

固体矿产资源资源量估算综合实验

基于SD法的资源量估算

核资源勘查技术实验教学示范中心

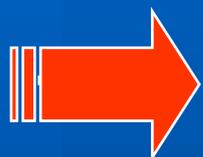
实验目的

在对SD法基础理论的讲解和SD储量通软件详细介绍的基础上，通过对某矿区（铜多金属矿区）进行计算，使学生掌握基于SD法计算固体矿产资源资源量的方法和对储量通软件的使用。

实验提纲

- 一、SD法理论基础
- 二、SD储量通软件简介
- 三、实验案例分析及估算过程

实验提纲

 SD法理论基础

二、SD储量通软件简介

三、实验案例分析及估算过程

一、SD法理论基础

SD法的全称是最佳结构曲线断面积分储量计算及储量审定算法。“SD”代表三种含意。

其一：最佳结构曲线是由Spline函数(三次样条函数)拟合的，取Spline的第一个字母S，取断面积分一词的汉语拼音的第一个字母D，亦即“SD”；

其二：SD法计算过程，主要采用搜索递进法，取“搜索”一词的汉语拼音的第一个字母S，取“递进”一词的汉语拼音第一个字母D，亦即“SD”；

其三：SD法具有从定量角度审定储量的功能。取“审定”一词汉语拼音声母的第一个字母，亦即“SD”。

由此，“SD”具有原理、方法、功能几方面的含义，SD储量算法也由此而命名。

SD法是以方法简便灵活为准则，以储量精确可靠为目的，以最佳结构地质变量为基础，以断面构形为核心，以Spline函数及分维几何学为主要数学工具的储量计算方法。它有别于地质统计学储量算法，是一种比传统储量算法更深入、更可靠的自动化储量计算方法。

一、SD法理论基础

1. 计算类型

SD法将计算类型划分为“标准型”和“综合型”两类。

“**标准型**”是指直接采用原始样品数据计算，它是按工业指标对每个样品自动进行取舍（即**圈矿**），计算出单工程的平均品位和厚度。它的品位和厚度是随着工业指标的变动而变动。一旦工业指标被确定，它的品位、厚度也就被确定。因此，标准型计算可以实现**动态圈矿**，动态地合理确定工业指标。

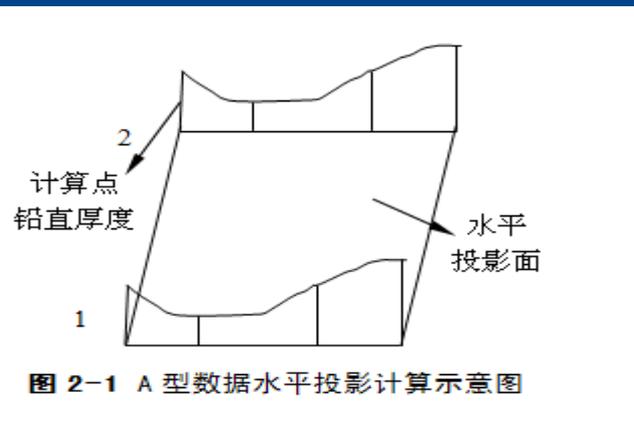
“**综合型**”指直接采用单工程的综合数据计算，就是说，已经按工业指标要求对工程的各个样品进行了取舍，构成单工程的平均品位和厚度。SD法可直接利用这种综合数据进行计算，**不需要圈矿**。

一、SD法理论基础

2.数据类型

SD法主要根据矿体规模、产状、勘探工程类型主次、工程对矿体的揭露情况不同，将数据类型划分为四种：A型、B型、C型和D型。

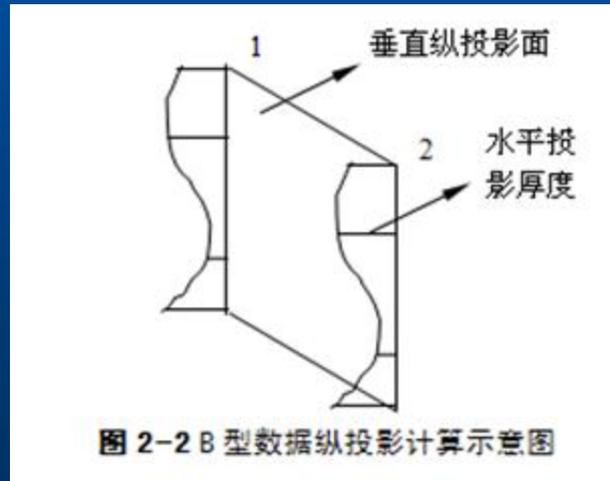
1) A型—矿体厚大、产状平缓，利用铅直厚度进行水平投影计算，且欲分台阶（中段）计算者。必须是标准型计算。



一、SD法理论基础

2.数据类型（续）

2) B型—产状陡直，或以水平坑道探矿为主，利用水平厚度进行纵投影计算者。选择B型数据时所利用的工程必须要求揭穿矿体（矿带）的顶底板。



一、SD法理论基础

2.数据类型（续）

2) C型—矿体较薄产状平缓，利用铅直厚度或真厚度计算者。选择C型数据时，所利用的工程，必须是揭穿矿体（矿带）顶底板的工程。

C型数据计算时有两种情况：一种是利用铅直厚度作水平投影计算（示意图同A型计算）。另一种情况是利用真厚度作斜面投影计算。这种情况常见于石英脉型金矿床。

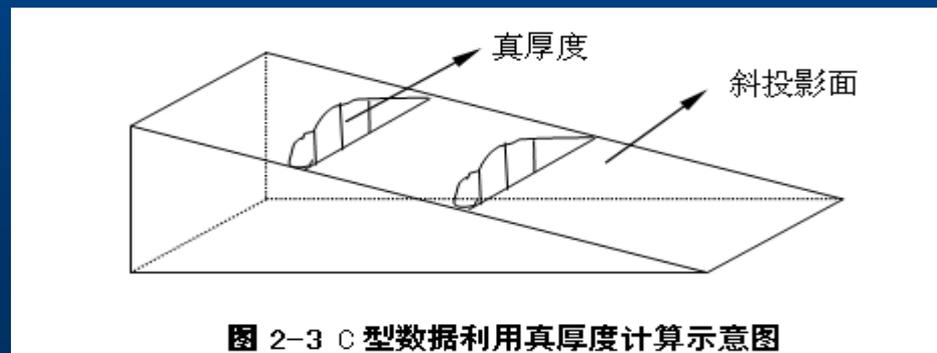


图 2-3 C型数据利用真厚度计算示意图

一、SD法理论基础

2.数据类型（续）

2) D型—坑探结合施工，或工程无大致同方向状况，**不满足A、B、C型数据计算的条件**（不能进行齐底形变用于SD样条函数拟合），仅依据断面周长、面积进行计算。如：采矿过程中呈网格状布置的坑道或呈放射状施工的钻孔及坑道，主要用于揭露矿体的边界等。选择D型数据，对工程揭露矿体顶底情况没有特别要求。

