



2016VH 振动试验系统

技术方案

2016VH / DMA4014E / 338LX

陕西库赫聚能科技有限公司

目录

一、振动试验系统组成.....3

1.1 2016VH 振动台设计原理简介 4

1.2 DMA4014E 功率放大器优势 17

1.3 系统工作框图.....23

1.4 2016VH 振动台技术规格及性能指标 24

1.5 水平滑台 ST32 800mm×800mm 技术参数 26

1.6 扩展台 HE24-3232 800mm×800mm 技术参数 27

1.7 DMA4014E 功率放大器技术规格及性能指标 28

1.8 冷却单元 338LX 29

1.9 2016 型振动台实物图照片展示.....30

二、方案提供单位.....32

陕西库赫聚能科技有限公司 32

一、振动试验系统组成

陕西库赫聚能科技有限公司为本振动试验系统技术方案的提供单位。本方案围绕 2016VH 振动台、DMA4014E 功率放大器、338LX 冷却单元以及配套水平滑台、扩展台和控制仪，说明系统组成、设计原理、技术指标及配套条件。

系统采用电动振动激励方式，配置功率放大、冷却、动圈对中及保护系统，用于开展垂直和水平方向的振动试验。具体设备配置及性能指标见本方案相应章节。

产品有以下特点：

1Hz 起振；连续 100mm 大位移；频率可达 2500Hz.行业领先！

1> 振动台台体悬挂采用了 Lin-E-Air 气动隔震系统，安装在台体两侧耳轴的空气弹簧支撑整个振动台体，利用四套线性轴承作为台体的运动导向，保证振动台台体在上下振动时，只能产生与振动台激振轴向相同方向的运动，为了保证整个台体自振频率低于 2.5Hz，需要对整个台体基座进行整体隔振。

2>采用 LING 经过可靠性验证的碳纤维板式悬挂系统（专利号：024213174104）作为动圈的横向导向，确保动圈具有很高的横向刚度和连续 100mm 大位移。

3> 核心部件及材料配置结合设备技术要求确定，具体供货范围以双方确认的技术协议为准。

4> 振动台动圈垂直轴向导向，采用了上、下两套高压静压轴承作为导向系统的独特设计，保证了动圈具有很高的抗倾覆力矩的能力和优异的频率响应特性。

5> 设计紧凑，整个台体和动圈台面离地面高度较低，便于试验夹具和试验件的安装。

6>振动台具有内部承载支撑系统和自动对中系统。

7> 振动台台体翻转机构采用“手自一体”的设计，人性化的细节设计，更便于维护拆卸。

8> DMA 系列数字式开关功率放大器提供振动驱动、励磁供电及系统保护功能，采用适用于试验现场的 EMC、EMI 设计。相关功能及性能指标见功率放大器章节。

9>功率放大器信噪比达 70dB 以上，行业领先。

10>整套系统应具有很好的可维修性、可靠性。

11>动圈和励磁均采用高可靠的引线结构，核心部件分别具有进回水温度实时监测显示并保护，内循环，外循环流量实时监测显示并保护，温度和流量的敏感元件均采用进口原装。

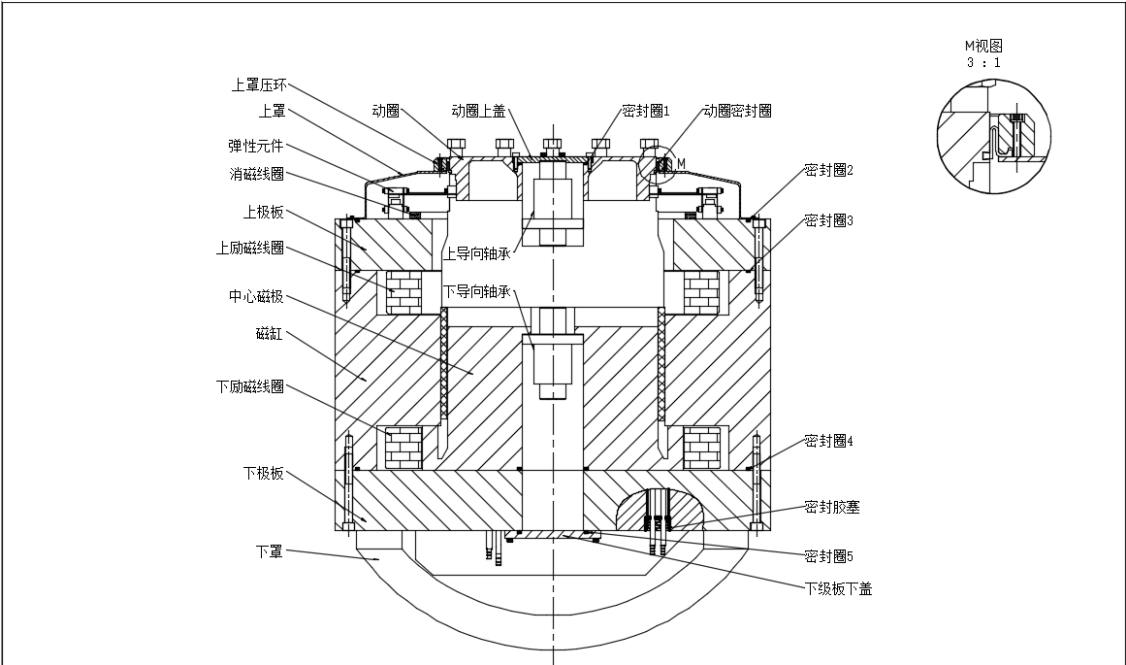
1.1 2016VH 振动台设计原理简介

1.1.1 概述

电动振动台性能的好坏直接影响到振动台试验系统的性能，振动台的设计是整个振动试验系统设计中的核心部分。

2016 型振动台采用双磁场励磁，效率高，台面漏磁小台体装有过位移保护开关、温度保护开关和自动对中系统。台体配有电动翻转系统，很容易转到水平位置或者垂直位置，翻转平稳，便于与其他部件配套使用和安装、维修振动台。

2016 型振动台内部结构见下图：



2016 振动台内部结构

2016 型振动台台体产品特性如下：

采用双磁场励磁，效率高，台面漏磁小；

振动台结构简单、体积小、使用频带宽，长期工作可靠；

动圈采用 10 等份加强筋设计，确保动圈疲劳强大。

动圈导向采用上、下两个线性轴承，确保动圈具有较高的抗倾覆力矩。

采用经过长期可靠性验证的碳纤维柔性组件悬挂作为动圈的横向导向，专利号：

202421317410.4;使得动圈在垂直轴向运动自如，并能确保动圈具有较高的横向刚度。碳纤维

柔性组件悬挂是该型振动台可以到达 4in(102mm)连续位移的核心技术。碳纤维柔性组件具有无磨损，无老化，长寿命，无蠕变的优点。碳纤维柔性组件拆装方便，无需特别调整。

采用经验计算方法和有限元分析方法优化动圈结构，提高了动圈一阶谐振频率；

台体装有过位移保护开关、温度保护开关；

振动台可实现动圈台面动态和静态动圈对中；

台体配有电动/手动翻转系统，翻转平稳，便于与滑台配套使用和安装、维修振动台；

振动台冷却装置采用蒸馏水循环冷却装置，保证振动台的冷却效果以及长时间使用内定子、外定子以及励磁线圈内不结垢、不腐蚀。冷却装置中含有水压、流量、温度保护开关，当水压、温度或流量超出设定保护值时，保护装置发出信号，系统断电，以确保振动台安全使用。

