶决定于液体分配裝置(圖5)的結構。

按規定頻率振動的振動器的電磁控制機構1定期地將噴口2蓋住的, 并且控制分配裝置的第一個分流活門3。二次放大系統4在很短時間內將液体放入振動器的汽缸內; 工作台的振動要保證必須的頻率。

試驗台的成套組件和必須配件由標準的液壓設備, 高壓和低壓泵, 儲水箱, 減壓活門和過濾器組成。

參 考 文 獻

- [1] «Product Engineering», 1947, №7, 92頁.
- [2] «Труды ЛПИ», Лен. Политехнический институт, №192, 1953, 53~142頁.
- [3] «Product Engineering», 1957, №12, 94頁.

大功率电动振动試驗台

E. A. 阿特佐夫

为了进行各种产品振动强度的实验研究，必须采用工作频率范围在 20 赫芝到 8~10 千赫芝内的机械振动激励器。

在这样宽的频率范围内要借助于机械激励器来激起振动是不可能的。因此在苏联或在其他国家内都广泛使用电力机械变换器。

众所周知，将电能变换为机械振动能的原理有以下几种：
1) 电动力的；2) 电磁的；3) 磁致伸缩的；4) 压电的。第一种允许使用的频率范围较宽，使用也方便，而且得到了广泛的发展。大部分在播音技术中所采用的声学设备和一系列振动试验台就是根据电动力原理制造出来的。例如：英国一家公司出产的八个不同模型的，其最大额定力为 1 公斤到 4.5 吨的电动振动器。

在电动振动器中，当音频电流沿牵引线圈的绕组流过时，在线圈周围便形成了交变磁场。此磁场与恒定的磁化磁场相互作用的结果就产生了迫使线圈，以及与之相连的元件进行往返运动的力，同时相应地改变了牵引线圈绕组中的电流。

弹性元件的结构应保证在磁路工作气隙内，装挂在弹性元件上的线圈的轴向运动的方向，不允许有径向位移。

由变换机所产生的力的振幅等于：

$$P = \sqrt{2} B l I \cdot 10^{-7} \text{ (公斤)}, \quad (1)$$