

矿体圈定与资源储量估算

湖南省矿产资源储量评审中心

1	矿体圈定.....	1
1.1	矿床工业指标	1
1.1.1	矿床工业指标的确定方法	1
1.1.2	矿床工业指标确定程序	1
1.1.3	工业指标的主要内容	2
1.2	矿体圈定与连接	4
1.2.1	矿体边界线的圈定	4
1.2.2	矿体的连接	5
1.2.3	矿体的外推	7
1.3	非煤矿体圈定应注意	9
2	资源储量估算	10
2.1	资源储量估算的一般原则	10
2.2	资源储量估算范围	10
2.3	资源储量估算方法	10
2.3.1	资源储量估算方法	10
2.3.2	资源储量估算方法的选择及其依据	11
2.3.3	断面法的估算过程和方法	12
2.3.4	线资源储量估算方法	14
2.3.5	地质块段法	14
2.4	资源储量估算参数的确定	15
2.4.1	平均品位 (C) 的计算:	15
2.4.2	厚度 (H) 的计算	17
2.4.3	矿体块段面积 (S) 的测定	18
2.4.4	矿石体积质量 (体重) 的确定	18
2.4.5	矿体块段体积、矿石量、金属量估算	19
2.5	资源储量估算的可靠性	19
2.6	伴生组分资源储量估算	19

2.6.1 普通方法	20
2.6.2 相关分析法	20
2.7 资源储量估算结果汇总表.....	21
2.8 资源储量的分割	21
2.9 资源储量分割常见问题.....	22

1 矿体圈定

1.1 矿床工业指标

矿床工业指标是矿体圈定的基础。

1.1.1 矿床工业指标的确定方法

矿床工业指标是圈定矿体、估算资源储量的重要技术经济指标。确定工业指标既要考虑能圈出具有一定规模的工业矿体，又涉及到政府对矿产资源的监督管理，一定要符合矿床的实际情况和政府主管部门的有关规定。其确定方法通常为以下四种。

①继承法：如果矿床已有有关部门批准或下达的工业指标，可直接引用。但应说明其来源的文件名称、文号、批准时间和批准单位。

②类比法：如果矿床邻近有同类型可类比的矿床（山），可在充分类比论证下，采用与该矿床（山）相同的工业指标估算资源储量。类比时要考虑矿床内部特征（矿体特征、矿石加工技术性能、开采技术条件等）和外部建设条件的一致性或相似性。

③一般法：一般情况下，可从政府主管部门发布的或相应矿种勘查规范建议的矿床一般工业指标中选取。取值范围不能超出一般工业指标的浮动范围，具体指标根据矿床的实际情况确定。矿床内、外部条件好时取下限值，反之取上限值。这样确定的工业指标不需要详细论证，也不需要报批，程序简便。该方法一般适应于普查和预查阶段。

④论证法：在详查、勘探阶段，一般应结合矿床预可行性和可行性研究，论证制定该矿床合理的工业指标并上报政府主管部门批准后，作为圈定矿体、估算资源储量的依据。工业指标论证应由具有可行性研究资质的单位完成。

1.1.2 矿床工业指标确定程序

在地质勘查工作阶段较低时（如预查、普查）：参照各矿种“地质勘查规范”中所制定的一般工业指标及湖南省修订的部分矿种矿床一般工业指标（2013年1月1日起试行），由地勘单位直接采用（一般应报业主认可）。

详查及勘探阶段：由地勘单位建议→设计单位推荐（或矿业权人论证及认可）→省矿产资源储量评审中心评审→报省厅正式批复。

资源储量核实报告、矿山年报及闭坑地质报告的矿床工业指标，一般沿用以往经审批的矿床工业指标，应说明其来源的文件名称、文号、批准时间和批准单位。

1.1.3 工业指标的主要内容

1.1.3.1 矿石质量要求

(1) 边界品位：指在圈定矿体时，对单个样品中 useful 组分含量的最低要求，作为划分矿与非矿（围岩或夹石）的一个最低品位界限。常见表述如 0.5%、1g/t 等。

(2) 最低工业品位：是指单个勘查工程揭露的矿体主要有益组分平均含量的最低要求。凡等于或大于该品位的矿石，才能视为工业上能利用的矿石，其资源储量作为能利用资源储量（以往称表内储量），介于该品位与边界品位之间的矿石属工业上暂不能利用的矿石，其资源储量作为暂不能利用的资源储量（即低品位矿石，以往称表外储量）。对品位变化不均匀和极不均匀的矿产，如贵金属矿床，最低工业品位可用于块段平均品位，在块段中允许有个别工程控制的矿体平均品位低于最低工业品位，但不得有连续相邻两个工程都低于最低工业品位，否则应按工业矿石与低品位矿石来分别圈定单独估算。常见表述如 1.5%、2.5g/t 等。

(3) 矿床平均品位：为全矿床工业矿石的总平均品位，用于衡量全矿床矿石的贫富程度。常见表述如 4.5 g/t，目前我省除个别报告还保留此指标外，已基本取消该指标要求。

(4) 伴生有用组分：是指在矿石中对主要有益组分进行采、选、冶加工过程中，可以顺便或单独提取具有单独的产品和产值的组分。它可用组合分析或精矿分析结果，按各矿种伴生有益组分评价指标来估算其资源储量。一般规范中均有伴生有用组分综合评价的要求。

伴生有益组分：是指那些在矿石中有利于主要有用组分进行选、冶加工的组分，以及在主要有用组分进行加工时能提高产品质量的组分。如某些铁矿石含有达不到综合回收标准的稀土、硼等元素，但在冶炼时可进入钢铁，从而提高钢铁产品的质量。

(5) 有害杂质允许含量：是指对矿石采、选、冶加工过程中起不良影响，甚至影响产品质量的组分所规定的允许平均最大限量。

(6) 矿石或矿物的物理技术性能方面的要求：评价某些矿床时，除对矿石或矿物的品位提出要求外，还要对其物理技术性能进行测定，作为矿产质量评价的一项重要指标。如耐火粘土的耐火度，云母的片度、剥分性和电绝缘性能，石棉纤维的长度、劈分性、抗拉强度、耐热、耐酸、耐碱性能，装饰用大理岩的块度、色泽花纹和机械性能等等。

1.1.3.2 开采技术条件方面的要求

(1) 最低可采厚度：指在一定的技术经济条件下，对单个矿体（层）最小的开采厚度（真厚度）要求。一般情况下，小于这一厚度的，不得视为工业矿体。一般表述如 0.8m。

(2) 夹石剔除厚度或最大夹石允许厚度（真厚度）

是指圈定矿体时，在单工程中允许夹在矿体中非矿石部分（围岩或矿化夹层）的最小厚度。厚度大于或等于此指标的，作为围岩（夹石），不圈入矿体。反之，作为矿体的一部分，一并圈入矿体计算工程平均品位，估算资源储量。但注意必须确保矿石工程平均品位不得低于最低工业品位，以防矿石品位的人为贫化。一般表述如 2m。

(3) 最低米百分率（米·克/吨值）：对某些矿产，特别是工业利用价值较高的矿产提出的一项综合指标。它包括矿石品位和矿体厚度两方面的要求，只用于厚度小于可采厚度而品位大于最低工业品位的矿体。在这前提下，如果工程矿体厚度与矿石品位的乘积（即米百分率或米·克/吨值）等于或大于工业品位与可采厚度的乘积（即最低米百分率或最低米·克/吨值）的，仍可视为工业矿体，参加资源储量估算。

