

# 中条山科技

地测论文专辑

1979——1989



中条山有色金属公司  
中条山有色金属公司有色金属学会

## 编者的话

为了总结经验,进一步开拓矿山地质测量工作的新局面,我们把反映近十年来地质测量工作发展状况的文章汇编成册,供广大工程技术人员参阅。

中条山有色金属公司建矿三十年来,矿山地质测量工作不断开拓创新,为矿山生产的发展做出了可喜的成绩。

六十年代,在认真总结边探矿、边设计、边生产的“三边政策”的基础上,探索出“探采结合”的新路子,节省了大量专用探矿坑道,降低了探采比,缩短了回采周期,提高了控矿程度,满足了矿山生产的需求。

七十年代,矿山地质人员与各大专院校、科研院所密切配合,积极开展地质综合研究工作。在成矿理论的研究方面取得了突破性的进展。与此同时,摸索出以钻探代替坑探的探矿方法,改进了探矿手段,使地质工作又迈出了新步子。

八十年代,科技人员进一步解放思想,大胆改革,又谱写了地质测量工作的新篇章,荧光分析由粉样测定引伸到坑内岩壁直接测定,这样取代了传统的刻槽取样,改善了劳动条件,提高了工作效率十几倍,实现了取样化验的飞跃。岩体力学理论及岩石分类克利金法在铜矿峪矿得到成功的应用。地质经济普遍得到重视,为寻求矿山最佳经济效益,重新修正了矿床工业指标,改进了矿体圈定方法,开展了资源的综合利用,查清了铜、钼、钨三矿伴生金银的赋存状态及分布规律,为提高金银的选矿回收率提供了可靠的依据。地质勘探工作取得了显著效果,南和沟深部新增储量450万吨,延长矿山寿命十八年。在钻探实践中,还创造了“一基多孔”的钻探新工艺,节省了钻塔峒室的开掘,提高了钻探效率。

坑内测量技术随着知识结构的改变、各种规章制度的建立健全、设备仪器状况的完善,而有明显地提高。表现在:简化工艺、缩短时间、提高精度、减轻劳动强度。如:铜矿峪矿870中段三千米环形运输开拓,误差减少到 $\pm 132\text{ mm}$ ;井巷工程超挖率逐年下降,仅比子沟矿每年节省费用近百万元;测量方法由过去的经纬仪导线测量改为交会法测量;摸索出一次成井的测量方法;PC-1500计算机的应用,解决了测量复杂运算、深孔眼底偏差计算并能按要求绘制深孔平、剖面图;与大专院校协作搞“岩石移动观测”,为矿块崩落法采矿提供了科学依据。

我们把具有一定代表性的文章大都集录汇编其中。限于编辑水平,敬请不吝指正。

---

主 编:皇甫泽民

本期责任编辑、校对:邹玉璞 李歆光 丁吴京 李永麟 李麟书 于喜容 张佩蓉

# 地测专辑

( 内部刊物 )

## 目 录

- 改进矿体圈定方法 提高矿山经济效益.....皇甫泽民 ( 1 )
- 岩体质量调查及其分级在铜矿峪矿的应用.....谭光伟 ( 7 )
- 篦子沟铜矿床伴生金的性状.....杨新华 ( 22 )
- X R F 技术在篦子沟矿的应用.....张光华 ( 29 )
- 充分发挥坑内钻探在矿山地质工作中的作用.....贾永山 ( 33 )
- 篦子沟铜矿地层褶曲及其控矿作用.....周雅斌 ( 36 )
- 我们是怎样实现坑内一基多孔定向钻探的.....秦安仁 ( 41 )
- 对于矿区平面控制网精度的探讨.....常开来 ( 46 )
- 对铜矿峪矿用实测资料计算测角量边误差系数  
的分析意见.....王鸿宾 ( 54 )
- 对篦子沟矿开拓控制经纬仪导线的粗浅分析.....刘文智 ( 59 )
- 确定测量误差参数的计算机应用.....王国华 ( 67 )
- 有底柱分段崩落法切割工程的实测.....赵晋胜 ( 71 )
- 聚酯薄膜特点及使用方法简介.....于瑞明 ( 76 )
- 浅谈有机墨汁在聚酯薄膜上描图的点滴体会.....刘 杰 ( 77 )

# 改进矿体圈定方法 提高矿山经济效益

皇甫泽民

目前,我国许多坑采矿山,大都沿袭地质勘探时期的工业指标圈定矿体,实践证明,对原工业指标不加分析的用于矿山生产的始终,是十分有害的,往往造成矿山严重经济亏损,或者导致资源大量损失。因此,无论是基建或生产矿山,都应随着开采技术经济条件的变化,对工业指标重新进行论证,以获得最佳的经济效益。

在进行这项工作时,既要考虑矿床地质特点和矿山经济效益,又要考虑矿产资源的充分利用,三者不可偏废其一。

下面以铜矿峪矿床为例,谈谈矿山地质经济分析和改进矿体圈定方法的一点初步意见。

## 一、问题的提出

铜矿峪目前使用的工业指标是原订的露采指标,即边界品位0.2%,最低工业品位0.4%,最低可采厚度2米,最大允许夹石厚度4米。由于坑采矿山管理复杂,生产能力低,损失贫化大,采矿成本高,又由于低品位矿石成带出现(界于边界品位至最低工业品位之间的矿石),加之落矿过程中的贫化,致使最终采出的矿石品位有的就接近于边界品位,不少电耙道“可采不可出”,造成开采中的严重亏损。根据计算,单独开采边界品位至最低工业品位之间的贫矿,其经济亏损情况是

十分惊人的(表1)

