

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1983

No. 05

施工机械测试车

The Construction Machinery Testing Vehicle

中国建筑科学研究院
CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

施工机械测试车安装有各种不同的测量仪器和试验设备，用以测试施工机械的性能参数及其钢结构部分的应力和应变，如它的塔身、臂架、平台等结构。在测试钢结构部分时，静态每次同时可测80~120点，动态每次同时可测24点。测试车随带许多附件，包括各种传感器，如压力传感器和扭矩传感器等，另外还有各种专用设备，如五轮仪、振动测量仪、声级计、油耗仪、转矩转速测量仪等。由于有这些附件的配合，测试车可较准确地测试和记录施工机械的性能参数，如速度、加速度、重量、重心、振动、噪音、压力、扭矩、转速、钢绳拉力等。测试车开到现场，即可进行工作，方便灵活、节省时间、测试准确，能为施工机械的研究设计提供必要数据。

The Construction Machinery Testing Vehicle

Abstract

The construction machinery testing vehicle, installing with different kinds of measuring apparatuses and testing equipments, is used for testing the features of the construction machineries and measure the stresses and strains of their steel structures, such as their towers, booms, trusses, platforms etc.. When the steel structures are tested, 80—120 points in static state, 24 lines in dynamic state can be measured and recorded for each time. With the aid of its accessories, including various kinds of transducer, as pressure and torque transducers, and other special equipments, as five-wheel apparatus, vibration meters, sound level meters, fuel—consumption testing instrument, torque and speed measuring apparatus etc., data of the features of the construction machineries, such as velocity, acceleration, weight, center of gravity, pressure, vibration, noise, fuel—consumption, torque, speed, tensile strength of cables etc., can be tested and recorded by the testing vehicle.

Immediately after the arrival at the testing field, the testing vehicle can start testing. It is convenient, flexible, saving time and accurate. It can offer necessary data for the design and research of the construction machineries.

Construction Machine Testing Vehicle 目 录

Abstract

一、前 言	(1)
二、主要技术性能与总体布置	(1)
三、测试系统及其功能	(6)
四、供电系统	(7)
五、试用情况	(9)
六、结束语	(10)

施工机械测试车

建筑机械化研究所

郑兆晃 赵光瀛 王起威 刘筱麟 王天维 戈 拯

一、前 言

施工机械测试车是对建筑施工机械（包括土方、桩基、起重安装、混凝土、钢筋加工、装修等机械）进行现场整机性能测试和金属结构应力测试的流动性测试设备。它通过电测法可测试机械的金属结构（亦包括屋架、桥梁、桅杆、铁塔等其它钢结构），它通过跟踪法、电测法和其它方法测试机械整机性能。以往，在没有测试车的情况下，只能把仪器设备运到现场，临时布点、配线、接线、调整仪表、再进行测试，辅助工作繁多，测试周期长、精度差、仪器损耗大、工作人员劳动条件差、测试内容受一定局限。而测试车将仪器设备装在车上，并采用了妥善的减震措施。车开到现场后，只要接上电源即可开始工作，基本上避免了上述的一些缺陷，使测试工作向前推进了一大步，为施工机械的研究设计，改进和鉴定，提供了必要的和可靠的数据。

根据原国家建筑工程局1980年新产品试制计划的安排，由建筑科学研究院建筑机械化研究所承担施工机械试车的研制任务。测试车于1980年8月装配完成并调试成功，在其后的一年多时间里，对塔式起重机、装载机、翻斗车、压路机等施工机械，进行了七台次的考核性测试，取得了较好的效果。1981年11月4日至7日，国家建工总局科技局和机械局在河北廊坊召开了施工机械测试车评议会。会议认为：该车整体布置较为合理，使用操作方便，设计结合国情，选用了国内较先进的仪器，工作室采取了防尘、防噪音等措施，在目前具有一定的先进性，可以正式投入使用。

在测试车研制过程中，还有谷建东、刘军、邵长贵、马玉贵、何丽丽、王杰、顾守仁、沈峰、付慧娟等同志参加了部份工作。测试车由北京市客车装配公司三厂改装，该厂曾予以大力协助，在此一并表示感谢。