(4) 含矿系数（含矿率）：是指工业矿化地段（即工业矿体）的长度、面积或体积与整个矿化地段（含工业矿体在内）的长度、面积或体积的比值。它是表示矿化地段内工业矿体的连续程度的一项指标。矿化连续的矿体其含矿系数为 1 或近于 1，含矿系数愈小，矿化愈不连续。

(5) 可采宽度：一般是指用机械采掘砂矿（如用采金船开采砂金）矿体的最小开采宽度。它是根据矿床的可采厚度、矿石品位、采掘方法等因素确定的，小于这一宽度要求的，则不宜于机械化开采。

(6) 无矿段剔除长度及高度：一般是对脉状矿床或品位变化大的复杂类型矿床所作的特殊规定，即对矿脉（体）沿走向和倾向无矿地段应剔除的长度或高度。如脉型矿床根据上下坑道（沿脉）对应或不对应时，其无矿地段剔除长度分别为 10-15m 或 20-30m，无矿段剔除高度为半个中段或一个中段。

(7) 剥离比（或剥离系数或剥采比或剥离率）：指露天开采矿床或矿体，开采时需剥离的废石量（包括矿体间夹石、开拓安全角范围内的剥离物）与埋藏的矿石量相比的数值，即剥离量与矿量的比值。等于或小于这个比值的那部分可以露天开采。它是确定矿床露天开采的一项重要技术经济指标。

1.2 矿体圈定与连接

为了确定矿体的分布范围和面积，分别估算资源储量，应根据实际的勘查资料来确定各种边界线。一般边界线有矿体自然边界线、矿体内边界线、矿体外边界线、矿体零点边界线、矿体可采边界线、矿石自然类型和工业品级边界线、资源储量类型边界线等。

1.2.1 矿体边界线的圈定

矿体边界线的圈定是指在控矿工程中，按工业指标要求，把矿体的边界确定下来。即从等于或大于边界品位样品圈起，但必须首先保证最低工业品位以上矿体的完整性及边界的圈定，然后再考虑小于最低工业品位、大于边界品位的作为低品位矿体圈定。矿体中厚度大于夹石剔除厚度的非矿部分，应予以剔除或作为夹石圈出。

1.2.1.1 单工程工业矿体：当平均品位和真厚度达到工业要求时即为矿体；当矿体的真厚度小于最小可采厚度、但品位较高，达到米百分率或米克/吨值要求时，也可作为矿体。单工程中若遇连续有多个大于边界品位而小于最低工业品位的低品位样品，当其厚度小于夹石剔除厚度且分布零星时，可不单独圈出，或带入工业矿体，参与矿体厚度和平均品位估算，但必须保证工程平均品位大于最低工业品位，具体操作时应视情况合理处理。

关于“穿鞋戴帽”的问题。所谓“穿鞋戴帽”是指在圈定矿体时，矿体中部品位较高，其边部即上（戴帽）下（穿鞋）部的低品位矿带入圈为最低工业品位以上矿体的现象。在圈定最低工业品位以上矿体时，在矿体边部连续出现多个大于边界品位而低于最低工业品位的样品时，一般允许将相当于夹石剔除厚度以内的样品，圈入最低工业品位以上矿体，其余可作为低品位矿体单独圈出，不得将连续厚度超过夹石剔除厚度的低品位矿圈入，以避免人为降低最低工业品位以上矿体品位或使最低工业品位以上矿体人为的变成低品位矿体。当单工程平均品位小于最低工业品位，而剔除顶或底部的个别样品，使之能达到或大于最低工业品位时，应剔除顶或底部的个别低品位矿样品。例如：某钒矿，ZK2401 的平均品位小于最低工业品位，但厚度达 13m，在剔除底部的 11（小于边界品位）和 12 号样（低品位）之后，则 ZK2401 的平均品位大于最低工业品位。

1.2.1.2 单工程低品位矿体：单工程中若遇连续有多个大于边界品位而小于最低工业品位的低品位样品，当其厚度大于夹石剔除厚度时，尤其是对于厚大且又能与周边工程的低品位矿连接成片时，不应带入工业矿体，而应作为低品位矿单独圈出。当达到最低工业品位要求的样品厚度小于最小可采厚度，采用米百分率或米克/吨值指标仍不能

圈定为工业矿体时，可视情况与周边低品位样品工程合并圈为低品位矿体。

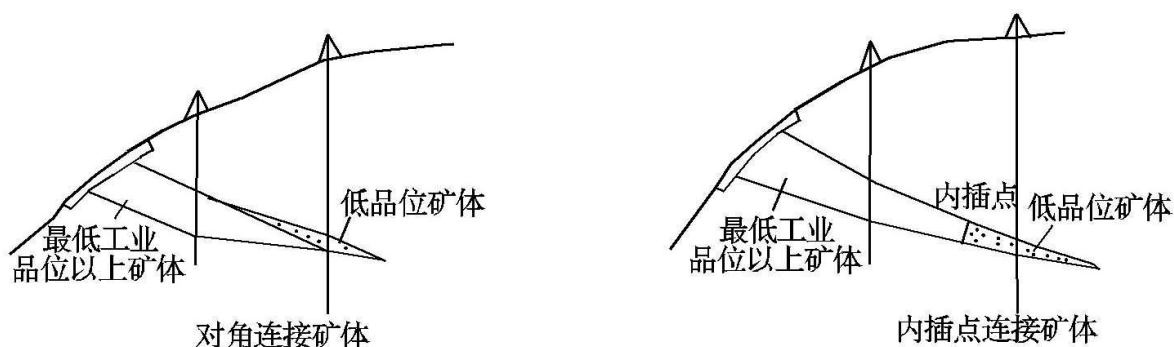
1.2.2 矿体的连接

矿体的连接是指在平面上和剖面上或走向上和倾向上把矿体的空间位置圈定出来。

(1) 在连接矿体时，坚持先连接地质界线或地质现象，再根据主要控矿地质特征连接矿体的原则。矿体的连接一般采用直线相连，在充分掌握矿体形态特征时，可用自然曲线连接，必须强调的是：工程间的矿体厚度不得大于相邻两工程的实际最大厚度（宽度）。

(2) 相邻两剖面或相邻两工程同属最低工业品位以上矿体或低品位矿体时，将其顶、底板直接连接成最低工业品位以上矿体或低品位矿体。

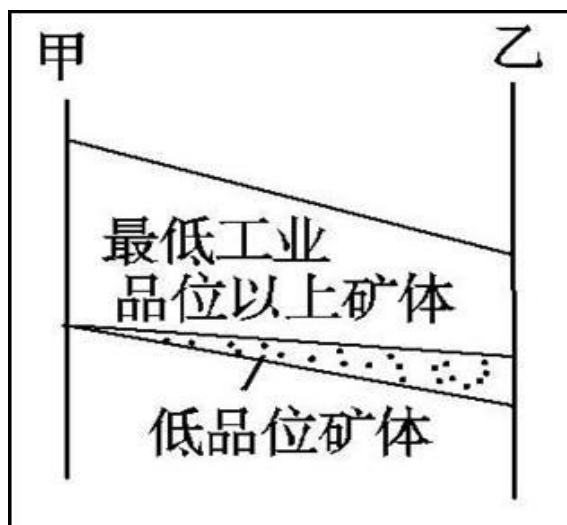
(3) 剖面上或平面上相邻两工程间，一工程为最低工业品位以上矿体，另一工程为低品位矿体，采用对角线连接矿体，或各取一半，或用品位内插法求出品位达到最低工业品位的内插点后再连接最低工业品位以上的矿体。见下图。

