维普资讯 http://www.cqvip.com

中国锡矿普查找矿评价标志

毕承思　毛景文　廖　英　赵国红　明奎海　徐庆生

（中国地质科学院·北京）

通过实例概述了中国锡矿的地球化学（重砂锡石与地化异常）、岩浆岩、构造、地层、地表矿化、蚀变、成因矿物学与找矿矿物学、地形、地球物理和遥感地质等9条普查找矿评价标志。

关键词　中国　锡矿床，普查找矿评价标志

中国锡矿类型众多，分布广泛，以原生锡石—硫化物型锡矿为主，矿床往往成区、成带集中，且具有一批规模大、品位高的锡矿床和部分残坡积及冲洪积型砂锡矿。探明及保有锡储量现均居世界之冠，成为世界锡资源大国。研究中国锡矿床的成矿理论和找矿方法，对进一步开发利用锡矿产资源有十分重要的意义。本着充分运用理论找矿，进行已有地质资料的"二次开发"，推进新的一轮有色金属找矿，总结我国锡矿的普查找矿评价标志如下：

1.地球化学标志

存在重砂锡石异常或以锡为主的综合性化探异常（一般以Sn、F、Li为主或Sn、Cu、Pb、Zn加F、B组合为主的异常），是锡成矿的先决条件和控制成矿的重要因素，可作为首要的找矿标志。一般从区域重砂和化探成果可大致判定区域的成矿远景或可能的矿化类型。依据元素或矿物的共生组合变化，可能提供发现区域新矿床类型的最初标志。重砂找矿作为一种传统的找矿方法，至今仍具有很强的生命力，正确判断、选准重砂异常，有助于及早突破原生矿床的找矿。事实上，我国南方与北方许多锡矿床如岔河[3]、云龙、来利山、一洞五地、萨惹什克等，都是首先依据重砂异常发现的。个旧和珊瑚等锡矿也是通过砂锡矿、进一步寻找原生锡矿，逐渐扩大为现今规模的。以1:20万新疆库普幅等区测矿产报告为例，其内存在几个重砂锡石异常区，有的若干高含量点超过砂锡矿工业品位（见表），显示有原生锡矿存在的可能，据此发现了贝勒库都克、萨惹什克、卡姆斯特3个独立锡矿床，后又找到干梁子锡矿、苏吉泉锡矿（点）等，成为我国北方地区第一条独立锡矿带[9]。

新疆奇台—富蕴县南部主要重砂锡石异常*

异常区名称	锡石含量				面积 (km^2)
	1～20颗	>20～100颗	>100颗～1%	>1%	
贝勒库都克	1	8	4	32	77.1
萨惹什克	3	2	1	12	32.3
苏吉泉北	32	22	10	39	
卡姆斯特	59		52		200余

* 据1:20万库普幅、卡姆斯特幅区测报告。

具有相当规模的锡多金属化探异常也是寻找锡矿的直观标志。湖南界牌岭原来地表只有微弱铅锌矿化、褐色土壤及零星出露的锂云母—萤石细脉，经1:2.5万化探扫面，发现Cu、Pb、Zn、Sn、Be、Ag综合化探异常，再对异常地段打钻验证，发现了该大型隐伏锡多金属矿床。据李惠等（1987）总结个旧锡矿隐伏式矿田地化异常的特征，为

本文1992年9月收到，张旭明编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

对应花岗岩体大突起部位上，主要在断裂、层间裂隙发育地段出现 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、As、Bi、Mo、Be、Cd、In、Sb、W、Mn 异常。而对单纯的锡地化异常则要综合分析，如新疆东准噶尔地区喀腊夏特 Sn 异常规模达数十平方公里，经工作系基性岩脉引起（可达 $10\times10^{-6}\sim15\times10^{-6}$）。因此，分析研究 Sn 化探异常（尤其是多金属元素异常不明显）时，应特别参考 F(B、Cl)挥发组分元素含量，因为 F、Cl、B 等作为矿化剂元素，对矿质的萃取、搬运和沉淀富集起着积极的作用，往往可作为找矿标志。F、B 大量存在于酸性岩及萤石、黄玉、电气石等气成热液蚀变矿物中，Cl 则富集于基性岩及云母、角闪石、电气石等蚀变矿物中。如新疆贝勒库都克锡矿，Sn 与 F 晕圈大体吻合（矿化蚀变中萤石、黄玉化发育），化探检查也首先发现。对萨惹什克锡石重砂异常地段进行路线找矿时，也是重点抓住化探 Sn 异常（范围大）与 F 晕（范围小）的迭置处先找到该矿露头，进而发现评价为近达中型的，与海西期 A 型花岗岩有关的锡矿床[8]，该矿萤石化局部发育，且无黄玉化、云英岩化等蚀变。而广西、云南与内蒙等地的一些锡矿由于电气石化发育，B 与 F 一样均为锡矿化评价的有效指示元素（大厂、云龙、敖瑙达巴）。