一、SD法理论基础

3.形质方案

地质形质方案分为：框块、任意分块、A台阶、A框块、A分块。

A台阶特指A型墩坝，任意分块、框块A、B、C型均可。

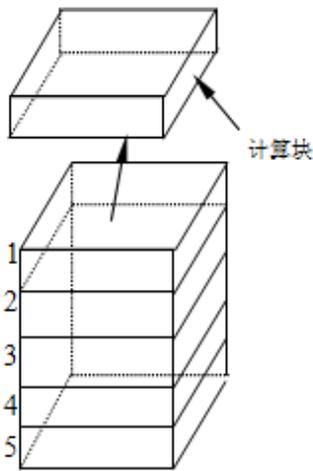


图 2-6 A 台阶计算示意图

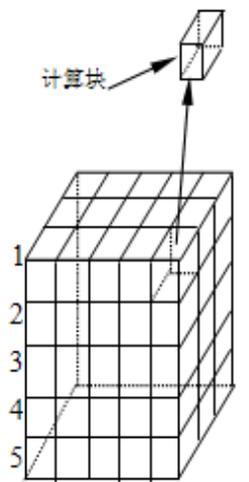


图 2-7 A 框块计算示意图

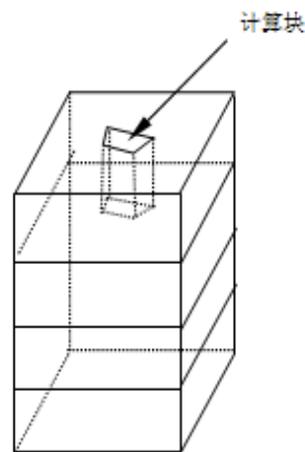


图 2-8 A 分块计算示意图

一、SD法理论基础

4.SD法计算方案

由计算类型、数据类型、形质方案，三者缺一不可。

考虑到各种可能的地质情况和

- 1) 标准型A型地理坐标台阶
- 2) 标准型A型地理坐标框块
- 3) 标准型B型地理坐标框块
- 4) 标准型C型地理坐标框块
- 5) 综合型B型地理坐标框块
- 6) 综合型B型相对坐标框块
- 7) 综合型C型地理坐标框块
- 8) 综合型C型相对坐标框块
- 9) 综合型D型

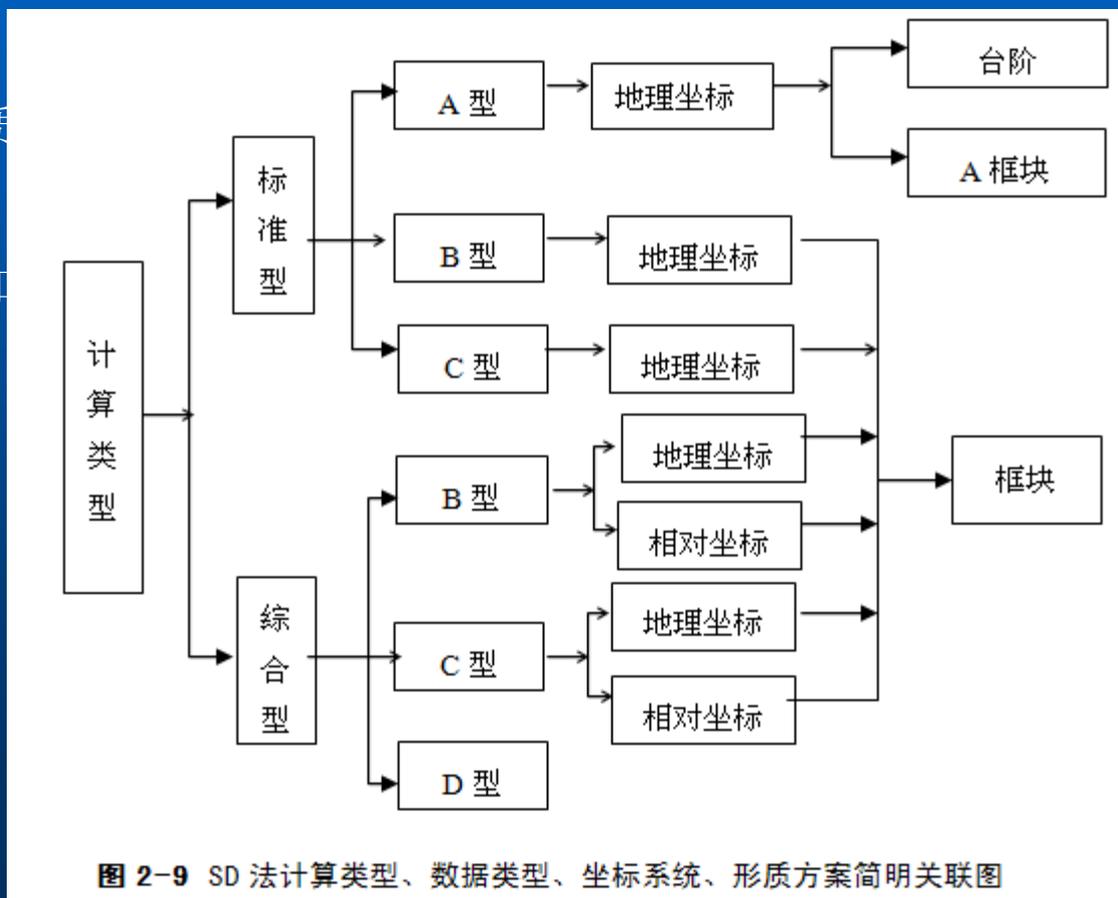


图 2-9 SD 法计算类型、数据类型、坐标系统、形质方案简明关联图

一、SD法理论基础

5.估算公式

1) 主导公式

矿石量: $Q = V \cdot D$

金属量: $P = VCH \cdot D$

平均品位: $\bar{C} = P / Q$

其中: V 代表体积, D 代表体重, VCH 代表品位与体积乘积的积分值。

一、SD法理论基础

5.估算公式（续）

2) 精度计算公式

$$\eta = \rho \cdot \eta_0$$

式中 η 为SD精度, η_0 为原始精度, ρ 为框架指数。

3) 风暴品位

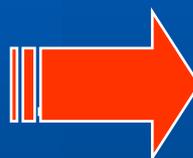
风暴品位的识别与处理, 是用计算单元的平均品位与风暴品位倍数限之积, 风暴品位倍数限 σ 的计算公式为:

