

计算机在矿业中的应用

(16届APCOM文集选译)



计算机在矿业中的应用

(16届APCOM文集选译)

彭 健选编

冶金部冀东黑色冶金矿山设计研究院

一九八一

目 录

以计算机为基础的生产信息系统 P.N.Thompson,C.W.Teale,R.Richardson	(1)
勘探深成硫化物矿体的可行性研究 R.Malmqvist,L.Malmqvist	(8)
采矿研究与开发的评价 B.Pilz	(18)
最优边际品位的确定 V.Rudenno	(26)
利用专用计算机图象系统规划与评价矿山 E.L.Mooney,D.F.Gibson,T.E.Iehman	(33)
露天矿境界分析——关于其使用的若干意见 J.T.Crawford.....	(40)
选择边际品位的商业观点 K.F.Lane.....	(45)
边际品位的经济学 R.D.Kelsey.....	(49)
规划新矿山的运筹学 J.J.Lewis,M.J.Sadnicki.....	(55)
大型露天矿中汽车调度模拟方法的评价 D.J.Brake,P.K.Chatterjee	(63)
多采场露天开采的模拟 C.B.Manula,E.K.Albert,R.V.Ramani.....	(70)
大型金属露天采场汽车运输车流模拟模型的编制 Y.Astafyev	(80)
加拿大铁矿公司卡罗尔湖矿区某露天矿生产能力计算的新方法 J.Elbrond,A.Piche, R.E.G.Caines.....	(85)
露天矿最佳化的边坡稳定性模型 G.B.Baecher,H.H.Einstein.....	(98)
计算机系统监测地下采煤诱发地震的研制与应用 T.Isobe,N.Mori,K.Sato,T. Goto.....	(109)
长壁采矿法的顶板管理模拟 C.Haycocks,C.D.Breeds	(121)
克里斯汀堡选矿厂的计算机控制 R.Maripuu	(129)
球磨回路控制中的问题及其解决办法 J.C.Watts,J.W.White,L.D.Hallin.....	(137)
利用数字计算机集中控制选矿厂 J.H.Fewings,P.Wickham,D.Wiseman.....	(150)
湿式磨矿回路粒度控制 S.K.Kawatra,D.M.Thayer.....	(161)
中部矿业公司东锌厂精炼过程的数学模型 D.Sarmiento,G.Delgado	(169)

以计算机为基础的生产信息系统

P. N. Thompson, C. W. Teale

运筹学委员会执行委员

R. Richardson

本特雷煤矿总经理

(以上均属英国国家煤炭局)

引 言

在过去的几年里,介绍英国煤矿使用小型计算机的报道日益增多。这些小型计算机正在用来控制地下运输系统、备煤设备和固定设备(泵等);另外,还用以监视矿山环境和工作面作业。单个的小型计算机(称为一次计算机)担负其中的一项任务。这些小型计算机所在的总系统是所有煤矿都能应用的通用系统。一次计算机所收集的信息(除直接控制所需要的以外)都要送到二次计算机加以分析和处理。这种称为 MINOS(矿山经营系统)的总体构思是由国家煤炭局的矿山调查开发研究所(M. R. D. E.)提出的。该系统最终将能自动收集所需要的大多数数据。例如,工作面上发生的误工及其持续时间可以通过与一次计算机连接的传感器线路自动加以检测。然而,误工的原因十之八九还得由人工加以记录。这种系统目前正在研制之中——现在正在制造试验装置。

然而,完整地提出这些系统还需要一段时间。一般认为,在此期间把二次计算机用做信息系统(该系统由人工输入原始数据)的基础,还会获得有用的经验。因此,在唐

卡斯特地区计算机联络员的指导下,成立了由煤炭局计算机服务公司和运筹学委员会执行委员组成的小组,以便在煤矿研制和安装这种以计算机为基础的管理信息系统。

这个小组有下列职责:

1) 研究该煤矿管理部门目前所使用的信息;

2) 鉴别信息的质量、数量和改善信息的表达方法(这些改善会有助于管理);

3) 鉴别那些为所有最新计算机和数据自动收集设备提供信息的最有效而经济的手段;

4) 介绍这些技术措施的实施方法,以改善煤矿的经营管理。

煤 矿

实验地点选在约克郡煤田的本特雷煤矿。该矿位于唐卡斯特镇中心以北约四英里处,它是唐卡斯特地区十个正在开采的煤矿之一。

该煤矿一直是开采巴恩沃利和邓锡尔两个煤层,可是自1972年以来,全部产品均来自本特雷煤矿地下约1900英尺的邓锡尔煤层。现在本特雷煤矿有三个全机械化工作

面，一个工作面用双端齿滚高度可调式刨煤机，另两个工作面则用单端齿滚高度可调式刨煤机。两个工作面是前进式开采，另一个工作面是后退式开采。地下运输使用胶带输送机。产量相当稳定，每年约75万吨，其中一多半供给电站耗用。新的快速装煤箱能使组合列车迅速周转。大约15%的产量投放到国内市场，余者用于地方工业、无烟燃料工厂以及作为矿用燃料。

信息调查

信息调查的第一步，是着手鉴别现存的信息流。同煤矿各部门和各级管理人员进行磋商，收集正在使用的各种表格。由此鉴别出很多应用领域，并将这些应用领域以图解的形式示于图1。

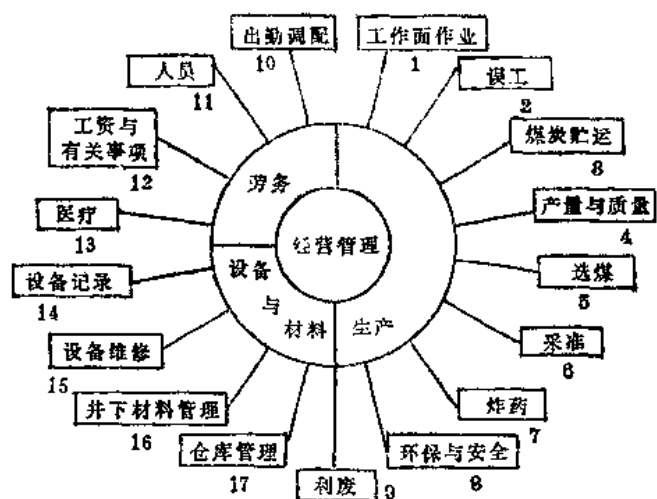


图1 主要应用领域

然后分析各种表格，以鉴别正在记录的原始数据。原始数据是直接以自然事件为基础的信息，而不是从其他数据推导出来的。例如，工作面推进、工作面长度和工作面高度均为原始数据。然而，工作面产量则不是原始数据，它是根据上述参数估算的。

