某区含銅砂岩成矿条件及找矿标志

云南有色局地质勘探公司地质研究室

随着社会主义建設的高速发展，冶金工业对有色金属的开发利用提出了更高的要求。为此，我公司对侏罗系上統云龙鎮組含銅砂岩广泛地开展了找矿評价工作。围繞找矿評价，两年来我們在部分矿区与有关勘探队、昆明工学院配合，做了一些調查研究，从实践到认識、再实践、再认識，对該层含銅砂岩有了一个初步概念。由于工作程度及认識水平所限，还存在許多問題。

一、某含銅砂岩（云龙鎮組）地质、矿床概况

云龙鎮組下部以中細粒长石石英砂岩为主，粉砂岩、含砾砂岩、砾石质砂岩、砂质泥岩、鈣质泥岩次之。上部以砂质泥岩和泥质砂岩为主，細砂岩、粉砂岩次之，且見少量鈣质泥岩及炭质泥岩。根据粗碎屑成分及古地理判断，前震旦系昆阳群变质岩中一般含銅0.02—0.03%，并有巨大的銅矿床，是含銅砂岩銅质的主要来源。

本文涉及的矿区內含銅砂岩矿体呈条带状，沿一定层位、一定岩相带延伸。北部較規則，南部变化稍大。矿体呈楔形产在三面常被紫紅色砂岩包围的灰色砂岩中。組成矿体的銅矿物以輝銅矿为主，斑銅矿、黃銅矿次之。品位中等，規模小到大型。矿体与围岩界綫多属漸变。工业矿体特别是大矿体常产于沉积基底相对微低凹部分。主要伴生組分的銀，可以綜合利用。

二、含銅砂岩的几种研究方法

本区矿床初步认为沉积是基础（內因），后期改造是条件(外因)，由于內外因的相互作用形成工业矿床。因此确定从研究含矿地层、沉积岩——沉积相、金属矿物分带等方面入手。

（一）划分細层及特征层

云龙鎮組可分作两段到三段，厚度自百米到千余米，多层含矿，层位因地而异。根据岩性及粒度韵律、原生构造特征，划分段、亚段，沿特征层（含砾砂岩带，砂质泥岩带）追索对比，以解决含矿层的层位、矿体的层次、矿体的联結等問題。

（二）划分沉积岩相

在測制剖面和工程編录时，除岩性外，着重观察測量层理、层面特征、接触关系、粒度韵律和矿化特征，划分岩石类型，确定含矿层及其相邻部位的沉积岩相，提供远景評价的資料。研究相带与成矿的依从关系，相带的延伸方向，从而在与矿体相关的相带，布置找矿評价工作。

（三）含銅砂岩矿床地质的研究內容

借助于形組分析（砂粒长軸方向）、斜层理的傾向、波峰走向、不对称波的緩坡傾向、重砂矿物及粗碎屑的种类及含量变化方向，确定水动力方向和性质，以达到推断含銅砂岩的物质来源及矿体侧伏方向。

研究內容有：（1）重砂矿物及粗碎屑种类、数量的空間变化（了解銅质停积的变化）；（2）岩性、厚度、水动力条件(找矿微低凹的水下地形分布带)；（3）胶結物的种类及含量变化（查明适宜銅质沉积的地球化学条件)；（4）岩石結构、矿物的次生加大和交代溶蝕等特征（了解次生改造作用)。綜合上述成果，推断含銅砂岩矿体富集部位和規模。

（四）研究金属矿物的带状分布

在弄清含矿层对比及层序的前提下，詳細研究金属矿物的种类，組合情况和量比关系，从平面和剖面上，划分出主要矿物带或組合矿物带，了解各带的演变关系，工业矿物带（輝銅矿带）的延伸方向及其在剖面上的重复和移动，以期予測每层矿体的富集部位和延伸方向。

三、云龙鎮組含銅砂岩的成因

根据找矿評价阶段的工作程度，可以从下列各方面来分析矿床的成因类型。

（一）矿体的形状产状

矿体呈似层状，在較大范围內，均产于同一地层的一定部位，严格受依从于紅色砂岩間的灰色砂岩控制。矿体的延伸方向与岩层分布几近一致，未見穿层現象。矿体与围岩界綫清晰。厚度和品位变化較小。

