钻机—微机—仪表一体化的设想及其初步实践*

代学恕　鄢泰宁　陆　梅

（中国地质大学·武汉）

文中提出了以工业现场控制微机为核心的钻机—微机—仪表一体化设想。介绍了自行研制的DDW-1型钻探微机系统的组成、功能、特点及生产试验简况。它是国内第一台集测试技术、计算机技术和数据处理技术于一体，能完全用于野外恶劣环境的钻探微机系统。

关键词：钻机—微机—仪表一体化；DDW-1型钻探微机系统；测试技术；计算机技术；数据处理技术

钻探是个复杂的生产过程。岩石本身的复杂性和孔内工作状况的多变性，使钻探参数的选择及其钻探指标的变化趋势处于一个受多因素制约的系统之中。目前钻探现场基本还是凭经验打钻，即使在地质、设备、工艺条件几乎相同的情况下，不同班组的钻探技术经济指标也可能有显著的差异。这就说明，在推广新工艺、新机具的同时，必须把与之配套的参数检测与过程控制技术提到议事日程上来，否则，即使熟练工人也很难保证钻进过程经常处于合理正常的工作状态。

为此，钻探设备应具有数据采集、数据处理、孔内情况判断和反馈控制等功能。也就是为钻探设备配上必要的硬件和软件是实现科学打钻的基础。针对地质钻探工作的特点，上述硬、软件应具有速度快、容量大、扩充能力与抗干扰能力强，能适应野外恶劣工作环境等特点。同时，在地表可调的各钻探规程参数应能平滑连续地调整，平滑快速地响应。尽量做到集中控制、集中显示，考虑到钻进中可能出现意外情况，还应保留手动操作和人工干预的机构。

通过近二年的工作，我们提出了钻机—微机—仪表一体化的设想，并研制了DDW-1型钻机微机系统，用以改造老设备。

* 地质行业科技发展基金资助项目。

钻机—微机—仪表一体化钻探系统的设想

近十几年来，美、苏、日、比等国家在钻探（井）方面引进计算机等新技术发展很快，已形成商品或样机用于生产现场。比如，美国的VISULOGGER无人管理钻井数据采集系统，由于其效能在过去10年中已被证实，已广泛采用；日本的CBP-NK-10A计算机程控钻机可在未知地层中选择最优钻进参数；比利时的DBH1500计算机控制电、液操纵钻机已用于生产；苏联的Электроника-C5和Узбекстан-2两种带微机的钻机系统在生产试验中使钻速提高了10～20%。

国内探工界的微机应用工作也已由注重开发钻探数据处理软件走向微机数据采集与控制，并在室内和部分野外试验中迈出了可喜的一步，为我们研制钻机—微机—仪表一体化钻探系统创造了条件。

我们设想的钻机—微机—仪表一体化指的是，把可用于工业环境的微机及其外部设备，即钻机、水泵、各类传感器、显示仪表以及驱动电机（进一步还可包括绳索取心绞车、电测式连续测斜仪等附属设备）联成一

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

个完整的系统。利用微机容量大、速度快、具有逻辑判断功能的特点，使钻探过程的控制具有“智能”，在微机的指挥下，自动完成参数巡回检测、孔内情况分析、参数优选与控制操作，以及生产情况（报表）的自动记录、打印等。

该系统的组成如图1。

该系统用于生产将逐渐改变凭经验打钻的现状，提高钻探效率和质量，降低钻探成本；同时能自动监测钻进过程及设备运行情况，对各种异常进行“报警”，并对误操作和“野蛮操作”具有“拒绝执行”的功能，从而可大大降低事故率。这个系统能自动、真实、详尽地记录生产情况（及报表），并可将贮存的数据转储到室内主机上，从而为分析生产过程，定额管理，建立钻探数据库和科学决策服务。采用调速电机，可简化机械传动系统，提高机械效率，降低能耗，减轻设备重量。由于能大量积累原始数据和优选参数，为试验研究新型钻探机具、钻头和钻探新工艺提供依据。