二、主要技术性能与总体布置

（一）设计指导思想

测试车的设计与工艺布置要考虑在野外工作和行驶的特点。测试车的结构形式必须考虑气候条件和机械条件影响，以保证测试车设备有良好的工作环境。

1. 气候条件

这里所说的气候条件包括：温度、湿度、风沙灰尘。环境温度特别是高温的影响，如环境温度为 30°C 。车内设备大部份投入工作，内部温度最高达近一倍。

相对湿度一般在 $50\%—80\%$ ，但 65% 以上时，设备表面会附着有 $0.001—0.01$ 微米厚的水膜。

大气中存在大量直径 $0.005—0.02$ 毫米的灰尘，含量可达 $20—60$ 厘米³/米³。

以上情况是我们在总体设计中要准备车体的隔热、防尘和调节温度、湿度的依据。

2. 机械条件

这里所指的机械条件即：振动、碰撞、冲击。由于测试车发动机工作而产生的振动、测试车在道路上行驶而产生的碰撞和冲击力，这三者构成机械条件对测试车和内部测试设备的影响。为此在总体设计和车辆的悬挂装置上，测试车仪器柜的安装与减振措施都应周全谨慎，以减少机械条件对测试车和仪器设备的不良影响。

3. 可靠性设计

由于测试车选用成熟的BK624大桥车型，所以测试车的可靠性设计主要以满足测试工作的要求和保证设备正常运转、试验研究人员工作方便舒适为主。

考虑了外界气候和机械条件的影响，并采取有效措施加以改善，这样就提高了测试车和内部仪器设备的可靠性和环境适应性。

在测试工作中，要保证不因个别仪器设备故障而中止试验，我们采用待机系统方案。测试设备按不同的应用范围分为测静态、动态、性能等三个系统。在静态、动态测试时，分别有四组设备，绝大部分设备投入工作的情况较少，因此从事一般测试工作可以保证各有1—2组待机设备组。

(二) 主要技术参数

测试车总重：6吨

车内设备总重：1.5吨

外形尺寸：8745×2450×3000毫米

最小转弯半径：9米 最大车速：60公里/小时

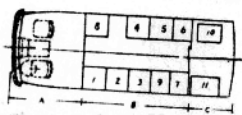
接近角： 24° 耗油量：29升/百公里

离去角： 18° 发动机最大功率：95马力

(三) 总体布置

全车内部分为三部分，前部驾驶室，中间为测试工作室。（见图2—1）

驾驶室内装有5W3—1三用机一台，供现场测试指挥调度和联络用，直流12伏300毫米风扇安装在顶棚上，行驶时该室内容纳4—6人。



- A 驾驶室 B 工作室 C 发电机室
1—2 动态测试柜 3 性能测试柜 4—5 静态柜
6—7 空调器 8 数据记录处理柜 9 工具箱
10 发电机组 11 钳工台

图2—1 车内布置示意图

测试工作室密封防尘，室内安装有KSE—6 D车用空调器两台。测试设备有静态仪器柜两个，动态仪表柜两个，改能测试柜一个，工具箱一个，全部柜架均置于基座上方，由减震器联接。基座为角钢结构并与车身骨架、底架焊成一体。

辅助工作室安有TQZ—8汽油发电机组和钳工台，横断墙右上方安装全车电源配电箱，左侧壁上安装500毫米排风扇。

(四) 车身骨架和车底架

车底架用4—6毫米厚锰钢板型焊接，截面成箱形结构。全车骨架由厚1.0—1.5毫米进口钢板压制所需截面形状焊接而成。

车底架与骨架焊接成一体，成为全金属承载式，这样大大增加了车体的强度和刚度，行车平稳。(见图2—2，2—3)

