



中国矿业大学
CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY

资源信息学

主讲：杨永均 副教授

中国矿业大学环境与测绘学院

第六章 面积、体积与储量计算

《中国矿产地质志》发布：初步摸清全国矿产资源分布现状。

<http://tv.cctv.com/2021/04/29/VIDEgLUfrT4HLEvBAmQ9YIOB210429.shtml>

自然资源部：我国矿产资源国情调查主体工作基本完成

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1728142911264038672>

§ 6-1 矿产储量的定义和分类

一、储量分级

学习重点!

- 储量：蕴藏于地下的矿产资源量称为矿产储量。煤炭储量划分为A、B、C、D四级。其中A级和B级为高级储量。

A级储量 在**精查勘探阶段**，通过较密的勘探工程控制和详细地质研究所圈定的储量，它是煤矿企业设计和投资的依据。 ($\pm 10\%$)

B级储量 在**详、精查勘探阶段**，通过系统的勘探工程控制和较详细的地质研究所固定的储量，或者由A级储量块段外推的储量，它配合A级储量也是煤矿企业设计和投资的依据。 ($\pm 20\%$)

C级储量 在**普查、详查、精查各阶段**，通过一定的勘探工程控制和一定的地质研究所圈定的储量，或者由B级储量块段外推的储量。它配合A级和B级储量可作为大、中型矿井确定设计能力的依据，也可作为小型煤矿设计和投资的依据。 ($\pm 40\%$)

D级储量 在**找煤、普查、详查阶段**，通过地质填图或稀疏勘探工程所控制的储量。它是煤炭工业远景规划的依据；配合C级储量也可作为小型煤矿设计的依据。 ($\pm 60\% \sim \pm 80\%$)

矿产勘查工作分为：预查、普查、详查、勘探四个阶段。

§ 6-1 矿产储量的定义和分类

一、储量分级

表 1 构造类别钻探工程基本线距表

构造复杂程度	可能满足各级储量对构造控制要求的基本线距 (m)		
	A	B	C
第一类 简单	750~1000	1500~2000	3000~4000
第二类 中等	375~500	750~1000	1500~2000
第三类 复杂		250~375	250~500

表 2 煤层型别钻探工程基本线距表

煤层稳定程度	可能满足各级储量对煤层控制要求的基本线距 (m)		
	A	B	C
第一型 稳定	750~1000	1500~2000	3000~4000
第二型 较稳定	375~500	750~1000	1500~2000
第三型 不稳定	250*	500*	1000*
		250	250~500

* 只适用于第三型中的第一种情况。

二、储量分类

1 可行性论证程度

概略研究，确定投资机会
预可行性研究，初步经济评价
可行性研究，投资决策

2 开发经济意义

经济的，稳赚不赔
 边际经济的，盈亏边界
 次边际经济，降成本提高价格
 内蕴经济，无法区分

3 地质研究程度

探明（勘探）、控制（详查）、推断（普查）、预测（预查）

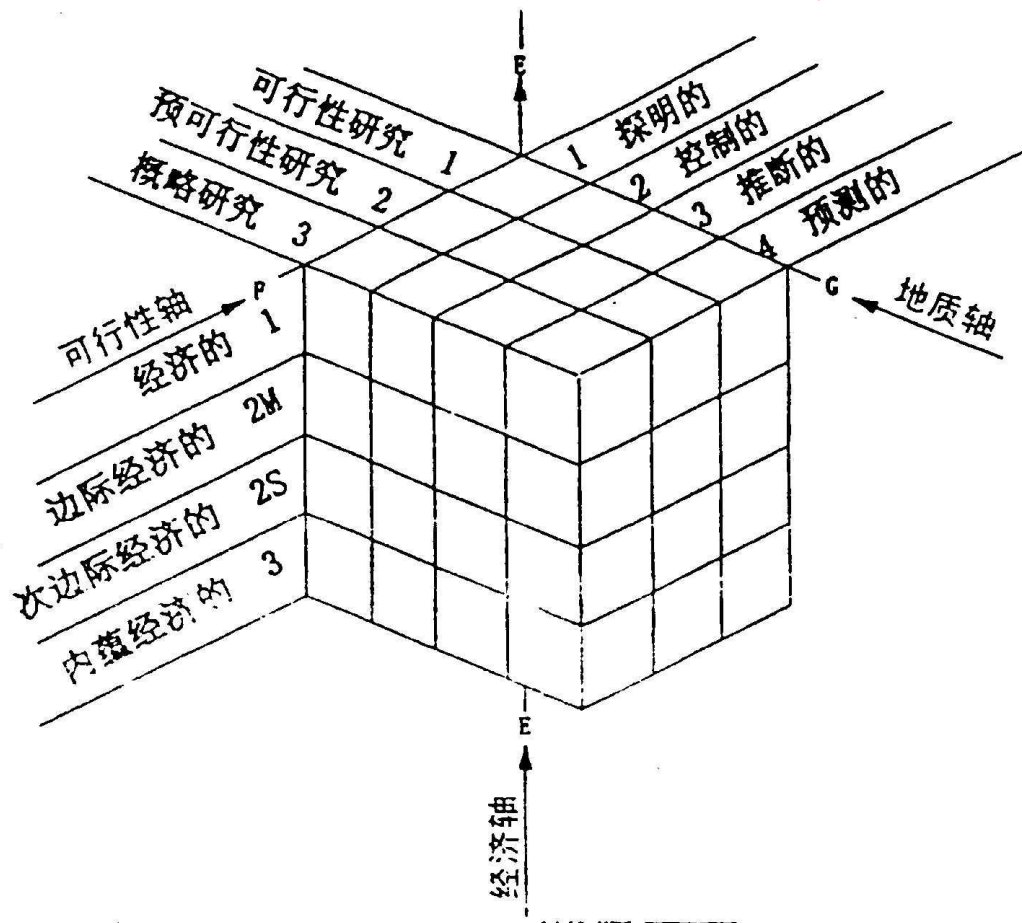
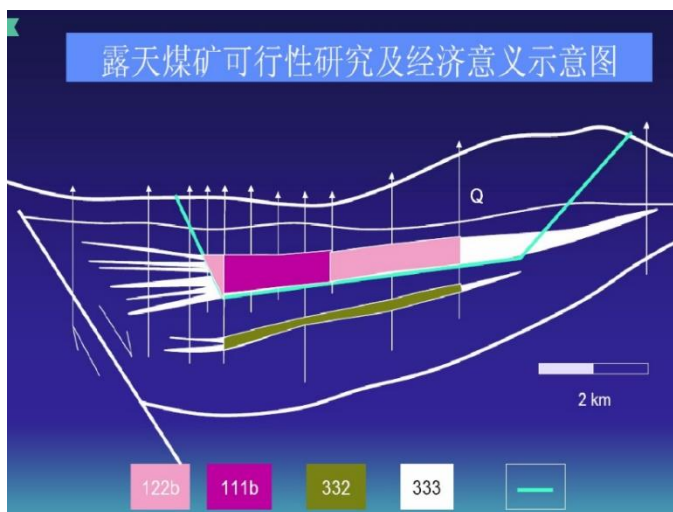
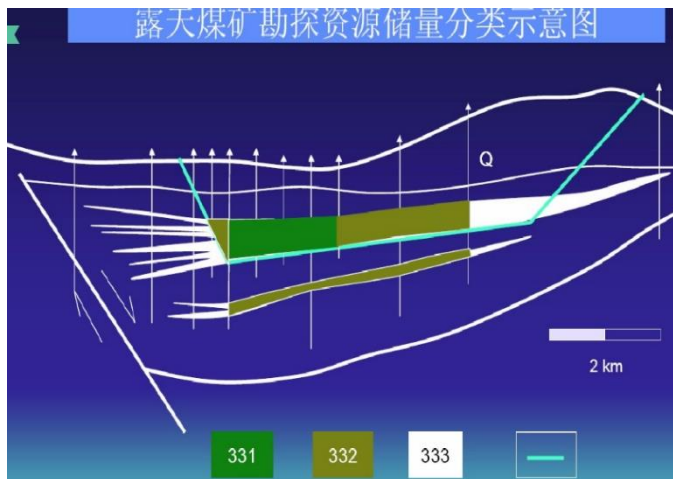


图 1 固体矿产资源 / 储量分类框架图

§ 6-1 矿产储量的定义和分类

二、储量分类



固体矿产资源/储量分类表

分类 类型 经济意义	地质可靠 程度	查明矿产资源			潜在矿产资源
		探明的	控制的	推断的	预测的
经济的		可采储量(111)			
		基础储量(111b)			
		预可采储量 (121)	预可采储量 (122)		
		基础储量 (121b)	基础储量 (122b)		
边际经济的		基础储量 (2M11)			
		基础储量 (2M21)			
次边际经济的		资源量 (2S11)			
		资源量 (2S21)			
内蕴经济的		资源量 (331)	资源量 (332)	资源量 (333)	资源量 (334) ?