1.1.2 特点

2016 水冷振动台采用水冷结构，关键部件包括空气弹簧、导向轴承、环氧树脂、励磁铜线、不锈钢板、橡胶软管及密封材料，部件选型应满足设备可靠性要求。

冷却方式采用三水内冷，即动圈、励磁线圈和短路环分别通水冷却的双循环冷却方式。首先由蒸馏水作为内循环水（二次冷却水）在动圈、励磁线圈的管路以及短路环的冷却水管路中流过，带走振动台在工作时所产生的热量。再通过冷却装置中的热交换器进行热交换，由外循环水（一次冷却水）来带走热交换器中经过热交换所产生的热量，从而达到冷却内循环水的目的。为了节约水资源，一次冷却水可用冷却塔来冷却。

2016 动圈结构动圈制作

动圈组件是振动台的核心部分，它的性能参数直接影响电动振动台的性能指标，动圈的一阶谐振频率是动圈的重要参数，直接影响动圈的使用频率，而动圈的一阶谐振频率与动圈的材料、尺寸、结构、重量等多方面因素相关，在设计过程中如何优化动圈结构以提高动圈的一阶谐振频率是振动台设计的关键问题。

2016 型振动台的动圈组件，采用 10 等份加强筋板，以确保满足动圈可长期使用的疲劳寿命。

振动台动圈结构分别采用经验计算方法及有限元分析方法进行分析，计算动圈的一阶谐振频率，评估不同材料和结构变化对谐振频率及其他参数的影响，通过计算与分析优化设计。

空载加速度大，动圈一阶共振频率高，从而使全频带波形畸变小，动圈散热好。

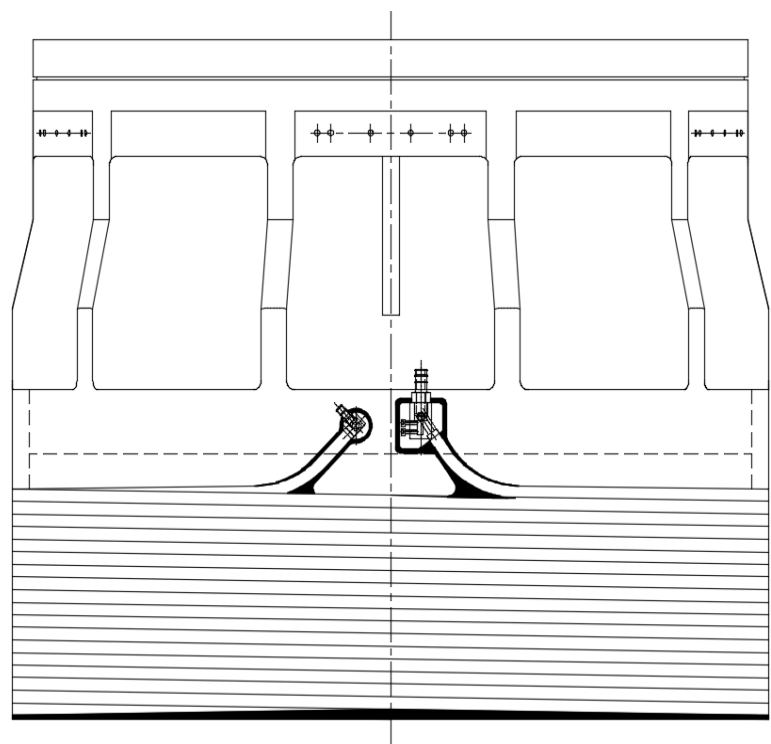
驱动线圈采用高强度环氧粘接，并采用硬模定型、真空固化工艺，增强动圈的强度、可靠性与使用寿命，提高动圈的一阶轴向共振频率。

动圈的绕制采用双线并绕特有的冷却通水结构，提高了冷却效果。

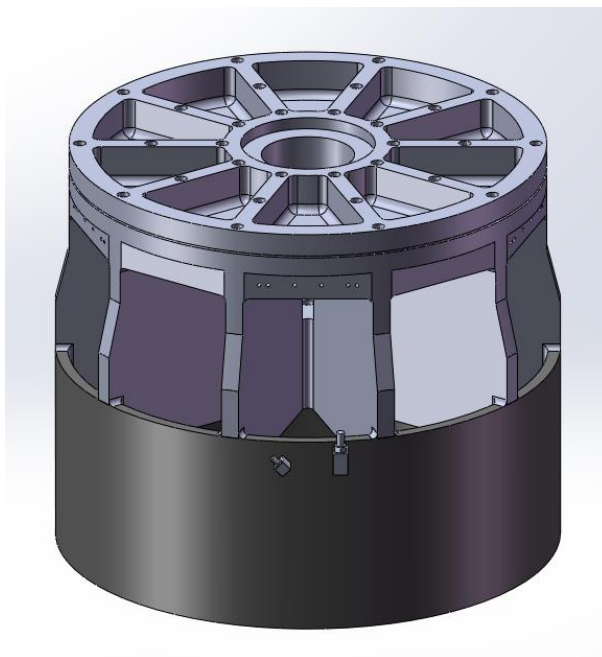
为了提高动圈强度，动圈筋板从常规的 8 等份分布增加到 10 等份。确保动圈的疲劳强度。

1.1.3 动圈

动圈包含驱动线圈和动圈骨架，它是振动台的关键部件，冷却方式采用水冷；动圈骨架采用铝合金铸造而成，由于动圈骨架的结构对振动台的指标影响很大，在进行动圈骨架设计的时候充分考虑焊接等问题，保证实际生产中的一致性。



动圈设计图



动圈三维图

1.1.4 纯铁部分及上下盖板部件

➤铁心部分的设计

铁心部分是气隙磁场的磁路重要组成部分，必须采用导磁材料，根据动圈组件的尺寸，选取铁心部分外径；

➤磁体部分的设计

磁体也是气隙磁场的磁路重要组成部分；考虑台体的重量和保证工作气隙磁场，选择磁体部分外径；

➤上下盖板部分的设计

上、下盖板部分也是气隙磁场的磁路重要组成部分；考虑台体的重量和保证工作气隙磁场，选择上、下盖板部分外径。

1.1.5 励磁装置

励磁装置有单磁场方式装置和双磁场方式装置，单磁场结构简单，台体重，效率低，双磁场结构复杂，台体轻，效率高，是目前流行的励磁模式，2016 振动台励磁采用双磁场励磁，同时考虑台面杂散磁场，台体上极板安装有消磁线圈以抵消台面漏磁，励磁线圈采用聚酰亚胺薄膜、沙包线做双层绝缘，保证励磁线圈的绝缘，增加了励磁线圈的使用寿命和可靠性。

励磁绕组采用管内通水冷却方式。励磁线圈绕制采用水冷结构方式，水路并联使用；供给励磁装置的励磁电源采用高、低励磁方式(节能模式)。其中铜管、橡胶管、铜管街头处材料均采用进口。最后采用进口耐温 140 度常温固化环氧灌封（如果需要）。