单独开采贫矿带的经济亏损情况 表1

| 品位<br>% | 选矿<br>回收率<br>% | 精铜<br>售价<br>(元)/吨 | 一吨<br>精铜<br>需矿<br>石(吨) | 设计规<br>模(吨<br>/日) | 采选成<br>本(元<br>/吨) | 生产一<br>吨精铜<br>亏损<br>(元) |
|---------|----------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 0.25    | 91             | 4318              | 440                    | 3000              | 20.35             | 4646                    |
|         |                |                   |                        | 8000              | 17.60             | 3426                    |
| 0.30    |                |                   | 366                    | 3000              | 20.35             | 3130                    |
|         |                |                   |                        | 8000              | 17.60             | 2124                    |
| 0.35    |                |                   | 314                    | 3000              | 20.35             | 2072                    |
|         |                |                   |                        | 8000              | 17.60             | 1208                    |
| 0.40    |                |                   | 275                    | 3000              | 20.35             | 1278                    |
|         |                |                   |                        | 8000              | 17.60             | 522                     |

按原工业指标圈定矿体,全区的地质平均品位为0.66%,而作为近几十年开采对象的主平峒以上部分的平均地质品位为0.641%,预计采选成本为19元/吨,精矿品位25%,选矿回收率91%,精铜售价4318元(其中包括金、银售价48元),由此推算,开采主平峒以上部分预计亏损四千多万元。

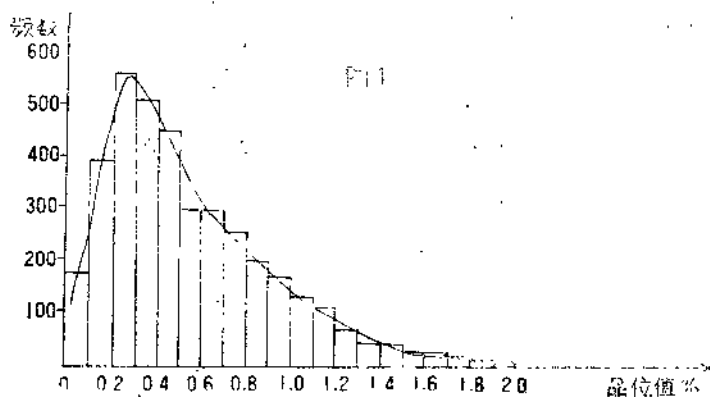
以上情况表明,原工业指标已不适应矿山生产的需要,继续沿用将严重影响矿山的经济效益,并会使矿山生产建设陷入被动。因此,必须根据矿床的地质特征和品位分布规律,并考虑采矿工艺的具体特点,进一步确定合理的工艺指标,或者改进矿体圈定方法,以扭转矿山的亏损局面。

## 二、矿区概况评介

### (一) 矿床地质特征及铜品位分布规律

铜矿峪矿床为变斑岩型铜矿，规模大，品位低，矿体与围岩产状一致，呈似层状和透镜状，品位变化系数为80%，矿化尚属均匀，矿石与围岩无明显界线，需靠化学取样圈定矿体。为了说明铜品位的

分布特征，在原工业指标所圈定的矿体中，对各级品位出现的频率，以及空间分布特征做了统计分析：品位在0.4%以下的样品占总体的42%，其中0.2~0.4%的样品占总体的27.5%，在品位分布的曲线图上，构成明显的峰值区（图1），此外，从930中段的品位等值线图上也显示出低品位呈大面积集中分布的特征。



从以上资料看出，铜矿峪矿床的规模之大，是依赖品位的低贫而存在的。经分析查明，这些低品位样品（0.2~0.4%之间的样品）一部分具有一定厚度成带状产出，厚度四十余米，沿走向及倾向一般为数十米至数百米（图2）。这部分贫矿（下称贫矿带）占总体矿量的12.5%，金属量为5.3%，平均品位为0.26%。另外一些低品位样品位是分散状态夹杂于较好的矿石之中，尚未发现其分布规律。

### (二) 矿山开采方式与采矿工艺特点

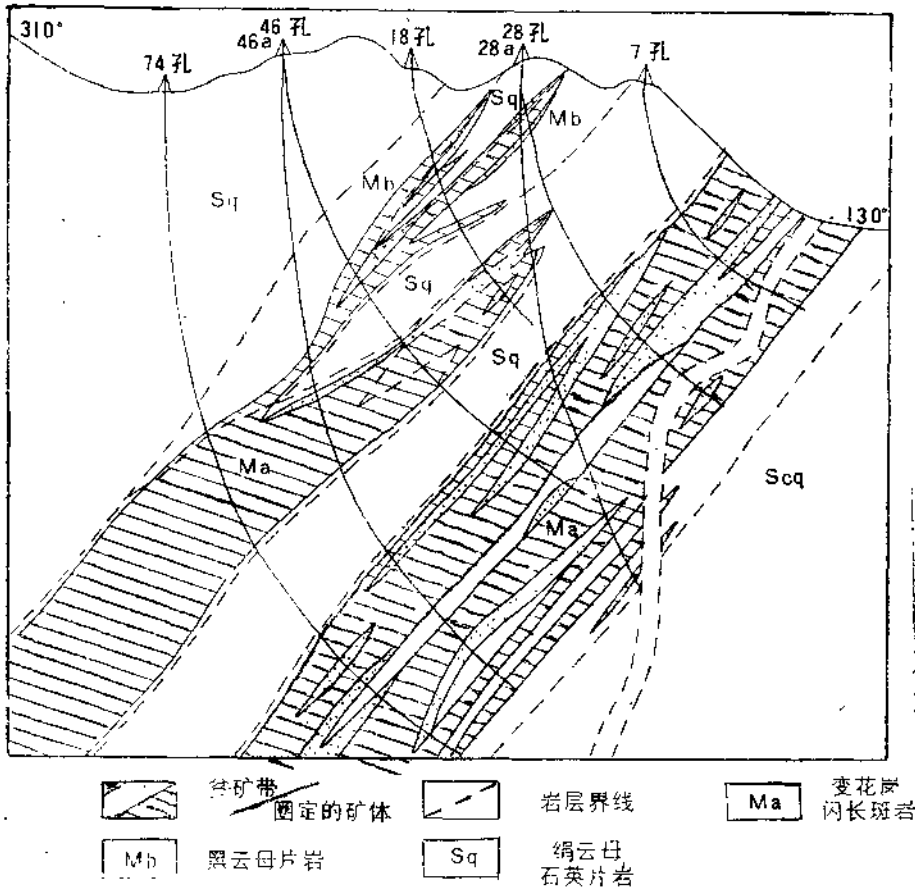
铜矿峪矿床规模较大，品位低贫，原确定为露天开采，由于某些原因，后改为坑采，开拓方式采用主平硐和辅助井联合开拓，为适应大型矿山的生产规模，确定了以有底部结构的分段崩落法为主，部分