注：表中所用编码（111—334），第1位数表示经济意义：1=经济的，2M=边际经济的，2S=次边际经济的，3=内蕴经济的，？=经济意义未定的；第2位数表示可行性评价阶段：1=可行性研究，2=预可行性研究，3=概略研究；第3位数表示地质可靠程度：1=探明的，2=控制的，3=推断的，4=预测的。b=未扣除设计、采矿损失的可采储量。

§ 6-2 储量边界的圈定

一、储量计算边界的种类

1. 井田(或矿田)边界线
2. 储量级别边界线
3. 矿石品级或类型的边界线
4. 零边界线
5. 最低可采边界线(简称可采边界线)

此外，还有表外储量的边界线、三级矿量的计算边界线以及根据储量计算方法或开采设计要求而划分的边界线等。

§ 6-2 储量边界的圈定

二、圈定矿体边界线的方法

1. 零边界线的圈定方法

(1) 直接法

(2) 有限推断法

有矿巷道(钻孔)和无矿巷道(钻孔)之间的二分之一处作为零点(矿体尖灭点)。

(3) 无限推断法

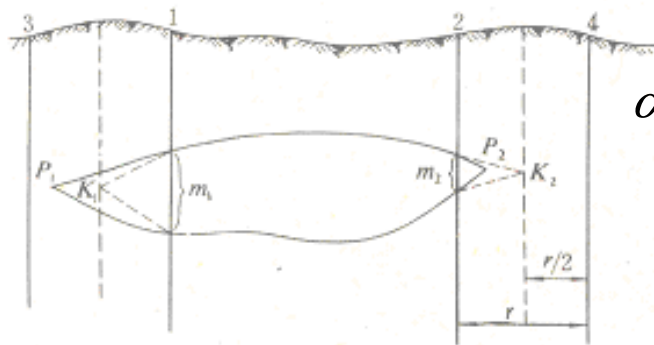


图6-4 平均尖灭角法确定矿体边界

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2\bar{m}}{r}\right)$$

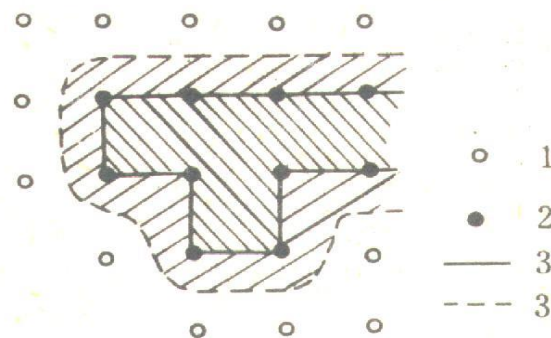


图6-3 有限推断法圈定矿体

1 一无矿钻孔； 2 一有矿钻孔；

3 一内轮廓线； 4 一外轮廓线

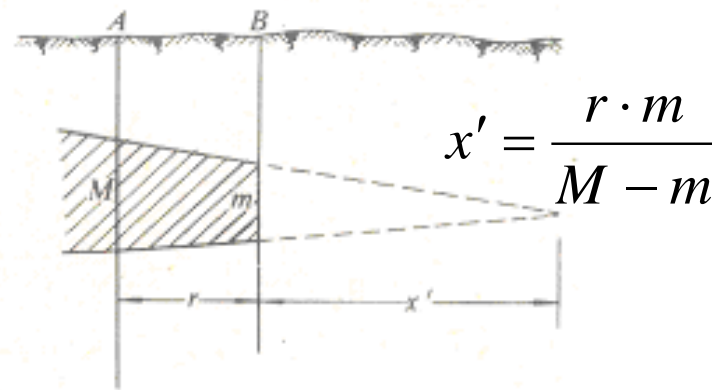


图6-5 矿体边界的外推

§ 6-2 储量边界的圈定

二、圈定矿体边界线的方法

2. 可采边界的圈定方法

(1) 直接法

(2) 插入法

用于两个有矿的勘探工程之间，一个合乎工业指标要求，一个不合乎要求，采用内插方法，确定可采边界。

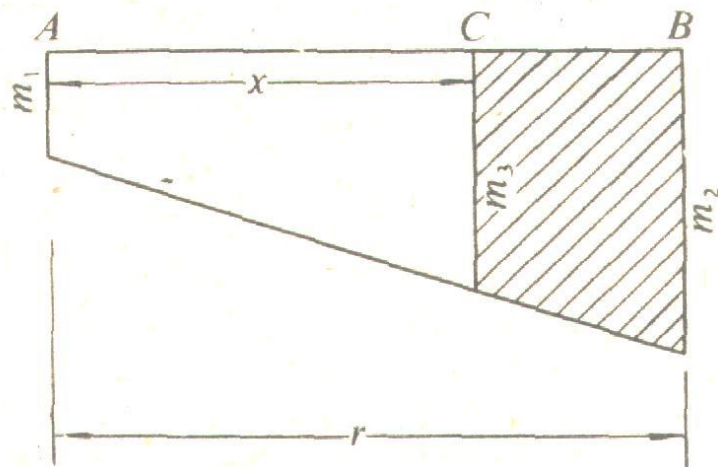


图6-7 插入法确定可采边界

$$x = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot r$$

§ 6-2 储量边界的圈定

三、圈定土地边界的方法

土地（地籍）边界可分为五种类型：行政边界、地籍区（街道）和地籍子区（街坊）边界、权属边界、宗地边界和地块边界。

行政边界：包括省界、市界、区界、乡行政边界等。

地籍区和地籍子区边界：这种边界纯粹是为地籍管理的方便由土地管理部门进行权属调查前划定。一般情况下，地籍区对应街道或乡镇，地籍子区对应街坊或村镇。也有任意划定的。

权属边界：即同一权属主相连成片的用地范围的界线。

宗地边界：即权属界线范围内按某种属性划分出的地块界线。

地块边界：即在土地管理工作中划出的特定地块的边界。

土地边界线确定的关键是确定出界址点的坐标，界址点坐标可利用解析法和图解法两种方法予以确定

§ 6-3 面积的确定

一、平面面积的确定

1. 透明点格纸法
2. 透明平行线纸法
3. 求积仪法
4. 解析法

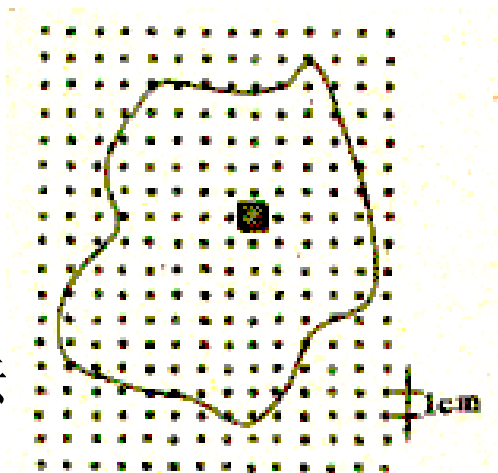


图6-8 透明点格纸法测定面积

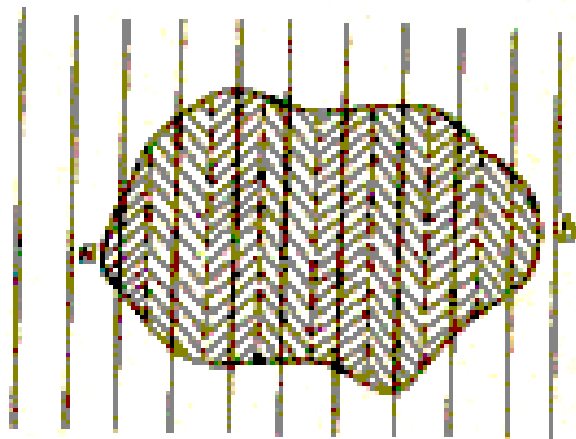
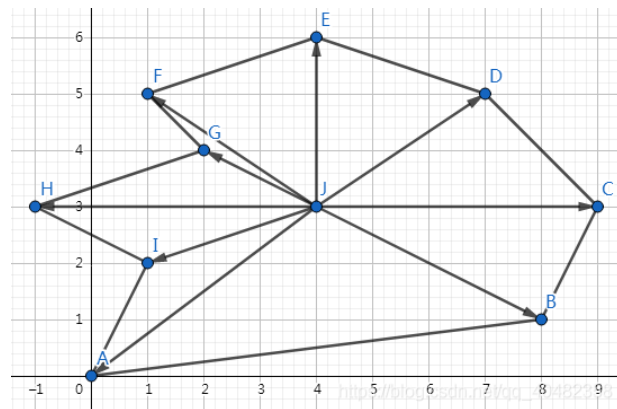


图6-9 透明平行线纸法测定面积



§ 6-3 面积的确定

二、曲面面积的确定

$$S = \sqrt{B^2 + C^2}$$

$$C = h \cdot L = h \cdot \frac{L_1 + L_2}{2}$$

包曼

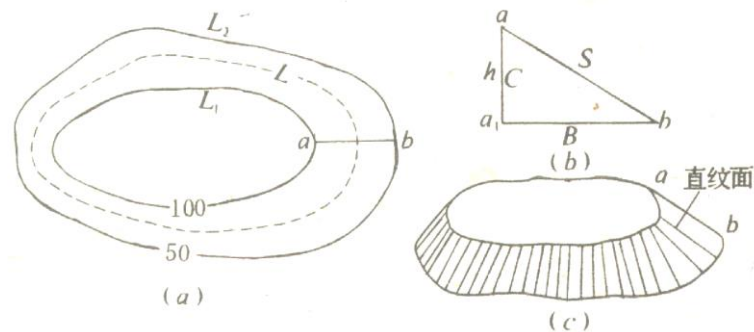
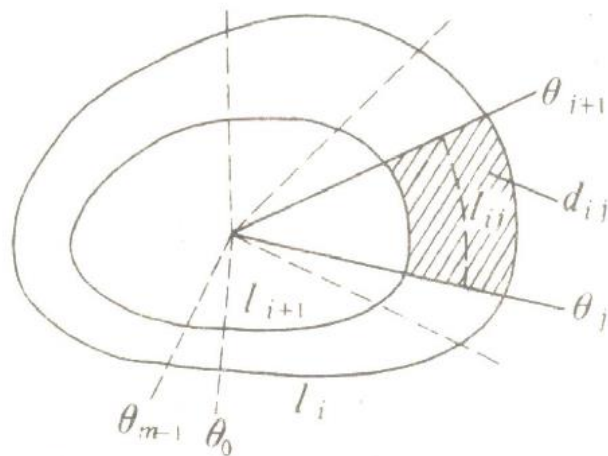