2. 岩浆岩标志

含锡花岗岩在岩石学、岩石化学、矿物学、地球化学、同位素、时空分布等方面均具有明显的特征标志。与锡矿化有关的花岗岩几乎都属中—浅侵位（侵位深度 1～6km），大多为多期多阶段演化较晚阶段形成的产物或复式岩体的晚期分异相，岩体形态常为岩株、岩枝、岩突，有的属中深成相花岗岩基边缘或顶部的岩钟、岩瘤或岩席。岩体面积一般较小，多在数平方公里至 $<1km^2$。这是由于含锡花岗岩浆的充分分异演化有利于锡元素的富集成矿，最晚期阶段的小岩体挥发分与矿质最富集，故岩石类型主要为重熔型，部分为同熔型（黄沙坪、长埔、西岭等锡矿）。近年在新疆、内蒙、浙江等省已发现与 A 型花岗岩有关的锡矿，这种与碱性花岗岩有关的锡矿可作为一新的锡矿类型。含锡花岗岩成分大多以黑云母花岗岩为主（有的称二云母花岗岩，实则可能已属蚀变花岗岩范畴），少量为花岗斑岩、细粒花岗岩与花岗闪长岩[2]，A 型花岗岩有钠闪石花岗岩及钠闪石花岗斑岩等。岩石化学成分特征与中国相应花岗岩平均值比较，总的富硅、碱、挥发分($SiO_2=73.4\sim78.18\%$，$K_2O+Na_2O=7.5\sim9.2\%$，一般 $K_2O>Na_2O$，$F>1000\times10^{-6}$)，贫钙、铝(镁、铁)，基性组分含量低，$TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MgO+CaO$ 一般小于 4%，总体上属酸性、超酸性花岗岩。微量元素以亲花岗岩元素高含量为特征，富 Rb、Li、Be、W、B、Mo、Nb、Ta、Cs、U、Th、TR，贫 Sr、Ni、Co、Cr、V、Ba。岩体主要造岩矿物中碱性长石含量＞斜长石，一般碱性长石中钾长石＞钠长石，且常见条纹长石、交代条纹结构发育，仅与锡矿化有关的钠化花岗岩中钠长石＞钾长石。钾长石多为中微斜长石→最大微斜长石。斜长石几乎全部是低温的钠更长石、钠长石及更长石，很少有中长石。暗色矿物以黑云母为主（属铁质黑云母—铁叶云母系列，含锡一般大于 100×10^{-6}，无矿花岗岩中黑云母含 Sn 为 $9\times10^{-6}\sim50\times10^{-6}$），几乎不含角闪石（碱性花岗岩中可以钠闪石为主）。副矿物有锡石、萤石、黄玉、磷灰石（黑钨矿、电气石）等。岩石富 REE($\sum REE>200\times10^{-6}$)，低 $\sum Ce/\sum Y$(0.78～3.53)和 δEu(0.02～0.29)，相对富集重稀土，具十分明显的 Eu 亏损，$Eu/Eu^{*}<0.5$，La／Yb 低。岩石 Sr、Pb 同位素组成均一化程度高，初始锶大于 0.710，全岩与石英相对富 ^{18}O，全岩 $\delta^{18}O$ 一般都大于 10‰。总的反