$$\sigma = \delta_1 + \delta_2 T$$

σ 是高出计算单元平均品位的倍数, T 是矿体地质变量的复杂度, δ_1 是截距常数2.933, δ_2 是斜率常数17.067。

实验提纲

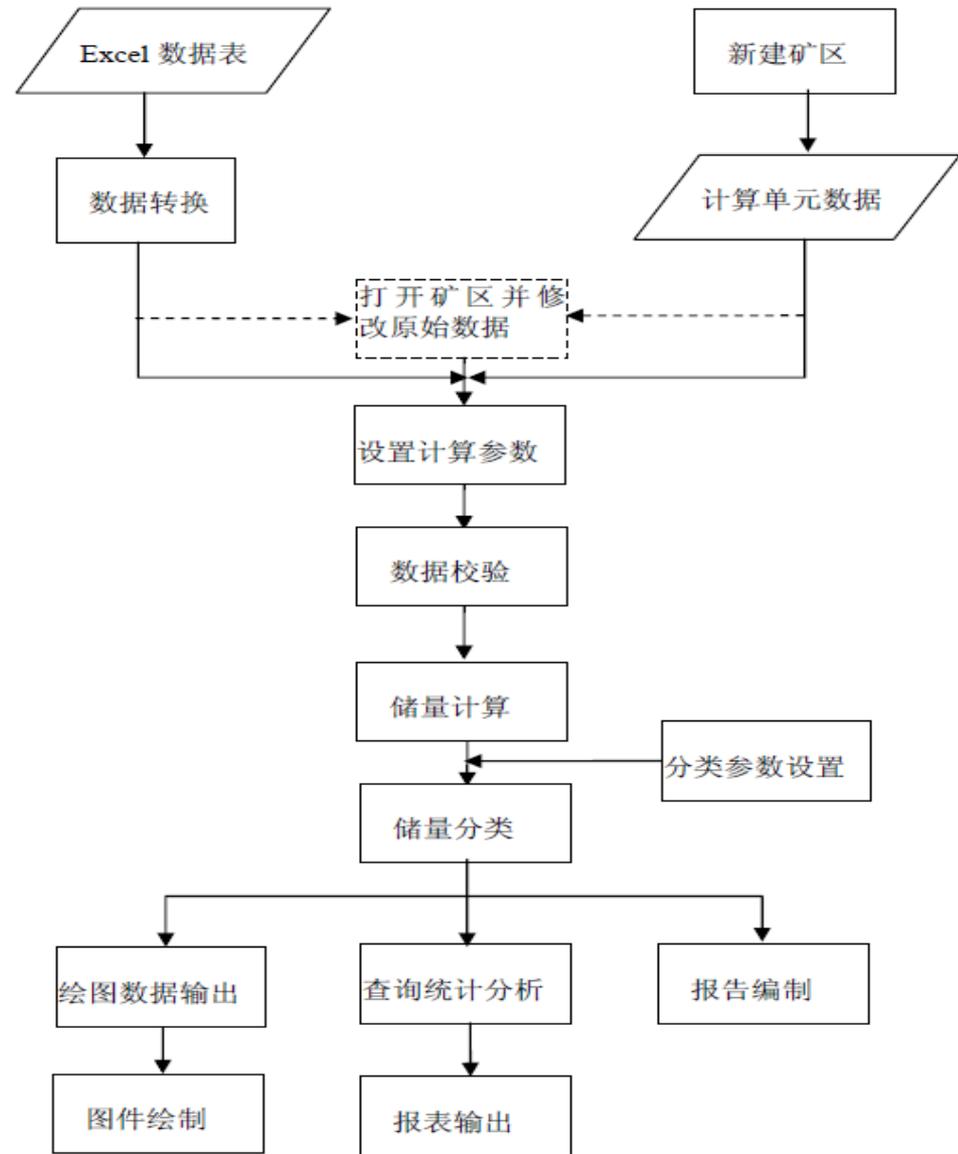
一、SD法理论基础

 SD储量通软件简介

三、实验案例分析及估算过程

二、SD储量通软件简介

1.5



二、SD储量通软件简介

2. 资源量估算实现过程



SD数据转换...

SD资源储量计算参数设置...

数据整理及检验...

资源储量分类...

SD资源储量计算/分矿矿区综合结果查询统计

请选择矿区>> (574140385)-争光岩金矿区

请选择计算单元>>

计算单元	计算类型	数据类型
<input checked="" type="checkbox"/> 0101	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> 0102	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> 0103	标准型	B型
<input checked="" type="checkbox"/> S101	标准型	B型
<input checked="" type="checkbox"/> S102	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> S103	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> S104	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> S105	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> O201	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> O2-1	标准型	C型
<input checked="" type="checkbox"/> O2-2	标准型	C型

计算单元指标信息>>

计算单元	组...	边界品位...	可采...	米百分...	夹石别...	工业品...
<input checked="" type="checkbox"/> 0101	1	Au≥0.200	2.000	1.000	2.000	Au≥0.500
<input checked="" type="checkbox"/> 0102	1	Au≥0.200	2.000	1.000	2.000	Au≥0.500
<input checked="" type="checkbox"/> S101	1	Au≥0.800	1.000	1.500	2.000	Au≥1.500

储量计算分类结果汇总信息>>

计算	矿体	矿石量(t)	Au金属量(kg)	Au品位	Ag金属量	Ag品位	Cu金属量(t)
0101	I 0-1	8483.817	14.194	1.673	182.904	19.202	0.000
0102	I 0-2	15805.308	18.369	1.162	0.000	0.000	0.000
0201	II 0-1	1863.715	2.127	1.278	20.372	24.375	0.000
S101	I 1-1	5957.100	26.618	4.468	96.830	16.255	7.163
S102	I 1-2	13029.895	28.497	2.187	99.735	7.654	0.000
总计		44939.935	89.805	1.998	379.842	13.419	7.163

查看全部明细(C)> 查询统计分析(C)... 导出查询结果(E)... 返回(B)...

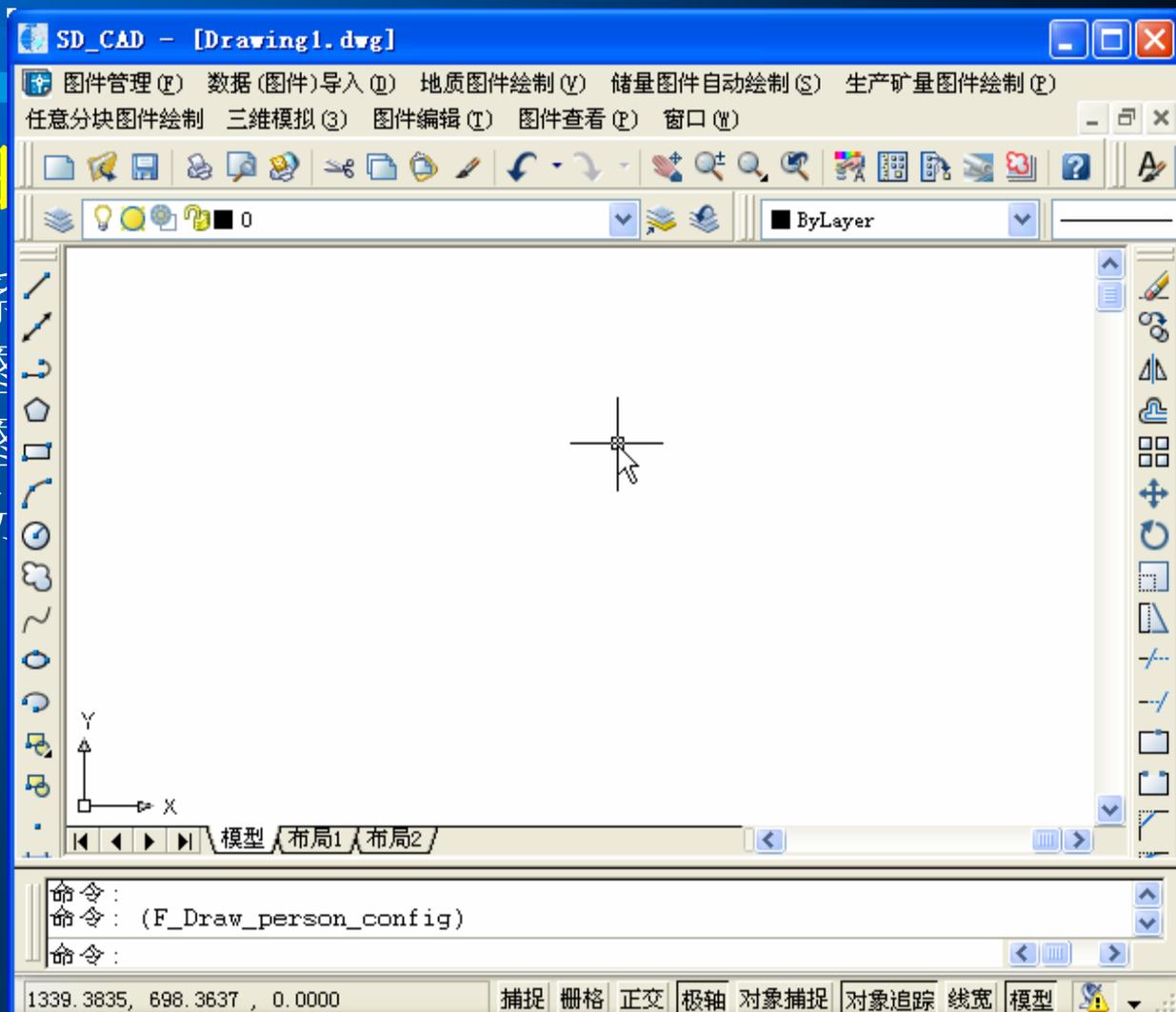
开始(S) 返回(B)