这些数据可以划分为17种主要应用领

域，其中9种与生产有关。值得注意的是：有些信息项目只是对一个部门有意义，但一般说来，生产细节却为大多数部门所使用。既然所收集的生产数据的应用和处理是如此地广泛；可以断言，该信息领域应该是计算机应用的最初领域。所选择的计算机能够接受人工输入的数据，并能同已安装在该煤矿管理地下运输和监视环境的计算机对接。

研究计算机基本程序（软件）的工作，最初是在矿山调查开发研究所进行的。后来计算机服务公司和运筹学委员会进一步扩大并发展了这项工作，即编写附加程序和扩大软件范围。这项工作很多是在本特雷煤矿现场进行的。为确保该系统能与将来可能采用的数据自动收集系统协调一致；在研究工作中，始终与矿山调查开发研究所（该所至今仍在进行类似的工作）保持密切联系。

1978年4月在该煤矿安装了计算机和有关的终端设备，随后对该系统进行了两周试车。试车期间由运筹学委员会和计算机服务公司的人员昼夜进行监视。

根据这次试车期间取得的经验，对系统进行了改进。该系统的第一期工程于1978年5月初全部投入运转。

设备

本特雷煤矿生产信息系统的基本设备是数字设备公司制造的PDP11/34型小型计算机。这种计算机和本文所提到的其他设备一并示于图2。

数据通过控制室内的Tektronix4006-1型图像显示终端设备输入计算机。

另一台Tektronix设备设在工长办公室内，主要供井下经理和开采工作面行政人员使用。还打算在管理大楼内安装一台Tektronix设备。

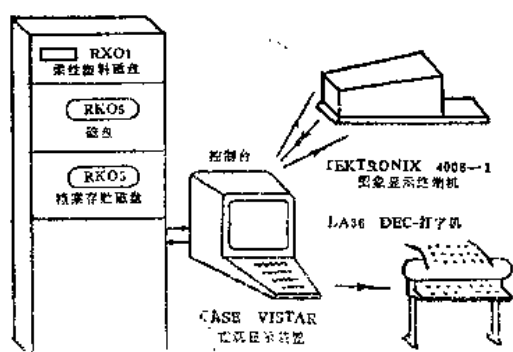


图2 设备

任何一个Tektronix萤光屏都可以显示生产报表,若需要长期保存的副本时,则可在打字机(LA36Dec型打字机)上打出报表来。

该系统的主控制台是一台Case Vistar型图像显示装置。操作人员用这个装置来选择(调用)程序,并决定三台Tektronix设备中哪一台运行。该系统允许不同用户同时使用这三台Tektronix设备,但各用户得使用不同的程序。

输入计算机的数据存储在RK05磁盘中。半夜时,计算机自动地将当天的数据归档到另一个RK05磁盘中;因此,该系统所掌握的全部信息都有了副本。这就减少了因为磁盘发生故障而丢失信息的机会。在磁盘存满而需要更换之前,它能容纳大约六个月的数据。

目前正在研究PDP11/34型计算机(二次计算机)和一次计算机(煤的清理、环境和生产监视)之间的联络关系。这就能供长期存储或分析原始数据使用。

面向顾客的系统

早先拟定的基本原则是:该系统的设计必须满足顾客(即有关管理部门)的要求。各位经理具有不同的风格,而且所有煤矿的确都或多或少地有所不同。虽然明显地存在着一个能为所有煤矿管理部门直接利用的信息中心,但是该系统必须便于修正,使得信息及其表达形式在各位经理的心目中都是最

有用的。如果不是这样的话,新系统就不会被采用,因而经理或许还要恢复旧系统,否则便会感到愤然;由于和拟议中的改进相矛盾,从信息系统的标准来看,总的结果是恶化了。

同时,系统一旦研制成功,必须易于推广到其他煤矿去。否则,每次为创建全新的系统都要浪费很大的精力。

计算机的输入信息

在本特雷煤矿信息输入信息系统的方式如下:

工作班中

一班当中,机器在工作面上的详细位置由管理人员定期加以汇集。无论什么时候工作面上发生了停工,停工原因和当时机器的位置都由工作面行政人员报告给控制室(可以记录工作面停工和重新开工的次数)。一般情况下,大多数超过5分钟的误工可用这种方法加以报告。

管理人员把这种误工和机器位置信息通过应答一组简单问题的方式,经由Tektronix设备输入计算机。输入的数据反过来又以机器位置——时间曲线图的形式显示给管理人员,以便核实。管理人员对该图上“常见”的曲线斜率非常熟悉,因此能够发现任何未报告的持续时间较长的误工,或察觉到已收到的信息中的其他矛盾。

二部代码可用来输入工作面停工原因。这些代码的内容很广泛,而且和国家煤炭局在国内使用的误工代码一致。经验表明,管理人员使用这种代码没有多少困难,而且我们也发现他们能够相当详细地传递管理部门所需要的信息。

如果输入了错误的数据(这是可能发生的,例如,起初报告误工是由于X,但是随后发现是由于Y),管理人员可以修正计算机所存储的信息。自前一夜的夜班起,所有输入数据均可用这种方法编入计算机。

工作班末

在工作班末, 管理人员将劳动力数字、班末工作面的详细情况和提升的箕斗数输入计算机。所布置的巷道支架的数目和每项采准工作的劳动力配备也做类似处理。

预算和标准

预算、标准和工作面统计资料等文件可以存储在计算机内。必要时, 这些文件还得根据新的情况加以修正。

把新的工作面编入信息系统或者把采尽的工作面从系统中除去, 只涉及使用一个程序, 而且可由煤矿工作人员来完成。

计算机的输出信息

该信息系统所提供的报表可供煤矿管理组的所有成员索取。还按班、日、周和月定期地提供和公布某些报表。限于篇幅, 本文不可能把这些报表的内容逐一介绍, 但是我们将举出一些例子。

班中信息

前面已经提到过工作面机器位置曲线, 图3就是其中一例。

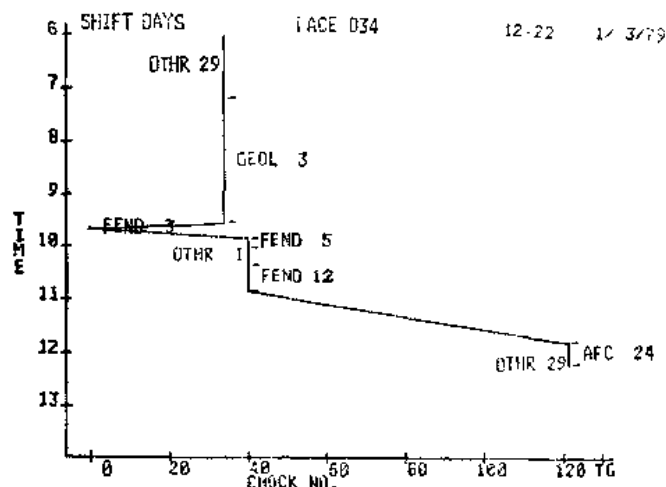


图3 工作面机器位置曲线

此外, 班中所得到的工作面作业情况记录至今也是可以利用的。

只要按一下工长办公室内 Tektronix 设备的按钮, 所报告的全部生产设备现状就会显示出来。在 Tektronix 设备上选择相应的键, 还能得到机器位置曲线和上述记录。