维普资讯 http://www.cqvip.com

映为S型花岗岩特征（与A型花岗岩有关锡矿岩体则具较低的$\delta^{18}O$值），且具较高的Rb／Sr值及较低的Ba／Rb值（大部分含锡花岗岩Rb／Sr值大于2，Ba／Rb值小于0.5）。岩石分异指数DI值较高，多在90%以上。岩石含锡丰度数倍或数十倍于克拉克值（一般为$10\times10^{-6}\sim190\times10^{-6}$）。非含锡花岗岩平均$SiO_2$一般小于70%，$K_2O+Na_2O$一般小于7%，基性组分$TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MgO+CaO$多大于5%，含锡丰度与克拉克值相近。

含锡花岗岩成矿时代较广泛，自澄江—晋宁期（四堡期）[7]、雪峰期、加里东期、海西期、印支期、燕山期、喜山期均有，而以燕山期最为重要，尤以燕山中晚期为主。各地区成矿往往与该区最晚期岩浆旋回活动有关，岩浆期后脉岩（伟晶岩脉、细晶岩脉等）发育是含锡花岗岩体又一特征。随着新矿床的发现，人们不仅认为花岗岩，且认识到海底火山、变质作用甚至镁铁质岩浆活动，也对锡矿床（矿化）形成产生影响或作用。锡铁山喷气型铅锌矿中伴生达工业品位的Sn达数千吨。典型的火山岩型锡矿床——广东西岭，它的一个重要找矿标志则是隐爆角砾岩。

3. 构造标志

构造也是控矿因素中的主导因素，因为它给含锡热液运移提供了通道和聚集场所。与成矿相关的不同规模、性质的构造，对成矿物质的集散起着不同的控制作用，它们分别控制了成矿带、矿带、矿田、矿床以及矿体的产出与展布，其所起的实质作用即为控矿。我国锡矿主要分布在地壳活动区，东部几个锡、钨多金属成矿带，大都产在太平洋板块插向中国古亚洲板块的俯冲（外）带上[2]，滇西锡矿带则是介于欧亚板块与印度板块之间的滇西地体（中间陆壳板块）受两大板块的碰撞，致使东西两部分在相互聚敛过程中，形成三江构造带，而产生东、中、西3个性质各异，呈南北向相间排列的含锡花岗岩带或三江锡矿带。基底构造对Sn的初始富集也起一定控制作用，如南岭锡矿带受南岭东西向巨型构造带控制，具体而言，主要受前震旦纪形成的东西向Ⅰ级基底构造隆起带控制（姑婆山—诸广山基底构造隆起带、西大明山—佛岗基底构造隆起带等）；锡矿成矿区的展布，明显受东西向与近南北向两组基底构造隆起带交接部位的控制；矿床、矿田则受两组或两组以上不同方向区域性构造复合部位控制（康滇古隆起与西大明山—佛岗基底构造隆起带的交接部位，控制了个旧、文山等锡多金属成矿区的展布；北东向五指山背斜与近东西向断裂和褶皱构造交汇部位，分别形成马拉格、松树脚、老卡锡矿田；川中黔中古隆起与姑婆山—诸广山基底构造隆起带的交接部位，控制了大厂锡多金属成矿区的展布；北西向丹池褶皱断裂带与北东向横向隆起构造交汇部位形成了自北向南的芒场、大厂、五圩3个锡多金属矿田）。因此，区域上寻找锡矿床，应特别注意具一定含锡丰度高的基底构造岩浆带与另一方向的区域构造交叉部位。

锡矿床产出往往与深断裂有一定亲缘关系，正如郭文魁先生与程先耀、黄有德等（1987）所认为，Sn的原始富集来源地幔，由于构造或岩浆活动等地质作用，导致在地壳中的进一步演化富集。绝大部分锡矿床产于深大断裂或者区域性大断裂与次级东西向基底构造隆起带的交接部位附近。如个旧锡矿产在小江大断裂与东西向次级基底构造隆起的交点上；大厂矿田产在垭都—马山深断裂与次级基底构造隆起的交点附近。郴州—临武深大断裂与各次级基底构造隆起带的交点，控制了柿竹园、香花岭、香花铺等锡（钨）多金属矿床的产出。区域或局部旋扭构造对锡矿也有一定控制作用，可能亦由于挥发分及矿质往往在构造—岩浆作用演化较晚阶段最富集之因。如大厂锡矿在平面上反