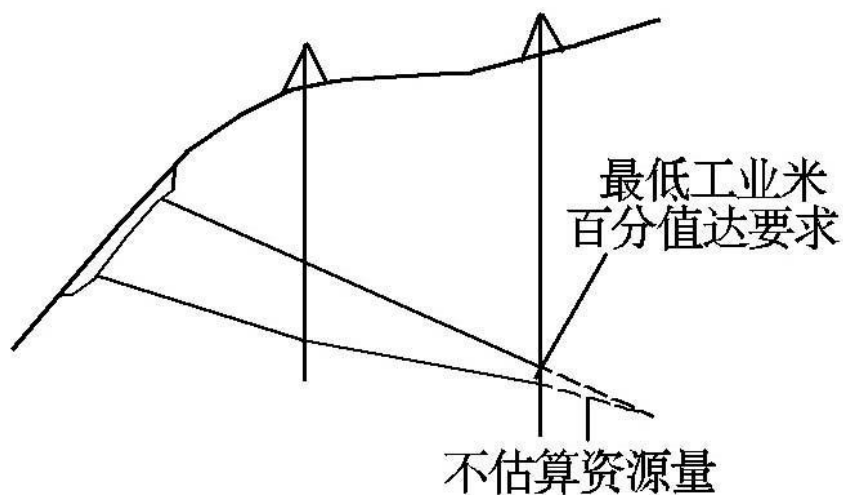


(4) 相邻两工程间，甲工程为最低工业品位以上矿体，乙工程为最低工业品位以上矿体+低品位矿体，则将两工程对应的最低工业品位以上的矿体相连接，不对应的乙工程低品位矿体与甲工程最低工业品位以上矿体的顶板或底板边界点直接相连，见右图。

(5) 相邻两工程，一工程为最低工业品位以上矿体，另一工程达最低工业米百分率(米·克/吨值)要求时，

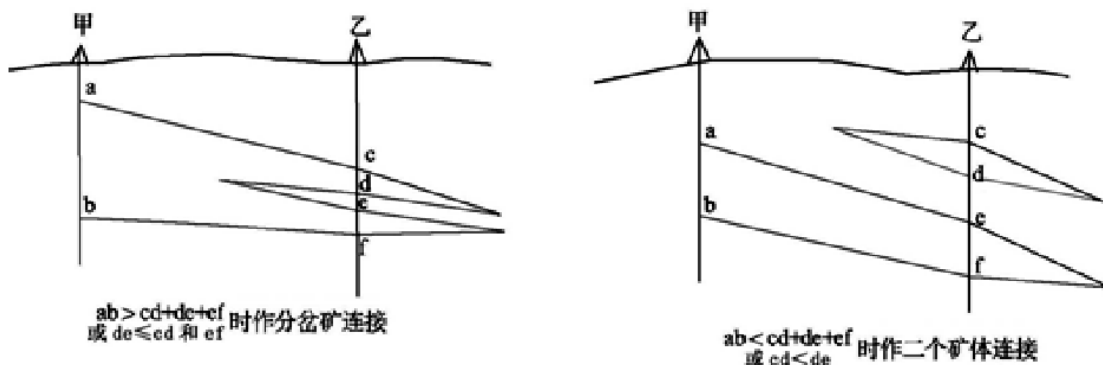
二者直接连接最低工业品位以上矿体，一般不再外推估算资源量，见下图。





(6) 分岔矿体的连接

相邻两工程间，甲工程不含夹石，乙工程含有夹石，一般情况下，当甲工程矿体厚度大于乙工程中矿体与夹石总厚度时，按同一矿体分岔连接，反之则按两个矿体分别连接。或工程中矿体夹石厚度小于或等于其两侧矿体的厚度时，按分岔矿体连接，若其中一侧矿体厚度小于夹石厚度时，则按两个矿体连接。见下图。



(7) 两种特殊情况矿体连接的处理（仅作参考）

一种是相邻两工程，一工程为最低工业品位以上矿体，另一工程厚度小于最小可采厚度，品位大于或等于最低工业品位，但米百分率小于最低工业米百分率，有两种处理办法：一是该工程作零点尖灭连接矿体；另一种是内插到最小可采厚度再连接矿体。

另一种是相邻两工程，一工程为最低工业品位以上矿体，另一工程为低品位矿，且厚度小于最小可采厚度，亦有两种处理办法：一种是工程矿体厚度×品位积达到低品位矿米百分率时，该工程可作为尖灭点连接矿体；另一种是工程矿体厚度×品位积小于低品位矿米百分率时，作有限外推连接矿体。

(8) 关于用内插法计算内插点矿体的真厚度及品位问题

相邻两工程，一工程矿体真厚度及品位达工业要求，而另一工程品位大于最低工业

品位，真厚度小于最小可采厚度，即先用内插法求出最小可采厚度的内插点，然后再据有关数据计算出内插点的矿体品位；反之，另一工程矿体真厚度达到最小可采厚度，而品位低于最低工业品位，则先用内插法求出最低工业品位的内插点，然后再据有关数据计算出内插点的矿体真厚度。这种方法又称双内插，就是先据相邻两工程矿体真厚度或平均品位资料求出达最低工业品位以上矿体工程至内插点的距离（即内插点的位置），然后再据有关数据计算出内插点的矿体真厚度或品位。

① 计算内插点至最低工业品位以上矿体工程的距离，用下列公式：

$$l = \frac{L \times (M_1 - M_0)}{M_1 - M_0} \text{ 或 } l = \frac{L \times (C_1 - C_0)}{C_1 - C_0}$$

式中：L 为 A、B 两工程距离；M₁、C₁ 为最低工业品位以上矿体工程（A）中真厚度和平均品位；M₂、C₂ 为未达最小可采厚度（最低工业品位）工程（B）中矿体真厚度和平均品位；M₀、C₀ 为工业指标中最小可采厚度或最低工业品位；I 为内插点到最低工业品位以上矿体工程（A）的距离。

② 求内插点矿体品位或真厚度，用下列公式计算：

$$C_x = C_1 - \frac{l \times (C_1 - C_2)}{L} \text{ 或 } M_x = M_1 - \frac{l \times (M_1 - M_2)}{L}$$

式中：C_x、M_x 为内插中矿体品位及真厚度。

（9）以上矿体连接提到点尖灭连接矿体和内插连接矿体，一般情况下，预查、普查阶段，工作程度低，所估算的资源量可靠程度亦低，所以为减少估算过程和方便起见，常采用点尖灭连接矿体。而详查、勘探阶段，工作程度高，所估算的资源储量可靠程度亦高，因此可采用内插法内插到矿体最小可采厚度或最低工业品位来连接矿体。

（10）矿体内部结构包括矿石类型（主要指工业类型）、矿石品级（工业品级、工业矿石、低品位矿石等）、夹石。在圈定矿体边界线以后，要对矿体内部结构，即矿石工业类型、矿石品级、夹石按要求分别进行圈定，圈定原则与上述原则一致。

1.2.3 矿体的外推

连接见矿工程以外的矿体边界的方法叫外推法。它是地质工作中常用的一种方法，即根据已知部分的地质规律来预测或推断未知部分的情况。如根据勘查工程资料，结合地质构造及矿体变化规律，推断见矿工程以外未知部分矿体可能分布的界线。运用外推法推断矿体边界时，根据勘查工程分布及控制情况，分为有限外推和无限外推两种。