图6-10 用规则曲面法确定曲面面积

$$S = \sum_{i=0}^{m-1} \sqrt{C_{ij}^2 + d_{ij}^2}$$

华罗庚与王元



§ 6-4 体积的确定

一、表面为平面的矿体

$$V = \frac{H}{6}(m + M + 4P)$$

m为上底的面积

M为下底的面积

H为角堦（**dǎo**）体的高

P为中间截面的面积

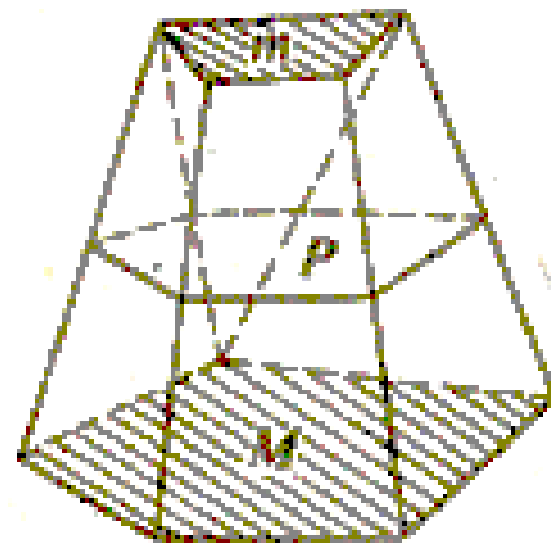
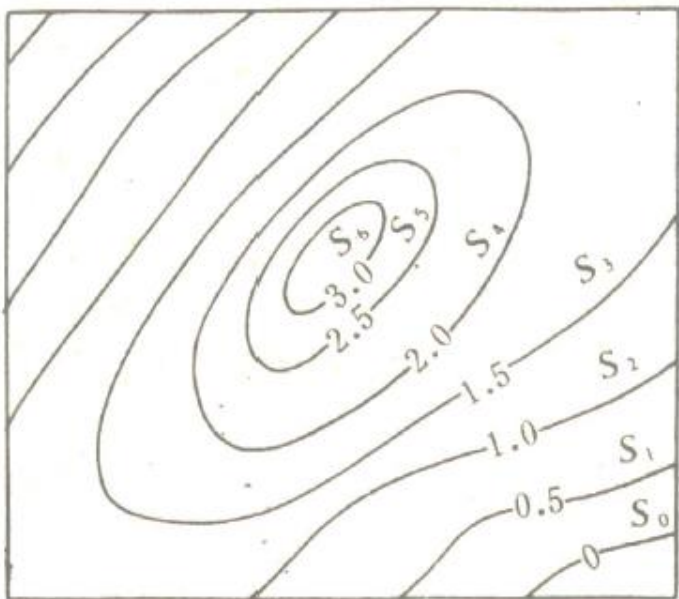


图6-12 角堦体

§ 6-4 体积的确定

二、表面为曲面的矿体

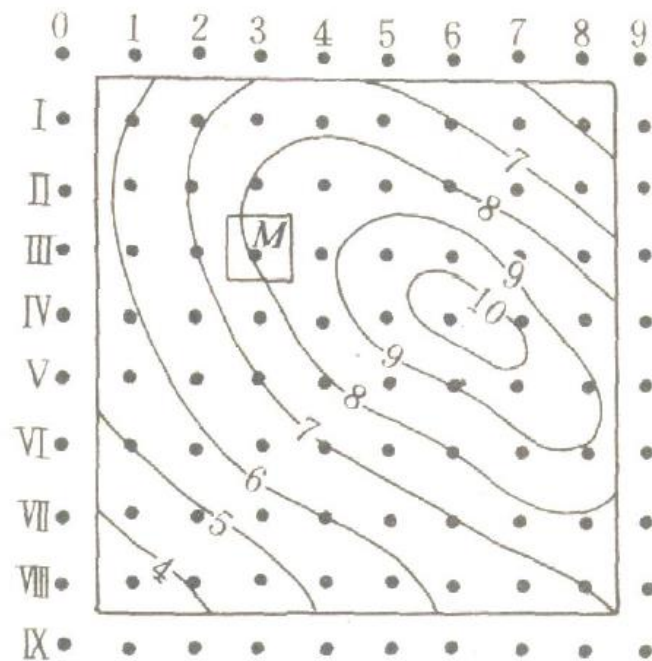
梯形公式



$$v_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot h$$

$$V = \sum v_i = h \left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + \frac{S_n}{2} \right)$$

体积方格法



$$V = S \cdot \sum h$$

§ 6-5 储量的计算

一、概述

学习重点!

矿产资源储量计算：是指把自然界客观存在的形态复杂的矿体分割转变为体积与之大体相等、矿化相对均一的形态简单的几何体，运用恰当的数学方法，求得储量计算所需的各种参数，最后计算出矿产(矿石或金属)储量来。**储量计算的一般过程是：**

1. 确定矿床工业指标；
2. 圈定矿体边界或划分资源 / 储量计算块段；
3. 根据选择的计算方法，测算求得相应的资源储量计算参数：矿体(或矿段)面积 S ，平均厚度 M ，矿石平均体重 D ，平均品位 C 等；
4. 计算矿体或矿块的体积 V 和矿石资源量 / 储量 Q ： $Q=VD$ 或金属量 P ： $P=QC$
5. 统计计算各矿体或块段的资源量 / 储量之和，即得矿床的总资源量 / 储量。

§ 6-5 储量的计算

二、算术平均法

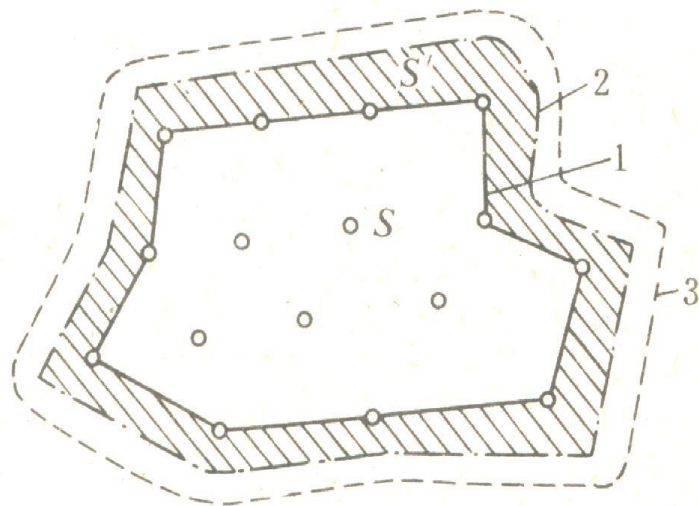


图6-16 算术平均法计算储量

1—内边界线； 2—可采边界线； 3—零边界线

$$V = S \cdot \bar{m}$$

$$Q = V \cdot \bar{R} = S \cdot \bar{m} \cdot \bar{R}$$

$$P = Q \cdot \bar{C} = S \cdot \bar{m} \cdot \bar{R} \cdot \bar{C}$$

$$Q = S' \cdot \frac{M_k + M_m}{2} \cdot \bar{R}$$

V、Q、P分别为矿产的体积、储量和金属储量

m、R、C分别为矿产的平均厚度、平均容重和平均品位

三、地质块段与开采块段法

(1) 用算术平均法计算每一巷道断面的矿脉平均厚度；(2) 以厚度为权，用加权平均法计算每一巷道的平均品位；(3) 根据四条巷道的矿脉平均厚度，以巷道的长度为权计算整个矿块的矿脉平均厚度；(4) 以巷道长度与该巷道断面上平均脉厚的乘积为权，计算整个块段的平均品位。