采用了阶段崩落及无底部结构的分段崩落采矿工艺，以中深孔落矿的方式回采。

有底部结构分段崩落采矿单元划分，从大到小可分为三级，最大一级为采矿盘区，其次为电耙道；最小一级为放矿漏斗。采矿盘区的范围变化较大，常由数条至数十条电耙道构成，电耙道有两种布置方式，一种平行矿体布置，一种垂直矿体布置。电耙道多为双侧放矿漏斗，少数为单侧漏斗，漏斗间距6~7米，双侧漏斗的电耙道间距为15米，单侧漏斗为7.5米，垂直分段高度为25~35米，电耙道长度由80~100米不等。

为了保证矿山开采不致亏损，就必须保证每一个开采单元均能获利或至少达到收支平衡。考核开采单元（矿块）的经济合理程度，与其范围的大小及品位的高低

铜矿峪矿 第7 勘探线剖面图



的关系十分密切，矿块的范围越大，由于局部的经济亏损可以得到弥补，经济上的不合理现象往往被掩盖而消失，而在开采过程中，局部亏损的矛盾就会突出地暴露出来，以至影响整体的经济效益，这就是说，最小经济核算单元的范围划得越小越有利于矿山的盈利，但是，范围的划小，又受到品位计算的限制，根据采矿工艺特点及品位计算的可能性，电耙道所承担的矿量可作为经济核算的最小单元，因为若以采矿盘区为最小经济核算单元，很明显会掩盖局部经济亏损的矛盾，若采用放矿漏斗的落矿范围为单元，又因缺失品位数

据，而无法进行经济评价。

通过对每条电耙道的经济评价，从而作出采出和弃置的抉择，如是川脉电耙道，且两侧的品位又较低贫时，也可适当舍去边部的漏斗，以使电耙道的平均品位符合收支平衡品位的要求。

### 三、矿体圈定方法的改进

#### 意见

对于铜矿峪这个基建矿山来说，工业指标的改进问题，既有迫切性又有其特殊性，因为露采工业指标用于坑采矿山，

必然造成经济亏损，而铜矿峪不可能再改为露采，所以，原订工业指标必须进行适当改进，然而，铜矿峪矿已投入建设十几年，投资花了两亿多，建设方案，采矿工艺已基本定型，设计规模较大，是我国坑采有色矿山中规模最大的一个，在进一步订正工业指标时，对这些因素绝不能忽视，必须既考虑矿山的技术经济条件，又要考虑矿床地质特征及矿区的建设现状，同时还需为今后的矿山发展和技术经济条件进一步改善留有充分的余地。

#### (一) 夹石剔除厚度问题：

以往规定最大允许夹石厚度4米，即垂厚不超过4米的夹石，而它所在的单一工程平均品位达到工业品位要求时，就可以保留在矿体中，作为矿体对待，一齐采出，而大于4米的则作为废石从矿体内剔除，即通过分采分运、手拣剔除，或者和矿石一起采下来，把夹石留下不出。根据铜矿峪的矿床特点和采矿方法，只能将夹石留在原处，待自然崩落后，作为复盖岩石处理、而实际上，4米厚的夹石是难以存留的，根据耙道间距和漏斗间距以及爆破方式等因素，夹石的水平厚度至少应达到8米以上才能留住不垮。

(二) 最低可采厚度问题：原规定为2米，根据矿山设备型号、中深孔落矿方式以及矿体倾角等特点，最低可采厚度定为4米为宜，否则必然产生大量贫化。

#### (三) 矿石的品位指标问题

按照矿产工业要求手册中的规定，坑采铜矿的最低工业品位为0.5%，边界品位为0.3%，而露采铜矿的品位指标为0.2%、0.4%，按照不同的工业指标对矿体进行了圈定，其结果如表2.3，从试算结果表明，方案Ⅲ既能提高地质品位，金属量，减少的幅度也不大，是最优的方

矿体圈定方案表 表2

| 方案  | 下限品位<br>(%) | 上限品位<br>(%) | 最小可采厚度<br>(米) | 夹石剔除厚度<br>(米) | 对贫矿带<br>处理方式 |
|-----|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| I   | 0.2         | 0.4         | 2             | 4             | 作为矿体圈定       |
| II  | 0.2         | 0.4         | 4             | 8             | 作为矿体圈定       |
| III | 0.2         | 0.4         | 4             | 8             | 剔除           |
| IV  | 0.3         | 0.5         | 4             | 8             | 作为矿体圈定       |
| V   | 0.3         | 0.5         | 4             | 8             | 剔除           |