班末信息

每班结束时, 可以打印出作业情况的综合报表。该报表包括了这一班的完整记录。

图4所示, 即为这种班末报表之一例。

BENTLEY COLLIERY FACE PERFORMANCE SUMMARY								1/ 3/79	
SHIFT	CUTS	PLUGHS	SALEABLE ESTIM	METRES CUT ACT	BUDG	PROD. INDX.	DELAY (MIN)	MANPOWER ACT.	BUDG
D34									
DAYS	1.00		188.	154	398	39.	287	8	8

FACE SHIFT LOG									
FACE D34				DAYS		1- 3-79			
TIME PERIOD	STOOD (MINS)	CHOCK NO.	CATEGORY	CAUSE					
6: 0	6: 0	0	34						
6: 0	7:10	70	34	SHIFT CHANGEOVER					
7:10	9:32	142	34	GEOLOGICAL ADVANCE CHOCKS IN BAD AROUND					
9:32	9:40	0	0						
9:40	9:40	0	0	FACE ENDS M.G.-TURNROUND					
9:40	9:50	0	40						
9:50	10: 0	10	40	FACE ENDS M.G.-SUPPORTS					
10: 0	10:20	20	40	OTHERS SNAP TIME					
10:20	10:50	30	40	FACE ENDS M.G.-TIMBERING UP OVER CHOCKS					
10:50	11:45	0	122						
11:45	12:10	25	122	AFC RE-GRADE PANS LIFTING AFC					
12:10	12:10	0	122	OTHERS SHIFT CHANGEOVER					

图4 班末报表

该表的表头是:

1. 班次
2. 已完成的切割数
3. 已完成的刨槽数
4. 估算的可销售吨数 (这是根据计算机所存储的单位切割长度和工作面长度的标准吨数估算的。当这些数字变化时, 要适时加以修正。)
5. 切割米数 (这是监督奖惩计划的执行所需要的——后面介绍。)
6. 预计切割米数 (这项预计数字是每个人为完成标准任务所要切割的米数——奖惩协议对该单位规定的数字。)
7. 产量指标 (这是衡量所配备

的每个人的工作效率的尺度。)

8. 误工——分钟数(这是在工作面有效时间内所报告的总误工时间,其中不包括午餐时间。)

9. 劳动力(预计数字是计划的劳动力配备水平,而实际数字是指那一班配备的劳动力数。)

目前,这种报表的内容正在扩展到松土作业、实际切割深度和未报告的停工的鉴别等项目。

报表的下部是一个完整的工作面值班记录,其中列有详细的时间、机器位置及作业情况。

数字设备公司的Dec型打字机自动打印出十一份报表副本,分发给管理组成员。上午班的报表副本是在下午一点打印和分发的,其他各班的报表副本是在次日早晨打印和分发的。

日末信息

列有产量和劳动力配备细节、每个工作面所达到的指标百分比以及日产原煤吨数的煤矿作业情况总表是以日为基础提供的。图5即为这种报表的一个例子。

长期信息

能够用来分析任何工作面、经过任何时间的停工。

使用者可以自由选择:

1) 工作面

2) 时间

3) 时间限度。只考虑持续时间超过该时间限度的误工

4) 是否需要所有班次的停工或者只是特定班次的停工

5) 该分析是否包括以下内容:

所有类别和原因的停工

只是一种特定类别的停工(例如,各种主要机器的停工)

只是一种特定类别和原因的停工(例

如,主要机器的移动)

6) 只是需要与某个特定部分(例如,机械部分或电气部分)有关的停工,还是需要与所有部分有关的停工。

BENTLEY COLLIERY FACE PERFORMANCE SUMMARY 20/ 4/79									
SHIFT	CUTS	PLUGS	SALCABLE ESTIM.	METRES CUT ACT	PROD. INDX.	DELAY (MIN)	MANPOWER ACT.	BUDG.	
D10									
DAYS	0.75	0.00	113.	110	310	38	227	16	10
A/NIGHTS	0.75	0.00	113.	110	233	51	220	12	10
NIGHTS	0.50	0.00	76.	79	174	45	210	9	10
ALL	2.00	0.00	302.	315	717	44	657	37	54
D14									
DAYS	2.00	1.25	444.	476	365	114.	120	10	10
A/NIGHTS	1.00	2.00	222.	208	324	64.	135	15	10
NIGHTS	2.00	1.25	444.	416	284	145.	230	14	10
ALL	5.00	4.50	1110.	1080	973	107.	485	48	57
D34									
DAYS	1.00		100.	154	396	39.	217	0	0
A/NIGHTS	1.50		202.	231	347	67.	235	7	0
NIGHTS	0.75		141.	115	306	29.	132	0	0
ALL	3.25		611.	500	1139	44.	584	23	26
SKIPS WOUND RMT TONNES									
DAYS	134			1005.0					
A/NIGHTS	137			1027.5					
NIGHTS	105			707.5					
ALL	376			2020.0					

图5 日末报表

还能提供任何时间、任何工作面的积累产量总数、劳动力、机器的工作班次以及完成指标的百分数。

图6和图7是这些报表的实例。

DELAY ANALYSIS 1 MAR 79 - 7 MAR 79			
SHIFTS CONSIDERED= DAYS			
ALL CATEGORIES OF DELAY			
ALL CAUSES OF DELAY			
DELAYS GREATER THAN 20 MINUTES			
D34 FACE			
CATEGORY	CAUSE	NO OF OCCS	TOTAL DURATION
NO. 1 MACHINE	CABLE HANDLER	1	23
GEOLOGICAL	ADVANCE CHOCKS IN BAD GROUND	1	122
SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	1	95
FACE ENDS	M G - TURNAROUND	3	137
FACE ENDS	M G - TURNAROUND UP OVER CHOCKS	1	30
AFC	TIGHT TRACK	4	120
AFC	RE-GRADE PANS LIFTING AFC	1	20
GATE BELT	REPAIR JOINTS (DOCKLES)	1	25
GATE BELT	MATERIALS RUN	1	20
PUTBYE	BROKEN BELT	1	20
PUTBYE	BUNKER FILL BELT	1	20
OTHERS	OTHER STOPPAGES	1	20
			697
DELAY ANALYSIS 1 MAR 79 - 31 MAR 79			
SHIFTS CONSIDERED= A/NIGHTS			
CATEGORY REQUESTED= AFC			
ALL CAUSES OF DELAY			
DELAYS GREATER THAN 10 MINUTES			
D34 FACE			
CATEGORY	CAUSE	NO OF OCCS	TOTAL DURATION
AFC	T. G. DRIVEHEAD ELECTRICAL	1	45
AFC	RE-GRADE PANS LIFTING AFC	1	23
			68

