

李成泰 牛宝生 王守镇 编

采煤机液压传动测试

煤炭工业出版社

TD421.6
5
3

采煤机液压传动测试

李成泰 牛宝生 王守镇 编

15.8.27/91



煤炭工业出版社

B 059369

内 容 提 要

本书对采煤机液压传动测试技术做了较详细的论述。全书共分十章，主要内容包括：概述、试验液压系统和液压试验台的设计、液压测试主要参数测量、液压泵和液压马达试验、液压阀试验、液压缸试验、辅件及工作介质的试验、采煤机液压传动系统试验、采煤机现场测试和新型试验方法、液压试验台的维护和管理及附录等。

本书可供各个行业从事液压试验的工人和技术人员学习参考。

责任编辑：李秀荣

采煤机液压传动测试

李成泰 牛宝生 王守镇 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本850×1168¹/₃₂ 印张11⁸/₈插页1

字数 300 千字 印数1—3,520

1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷

书号15035·2582 定价1.50元

前 言

随着液压技术在采煤机械中日益广泛地应用，在科研、设计、制造、使用和维修中，液压元件和液压传动系统的测试工作越来越重要，技术水平提高很快。根据我们在这方面的实践，并参照兄弟单位的经验，编写了这本小册子，期望能对采煤机械的液压测试工作有所帮助。

液压技术在很大程度上是一门试验技术，要掌握和发展液压技术，就必须开展液压测试工作，而液压测试又是一种涉及多种专业的综合性技术。液压试验的内容，既包括基础理论的研究，也包括元件、介质，乃至系统的试验。开展液压试验工作，首先要具备液压试验装置——通称液压试验台——这一物质基础。测试工作的核心，则是对液压传动有关参数进行具有一定精度的测量。所以，本书以主要篇幅介绍液压试验台的兴建和主要参数的测量。对各种液压元件、工作介质、采煤机液压传动系统的测试，也做了详细论述。同时，引用了有关的仪器说明、标准规范，还选录了现场简易测试的成功经验。

由于我们水平所限，书中会有不少缺点错误，热诚希望批评指正。

书稿写好后承蒙煤炭工业部机械化局综机处鲁恩哲同志和煤炭科学院开采所陈桂南、姜凤玉、王惠杰等同志审阅，并提出了许多宝贵意见，在此特致以谢意。

一九八〇年 于辽源煤机厂液压件研究室

目 录

第一章 概论	1
第一节 液压技术在采煤机的应用	1
第二节 液压传动测试的意义	2
第三节 液压传动试验的分类	5
第二章 试验液压系统和液压试验台的设计	7
第一节 液压试验台的类别和布置	7
第二节 试验液压系统	11
第三节 试验液压系统的设计	16
第四节 液压试验台的自动调节与保护	61
第三章 液压试验主要参数测量	76
第一节 液压试验参数测量的一般准则	76
第二节 流量和排量的测定	79
第三节 压力、压力差及真空度的测量	103
第四节 转矩的测量	119
第五节 转速和转数的测量	141
第六节 时间的测量	147
第七节 温度的测量	151
第八节 位移的测量	157
第九节 力的测量	161
第十节 噪声的测量	162
第十一节 非电量电测法及其在液压测试中的应用	173
第十二节 液压测试参数测量自动化	187
第四章 液压泵和液压马达试验	191
第一节 液压泵、液压马达试验的一般要求	191
第二节 液压泵、液压马达试验项目和试验方法	194
第三节 液压泵、液压马达试验液压系统	202
第四节 液压泵、液压马达试验的加载装置	207