各方案储量比较表 表3

| 项目  | 相对差值 % |      |       |      |     |
|-----|--------|------|-------|------|-----|
|     | I      | II/I | III/I | IV/I | V/I |
| 矿石量 | 100    | 98   | 81    | 73   | 67  |
| 品位  | 100    | 101  | 114   | 116  | 122 |
| 金属量 | 100    | 98   | 92    | 82   | 82  |

案。方案Ⅱ由于地质品位较低，难以保证矿体开采的收支平衡，因而不可取。方案Ⅳ、Ⅴ虽然品位提高的幅度较大，但金属量损失严重，且矿体形态复杂，不利于高强度采矿。此外，通过经济效果分析，(表4)，第Ⅰ方案每吨铜亏损71元，采用第Ⅲ方案后，可盈利518元，由此可见，第三方案既符合铜矿峪的地质特征，又能获得较好的经济效益，同时也兼顾了矿产资源的充分利用。

对于改进矿体圈定方法的意见中，需要着重强调的两点是：

#### 1. 贫矿带的剔除

前已论述，所谓贫矿带是指水平厚度大于8米，品位在0.2~0.4%之间的低贫矿带，将贫矿带首先圈入工业矿体而后再从矿体中剔除出去，这是本文所论述的一个重要问题。众所周知，国内外斑岩矿铜

I、II 方案经济效益比较表

4 表

| 项 目       | 单 位  | I 方 案     | II 方 案    | 比 较     | 备 注         |
|-----------|------|-----------|-----------|---------|-------------|
| 矿 石 量     | 万 吨  | 12058     | 9715      | - 2343  |             |
| 品 位       | %    | 0.641     | 0.729     | +0.088  |             |
| 金 属 量     | 吨    | 772401    | 708309    | - 69092 |             |
| 生 产 规 模   | 万吨/年 | 400       | 400       |         |             |
| 生 产 年 限   | 年    | 30        | 24.3      | - 5.7   |             |
| 采 矿 贫 化 率 | %    | 25        | 25        |         |             |
| 选 矿 回 收 率 | %    | 90        | 91        | +1      |             |
| 出 矿 品 位   | %    | 0.48      | 0.548     | +0.068  |             |
| 选 矿 比     | 吨    | 231       | 200       | - 31    |             |
| 采 矿 成 本   | 元/吨  | 19        | 19        |         |             |
| 精 铜 成 本   | 元/吨  | 4389      | 3800      | - 589   |             |
| 精 矿 品 位   | %    | 25        | 25        |         |             |
| 精 铜 价 格   | 元/吨  | 4270 + 48 | 4270 + 48 |         | 48元为付产金、银售价 |
| 精 铜 盈 额   | 元/吨  | - 71      | + 518     | 由亏变盈    |             |
| 年 精 铜 量   | 吨    | 17400     | 20000     | + 2600  |             |
| 年 盈 亏 额   | 万元   | - 123.5   | + 1036    | 由亏变盈    |             |
| 全 部 精 铜 量 | 万吨   | 52.2      | 48.6      | - 3.6   |             |
| 全 部 盈 亏 额 | 万元   | - 3705    | + 25174   | 由亏变盈    |             |
| 地 质 储 量   | %    | 100       | 92        |         |             |
| 总产量与地质储量比 | %    | 67.6      | 62.9      |         |             |

都具有规模大、品位低的特点，如果把品位指标提高，势必造成矿体零乱，不适宜大规模开采，我们采用圈矿品位指标为 0.2、0.4%，而从中剔除贫矿带的作法，其意义就在于能把分散状态的矿石保留在矿体中（大约占 0.2~0.4% 的矿石保留在矿体中）



32%，而把连续出现、厚度大于8米的低贫矿带圈出去。这样作可起到两种作用，既保持了矿体的完整性，又能去掉一部分低贫矿带，有利于开采。另外，当技术经济条件改善时，贫矿带还可作为矿体开采，勿需另行圈定。

## 2、矿块及矿块收支平衡品位的确定

矿体圈定之后，尽管贫矿带被剔除，地质品位从总体上提高了，满足了收支平衡品位的要求，但在开采时，仍不可避免地会出现一些低品位的采场，导致经济亏损。因此，为保证每一个开采局部都有利可图，还应确定出以电耙道为最小收支平衡单元的品位指标，以便在开采设计中进一步进行经济评价。设计矿块的收支平衡品位可由采准算起的待投费用推算求得（表5）。当设计矿块的平均品位大于标准矿块的收支平衡品位时，即可进行开采，否则应弃置。由此看来，0.2%、0.4%指标圈出的工业矿体只是一个预想的可采边界，因限于当前的技术经济条件，尚不能全部开采利用，但随着技术经济条件的改善，开采范围将逐步扩大。

## 设计电耙道收支平衡

品位参照表 表5

| 选矿回收率<br>(%) | 采选成本<br>(元/吨) | 精铜售价<br>(元/吨) | 放贫化率<br>(%) | 收支平衡品位<br>(%) |
|--------------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| 90           | 18.80         | 4318          | 15          | 0.57          |
|              |               |               | 10          | 0.54          |
| 80           |               |               | 15          | 0.64          |
|              |               |               | 10          | 0.60          |
| 70           |               |               | 15          | 0.73          |
|              |               |               | 10          | 0.69          |

综合上述，本文推荐的矿体圈定方法是：首先以圈矿品位（0.2、0.4%）以及最小可采厚度4米，夹石剔除厚度8米等指标圈出予想的工业矿体边界，然后剔除其中的贫矿带，在采准设计时，再以电耙道为单元的收支平衡品位指标对耙道进行合理取舍，从而保证每一个开采局部都具有较好的经济效益。