矿体的外推，要充分考虑矿体空间产出的地质规律来进行。当矿体的厚度与长度呈正消长关系时，在有充分依据（依据一定数量的工程资料统计数据）的情况下，可以科学地确定外推长度，即厚度大的可外推长些，厚度小的可外推短些。如某铅锌矿：单工程矿体厚度 ≥ 10 米时，外推距离为相应工程间距的 $1/2$ ，厚度在 5-10 米时，外推距离为相应网度的 $1/3$ ，厚度 < 5 米时，外推距离为相应网度的 $1/4$ 。（上述相应网度一般指上一级类型的工程间距）。

当矿体厚度与矿体长度无规律可循时，一般按相应网度（工程间距）的 $1/2$ 尖推或 $1/4$ 平推。对有色及贵金属矿产，由于矿化特征复杂，当边部相邻（矿体边界以外）工程存在大于边界品位 $1/2$ 矿化时，可作工程间距的 $2/3$ 尖推或 $1/3$ 平推。当矿体平推时，剖面图上一般先按 $1/2$ 或 $2/3$ 尖推连接矿体，然后在 $1/4$ 或 $1/3$ 平推处绘垂直矿体连线的线段，以示资源量估算边界（表示矿体边界与资源量估算边界不一致）。

当采用米百分率（米·克/吨值）圈定矿体的边界时，需结合矿床特征考虑，一般不外推。对薄脉型矿体，多数采用米百分率（米·克/吨值）来衡量矿体者，可进行外推圈定。对厚度变化大的矿体，当矿体中部出现个别米百分率（米·克/吨值）达到要求的工程时，可以圈入矿体。

关于最低一层坑道向下外推的问题：沿脉坑道向下，当有控制的工程间距（322 网度）的见矿钻孔时，可圈算控制的资源储量（332）；当有推断的工程间距（333 网度）见矿时，可平推控制的工程间距（332）的 $1/4$ 估算控制的资源量（332）或圈算推断的资源量（333），当工程不见矿时，不能推算控制的资源量（332），但可按推断的工程间距（333） $1/2$ 尖推或 $1/4$ 平推估算推断的资源量（333）。穿脉坑道在走向上，当有控制的工程间距见矿钻孔时，可圈算控制的资源量（332），否则不得外推控制的资源储量。对于盲矿体的头部，最高一层坑道向上外推，也可采用上述办法。

1.2.3.1 矿体的有限外推

即在见矿工程与相邻未见矿工程之间圈定矿体边界。无论在走向上或倾向上，相邻两工程的距离小于相应工程间距时，以实际控制的距离按上述原则外推圈定矿体边界。若两工程距离大于相应工程间距时，以相应工程间距按上述原则外推圈定矿体边界。具体为：

若一工程见矿，相邻工程见 $1/2$ 边界品位的矿化，且两工程间距大于相应的工程间距，则沿矿体走向、倾向平推上一类型勘查工程间距的 $1/3$ ，作为资源储量估算的边界

线；若一工程见矿，相邻工程见低品位矿，且两工程间距大于相应的工程间距，就沿矿体走向、倾向平推上一类型勘查工程间距的 $1/2$ ，作为工业矿体的边界线，相邻工程则以相同方式、相同工程间距圈低品位矿；若一工程见矿，相邻工程见 $1/2$ 边界品位的矿化，且两工程间距小于相应的工程间距，按实际工程间距的 $1/3$ 平推，作为资源储量估算的边界线；若一工程见矿，相邻工程见低品位矿，则按实际工程间距的 $1/2$ 平推，作为工业矿体的边界线，其余 $1/2$ 圈为低品位矿。

1.2.3.2 矿体的无限外推

即在见矿工程以外（无勘查工程）相邻地段推断矿体边界。以上一资源量类型工程间距按上述原则外推圈定矿体边界。单工程及见矿工程外无工程、或一工程见矿，相邻工程未见矿且两者间距大于相应的勘查工程间距，均作无限外推。

具体方法是：沿矿体走向、倾向向外平推上一级工程间距的 $1/4$ 距离或向外尖推上一级工程间距的 $1/2$ 距离，作为资源储量估算的边界线；若一工程见矿，相邻工程未见矿且两者间距小于相应的勘查工程间距，沿矿体走向、倾向向外平推两工程间距的 $1/4$ 距离或向外尖推两工程间距的 $1/2$ 距离，作为资源储量估算的边界线。

位于矿体边部的低品位工程一般不外推。

1.2.3.3 矿体内夹石的外推

工程中矿体内夹石的外推原则与矿体的外推原则一致。

1.2.3.4 矿体内“无矿天窗”的外推

在矿体边界线内，有时遇到个别工程未见矿，它所影响的范围即称“无矿天窗”。它的外推及圈定与矿体的外推、圈定原则一致。

1.3 非煤矿体圈定应注意

- ①探明的和控制的资源储量只能用工程实际连线圈定，一般不外推；
- ②控制的资源储量可以外推推断的资源量，探矿工程圈定的推断的资源量可以外推预测的资源量；
- ③不能连续外推，如控制的资源储量外推推断的资源量，不能再外推预测的资源量。
- ④普查阶段，单孔单线控制的一般不估算（333）资源量，详查及勘探阶段，在基本查明或详细查明矿体特征之后，单孔单线控制的可以考虑估算（333）资源量；

2 资源储量估算

2.1 资源储量估算的一般原则

- (1) 参与资源储量估算的各项探矿工程的质量，应符合有关规范、规程和规定的要求。
- (2) 资源储量估算必须在综合研究矿床地质特征、控矿因素的基础上，严格按工业指标正确圈定矿体的前提下进行。
- (3) 资源储量估算应按矿体、资源储量类型和块段分别估算矿石量、金属量和平均品位。当选（冶）试验证实矿石性质差异大，有可能进行分采、分选时，应考虑分矿石类型进行估算。
- (4) 矿床中氧化带、混合带、原生带发育时，应分别估算其资源储量。混合带不发育时，可视实际情况将其划入氧化带或原生带进行估算。
- (5) 达到工业要求的共伴生组分，应分别圈定矿体估算资源储量。
- (6) 资源储量的单位按各矿种规范的要求确定。通常情况下，一般矿产矿石量单位为万吨，金属量为吨；金等稀有贵金属矿石量单位为吨，金属量为千克。一般矿产的矿石品位以质量分数（%）计，金、银等稀有贵金属矿石品位以质量分数（ 10^{-6} ）计。
- (7) 估算资源储量时，应扣除截至勘查工作结束时采空区的资源储量。永久性建筑物等压覆的资源储量应予说明。
- (8) 应用地质统计学方法估算资源储量时，所用的软件应是国家矿产资源储量主管部门评审认可，或是工业部门长期实际应用中证实是可行的软件。资源储量估算应在品位数据结构分析、区域化变量的变异函数研究、正确确定资源储量估值参数及选择估值方法的条件下进行。

2.2 资源储量估算范围

根据需要（如编制勘查报告、核实报告、年报、压覆报告等），划定本次资源储量估算范围。

应说明资源储量估算的平面范围如起止剖面线或拐点坐标，垂向范围如准采标高或埋藏深度；参加资源储量估算的矿体数和矿体号。矿体分布范围超出矿权范围的，只估算矿权证内资源储量，证外资源储量一般不估算，特殊情况需估算的，须分别统计。