正在转换『单工程样品分析结果表.XLS』,请

二、SD储量通软件简介

3.SD矿产资源绘图

SD法系列软件绘图系
产需要的储量计算图
图、框块储量投影图
分划图、储量精度分
绘制及资源量统计、

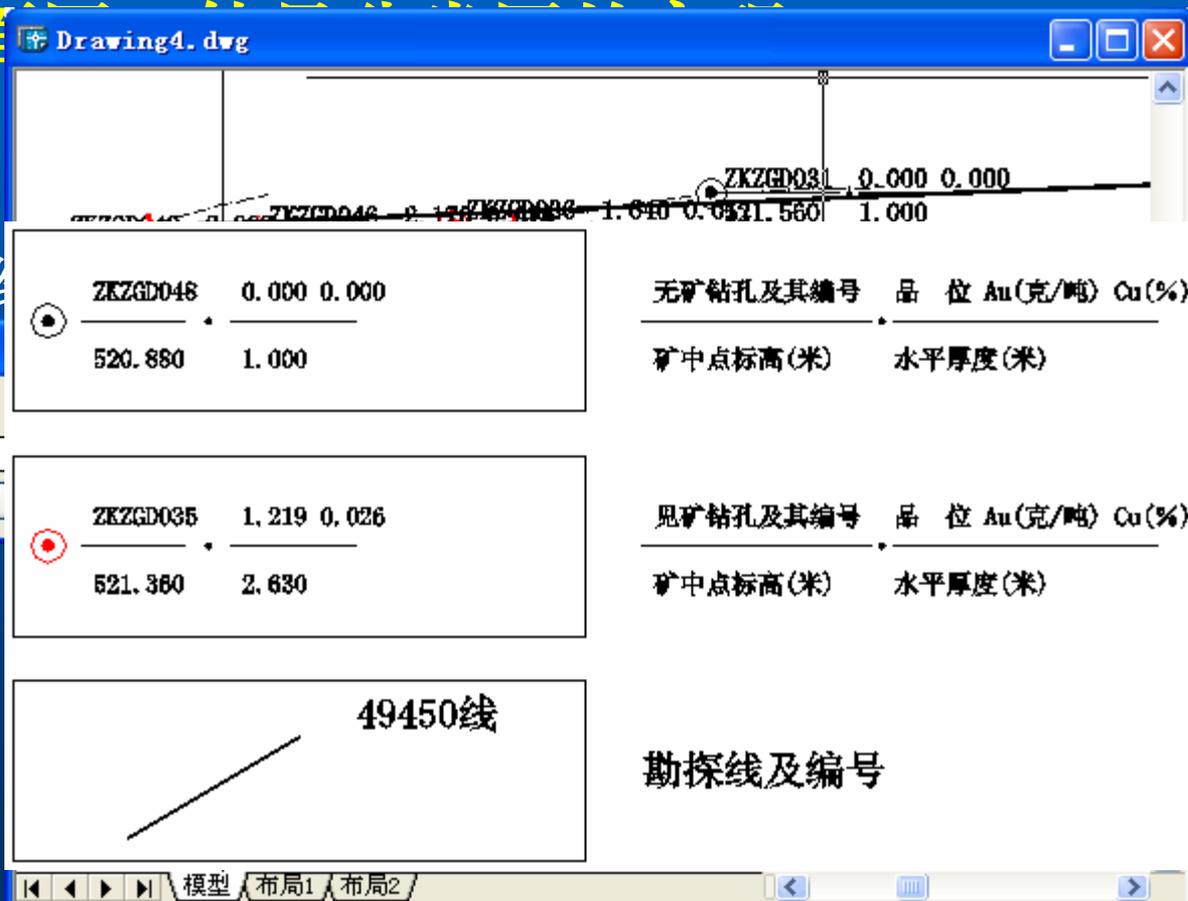
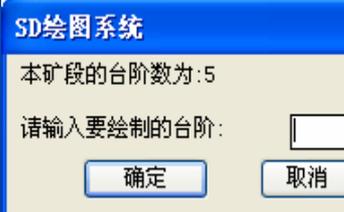
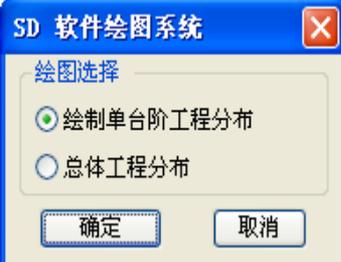


二、SD储量通软件简介

4.工程分布图、剖面

1) 工程分布图

打开 [地质图件]



二、SD储量通软件简介

4.工程分布图、剖面图、储量分类图的实现

2) 剖面图

打开 [地质图件绘制] 菜单，选择 [剖面图]。

SD绘图系统

本矿段的剖面数为:3

请输入要绘制的剖面?