（上接第35页）

而不去发挥地质人员的分析判断能力，这样一来，孔越打越密，地质人员越来越放不开手脚，探矿比又可能回升。

历年坑内钻探工程量完成情况

表1

| 年份<br>工程<br>量(M)<br>单位 | 76 | 77   | 78   | 79   | 80   | 81   | 82   | 83   | 84   | 85   | 86   | 87   | 合计    |
|------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 公 司                    | 25 | 2388 | 2987 | 5230 | 6140 | 5619 | 5630 | 4723 | 5559 | 6021 | 5944 | 6669 | 57535 |
| 铜矿峪矿                   |    |      | 120  | 1580 | 1623 | 2047 | 2049 | 1345 | 1852 | 1412 | 1591 | 2506 | 16125 |
| 篦子沟矿                   | 25 | 2336 | 2515 | 3155 | 2745 | 2558 | 2174 | 2103 | 2316 | 2373 | 2177 | 2321 | 26798 |
| 胡家峪矿                   |    | 52   | 352  | 1095 | 1772 | 1041 | 1407 | 1275 | 1391 | 2236 | 2176 | 1842 | 14162 |

# 岩体质量调查及其分级在铜矿峪矿的应用

谭 光 伟

岩石力学这门边缘学科，是二十世纪五十年代以后形成的。这一边缘学科兴起，进一步促进了采矿、隧道建设、水电工程、国防工程及地下建筑业的发展。而随着电测、声测技术、材料试验技术、模型试验技术和光测等量测技术的发展，弹塑性理论和流变力学等基础力学理论在岩石力学中的引用，特别是有限元法和边界元法电子计算机技术的运用，使岩石力学理论分析和计算获得了有效手段，又使这一学科逐步得以完善。

矿块崩落法采矿，其原理就是利用地球内部的应力、上覆岩石的重力、地质构造运动所产生的残余应力和矿山井巷工程所引起的应力集中和分散，来进行落矿。为了确定铜矿峪矿的可崩性，在设计之前对铜矿峪已开拓的巷道，正在生产的采场作了详细的调查，对待要设计的中段进行钻探，收集地质，岩石力学资料，应用岩石力学的观点和分析方法来确定铜矿峪矿5\*、4\*矿体的崩落性，对铜矿峪矿岩体进行分级、块度分析。这些资料将成为以后施工、计划生产的基础资料。

## 一、铜矿峪矿的岩石力学条件

衡量岩体质量好坏的岩石力学参数主

要有：

- 1、节理方位、倾角及节理组
- 2、节理间距
- 3、节理的性质、节理面的状态及充填物
- 4、岩体质量指标(RQD)
- 5、岩石的物理力学性质
- 6、地应力的大小及方向
- 7、地下水

在这七个参数中除第5、6两项利用仪器测试外，其余各项通过对岩体调查获得。

### (一) 铜矿峪矿岩体调查工作方法

岩体调查从两方面进行。其一通过轻型山地工程或井巷工程调查，其二通过钻孔调查。由于施工的方式和阶段不同，有时以钻孔为主，有时以井巷为主，有时两者并举。虽说两者揭露岩体的方式不同，获得参数的方法也不尽相同，但对于同一地区的各项参数的结果还是基本接近的。**井巷岩体调查：**对所有的巷道、峒室等都要进行岩体调查，但根据资料使用的目的不同而采用不同的调查方式。我们把岩体调查分成两种，一种是一般性调查，用于岩体质量分区、支护设计，施工管理等方面。另一种是详细调查，用于崩落块度分析及块度预测。其调查方法是：

一般调查：对要调查的巷道，根据节理密度以及巷道的破碎程度、依现场经验划分出许多自然段，然后以这些自然段为单位进行岩体素描和统计。素描的内容有：

1、统计节理数、并记录节理的组数及分布情况、节理面的状态、节理的持续性、充填物。

2、统计 R Q D 值。

3、素描断层。包括它的产状、断层的宽度、断层充填物、判断断层性质、断层面特征(平整性、粗糙度)。然后根据断层的规模，把断层分成 A、B、C 三类，在原始素描中记录下来并绘制在构造图中。

A类：大断层为 >15 厘米。含有大量的断层泥，夹层厚达 15 厘米以上，严重蚀变或有断层角砾。B类：中等断层为 5~15 厘米。含有部分断层泥，或是带有 15~35 厘米的中等剪切带。C类：小断层为 0.3~5 厘米。有少量断层泥或是宽度不到 15 厘米的小剪切带。

4、素描破碎带。记录破碎带的性质，是断层破碎带还是节理破碎带。同时

记录节理的组数及发育程度、产状、节理的密度、岩块的大小及形状、节理的开度及充填物、节理面的状态以及延续性。

5、素描脉。主要描素中、粗脉。包括脉的规模、形态及分布规律，脉的性质及矿物、产状。

6、蚀变情况。包括蚀变带的宽度、产状、蚀变程度、蚀变类型及蚀变矿物。

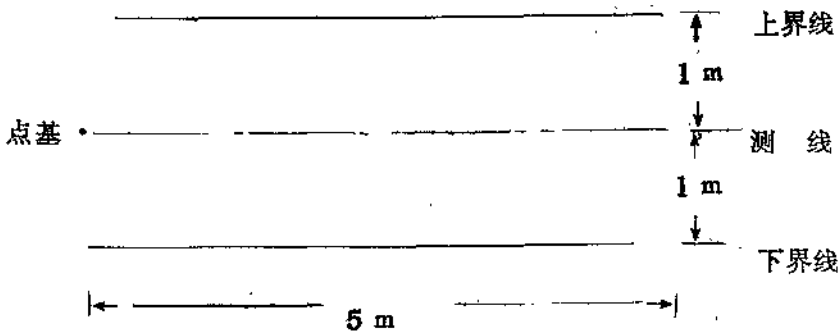
7、地下水。记录地下水源情况，如裂隙水、断层水、渗水等。同时记录含水的程度，分成干燥、潮湿、滴水、流水、涌水。