第五节 液压泵、液压马达研究性试验项目及其装置	214
第六节 液压泵、液压马达试验结果的表述	227
第五章 液压阀试验	234
第一节 液压阀试验的一般要求	234
第二节 压力阀的试验	235
第三节 方向阀的试验	248
第四节 流量阀的试验	253
第五节 滑阀式伺服阀的试验	258
第六章 液压缸试验	262
第七章 辅件及工作介质的试验	266
第一节 滤油器的试验	266
第二节 蓄能器的试验	269
第三节 管道和接头的试验	270
第四节 液压油的试验	272
第五节 液压油的污染检查	280
第八章 采煤机液压传动系统试验	282
第一节 采煤机牵引部液压系统试验	282
第二节 反链试验	285
第三节 采煤机工作机构液压系统试验	289
第九章 采煤机现场测试和新型试验方法	290
第一节 采煤机械液压传动的现场简易测试	290
第二节 液压泵、液压马达的新型试验方法	293
第十章 液压试验台的维护和管理	299
第一节 液压试验台液压系统的安装、清洗和试车	299
第二节 液压试验台的维护和管理	302
附 录	
一、常用单位及换算	304
二、常用计算公式	308
三、常用名词术语	310
四、液压油及其性能	314
五、国内几种采煤机牵引部液压系统图	325
六、液压及气动图形符号 (GB786-76)	329
七、国内几种采煤机牵引部液压泵、液压马达参数表	356

第一章 概 论

第一节 液压技术在采煤机的应用

液压技术是一门新兴的工业技术，近年来有了迅速的发展。先进国家的液压工业增长速度，均高于整个国民经济增长速度，也显著高于整个机械工业的增长速度，而且技术水平逐年提高，新型液压元件不断涌现，在国民经济各部门的应用越来越广泛。

我国液压工业从无到有，从小到大，正在赶超世界先进水平。煤矿机械行业将液压传动普遍地用于动力驱动和控制系统，而且历史较长。特别是煤矿综合采煤机械化的发展，为液压技术在采煤机械中的应用和技术水平的提高，开辟了无限广阔的前景。

我国自1964年制成第一台液压传动的采煤机以来，至今液压传动的采煤机已发展到十多个品种，工作压力由低压级的25公斤力/厘米²，提高到中、高压级的160~200公斤力/厘米²，传动功率由10千瓦左右提高到60千瓦或更高，不仅采用多种型式的液压元件，而且液压控制系统更加先进。功率自动调速和电液功率控制装置均开始应用于采煤机牵引液压系统。至于，综合采煤机械化所用的液压支架，更是大量地使用了各种型式的液压缸，而且从系统到控制元件都有一些独特之处。另外，在可弯曲链板输送机、绞车、转载机、掘进机等许多采煤机械也都广泛地应用了液压技术。

液压技术之所以被广泛地应用于采煤机械，是由液压传动本身的一些优点决定的，可以归结以下几点：

(1) 可以在较大的调速范围内实现无级调速，易于实现低速大转矩输出，而且调速换向方便；

(2) 很容易在较大的空间和距离上改变传递动力的运动方式和方向,并能实现连续或间歇运动;

(3) 在实现上述传动要求的各类机械装置中,在传递相同的功率情况下,液压传动装置体积小,重量轻;

(4) 过载保护简单;

(5) 操纵方便,易于实现自动化。

而从采煤机械的使用要求和工作条件来讲,采用液压传动的缺点表现在:

(1) 由于采煤机械工作条件恶劣,工作可靠性要求高,所以对采煤机械液压传动装置的制造、使用、维修的要求很高;

(2) 液压传动采煤机械在工作过程中出现故障,不易检查和排除。

随着煤矿机械化事业的高速发展,对采煤机械的生产率和一个检修周期内的总产量的要求越来越高。特别是为适应综合采煤机械化的发展需要,不仅要求液压传动的采煤机械传动功率要大,工作寿命要长。而且还要不断地研制新型液压元件和设计更加先进的液压传动系统,特别是能够适应煤矿井下工作条件的电液伺服元件和自动控制装置。对于采煤机械液压传动用的辅助元件和工作介质,也要大力开展研究工作。这些都是采煤机械化的重要条件。

第二节 液压传动测试的意义

由于基础理论研究不断深入和应用技术迅速发展,现代机械的设计和计算方法已日臻完善。液压元件是能量转换和传递的动力机械。其几何尺寸的决定,除了结构和强度等方面的考虑外,主要是由液压流体力学的规律确定的。加之在能量转换过程中存在的效率问题,以及液压传动所不可避免的工作介质的泄漏等等多种因素。这些固然可以用理论计算的方法或用数学方法来解决,但由于受工艺因素影响较大,在研制新型液压元件时都必须通过试验方法来检验其性能,进而最终合理地确定其结构尺寸。