（二）矿石、矿物的結构与构造

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

銅矿物呈他形粒状浸染于砂岩孔隙內，斑点及細脉状者极少。富集部位銅矿物以星点沿层密集呈条带分布，或竟成为胶結物的一部分，有时在砾石及炭质碎屑周围密集呈团块和結核。

（三）金属元素与金属矿物

含微量的硼、鎳、鈷、鉻、鉛、錳、釩，一般热液矿床常見的銻、砷、銀、鋅、鉍、錫沒有发現。銅与銀常互为消长，多数情况是銅与銀之比为二百比一，銅与銀一定r值等浓度范围常常重合。銅与鈷有时也有消长关系。

常見的矿物以黃鉄矿、黃銅矿、斑銅矿、輝銅矿、赤鉄矿为主，方鉛矿、閃鋅矿、赤銅矿較少，除黝銅矿外未发現其他复硫盐类矿物。这些矿物均以他形粒状产出。組成工业矿体的主要銅矿物是輝銅矿。分布在含矿砂岩中的黃鉄矿，在近矿部位以銅黃色五角十二面体为主，远矿部位以黃白色微粒似虫状、椭圓状为主，有时还可見到蚯蚓状。組成工业矿体和主要矿化带的鉄质为高价鉄，含低价鉄的矿物带多不具工业价值。

在緩傾斜的矿层中，金属矿物有明显的带状分布，由紫紅色到灰色层，由旋迴底部向上，为赤鉄矿带，輝銅矿带，輝銅矿——斑銅矿带，黃銅矿——黃鉄矿带，黃鉄矿带，在剖面上这种分带現象可以数度重复。南部矿区在黃銅矿——黃鉄矿带或黃鉄矿带有方鉛矿、黝銅矿出現。

（四）矿体与沉积相带和沉降带的关系

矿体常賦存在三个方向被紫紅色砂岩包围的灰色层內——由氧化向还原环境演变的过渡带中。过渡带多处在水盆地在震旦运动的間歇上升过程中沉降带的边緣，沿一定的高度和方向延伸，并显示了一定沉积环境的成因标志，說明矿体与一定沉积相带有依从关系。由于拗陷运动的继續和移动，矿体及有关的相带在时間上可以重迭，也可以有位移。

（五）矿体与成岩作用的关系

矿化砂岩中，石英、长石有明显的次生加大現象，岩石具花崗变晶結构，胶結物多以自生矿物出現（可見少量自生金紅石及含鉄矿物）輝銅矿呈他形粒状不等粒集合体，具明显片状解理，与赤鉄矿形成包裹体，且交代斑銅矿、黃銅矿、黃鉄矿。有时銀嵌在砂粒加大圈之間，或竟川插胶結物；有时又充塡在砾石周围形成綫圈，或沿长石解理充塡，显示了成岩作用的影响。

（六）矿体与构造和脉石的关系

矿体多賦存在背斜翼部及其傾沒端，且大都处于緩傾斜的一翼，含矿层及矿体內，可見少量石英方解石脉，在脉石中及两壁，可見到比围岩中顆粒稍大的銅矿物，其成分与围岩的矿物带一致，产于矿化层中的断裂及两側，矿化有富集現象。

綜上所述，认为本区含銅砂岩，沉积因素是基本的，它控制着一定层位一定部位的銅质浓度，成岩期各种地质作用及后期构造活动，促进了含矿相带內銅质的迁移聚集，因此，本区含銅砂岩作“沉积岩生矿床”看待較为恰当。

四、含銅砂岩沉积岩相与金属矿物分布

（一）含銅砂岩的沉积岩相

1.含銅砂岩的岩性和岩石类型

云龙鎮組下部砂岩中，中細粒砂岩占65%以上，有时夾較多含砾——砾石质砂岩、粉砂岩、砂质泥岩或含炭质泥岩。岩性比較稳定。厚度自5—100余米。南部厚度較大，有較多粉砂岩、砂质泥岩、鈣质泥岩和含炭质泥岩出現。分选系数一般是1.2—1.6。

本区可以概略分为以下岩石类型：（1）成分中有較多岩浆岩、变质岩的含砾——砾石质砂岩；（2）多为石英、长石組成的砂岩、粉砂岩；（3）砂质泥岩、泥岩；（4）鈣质泥岩、含炭质泥岩；（5）含泥砾的砂岩、粉砂岩。

