深106米，仰角83°深110米）中，单独使用和交替使用三种不提钻取心法比普通提钻取心法能得到更先进的技术经济指标。

2.有较强的适应性：　三种不提钻取心方法均能正常单独使用或交替使用。向下孔，主要采用绳索取心；水平及向上孔，主要采用水力取心；遇到地层漏失、岩石坚硬的情况，则用长筒取心。

不提钻取心法平均纯钻时间达48.16%，辅助时间27.65%，平均台月效率469.67米，最高孔平均594.28米），比普通钻进提高36%。孔平均提钻间隔3～10米，绳索取心最高间隔为61.5米，水力取心最高间隔为13.2米，长筒取心最高为14.8米。绳索取心打捞成功率为92～95%，对水平孔、上斜孔及仰孔，均能顺利泵入和打捞内管总成。平均岩矿心采取率达93.3%，孔斜率能满足地质要求。

3.有利于全液压新钻机的推广：　综合不提钻取心技术的应用，能大幅度减少全液压钻机因用旧式取心方法频繁上下钻具所引起的液压件受荷破坏，延长其寿命，为在坑内广泛推广应用全液压钻机创造了有利条件。同时减轻了操作者的劳动强度，并延长了钻具和钻头寿命。

试验表明，所研制的机具与工艺方案设计先进、结构合理、工作可靠、安装方便，能在各种不同角度钻孔中交替使用，为我国坑内钻探取心技术开辟了新路子，在坑内钻探中有广阔的推广应用前景。

（五）建　　议

1.钻石100，300，600型系列坑内高度机械化钻机的研制成功，为坑内钻机的更新换代创造了有利条件。今后应不断完善钻机的加工工艺，提高其可靠性和耐用程度，做好技术培训工作，以便更迅速、更广泛地用于生产。

2.综合取心技术在坑内有着广阔的推广应用前景。为扩大其应用范围，应抓紧∅60、∅75口径钻具和附属装置的研制，以便与钻石—600型钻机配套使用。

3.现用的钻探管材和钻头壁偏厚，为提高坚硬岩层的钻进效率，加大钻机钻进深孔的能力，建议加快薄壁管钻具的研究和生产工作。

金刚石钻进试验装置的研制

——由旧车床改成试验台

陈玉田（执笔）

（东北工学院岩石破碎研究室）

为了能在实验室准确地研究金刚石钻进的参数影响和破碎机制，我们将旧车床改造成为一台试验装置。利用现场各种不同直径的岩心，切割成一定长度做为岩样，便能够在试验台上测定钻进时轴压、转速、扭矩等参数对钻进速度的影响，并能将上列参数输入微处理机，作进一步数据自动处理。

