

建筑科学研究报告

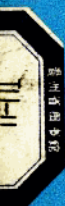
REPORT OF BUILDING RESEARCH

1981

No. 24

结构试验液压加荷系统及设备

Some Loading Equipments and Devices in
Structural Tests



中国建筑科学研究院

CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

Some Loading Equipments and Devices in Structural Tests

Abstract

This paper describes the results of developing some loading equipments and devices in structural tests. It introduces two kinds of jacks, some improvement in oil pump and oil pipelines, a new structural testing bed and some loading devices, as well as the application of them.

目 录

一、两种试验千斤顶的研制	(1)
二、ZB-71型油泵及管路的改进	(2)
三、L形试验台座	(3)
四、应用情况	(4)
结 语	(6)

结构试验液压加荷系统及设备

建筑结构研究所 测试技术室*

为了改善结构试验条件, 1978年至1979年我所对加荷设备进行了一些研制和改进工作。本文简要介绍所取得的结果。

一、两种试验千斤顶的研制

结构试验用的千斤顶要求冲程大, 加荷、卸荷方便, 以及安装方便等特点。这是一般千斤顶难以满足的。为此我们研制了 JS-30 和 JP-45 两种型式的试验千斤顶。

(一) JS-30 型千斤顶

图 1 是 JS-30 型千斤顶的外形照片。这种千斤顶的主要指标如下:

额定油压	400kg/cm ²
工作液压面积	113cm ²
额定工作吨位	40 t
最大工作行程	250mm
回程油压	100kg/cm ²
回程液压面积	50cm ²
回程力	5 t

千斤顶主要由法兰盖、油缸体、法兰底座、拉杆、活塞、活塞杆、球形顶压杆及上、下球座等主要零件组成。选用的材料除球形顶压杆为 40Cr 合金结构钢, 活塞及法兰盖为 QT40-10 球墨铸铁外, 其余均为 45[#] 钢。

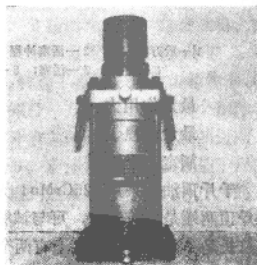


图 1 JS-30 型千斤顶

这种千斤顶有行程大、油压回程、有行程安全装置等特点。250mm 的行程基本上能满足一般结构试验的要求。油压回程使卸荷很方便。行程安全装置保证了使用中千斤顶的安全。当达到全行程时, 安全阀打开, 油缸中的油液通过安全阀经回程油管返回到油箱。此时, 活塞停止运行, 千斤顶自动卸荷。

另外, 在千斤顶的设计上尽量满足使用的要求。在顶压杆端部有球铰, 可调整角度 15°, 当结构变形时, 便于杆端转动。在千斤顶上有工作油嘴和回程油嘴各两个, 便于在不同位置时接管使用。千斤顶顶压杆的下端有螺丝, 可调整千斤顶原始高度 5mm。在千斤顶的法兰盖上和油管接头处各有一个放气阀, 以便于排出内部空气。在千斤顶的法兰底座上有 4 个螺栓孔, 以便于安装固定。

为配合 JS-30 型千斤顶使用, 我们研制了一个 J-20 吨吨桶式传感器。其外形尺寸是

* 参加研制人员: 刘水胜 丁方儒 陈中 董世凯 李直伦 洪毓儿 孟连树
郑才 李柱 王安坤 姚剑平
执笔: 李直伦

$\phi 130 \times 90$ 。可安装于千斤顶的顶端，用来测力或绘制荷载—位移曲线使用。

(二) JP-45 型拉压加荷千斤顶

近年来为了研究地震对建筑物的作用，需用冲程大、能拉压反复加荷的千斤顶。为此我们研制了 JP-45 型拉压加荷千斤顶。图 2 是这种千斤顶的构造示意图。千斤顶的主要指标为：