维普资讯 http://www.cqvip.com

映受反S型构造组合控制；柿竹园矿床受区域性复合旋扭应力场控制；个旧锡矿受幅射状构造组合控制[5]。

控制矿体的构造有接触带构造（个旧、大厂、栗木、老君山、曾家垅等锡矿），层间构造（层间挤压带、两不同岩性界面间层间构造带，如个旧芦塘坝、大厂长坡79、77、75号等似层状矿体）[1]、节理裂隙等，形成似层状或脉状等矿体形态。节理裂隙往往成群成组出现，有时呈侧列式。分析构造控矿规律对指导找矿具重要意义，如珊瑚锡矿，根据含锡石英脉呈雁行斜列的构造裂隙控矿特点，推测矿床延深较大，大胆设计深孔，取得显著成效，矿床规模由小变大。新疆、内蒙、广东等地石英脉型锡矿的容矿构造，受张扭性或压扭性节理裂隙控制，矿体成群成带出现，常是找到一处矿体露头即可发现多条矿体或矿脉群。所以说，地壳造山运动是锡成矿之动力；深大断裂及断裂复活部位是岩浆运移和聚集的场所，也是成矿物质运移和富集之处；接触带构造、褶皱构造、不同岩性层间界面、节理裂隙构造为成矿物质赋存汇集的有利空间部位。

4. 地层岩石标志

各地区锡矿往往与一定的地层层位岩石相关。锡石—硫化物型、硫盐型、夕卡岩型等原生锡矿，在一定范围内与一定层位岩性岩相组合有关，有的在同一级大地构造单元中还具有区域性大面积分布，显示一定的层控性质，反映出一定空间分布规律，对预测找矿有重要意义。如杨子准地台区产出的锡矿层位几乎都在元古界，个旧锡矿原生矿主要产于三叠系碳酸盐岩中，大厂锡矿田原生锡矿产于中上泥盆统碳酸盐岩或硅质岩及砂页岩中，大兴安岭中南段锡成矿带主要赋于二叠系与石炭系碳酸盐岩、海相火山碎屑沉积岩中。我国砂锡矿主要产于第四系沉积层中。古砂锡矿有待发现，云南文山地区新寨大型锡矿，是否系古砂矿同生沉积—改造（变质）而成，尚待探讨。

我国锡矿控矿层位有泥盆系、三叠系、石炭—二叠系、上中元古界及寒武系等，其中以泥盆系和三叠系最重要。赋矿层位的岩性多为碳酸盐岩，还有粉砂岩，砂、页岩或灰、页岩互层，硅质岩、火山岩及火山碎屑岩等。围岩对锡矿的形成十分重要，其成分与物化性质决定着矿床的类型，处于内带花岗质硅酸盐围岩内往往形成云英岩型与石英脉型锡矿；处于外带碳酸盐岩或钙质板岩时常形成夕卡岩型锡矿；变质砂岩与千枚岩等碎屑岩围岩时主要形成锡石—(绿泥石)硫化物型锡矿。地层岩相与成分一样也与锡矿相关[1]，个旧锡矿的赋矿岩相为与封闭海湾环境形成的潮坪泻湖—萨布哈含膏藻碳酸盐岩相，大厂锡矿则与泥盆系中具复杂元素组合的狭长条带状的台沟相沉积相分布区吻合。

控矿地层在沉积阶段即有锡的初始富集，含Sn丰度高出同类岩石克拉克值数倍，高含量的基底岩石是形成原生锡矿床的原始物质基础，岩浆作用通过同化混染、重熔局部融入富Sn的矿源层，是成矿物质的初始重要来源（如广西桂北四堡群含Sn为11×10^{-6}[7]；广西大厂泥盆系为14.3×10^{-6}、锡矿田上泥盆世地层可达30×10^{-6}，其中硅质岩达38×10^{-6}，泥质岩及生物灰岩达65×10^{-6}；云南个旧三叠系13×10^{-6}；云南老君山寒武系达21.08×10^{-6}）[1]，故此，黄有德、程先耀等（1987）提出了地层—岩浆岩的双控成矿观点和模式。