2.含銅砂岩的成因标志

本区砂岩多属中厚层至巨厚层。水平层理及层紋不甚发育。斜层理发育厚度5—15厘米，个别达90厘米，傾角5—17°，个别达32°，多出現在旋迴下部。南区本层下部常有大型斜层理、交錯层理、楔形层理发育。

砂岩与上下地层間多为过渡及平整接触，其中各細层間亦多属漸变，冲刷現象較少，多出現在旋迴底部，强度不大。形組分析长形砂长軸方向規律性較强，但傾向不明显，斜层理傾向与长形砂长軸方向交角約70°。波痕以对称性为主，不对称波痕的指数較小。

北部中級（5毫米）以上砾石，滾圓度良好，扁平者常可达50%，并有較多单面磨光似饅头状的。

3.含銅砂岩中重砂矿物，粗碎屑及胶結物的特征。

重砂矿物中以鋯石、金紅石、鈦鉄矿、鉻鉄矿、电气石、磁鉄矿为主，种类变化不大。砾石成分有花崗岩、基性岩、白云岩、灰岩、片岩、千枚岩、黑色板岩、砂岩、粉砂岩、鈣质泥岩等。北部成分复杂，有較多岩浆岩。南部成分稍簡，多为浅变质岩及石英。砾石和重砂的成分与含量，随距离蝕痕区的远

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近，呈不規則的帶状分布。

含泥砾砂岩胶結物以鉄质为主，由石英、长石組成的成分单一砂岩，胶結物以矽质、鈣质为主，粉砂岩、鈣质泥岩中以鈣质胶結为主，成分复杂的含砾——砾石质砂岩以鈣质胶結为主。沉积旋迴的下部鈣质較少，向上則鈣质漸次加重。北部砂岩鈣质含量常低于5%，南部砂岩鈣质含量常高于10%。

4.含銅砂岩的沉积旋迴

本层砂岩从底部的砾岩或粗砂岩到中部的砾石带（含砾——砾石质砂岩），再由中部砾石带到上部砾石带（含砾——砾石质砂岩），形成了三个大的不完整旋迴。每个旋迴的厚度自5—50米。每一个旋迴由数个次一級的半韵律組成。碎屑物自下部旋迴向上漸次減少，泥质、鈣质則向上增多。

基于上述現象的綜合分析，认为本区应属淡水湖相。本层以其在广大范围內均以机械的碎屑沉积为主，沉积岩性的多旋迴及厚度变化，反映了頻繁的振盪运动及一些地区的緩慢沉降，在总的水体較浅的背景上，有若干半隔离的水体稍深的凹地。研究的地区多为这种半隔离的凹地及其周围，因此滇中湖盆可能是由一系列大小不等的浅湖群組成的（图1）。

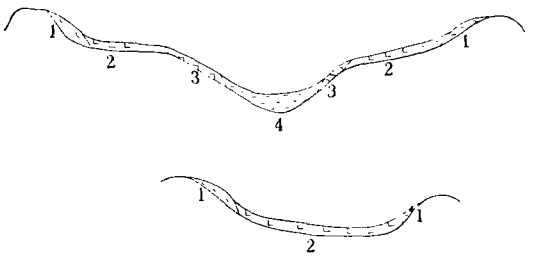

图 1　沉降浅湖凹地結构

1.浅湖陡坡沉积；2.浅湖緩坡沉积；3.浅湖凹地边緣沉积；4.浅湖凹地中心沉积。

現将某区浅湖相中相带划分的嚐試叙述如下（图2）：

1.浅湖緩坡沉积相

以細砂岩为主，夹少許含砾砂岩。水平层理发育，具小型单向直綫形斜层理，傾角5°—15°，厚度5—15厘米。分选稍差，有微弱的冲刷。含較多泥质砾石，部分泥质砾石尖稜角状。表明当初水浅、湖浪曾冲击基底岩石，使之成为泥质砾石，拌入新沉积物中。岩石中石英占73%，长石13%，赤鉄矿0.5%，鉄质3.6%，矽质2.7%，鈣质1%，粘土1.4%。胶結物以鉄质为主，厚度5至13米。