数学的方法和电子计算机的应用可以大大加快新型液压元件和系统的研制速度，单纯用数学和理论的计算方法，是难于创造出好的液压元件和液压传动系统的。

随着液压技术的广泛应用，对液压传动装置的可靠性的要求越来越高。不仅要求结构和性能可靠，而且还要求适应性优良。另外，要求液压元件在长时间的运转中始终保持其良好的性能，也就是说工作寿命要长。对于液压元件零部件的结构和寿命，可以通过理论计算来校核，但是主要的还要靠试验来验证。特别是对于磨损寿命和对外界工作条件变化的适应能力，更需要在试验的条件下进行考核。

例如，煤炭科学院太原研究所，自行设计的 WZB-725 斜轴式轴向柱塞泵，是一种新型的无铰式斜轴泵。不仅在主轴轴承的设置上有所创新，而且采用从高压腔向辅助支承面的平衡槽及平衡盲孔间歇供油的球面配油盘，用以保证缸体与配油盘在一定间隙范围内浮动。省去了缸体外面的大型滚针轴承，又提高了寿命。对这样一个新型液压泵，该所在试验台上进行了严格的试验鉴定。在试验中发现了结构上的缺陷和某些零件材质选取不当。这就告诉我们试验能为设计改进提供大量的可靠的科学数据，是研制新型液压元件不可缺少的重要一环。

近年来，新工艺、新材料、新表面处理方法不断出现，这些新技术的应用，也必须经过严格的试验之后才能推广。例如上海煤矿机械研究所在研制 200 千瓦采煤机的通轴泵时，与兄弟单位协作，采用了氟塑料青铜配油盘。它是在镀铜的钢基上用粉末冶金的方法烧结上一层多孔球形青铜，再将氟塑料与添加剂注入多孔的球形青铜层的空隙，制成的复合材料配油盘。既有金属的高强度和高导热性，又有氟塑料优异的自润滑性和抗胶合性。对于这种新型复合材料，虽然在磨损试验机上已经进行了试验，但它并不能完全说明在轴向柱塞泵的高速高压工况下使用可靠。所以必须装在液压泵的实体上进行台架试验，并进行必要的工业性试验，才能证明新结构和新材质的可靠性。液压元件的改进设计，

往往也必须通过试验验证才能定案。

总之，无论在研制新型液压元件，或采用新工艺，新材料及改进结构时，都必须经过试验。试验也是对制造、装配质量的检验。试验在液压技术的发展中，占有十分重要的位置。

随着液压传动采煤机械性能的提高，液压传动系统也日益复杂。这不仅表现在传动功率的提高，而首先是控制作用更加能适应各种工况的要求了。复杂的液压传动系统，元件多，管道复杂。在这样的液压系统中，不仅控制元件本身要进行许多静态和动态的试验，而且某些阻尼的设置，乃至管道的实际连接情况，都对系统的正常工作及控制作用有影响。这些都必须在系统实际安装后进行统调试验，而不能在元件选择乃至系统设计时完全解决。我们从鸡西煤矿机械厂生产的 MLS_3-170 采煤机牵引部液压系统和上海煤矿机械研究所研制的 MD 采煤机牵引部液压系统的调试中，就可以看到试验对于复杂液压传动系统同样是十分重要的。

液压传动的采煤机械在检修或更换元件后，往往也要在试车时对液压系统进行必要的试验和检测。至于液压元件在修复后更有必要按原出厂标准进行性能检测。所以，液压试验对于现场使用单位也是非常重要的。

固然，液压元件可以装在主机上的液压传动系统中来观察它工作得好坏。但是在这种情况下，很难对它的性能进行全面的测试。特别是当液压系统出现某种异常现象或故障时，其原因是多种多样的，毛病也可能出在好几个元件上。因此用这种方法实际上是无法判断某个元件的工作状况的。所以对于液压元件首先要用专门的装置对它进行试验和检测，才能将合格的元件组成液压传动系统，再对系统进行试验。对液压元件或液压系统的试验，无论是研究性的还是检验性的试验，都是要在特定的液压系统和试验装置上，对有关参数进行精确测定。从测量结果研究液压元件或液压系统的性能，或经过计算得出试验的性能指标。开展液压试验工作，就要兴建试验装置——一般称之为试验台。试验台