图6 误工分析

目前,该系统已经扩大到包括下列内容;

PRODUCTION SUMMARY

3 OCT - 8 OCT 78

D10 FACE

NO OF STRIPS	NO OF M/C SHIFTS	METRES CUT ACT	BUDG	PROD INDX	FACE DMS	MAN SHIFTS TOTAL	O/T
11.75	12	2092	3149	66.4	12.29	152	0
MAJOR STOPPAGES (GREATER THAN 5 MINUTES)							
JURN	DELAY	DATE	SHIFT				
14 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	30CT	DAYS				
30 NO. 1 MACHINE	WATER HOSE	30CT	DAYS				
15 GATE BELT	BLOCKED CHUTE	50CT	DAYS				
60 NO. 1 MACHINE	WATER HOSE	30CT	DAYS				
25 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	30CT	DAYS				
5 SUPPORTS	IRON BOUND	30CT	DAYS				
15 NO. 1 MACHINE	MACHINE FAST	30CT	DAYS				
60 OTHERS	DISPUTE DURING SHIFT	30CT	A/NOONS				
60 AFC	RAMP PLATES	30CT	A/NOONS				
35 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	30CT	A/NOONS				
125 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	30CT	A/NOONS				
188 STAGE LOADER	CHAIN OUT OF RACE	30CT	NIGHTS				
15 NO. 1 MACHINE	WATER HOSE	30CT	NIGHTS				
10 FACE ENDS	T.G.-TURNROUND	30CT	NIGHTS				
20 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	30CT	NIGHTS				
25 SUPPORTS	CLEAN OUT CHOCKS	40CT	DAYS				
18 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	40CT	DAYS				
30 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	40CT	DAYS				
30 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	40CT	DAYS				
35 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	40CT	DAYS				
17 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	40CT	DAYS				
3 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	40CT	DAYS				
10 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	40CT	DAYS				
155 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	40CT	A/NOONS				
125 FACE ENDS	T.G.-FACE END BEHIND	40CT	A/NOONS				
165 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	40CT	NIGHTS				
115 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	40CT	NIGHTS				
13 FACE ENDS	T.G.-TURNROUND	50CT	DAYS				
12 OUTBYE	TUMBLER FEED BELT	50CT	DAYS				
55 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	50CT	DAYS				
10 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	50CT	DAYS				
15 FACE ENDS	T.G.-PUSHOVER	50CT	DAYS				
53 FACE ENDS	T.G.-TURNROUND	50CT	A/NOONS				
5 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	50CT	A/NOONS				
62 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	50CT	A/NOONS				
30 NO. 1 MACHINE	WATER HOSE	50CT	A/NOONS				
165 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	50CT	NIGHTS				
115 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	50CT	NIGHTS				
37 NO. 1 MACHINE	T.G. MACHINE TO CUT BUTTLOCK	60CT	DAYS				
20 AFC	RE-GRAB PANS LIFTING AFC	60CT	DAYS				
83 NO. 1 MACHINE	T.G. MACHINE TO CUT BUTTLOCK	60CT	DAYS				
10 FACE ENDS	T.G.-TURNROUND	60CT	DAYS				
22 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	60CT	DAYS				
43 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	60CT	A/NOONS				
22 SUPPORTS	FAULTY CHOCKS	60CT	A/NOONS				
10 SUPPORTS	ADVANCE CHOCKS	60CT	A/NOONS				
10 FACE ENDS	T.G.-PUSHOVER	60CT	A/NOONS				
70 FACE ENDS	M.G.-TURNROUND	60CT	A/NOONS				
165 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	60CT	NIGHTS				
115 OTHERS	WORKING FACE END(S) ONLY	60CT	NIGHTS				

2561 TOTAL

ALL REPORTED DELAYS TOTAL DURATION-2564 MINUTES

图7 定期生产报表

- 1) 采准工作
- 2) 生产单位的设备上任何零件损坏

· 6 ·

时, 开列出直接重新订货的详细规格

8) 任何时间(最长13周)内的误工趋势。

正在建立数据库, 以便最终能把另外一些长期误工趋势检测出来。

报表的用途

煤矿经理和管理组其他成员之间的全部有关讨论, 都是围绕着班末总表进行的。讨论生产细节的全部周会和月会也要用到计算机提供的信息——在这种情况下是误工报告。

可以迅速而自动地提供某种误工(或各种误工)的细节。例如, 某个设备的自动给料运输机误工细节, 因为可能需要了解其变化情况。在这种情况下, 打印结果将显示误工频率、持续时间和由它引起的总误工时间。

根据这种记录, 可以确定机械的预计寿命。

机器齿轮箱、牵引端等部件也可以用类似的方法处理; 假如使用条件保持稳定, 还可以提供一份内容广泛的设备性能记录。

一般认为, 从广义上说, 只要掌握了周转次数、切割时间、刨槽时间、经营误工和效率, 就可以很快地编制出机器性能的方法研究评价表格。这些项目可按所要求的循环次数和自委托该系统以来的任何时间加以平均。

奖惩计划

在于安装期间, 实行了一般的奖惩计

划。概括地说,该计划的依据就是对产量超过所同意的定额者,在日工资之外额外付给报酬。此外,某些类型的误工超过20分钟时,就得罚款。业已证明,以计算机为基础的信息系统对消除这些应罚款误工上的分歧是十分有用的。

首先,按照工长的时间表核对值班记录。任何时间差异都得在值班记录上加以调整。对任何应罚款的误工(如中断工作)都要取得一致意见并签字。消除根据奖惩协议不应罚款的误工,并注明其原因。记录要加以保存,而且周末时要把这种信息提交工作面小组。然后,将这种信息与小组所期望的信息之间的任何矛盾加以讨论,并达成一致的协议。

加快重新订货

计算机系统现在掌握着每个生产和采准单位所使用的机械设备主要部件的信息,于是可以减少因重新订货而产生的误工。每个部件的名称、编号、国家煤炭局用语编号、中心仓库位置和箱号都可以显示在控制室内的Tektronix设备上。本特雷煤矿采准机械中履带设备的典型显示结果示于图8。因此,工程师们可以直接看到这种信息,立即开始重新订货。