XXXX演示铜矿区 DTYS 矿段 0地质剖面图

取样分析结果表

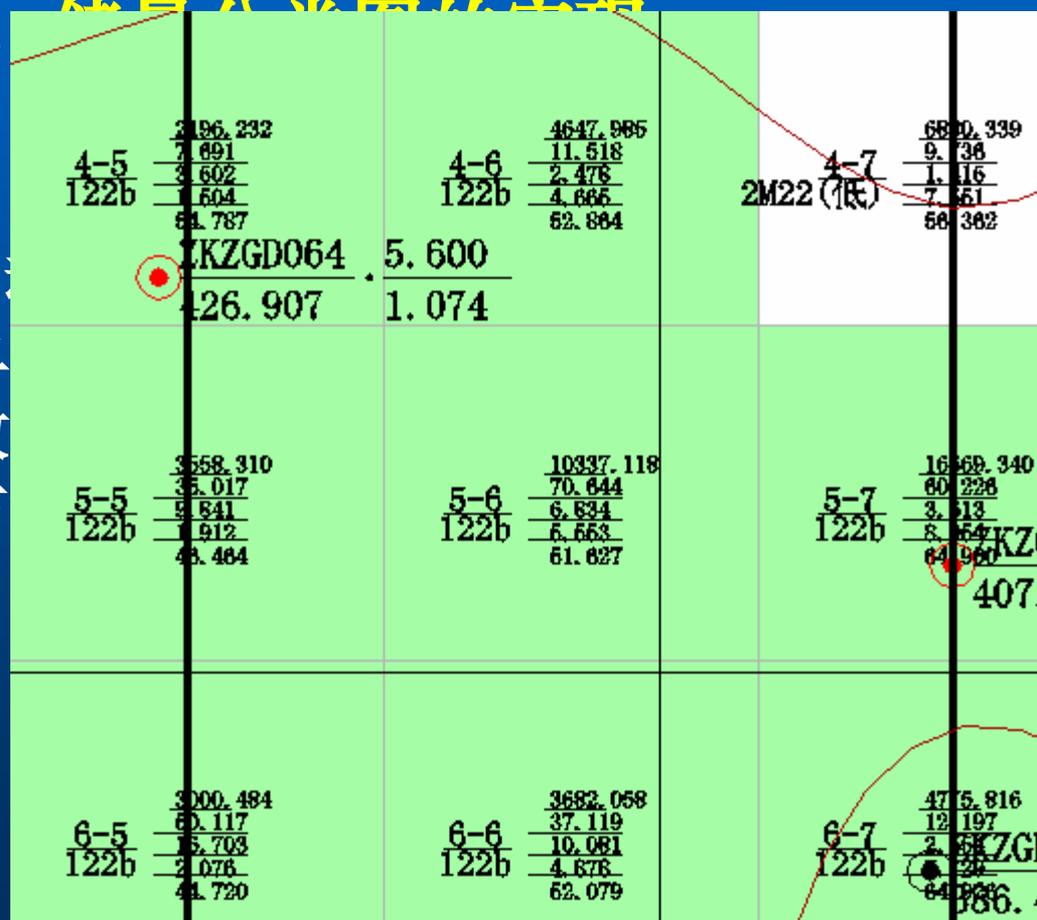
采样点	品位	重量	备注
1	0.015	100g	
2	0.018	100g	
3	0.020	100g	
4	0.022	100g	
5	0.025	100g	
6	0.028	100g	
7	0.030	100g	
8	0.032	100g	
9	0.035	100g	
10	0.038	100g	
11	0.040	100g	
12	0.042	100g	
13	0.045	100g	
14	0.048	100g	
15	0.050	100g	
16	0.052	100g	
17	0.055	100g	
18	0.058	100g	
19	0.060	100g	
20	0.062	100g	
21	0.065	100g	
22	0.068	100g	
23	0.070	100g	
24	0.072	100g	
25	0.075	100g	
26	0.078	100g	
27	0.080	100g	
28	0.082	100g	
29	0.085	100g	
30	0.088	100g	
31	0.090	100g	
32	0.092	100g	
33	0.095	100g	
34	0.098	100g	
35	0.100	100g	
36	0.102	100g	
37	0.105	100g	
38	0.108	100g	
39	0.110	100g	
40	0.112	100g	
41	0.115	100g	
42	0.118	100g	
43	0.120	100g	
44	0.122	100g	
45	0.125	100g	
46	0.128	100g	
47	0.130	100g	
48	0.132	100g	
49	0.135	100g	
50	0.138	100g	
51	0.140	100g	
52	0.142	100g	
53	0.145	100g	
54	0.148	100g	
55	0.150	100g	
56	0.152	100g	
57	0.155	100g	
58	0.158	100g	
59	0.160	100g	
60	0.162	100g	
61	0.165	100g	
62	0.168	100g	
63	0.170	100g	
64	0.172	100g	
65	0.175	100g	
66	0.178	100g	
67	0.180	100g	
68	0.182	100g	
69	0.185	100g	
70	0.188	100g	
71	0.190	100g	
72	0.192	100g	
73	0.195	100g	
74	0.198	100g	
75	0.200	100g	
76	0.202	100g	
77	0.205	100g	
78	0.208	100g	
79	0.210	100g	
80	0.212	100g	
81	0.215	100g	
82	0.218	100g	
83	0.220	100g	
84	0.222	100g	
85	0.225	100g	
86	0.228	100g	
87	0.230	100g	
88	0.232	100g	
89	0.235	100g	
90	0.238	100g	
91	0.240	100g	
92	0.242	100g	
93	0.245	100g	
94	0.248	100g	
95	0.250	100g	
96	0.252	100g	
97	0.255	100g	
98	0.258	100g	
99	0.260	100g	
100	0.262	100g	