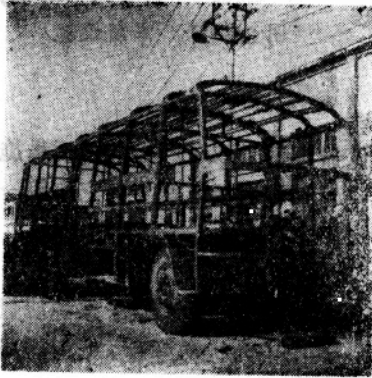


图2—2 车身骨架

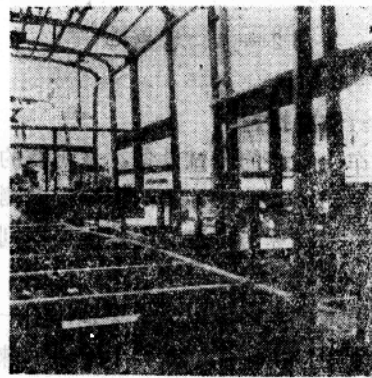


图2—3 车底架

测试车的前后轮钢板弹簧均为BK642车型的特制钢板弹簧。

(五) 车 身

全车外蒙皮为1毫米厚进口钢板，经焊接和拉铆工序而成。为了隔热和防尘，蒙皮内铺有聚苯乙烯隔音保温板作隔层，车顶棚及四壁是胶合板和塑料贴面板。地面分为三层，从下至上依次为：30毫米厚硬质木板、4毫米厚工业毛毡、4毫米厚塑料地面。这样处理较好地维持了工作室的环境条件。

全车有正付司机门、右侧门、后背门。为测试工作的需要还有测试电缆插座口两个、外电源入口和汽车加油各一个。

三个蓄电池箱置于底架下面，左右放置，增加了全车行驶的稳定性和隔离了酸液对车厢内部的腐蚀。(见图2—4)

车顶部有动态跟踪测试用的引线杆：遥测设备安装座和围栏。(见图2—5)

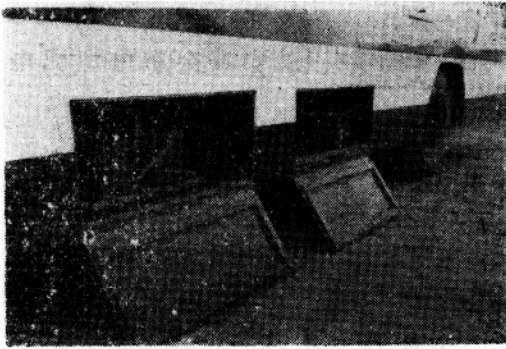


图 2—4 蓄电池



图 2—5 车顶设施

（六. 防震措施

测试车上安装的测试设备，是防震的重点。五个仪器柜都采取了严格的防震措施，以衰减外来的振动、碰撞和冲击的影响。对测试车的防震，轮胎和钢板弹簧与其它车辆一样。除此之外，严格计算与挑选、安装减震器则是测试车的突出之点。

1. 减震指标

从减震理论知，减震的结果是得到一个可以允许存在的振动，即衰减了振源能量而得到的振动。常规应用 $f/f_n > \sqrt{2}$ 这个公式来选择减振器，其中 f 为扰动频率、 f_n 为需减振物体的固有频率。通常使 f/f_n 在2.5~4.5之间，这时隔振频率约80—95%。

2. 扰动频率 f

它是由于汽车发动机工作时的振动、路面不平度及汽车自重等因素综合而成。

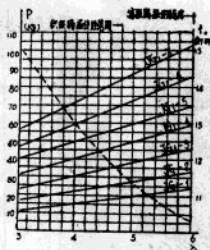
扰动频率的取得是个复杂的问题。我们要得到的是汽车在道路上行驶时，车内不同位置的测点上的振动频率的能量大小及其分布。但是，汽车在道路上行驶，记录下来的是加速度—时间曲线。我们需要的是频率—加速度曲线。这就要将加速度—时间曲线进行富里叶变换以求得测点振动加速度的功率谱。即：在什么频率上有较大的振动能量，当是予以衰减的，较小的振动频率、低于10赫的振动频率可以忽略和不予考虑了