此装置的主要性能如下：

轴压加载方式：动滑轮加载机构

最大轴压力：　700公斤力

最大扭矩：　4公斤力·米

最大钻进深度：100毫米

主轴转数：　30～756转/分（12级调速）

钻头尺寸：　∅46，∅36，∅20等

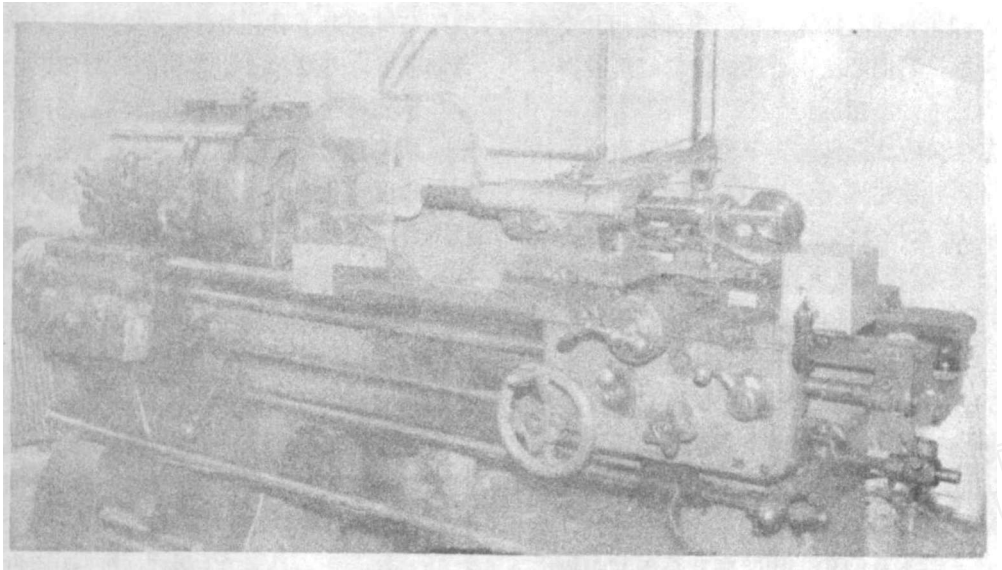
试样最大尺寸：∅90×100

冲洗液：　清水

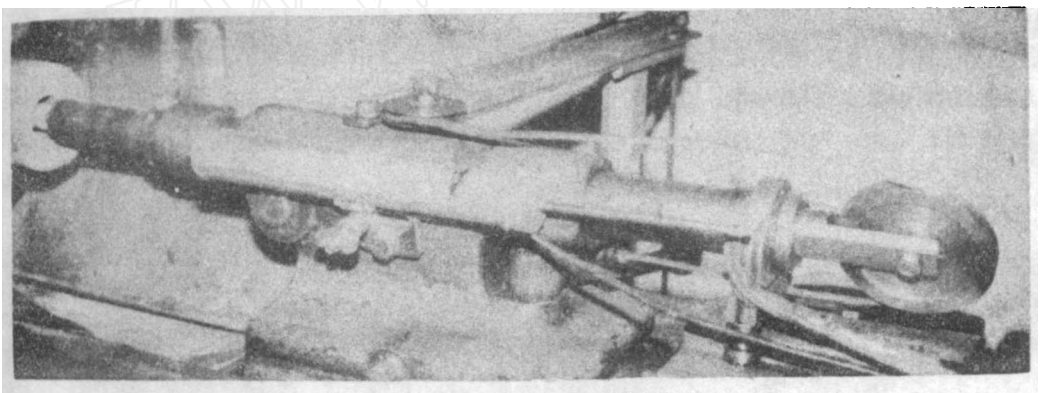
试验装置全貌及压力、扭矩、钻深（位移）传感器外貌分别见照片1和照片2。

本试验台研制的主要内容包括两部分：机械系统——实现模拟钻进动作，获得相应可调的钻

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



照片1　由旧车床改造成的金刚石钻进试验台



照片2　压力、扭矩、钻深（位移）传感器外貌

进工艺参数；测试系统——测定钻进过程的主要工艺参数和进行微机数据处理。

大量的实验工作表明，本试验台基本上能够满足各种试验要求，且装置简便，投资少，性能稳定。

机械系统的研制与改造

利用旧11B车床改造为钻进试验台，须做三个方面的工作：①现场实际钻进是钻头垂直于地面，施有钻压；试验台是卧式横向钻进，须加以轴向载荷。②现场实际钻进是钻头在岩石上顺时针方向回转；在试验台上岩心是被夹持在卡盘上作逆时针方向回转，而金刚石钻头只能沿轴线移动不能回转。此种方式的钻进有利于测试。但原车床转速较底，为了和实际钻进相当，须提高其转速。③必须增添通向钻头的冲洗液系统，冷却钻头和排除岩粉。

（一）提高主轴转速

钻头直径（毫米）	36	46	56	66	76
主轴转数（转/分）	800～2100	650～1700	500～1350	450～1150	400～1050

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

金刚石钻机实际钻进时，其钻头（孕镶式）的圆周线速度为1.5～3.0米。此时，不同型号钻头相应的转数应如上表所示：

原车床主轴最高转数为468转/分，改变皮带轮的直径，使转速有以下12档：756、478、398、334、253、177、125、80、60、56、42、30（转/分）。

（二）轴压加载系统的设计与改装

钻头在钻进过程中，必须施加一个稳定的轴压，我们采用铅砣与滑轮机构组成加载系统（图1）。铅砣重量可以调节，扣除系统的摩擦阻力后，实际作用在钻头上的轴压力经标定可由下式确定：