2.3 资源储量估算方法

2.3.1 资源储量估算方法

根据矿床的地质特征、矿体的赋存状态、勘查工程的分布情况等因素进行选择。对

估算方法及其结果的正确性一般应进行检验，可选择一部分有代表性的块段或矿体，采用其他方法进行检验估算。

常用的资源储量估算方法有传统方法和地质统计学方法两大类。根据矿体形态、产状的不同以及地形条件、工程布置的差异，传统方法又分为平行垂直剖面法、水平断面法、垂直纵投影地质块段法、水平投影地质块段法四种常用估算方法；还有一种不平行垂直剖面法（勘探线布置彼此不平行时采用）。不平行垂直剖面法因为极少采用，这里不作介绍。其中平行垂直剖面法、水平断面法合称断面法。

2.3.2 资源储量估算方法的选择及其依据

从矿体的形态、产状、规模和勘查工程的布置方式等方面论述所选择的资源储量估算方法的合理性及其依据。在估算方法的选择上，能用简单方法的就不要用复杂方法。各种估算方法的选择依据：

a、平行垂直剖面法：勘探线相互平行，探矿工程（槽、坑、钻等）一般布置在勘探线上，且各见矿工程见矿中心点偏离勘探线的距离小于勘探线间距的 $1/4$ ；矿体在勘探线剖面上的形态为透镜状或不规则状，厚度变化较大时常采用此种方法。所附图件：勘探线资源量估算剖面图、矿体分布水平投影图（当矿体倾角 $<45^\circ$ 时）或矿体分布垂直纵投影图（当矿体倾角 $\geq 45^\circ$ 时）。

b、水平断面法：当地形较陡、矿体产状较陡、岩石破碎（钻孔取芯困难）、采用不同中段的穿脉或沿脉坑道控制矿体（地表用槽探工程），不同中段的穿脉坑道沿勘探线布置，探矿工程见矿中心点偏离勘探线的距离小于勘探线间距的 $1/4$ ；矿体在各水平中段上的形态为透镜状或不规则状，厚度变化较大时可采用此种方法。所附图件：勘探线剖面图、中段地质平面图、矿体分布垂直纵投影图。

c、垂直纵投影地质块段法：勘探线相互平行，探矿工程（槽、坑、钻等）一般布置在勘探线上，由于钻孔偏斜、见矿中心点偏离勘探线距离较大，或地形条件限制、迫使探矿工程（槽、钻探）布置时偏离勘探线较大距离；矿体产状较陡（倾角 $\geq 45^\circ$ 或煤层倾角 $\geq 60^\circ$ ）。矿体在勘探线剖面上的形态较简单，为脉状、或层状、似层状，厚度变化不大时常采用此种方法。所附图件：勘探线剖面图、矿体垂直纵投影图。矿体面积测定、体积计算、块段划分等均在矿体垂直纵投影图上进行；勘探线剖面图只用于反映矿体的剖面形态、产状和内部结构，以及工程控制程度等。见图 4 所示。

d、水平投影地质块段法：此方法原则等同于垂直纵投影地质块段法。二者区别主

要在于采用水平投影地质块段法估算资源储量时，矿体倾角较缓（倾角 $<45^{\circ}$ 或煤层倾角 $<60^{\circ}$ ）

e、地质统计学方法是以区域化变量理论作为基础，以变异函数作为主要工具，对既具有随机性、又具有结构性的变量进行统计学研究，估算时能充分考虑品位的空间变异性和矿化强度在空间的分布特征，使估算结果更加符合地质规律，可信度较高，但需有较多的样本个体为基础。

2.3.3 断面法的估算过程和方法

①划分资源储量估算块段：根据编制好的勘查线剖面图、平行断面图、垂直纵投影图或水平投影图等资料，按资源储量类型、最低工业品位以上矿石、低品位矿石、矿石类型、矿石品级划分块段。还要考虑矿界、准采标高、压覆界线等。

②在剖面图或水平断面图上测定矿体断面面积，计算块段矿体平均品位和矿石体重。

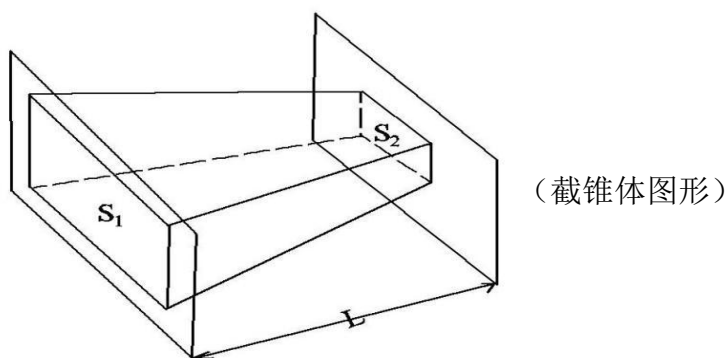
③计算矿体块段体积：根据块段矿体不同形态，分别采用以下公式计算块段矿体体积。

a、当相邻两剖面上块段矿体断面形态相似，位置对应，且两面积相对差小于 40% 时，采用梯形（梯台）体积公式计算体积：

$$V = \frac{L \times (S_1 + S_2)}{2} \quad (\text{梯形公式})$$

b、当相邻两剖面上矿体断面形态相似，空间位置相对应，两面积相对差大于 40% 时，采用截锥体（棱台）公式计算体积。

$$V = \frac{L \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})}{3} \quad (\text{截锥体公式})$$

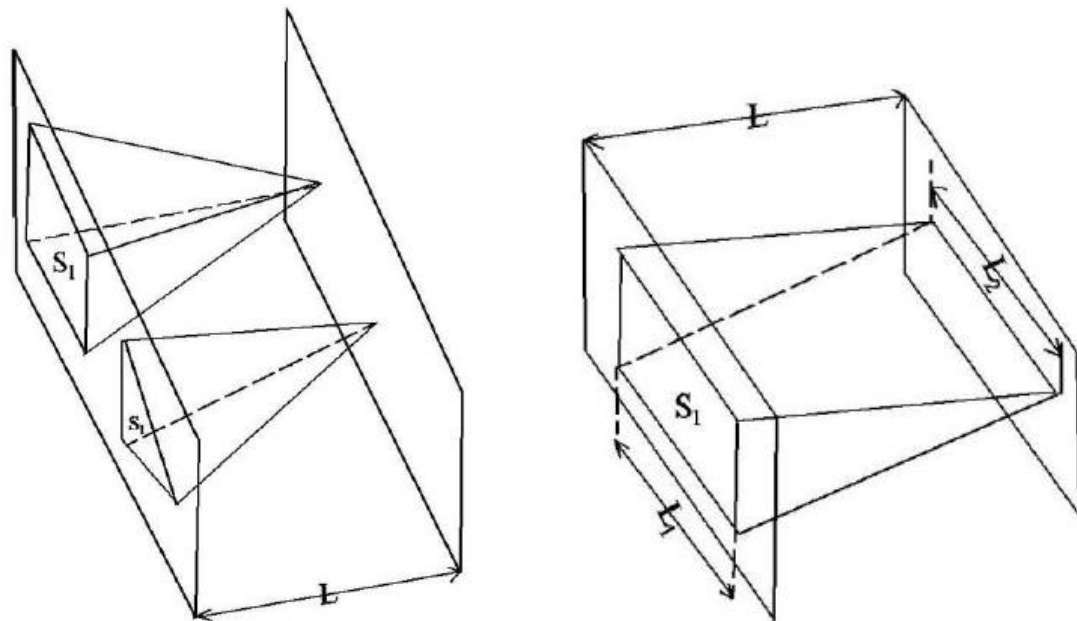


相邻两剖面相对差计算公式：

$$\frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100\% \text{ 即 } \frac{\text{大面积} - \text{小面积}}{\text{大面积}} \times 100\%$$