配备有各种测量手段，对有关参数进行精确测定，这就是液压测试工作的主要内容。

第三节 液压传动试验的分类

液压试验按其试验目的可以分为：

（1）研究性试验。是为了研制新型液压元件或液压传动系统提供各种试验数据，或对设计参数进行校核和检查的一种综合性的试验。从广义上说，研究液压技术基础理论——主要指液压流体力学理论的研究试验，也包括在研究性试验中。基础理论的研究性试验，不在本书的讨论范围之内；

（2）型式试验。对新产品的各项设计指标、寿命等项目进行全面检查的试验过程。这种试验又称为鉴定试验。除研制新型液压元件外，当元件的设计、工艺或使用材料的改变影响到元件性能时；已定型的产品试验发生不允许的偏差时，都必须进行型式试验；

（3）出厂试验。出厂前对产品主要性能指标进行检查性的试验；

（4）抽样试验。对质量较稳定的批量产品按规定的比例进行抽检测试。

液压试验按其内容可以分为：

（1）性能试验。一般系指在额定工况（额定压力、额定转速、规定油液、标准油温）下的一般性能的试验项目。包括效率、噪声、吸入性能、启动转矩、稳定转速、泄漏、内阻、开启压力、动作时间等等；

（2）耐久性、可靠性和适应性试验。耐久性就是长期工作可靠性，通称寿命试验。但这种试验的目的绝不是单纯是为了考验试验寿命，很重要的是为了发现薄弱环节。一般包括连续满负荷试验、连续超负荷试验、冲击试验、破坏试验等项目。可靠性和适应性试验是考验结构和性能的可靠性以及对于外界条件（包括转速、负载、温度、工作介质及其不同污染度等）变化的适应

能力。包括冲击试验、超压试验、耐压试验、高温试验、变粘度试验、超速试验、耐污染试验等项目。其中超压试验和耐压试验着重是对于结构可靠性的考核。

液压试验按试验场合可以分为：

(1) 台架试验。在试验台上进行试验，即在试验室的条件下进行试验；

(2) 现场试验。在现场实际使用条件下进行的试验。也可称之为工业性试验。

液压试验按测试的状态可以分为：

(1) 静态性能试验。即测试元件静态特性的试验；

(2) 动态性能试验。即测试元件动态特性的试验。

此外，还有模拟试验，是用模拟的方法对液压元件或系统进行试验。

对于不同的试验项目和试验内容，参数测量精度也有不同的要求。一般来说，研究性试验要求的测量精度最高，型式试验次之。出厂试验只要普通级的测量精度。而全面的精确的测量只能在试验室的台架试验才能做到，因为只有在试验室的条件下能选用适合于测量的试验液压系统和配备齐全的测量仪表。在现场的条件下不能对参数和性能进行全面的测试，特别是采煤机械的工作条件，目前还没有完备的防爆的测量仪表。所以现场试验实际只是对液压元件或液压传动系统可靠性的一种实际检验。

第二章 试验液压系统和液压试验台的设计

第一节 液压试验台的类别和布置

液压试验台是开展液压测试工作的物质基础,它是一个机械、电气、液压综合性的设备。一般来说,液压试验台由下列几个基本部分组成:

- (1) 安装台架。安装或夹持被试元件的机构。
- (2) 试验液压系统。包括控制元件和管道。
- (3) 辅助装置。包括油箱、辅助泵站、增压器、冷却器、加热器、滤油器等。
- (4) 动力装置。指供给液压试验台原动力部分。如:直流电动机、测功电机、也有使用柴油发动机的。液压阀试验台的泵站也属于动力装置。
- (5) 加载装置。指对被试元件或系统施加载荷的装置。液压马达试验有专用的加载装置,其它如液压泵或阀的试验的加载元件常是试验系统的一部分。
- (6) 操纵和控制装置。包括按钮站、指示灯、警报器、以及油面、油温等保护和调节装置。以及程序控制和电子计算机控制装置。
- (7) 测量装置。包括现场测量元件、传感器、显示仪表、自动记录仪表、电子计算机数据处理装置等。