$$P = 8.49 + 1.875P_0$$

式中：P—钻头轴压力（公斤）；P_0—铅砣重量（公斤）

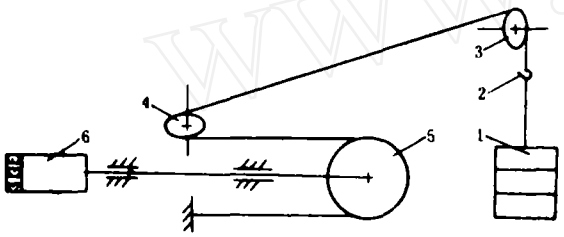


图1　钻头与滑轮机构示意图

1—铅砣；　2—挂钩；　3—定滑轮；　4—定滑轮　5—动滑轮；　6—金刚石钻头

为了减轻加、卸载操作的体力劳动，特地安装一个升降机构，如图2所示。将HS1/2手拉胡芦加上一个皮带轮，用一个小电机来带动。图中的挂钩2与图2中的吊钩交替承载，以实现对钻头的加载与卸载动作。

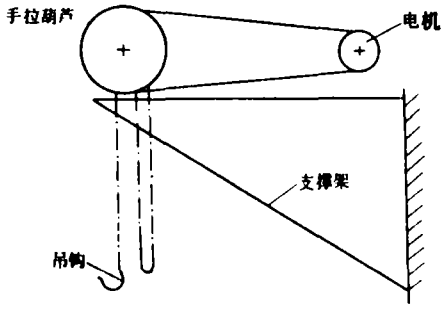


图2　升降装置示意图

（三）主轴轴承的改制

车床的主轴在原来的切削加工过程中，主要是承受扭矩，轴向载荷很小。改装成为钻进装置后，轴承受到轴向载荷，随着轴压增加，出现了主轴及轴承发热、转速下降的现象。为此，在主轴尾部设计了一个轴向支撑架，架上装有推力轴承和调节螺栓，用以承受轴向压力。这样就克服了上面的弊病。

（四）冲洗液循环系统

冲洗液循环系统如图3示所，采用清水作为冲洗液，流量为9升/分。清水由自来水管引入，经过阀门、注水接头，将破碎屑、岩粉冲出孔外，流入接水头，最后排出室外。本试验台是在冲洗液相同情况下进行金刚石钻进方面的研究，文中不作详细介绍。

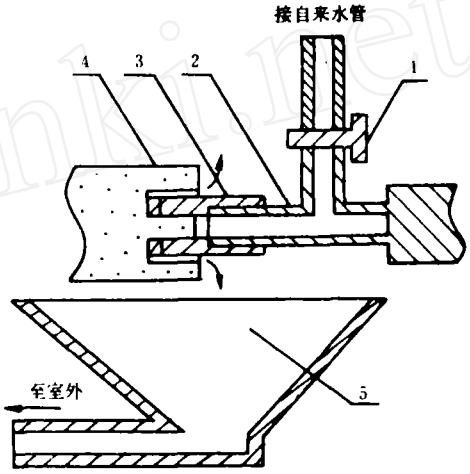


图3　冲洗液循环系统示意图

1—阀门；　2—注水接头；　3—钻头；　4—岩心；　5—接水头

测试系统设计与组合

（一）传感器设计与组合

1.压力和扭矩传感器；为了测定金刚石钻进参数，专门设计了压力和扭矩传感器，将它安装在车床的尾座中，传感器的一端装有一个滑轮，如照片2所示，它是一个动滑轮，与钻头是一个整体，滑轮本身所承受的是铅砣给予的稳定载荷。这个载荷通过钻杆作用在钻头上，此钻杆又兼作轴压传感器。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

所研制的电阻应变式传感器，为了排除压力和扭矩相互干扰，采取了各自独立的方式，即测压筒与测扭杆是分开的。测压筒一端装有滚动轴承，可以自由转动，不受扭力影响。测扭杆的一端铣有小长孔，用定位销定位，它只承受扭力而不受压力影响。使用过程表明，这种方式具有抗干扰能力强，性能稳定，灵敏度高等优点。

压力和扭矩传感器的最大允许压力700公斤力；最大允许扭矩4公斤力·米。

2.位移传感器：用WCY—100型电测位移传感器测定钻进位移。最大位移量是100毫米，安装在车床尾座的一侧，和压力扭矩传感器相平行。

3.转数传感器及记数装置：为记录钻进过程中实验台主轴的转数，装在实验台主轴上的遮光板如图4（a）所示。

周边铣有180 的半环形透孔，遮光板随实验台主轴旋转，每一转小电珠的光线被遮挡一次使光敏二极管受一次光照。光敏二极管又使双稳电路翻转，有光照时，输出高电平，用它来启动DS—5型袖珍计算器的“=”键。接通电源后，首先按“1”键，接着按“+”键，再按“0”键，这样主轴每转一圈，计算器便累加一个数，显示出主轴的总转数。