8、岩石抗压强度。①现场凭经验用地质锤敲打定数。②取块做点载荷试验得数。③用回弹仪测数。

一般调查是岩体质量分区的基础资料，也是支护设计、施工管理的依据。最终形成岩体质量分区图、构造图、支护设计图。

详细调查：在一般调查中的各个自然段中选点详细素描。每点段长一般为 5~10 米。素描在一壁进行，每点范围如图 1。

图 1



素描采取填表方式，然后按表格输入计算机，利用 S d i f 微机程序包对节理间距、节理状态、R Q D 值、持续性、节理充填物、地下水等进行统计分析，并绘制

节理素描图和各种统计分析直方图，节理密度斯密特等值线图。最终对某区域进行块度分析和预测块度。

表 1 (见 75 页) 中所列项目的量测、

统计和记录方法说明如下：

1、编号：从基点起算的结构面的条号。

2、类型：结构面的类型代号。正断层（tF），逆断层（cF），层面节理（L），节理（J），片理面节理（S），软弱夹层（P）。

3、基距：在测线上从基点量取的结构面位置的距离（cm）。当结构面与测线不相交时，沿结构面走向将结构面延长与测线相交，量测交点的基距，并同时记录结构面端点与测线的垂距（H），见图2。

4、间距：测线上相邻结构面之间的距离。

5、产状：结构面的倾向和倾角。倾向为地理方位角。倾角为从测量水平面至结构面上的二面角。记为倾向/倾角。精确到度。

6、持续性：持续性是指结构面在某平面内延伸的面积或长度。在出露的表面上观测结构面迹线长度可以粗略地确定持续性的数值。然而，对它进行任何定量都是非常困难的。这里我们把它限制在测带范围内进行粗略地表示。结构面在量测范围内有五种表示方式如图2。

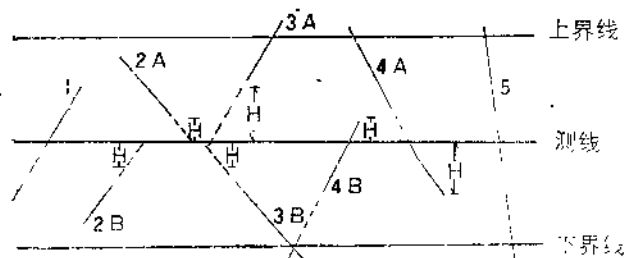


图2

7、结构面粗糙度：可分为三大类，即台阶型、波浪型和平面型，每大类中又分成粗糙的、平坦的、光滑的三种。

粗糙的：结构面壁明显凹凸不平，似不规则锯齿状、张性结构面具此性质。

平坦的：结构面壁无明显凹凸不平，但用于触摸着感觉粗糙。张性和有些压性结构面具此特性。

光滑的：如镜面一样，或有擦痕。用手触摸感觉光滑。压（扭）性结构面有明显错动时具此性。

8、结构面充填情况：对于张开节理要记录张开的开度或是充填物的厚度。同时要记录充填物的成分、破碎程度和固结程度。

9、结构面渗水性：结构面渗水性可分为干燥、潮湿、渗水和流水四种。

10、结构面张开度：节理分成三种即张开的、闭合的、愈合的。分述如下：

张开的：结构面两侧岩壁没有接触或少有接触的。

闭合的：结构面两侧岩壁大部分接触或完全接触，但没有胶结或只有部分胶结。

愈合的：结构面两侧岩壁为矿物或岩脉重新胶结。

11、结构面壁风化等级：岩石风化作用分成物理风化、化学风化、生物风化三种。按风化程度分成四级。

I级：新鲜的。壁面没有可见风化标

志。

Ⅱ级：退色的。壁面岩石颜色发生变化，应当注明颜色变化程度。假如颜色的变化限于特殊矿物成分，应加以说明。

Ⅲ级：化学分解的。岩石被风化成土状，原始岩石材料组织完整，但一些矿物或全部矿物被分解。

Ⅳ级：机械破碎的。岩石被风化成土状，其中原始组织还是完整的，岩石是易碎的，但矿物颗粒没被化学分解。

12、节理岩体风化的等级：节理岩体的风化包括结构面风化和节理岩块风化。分成6级：

I级：新鲜的。

Ⅱ级：轻微风化。

Ⅲ级：中等风化。

Ⅳ级：高风化。

V级：完全风化。

Ⅵ级：所有岩石变成土状，块状结构和材料组织被破坏，体积发生变化，但没有被搬运。

13、岩石质量指标（R、Q、D）：在测线上下三十厘米处各增加一条线，分别量测三条线的R、Q、D值，然后取均值做为这段的R、Q、D值。

14、回弹值测定：用回弹仪在结构面壁上和两侧新鲜岩石上测定。

15、岩性及强度：表示岩性并且在现场取块（不规格试块）用点载荷测岩石的强度。

钻孔岩芯调查：利用钻孔对岩体质量进行调查是最行之有效的办法，省时、省力、省钱。国外许多大型矿山完全用钻探进行地质、岩石力学资料的收集。我们从一九八四年至今利用钻探在矿块崩落法开采区内进行地质、岩石力学调查，成功地对矿块崩落法部分首采区进行岩体质量分区和地质储量计算。由于我们要利用钻孔

进行岩体质量评价，所以对岩芯的钻进、岩芯的提取、运输和编录要求的比较严格，要求岩芯的完整性要好，尽可能地保持原岩的状态。岩芯素描包括地质和岩力工作同时素描的办法，采用素描和照象相结合。这样统计数据、文字素描、照片三位一体，是一部很好的钻孔资料。