二、SD储量通软件简介

4.工程分布图、剖面图、储量分类图

3) 储量分类图

将指针移至[储量图件自
框块储量分类图]子菜单
阶数,最后选择是否带数
制过程中,会在图的右



SD 软件绘图系统

绘图选择

带数据表绘制图件

不带数据表绘制图件

确定 取消

SD 绘图系统--图形设置

矿域

去除矿域线外颜色

不去除矿域线外颜色

采空区界线点方向

顺时针方向

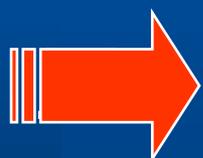
逆时针方向

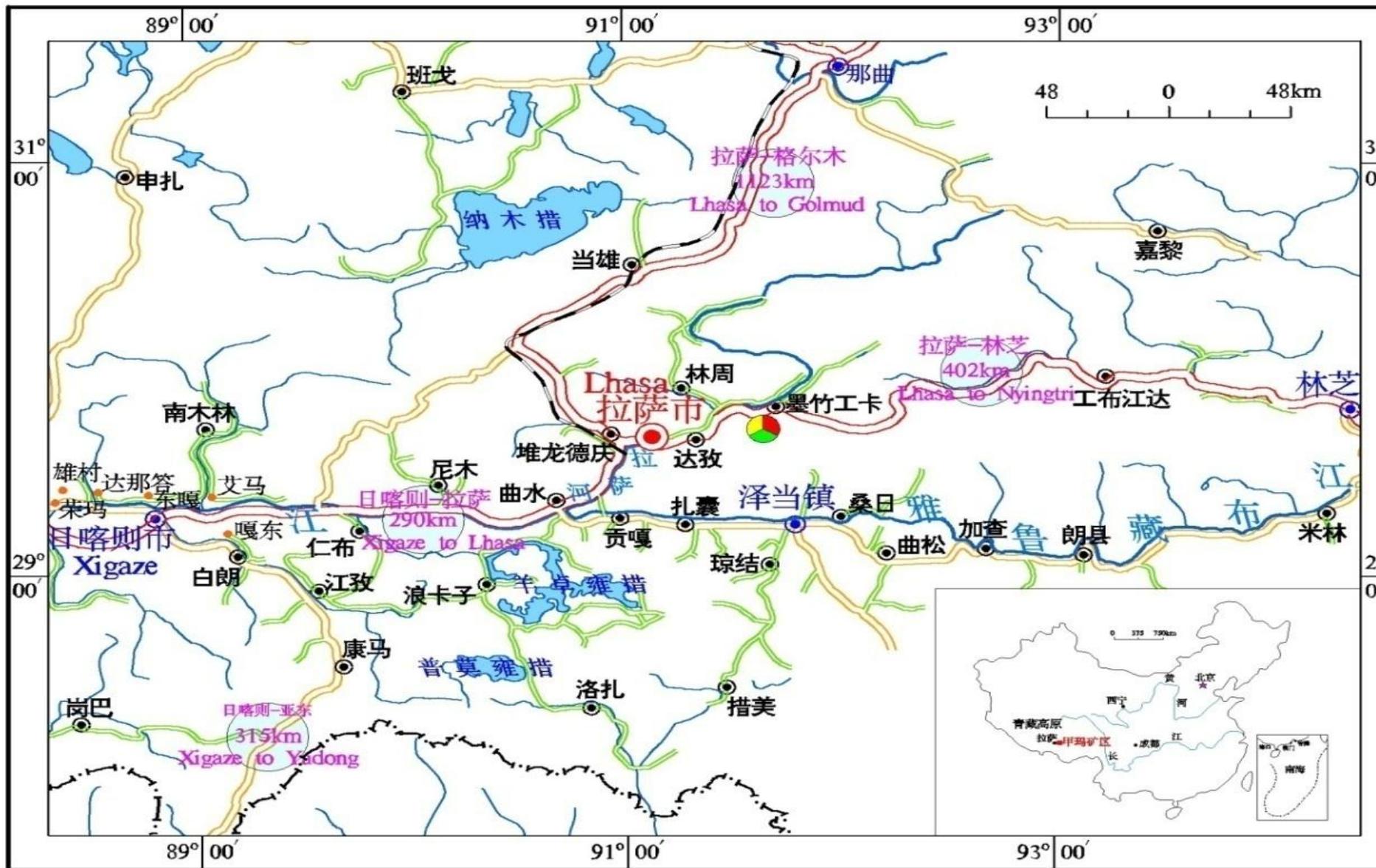
确定 取消

实验提纲

一、SD法理论基础

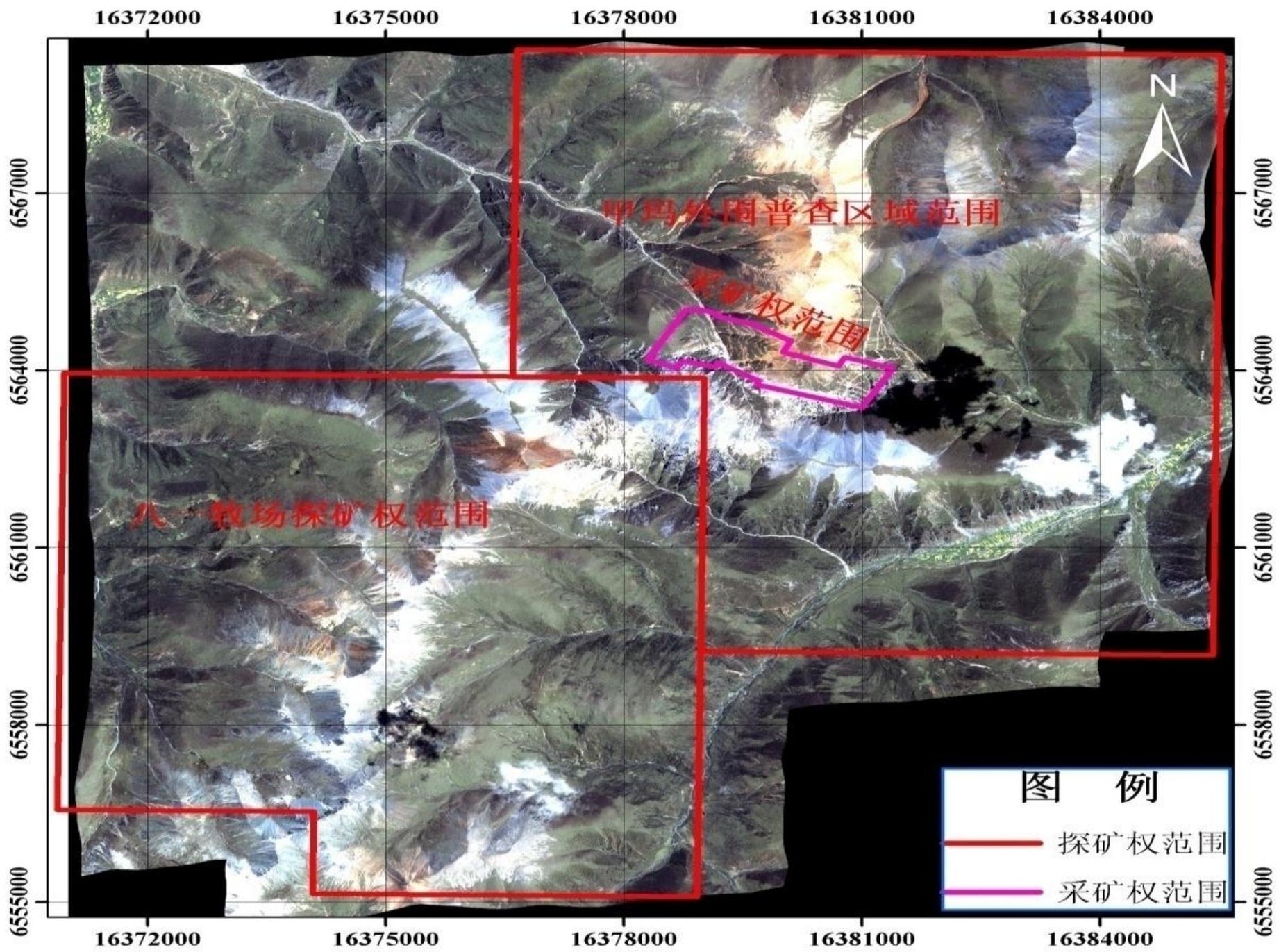
二、SD储量通软件简介

 实验案例分析及估算过程



图例

- | | | | | | | | |
|--|--------------|--|----------|--|---------------|--|---------------|
| | 国道 | | 省道 | | 一般公路 | | 铁路 |
| | 河流 | | 湖泊 | | 拉萨市 自治区人民政府驻地 | | 日喀则市 地区行政公署驻地 |
| | 墨竹工卡 县人民政府驻地 | | 荣玛 乡镇、村庄 | | 甲玛铜多金属矿区 | | 国境线 |