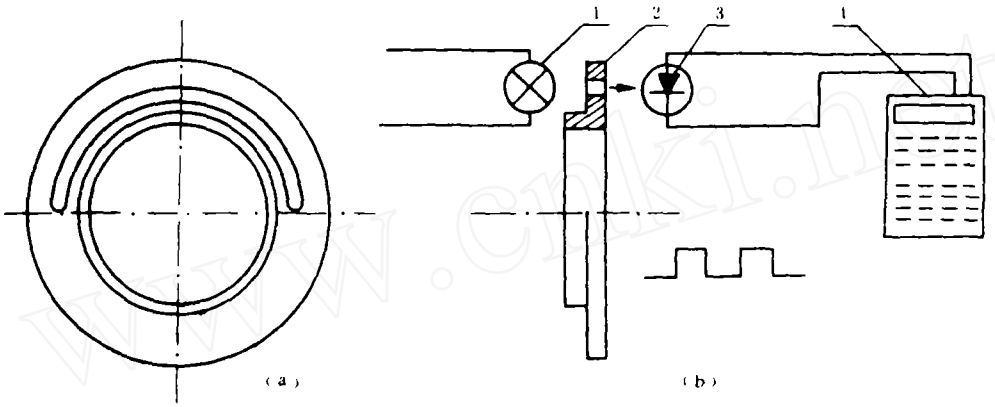


图4　转数、记录装置示意图

1—小电珠；　2—遮光板；　3—光敏二极管；　4—计算器

本记数装置经使用表明，制作简单，使用方便、可靠，读数准确，没有磨损，费用低廉。

（二）微型处理机记录数据和处理

按一般惯例，用动态应变仪和光线示波器来测试和记录转数n、压力P、扭矩M和进尺S诸参数，如图5中虚线部分。

但从记录的结果整理出钻进速度和其他参数之间的关系来，十分费工。而且难以准确。

为此，我们利用CCS—300型微型处理机，在其S—100总线上配上AIM—12型插板。后者是一块有32个通道的数模转换器，二进制12位精度，最快转换速度25微秒。利用三个通道分别采集压力、扭矩和进尺。采集速度是软件给定的。

AIM—12的输入阻抗很高，在500千欧以上，允许电压范围为±5伏，但动态应变仪是低阻抗输出（电流输出）。为此，信息在输入到A/D转换板之前，各通道利用线性集成电路F007A作为前置放大。

微机采样是利用破碎实验室专门编制的采样程序，先将各项数据采集，存贮在微机的内存之中，然后按需要加以整理，得到钻进速度和其他参数的关系再打印出来，或者将原始数据和结果存入磁盘，供日后调用。图6是实例之一。

图中各标识符的意义如下：

ROCK NUMBER—岩样代号；DATE—日期；WD50 D221—数据文件名称；I—采样序号；P—压力（公斤）；M—扭矩（公斤·米）；S—钻进位移（毫米）；V—钻进速度（米/小时）；FIG—图（时间与进尺关系）；