测试车的扰动频率的取得同样应在多种路面，以各种速度行操，用处理随机数据方法得。

3. 固有频率 f_n

原则上弹性支承的固有频率直接决定于减震器。而且同型减震器在相同的压缩量下被支承体系的竖向自振频率也基本相同。

固有频率 f_n 的决定可以根据经验、根据扰动频率的大小来推算，或根据拟用的减振器的特性依公式计算或查表（见图 2—6）。



P 竖向实际载荷； λ 减震器承载后的变形；
f₀ 自振频率

图 2—6 JG 1 型减震器性能选用表

计算公式是：

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = 4.98 \sqrt{\frac{d}{\delta_{st}}} \sqrt{1 - \left(\frac{C}{C_n}\right)^2}$$

式中 K——静刚度；

m——被减振物体的质量；

δ_{st} ——静变形；

d——动态系数；

C/C_n ——阻尼比。

4. 减震器的安装位置和安装要点

经计算和查表 f_n 为 8.5—11 赫，f 为 30 赫， f/f_n 满足在 2.5—4.5 之间的范围，隔震效率为 87%。

在布置减振器时，为得到稳定的隔振系统，应尽量减少六个自由度之间的联系，并尽可能使六个固有频率的大小互相接近。

布置减振器还应注意各支承点应对称于设备重心、有最小的刚度尽可能布置为常耦合振动。设备高度超过长、宽得很多时或重心较高时，侧面要安装减振器，并且不使减振器橡胶和金属部分的粘结面受拉伸力。

测试车仪器柜底部安装无锡减震器厂的 JG 型橡胶剪切减震器，侧面为 EA 型减震器，以上均属消极隔震（见图 2—7、图 2—8）。汽油发电机组的减震包括消极隔振，也包括不使其工作时的振动外传递，故选用辽宁减振器厂的加固型减振器。其外型与安装见（图 2—9）

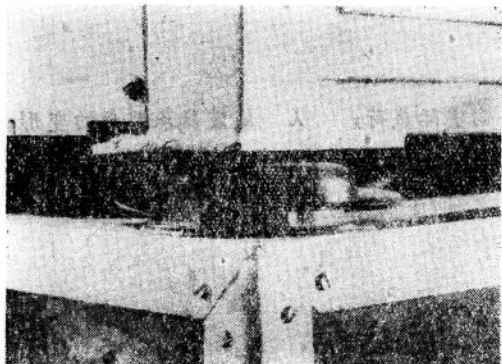


图 2—7 橡胶剪切减震器



图 2—8 EA型减震器

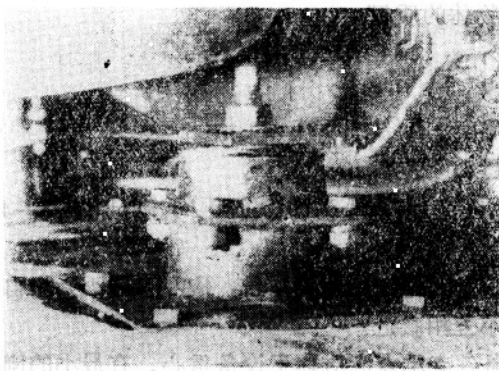


图 2—9 加固型减震器

三、测试系统及其功能

(一) 电测部分

测试车用电测法来进行构件的应力测量及载荷谱样本函数的收集和采样工作。主要是测量构件上应力分布情况和最大主应力的方向，解决构件的应力分布规律和强度储备。电测法必须根据受力分析，确定测点布置和贴片方案，选择接桥办法。电测法的仪器设备及其功能按静态动态区分，在测试车上设有两个专用静态仪表柜和两个动态仪表柜。

1. 静态：YJ—— 5 静态电阻应变仪两套
- YJD—— 1 静态电阻应变仪两套

相应测试电缆及辅助装置。

2. 动态: YD—15/4 动态电阻应变仪两台

YD—15/8 动态电阻应变仪两台

SC—14/15 光线示波器两台

相应测试电缆及辅助装置, 包括有关传感器。

测试车能同时测量24个点的应力或其它参数。

用电测法测试时, 由应变片或传感器拾取被测量, 通过测试电缆传输, 经接线箱接到测试车上的19芯或5芯插座板, 分别接入应变仪的输入端。通过应变仪、光线示波器或记录仪等, 记录下被测量数据, 然后进行数据处理。