16372000

16375000

16378000

16381000

16384000

6567000

6567000

6564000

6564000

6561000

6561000

6558000

6558000

6555000

6555000

16372000

16375000

16378000

16381000

16384000

图 例

- 探矿权范围
- 采矿权范围

八一牧场探矿权范围

甲玛外围普查区域范围

采矿权范围

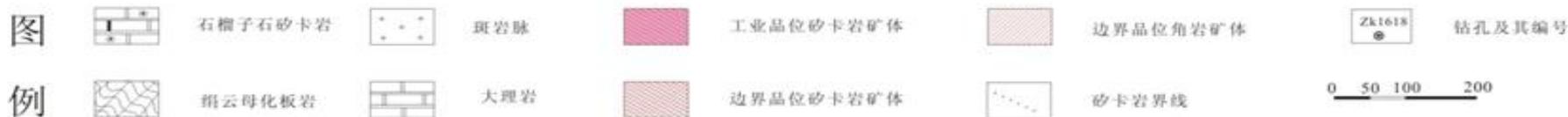
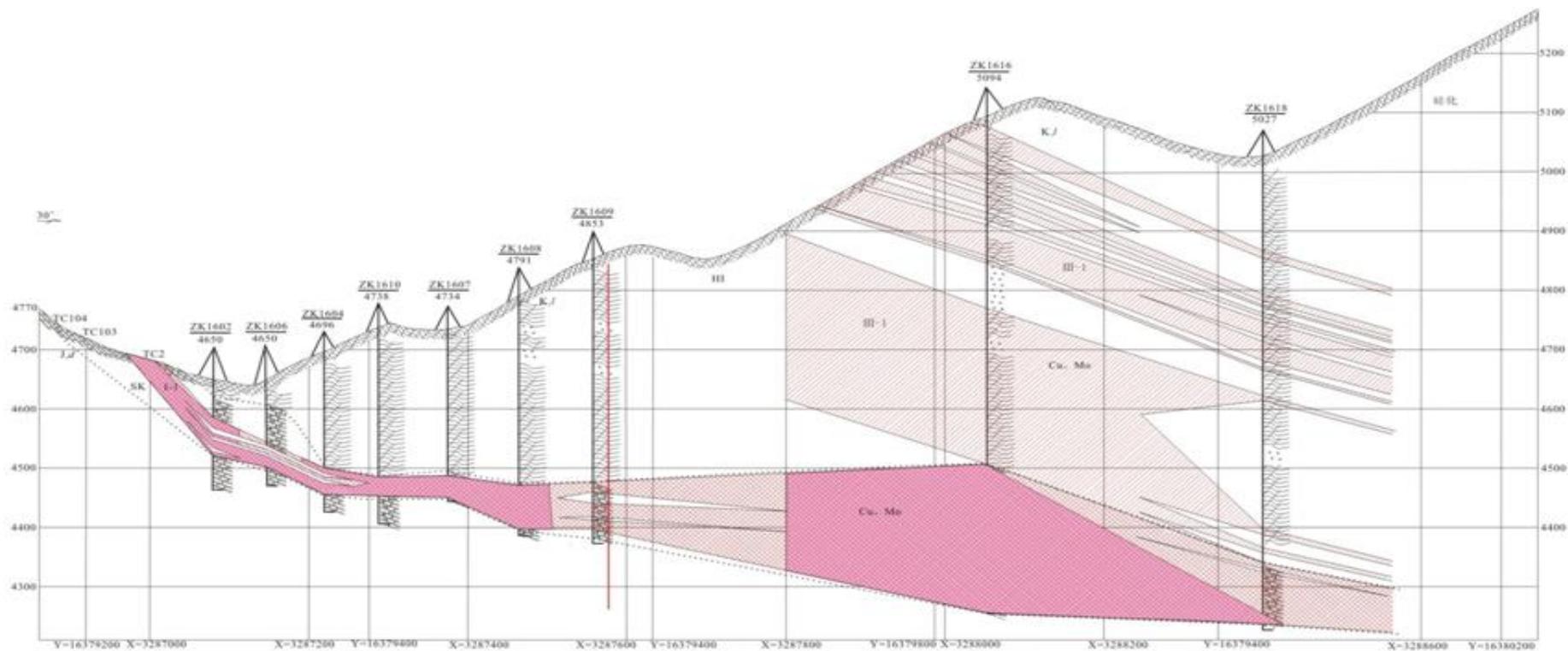
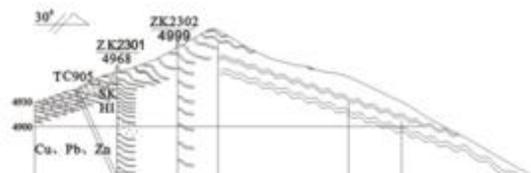


图 3-1 甲玛铜矿 16 号勘探线地质剖面图

三、实验案例分析及估算

2.矿体简介 (续)

按产出形态、产状、规模等，本次估算在矿区内共划分出矽卡岩型矿体9个，角岩型矿体5个，其中矽卡岩型矿体分别标为I-1~I-9，I-1矿体沿平面、垂直方向上均连续为一体，在深部形态上为层状、厚板状矿体。其他矿体在矿区东端，分布于56-88线之间的各个小矿体受构造作用影响较大，故矿体多呈透镜体。角岩型矿体分别标为II-1~5，分布于0线到16线到32线，呈透镜体。

表 3-4 甲玛铜多金属矿区各矿体情况一览表

矿体号	形态	产状	规模	主要矿石类型
I-1	层状、似层状、厚板状	北西西走向，倾向北北东	本矿区最大，分布于勘探线 47 至 56 之间	矿区内主要矿石类型均有：Cu、CuMo、Mo、Cu(Mo)、Mo(Cu)、CuPbZn、Cu(Pb)、PbZn、Cu(Zn)
I-2	似层状	北西西走向，倾向北北东	本矿区第二大，分布于勘探线 4 至 36 之间	Cu、Cu(Mo)、Mo、CuMo、CuPb
I-3	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Cu(Mo)、Mo、CuMo
I-4	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Pb(Zn)、CuPb(Zn)
I-5	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Mo、PbZn
I-6	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Cu(Mo)、CuPbZn
I-7	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、CuMo、CuZn
I-8	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Mo(Cu)
I-9	透镜状	北西西走向，倾向北北东	较小，位于矿区东端，分布于勘探线 56 线以东	Cu、Mo(Cu)、CuMo
II-1	似层状	北西西走向，倾向北北东	矿区最大角岩矿体，分布于勘探线 0 线、16 线和 32 线	Cu、Cu(Mo)、Mo、CuMo、Mo(Cu)
II-1	似层状	北西西走向，倾向北北东	矿区最大角岩矿体，分布于勘探线 0 线、16 线和 32 线	Cu、Cu(Mo)、Mo、CuMo、Mo(Cu)
II-2~5	似层状	北西西走向，倾向北北东	均较小，分布于 16 线和 32 线	Cu、Cu(Mo)、Mo、CuMo、Mo(Cu)

三、实验案例分析及估计

3.地质可靠程度确定

SD精度从定量角度探索矿产地质储量精度。它的大小取决于地质勘查手段和工程控制程度。它的准确程度、定量确定地质可靠程度工程数、度量矿产资源探采风险

表 3-5 矿体可靠程度待定区间归属结果表

可靠程度	待定区间	归属结果
探明—控制的	$80\% > \eta \geq 75\%$	探明的
	$75\% > \eta \geq 70\%$	探明的
	$70\% > \eta \geq 65\%$	控制的
控制—推断的	$45\% > \eta \geq 40\%$	控制的
	$40\% > \eta \geq 35\%$	控制的
	$35\% > \eta \geq 30\%$	推断的
推断—预测的	$15\% > \eta \geq 10\%$	推断的
预测的	$\eta \leq 10\%$	预测的