上述各部分并没有十分严格的界限,更不是相互无关彼此独立的。例如:具有一定压力油输出的泵站,就是一般液压阀试验台的动力源。而一些加载元件和测量系统的传感元件本身就装在试验液压系统中。在许多液压试验台,又将测量装置的显示仪表、操纵和控制装置的按钮和手把乃至试验液压系统中的一些控制元

件，集中组成操纵台又称控制屏。对于液压传动系统进行测试时，一般是在系统的实际安装的情况下，设置必要的加载装置和测量仪表而进行的。

液压试验台按其适用范围可以分为：

（1）通用试验台。结构比较复杂，适应性较广，可以对液压泵、马达、阀等各种元件进行试验。

（2）专用试验台。只能对一两种特定的液压元件进行试验。例如：液压泵、马达试验台，液压缸试验台，液压阀试验台等。一般的试验台多属于这类范围。

（3）模拟试验台。对液压元件或部件乃至液压传动系统进行模拟性的试验装置。例如：内曲线液压马达滚轮副试验台，是模拟其工作载荷循环，检验其滚轮轴承寿命的。又如采煤机液压牵引部反链敲缸试验，就是在地面上敷设足够长度的牵引链模拟采煤机工作面发生反链的工况，研究采煤机内曲线马达反链敲缸现象。此外还可以用电参数模拟液压元件或系统中的一些物理参量进行试验。例如：用电模拟的方法，研究轴向柱塞泵，配油盘压力场的分布的试验装置。

通常在科研设计单位、制造厂家、煤矿使用现场的液压试验台多属于专用试验台。按试验内容的不同专用试验台又可以分为：

（1）性能试验台。具有完善的试验系统和测量装置，可以对被试元件进行多种工况下的性能测试，满足型式试验所规定的各项试验要求。并能进行一定的研究性试验。

（2）特殊性能试验台。随着液压技术的发展，对液压元件的某些特殊性能的研究日趋重要。当进行这种特殊性能测试时，可以在一般性能试验台上改装或增加特定的测试仪表来完成，也可以设置专门的特殊性能试验台。例如：液压泵的噪声试验，应该在专门的试验台架和隔音间内进行。又如液压泵的抗污染试验，一般也要在专门的试验装置上进行。

（3）寿命试验台。由于寿命试验要连续运转很长时间，并

消耗很多功率，而不要求进行许多项目的测试，所以寿命试验台只有比较简单的试验系统和最起码的测试手段。虽然寿命试验就是检验长时期连续可靠工作的性能，但一般并不用性能试验台进行旷日持久的寿命试验。

大型液压试验台常布置在有较大跨度的试验车间内，既可以保证足够面积的场地，又可以配备起重运输设备。在试验车间内各种试验台成集群布置，场地面积可以充分利用，又有利于供电、供气、冷却等辅助设施的合理布置。英国采矿研究院（MRDE）旋转试验室的试验车间就采用这种布置方式。

煤矿机修厂的液压试验装置，可以布置在检修车间的一角。

实验室的小型液压泵、液压马达试验台，液压阀试验台，常采用集中设置的控制屏和台架。油箱和原动机就装在台架下部，被试元件安装台架设在台面上，操纵按钮和测量仪表装在立面的控制屏上。如图2-1所示。这样的试验装置操作方便，结构简单，但适应性较差。通常液压阀试验台采用这种方式较多。而大中型的液压泵、液压马达试验台，常采用远距离的集中控制和操纵，广泛采用传感测量技术。由于考虑到噪声、漏油、发热、振动的影响，为减轻试验人员的劳动强度，常将原动机、安装台架和控制屏分室安装。最常见的布置方式有两种：