记录表格中有：回次号、相当孔深、本回次进尺、岩芯长、采取率、长岩芯长（大于10厘米的岩芯）、RQD值、节理数、节理频数、节理产状、岩石强度、柱状图、文字说明等项。

文字说明中主要记叙：

1）岩性及其物理特征

2）矿化程度及主要矿物

3）岩石蚀变。蚀变的程度、类型及蚀变矿物，蚀变带的宽度及空间位置。

4）脉。脉的性质、产状、宽度、与围岩的接触关系。

5）节理面的特征

6）简易记录漏水、涌水。

7）破碎带。描述破碎带的空间位置、宽度、破碎岩块的形状（粉状、粒状、片状、块状、角砾状、圆砾状等）。尽可能判断是否断层及其断层性质。

通过对巷道、钻孔岩芯的调查、各种数据的统计分析、编制成各种图表、包括如下内容：

1、节理极点等密图。

2、节理持续性分布曲线直方图。

3、节理间距（或节理密度）直方图。

4、节理倾向、倾角频数直方图。

5、节理粗糙度分布频数直方图。

6、RQD值曲线直方图。

7、编制构造纵横剖面图。

8、沿坑道构造素描图。

（二）铜矿峪矿的岩石力学条件

通过巷道调查和对岩石样品的测定以

及地应力的测定，基本上掌握了铜矿峪矿的岩石力学条件。

1、岩体的节理组数以及各组之间的相对位置：

铜矿峪矿床经多次构造运动，又是古老的深变质岩区，节理产状复杂，倾角变化大。我们通过详细调查中的十九个点综合统计结果见表2。

节理倾向统计表 表2

| 倾向 | 0°-10° | -20° | -30° | -40° | -50° | -60° | -70° | -80° | -90° | -100° |
|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 个数 | 17     | 5    | 6    | 3    | 4    | 7    | 2    | 3    | 2    | 3     |

| 倾向 | -110° | -120° | -130° | -140° | -150° | -160° | -170° | -108° | -190° | -200° |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 个数 | 23    | 22    | 109   | 63    | 92    | 52    | 29    | 14    | 7     | 0     |

## 第二节理组

| 倾向 | -210° | -220° | -230° | -240° | -250° | -260° | -270° | -280° | -290° | -300° |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 个数 | 8     | 12    | 5     | 16    | 20    | 28    | 18    | 24    | 61    | 87    |

## 第一节理组

| 倾向 | -310° | -320° | -330° | -340° | -350° | -360° | 总计   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 个数 | 163   | 84    | 63    | 43    | 32    | 10    | 1137 |

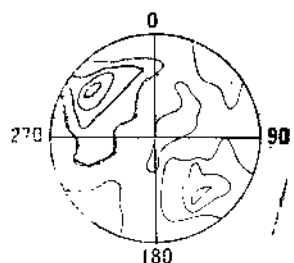


图3 极点等密图

图3是节理极点等密图，采用赖特网直接投点法。从表1和图1中我们可以知道，本区有两组主要节理组，第一节理组为290°~330°，第二节理组为120°~160°。第一节理组的平均节理数是总平均数的3.14倍，第二节理组是总平均数的2.5倍，其它方位区间的均数都不超过总均数的2倍。因此说本区有两组主要节理组。第一节理组产状与矿体产状基本相同，第二节理组与矿体倾向相反，两组节理的平均夹

角70°~80°。两组节理之外的那些节理，虽然相互不能成组，但在各个方位上切割着岩体，从客观上起到了“第三节理组”的作用。（见表3）这一点从地表塌陷区的岩石块度已经得到了证实。

对于节理倾角的分布，见图4、图5，基本上代表了本区节理倾角的分布情况。第一节理组平均倾角为60°，第二节理组平均倾角为55°。

表3

| 节理组       | 条数   | 条数/每度 | 占总数百分比 |
|-----------|------|-------|--------|
| 291°—330° | 397  | 9.93  | 34.92  |
| 120°—160° | 316  | 7.9   | 27.79  |
| 其 它       | 424  | 1.5   | 37.29  |
| 总 计       | 1137 | 3.6   | 100.00 |

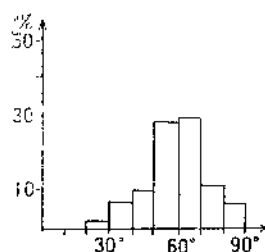


图4第一节理组倾角直方图

## 2、节理间距(或称节理密度)

表4中的节理间距分布情况见表4

表4

| 类别    |     | 节理间距分布区间 |         |         |         |         |         |       | 总计   |
|-------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|------|
|       |     | 0~0.2    | 0.2~0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~0.8 | 0.8~1.0 | 1.0~1.5 | 1.5以上 |      |
| 第一节理组 | 节理数 | 214      | 103     | 42      | 29      | 16      | 26      | 10    | 449  |
|       | 百分比 | 47.7     | 22.9    | 9.4     | 6.5     | 3.6     | 5.8     | 4.1   |      |
| 第二节理组 | 节理数 | 98       | 64      | 33      | 5       | 18      | 23      | 29    | 270  |
|       | 百分比 | 36.3     | 23.7    | 12.2    | 1.9     | 6.7     | 8.5     | 10.7  |      |
| 综合节理  | 节理数 | 821      | 227     | 62      | 8       | 2       | 2       |       | 1122 |
|       | 百分比 | 73.2     | 20.2    | 5.5     | 0.7     | 0.2     | 0.2     |       |      |