c、组成块段的相邻两剖面，一剖面有矿体断面面积，另一剖面无矿体面积时，矿体呈线或点尖灭。这种情况视矿体的尖灭特征，分别用下列公式计算矿体体积。

(a) 另一剖面矿体呈点尖灭，采用锥体公式计算体积



$$V = \frac{L \times S_1}{3} \quad (\text{锥体公式})$$

(b) 一剖面矿体呈线形尖灭，且尖灭的线形宽度（或斜长）与另一剖面断面面积宽度（或斜长）相等时，采用正楔形公式计算体积。

$$V = \frac{L \times S_1}{2} \quad (\text{正楔形公式})$$

(c) 一剖面矿体呈线形尖灭，尖灭的线形宽度（或斜长）与另一剖面断面面积宽度（或斜长）不等或一剖面用米百分率（米·克/吨值）圈定矿体时，只有矿体厚度而无面积时，采用斜楔形公式计算体积。

$$V = \frac{S \times L(2 + \frac{a_2}{a_1})}{6} \text{ 或 } V = \frac{S \times L(2 + \frac{m_2}{m_1})}{6} \quad (\text{斜楔形公式})$$

上各式中：V 为块段矿体体积

L 为块段长度即二相邻勘查线间距或矿体外推长度

S₁、S₂ 为相邻二勘查线剖面上矿体断面面积

m_1 为斜楔形底面积上矿体平均厚度（底面积 \div 矿体倾斜长度）

m_2 为斜楔形中以米百分率（米克吨值）圈矿工程矿体厚度

a_1 为斜楔形底面积上矿体宽度（或斜长）

a_2 为斜楔形线尖灭处矿体宽度（或斜长）

④计算块段矿体矿石量 $D=V d$ 或金属量 $Q=D C$ 。

式中： D 为矿石量； Q 为金属量； V 为体积； C 为平均品位。

2.3.4 线资源储量估算方法

是垂直平行断面法的一种。根据块段划分的不同有二种不同的估算方法。

①利用勘探线剖面影响距离来划分块段，即每一勘探线剖面至两侧相邻勘探线剖面之间二分之一距离的地段，就是该剖面所影响（控制）的块段。

先分别计算每个剖面两侧共 1m 宽度内的矿体体积和资源储量，然后按每个块段实际影响距离（即块段长度）计算出各块段的资源储量。各块段资源储量之和即为矿体之资源储量。线资源储量法主要用于砂矿床的资源储量估算中。

线资源储量估算过程如下：

a、测量各剖面上矿体面积（ S ），而后向勘探线剖面左右各推剖面间距的 $1/2$ ，计算出该矿块体积（ $V=S l$ ）；然后乘上矿石体重（ d ），计算出矿块矿石量（ $D1=V d$ ）；再乘上勘查线剖面矿石平均品位（ C ），得矿块金属量（ $Q1=D C$ ）。

b、块段资源储量计算：

块段矿石量（ D ）=线矿石量（ $D1$ ） \times 块段长度（ L ）；

块段金属量（ Q ）=线金属量（ $Q1$ ） \times 块段长度（ L ）。

c、矿体资源储量计算：将组成矿体各块段资源/储量相加即为矿体资源储量。

②将相邻两勘探线剖面间作为一个块段进行资源储量估算。估算过程如下：

a、计算各勘探线剖面上的线资源储量，计算方法与①点中 a 相同。

b、计算块段资源储量：若两相邻勘查线剖面面积之差 $<40\%$ ，两剖面上矿体的形态、位置相似，采用梯形公式计算；若相邻两勘探线剖面面积之差 $>40\%$ 时，采用截锥体（棱台）公式计算。

2.3.5 地质块段法

这种估算方法是一种在算术平均法的基础上加以改进的资源储量估算方法。它按一定的条件或要求（如不同的地质条件、矿石质量、开采技术条件、研究程度等），把整

个矿体划分若干块段，然后用算术平均法及加权平均法计算各资源储量估算参数、各块段矿体体积和资源储量，各块段资源储量之和即为矿体之资源储量。地质块段法适用于勘查工程不规则布置，工程较多且分布比较均匀的情况下。

根据矿体的倾角陡缓及所采用块段矿体面积的不同，有三种估算方法。

1、采用倾斜真面积估算资源储量

它适用于任何倾角矿体的资源储量估算。其估算过程或步骤如下：

(1) 在矿体垂直纵投影图或水平投影图上，根据要求划分资源储量估算块段。

(2) 测定块段矿体投影面积（垂直投影面积 S' 或水平投影面积 S'' ），计算块段矿体平均倾角（ α ）、平均真厚度（ m ）、平均品位（ C ）、平均体重（ d ）。

(3) 计算块段矿体体积。 $V = S m$ ； S （倾斜真面积） $= \frac{S'}{\sin \alpha}$ 或 $\frac{S''}{\sin \alpha}$

(4) 计算块段矿体矿石量、金属量。矿石量 $D = V d$ ；金属量 $Q = D C$ 。

(5) 统计矿体、矿床资源储量组成矿体各块段资源储量之和为矿体资源储量，各矿体资源储量之和为矿床资源储量。

2、采用水平投影面积估算资源储量

它适用于倾角较平缓的矿体资源/储量估算。其估算过程或步骤与采用倾斜真面积估算资源储量相同，所不同之处为计算块段矿体体积所采用的参数不同而已。块段矿体体积为水平投影面积与平均铅直厚度之乘积。

$$V = S''(\text{水平投影面积}) \cdot \overline{m'}(\text{平均水平厚度})$$

矿石量 $D = V \cdot d$ （平均体重）

金属量 $Q = D C$ （平均品位）

3、采用垂直投影面积估算资源储量

它适用于倾角较陡的矿体资源储量估算。与上述第 2 点不同之处是，块段矿体体积为垂直投影面积与平均水平厚度之乘积。

$$V = S'(\text{垂直投影面积}) \cdot \overline{m'}(\text{平均水平厚度})$$

矿石量 $D = V \cdot d$ （平均体重）金属量 $Q = D C$ （平均品位）

2.4 资源储量估算参数的确定

2.4.1 平均品位（C）的计算：

a. 单工程平均品位计算

采用单个样品长度和品位加权法求其单工程矿体平均品位，其公式为：

$$C=(C_1L_1+C_2L_2+C_3L_3+\dots+C_nL_n)/(L_1+L_2+L_3+\dots+L_n)$$

式中：C：单工程平均品位（ 10^{-2} ， 10^{-6} ）；

$C_1\dots\dots C_n$ ：单个样品的品位（ 10^{-2} ， 10^{-6} ）；

$L_1\dots\dots L_n$ ：单个样品的长度（m）；

n：样品个数

b.块段平均品位的计算

当块段只有单工程控制时，其平均品位即为块段平均品位；当块段有两个以上工程控制时，以块段内各单工程的平均品位与其厚度加权平均求得。

$$C=(C_1m_1+C_2m_2+C_3m_3+\dots+C_nm_n)/(m_1+m_2+m_3+\dots+m_n)$$

式中：C：块段平均品位（ 10^{-2} ， 10^{-6} ）；

$C_1\dots\dots C_n$ ：单工程平均品位（ 10^{-2} ， 10^{-6} ）；

$m_1\dots\dots m_n$ ：单工程矿体厚度（m）；

n：块段见矿工程数

c.矿体平均品位计算

矿体平均品位的计算用各块段矿石量与其平均品位加权求得，其公式如下：

$$C=(Q_1C_1+Q_2C_2+Q_3C_3+\dots+Q_nC_n)/(Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n)$$