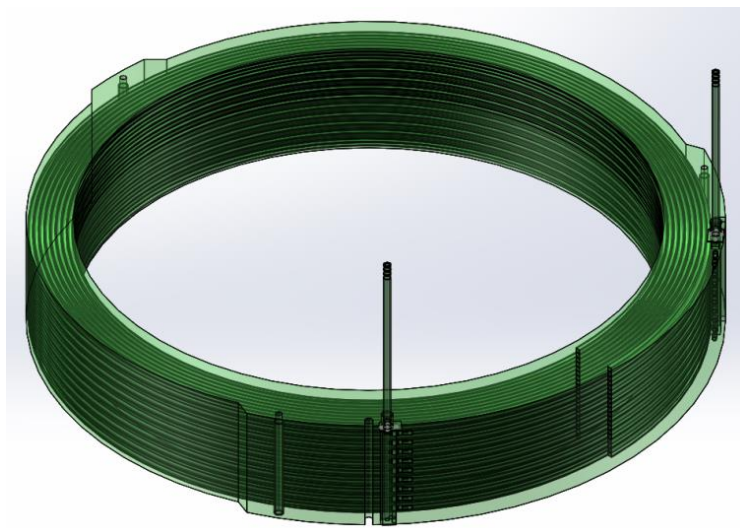
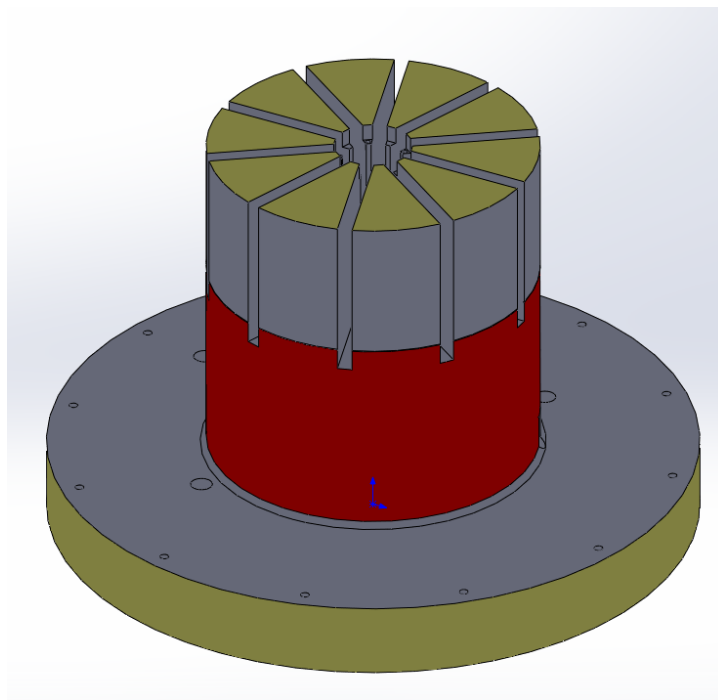


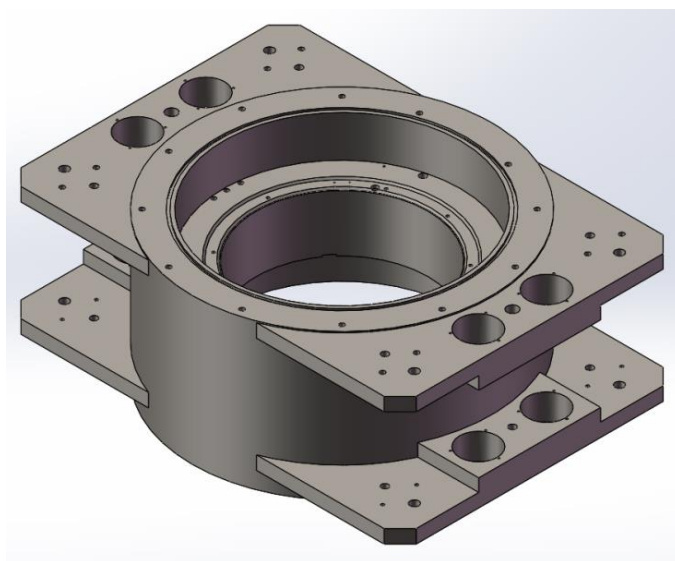
图 6 励磁线圈结构图

1.1.6 短路环部件

为了减小驱动线圈的感抗，同时也为了减少台体发热；需要在中磁体和铁心部分分别安装内、外短路环，通过理论计算，选定内、外短路环厚度，短路环分别安装在铁心外圈和中磁体内圈。



内短路环和铁心组件



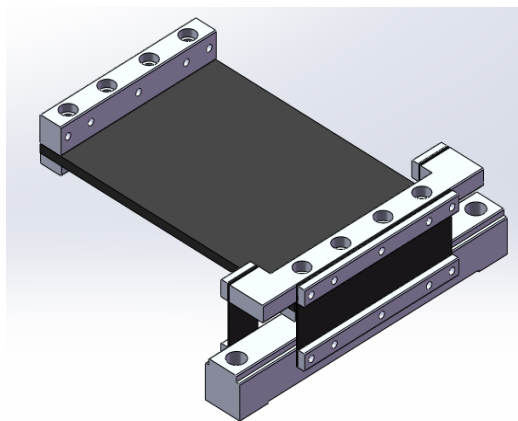
外短路环和中磁体组件

1.1.7 动圈支承和导向

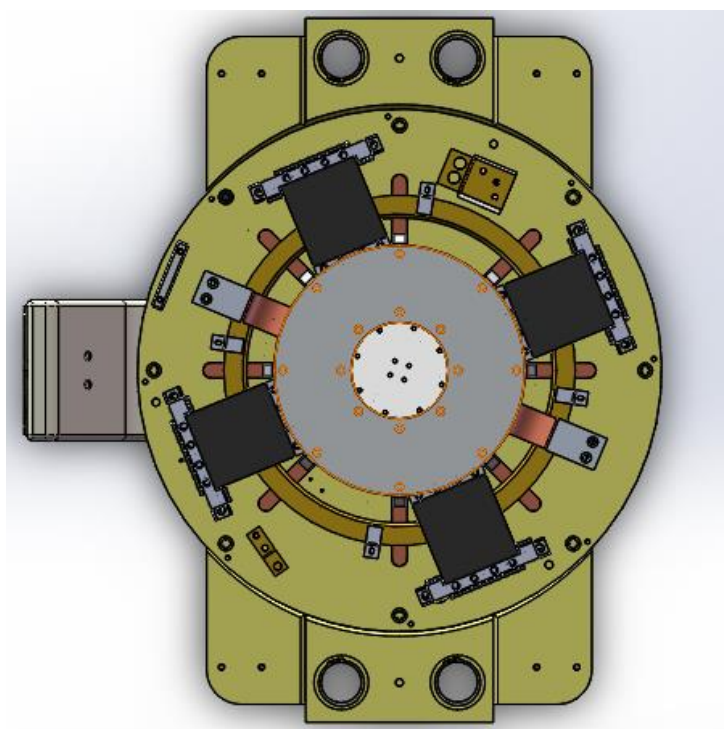
采用经过长期可靠性验证的碳纤维柔性组件悬挂作为动圈的横向导向，使得动圈在垂直轴向运动自如，并能确保动圈具有较高的横向刚度。碳纤维柔性组件悬挂是该型振动台可以到达 4in(102mm)连续位移的核心技术。碳纤维柔性组件具有无磨损，无老化，长寿命，无蠕变的优点。碳纤维柔性组件拆装方便，无需特别调整。