沿横向：凹地中心与浅湖凹地边緣沉积相毗邻，呈过渡。沿纵向：上下与浅湖陡坡沉积相、浅湖凹地中心沉积相毗邻，呈替換式。

本带多为紫紅色，属水体浅，活性大，受风浪經常冲击的氧化环境，在成岩期仅局部向还原介质轉化，不利于銅质的停积。

2.浅湖陡坡沉积相

以含砾砂岩为主，間夹細砂岩扁豆体。砾石成分有花崗岩、基性岩、白云岩、片岩等，滾圓度好，分选較差。单向斜层理发育，傾角10—25°，厚度10—30厘米，个别达90厘米。底部有冲刷現象，冲刷面上有下伏砂岩碎屑。胶結物以鈣质为主，厚度0.5—7米。

沿横向：凹地中心与浅湖緩坡沉积相毗邻，呈过渡。沿纵向：上下与浅湖緩坡沉积相、浅湖凹地边緣沉积相毗邻，呈替換式。

本带属水体浅，活性大，距物质供应方向近，湖浪冲击很强的氧化环境产物，在成岩作用时期，部分向还原介质轉化，不利于大量銅质的停积儲存，只有較弱的矿化。

3.浅湖凹地边緣沉积相

以細砂岩为主，間夹扁豆状含砾砂岩。下部常有水平层理、带状层理发育，斜层理少見。其頂部常有沿层順向排列的鈣矽质結核。石英65%，长石12%，赤鉄矿0.39%，矽质4.3%，鈣质3.6%，鉄质0.74%，粘土质3.8%，白云质1.3%。胶結物以矽质、碳酸盐为主。边緣槽中白云质增高，矿化較强。厚度5—15米。

沿横向：凹地中心为浅湖凹地中心沉积相，呈过渡。沿纵向：上下与浅湖陡坡，浅湖凹地中心沉积相毗邻，呈替換式。

本带多处于沉降带（浅湖凹地中心）边緣，多为氧化介质向还原介质轉化的过渡带，水介质活性中等至弱，有利于銅质的沉淀。在这一相带中銅原生暈大都在300ｒ以上，銀原生暈大都在1ｒ以上。基底微低凹部分，有相应的微凸起，呈半封閉的部分，在沉降过程中能够引进并儲存較多含銅溶液，对形成含銅砂岩最为有利。

4.浅湖凹地中心沉积相

以細砂、粉砂岩为主，見少量含鈣粉砂质泥岩。层理不显，仅見少許断續水平层理。含較多細粒、微粒状黃鉄矿及綠泥石。上部常有沿层順向排列的鈣质結核。石英63%，长石12%，鈣质4.6%，鉄质0.1%，粘土质5.7%，白云质0.26%。胶結物以鈣质为主，厚度15—20米。

沿横向：凹地边緣与浅湖凹地边緣沉积相毗邻，呈过渡。沿纵向：上下与浅湖陡坡，浅湖凹地边緣沉

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

积相毗邻，呈替換式。

本带以其远离剝蝕区，水体較深，陆源碎屑物較少，水介质活性很弱，氧的含量亦少，硫化氢含量較多，不利于銅质沉淀，只有較多黃鉄矿出現。銅原生量在300γ以下，銀原生量在1γ以下。