(二) 性能测试部分

测试车随带仪器设备, 可测试施工机械的主要性能参数, 诸如重心、重量、速度、加速度、拉力、压力、牵引力、功率、转矩、振动、油耗、噪音等。其中有XJP—10型转速数字显示器、SZM—1型磁电转速表、PT—5型通用五轮仪等用以测试速度、转速; 有BHR型荷重传感器、PY—1型转速转矩测量仪、BHR型拉力传感器、BPR型液体气体压力传感器等用以测试力和力矩; 有ZDS—4型闪光振动仪测试有关振动参数; 有ND—2型精密声级计和倍频程滤波器测量噪音; YHY—100型容积式油耗仪测量油耗。根据实际需要和仪器仪表的发展, 测试车的功能还在继续不断地改进和扩大。

(三) 辅助部分

测试车内尚有614—A型电子交流稳压器2台, EY—75型逆变器2台, 风向风连计1台, 36 V/15 A型充电机1台, 5 W 3—1型三用机1台, 用来辅助各项测试工作和通讯联系。

四、供电系统

为了适应各种不同的测试环境, 除可以外接电源外, 测试车内还装设了两套电源设备, 即发电机组和蓄电池组。

本车选用的发电机组由天津机械厂制造。该机组设置在车后发电机钳工间。汽油发动机型号470, 连续使用功率180/3000(马力/转/分)。发电机由汽油发动机通过弹性联轴器驱动。采用自动和手动两种型式励磁发电, 输出为8 KW、三相交流380/220 V、50HZ、功率因数0.8、电动波动率0.5%、冷热态电压变化2%, 其参数基本上满足了车内仪器、设备对供电的要求。

我们又根据车内仪器设备和逆变器的技术要求, 选用六只6 Q—168型铅蓄电池, 对称地分布在车体的两下侧。其中四只分别与两只FY—75逆变器组成两组, 把24 V直流电转换为220 V交流电, 为动、静态仪表柜提供交流电源; 另外两只可直接输出24 V供动态应变仪工作。蓄电池充电是通过安装在工作室的XCG型硅整流器进行的。

车内电气原理图见图4—1。如图所示, 三相刀闸开关GK₁安装在位于后隔板左右侧的全车电源控制箱上, 它的掷向视现场情况而定。对于具备三相电源的测试现场, 可以通过三相插头和开关的切换作用, 很方便地引用外接电源。在电源控制箱上, 还备有ZK₁—ZK₃。

个转换开关，分别承担蓄电池供、充电的切换作用。为了用电的方便，在每个仪表柜的内下角，装有独立的电源控制板。其中开关NK₁和NK₂，可以根据实际情况或倒向稳压器或倒向逆变器为仪表设备提供220 V交流电。NK₃和NK₄为四刀双掷钮子开关，用以同时转换两组供动态应变仪直流用电的供电方式：取自蓄电池或取自整流输出。电源控制箱或电源控制板均装有多种形式的交流220 V插座。

供电方案的分析：对于条件具备的测试现场，使用外接的三相电源，不仅节约了车内能源，同时消除了噪声，使车内工作环境安静。至于来自电网的电压波动，只要在额定电压10%范围内，仪表供电完全可以通过交流稳压装置圆满得到解决。在条件不足的情况下（即无外电源，开动空调器），使用发电机供电也基本上满足供电要求。但由于发电机组不过关，选择的容量余量不够大，随着负载大小变化，电压波动较大，有时超过其规定的示标。如果在寒冷的季节里使用电热器空调，那就更增加了发电机的负担，稳压几乎失去了作用，进而加剧了波动范围，使测试精度受到一定的影响。为克服以上缺陷，我们认为发电机和蓄电池可以同时兼用，让其分别担负空调器和仪器仪表的供电，各得其所，发挥其长。发电机和蓄电池——逆变转换两种供电方式比较起来，后者具有稳定性高、保养少、无噪声、效率高优点。所以如果单纯为仪表供电。适当增加蓄电池组数，将逆变器供电方案置于发电机组供电之前，不仅提高了供电的稳定性，而且也满足了仪器仪表对电源各项指标的要求。但这种供电方式也存在一定缺点：笨重、经常需要定期对蓄电池充电以及逆变器使用时间久了过热等。