式中：C：矿体平均品位（ 10^{-2} ， 10^{-6} ）；

$C_1\dots\dots C_n$ ：块段平均品位（ 10^{-2} ）；

$Q_1\dots\dots Q_n$ ：块段矿石量（t）；

d、特高品位处理举例：参考《岩金矿地质勘查规范》标准，某矿床品位变化属于较均匀范畴，将金品位大于矿体平均品位 6 倍的单样品位，作为特高品位处理（当矿体品位变化系数较大，品位变化属于不均匀范畴时，则将金品位大于矿体平均品位 8 倍的单样品位，作为特高品位处理），其具体方法如下。

下限的确定：根据分析结果，估算出各矿体的矿石量和金属量，求得各矿体的平均品位，确定各矿体的下限。

处置办法：用含特高品位样在内的单工程平均品位代替特高品位，重新计算得出单工程平均品位。

图件表示：在工程素描图中，仍按分析结果进行计算、表示其实际平均品位；在采

样平面图、中段地质平面图、勘探线剖面图、资源储量估算垂直纵投影图中，工程平均品位、块段平均品位则按处理后的结果表示。

有必要说明的是：凡视为特高品位的样品，均需对其副样进行了第二次检查分析，当两次分析结果在允许误差范围内时，方确定为特高品位样品，并用第一次分析结果进行特高品位处理。

某矿勘查范围内需要处理的特高品位样品共三个，处理结果见表 3。表 3 中 TC35-7 号探槽（控制Ⅲ-10 号矿体）为一特高品位工程，用 22.21×10^{-6} 替代特高品位后，该工程平均品位为 18.69×10^{-6} 。为了消减其在资源储量估算中的影响，又对其进行了第二次处理，即与旁侧的 TC35-6 号探槽（平均品位 2.59×10^{-6} ）进行了合并计算，合并后的平均品位为 8.29×10^{-6} 。矿体块段资源储量估算中即用 8.29×10^{-6} 进行估算。这样处理是合理的，不会夸大该矿体（块段）资源储量估算结果。

特高品位样品处理结果表 表 3

矿体号	矿体平均品位($\times 10^{-6}$)	特高品位下 限值($\times 10^{-6}$)	特高品位样品			经处理后的工程平均品位($\times 10^{-6}$)
			样品号	品位($\times 10^{-6}$)	替代品位($\times 10^{-6}$)	
Ⅲ-7	1.96	11.76	PD7-23	22.55	6.09	3.56
Ⅲ-8	1.83	10.98	PD2160CM31-19	29.57	5.50	2.15
Ⅲ-10	2.13	12.78	TC35-7-4	36.59	22.21	8.29

2.4.2 厚度（H）的计算

2.4.2.1 单工程矿体厚度（槽探工程）：

$$H_{\text{真}} = L (\sin\alpha\cos\beta\cos\gamma \pm \sin\beta\cos\alpha)$$

式中：H_真—单工程矿体真厚度

L—样长

α —矿体倾角

β —工程坡度角

γ —工程方位角与矿体倾向之锐夹角

注：当工程方向与矿体倾向相反时用“+”，反之，用“-”。

$$H_{\text{水}} = \frac{H_{\text{真}}}{\sin \alpha} \cdot \cos \theta$$

式中：H 水—单工程矿体水平投影厚度

H 真—单工程矿体真厚度

α —矿体倾角

θ —矿体倾向与勘探线方位之锐夹角

坑道工程：矿体真厚度（H 真）计算公式同探槽工程。

鉴于坑道工程中取样一般为水平取样，单工程矿体在勘探线方向的水平投影厚度（H 真）采用下式计算：

$$H_{\text{水}} = L \cos \theta'$$

式中：H 水—单工程矿体在勘探线方向的水平投影厚度

L—样长

θ' —工程方位与勘探线方位的锐夹角

2.4.2.2 单工程矿体厚度（钻探工程）：

其厚度计算公式如下：

$$H_{\text{真}} = L(\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma \pm \cos \alpha \cos \beta)$$

式中：H 真：矿体的真厚度（m）；

L：代表样长；

α ：钻孔截穿矿体时的天顶角

β ：矿体的倾角；

γ ：钻孔截穿矿体处钻孔倾向与矿体倾向的夹角

上式中，凡是孔倾斜方向与矿体斜方向相反时，前后两项间为正号连接，否则为负号。

2.4.2.3 矿体块段厚度：由单工程矿体厚度通过算术平均求得。

2.4.3 矿体块段面积（S）的测定

通过计算机成图，由计算机直接读取各块段投影面积。也可用几何图形法或求积仪法测定断面面积。

2.4.4 矿石体积质量（体重）的确定

参与资源储量估算的体积质量（体重）、湿度等参数，须以实际测定值为依据。一

般取小体积质量（体重）的平均值进行资源储量估算，只有当矿石极为松散和裂隙很发育时，才用大体积质量（体重）估算资源储量。各矿石类型的体积质量（体重）差异大时，资源储量估算应分别采用该矿石类型的平均体积质量（体重），平均体积质量（体重）一般用算术平均法求得；也可根据体积质量（体重）值与矿石中密切相关的因素建立回归函数，计算各个块段的体积质量（体重）。

2.4.5 矿体块段体积、矿石量、金属量估算

- 块段体积（V）： $V=S H$ ，即：块段投影面积×块段投影厚度；
- 块段矿石量（Q）： $Q=V T_1$ ，即：块段体积×矿石体重；
- 块段金属量（G）： $G=Q C$ ，即：块段矿石量×块段平均品位；
- 楔形块段体积（V 楔）： $V \text{ 楔}=V/2$ ，即：外推块段体积的 1/2。

当采用断面法估算资源储量时，块段体积的计算视相邻剖面面积的比例大小采用不同的公式进行计算。

2.5 资源储量估算的可靠性

为验证资源储量估算的可靠性，需要采用不同的估算方法选择主矿体进行验算。如：某报告为了验证用地质块段法所估算的资源储量的可靠程度，选取规模较大、控制程度较高的Ⅲ-10、18 矿体的相应块段，用勘探线剖面法进行验算，验算结果见表 4。

资源储量估算方法对比表 表 4

矿体号	块段号	地质块段法			勘探线剖面法			相对误差（%）	
		矿石量（吨）	金属量（kg）	品位（10 ⁻⁶ ）	矿石量（吨）	金属量（kg）	品位（10 ⁻⁶ ）	矿石量	金属量
Ⅲ-10	332-2、3	223017	432.12	1.94	241751	469.00	1.94	7.75	7.86
	333-8								
	333-3、4	323406	639.61	1.98	356084	705.05	1.98	9.18	9.28
Ⅲ-18	333-7	149642	213.99	1.43	135188	193.32	1.43	10.69	10.69