动圈中心导向装置采用上、下两个重型线性轴承。共同实现动圈骨架的垂直运动导向。保证了动圈具有很高的抗倾覆力矩。

以上导向系统具有较高的抗横振能力和抗扭转能力，且全频带具有较低的加速度波形失真。



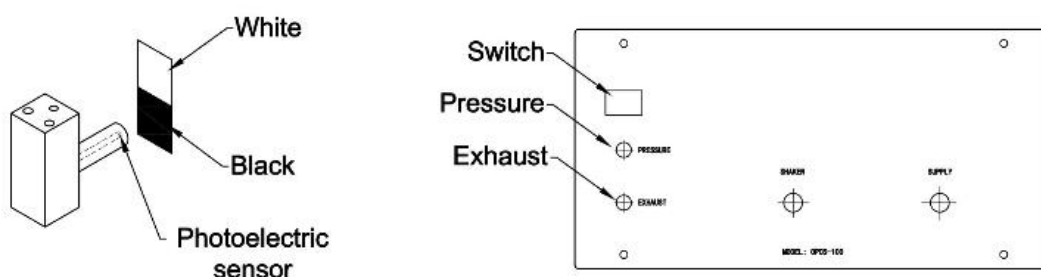
碳纤维柔性导向组件



碳纤维柔性导向组件安装位置

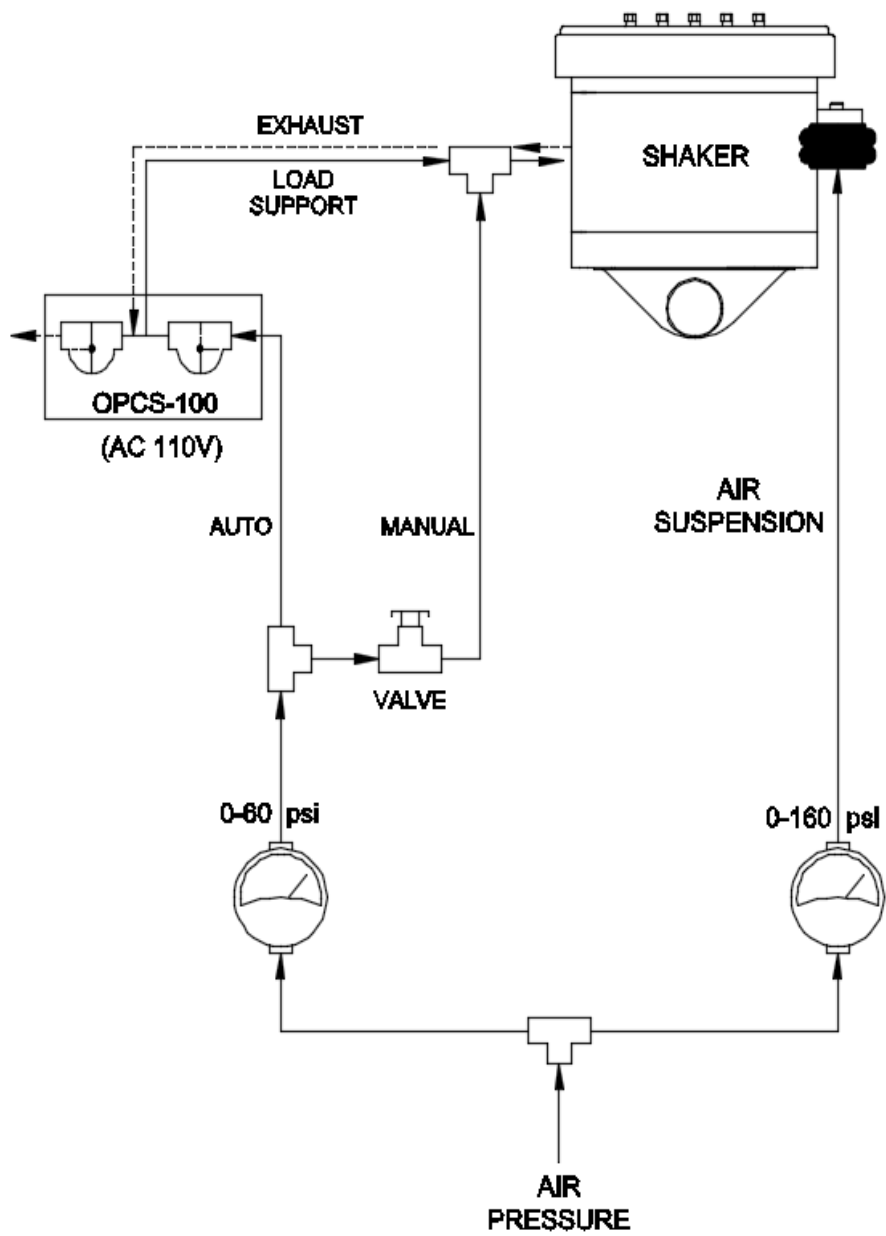
1.1.8 OPCS 动圈自动对中系统（OPCS-100）

OPCS光电传感器固定，黑/白贴纸贴在动圈上，当动圈低于对中位置时及光电传感器指向白纸，此时PRESSURE指示灯亮起，OPCS自动控制充气，动圈缓慢升起直到PRESSURE指示灯熄灭；当动圈高于对中位置时及光电传感器指向黑纸，此时EXHAUST指示灯亮起，OPCS自动控制放气，动圈缓慢下降直到EXHAUST指示灯熄灭。两指示灯都处于熄灭状态时动圈处于对中位置，如果两指示灯频繁交替亮起则表示进气量过大，此时应调节调压阀降低进气压力。