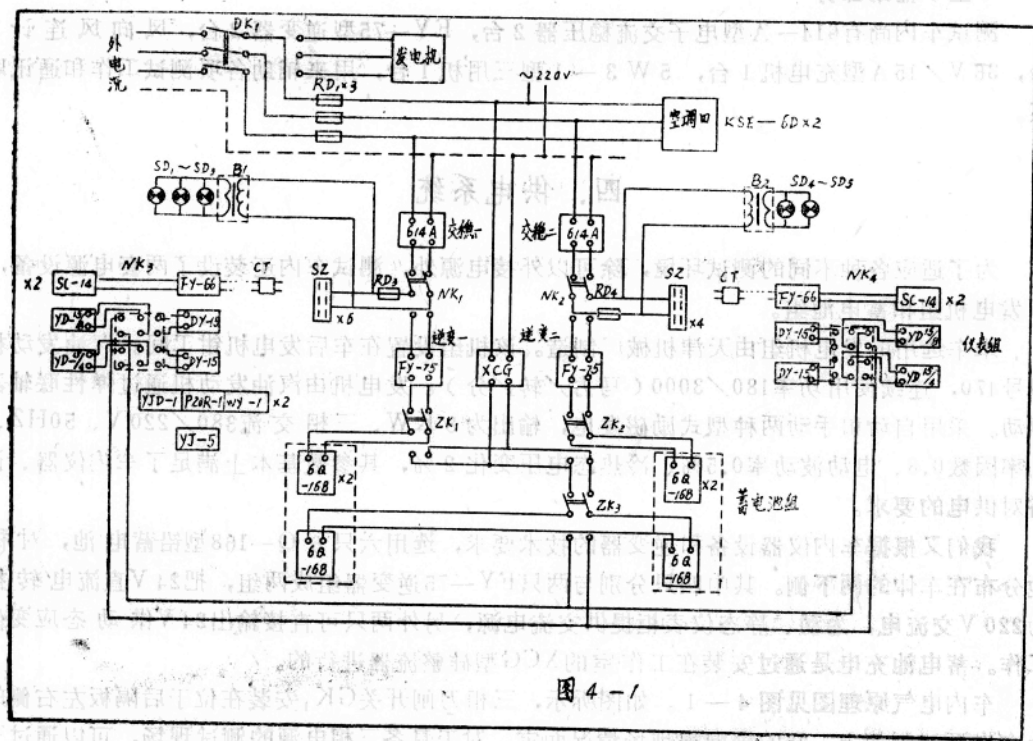


图 4-1

图 4-1 车内电器原理图

五、试用情况

测试车于1980年9月起投入试用,先后测试了QT—60塔式起重机一台,QT—16塔式起重机三台,ZL—10装载机一台,JL—3翻斗车一台,经过试用及长途行驶考核,证明测试车能胜任现场作业,符合设计要主。

(一)塔式起重机的测试。图5—1为该车在沈阳进行QT—60塔机的测。主要测试项目包括:

1.塔机钢结构静态应力测定,共计测试45点,采用120片电阻应变片,半桥接法。

2.塔机钢结构动态应力测定,共计测试41点,示波纸采用12厘米宽的紫外线感光纸,拍摄速度取0.5厘米/秒。

3.变幅钢丝绳动态拉力测定,采用BHR—1型5吨拉力传感器测试。测试1个点,全桥接法,采用SC—14光线示波器记录动态波形。

4.塔机支腿动态轮压力测定,用两台BHR—4型20吨荷重传感器测试一个支腿的轮压力,全桥接法,用示波器记录动态波形。

5.立塔油缸动态油压测定,采用ZQ—Y型油压传感器测两点全桥接法,示波器记录动态油压波形。

6.此外,利用随车经纬仪、百分表,测定了载荷作用下塔顶、臂杆端部位移量、支座沉陷及平台、大梁等变形量,并且采用BLR—1型500公升拉力传感器、模拟风载荷对吊重施以侧向水平拉力。