将储量计算面积划分为若干个地质块段，在每一块段内用算术平均法计算储量。

§ 6-5 储量的计算

四、其他方法

1、垂直剖面法

计算剖面上的矿体面积，计算剖面矿体的容重和品位平均值，计算块段的平均容重和品位，计算块段体和计算矿产储量和金属储量

2、等值线法

绘制储量等直线图（厚度与容重等值线的乘积），然后计算矿体的矿石储量和金属储量。

3、平均倾角法、等倾地段法及等面积法

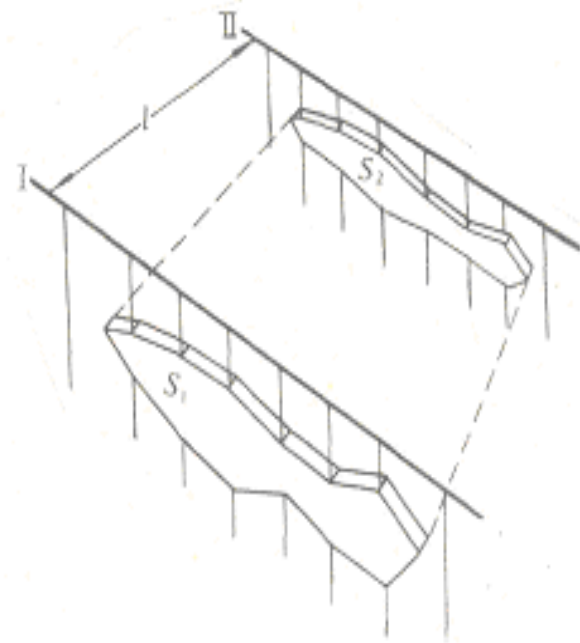


图6-19 平行垂直剖面法计算储量

§ 6-6 储量的管理

一、概述

1、矿产储量的特点

（1）储量在数量和级别上将发生动态变化；（2）储量计算的各种参数必须准确可靠；（3）要对各种原因造成的煤量损失进行监督和分析；

2、矿产储量的动态

（1）矿产储量的增减，补充勘探、采勘对比、井界变动、重算储量。

（2）矿井产量的统计，实测产量、统计产量、销售产量。

（3）矿井损失量的统计，设计损失、实际损失。

§ 6-6 储量的管理

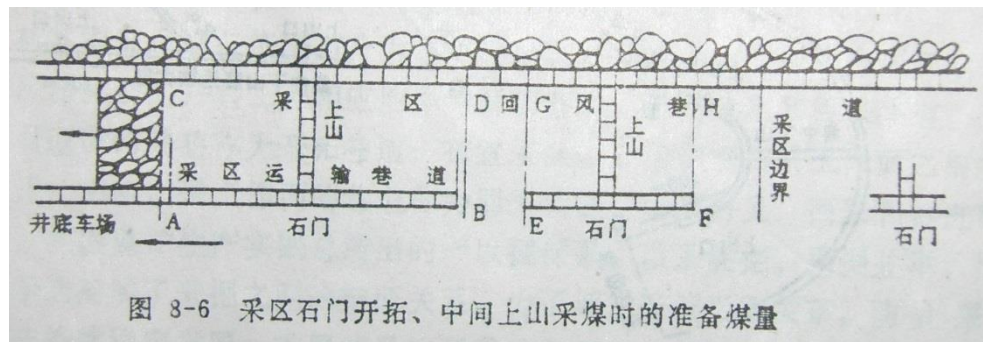
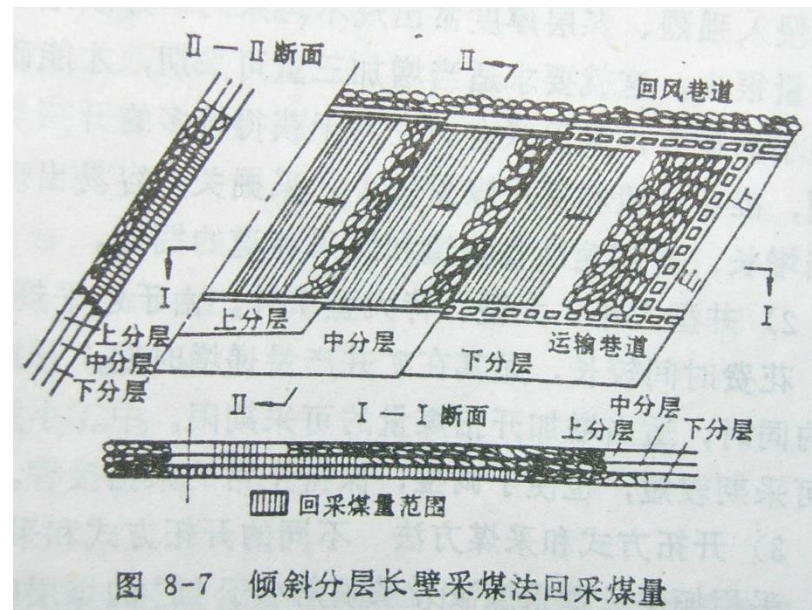
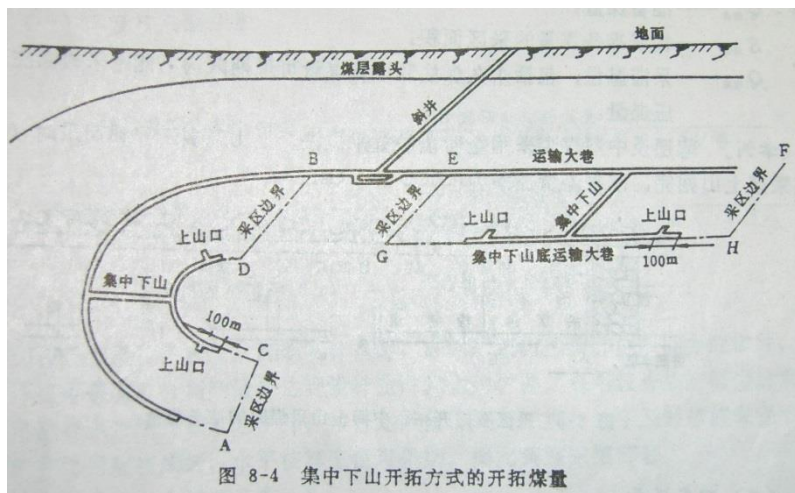
二、三量管理

学习重点!

1、定义

矿井的开采准备依次划分为水平开拓、采区准备、回采工作面切割三个阶段。上述三个阶段所掘凿的井巷工程相应地称为开拓巷道、准备巷道和回采巷道。将三类巷道圈定的可采储量称为三量。

“三量”是指开拓储量、准备储量和回采储量，简称“三量”。



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

以GIS技术为核心，结合三维建模与可视化技术和地质统计学理论

提高矿产勘查数据和资料的综合利用效率

为矿产资源勘查、资源储量估算提供数字化及可视化的分析手段

实现高效一体化的矿产勘查数据处理与成果编制流程



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

2 自动化矿体圈定及辅助成图

新建方案

已存在方案:

新建方案名: Proj

方案设置

☒ 单指标 ☐ 双指标

☐ 划分矿石工业品级

☐ 深度约束

预赋矿体产状

矿体倾向: 0

矿体倾角: 0

设置比例尺

剖面图比例尺 1: 1000

投影图比例尺 1: 1000

钻孔弯曲绘制方式

☒ 按测量点间1/2处作为拐点绘制

☐ 按测量点实际测量深度绘制

< 上一步(B) > 下一步(N) > 取消

浏览圈定结果

操作方式

圈定结果

工程号: ZK012

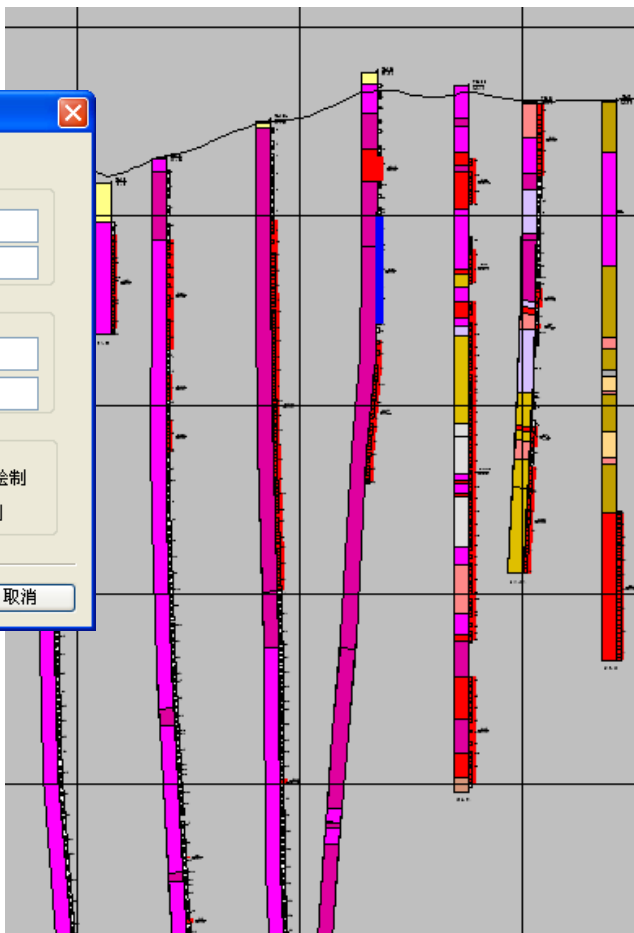
当前品级: 工业

圈定品位: 0.34

圈定样长: 41.15

圈定厚度: 41.15

样品号	样长	Cu	S	Mo	Zn	C
14	3.26	0.38	0.23	0.00	27.85	0.
15	2.25	0.27	0.15	0.00	23.80	0.
16	3.44	0.10	0.12	0.00	0.00	0.
17	1.58	0.02	0.12	0.00	0.00	0.
18	2.03	0.04	0.23	0.00	0.00	0.
83	2.00	0.04	0.19	0.00	0.00	0.
84	1.35	0.07	0.88	0.00	0.00	0.
85	1.47	2.58	14.22	0.00	0.00	0.
19	0.80	0.44	6.27	0.00	0.00	0.
20	1.54	0.50	8.00	0.00	0.00	0.
21	1.29	0.20	6.28	0.00	0.00	0.
86	0.55	0.20	4.22	0.00	0.00	0.
87	0.37	0.30	5.35	0.00	0.00	0.
88	0.44	0.18	2.85	0.00	0.00	0.
89	2.91	0.24	4.32	0.00	0.00	0.