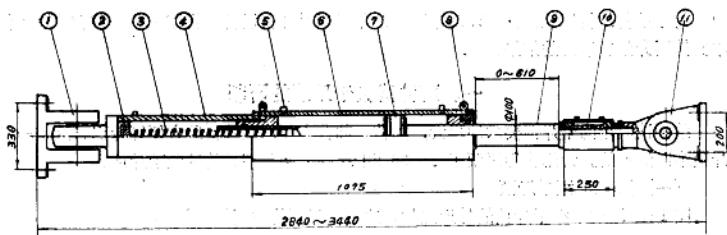


图 2 JP-45 千斤顶构造示意图

- 1—后万向铰座；2—活塞冲程（位移）传感器；3—传感器弹簧；4—尾管；5—油管接口；
6—缸体；7—活塞；8—吊环；9—活塞杆；10—P-40荷载传感器；11—前万向铰座

最大作用力	±45 t
最大行程	±300mm
额定工作油压	210kg/cm ²

千斤顶油缸采用 25CrMo4 无缝钢管，活塞杆采用 40Cr。端盖与缸体采用内卡环联接。千斤顶两端是铰铰底座，可与试验结构和承力结构联接。当活塞处于中间位置时，千斤顶的总长是 2810mm。油缸上有两个工作油嘴，分别送油时可产生拉力或压力。千斤顶的前端装有自制的 P 40 吨应变式荷载传感器，可测定荷载值；后端装有 S 60 厘米应变式位移传感器，可测定活塞杆的冲程。两种传感器均采用普通的电阻应变仪测量。另外，在缸体两端各设一个放气阀，以排出千斤顶内空气；在行程终止处有行程保护装置，以防止超过行程时损坏千斤顶。

二、ZB-71 型油泵及管路的改进

现在还没有结构试验专用的油泵，通常都是采用预应力张拉用的油泵代替。这种油泵通常有两条油路，供一台张拉千斤顶使用：一条油路用作张拉预应力筋，一条油路用以顶紧锚塞。结构试验用的油泵要求便于控制操作，能供多台千斤顶使用。ZB-71 型油泵是一种比较容易控制的油泵，因此我们选用这种油泵，并在这种油泵上进行一些改进。在油泵的每条油路上各加一个二位四通换向阀。这样，一台油泵可进行两种不同荷载的加荷试验。另外，在油泵的前端加了一个多路分配器，以便于应用。

图 3 是 ZB-71 型油泵改进后的油泵工作原理图。两条油路可产生两种不同的荷载。由于换向阀的转换，压力油可以进入千斤顶的工作油缸，使千斤顶加荷，或进入回程油缸，使千斤顶回程。从图中也可以看出，利用荷载传感器和位移传感器，通过动态应变仪和 x-y 记录仪就可以绘制所需的荷载—位移曲线。

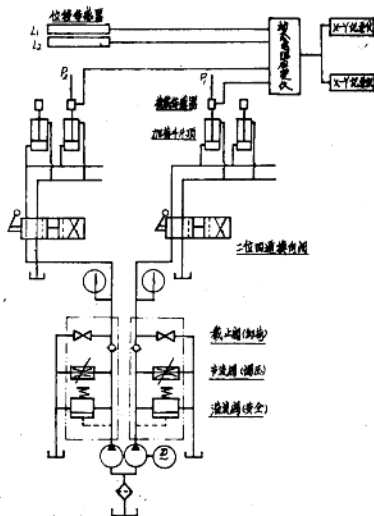


图 3 改进后的油泵工作原理图

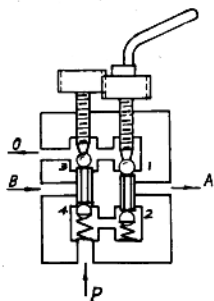


图4 换向阀示意图

图4是换向阀示意图。换向阀有4个接口。A接到千斤顶工作油缸，B接回程油缸，O接油箱。自油泵来的高压油由P接口进入阀体。转动手把时，通过齿轮传动，使两螺杆一升一降，内部四个钢球则打开或关闭阀口，使高压油通向A或B。若图示换向阀位置是千斤顶

的加荷状态,在这种状态下,油由内部阀口2经顶杆上的沟槽到达A口,再通到千斤顶的工作油缸中,此时回程油缸中的油可经阀口3到O口,再回到油箱中。反转手把,就可以得到千斤顶的回程状态。