图5—1 塔机测试现场

(二)装载机的测试。图5—2是测试车在廊坊对ZL—10型装载机进行试验,其测试内容如下:

1.整机性能试验,测定了机重、重心高、桥荷分配等。

2.动力性能及制动性能试验,测定了各档最高稳定车速、滑行、牵引力、打滑率、滚动阻力、发动机转速、制动时间及距离,减速度等,采用PT5—2型通用五轮仪,自制接触式发动机转速传感器、车轮转速传感器,以及BLR—1型5吨拉力传感器,用SC—14型示波器记录,时标取0.1秒,纸速5厘米/秒,测试时脉冲分辨比较清。

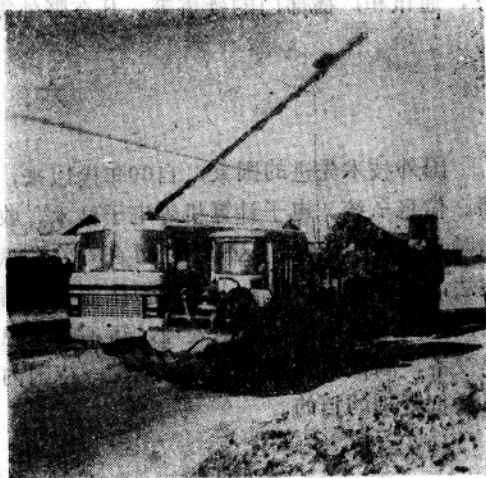


图5—2 装载机测试现场

3. 工作装置作用力测试，测定了提臂和收斗两种状态时的最大掘取力及斗齿刃刃和支承力。

4. 动态油压应力测试，测定了动臂、翻斗油缸大小腔动态油压4点，臂架动态应力8点。

(三) 翻斗车的测试。图5—3系测试车在大连测试JL—3型翻斗车的情形。测试内容和方法以及仪器传感器等与ZL—10型装载机半本相同，在动力及制动性能测试时采用车内蓄电池供电，通过FY—75型逆变器变交流后送仪表，亦可用车内8GF1—1型汽油发电机供电，证明原设计三种电源供电方法均能按实际情况分别选用。



图5—3 翻斗车测试现场

经过测试，证明测试车应用效果良好，其中最显著的优点如下：

1、由于仪表在车内集中安装，测试车在现场测试时接通电源即可进行。外接线采用专用插接箱，接线方便，同时便于更换测点，无

论测点多少，在贴完应变片或安置好传感器后，可立即布线，并将线头依号插入插接箱，很快可以投入正式测试工作，这样大大缩短了辅助工作时间，做到有条不紊，事半功倍。

2、由于车身防雨防尘，车内温度可调，不但延长了使用寿命，提高了测试精度，同时改善了工作人员的劳动条件。

3、测试车多功能，测试内容丰富，而且只要不断增添传感器和测试方法，还可继续扩充测试项目，并能适应各种中小型施工机械的测试。

4、测试车可扩大测试范围到其它行业，如交通部门的桥梁，建筑部门的屋架、钢梁钢柱，通讯和广播部门的铁塔等，凡在野外需要测试结构应力的任务，均可以胜任。

六、结束语

国外技术先进的国家，自60年代以来，测试车已发展到用传感器遥测遥控，用磁带记录器、信息系统、电子计算机等电子技术，收集、处理和传播大量试验数据，并能将试验历程随时重复显示出来，这样不仅可在野外测试时，随时处理数据，校验结果，并可用载荷谱的方法，再在室内试验台上，模拟作业受载情况，进行快速试验。目前我们的测试车，用跟踪法测试，用人工进行数据处理，还不够理想，这是因为国内尚缺少质量稳定的遥测和数据处理设备，测试车预留了安装部位，一待国内条件具备，可立即进行改进，达到遥测遥控，随机数据处理的目的。

建筑科学研究报告

编辑出版：中国建筑科学研究院科学技术处

印刷发行：杭州西泠印刷厂

0.10元



数字图书馆
PDF