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

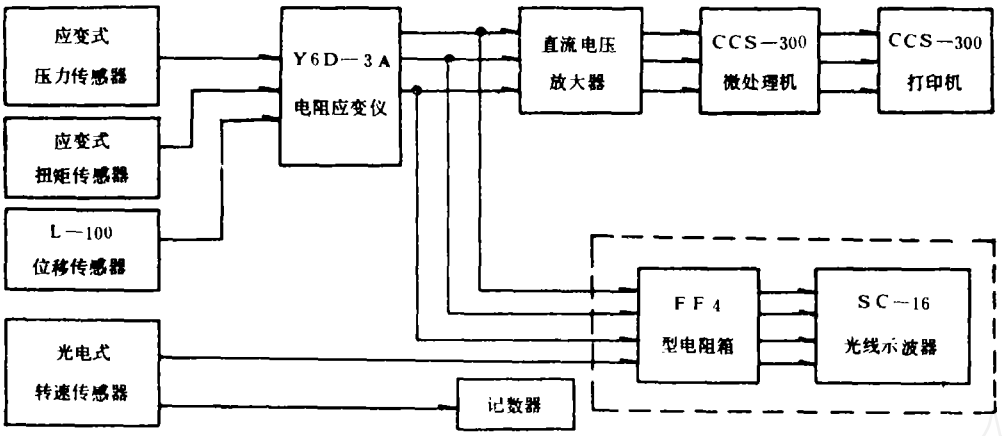
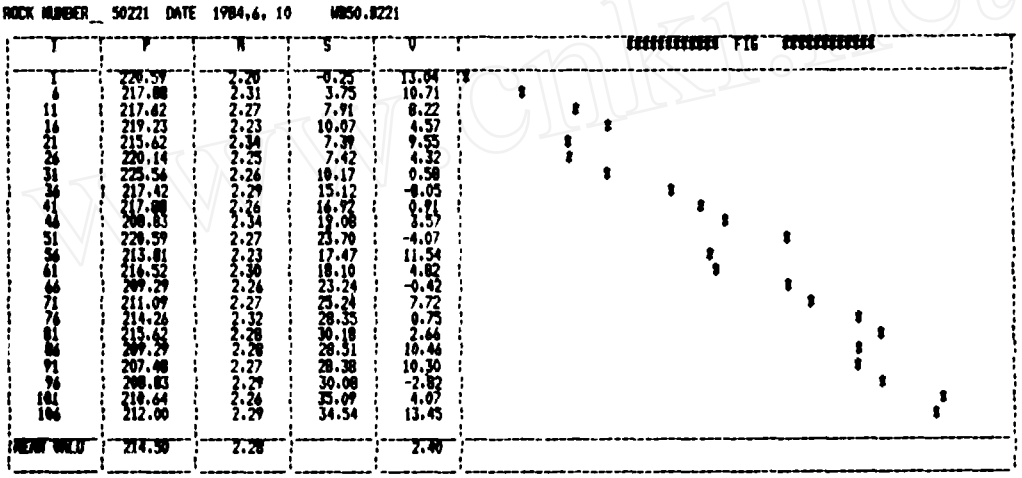


图 5　测试系统与数据处理系统方框图

ROCK NUMBER_ 50221 DATE 1984,6, 10 WB50.BZ21

T	P	N	S	U
1	220.59	2.20	-0.25	13.04
6	217.88	2.31	3.75	10.71
11	217.62	2.27	7.91	8.22
16	219.23	2.23	10.07	4.57
21	215.62	2.34	7.39	9.55
26	220.14	2.25	7.42	4.32
31	225.56	2.26	10.17	0.58
36	217.42	2.29	15.12	-8.05
41	217.88	2.26	14.92	0.91
46	208.83	2.34	19.08	3.57
51	220.59	2.27	23.70	-4.07
56	213.81	2.23	17.47	11.54
61	216.52	2.30	18.10	4.82
66	209.29	2.26	23.24	-0.42
71	211.09	2.27	25.24	7.72
76	214.26	2.32	28.35	0.75
81	215.62	2.28	30.18	2.66
86	209.29	2.28	28.51	10.46
91	207.48	2.27	28.38	10.30
96	208.83	2.29	30.08	-2.82
101	210.64	2.26	35.09	4.07
106	212.00	2.29	34.54	13.45
MEANVALU	214.50	2.28		2.40



RESULTS OF REG

Q	U	SYY	S	RYX
555.87	10947.12	104.57	2.27	0.975539

B= 3.134597371527　A= .0837094005153　Y　Y= 2.39

图 6　微机数据处理打印结果

MEANVALO—均值；RESULTSOFREG—回归结果；Q—残差平方和；U—回归平方和；SYY—$S_{yy}=\sqrt{Q+U}$；S—剩余标准差；RYX—时间和位移相关系数；T—时间（秒）。

结 束 语

大量试验工作表明：用旧车床改造成的金刚石钻进试验台是成功的，虽然因设备能力的限制，使测试系统的轴压、扭矩、转速、钻深与现场实际钻进相比都显得能力不足，但作为模拟现场钻进过程的金刚石岩心钻进试验装置，能够准确地反映出岩心钻进中动态过程和钻进效果。采用微机进行数据处理，速度快且精确度高，能将实验结果立即显示于微机屏幕或打印出来，利用观测可及时调整，为金刚石岩心钻进工艺参数的测定和理论研究提供了有利条件。

本课题参加者还有费寿林、张景芳、王汉生、单守智。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net