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

人机交互式添加面积控制点

矿体外推点设置

外推方式设定

☒ 尖灭 ☐ 平推 ☐ 任意添加尖灭点

约束方式设定

☒ 任意长度外推 ☒ 设定延伸长度 50

☐ 工程间外推 ☐ 设定外推角度

设定外推比例 1/2

确定 取消

矿体外推点设置

外推方式设定

☒ 尖灭 ☐ 平推 ☐ 任意添加尖灭点

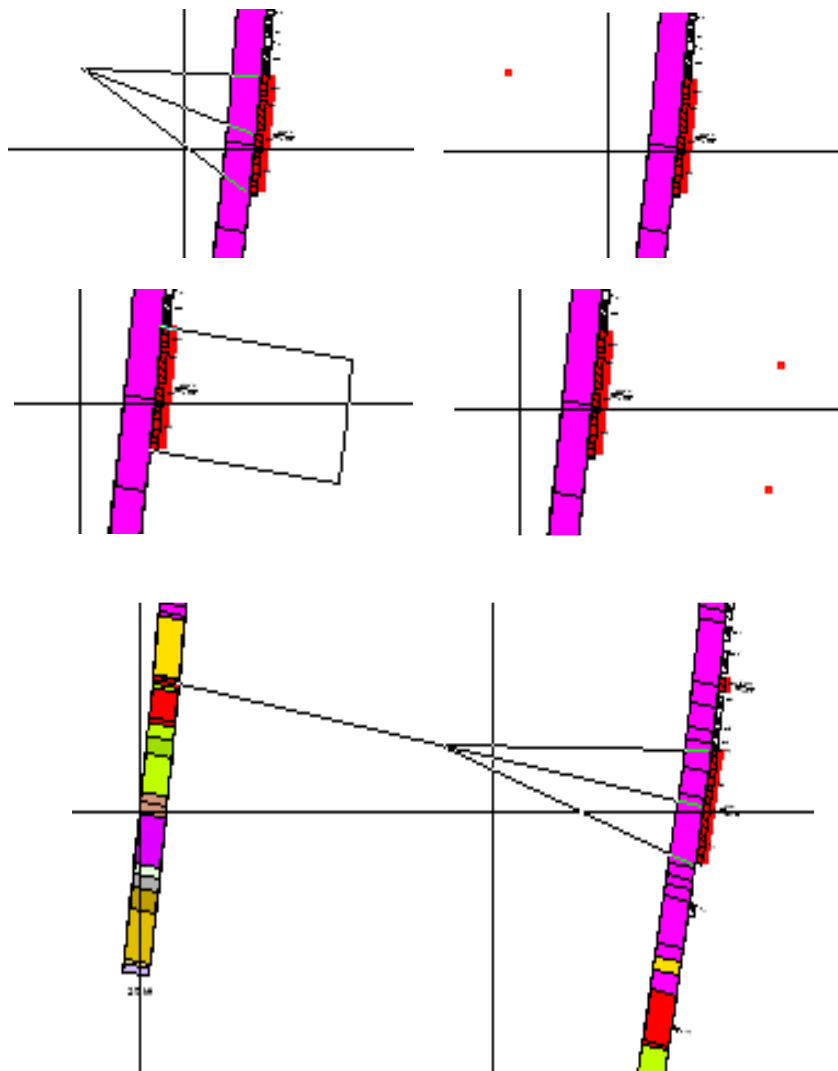
约束方式设定

☐ 任意长度外推 ☐ 设定延伸长度 50

☒ 工程间外推 ☐ 设定外推角度

设定外推比例 1/2

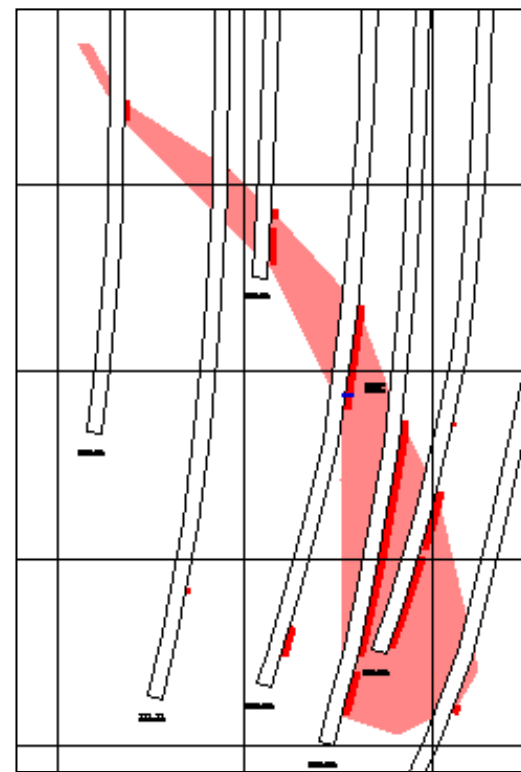
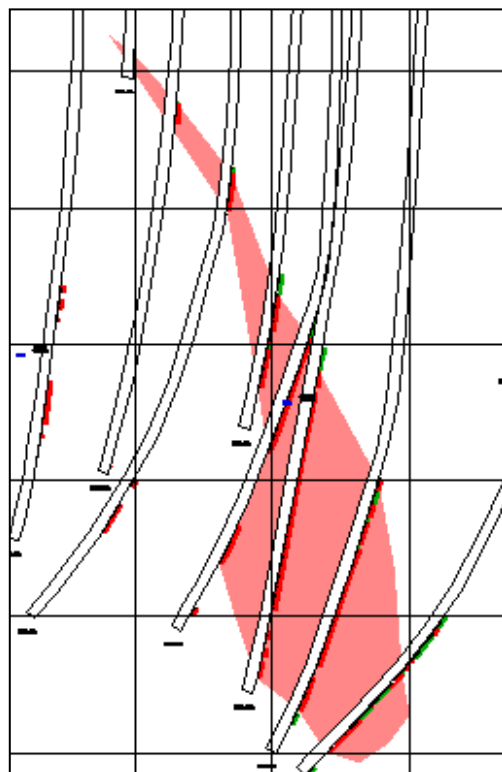
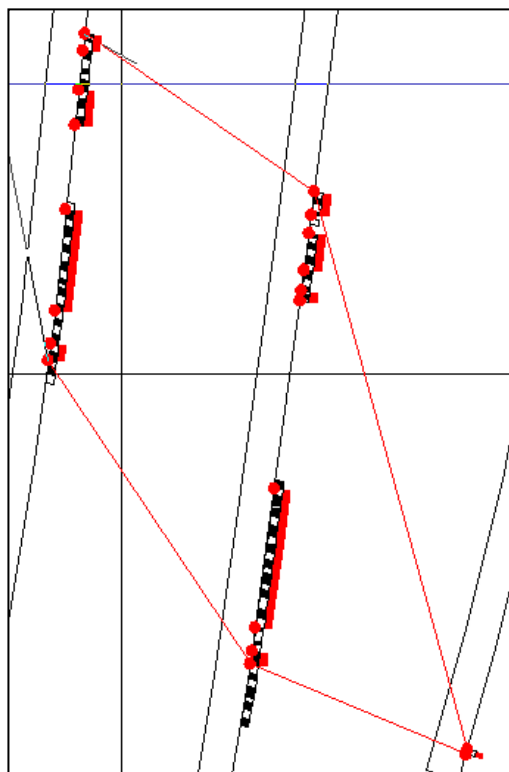
确定 取消



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

二维勾画矿体面



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

剖面矿体连接与外推规则设置

连接设置

连接类型
☒ 矿体 ☐ 夹石

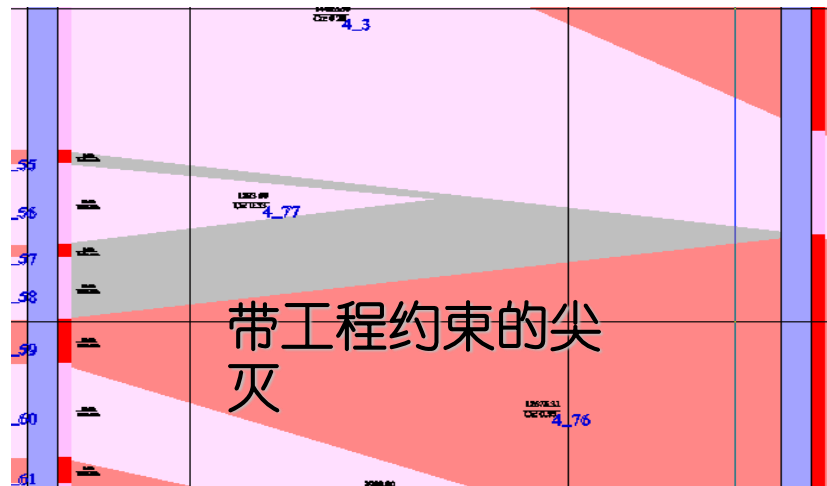
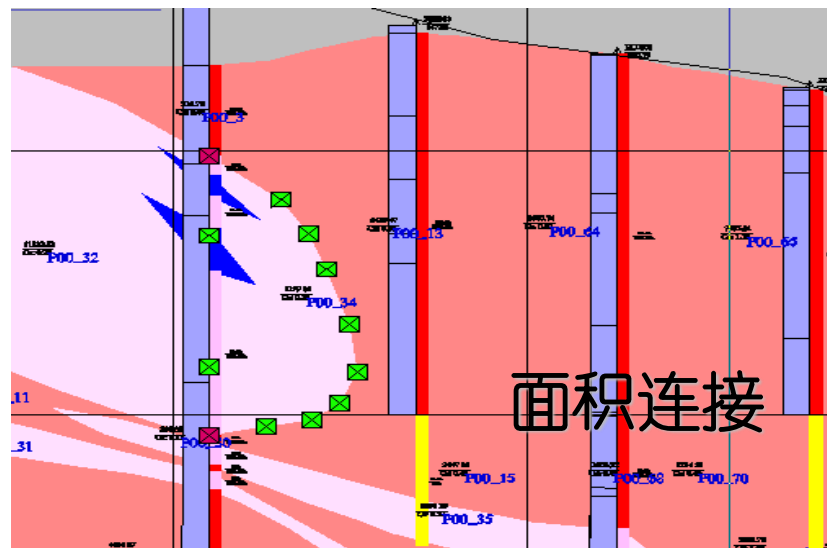
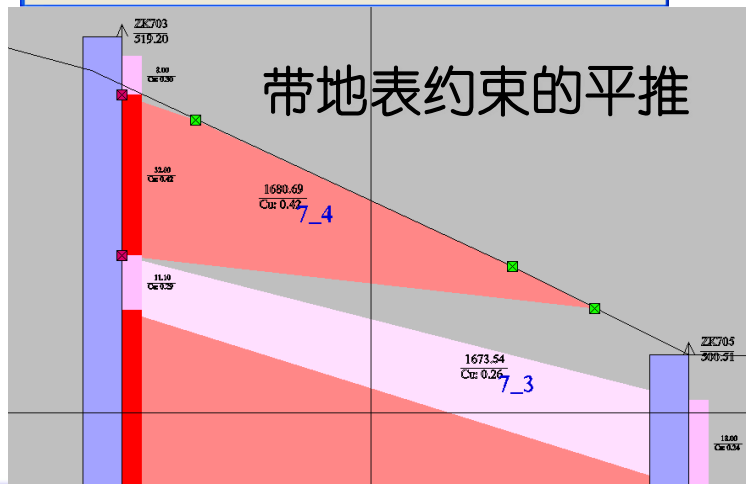
连接方式
☐ 矿体间连接 ☐ 尖灭 ☒ 平推