对产在外接触带上的锡矿床而言，易被交代的岩石组合(主要为碳酸盐岩)是成矿的温床。如个旧矿区内导矿断裂附近的不同岩性界面是矿化富集之有利部位，全区缓倾斜层间氧化矿体中，有70%分布在石灰岩、白云岩和白云质灰岩所组成的互层带中，故有把断层加互层作为找矿的有利场所或标志应用，性脆的白云岩往往形成含锡白云岩和

维普资讯 http://www.cqvip.com

网状矿脉带。又如黄岗—大井子锡矿带，围岩为化学活动性差、脆性强的砂岩与粉砂岩，形成锡石—硫化物型锡矿床（大井），而在化学活动性强的碳酸盐岩中则形成夕卡岩型锡矿床（黄岗），其成矿的基础是二叠系火山—沉积岩。燕山期岩体是成矿的关键，不同方向构造叠加部位则控制矿床的分布。新疆贝勒库都克锡矿带为石英脉型锡矿及与碱性花岗岩有关的锡矿床（萨惹什克锡矿），其成矿主要在花岗岩内接触带，也见于与地层围岩之接触带（D_2-C_1凝灰质粉砂岩、凝灰岩等火山碎屑岩、火山岩），这些可塑性大又富硅的围岩，作为花岗岩的顶盖，具良好的封闭作用或起屏障作用，为成矿作用提供了有利条件，锡矿化一般产于距接触带小于1000m的花岗岩内侧节理裂隙中，石英脉型锡矿化深度小于100m，与碱性花岗岩有关锡矿化最大垂深可达200余米。值得引起重视的是，苏联西伯利亚地区，早期固结的地槽褶皱系的背斜构造中，产于外接触带围岩（T_3陆源碎屑沉积砂、页岩）内的，隐伏花岗岩体上岩钟带的石英网脉型锡矿化深度可达500～600m，矿床规模达中一特大型。在内蒙、东北及新疆等地区要注意寻找这种石英网脉型锡矿床，应综合考虑地层岩石、构造、地化、蚀变等标志。

5. 地表矿化标志

出露地表的矿化露头、前人开采老硐，是找矿或矿床（点）存在的最直接标志。广东大顶锡矿最早依据露头发现；柿竹园是依据露头结合钻探而发现的世界级超大型矿床；广西大厂于1955年开始工作，从前人开采老硐和“三条小矿脉露头”着手，找到一系列大而富的锡多金属矿体，发展成现今之锡矿田；华北有色地质四队依据区测重砂资料，沿铜铁矿化露头追索，发现了内蒙宝盖沟锡矿床；新疆贝勒库都克锡矿、是在检查地化异常、先发现地表矿化露头后进一步工作肯定为成型矿床的，该处地表出露胆矾（干旱条件下的黄铜矿氧化产物）位置，标志着锡矿脉的存在。有的在矿化露头附近山坡或山沟、河床滩地松散沉积物中先发现矿砾或砂矿，经溯源追索，最后发现原生露头，如个旧锡矿与广西富贺钟地区的原生锡矿等。

6. 蚀变标志

蚀变与矿化具密切成因联系，且相伴随产出，蚀变围岩对指示锡矿化存在及锡矿评价预测具有重要意义，不同蚀变组合及主体蚀变类型专属于一定的锡矿床类型。蚀变花岗岩型、云英岩型、石英脉型锡矿的蚀变组合包括有钾化、钠化、云英岩化、白云母化、硅化、萤石化、黄玉化，蚀变花岗岩型锡矿主体蚀变为钠化和钾化，云英岩型锡矿主体蚀变为云英岩化，石英脉型锡矿主体蚀变类型为富石英云英岩化和硅化。斑岩型锡矿（银岩、野鸡尾、岩背、香花岭等锡矿）具云英岩化、钾化、钠化、硅化、黄玉化、萤石化、电气石化、绢英岩化、青盘岩化、绿泥石化蚀变组合，主体蚀变为云英岩化、绿泥石化、绢英岩化、黄玉化和萤石化，该类锡矿的浸染状矿化基本局限于含黄玉云英岩带，细脉状矿化产于含石英—硫化物的绿泥石化带中。电气石型锡矿蚀变类型组合有电英岩化、云英岩化、钾长石化、钠长石化、黑云母化、白云母化、硅化、青盘岩化、绿泥石化、萤石化、夕卡岩化等，主体蚀变类型为电英岩化及绿泥石化、萤石化、硅化。夕卡岩型锡矿主体蚀变类型为夕卡岩化（以锡矿化为主的夕卡岩具有相当数量的符山石、阳起石、绿泥石出现），还见有钾化、钠化、云英岩化、萤石化、硅化、电气石化、绿泥石化、碳酸盐化等蚀变类型组合，常见氟硼质交代岩建造。硫化物型锡矿具夕卡岩化、绿泥石化、钾长石化、绢云母化、电英岩化、碳酸盐化、萤石化、云英岩化、硅化、菱铁矿化等蚀变类型组合，主体