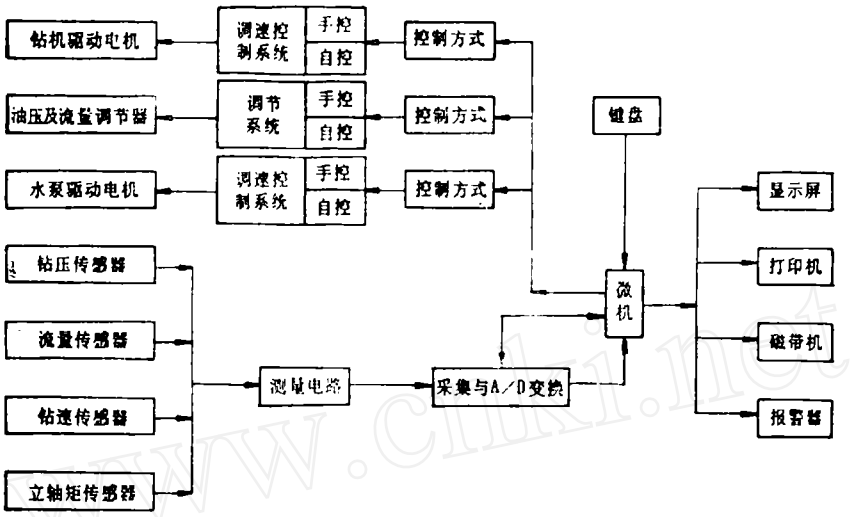

图 1 钻机—微机—仪表一体化系统框图

DDW-1型钻探微机系统

我们于1988年7月至1989年9月研制了一台DDW-1型钻探微机系统样机，并完成了室内试验和初步的野外试验工作。

1．系统组成

系统由电源、各类传感器、接口电路、工业现场控制微机、显示屏、打印机、磁带机、分离式键盘等组成。

2．系统功能

（1）钻进过程中实时地采集并显示（60次/min）9个钻探工艺参数与钻进指标（轴压、钻速、扭矩、泵压、泵量、功率、转速、进尺和孔深），并可同时在显示屏上绘出和监测其中的1～6条回次过程曲线——轴压、转速、泵量、泵压、机械钻速、功率（每分钟绘1～12个点，根据岩性及孔内情况可调）。对其中5个主要参数，可由操作人员据理论知识或经验给定上、下限（轴压：0～1500kg；机械钻速：0～25 m/h；扭矩：0～250kgm；泵压：0～50kg/cm²；泵量：0～250 l/min），并在显示屏上，按上、下限值在记录曲线的坐标中绘出上、下两条水平线，便于操作人员直观地掌握钻进参数及孔内情况。当孔内出现异常时，在声、光报警的同时，自动进入密集采样的状态（每分钟在显示屏上绘60个点），以便监测和分析。

上述全部信息（曲线和数据）可记忆在

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

微机中或录在磁带上，也可打印出来。

（2）可在显示屏上绘出或用打印机印出钻孔的设计轨迹和实际轨迹在垂直于勘探线剖面和水平剖面上的投影，并给出在不同深度上实际钻孔与设计钻孔之间的三维偏距（图2、表1）。

该功能可用于垂直孔、斜孔、定向孔和分枝孔钻进施工。

（3）在进行详勘的矿区，可利用系统显示或打印出的钻速指标（瞬时钻速值及其连续曲线）进行机械录井；从而部分或全部地用无岩心钻进取代取心钻进，大大降低钻探成本。

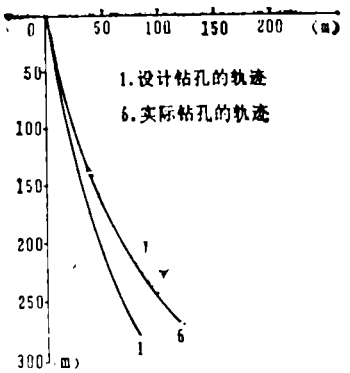

图 2 钻孔的设计轨迹与实际轨迹

测斜数据及各测点偏距（上部为设计孔，下部为实际孔） 表 1

L	A	B	X	Y	x	y	R	H
0	315.0	15.0	+0.00	+0.00				0
49	315.0	15.0	+8.76	-8.93				48
99	315.0	17.0	+18.29	-18.64				96
157	315.0	20.0	+31.01	-31.60				151
206	315.0	23.0	+43.42	-44.25				196
216	315.0	25.0	+46.23	-47.11				206
226	315.0	27.0	+49.26	-50.20				215
236	315.0	29.5	+52.53	-53.52				224
246	315.0	33.0	+56.10	-57.17				232
256	315.0	37.0	+60.06	-61.20				240
267	315.0	42.0	+64.89	-66.12				248
278	315.0	45.0	+70.10	-71.44				256
289	315.0	47.0	+75.46	-76.90				264
0	315.0	15.0	+0.00	-0.00	+0.00	+0.00	0.00	0
49	323.0	15.0	+10.03	-7.61	+1.26	+1.31	1.82	48
99	327.0	20.0	+22.57	+15.79	+4.28	+2.84	5.15	96
157	333.0	25.0	+42.29	-25.85	+11.28	+5.74	12.68	150
206	338.0	28.0	+62.53	-34.04	+19.10	+10.21	21.62	194
216	343.0	30.0	+67.16	-35.45	+20.92	+11.66	24.00	203
226	345.0	32.0	+72.13	-36.78	+22.86	+13.41	26.50	212
236	349.0	34.0	+77.46	-37.82	+24.93	+15.70	29.50	220
246	351.0	38.0	+83.26	-38.73	+27.15	+18.43	32.75	228
256	354.0	41.0	+89.57	-39.39	+29.50	+21.81	36.75	236
267	356.0	43.0	+96.89	-39.90	+32.00	+26.21	41.25	245
278	358.0	46.0	+104.57	-40.17	+34.46	+31.26	46.50	252
289	360.0	48.0	+112.47	-40.17	+37.00	+36.73	52.25	260