从上表可知，地质块段法和剖面法估算的资源储量结果基本吻合，误差在允许范围内，说明采用的资源储量估算方法较为合理。

2.6 伴生组分资源储量估算

说明伴生组分资源储量估算方法，列出伴生组分资源储量估算结果。对矿床中已达到伴生组分工业指标要求，并已查明其赋存状态和工业利用途径的伴生组分要进行资源

储量估算。估算伴生组分资源储量时，一般不需单独圈定矿体，采用主组分块段或矿体的矿石量和在此矿石量范围内计算出的伴生组分平均品位，估算伴生组分的金属量和平均品位，即伴生组分的矿石量一般等于或小于主组分矿石量。伴生组分资源储量估算有以下几种方法，究竟采用那种方法进行估算，视矿区地质工作具体情况及矿体特征而定，以符合实际、方便操作为准。

2.6.1 普通方法

这种方法是在主元素工业矿体中进行的，伴生组分与主元素处于同一矿体中（即同体伴生组分），不必另行圈定矿体。伴生组分资源储量即为主元素块段（或矿体）矿石量×块段（或矿体）伴生组分平均品位求得。

计算公式： $Q=D \cdot C$

式中：Q 为伴生组分金属量；

D 为块段（或矿体）主元素矿石量；

C 为块段（或矿体）伴生组分平均品位。伴生组分平均品位采用块段（或矿体）所有组合样品真厚度与品位加权求得。

2.6.2 相关分析法

许多金属矿床中伴生组分与主元素之间存在着相关关系，有的为正相关，有的为负相关，也有的为不相关。因此，首先要求出它们的相关系数，相关系数从+1—-1，越接近+1 的正相关越强，越接近-1 的负相关越强，越接近 0 的越不相关。所以，此种方法只有存在相关关系的情况下才能使用，否则不能使用此法。

相关系数计算公式：

$$\gamma = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}; \quad \sigma_x = \frac{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}}{n - 1}; \quad \sigma_y = \frac{\sqrt{\sum (Y - \bar{Y})^2}}{n - 1}$$

式中：γ 为伴生组分与主元素间相关系数；

X 为组合样中伴生组分品位；

\bar{X} 为矿体伴生组分平均品位；

Y 为组合样中主元素平均品位；

\bar{Y} 为矿体中主元素平均品位；

n 为组合样品件数；

σ_x 为伴生元素均方差；

σ_y 为主元素均方差。

通过计算，伴生组分与主元素间存在着相关关系，则块段伴生组分平均品位用直线回归方程求得或联合回归方程求得：

$$X = \gamma \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (Y - \bar{Y}) + \bar{X} \quad \text{或} \quad X = \frac{1}{2} \left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right) \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \cdot (Y - \bar{Y}) + \bar{X}$$

式中：X 为块段伴生组分平均品位；

\bar{X} 为矿体中伴生组分平均品位；

Y 为块段主元素平均品位； \bar{Y} 为矿体主元素平均品位。

用直线回归方程和联合回归方程所计算出的结果如有差异，是因为 X、Y 之间不是完全相关（即非函数关系），差值越大，相关关系越小（r 越小）。这种差值说明，伴生元素和主元素之间有一部分不相关。

块段伴生组分金属量：Q=D*x

式中：Q 为块段伴生组分金属量；

D 为块段矿石量；

x 为块段伴生组分平均品位。

2.7 资源储量估算结果汇总表

截至××年××月底××××矿资源储量估算结果汇总表

单位：金属量 吨（金 Kg）/矿石量 万吨（金 吨）

煤层（矿体）编号	类型	本次估算资源储量					备注
		保有量	平均品位 （%）	采损量		累探量	
				备案前	备案后		
	122b						
	333						
						
合 计	122b+333						

2.8 资源储量的分割

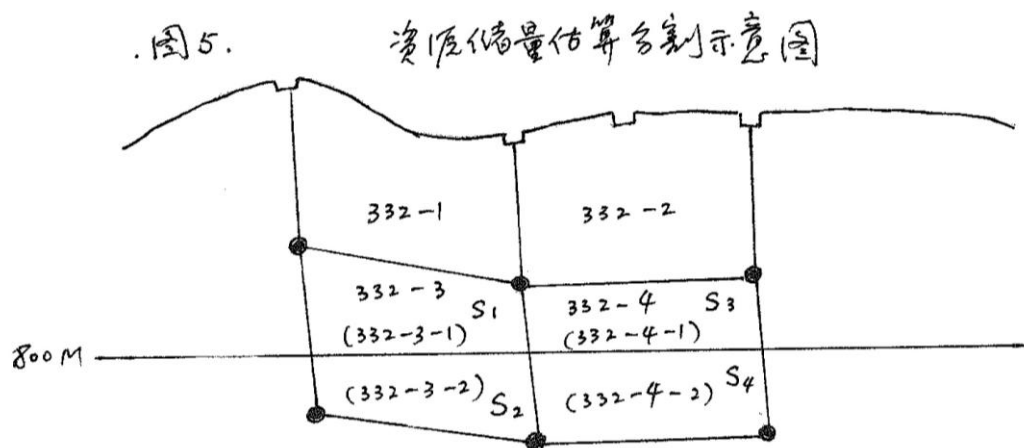
资源储量估算中，对（333）及其以上类型资源储量块段的划分及圈定，均需以实际见矿工程为边界。而矿石工业类型的划分（如氧化带、混合带、原生带的界线）、矿

业权（采矿权、探矿权）设置其边界线常将一个矿体（平面范围或开采标高的限定）分割成证内、证外部分，或由于矿山开采计划的需要（平面上划定区域、开采标高上划分中段）等，这些界线的划分常常并不是以实际见矿工程来确定。因此，实际工作中这些因各种需要而划分的界线将对原资源储量块段造成切割。对于这种情况，处理方法如下（如图 5 所示）。

- 1、首先测定待分割块段 332-3、332-4 的面积（S 总）和估算资源储量（Q 总）。
- 2、测定分割后的 332-3-1、332-3-2、以及 332-4-1、332-4-2 小块段的面积，分别为 S1、S2、S3、S4。
- 3、利用小块段面积对总面积的百分比求各小块段的资源储量，从而完成资源储量的分割计算。即：

$$Q1 = \frac{S1}{S_{\text{总}}} \times 100\% \times Q_{\text{总}} \quad Q2 = \frac{S2}{S_{\text{总}}} \times 100\% \times Q_{\text{总}}$$

Q3、Q4 的分割计算相同。



2.9 资源储量分割常见问题

- (1) 被分割的资源储量估算图件的坐标系统不一致，导致占用的资源储量估算范围错误。
- (2) 被分割的资源储量估算纸质图件发生变形，会导致占用的资源储量估算面积误差较大，分割以前须进行图形校正。
- (3) 100% 占用的，不需作分割图和分割表。但是否 100% 占用，需从平面坐标位置及准采标高两方面进行确认。

(4) 被分割的原块段范围，需完整地反映在分割图上。

(5) 因分割而来的(333)或(334)类资源量块段，其中一部分因邻近新增工程，重算后资源储量类型升级，则可能出现(333)或(334)类资源量块段与(122b)块段直接接触的情况，产生连续外推或资源储量类型突变的假象，这是正常的。

截至××年××月底××××矿资源储量结算表（调界、整合采用）

单位：

矿山范围	类型	占用备案 资源储量		本次估算资源储量					资源储量 增(+)、减(-)	
		保有量	累探量	保有量	平均 品位	采损量		累探量	保有量	累探量
						备案前	备案后			
原××矿(×× 年)	122b									
	333									
原××矿(×× 年)	122b									
	333									
扩界部分	332									
	333									
合计	122b									
	332									
	333									
	122b+ 332+333									