（1）将原动机、主油箱、辅助泵站、冷却器、增压器等放在隔间里，工作室里只放控制屏和安装台架。原动机通过长传动轴穿过间壁拖动被试元件。液压阀试验台也多采用这种方式，如图2-2(a)所示。

（2）工作室里只有控制屏，其他装置和安装台架都放在试验场地的隔间里，如图2-2(b)所示。这样可以进一步改善工作室里的工作环境，也可减少控制屏的振动，有利于保证控制屏上测量仪表正常工作。

这两种布置方式，在工作室与隔间中的间壁墙，一般要注意隔音防振。并留有足够的观察窗孔，以便于联络与指挥。观察窗一般为双层玻璃结构，以利隔音。

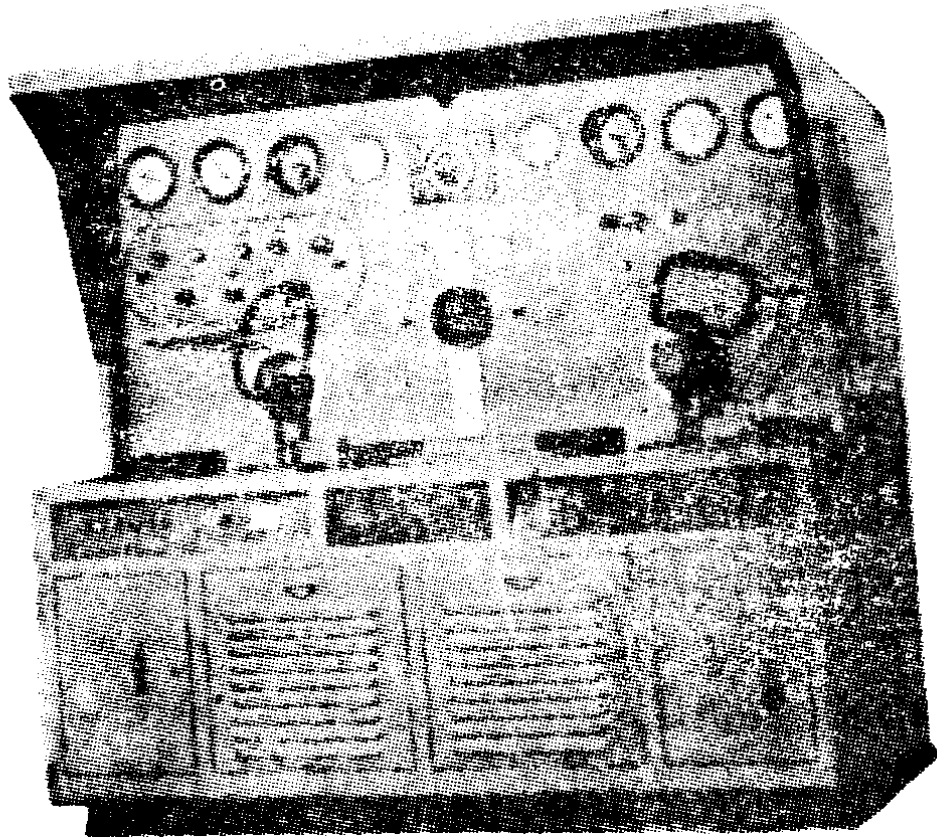


图 2-1 中小型液压试验台

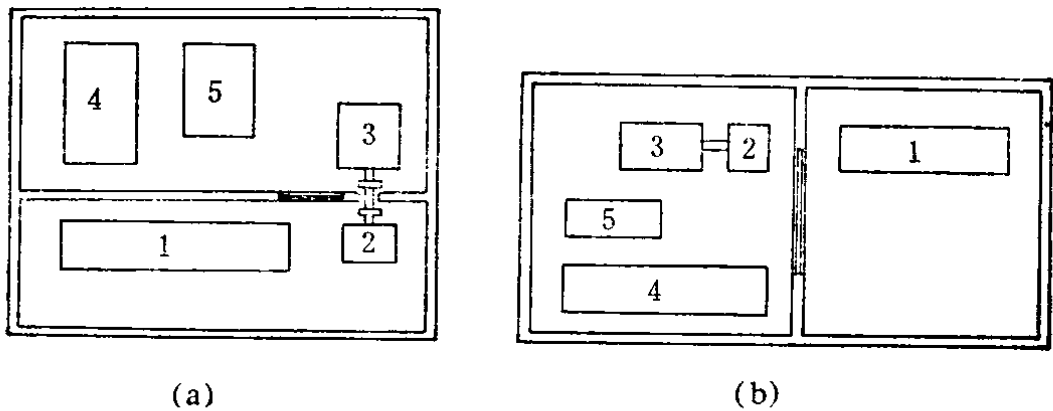


图 2-2 大型液压试验台场地布置图

1—控制屏；2—安装台架；3—原动机；4—油箱；5—辅助装置

前已述及，控制屏也称操纵台，主要装有测量系统的显示仪表，操纵和控制装置的按钮和手把，以及液压试验系统中一些需要手动调节的控制元件，如：节流阀、远程调压阀、调速阀、压力表开关，还包括一些指示灯，警报器等。这种集中布置方式便于操纵和测量。控制屏可以做成凹弧形，或做成倾斜面，以便试验人员观察仪表。常用按钮和手把应就近布置、紧急卸载或停车