<<< PARTS >>>			
COLLY : ROADHEAD/DINHEACER TRACKS CALL HELD AT ALLERTON BY WATER			
PARTNAME	PART NO	UCCAS	LOCATION
1 CRAWLER CHAIN ASSEMBLY	80820000	15/61/5669/0000	013163/4/1
2 CHAIN SHOES	58402301A	15/63/0203/0000	0005000
3 LINK PIN	16022002A		
4 TENSION UNIT	00007000A		OUR STORES
5 JIB SUPPORT WEAR RING	00007000A		PLANT POOL
6 CHECK VALVE EXALTOR	00007000A		U/C STORES
7 140 HP GEARBOX	00007000A		
8 COUPLING ASSEMBLY	00007000A	15/62/4718/0003	03201
9 SUCTION HOSE 1.25"	00007000A	15/62/5702/0000	PLANT POOL
10 SUCTION HOSE 1.50"	00007000A	15/62/4764/0005	13150
11 SUCTION HOSE 2.50"	00007000A	15/62/4765/0004	02365
12 CRAWLER ENGINE	00007000A	15/62/4766/0005	02341
13 TENSION UNIT	00007000A		03202
14 TRUNK LIFTING CYLINDER	00007000A		PLANT POOL
15 RACING CYLINDER ASSEMBLY	00007000A	15/61/0310/0003	PLANT POOL
16 CUTTING HEAD ASS P F F	00007000A		OUR STORES
17 SCRAPER C/V HYDRAULIC MOTOR	00007000A		PLANT POOL
18 COUPLING	00007000A		PLANT POOL
19 RUBBER ROSE	00007000A	15/63/0221	13134
20 SCRAPER C/V TENSION CYLINDER	00007000A	15/61/5010	13134
21 BREAKER BAR PLATE	00007000A	15/62/4106/0000	13134
22 BREAKER BAR PLATE	00007000A	15/62/0438/0000	01617
23 JIB HEAD SHAFT SPROCKET	00007000A	15/62/0439/0000	01541
24 KEYS	00007000A	15/62/0165/0002	00163
25 CONNECTING LINK	00007000A	15/62/0164/0003	02134
		15/61/6313/0000	03246

图8 采准机械备件表

使用该系统所取得的经验

业已证明,以二次计算机作为管理信息系统的基础是很成功的。信息流已经得到改善,各级管理部门都可以使用该系统提供的报表并从该系统得到信息。控制室操作人员对该系统很敏感,并且已经充分适应了这种系统。他们可以在一周之内就十分熟悉这种信息系统。任何临时使用者经过几分钟的指导,就能询问数据文件,从而编制报表。

目前,该系统主要朝两个方向发展。首先,这种人工输入系统正在与矿山调查开发研究所研制的自动数据收集系统相结合。其次,已经确定了用电子计算机调度劳动力的可行性,并且刚好已经着手其安装工作。

应该学习的课题

从本特雷煤矿的经验中,可以学到许多东西。

1. 已经证明,而向顾客的原则是取得管理部门的积极支持与合作的基础。

2. 发展和修改信息系统总是管理部门和技术人员合作的一种大胆试尝。结果使双方都理解了管理部门行将实际使用的以计算机为基础的信息系统所涉及的一些问题。

3. 在安装和培训期间,技术人员昼夜在场值班,对该系统的成功确有益处。

4. 管理部门在使用以计算机为基础的信息系统的过程中已经取得了宝贵的经验,因此为使用数据自动收集系统铺平了道路。然而,确切地说,管理部门为了最充分地使用该信息系统并成功地解释信息的长期分析结果和数据的趋势,还必须取得更多的经验并进行进一步的培训。

芦桢干 译 高光溥 校

勘探深成硫化物矿体的可行性研究

R. Malmqvist, L. Malmqvist

瑞典布利登金属公司

摘 要

模拟技术已用于谢莱夫特矿田一个老矿区块状硫化物矿体深部勘探工程的可行性研究。

已建立了一个矿田的和一个钻探程序的计算机化对话式数学模型。它可以表示各种地质构造。该模型还可以用来考察诸如钻探成本和矿石价值等经济问题。

通过这个模型,可以进行蒙特卡罗模拟和概率计算,以便在各种地质假设下估算不同钻探策略的成果。在人们所熟知的谢莱夫特矿田的特定条件下,甚至有可能校准这个数字模型。

引 言

至今,探矿工作一般仍限于地壳很浅的部分。然而,在一定区域内,近地表矿体的数量自然是有限的。勘探深成硫化物矿体需要大量的投资,而且要担负很大的风险。勘探成本之所以很高,是因为需要进行大规模的钻探。在大规模勘探之前,应当尽可能从理论上研究以下两个问题:勘探成果和成本之间的关系如何?最佳勘探策略是什么?

为了开展理论研究,必须为打算勘探的基岩块段建立三维数学模型。

该模型的主要部分是描述将要进行研究

的岩体内的三维地质构造。一种简便办法就是使用三维矩阵,它的每个元素代表某一尺寸(例如:5×5×5立方米)小块段的特殊地质性质。然而,这种方法由于太占地方和太费时间,很快就不用了。

为了得到合理的计算时间、合理的计算机空间要求以及运算特别灵活的模型,可以用解析表达式来表示三维地质构造。这意味着计算机内只存贮这些表达式及其参数。这种表示法还意味着不难在模型里进行各种变换。

本文介绍了这种数学模型、模拟程序以及利用这种数学方法对深成硫化物矿体的勘探进行可行性研究所得的一些成果。

模拟模型的一般结构

该模拟模型分三个主要部分:

基岩模型——所研究块段内地质特点的数学模型。

矿化模型——所研究块段内“经济”目标的数学模型。

钻探模型——钻孔及钻探程序的数学描述

基岩模型描述的是假定为已知的一些参数,诸如基岩类型、构造特点(如褶曲和断层)、矿化强度、群集趋势等等。

另一方面,矿化模型则描述一些未知参数。例如,当我们要进行模拟试验时,我们必须准备一个模型,它包括基岩模型和一组

按照若干规则随机分布的目标。这种随机分布的目标（如位置、尺寸、形状及经济价值）的特点用矿化模型来确定。

最后，钻探模型包括两部分：第一部分描述钻孔的弯曲率，第二部分描述钻孔定位的方法。

模型参数的描述

基岩模型参数的描述

基岩模型描述所研究块段的地质特点。模型由以下几部分组成：

所研究块段的尺寸；

各种地质特点的形状、尺寸、位置。这些特点可以是一些建造，如侵入体、岩层、褶曲和断层；

所研究块段内矿化强度的变化；

矿体周围蚀变带的产状及其尺寸和位置与它们所包围的矿体的尺寸和位置的关系；

矿体的群集趋势；

所研究块段内的矿石量。

在这项研究中，对水平面的几何形态进行了简化，规定倾斜岩层与水平面的交线为直线，这可以解释为实际水平面的保角映射。在垂直面上，该保角变换对钻孔弯曲率只有少许影响。我们认为，这只会稍微降低该模型的通用性。这个方法的优点是大大减少了模型的维数。