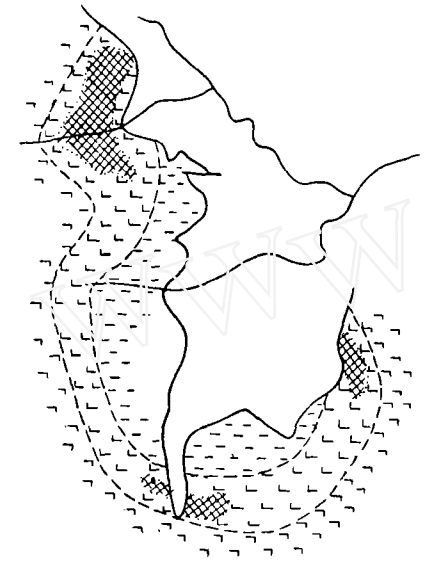

图 2　某含銅砂岩沉积岩相平面示意图

1.銅矿体；2.浅湖緩坡沉积相；3.浅湖凹地边緣沉积相；4.浅湖凹地中心沉积相。

（二）沉积、成岩作用与金属矿物的带状分布

云龙鎮組下部砂岩的物质来源于前震旦系昆阳群变质岩，含銅砂岩成分的变化与距离剝蝕源区的远近，母岩的含矿性有关。如北部某区，粒碎屑与重矿物含量多，成分复杂，鈣质、泥质含量少，砂岩的矿化程度高，矿体厚大而稳定。南部某区，粒碎屑及重矿物含量少，成分簡单，鈣、泥质較多，砂岩矿化程度低，矿体变化較大。这表明剝蝕区的物质成分、剝蝕强度、距剝蝕源区的远近（相对的），是含銅砂岩形成富集的先决条件。

多旋迴沉积的特点，反映了沉积水盆地的間歇回升。每一旋迴厚度大小、完全与否，是与在总的上升趋势中沉降的幅度分不开的。旋迴厚度較小，其上部多为細砂、粉砂岩沉积时，离剝蝕区較近，沉降的幅度較小；倘若旋迴上部有較多砂质泥岩、鈣质泥岩、含炭质泥岩沉积时且厚度較大，則离剝蝕区較远，沉降的幅度亦大。

正是由于沉积旋迴的变化，构成本区矿化有的部位稍强，有的部位稍弱的特点。强的部位以其在总的上升趋势中，只有小幅度沉降，表明紧邻剝蝕区，有大量碎屑物及銅质不断的供应，其間短暫的幅度較小的沉降，表明上升的幅度，剝蝕作用稍有減弱，振盪的环境在向宁靜的环境轉化，化学沉积加强。先期沉积的碎屑物掩埋于水体較深部位，被保存下来，并开始由氧化向还原介质轉化。旋迴厚度小于20米，矿化程度較高。几个矿化旋迴的重迭，可以认为剝蝕区在持續上升，上升的速度稍大于盆地沉降的速度。某些部位矿化較强的原因是离剝蝕区較近，銅质供应充分，沉积环境和保存条件持續、稳定。南部普遍出現的雁形状矿体，可能是沉积环境和保存条件变迁的結果。

本区沉积旋迴以水进系列为主，冲刷发生在底部，斜层理、交錯层理发生在下部，可以认为每个旋迴沉积的环境是由較陡的斜坡向寬坦微有低凹的基底发展，这大約与本层含銅砂岩沉积基底构造一致。

作为快速机械沉积的砂岩，一般是在氧化介质下沉积的。成岩时期，部分氧化型沉积物因沉降掩埋在較深部位，由于缺氧和有机质，硫化氢的作用轉变为还原型。由于这种轉化，部分銅质沿着砂岩粒向水运迁，部分銅质被新生的腐植质及泥质物吸附。銅以其地球化学特点，在边緣部分少量硫化氢对从矽质、腐殖质中解放出来的銅的作用，銅首先以輝銅矿形式析出，随着沉降深度增大，水中硫化氢含量增高，加上銅质部分已在边緣沉淀，出現一个銅鉄平衡的沉积阶段；到沉降中心，硫化氢含量剧增，加上銅质在边緣的大量沉淀，鉄乃呈主要硫化物出現。这就造成了金属硫化物水进系列的、从輝銅矿——輝銅矿、斑銅矿——黃銅矿、黃鉄矿——黃鉄矿的正向分带。有时在主要为鉄质沉淀的阶段，尚有方鉛矿出現。

金属矿物的分带現象在剖面上常多次重复。有水进系列的，也有水退系列的；有时重迭，有时移动。輝銅矿、斑銅矿带有时不稳定，以致輝銅矿带直接过渡到黃銅矿、黃鉄矿带。輝銅矿带多处沉降边緣微低凹或竟成为半封閉的槽谷中，輝銅矿、斑銅矿带，則位在槽谷的一翼，微有凸起的部位。在某矿区从輝銅矿带——斑銅矿带——黃銅矿带，矿化占含矿区間灰色砂岩的百分比是94—78—60%，呈明显的下降。銀在本区的富集与輝銅矿有关（图3）。

五、含銅砂岩的几种找矿标志

（一）寻找远景地区

1.区域性褶皺构造及一些背斜的轉折和傾沒部位。2.紫紅色与灰色含粗碎屑砂岩交互出現地段。3.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