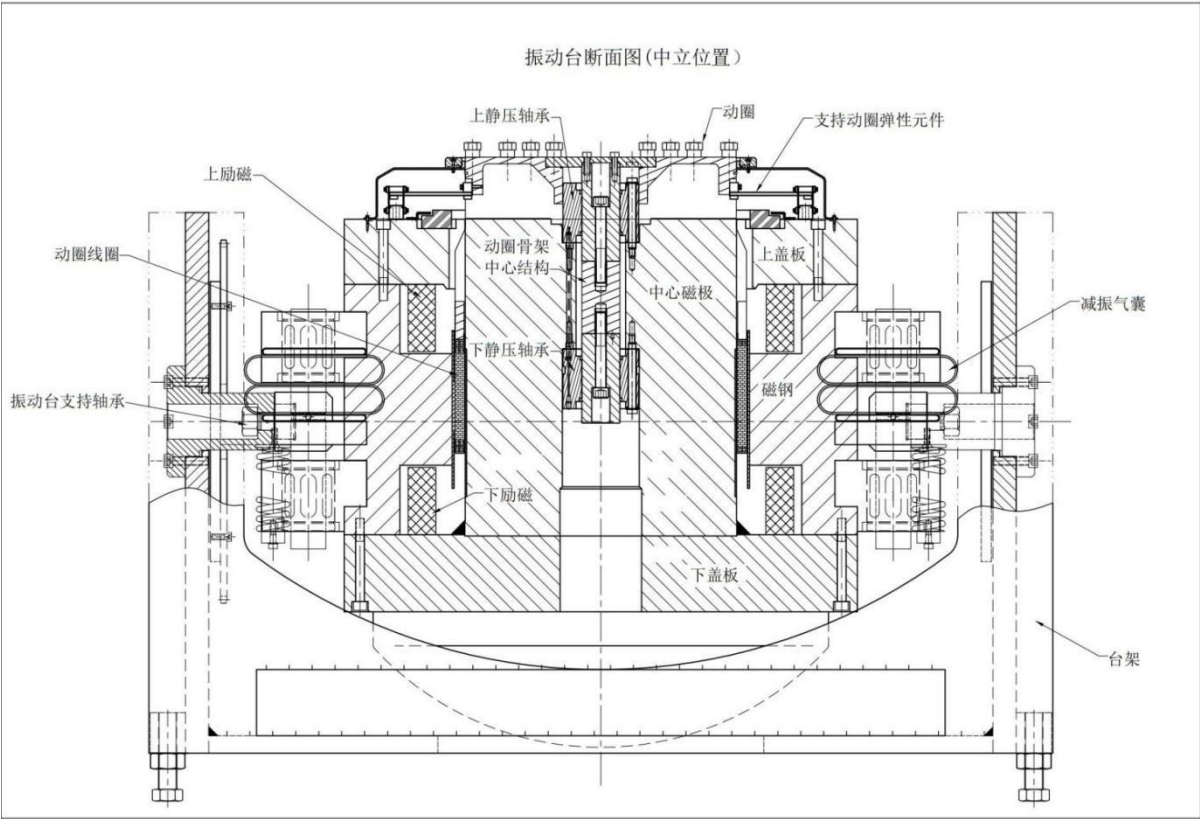
使用步骤：

- 一、当功率放大器打开后，打开冷却单元和OPCS开关。（注：水冷台需要打开冷却单元）
- 二、观察OPCS的指示灯，在没充气的情況下，PRESSURE指示灯会亮起。（动圈低于对中位置）
- 三、打开气源，顺时针微调OPCS对应的调压阀对动圈进行充气。
- 四、此时动圈会在OPCS的控制下自动缓慢的升起，直到PRESSURE指示灯熄灭。此时可能出现两种情况：
 - 1.两指示灯都处于熄灭状态，这时动圈处于对中位置。
 - 2.PRESSURE指示灯熄灭后，EXHAUST指示灯亮起，此后两指示灯交替亮起，此时应逆时针调节调压阀适当降低进气压力。
- 3.动圈中心位置控制精度：动圈中心位置控制精度与 OPCS-100 进气压力成正比，进气压力 15 psi (103 kPa)时，控制精度 1mm；进气压力 1.5 psi(10.3 kPa) 时，控制精度 0.1mm；调整响应时间 < 1s；