所研究块段的尺寸

所研究块段是按直角平行六面体选择的，其尺寸按立方米计算。

地质特点

所研究块段可划分为一些小块段，每个小块段代表某一基岩类型。在这项特定的研究中，建造类型及构造特点只限于岩层及褶曲，但该模型也不难加以扩大以接受封闭的地质建造，例如椭球状侵入体。图1是基岩模型几何形态的示意图。

在该模型中，一个岩层表现为两个平行的平面。该岩层可以具有任意的倾角和方位角。

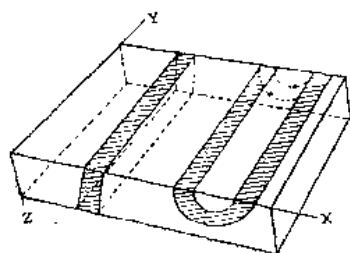


图1

假定褶曲与基岩表面的交线为直线。该褶曲可以绘在所研究块段两侧的 $x-z$ 平面上（图1）。我们通过在一组节点中内插，把所绘出的褶曲表示成一个三次样条函数。所研究块段内矿化的相对强度

该模型必能描述以下事实：在不同的岩石类型中，发现具有经济意义的矿化作用的概率是不同的。该模型内，每个岩石类型可以具有某一矿化强度。

此外，由于地质方面的原因，矿化强度在某一岩石类型内可以发生变化，例如，在岩层边界附近或在褶曲的某一位置，矿化强度可以增加。在该模型中，这种情况可以用矿化强度函数加以描述。在此函数中，该强度可以用0和1之间的数字来表示，而且可以将不同的岩石类型，按照至岩石边界的距离制表列出。

矿体周围蚀变带的产状

矿体经常被蚀变带所包围。蚀变带的产状、蚀变带之间的关系以及被包围矿体的尺寸和位置，均属地质特点，因此也是基岩模型的一部分。

蚀变带的产状用频数来表示，该频数代表矿体被蚀变带包围的平均比例。

下面，将用三轴椭球体描述矿体。蚀变带在这个模型里也用椭球体加以描述，而且它与矿体有关。矿体和蚀变带之间的关系包

括两个部分。

第一部分是尺寸关系的描述。在这个模型中，尺寸关系是用矿体和蚀变带中各相应轴之商的三个随机分布函数来表示的。

第二部分描述矿体与蚀变带中心的相对位置。蚀变带与矿体在位置上往往是不对称的。

矿体的群集趋势

矿体的群集趋势是用基岩模型描述第五类地质现象。矿体的群集一般用两个主要性质来描述：

群集的形状；

群集内的矿体数。

假定群集的形状是个具有三根主轴的椭球体。群集的方向用所研究块段的主轴与群集的主轴之间的夹角来确定。在一个群集内，矿体的中心呈多变量正态分布。属于该群集的矿体数，由一个分配函数给出。

所研究块段内的矿石量

必须具备改变所研究块段内矿石量（即绝对强度）的可能性。因此，该矿石量可定义为一个参数。

矿化模型内各参数的描述

本文所着重探讨的谢莱夫特矿田的矿体，大多数是板状或透镜状的。矿体大多数是急倾斜的。在该矿化模型里，矿体用椭球体来描述（图2）

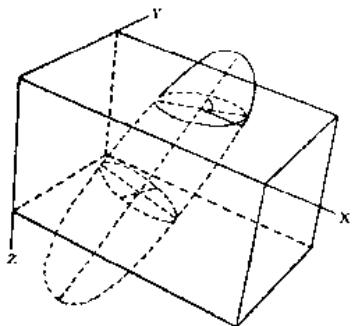


图2

在矿体内，各种有经济意义的矿物的品位是多变的。因此，两个尺寸相同的矿体具

有不同的价值。矿石价值参数注意到了这个地质事实。

用以下九个参数来描述矿体的几何形状及矿石价值：

矿化椭球体长、中、短轴的长度(米)；

矿体几何中心的 x, y, z 座标；

走向；

倾角；

矿石价值。

假定矿体的倾角为 90° 。

各参数用分配函数加以描述，在模拟法中通过描绘随机数加以确定。在绘制几何中心的座标时，还必须对其它基岩特性（诸如矿化强度和群集）加以说明。

钻探模型内各参数的描述

建立钻探模型的目的，是描述所要模拟的钻孔及钻探类型。钻探模型有七个参数（图3）：

起点的 x 和 y 座标；

方位角；

原始倾角；

孔深；

钻探类型，可以给出每个钻孔的参数，或者按长方形网格布置钻孔，或者随机布置钻孔；

描述钻孔密度的矢量。

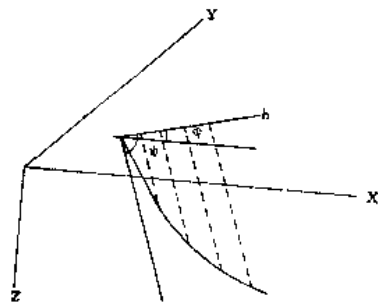


图3

在模拟钻探程序时，需要用某种算法来确定钻头的空间位置。根据大量钻孔确定钻孔的平均弯曲率。假定钻孔弯曲率只取决于

原始倾角。弯曲率用下列关系式表示：

$$x = h \cdot \cos(\varphi) + c_1$$

$$y = h \cdot \sin(\varphi) + c_2$$

$$z = d_1 \cdot h + d_2 / h + d_3$$

式中， h 沿着钻孔（在地表的投影）而变化， d_1 、 d_2 、 d_3 是取决于钻孔原始倾角的常数， c_1 和 c_2 是起点坐标， φ 是钻孔方位角。

谢莱夫特矿田矿化 模型参数的估算

矿化模型参数的估算是根据瑞典北部（大致在北纬65度）的谢莱夫特矿田中部的已知矿床进行的。在最近60年期间，对该矿床进行了大规模的探矿工作。Grip(1970)对已知矿体的几何形状进行了全面研究。

为了使模拟工作尽可能接近实际情况，曾把谢莱夫特矿田的某一部分——乌登-艾森矿区作为所研究的有限块段的一个样板。该块段的大小是 $18 \times 5 \times 1 \text{ km}^3$ 。我们的目的不是再现地质情况，而只是维持不同岩石类型之间的关系，对可能的地质构造进行总的描述。其结果只是稍微限制了模型的通用性。