矿体尖灭
☒ 工程间比例设定 ☐ 勘探线间距比例 ☐ 任意长度设定

比例 **任意** 400 1/2 延伸长度 200

☐ 连 **任意** ☐ 设定角度 0

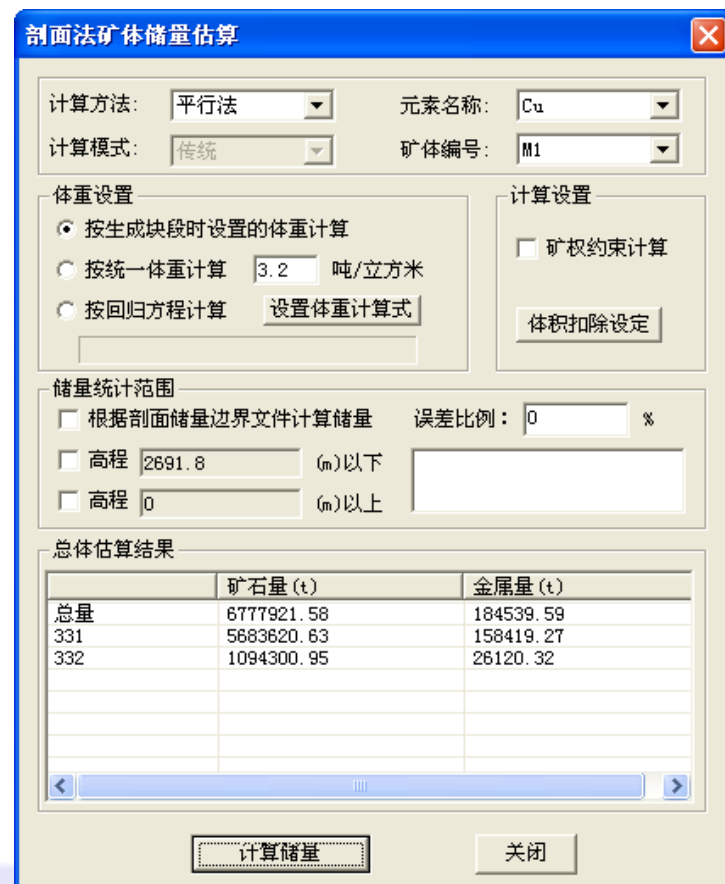
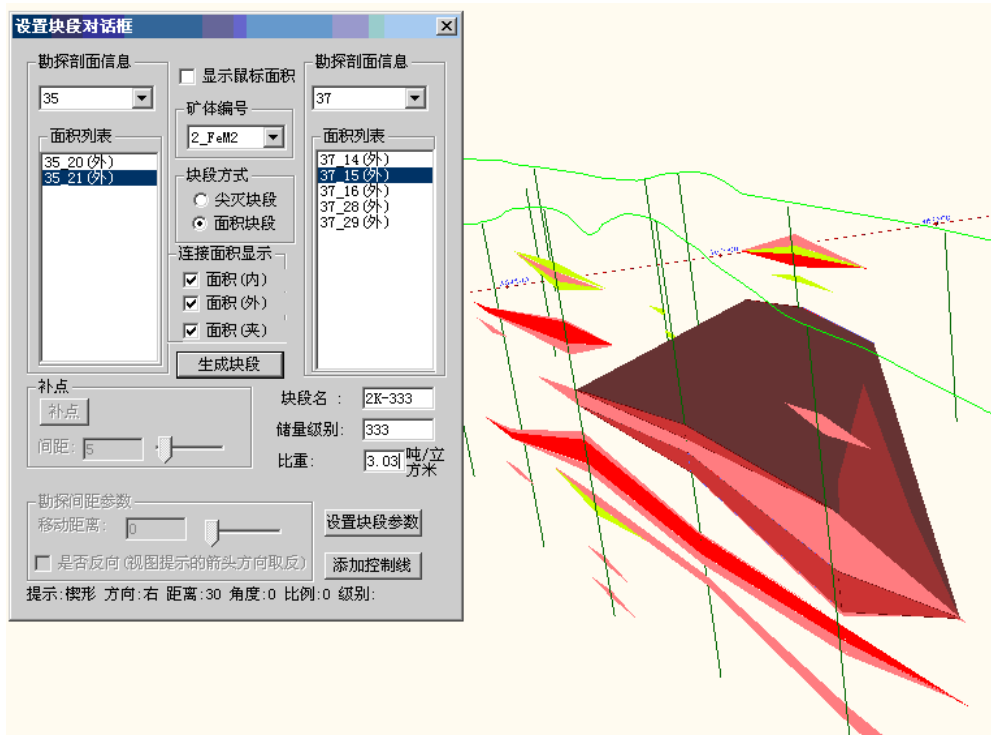
确定 取消



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

3.1（平行/不平行）剖面法资源储量估算



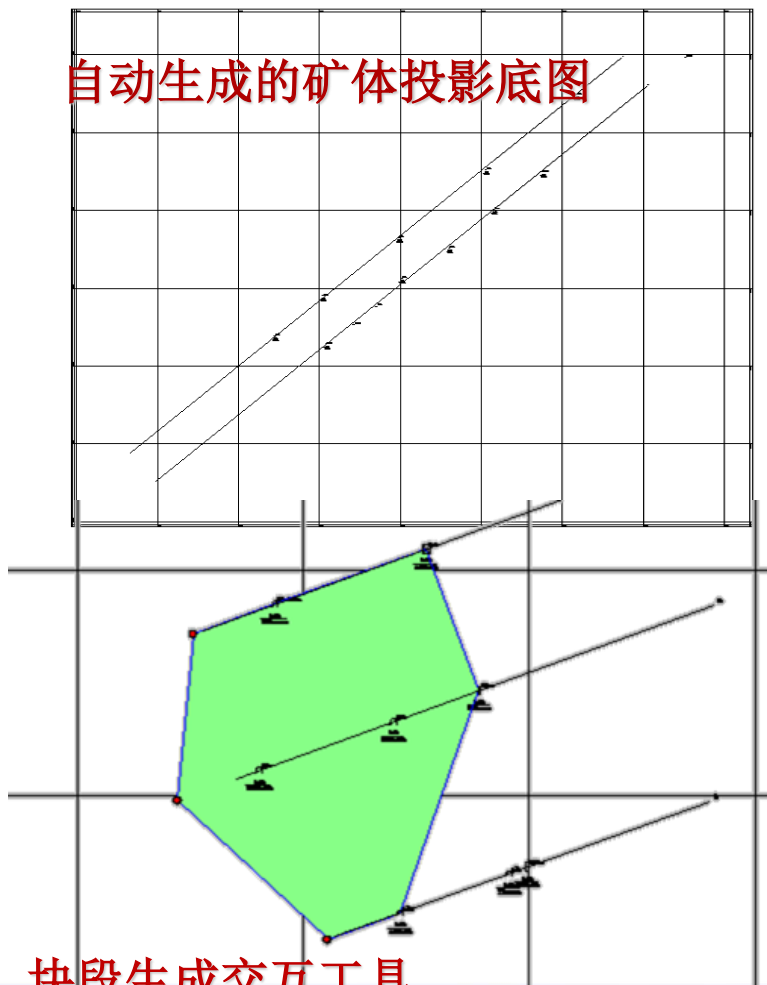
三维块段交互连接及储量统计

§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

3.2 地质块段法资源储量估算

自动生成的矿体投影底图



块段生成交互工具

多样的投影点生成方式

尖灭点设置

选择尖灭比例方式

☒ 1/2尖灭 ☐ 1/3尖灭 ☐ 1/4尖灭

☐ 任意比例外推 0.5

☐ 任意距离外推 100

约束方式

☒ 工程-工程 ☐ 边界外推 ☐ 任意加点

☐ 工程-勘探线 ☐ 任意方向外推

☐ 勘探线-勘探线 ☐ 设定角度(勘探线夹角) 0

注记模板信息

模板预览

模板一

模板二

模板三

模板四

模板五

模板六

模板选择 模板一

显示项设置

位置号	显示项
位置1	块段编号
位置2	块段厚度
位置3	块段面积
位置4	矿石量

框架半径 20 毫米(mm)

格线参数 ...