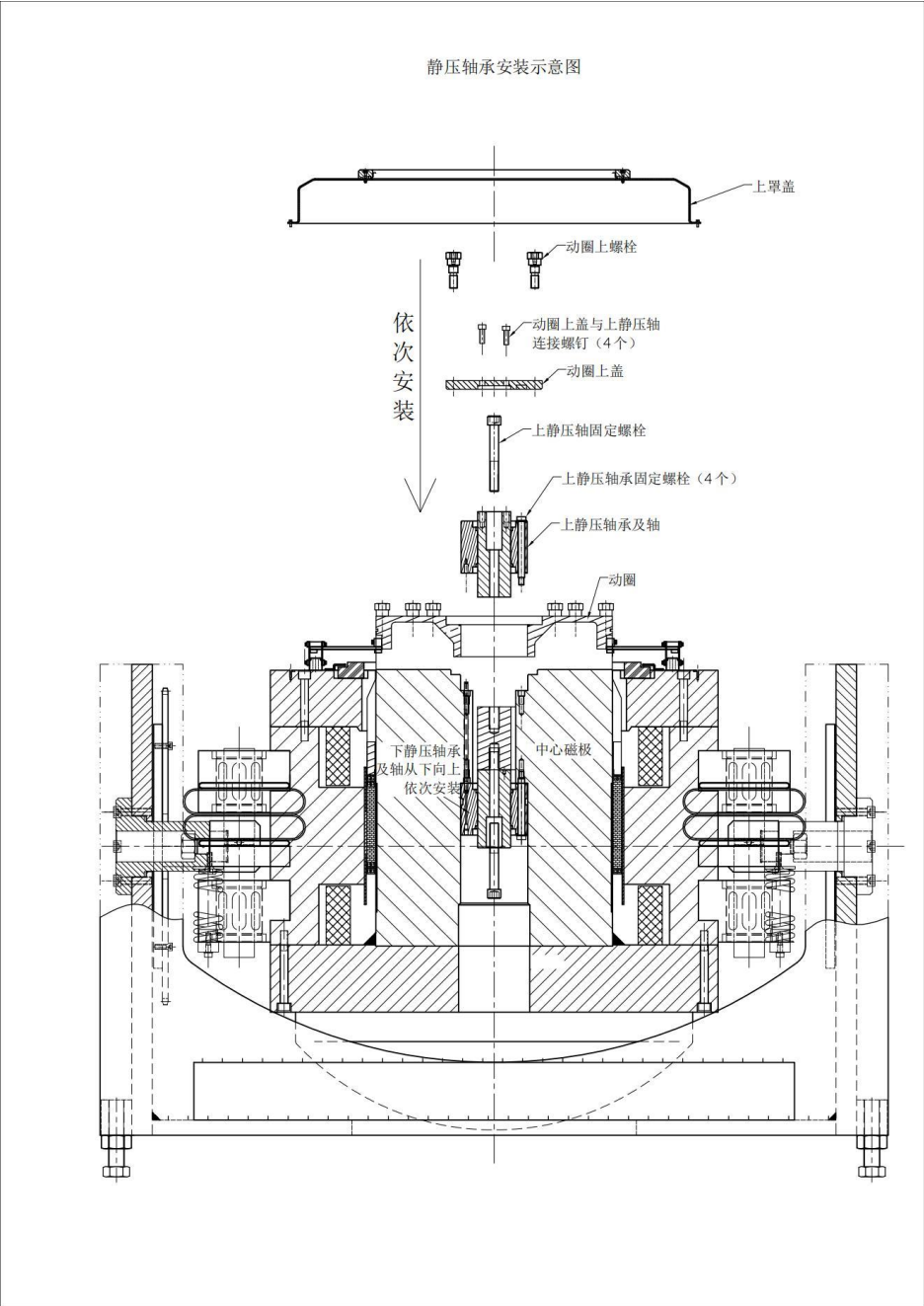


OPCS-100 自动对中系统原理框图

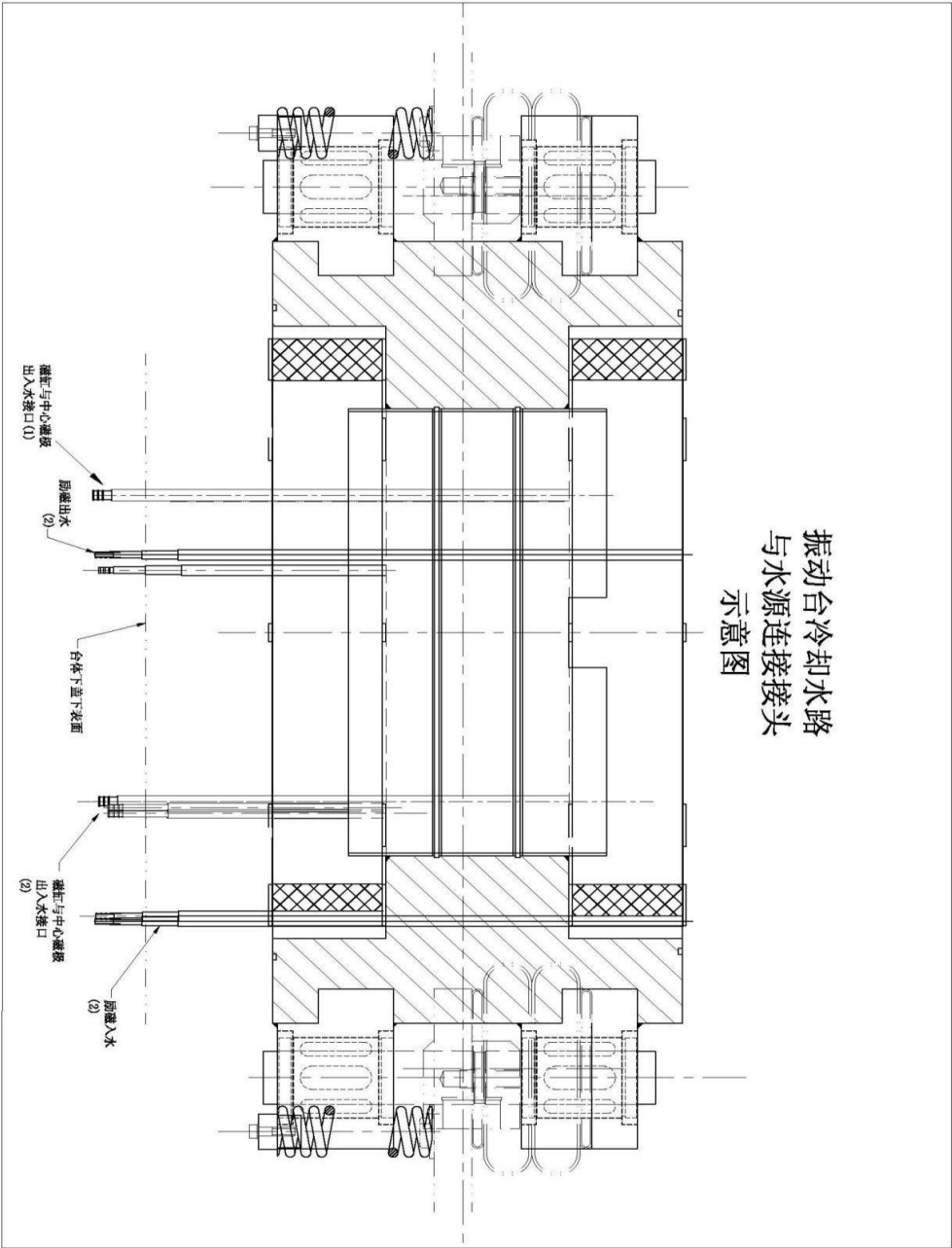
1.1.9 以下设计图纸将展现 2016VH 振动台设计特点展示



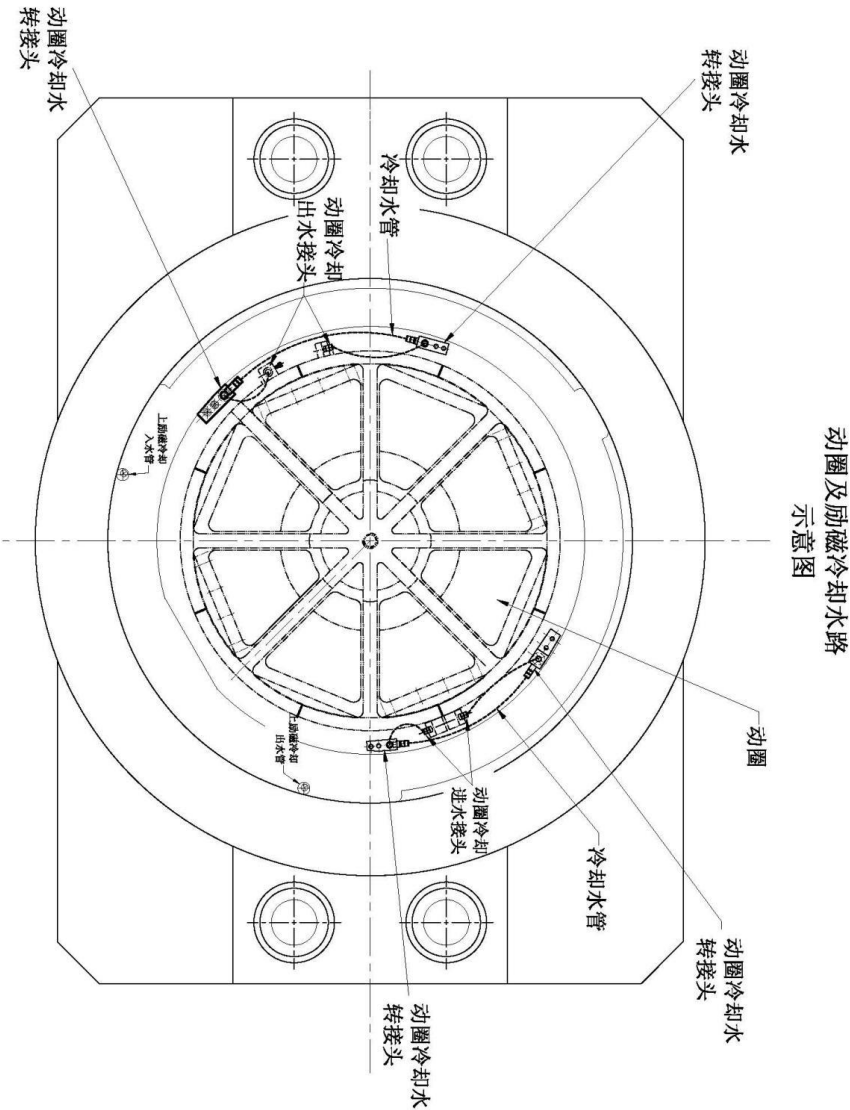
2016VH 振动台断面图



2016VH 振动台 独特的上、下两个静压轴承导向设计



2016VH 振动台台体具有完善的冷却水路



2016VH 振动台动圈、励磁的冷却水路

1.2 DMA4014E 功率放大器优势



DMA4014E 双 140KVA 功率放大器照片

DMA4014E (140KVA) 采用 E 级功率放大器结构，不仅为振动台提供功率放大，还提供励磁电源、冷却单元电源以及振动台系统的保护功能。

具有如下的优势：

◆ 齐全的检查仪表：液晶触摸屏显示和控制，可实时监视动圈的电压、电流，峰值或有效值，励磁的电压和电流。

◆ 可靠性大大提高：随着芯片技术特别在功率硅器件上的发展，输出电流能力大约有 250% 的增长。同时，大约有 400% 的安全裕量，用于增加输出峰值电流能力。就像给其装上防弹设施一样。