按钮要明显突出。还要有平台桌面，便于记录和放置临时附加的测量仪表。整个控制屏要安装牢固，并注意防振。图 2-3 是辽源煤机厂液压泵、液压马达性能试验台控制屏。

有些液压试验台，将试验系统的管路和元件以致油箱都设置在控制屏的后部和下部，这样可以节省管路和占地面积，但容易产生震动和发热。试验系统发生故障，检修比较困难。

如果把试验液压系统与安装台架一起，均设置在试验场，则对于试验液压系统的安装和检修比较容易。但占地面积大，而且试验系统的适应性也小。

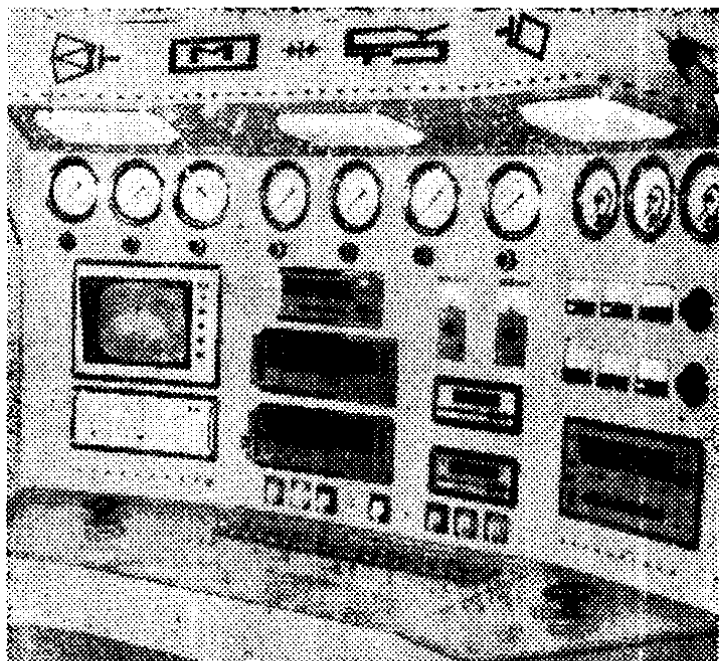


图 2-3 辽源煤机厂液压试验台控制屏

试验场地的地面要辅设水泥水磨石地面，用铸铁平台安装原动机或安装台架，以及辅助装置。平台上要设 T 形槽，用于固定设备。还要在平台周围开设环形集油沟，以便收集液压系统滴漏的油液。防止外溢淌流，影响整个试验间的地面整洁。集油沟内的存油定期回收。

在进行液压试验台的布置时，要充分考虑人员和设备的安全。此外，液压试验间还要设置变电室、上下水道、压缩空气管道、冷却塔等辅助设施。

第二节 试验液压系统

试验液压系统是为完成液压测试任务而专门设计的液压系统，它是液压试验台的主要组成部分。

液压系统是液压元件（包括动力装置、控制元件、执行机构、