其中：L——测点孔深（m）；A、B——方位角及顶角（度）；X、Y——测点水平坐标值（m）；x、y——测点水平二维偏距（m）；R——测点绝对偏距（m）；H——测点绝对垂深（m）。

（4）打印包括小班作业工序时间分析报表，小班分回次钻探系数及生产指标报表，交接班报表。

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

3. 系统特点

（1）该系统的微机部分为自己开发的，由单片机和STD标准总线工业微机组成的多CPU系统。它能适合于野外钻探现场恶劣的环境，实时性好，扩展功能强，冗余量大。

（2）系统采取了电源的尖峰吸收，共模干扰抑制，工频干扰滤波、数字滤波等软硬件滤波技术，所以抗干扰能力强。

（3）具有过电保护，可长期贮存信息。目前系统存贮空间为16K，可存1万多个数据，还可进一步扩充。

（4）系统精度高，可靠性好，具有容错功能，减少事故率。

（5）由于几个主要传感器和工业微机系统均为自己开发，价格比市售类似系统便宜，成本低。

（6）主机全封闭，具有温度自动调节装置，可适用于温差大、潮湿、灰尘等恶劣环境。

（7）用屏幕提示，人—机对话方式，操作方便，全部显示与打印为中文，易掌握。

（8）各参量的标度可长期保存，或现场随意修改，适用于各种类型钻探设备。

（9）自己研制与选用的传感器冗余量大，超载能力强，不会因现场操作超载而损坏。

4. 主要技术特性参数（见表2）

表 2

参　数	测试范围	误　差
钻　压	0～160kg cm²	<1%
泵　压	0～160kg/cm²	<1%
回次进尺	0～16m	分辨率1/4.2mm
泵　量	0～300L min	<2%
转　速	100～1500r/min	<1%
功　率	5～60kW	<3%
扭　矩	15～200kgm	<3%
钻　速	0.16～25m/h	<2%

5. 系统试验简况

DDW-1型钻探微机系统1989年10～11月在四川地矿局水文队进行了3个钻孔的生产试验。

试验条件：XU-600钻机，50kW柴油发电机组现场供电，孔深100～300m。钻头：ϕ150硬质合金钻头和ϕ120、ϕ138克里斯坦森复合片钻头。岩石：泥质粉砂岩。取心工艺：单管取心。

在浅孔大口径钻进过程中，振动强烈，起下钻频繁；加之现场搬迁，场房封闭条件差，又遇连续阴雨天气；而且现场自发电，供给微机系统的电源不稳定。在这样恶劣条件下，该系统一直能正常工作。3个钻孔的施工实践证明，该系统的硬件、软件在强振、潮湿、大功率电机启动时强电干扰和突然停电的冲击下，没出现数据及曲线的中断等问题，同时为四川地矿局试验新型复合片钻头采集了大量翔实可靠的现场资料。

结　论

1. 钻探生产是一复杂工艺过程，即使经验较丰富的操作者也难以保持钻进过程中始终处于合理的工作状态。所以在推广新技术新工艺的同时，也应重视钻探数据采集与控制问题。

2. 以工业现场控制微机为核心的钻机—微机—仪表一体化钻进系统的设想，可用于改造老设备，使计算机在钻探中的应用由室内走向野外现场，为逐步实现科学打钻创造条件。

3. DDW-1钻探微机系统，是国内第一台集测试技术、计算机技术和数据处理技术于一体，完全能用于野外钻探现场的微机系统。经过生产试验，证明其具有设计先进，功能可靠，适应野外恶劣环境，价格性能比低等优点，受到使用者好评。同时，具有进一步扩充和深化的潜力，可望在近期内推广，为提高钻探效率和质量，降低成本，减轻钻工劳动强度服务。

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