◆ 增加了 50%的峰值电流能力以便于实现随机振动试验，每个 10 KVA 功率模块的峰值电流从，125 amps 峰值增加到 180 amps 峰值。

◆ 瞬态峰值电流限制：附加的快速动作电流限制电路，相当于又增加了一级峰值电流保护，保证了功率放大器可以安全地输出大的峰值电流。

◆ 转换效率：≥96%

◆ 现场升级扩展能力：DMA 系列功率放大器，具有现场对已有的放大器升级的能力。

◆ 抗干扰能力强：满足现场使用的 EMC、EMI 设计，在整个行业内是具有明显的优势。

◆ 采用数字智能控制，远程遥控功能，有 RS232,485，LAN 接口，具有联网远程监测能力。

◆ 功放信噪比能达到 70dB 以上，在整个行业内是具有明显的优势。

◆功率放大器具有：过位移，输出过电流，输出过电压，过驱动，过热保护电路，电网欠压，电网欠电流，电网缺相保护电路，励磁电源供电；零信号输入等保护，确保功放能够安全有效的运行。

◆数据交换：前置控制器具有网络接口，可与振动控制仪、其他试验设备进行数据交换

DMA40 系列功率放大器

DMA 系列功放产品列表：

功放型号与模块数	最大输出功率	最多模块数	功率模块类型
DMA18-X	16KVA	3	PM6E
DMA24-X	24KVA	4	PM6E
DMA36-X	36KVA	6	PM6E
DMA72-X	72KVA	12	PM6E
DMA10XX	100KVA	10	PM10E
DMA4020E	200KVA	20	PM10E

功放型号与模块数	最大输出功率	最多模块数	功率模块类型
DMA4030E	300KVA	30	PM10E
DMA4040E	400KVA	40	PM10E
DMA48S48E	480KVA	40	PM12E

Note: Configurations with less than the maximum number of output modules are available, "x" ----- No. of Modules.

DMA48 系列功放参考技术指标

功率模块 PM12E 输出电压(PM10E OUTPUT VOLTAGE)

在额定电流时为 320Vrms

随机 210 Vrms

功率模块 PM12E 输出电流 (PM12E OUTPUT CURRENT)

75A rms/模块 (正弦)

240A peak/模块 (随机)

[peak/sigma 是 rms 值 3 倍]

单功放柜输出电压(OUTPUT VOLTAGE)

在额定电流时为 320Vrms

单功放柜输出电流 1000A rms

单功放柜功率输出 (POWER OUTPUT) 12KVA/模块, 单功放柜视在功率 120KVA

本机采用 2 台 120KVA 功放柜串联, 再串联:

总输出电压(OUTPUT VOLTAGE) 在额定电流时为 160Vrms

随机 100 Vrms

总输出电流 4000A rms(Sine)

2400 A rms(Random)

总输出峰值电流 12000A_{peak}

[peak/sigma 是 rms 值 3 倍]

总功率输出 (POWER OUTPUT) 12KVA/模块,本机视在功率 480KVA

功率因子 (POWER FACTOR) 功率因子 0.78。

频率响应 (FREQUENCY RESPONSE) 自 10-2000Hz 频段为全功率输出,

(正弦模式) 在 DC 时为 1/2 的电流, 2000Hz 至 3000Hz 时以 6dB /OCT 的斜率降至 -3 dB。最高可达 10000Hz

(电阻负载)

注意: 由于输出滤波器发热问题, 建议不要在 3KHz 以上的频段工作。在 2.5-3 KHz 频段工作时输出电压必须限定在 100V_{rms} 以下。

失真 (DISTORTION) 在额定输出时, 失真应小于:

0.3% 自 DC 至 2000 Hz

1.0% 自 2000 至 3000 Hz

2.0% 自 3000 至 4000 Hz

哼声与噪音 (HUM AND NOISE) 当输入短路时, 满输出的 -70dB 以下。

DC 稳定度 (DC STABILITY) 当市电电源电压有 ±10% 变化时,

放大器输出变动小于满输出的 0.05%

输入驱动 (INPUT DRIVE) 在 10K Ω 上加 1.5V rms 可达到满输出。

SWITCH FREQUENCY 112 KHz normal ,used for cutoff frequency at 2000 Hz ; 180KHz for 3000 Hz cutoff frequency.

开关频率 若使用截止频率 2000 Hz 时, 112 KHz; 若使用截止频率 3000 Hz 时, 180 KHz

Conversion Efficiency >96%

转换效率 >96%

隔离 (ISOLATION) 输出 H, J 端是浮地的, 也可接地, 但只有 “J” 端子可与地相连

软启动 (SOFT START) 从 “OFF (断开)” 状态至满功率需 0.5 秒。

关断 (SHUTDOWN) 当一个跳闸状态被检出之后, 放大器在 0.5ms 之内被控制由满输出跳到 0V。并且在 1s 之内耗散掉振动台的能量, 然后输出被转到一个高阻抗“断开”的状态。

冷却 (COOLING) 对于 12KVA 的模块, 每个模块冷却风量为 230CFM (0.11m³/s), 向大气中排放热量为 4500BTU/hr/module(1.32KW). 功放单机柜风机排风量 2400CFM@0 静压

DC 励磁电源 2016 振动台励磁: 300VDC, 400A(可选择高、低励磁模式)

每个机柜尺寸大小 (DIMENSIONS)

高 2.01m, 宽 0.61 m, 深 1.09 m. 本机并排连接 5 个机柜, 总宽 为 3 m

重量 (WEIGHT) 大约 680kg/每个机柜, 本机总重量大约为 3500kg

双机同步启动/关机 可选双机同步启动/关机功能(选件)

远程遥控功能, 有 RS232, 485, LAN 接口

温度范围 (TEMPERATURE RANGE) 在低于 40°C 时满功率时, 在 40-55°C 温度时, 每升高 1°C, 功率递减 2%(参见说明书).

湿度 (HUMIDITY) 在温度不超过 27°C 时为 0-90%. 放大器必须工作在低于此相对湿度的状态下, 否则会发生内部结露. 如果放大器的温度低于露点温度

输出匹配变压器 配 LING 2016 振动台不需要.

遥控 (REMOTE CONTROL) 具有遥控和远距监测的全部能力.(选件); 可根据用户要求连接 iPad,

功率放大器遥控功能

振动台系统通过网线连接, 可以实现本地、远程控制和参数监控。

1) 液晶显示与控制界面可监视动圈、励磁及冷却单元的运行参数。

2) 支持英语/汉语/俄语/希伯来语等多语言 (用户自选):