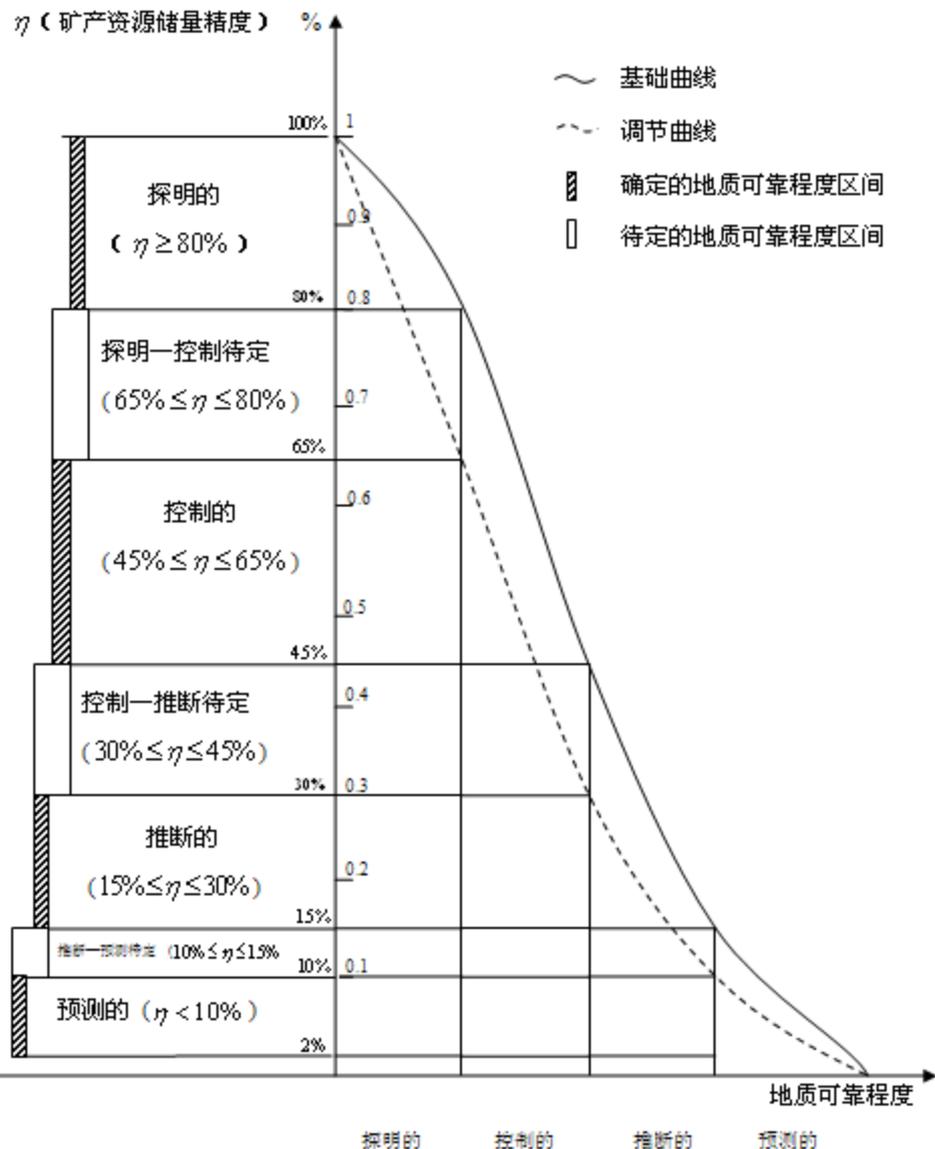


图 3-6 SD 精度与地质可靠程度应用关系图

三、实验案例分析及估算过程

4.工业指标

甲玛铜多金属矿成矿元素多，伴生组分丰富矿区属于多金属成矿区域，铜、钼、铅、锌均可单独圈定矿体。因此，在甲玛矿区范围内分别圈定出铜钼矿体和铅锌矿体两种。根据《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范》（DZ/T 0214—2002），并结合矿区矿体的矿石类型和矿石成矿元素组合特征，本次该矿区资源储量估算的工业指标分别确定如下：

1) 铜钼矿体（混合指标）

①边界品位： $Cu \geq 0.3\%$ 或 $Mo \geq 0.03\%$

最低工业品位： $Cu \geq 0.5\%$ 或 $Mo \geq 0.06\%$

最小可采厚度：2米

夹石剔除厚度：4米

②矿块中铜够矿而钼不够矿时，钼为伴生组分，伴生指标为 $Mo \geq 0.01\%$ ；

钼够矿而铜不够矿时，铜为伴生组分，伴生指标为 $Cu \geq 0.1\%$ 。

③其它伴生组份要求指标：

$Pb \geq 0.2\%$ ， $Zn \geq 0.4\%$ ， $Au \geq 0.1g/t$ ， $Ag \geq 1g/t$ 。

三、实验案例分析及估算过程

4.工业指标（续）

2) 铅锌矿体（混合指标）

①边界品位： $Pb \geq 0.3\%$ 或 $Zn \geq 0.5\%$

最低工业品位： $Pb \geq 0.7\%$ 或 $Zn \geq 1\%$

最小可采厚度：2米

夹石剔除厚度：4米

②矿块中铅够矿，锌不够矿时，锌作伴生，伴生指标为 $Pb \geq 0.2\%$ ；

锌够矿，铅不够矿时，铅作伴生，伴生指标为 $Zn \geq 0.4\%$ 。

③其它伴生组分要求指标：

$Cu \geq 0.06\%$ ， $Mo \geq 0.02\%$ ， $Au \geq 0.1g/t$ ， $Ag \geq 2g/t$ 。

圈定前提条件：铜钼矿体范围外才按以上指标圈定铅锌矿体。

三、实验案例分析及估算过程

5. 计算方案

在矿体划分的基础上，根据工业指标和矿石分布情况最终指定计算方案如右表

表 3-6 甲玛铜多金属矿区 SD 计算单元划分表

矿体号	矿体分块	计算单元代码	矿体类型	勘探线	外推距离	计算方案
1号矿体	I -1-1	J011	铜钼矿	47-0、0-48		标准 C 型地理框块
	I -1-2	J012	铅锌矿	23-0、0-4		标准 B 型地理框块
	I -1-3	J013	铜钼矿	32-56	尾外推 100 米	标准 A 型地理框块
	I -1-4	J014	铜钼矿	36-56		标准 C 型地理框块
2号矿体	I -2-1	J021	铜钼矿	16-32		标准 C 型地理框块
	I -2-2	J022	铜钼矿	0-12		标准 C 型地理框块
3号矿体	I -3	J031	铜钼矿	48-88		标准 C 型地理框块
4号矿体	I -4	J041	铜钼矿	48-72		标准 C 型地理框块
		J042	铅锌矿	48-56、80-88		标准 C 型地理框块
5号矿体	I -5	J051	铜钼矿	48-88		标准 C 型地理框块
		J052	铅锌矿	48-88		标准 C 型地理框块
6号矿体	I -6	J061	铜钼矿	48-88		标准 C 型地理框块
		J062	铅锌矿	64-80		标准 C 型地理框块
7号矿体	I -7	JM07	铜钼矿	56-88		标准 C 型地理框块
8号矿体	I -8	JM08	铜钼矿	72-88	首外推 100 米	标准 C 型地理框块
9号矿体	I -9	JM09	铜钼矿	56-80		标准 C 型地理框块
10号矿体	II -1	JM21	铜钼矿	7-0、16、32-36		标准 C 型地理框块
11号矿体	II -2	JM22	铜钼矿	12-16、32-36		标准 C 型地理框块
12号矿体	II -3	JM23	铜钼矿	12-16、32-36		标准 C 型地理框块
13号矿体	II -4	JM24	铜钼矿	12-16、32-36		标准 C 型地理框块
14号矿体	II -5	JM25	铜钼矿	12-16、32-36		标准 C 型地理框块