维普资讯 http://www.cqvip.com

蚀变类型为绢英岩化、夕卡岩化、硅化、电气石化和白云母化。与碱性（A型）花岗岩有关的锡矿床具硅化、赤（褐）铁矿化、钠闪石化、霓石化、萤石化等蚀变类型组合，以钠质交代蚀变为主体，未见云英岩化、白云母化、钾长石化、黄玉化等蚀变。

由上述各类锡矿蚀变表明，与壳源型花岗岩有关的许多类型锡矿，其成矿机理实质是碱质交代—酸性淋滤蚀变成矿作用，往往存在钾长石化→钠长石化→云英岩化的综合蚀变交代分带，有时常缺失钠长石化带，因此，花岗岩内接触带的浅色蚀变带是重要的找矿标志。如富石英云英岩是石英脉型锡矿的找矿标志；钠长石化花岗岩是蚀变花岗岩型锡矿的找矿标志；电气石—绿柱石型云英岩是硫化物型锡矿的找矿标志；黄玉型云英岩则是非硫化物型锡矿的找矿标志。

7. 成因矿物学与找矿矿物学标志

在生产实践中用矿物共生组合和伴生矿物找矿，发展到依据成矿系列、矿床类型和成矿元素的带状分布进行找矿已不乏实例。如个旧、大厂和香花岭等锡矿区历史上均从开采外围、浅部的（铅锌）银矿开始，后来才找到矿化中心的锡铜锌主要矿床；滇东南都龙锡矿，在50年代中后期发现时先以锌为主的多金属矿进行评价，后才逐步扩大成为大型锡多金属矿床。又如由残坡积砂矿追索原生锡矿的实例：广西珊瑚矿区找到了储量比砂锡矿大1倍的石英脉型锡钨矿床；木桥面找到了与砂锡矿相对应的锡石—硫化物型锡矿床；姑婆山岩体南缘与西缘的新路锡矿床等原生锡矿均此类似。

利用锡石的标型特征可以区分不同类型的锡矿化。如伟晶岩型锡石呈双锥状、等轴状，有时无柱面或极不发育，以四方双锥为主，粒度中等，为8～10mm±；石英脉型锡石呈短柱状、柱状，粒度最大，可大于10mm；硫化物型锡矿锡石呈柱状、针状，粒度最小，为2～3mm。按温度而言，一般深成热液型锡石呈短柱状晶体，沿{101}成聚片双晶；中深热液型锡石呈柱状晶体，双晶发育；浅成热液型锡石呈针状（针锡）；近地表型锡石呈纤维状（纤锡）。何知礼（1982）曾描述总结了我国不同成因矿床的锡石晶体图。自然界中锡石晶体形态的变化与介质的过饱和度有关，在过饱和度低的岩浆或伟晶岩中（高温）为锥状或短柱状，而在过饱和度高的热液（温度降低）中则长成长柱状甚至针状。殷成玉（1981）研究总结个旧锡矿锡石的分布规律：底部锡石为粒度粗大（最大达2.5cm）的双锥晶体，环带构造清楚，长：宽＝0.8；略浅部位为锡石电气石脉和矿化花岗岩中的锡石，粒度0.1～0.2mm，为{111}和{110}发育的短柱双锥状，环带构造不如前者清楚，长：宽＝1.5；更浅部位为硫化物阶段和碳酸盐阶段形成的高—中温长柱体锡石，粒度0.07～0.5mm，环带构造不明显，长：宽＝2。据此研究个旧附近牛屎坡的锡石砂矿为短柱双锥状，结合其它微量元素特征，推知它是来自电气石锡石脉带和矿化花岗岩带，分析原生矿顶部的富矿带（硫化物锡石带）已被剥蚀，但在其附近可找到中部和底部的原生矿。