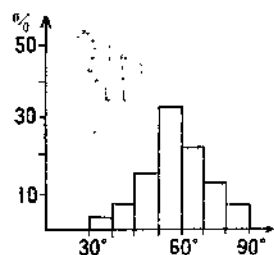


图5第二节理组倾角直方图

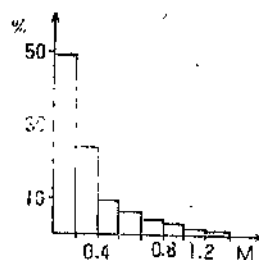


图6第一节理组间距直方图

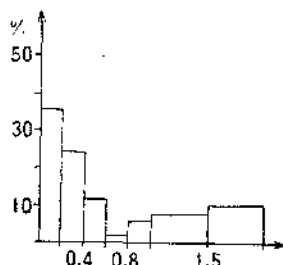


图7第二节理组  
间距直方图

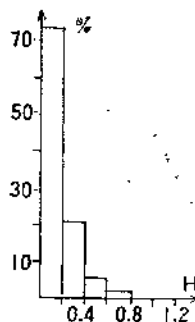


图8综合间距直方图

图6、图7、图8分别是各节理组间距分布直方图。研究阶段施工的6个钻孔)的统计资料。见表5。

钻孔资料取6个孔(1984年可行性研

表5

| 钻 孔    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 平 均  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 节理间距 m | 0.30 | 0.32 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.24 | 0.29 |
| 弱面间距 m | 0.70 | 0.36 | 0.30 | 0.27 | 0.54 | 0.98 | 0.41 |

这些孔的节理间距分布情况是:

区间  $<0.2-0.4-0.6-0.8-1.0-1.5>1.5\text{ m}$

百分比 50.74 34.29 6.99 3.33 1.54 1.87 1.24

无论是巷道还是钻孔岩芯的统计资料,它们是较吻合的。见表6

表6

|              | 第一组<br>节 理 | 第二组<br>节 理 | 其 它  | 综 合  |
|--------------|------------|------------|------|------|
| 巷 道          | 0.42       | 0.73       | 0.47 | 0.17 |
| 钻 孔          | 0.29       |            | 0.41 | 0.16 |
| 最大巷道<br>间距岩芯 | 7          | 10         |      | 1.1  |
|              | 4          |            |      | 1.8  |

通过铜矿峪矿矿块崩落法部分首采区中的25个钻孔的验证认为我们选取的详细调查的区段以及钻孔是有代表性的所表露的数据是可信的。

3、节理的性质、节理面的状态及充填物

铜矿峪矿床的节理以闭合节理为主,占总节理数的77.3%;其次是张开节理,占21.4%;愈合节理很少,仅占1.3%;被石英、方解石或是石英、方解石脉充填,胶结很紧密,我们在节理统计时把愈合节理排斥在外。

节理面以平坦节理、粗糙度中的占多数,平坦节理占84.4%,粗糙度中的占58.7%。

节理持续性较好,大于统计长(2 m)的节理,占总数的49.2%。



#### 4、岩体质量指标 (RQD)

这项参数以钻孔岩芯统计为准。全矿总均值70~80%，首采区平均为60%。其中，

二类区83.86%

三类区58.73%

四类区26.38%

#### 5、岩石物理力学性质

试块取自870水平和690水平。共454块试块。试验结果见表7

表7

| 项 目<br>岩 性 | 抗压强度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 抗拉强度<br>kg/cm <sup>2</sup> | 弹性模量<br>×10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> | 泊桑比   | 容重<br>g/cm <sup>3</sup> |
|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-------|-------------------------|
| 变晶屑凝灰岩     | 600~1300                   | 33~135                     | 5.44                                        | 0.244 | 2.720                   |
| 变石英斑岩      | 1200~1510                  | 64~165                     | 7.08                                        | 0.230 | 2.848                   |
| 变石英二长斑岩    | 1220~1600                  |                            | 6.29                                        | 0.257 | 2.687                   |
| 变质基性侵入体    | 600~1000                   | 20~98                      | 5.08                                        | 0.295 | 2.987                   |
| 绿泥石英片岩     | 800~1290                   | 42~94                      | 5.24                                        | 0.280 | 2.884                   |
| 绢云母石英岩     | 900~1510                   | 53~108                     | 5.83                                        | 0.215 | 2.775                   |
| 绢云母石英片岩    | 1010~1550                  |                            | 5.05                                        | 0.270 | 2.742                   |
| 辉 绿 岩      | 1510~2230                  | 46~85                      | 7.35                                        | 0.260 | 2.900                   |

#### 6、地应力的大小及方向

采用套孔应力解除法在370、810、800等水平打了9个应力测试孔，计算结果是：主应力近水平、方位北东60°~80°，应力值为10.96~14.6MPa/cm<sup>2</sup>，水平应力是垂直应力的3倍左右。

#### 7、地下水

本区地下水不丰富、富于季节性、平时裂隙水较少地带，大部分地段为潮湿，部分干燥。雨季裂隙水增多。此项不包括今后地表塌陷区汇水。

### 二、对铜矿峪矿可崩性评述

经过六年的努力，铜矿峪工程技术人员巷道素描万余米，钻孔五千余米，对铜

矿峪岩体的认识是较深刻的。通过收集国外同类型矿山的资料进行对比，并且实地考察，更增加了感性认识，提高了应用矿块崩落法的技术水平。下面把铜矿峪矿与智利的特尼恩特矿、美国的亨德森矿基本岩石力学条件作一对比。在目前世界上公认这两座矿山是应用矿块崩落法矿山中最困难的，也是比较成功的两座矿山。

我认为铜矿峪矿岩体可以和智利的特尼恩特的原生矿相比。他们生产原生矿由1981年的6000余吨/日经过几年的努力，目前生产4万—5万吨/日。这是极大的飞跃，说明原生矿的崩落不存在问题。确切地说铜矿峪矿的二类区相近于特尼恩特矿的原生矿，从总的岩体质量来说铜矿峪