为了适应结构试验情况多变的特点,在油管和接头方面也作了一些改进。油管采用内径为 6mm 的钢丝编织高压胶管,两端装上可拆式接头。油管长度有 3、6、10 米三种规格。另外加工了一些二通或三通接头。这样,就可以方便地接通任意台不同距离的千斤顶。

三、L 形试验台座

1976年唐山地震以后,工程中提出了很多房屋结构抗水平力的研究课题。为此我们修建了一个L形试验台座(图5)。

我们采用的是中小型的试验台座尺寸。这一方面是由于试验室房屋高度的限制, 另一方面也考虑到大型房屋结构试验时, 设备和以后的试验费用均将显著增加。

台座的几何尺寸主要是根据房屋模型试验要求确定。台座台面为 $7 \times 14 \text{ m}$, 推力墙的高度为 7.0 m 。这样, 在台座上可以进行 $1/2$ 比例的四层五开间的房屋模型试验。台座台面上有 6 条槽, 可以固定加荷架。锚固槽间距的布置主要考虑模型试验时, 两外纵墙和内纵墙可位于台座的两槽之间, 并使两外纵墙的间距约为 5 m , 所以采用 1.0 m 和 1.5 m 的间距。 1.5 m 间距的槽之间增加了一排螺栓锚孔, 目的是便于试验结构的锚固。墙上锚孔的间距, 主要是考虑使用方便和便于使千斤顶位于三条纵墙的位置, 所以采用 $625 \times 625 \text{ mm}$ 的等距方格布置。台座一端的推力墙要求能承受千斤顶的推拉力作用。

台座按下列容许力的要求设计:

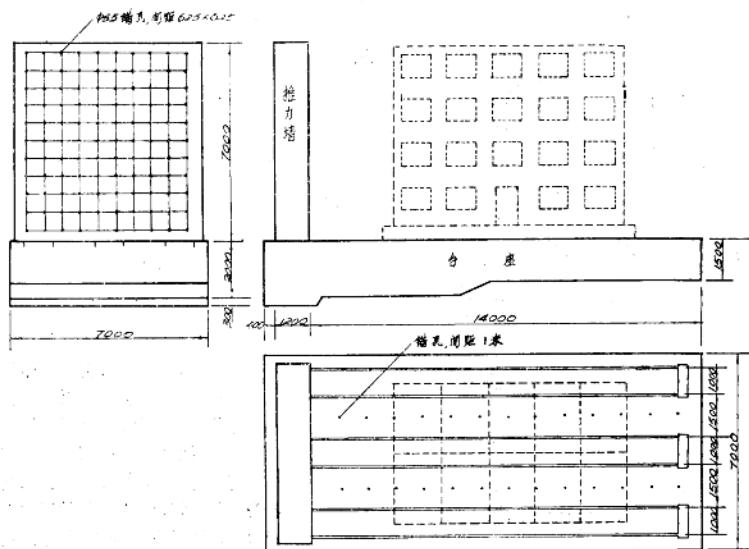


图5 L形试验台座

推力墙	基底弯矩	1000 t-m
	基底剪力	150 t
台座	端部最大弯矩	1200 t-m
槽的抗拔力	中间两条槽	每条75 t/每米槽长
	其余四条槽	每条50 t/每米槽长
墙上锚孔抗拔力	每个孔	30 t

为了减小墙的位移对试验的影响,在最大荷载作用下,墙顶位移控制在 5mm 以内。

台座采用钢筋混凝土结构,台座锚固槽采用钢骨架锚固系统,推力墙采用无粘结预应力混凝土结构。预应力筋采用 40Si,V $\phi 25\text{mm}$ 精轧螺旋形钢筋。

为了配合台座使用,设计、加工了一套垂直加荷架。在房屋模型、剪力墙、框架及框架节点等结构做水平荷载试验时,这一套加荷架可作为垂直加荷之用。同时也加工了几套滚动装置,可固定于加荷大梁上,使加垂直荷载的千斤顶能沿结构位移方向自由滑动。为了在墙上固定千斤顶加工了6套千斤顶固定架,可以使千斤顶着力点位于墙上的任意位置,承受压力或拉力。

四、应用情况

上述加荷设备的研制和改进工作正在我们的试验工作中发挥作用。下面是应用的几个

例子。

1. 18m空腹屋架试验 (图6)