字符参数 ...

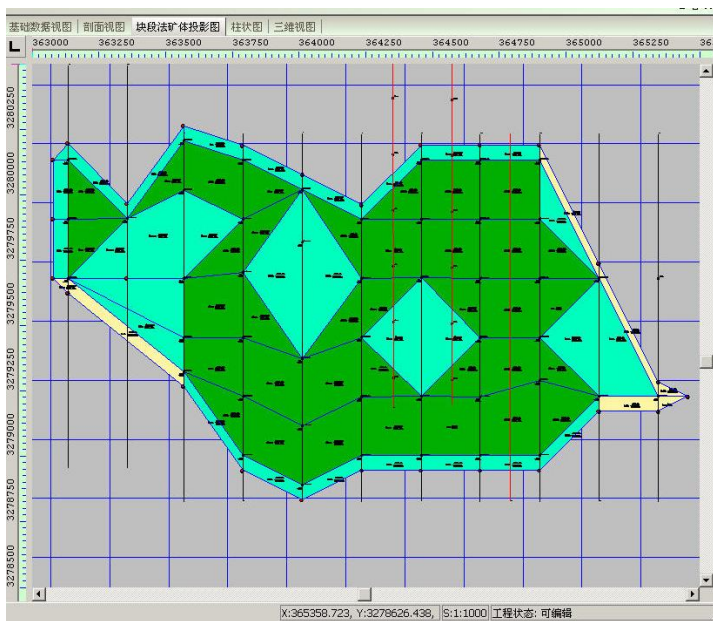
确定 取消

多样的注记生成方式

§ 6-6 储量的管理

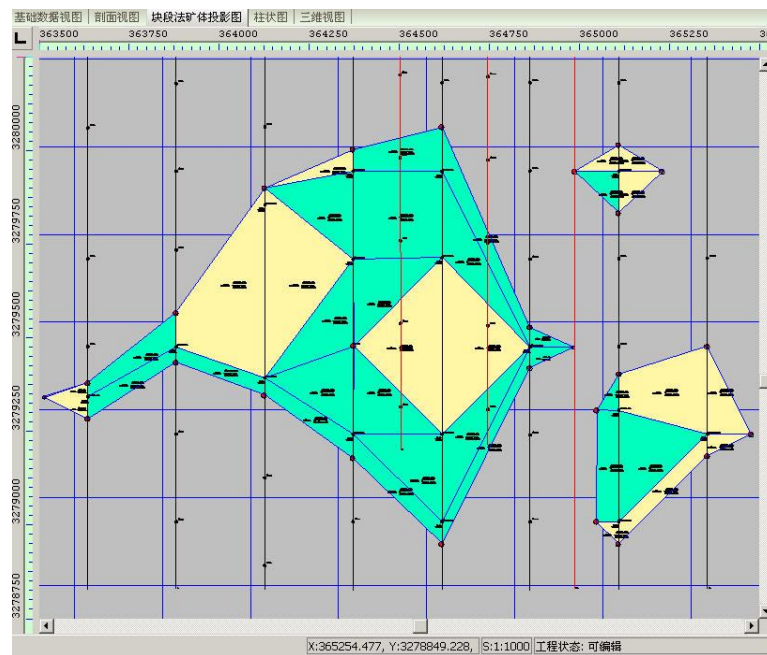
三、信息化管理

3.2 地质块段法资源储量估算



不同颜色
表示不同储量级别

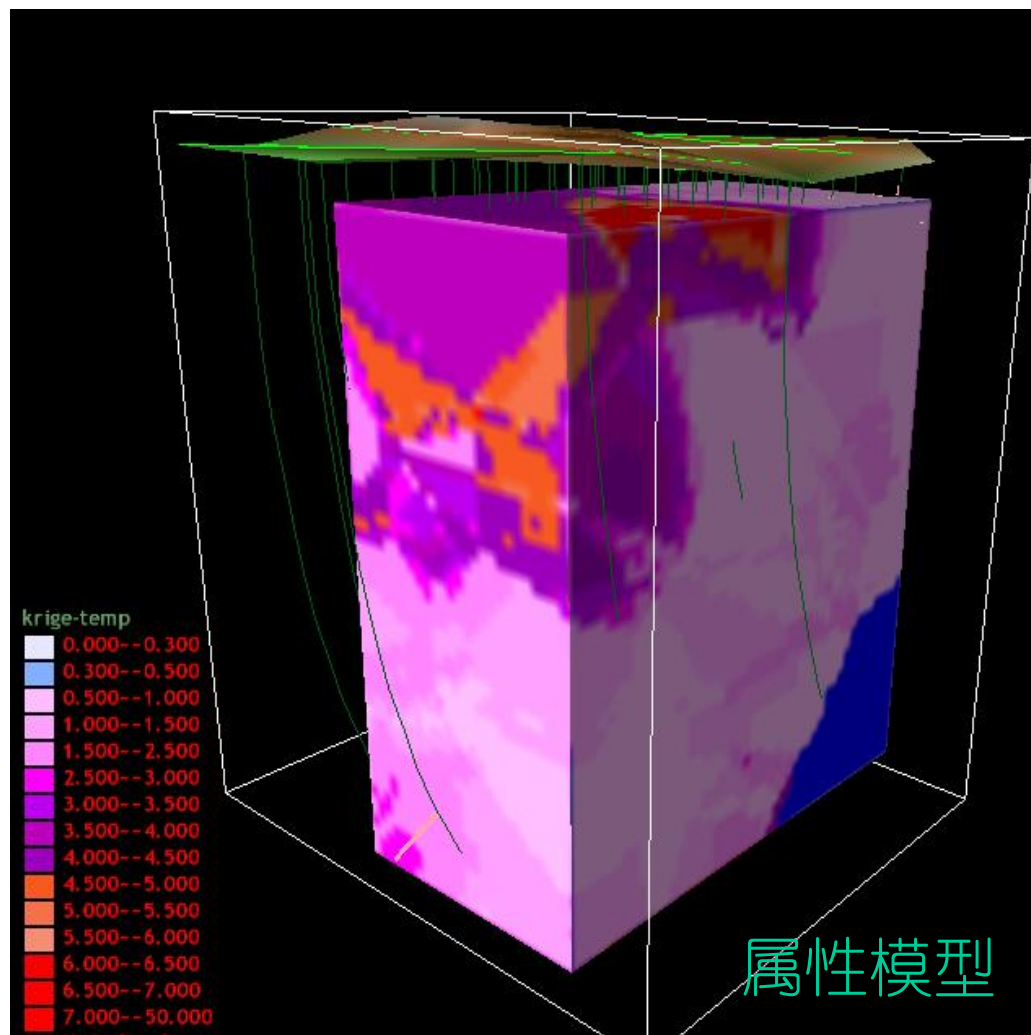
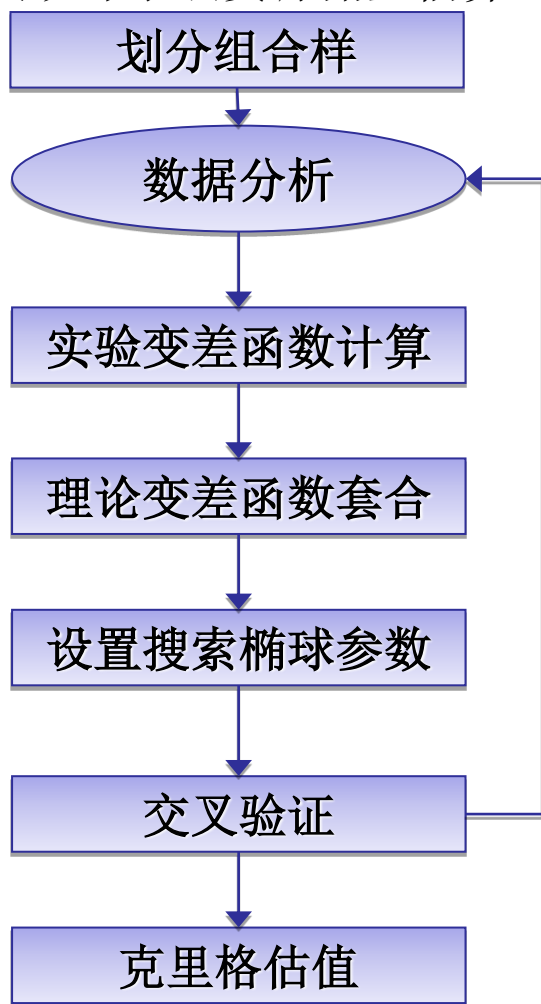
矿体水平投影效果图