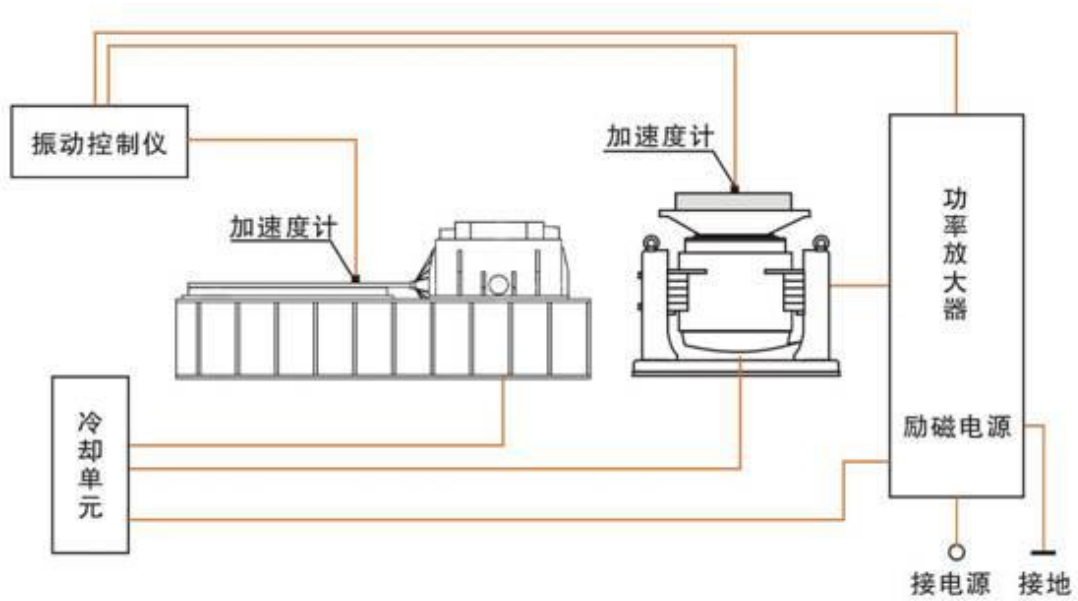
3) 触摸屏支持本地/遥控操作; 可与功放本地操作按钮并行使用



4) 遥控器可结合客户操作习惯和要求配置，支持监控所需运行参数。



1.3 系统工作框图



DMA4014E/2016VH 振动试验系统主要配置：

2016VH 型 9 吨水冷振动台	1 套	垂直扩展台 800mm×800mm	1 套
DMA4014E(140KVA)开关式功率放大器	1 套	水平滑台 800mm×800mm	1 套
338LX 冷却单元	1 套	控制仪 T8-1X	1 台
专用夹具	1 套		

1.4 2016VH 振动台技术规格及性能指标

型号	单位	2016VH
Rated Sine peak force 正弦额定推力（峰值）	[kN]	89 标准
Rated Random RMS force 随机额定推力（有效值）	[kN]	89 标准
Workable frequency range 工作频率范围	[Hz]	1~2500
Max. rated travel p-p 最大位移幅值	[mm]	51(76、102 可选)
Max. velocity 最大速度	[m/s]	2.0
Max. acceleration Sine 最大加速度：正弦/随机	[g]	160gpk 标准/100grms
Axial stiffness 动圈刚度	[kN/m]	160
Armature diameter 动圈直径	[mm]	445
Effective moving mass 动圈质量	[kg]	56.7
Static load support 承载	[kg]	1000
Armature resonance frequency 动圈一阶谐振频率	[Hz]	2200 典型值
Body isolation frequency: 台体隔振频率	[Hz]	≤2.5
Stray magnetic field 台面漏磁	[Gauss]	< 10 (1.0mT)

型号	单位	2016VH
Signal to noise ratio 信噪比	[dB]	70
Temperature/Humidity 工作环境和湿度	/	5 – 40 °C / 10-90%RH
Digital Power Amplifier Model 功率放大器型号	/	DMA4014E
Frequency range 频率范围	[Hz]	DC-10000
Distortion 失真度	%	<0.3(DC 至 2000 Hz)
Hum and noise 信噪比	[dB]	70
Power Supply 电源	/	380V ± 10%, 50Hz ± 1%, 三相交流
Max. Output Power 最大输出功率	KVA	140
Input impedance 输入阻抗	K Ω	>10
Ground impedance 接地电阻	Ω	≤4
功放效率	/	>96%
并机均流不平衡度	/	≤3%

1.5 水平滑台 ST32 800mm×800mm 技术参数

序号	名称	指标
1.	台面尺寸	32in x 32 in (800mm×800mm)
2.	随机、正弦工作频率范围	1-2000Hz
3.	一阶共振频率	≥700Hz
4.	滑板材质	镁合金 Az31B
5.	滑板重量	60kg
6.	行程	51mm
8.	螺栓材质及尺寸	不锈钢螺套 M12
9.	螺孔分布	按用户要求设计
10.	最大承载	600kg

1.6 扩展台 HE24-3232 800mm×800mm 技术参数

序号	名称	指标
1.	扩展台尺寸	800mm×800mm
2.	扩展台材料	Az31B 镁合金
3.	扩展台承载	900kg
4.	扩展台重量	≤90kg
5.	正弦、随机使用频率	1- 2000 Hz
6.	一阶共振频率	≥900Hz
7.	扩展台使用频率	1 -2000Hz
8.	最大位移（连续）	51mm
9.	抗倾覆力矩	150kNm
10.	台面螺孔分布	按用户要求设计

1.7 DMA4014E 功率放大器技术规格及性能指标

DMA4014E 功率放大器的技术参数	
输出功率	140KVA
功率模块类型	PME10
功率模块数	14
模块输出功率	10KVA
频率响应	DC-5000Hz
额定电流输出 (有效值)	1440A
电流输出 (峰值)	4320A
额定电压输出 (有效值)	120VAC
电压输出 (峰值)	170VAC
失真度	(在额定输出的情况下) 失真度小于: 0.3%,2 到 3000Hz;
输出稳定性	输入线电压改变 $\pm 10\%$, 功放输出改变, 输出电压 $<0.05\%$
供电	380VAC, 三相, 50HZ
信噪比	$\geq 70\text{dB}$;
温度、湿度	在环境温度 40℃以下, 满功率输出; 湿度 0-90%RH
保护功能	台体: 过热保护、过载保护、过位移保护、外部连锁保护等; 电网: 过压保护、欠压保护、缺相保护、过电流、过电压等; 模块: 逻辑故障保护、功率模块直通、短路保护等; 电源: 驱动保护、温度保护等; 励磁: 开路保护、短路保护、温度保护等; 安全: 声光报警、有 RMS 值超差保护、应急停机等完善运行的保护功能。
切换功能	功放分高、低励磁, 具备高、低励磁切换功能 (节能功能)

1.8 冷却单元 338LX

338LX 冷却单元通过外循环水与内循环冷却水进行水-水热量交换，把振动台动圈、励磁线圈所产生的热量热交换到外循环水里，外循环水再通过室外水塔，把热量分散到大气中。

338LX 冷却单元可以通过液晶触摸屏对冷却单元的控制和监测，动圈和励磁进水和回水，都可以按装温度，压力，流量，蒸馏水电导率等变送器，在液晶屏上显示，并可以在遥控计算机上进行监控。

1.8.1 外冷却水要求

a.励磁+台体冷却：

水回路	入水温度℃	出水温度℃	温度差℃	功率 (KW)	流量 (m³/h)
外循环水 (冷却水)	29.4	35.4	6.2	66	10

b.动圈冷却：

水回路	入水温度℃	出水温度℃	温度差℃	功率 (KW)	流量 (m³/h)
外循环水 (冷却水)	29.4	33.5	4.1	141.9	20

c.外冷却水量：30 吨/小时

d.建议外冷却水流量不小于 36 吨/小时;管径 2 英寸（50mm），水压保证到冷却单元后大于 0.3MPa。

进水管加装温度表，水压表。

注意选择 40m 以上扬程的水泵，并保证水流量。

1.9 2016 型振动台实物图照片展示



2016 振动系统



DMA4014E 功率放大器



2016VH 振动台实物参考图

二、方案提供单位

陕西库赫聚能科技有限公司

本技术方案由陕西库赫聚能科技有限公司提供，内容涵盖振动试验系统组成、设备结构、功率放大与保护、冷却配套，以及各主要设备的技术规格。设备供货范围、技术接口和交付要求以双方最终确认的技术协议为准。