屋架需要加两种荷载, 11个加荷点。采用11个 JS-30千斤顶, 2台 ZB-71 型油泵加荷。一种荷载用电子秤测读, 另一种用电阻应变仪测读。与用铁块加荷相比, 试验很方便并节省劳动力。

2. 三层四开间房屋模型水平反复加荷试验 (图7)。

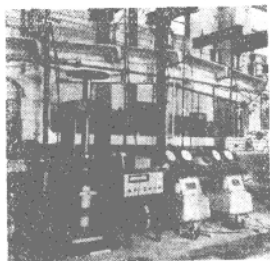
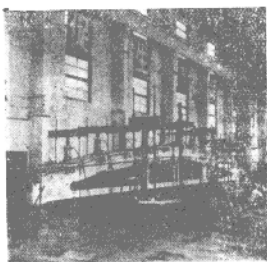


图6 空腹屋架试验

用四个装有荷载传感器的 JS-30千斤顶安装在房屋的两端。用两台装有换向阀的 ZB-71 型油泵对两端的四个千斤顶作反复加载试验。用位移传感器测定房屋顶端的位移, 用 $x-y$ 记录仪描绘荷载—位移曲线。所得试验结果也是很满意的。

3. 外包角钢混凝土柱横向反复荷载试验 (图8)



图7 三层四开间房屋模型水平荷载试验

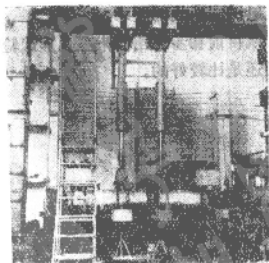


图8 柱子反复横向荷载试验

这是研究这种柱的延性试验。本来柱子应该在竖直位置加轴向荷载, 再在柱子的横向加水平反复荷载。因为那样加荷, 安装较困难, 所以图8中的柱子是水平位置安装的。试验采用两个 JP-45 千斤顶加横向反复荷载, 用普通千斤顶加柱的轴向荷载, 用 ZB-71 型油泵加荷。用 $x-y$ 记录仪描绘滞回曲线。

4. 12层房屋模型水平加荷试验 (图9、图10)

这是一座 1/6 比例的12层房屋模型, 修建在 L 形台座上, 准备用新购置的电液伺服结构

试验设备进行各种水平荷载试验。垂直加荷架曾用来加模型顶部的垂直荷载,进行垂直荷载试验。图9和图10中的试验是用铁块作为每层的楼面荷载。6个电液伺服结构试验千斤顶安装在推力墙上(图10)。用分配梁连接到房屋模型上。千斤顶可以对房屋模型加反复水平荷载试验。用电测位移计和倾角仪测定房屋模型的水平位移和倾角。用电阻片测模型各处的应变。用 $x-y$ 记录仪描绘荷载一位移滞回曲线。用程序数据收集仪收集数据。用电子计算机作加载控制和处理数据。最后,准备做房屋模型的拟动力试验。

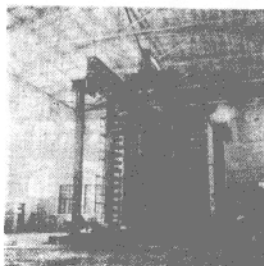


图9 房屋模型正面照片

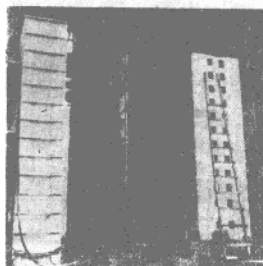


图10 房屋模型侧面照片

结 语

1. 研制的两种千斤顶和改进后的油泵及管路系统,大大地改善了结构试验的加荷条件。在配用电测的荷载、位移传感器及 $x-y$ 记录仪后,可以很方便地满足结构在反复荷载作用下描绘滞回曲线的要求。

2. 从目前初步使用看来,L形试验台座及加荷架等装置与引进的电液伺服结构试验设备的配用还是比较好的。

建筑科学研究报告

编辑：中国建筑科学研究院科技管理处
印刷：北京印刷三厂
出版发行：中国建筑科学研究院建筑情报研究所
(北京市西直门外车公庄大街19号)

资料编号 8224

工本费：0.10元