离古陆剝蝕区較近的浅湖凹地边緣。4.砂岩普遍具变晶結构，以鈣质、矽质胶結为主的部分，灰色层中銅质一般在100ｒ以上的部分。

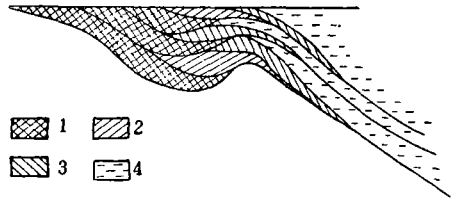

图 3　某地多旋迴沉积金属矿物分带重选剖面示意图

1.輝銅矿带；2.斑銅矿带；3.黃銅矿带；4.黃鉄矿带。

（二）寻找盲矿体的标志

1.沉积物沉积时基底微低凹的部位；2.含有粗碎屑，厚度一般不超过20米的不完整旋迴下部；3.含黃鉄矿灰色砂岩与紫紅色砂岩之間的地带；4.灰色层上下部，或上部，或下部有紫紅色砂岩出現，銅、銀原生量在300ｒ与1ｒ以上地段的延伸部位；5.在具备上述标志的部位，沿砂粒长軸方向，进行找矿。

（三）寻找富厚矿体

1.根据金属矿物分带，寻找輝銅矿带的部位和延伸方向；2.砂岩中砾石，碎屑物成分較为复杂，含量較高的地段及其延伸方向；3.重砂矿物含量高的地段，应为較先接受銅质来源的地段；4.作为含銅砂岩主要胶結物带的延伸方向；5.沿灰色、紫紅色层交界綫的灰色层內，特别是三个方向被紫紅色包围的地段；6.矿化带所在部位，灰色砂岩厚度增大，矿化旋迴重迭出現地段。

六、含銅砂岩找矿評价中存在的問題

（一）沉积岩相的划分，尤其是相带的划分，在如此广大的碎屑岩分布区，原生构造特征不明显的情况下，如何划分相带，才能更好指导找矿評价工作。

（二）含銅砂岩矿带的寬度，富集部位，矿体尖灭的控制因素。剝蝕后残留部分的确定要素。

（三）含銅砂岩岩性及結构构造特点与不含矿灰色砂岩的区别，以无矿到矿体是否有带状变化的特征。

（四）含銅砂岩沉积成岩作用、后生作用时期，銅质迁移聚集的控制因素。

（五）含銅砂岩中伴生有益元素的賦存状态。

我們是怎样用“五层楼”規律寻找、評价和勘探黑鎢石英脉矿床的

广东有色金属地质勘探公司九三二队

毛主席教导我們說：“馬克思主义者认为人类社会的生产活动，是一步又一步地由低級向高級发展，因此，人們的认識，不論对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步又一步地由低級向高級发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。”

近几年来，我們在粤北地区，特别是在某鎢矿带上，开展了普查找矿和勘探工作，通过实践、认識、再实践、再认識，在加强綜合研究和反复实践的基础上，对“五层楼”規律的认識逐步深化，并在寻找和評价黑鎢石英脉矿床中加以运用，取得了一定效果，对打破教条主义的类型、网度，做到从实际出发，按地质規律办事，起了积极的作用。在地质工作革命化过程中，我們曾耽心“网度”破了怎么办？現在找到了答案，正确的办法是：在实践过程中，深入研究和掌握矿床地质規律，然后很好运用这些規律，就可以多快好省地进行找矿和勘探工作。当然，我們做得还很不够，現在談談我們的点滴体会。

一、不入虎穴，焉得虎子

我們对“五层楼”規律的认識是逐步深化的，正象毛主席所讲的：“实践、认識、再实践、再认識，这种形式，循环往复以至无穷，而实践和认識之每一循环的內容，都比較地进到高了一級的程度。”从过去我們普查找鎢矿的情况来看，只是依靠地表露头和一些民窿資料来評价矿床，而且常常是就矿論矿，也就是单純从地表矿脉出露的长度、脉寬和矿化强弱，来肯定或否定矿床的工业价值是很不可靠的。就是由于这个“框框”的束縛，对地表矿脉露头不多，矿脉条数很少的矿点，基本上都是被否定的。以致不少有工

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net