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

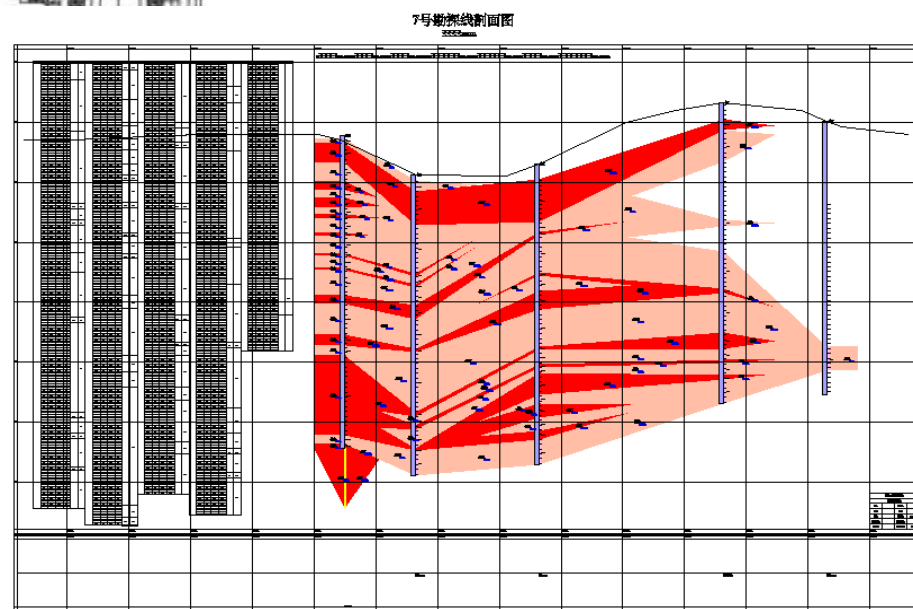
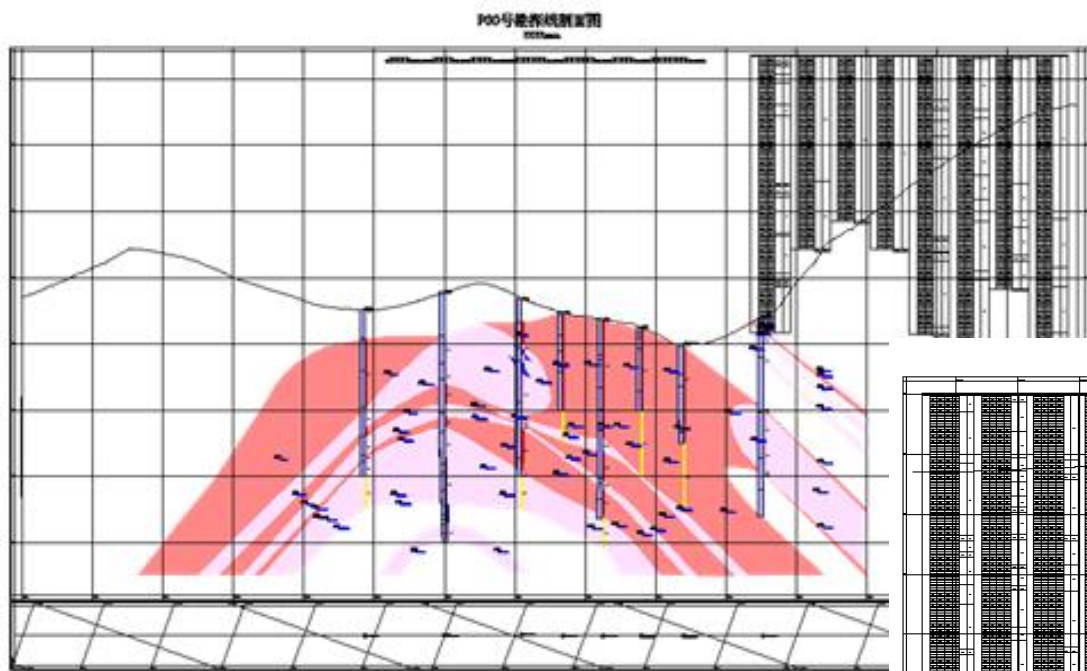
3.3 地质统计学法资源储量估算



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

2. 4. 成果图件辅助编制



§ 6-6 储量的管理

三、信息化管理

2.5 成果表自动化输出

支持成果数据管理和图表输出功能。

钻孔柱状图、勘探剖面图、组合样品品位等值线图及各类统计信息图生成。

以Excel表格的形式生成单工程矿石厚度、品位计算表，矿石品位分级计算表，块段储量计算表，矿体汇总表等。

块段储量计算表

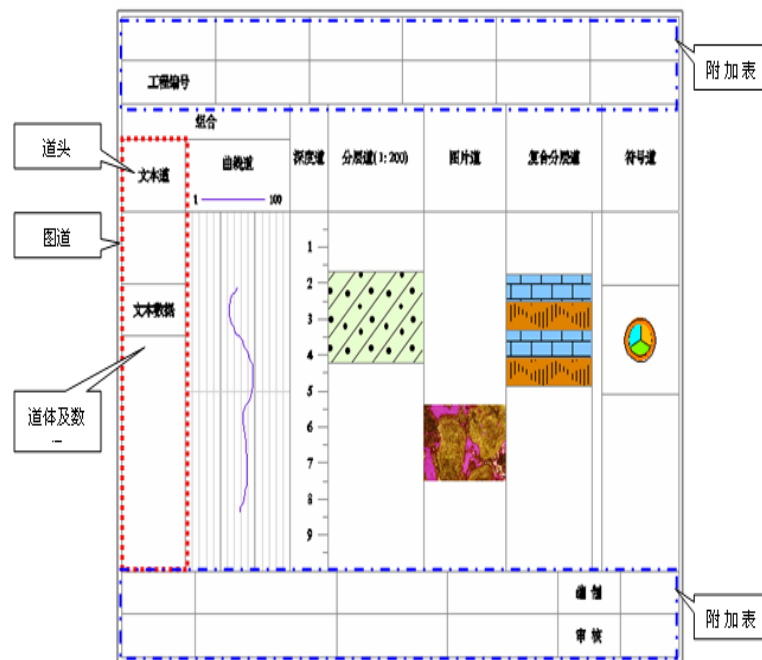
矿区： 驱龙矿区

矿体号	品位	储量类型	块段号	块段剖面面积		块段空间 形态	剖面面积 (m ²)	块段体积 (m ³)	平均品位 (%)	重量 (t)	矿石量 (t)	金属量 (t)	备注
				S1(m ²)	S2(m ²)								
M3	0	334	III-21	3797.44	10023.51		200.99	1339298.68	0.48	2.61	3495569.55	16695.32	
M1	0	334	16-20-1	5421	7604		200.99	1308947.17	0.51	2.61	3416352.11	17486.53	
	0		15_1*L		3600	梯台	50	180000	0.8	2.61	469800	3763.62	
	0		15_2*L		300	梯台	50	15000	0.52	2.61	391.50	202.28	
	0		15_7*L		500	梯台	50	25000	0.6	2.61	652.50	390.19	
	0		15_11*L		8999.1	梯台	50	449955	0.81	2.61	1178382.55	9556.87	
	0		15_18*L		299.97	梯台	50	14998.5	0.52	2.61	391.46.08	202.25	
	0		15_19*L		499.95	梯台	50	24997.5	0.6	2.61	65243.47	390.16	
	0		15_27*L		824.8	梯台	50	41239.92	0.86	2.61	107636.2	930.45	
	0		15-7-1	3600	1640		391.37	1000578.47	0.68	2.61	2611509.82	17791.16	
	0		15-7-2	300	700		391.37	190239.42	0.54	2.61	496524.89	2691.16	
M2	0	334	15-7-3	900	900		391.37	270152.33	0.48	2.61	705097.57	3374.39	
	1		15_2*L		607	梯台	50	30350	0.32	2.61	79213.5	250.25	
	1		15_3*L		3700	梯台	50	185000	0.24	2.61	482850	1149.7	
	1		15_4*L		2000	梯台	50	100000	0.21	2.61	261000	559.85	
	1		15_6*L		1400	梯台	50	70000	0.28	2.61	182700	503.75	
	1		15_8*L		1600	梯台	50	80000	0.23	2.61	208800	489.38	
	1		15_9*L		800	梯台	50	40000	0.27	2.61	104400	276.66	
	1		15_10*L		1200	梯台	50	60000	0.27	2.61	156600	429.35	
	0		III-22	2505.79	2487.68		200.99	501819.06	0.45	2.61	1309747.75	5863.55	
	1		15_12*L		10713.93	梯台	50	535696.43	0.25	2.61	1398167.67	3439.35	
M2	1	334	15_13*L		19098.09	梯台	50	954905.5	0.23	2.61	2492303.36	5745.56	
	1		15_14*L		3599.64	梯台	50	179982	0.26	2.61	469733.02	1202.57	
	1		15_15*L		4139.58	梯台	50	206979	0.24	2.61	548045.19	1338.86	
	1		15_16*L		799.92	梯台	50	39996	0.24	2.61	104389.56	250.53	
	1		15_17*L		200	梯台	50	10000	0.27	2.61	26100	69.17	

第1页/共5页

制表时间：2007-12-27 16:18

柱状图示意图



项目体验



2020年：龙软科技科创板上市：创始人
毛善君持股63% 身价超20亿

1964年生于四川彭州

1986、1989、1997年分别获得中国矿业大学学士（煤田地质）、硕士（数学地质）、博士（煤田油气与勘探）学位；

1989至1994期间，在西安航测遥感公司计算中心工作；

1997年至1999年6月，在北大遥感与地理信息系统研究所博士后流动站作研究工作；

1999年7月留所任教，主要从事地理信息系统、地学数学模型的教学和科研工作。现任北京大学地球与空间科学学院RGIS实验室主任，北京大学遥感所/北京龙软科技数字矿山联合实验室主任。

牛牛的龙软GIS

<https://v.qq.com/x/page/p05047gjlga.html>

项目体验

<https://new.qq.com/rain/a/20230105A00INU00>

<http://ego.chinacoal.com/web/web/index/show.do?articleId=d1e7d54e54e84db0878f6cfc8ca1ff63>

<https://www.chinabidding.com/bidDetail/250901390-BidResult.html>

<https://xueqiu.com/2536037617/166948996>