谢莱夫特矿田的已知矿床的总体由88个目标组成。这88个目标均已用来估算该矿化模型中各几何参数和矿石价值参数的分布函数。

研究了88个矿床的全部已知资料之后，得知描述矿化椭球体长轴和中轴长度的各参数不是独立的。然而，如果在估算分布函数时，用中轴和长轴之商来代替中轴，就可以满足独立条件。对长轴的分布函数可以进行偏差校正（这种偏差是由于基岩表面的不连续性引起的），因此该函数可以描述连续介质中的长轴的长度 Wallin(1975)。

模拟程序

模拟程序的一般结构可用程序框图表

示，见图4。

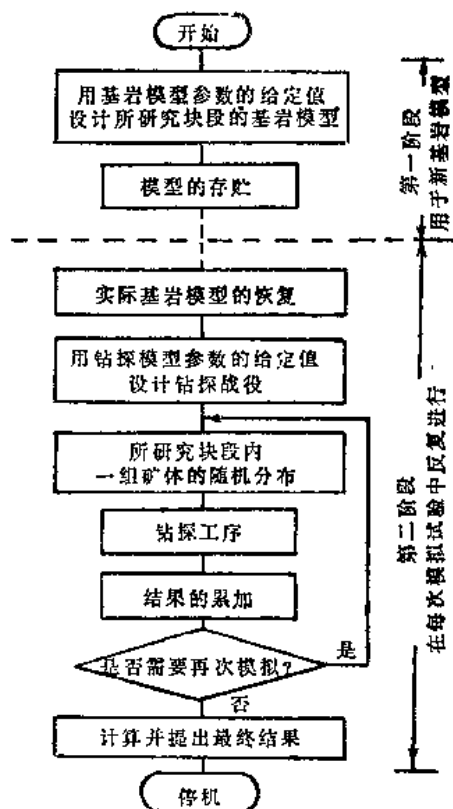


图4

矿体几何形状、位置 and 价值的确定

在每次模拟中，根据给定的分配函数随机地确定一组矿体的尺寸、走向、倾角及矿石价值，进而对给定的矿量加以随机定位。在矿体定位过程中，要考虑三个基岩模型系数，即实际岩石类型内矿化的强度，矿体的群集趋势以及蚀变带的产状。

用下述方法处理矿化强度：

首先取三个均匀分布的随机数，并将它们转换为所研究块段内矿体的可能中心的 x 、 y 和 z 坐标。

然后按矿化强度函数表，用内插法计算该矿体中心的强度值。取一个新的随机数。如果该随机数小于强度值，则将一点视作矿体的几何中心。然后，继续确定矿体的几何形状：取六个随机数，把它们转换为坐标后即可确定三根轴的长度、走向、倾角及矿石

价值。

如果该随机数大于强度值，则否定该矿体并进行新的试验。

用下述方法处理群集趋势：

如上所述，圈定一个矿体的位置；

现在把该矿体中心视作潜在群集的中心。取一个新的随机数，据此可以确定该群集中还应该有多少个矿体。为此，可以利用描述群集尺寸参数的分布函数；

确定该群集的各组成部分的多变量正态分布中心；

按照标准程序确定该群集内新的组成部分的尺寸、方位及矿石价值。

最后，考察蚀变带产状。当一个矿体已经圈定时，就可以取一个新的随机数。如果该随机数小于蚀变带的频率，则可根据前述分布函数继续确定周围蚀变带的尺寸及位置。如果该随机数大于蚀变带的频率，则矿体未被蚀变带包围。

所研究块段边界的影响

所研究的块段可以看成是从连续的基岩中划分出来的平行六面体。这意味着边界作用会使模拟试验的结果产生偏差。

在这项研究中，目标在 z 方向上的长度与所研究块段的深度相比显得很大；而目标在 x 、 y 方向上的长度与所研究块段的尺寸相比却很小。因此，垂直边界的作用已经忽略了。

然而，顶面和底面的作用不可忽略。为了消除偏差，在继续对矿体中心定位时，所研究块段已向顶面之上延伸500米，向底面以下延伸500米。顶面以上的那部分矿体可以排除。底面以下的那部分矿体也未计入所研究块段内的矿石总量。然而，如果在所研究块段内揭露了这个矿体，低于底面的这部分也可以计入所研究的矿石总量。

钻探程序

模拟是从该块段中矿体的分布开始的。

然后，对一组钻孔定位并给出每个钻孔的方位，从而安排钻探战役，接着进行钻探。

该数学钻探程序的原理如下。对于每个矿床，检查钻孔是否通过了矿床。然而，许多矿体最初就可以否定掉，因为钻孔不能达到。根据矿体中心和钻孔起点之间的距离，可以进行否定远距离矿体的简单试验。如果这个距离大于钻孔最大长度加上实际矿化椭球体长轴的一半长度，这个矿体就可以立即否定掉，反之，则可编制下列钻探程序：

钻孔逐步向矿体钻进，在前面所述长度变量 h 上，每步仅增加一个微小的长度 dh 。每步都计算钻头位置的 x 、 y 、 z 坐标(x_D , y_D , z_D)，并将这些坐标和矿体的位置加以对比。矿体表面任意点的坐标，可由相应的椭球体方程式求得：

$$\left(\frac{x}{b_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{b_2}\right)^2 + \left(\frac{z}{b_3}\right)^2 = 1$$

对每个钻头位置(x_D , y_D , z_D)，可以计算出以下数值：

$$r^2 = \left(\frac{x_D}{b_1}\right)^2 + \left(\frac{y_D}{b_2}\right)^2 + \left(\frac{z_D}{b_3}\right)^2$$

如 r 值小于或等于1，就是揭露了矿体。只要 r 值减小（即钻头接近矿体），则继续钻探。达到最近点时， r 值开始增大。

为了提高钻探速度， dh 值已达到10米。这意味着钻孔的每个进尺为10—20米，约为椭球体短轴长度的两倍。为了在未找到短轴长度时不钻“透”矿体，当 r 值开始增大时，开始用 $dh=0.2$ 进行后向插值。如矿体为蚀变带所包围，则对蚀变带进行钻探，其方法与钻探矿体相同。

结果的计算及其表示方法

每次模拟实验都由许多钻探战役组成，其钻孔按长方形网格布置。对每个钻探战役来说，在所研究块段内都有一组新的矿体。该块段内的矿石量可预先给定，钻探的所有结果都取决于矿石量。

所揭露的矿体分为以下六类:

1. 大于400万吨的深成矿体;
2. 大于400万吨的矿体;
3. 深成矿体;
4. 所揭露的全部矿体;
5. 大于400万吨的露头矿体;
6. 露头矿体。

深成矿体是指那些不与基岩表面相交的矿体。

在这项研究工作中,最有意义的是第一类,它有大于400万吨的深成矿体。这项研究中的一个基本假设是:所有地表矿体都为已知。一般认为,就经济开采而言,小于400万吨的深成矿体是太小了。

露头矿体的数量可用来校准某一模拟实验中所研究块段的模拟模型的矿化强度。对此,第五类是特别有意义的。

如果需要的话,钻探可以逐步进行,它可能得出数量惊人的数据。根据模拟实验只能积累下列资料:

所揭露的矿体和蚀变带的数目;

所揭露矿体尺寸、方位、位置、吨数及矿石价值;

表示所揭露矿体尺寸分布的直方图;

表示所揭露矿体矿石价值分布的直方图;

每米进尺所揭露矿石的平均吨数;

该平均值的标准差。

模拟模型和模拟程序的 校准与验证

在采用模拟方法开始数学研究之前,你应该验证模拟模型和模拟程序。最好的方法是将模拟情况与实际情况加以对比。另一种方法是将某些模拟实验结果与同样条件下的理论计算结果加以对比。这样,你就可以检验模型的技术结构及模拟程序是否准确无误。

在这项研究中,我们有可能对所研究块段内给定矿石量的模型参数进行验证和校准。一个基本假定是:谢莱夫特矿田中所有与基岩表面相交的矿体都为已知。在乌登-艾森矿区有8个地表矿体,它们可以作为建立基岩模型所用的粗略模型。其中的两个矿体大于400万吨。

然后,我们可以模拟所研究块段内具有不同矿石量的各组矿体,并确定露头矿体的尺寸分布。通过实测的矿体分布与许多组模拟的矿体平均值(作为矿石总量的函数)的对比,我们可以得到该块段内矿石量的粗略估算值。这种校准的结果表明,在我们所研究的特定块段内,矿石总量的最佳估算值约为8000万吨。

也有可能确定矿石总量为4000万吨、6000万吨、8000万吨、1亿吨和1.2亿吨的各矿体的平均数。模拟结果,各矿体的平均数分别为32、43、57、67和91。Rhodin, L (1975) 根据概率论进行了一项理论研究,他指出,在尽可能接近模拟的假定之下,我们应预期在所研究的块段中有54个矿体。

Rhodin也对找到一个矿体的概率进行了研究。为了有可能与模拟的结果加以对比,模拟的条件应尽可能与概率计算所用的条件接近。在这两种研究中,矿体是均匀地分布在所研究块段之中的。矿石量是用矿体数给出的,矿体数从24到72按12递增。钻探工作按长方形网格进行,每个钻探战役打40个钻孔,孔深1000米,原始倾角 80° ,向北倾斜。就是说,钻探深度达822米。上述结果示于图5。

曲线表示每钻进1米命中一个深成矿体的概率和每钻进1米命中一个大于400万吨深成矿体的概率。该图给出的误差代表了成果平均值的标准差。

值得注意的是,模拟概率有系统地稍低于理论计算的概率。差值接近10%。其原因

是; Rhodin对所有矿体都采用了东-西走向。

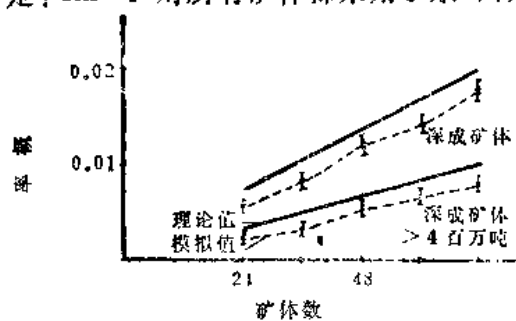


图 5

模拟模型允许40%的矿体走向均匀分布在东-西方向两侧 $\pm 30^\circ$ 范围内。向北钻进命中矿体的概率取决于垂直于钻孔的矿体的投影面积。在模拟的情况下,我们得到的平均投影面积小于理论计算的平均投影面积。然而,其差值小于5%。

本研究中所用三个特殊 基岩模型的描述

研究在模型上增加更多的关于基岩的已知特性资料后对预期结果的影响,这项工作是很意义的。

为了进行这项研究,已建立了三个特殊的基岩模型。通过这三个模型,可以增加对基岩地质情况的了解。目的不是详细地再现地质情况,而是保持不同岩石类型和总地质构造之间的关系。

第一个模型是退化模型,它说明所研究块段内矿体的中心是均匀分布的。该模型的意义是:除了你能认为这个矿区有一定的勘探价值外,根本不能了解地质构造。这个模型叫做均匀模型。

第二个模型具有一个直立岩层(例如页岩),它与所研究块段(由火山岩组成)相交切。该岩层的厚度为300米。在这个模型中,我们假定页岩对矿石的成因有一定的影响。因此可以假定:矿化的相对强度随着与页岩的距离而变化,其最高值见于距页岩约200~400米处。页岩内的强度为零。这个模

型叫做页岩模型。

第三个模型叫做页岩-花岗岩模型。这个模型具有和页岩一样的页岩岩层。同时,在花岗岩和火山岩之间还有一个平行于页岩的接触带。花岗岩与页岩相距200米。花岗岩内矿化的相对强度可给予任何值,但选定为零。在页岩外面的火山岩中,矿化的相对强度函数可以通过与页岩模型的对比加以修正。高强度矿化的范围很狭窄,强度最高值见于距页岩约100—200米处。

因为这项研究是以钻探战役的模拟为基础的,因此我们必须选择钻孔的布置方式。在第一个模型中,假定我们对地质构造一无所知。在这种情况下,我们选择的钻孔布置方式是:在所研究块段的整个表面上布置长方形网格。

如果对地质构造及矿石赋存的概率有一些了解,最好是用这方面的知识来选择钻孔的布置方式。第二和第三个模型就是如此。矿化强度函数可以启发我们找寻最可能赋存矿石的小块段。

在根据页岩模型或页岩-花岗岩模型进行的钻探战役中,将钻孔沿平行于页岩一线作等距离的布置。钻孔至页岩的距离是按照如何使钻头尽可能在适当的深度上穿过矿化强度高的岩石而选择的。

结 果

这个方法的目的是在一定的假定条件下,把关于一个采区的矿化和地质知识用于勘探,它能比采用常规勘探方法达到更深的基岩块段。根据这个基岩块段模型,对基岩地质以及该块段内各经济目标的统计特性作出不同的假定,然后就有可能完成勘探战役的模拟,并研究采用不同策略所能获得的成果。

必须着重指出,模拟实验所得成果只是反映了事先对模型所作的假定。这种成果就是根据勘探资料对各种不能对比的认识进行