依据对花岗岩中副矿物研究，一般认为萤石—黄玉型组合与锡、钨矿有关；榍石型与钨矿有关；榍石—磁铁矿型与钼、铜、铁矿有关；锆英石型与铅、锌、稀土矿有关。也有利用锡石中In／(Nb+Ta)值、黄玉中的Ga／Ge值与成矿深度的一定依从关系而用于找矿。还有以电气石的标型变化来作为不同成因锡石矿化的标志等。郑跃鹏等（1991）系统研究湘桂粤赣地区主要含锡花岗岩体和部分非含锡岩体包裹体特征等总结出：含有机质包裹体、沸腾包裹体群、含流体相熔融包裹体、CO_2含量大于4%、Cl^-/F^-摩尔比值小于1以及流体总浓度大于10%等特征是成锡岩体的包裹体地球化

维普资讯 http://www.cqvip.com

学判别标志。

大厂锡矿区经运用成矿系列理论[4]，总结出沿穹窿侵位的花岗岩体为中心、矿化有 Sn、Cu、W、Pb、Zn、Sb、Hg 的顺向分带性和 W、Pb、Zn 的逆向分带性以及上部脉状矿体和下部似层状、透镜状矿体的分布规律，通过对成矿条件类似于大厂的北香小穹窿进行了隐伏矿体预测，找到中型规模银多金属矿床（远景预测可达大型）。

8. 地形标志

石英脉型、云英岩型、蚀变花岗岩型锡矿或夕卡岩型、硫化物型锡矿比花岗岩或碳酸盐岩相对要坚硬，故一般皆为正地形、个别为负地形、大厂锡矿因主体产于泥盆系中主要属隐伏矿床。冲洪积砂锡矿为负地形，残坡积砂锡矿相对仍为正地形。

9. 地球物理及遥感地质特征

利用锡矿体与围岩的磁性、密度、电性差异进行相关物探方法找矿已积累丰富经验。磁法在大厂锡石—硫化物多金属矿床中曾发挥重要作用，因锡矿与磁黄铁矿、磁铁矿有直接或间接关系。都龙锡矿用磁法寻找夕卡岩，近年依花岗岩密度比围岩低 0.15～0.20g／cm^3，而采用重力探测隐伏花岗岩间接找矿，因都龙岩体四周的锡钨多金属矿床，多分布在重力异常向外凸出或向内凹进部位，或分布在重力水平梯度大的部位。对个旧锡矿东区用电测深来确定花岗岩的起伏，用电测深导数法、在个旧、栗木等矿区寻找深部隐伏花岗岩体的起伏及锡矿体富集均取得较好效果。有色地质系统对大厂矿田寻找锡多金属矿进行区域物性调查概括了一种综合地球物理模型：岩体具低密度、高电阻率、微磁性；蚀变围岩具中强磁性、低电阻率、高极化率；正常围岩具高密度、微磁性、中等电阻率、低极化率。当剥蚀水平不同时，其组合物理场标志将有不同表现。如岩体出露，周围蚀变圈物理场表现是重力低对应岩体、其周围环形分布的磁力高对应蚀变圈中的磁黄铁矿化带、该异常带中的某些低阻异常，常与锡多金属矿化有关。我国近年还已采用浅层地震和磁法测量方法在广东红海湾海区进行了砂锡矿地球物理普查，使用 X 荧光能量射散现场分析仪对原生锡矿体进行快速评价（锡矿体处出现锡含量高峰、可作 Sn 含量半定量依据）。此外物探交流电法运用在赋存矿体的构造处有显示。

我国对航磁异常研究表明，凡与锡矿成矿关系密切的花岗岩体一般不具磁性或具弱磁性。当其出露地表或埋藏不深时，普遍具有环状（有的呈半环状异常）航磁异常标志，当花岗岩体埋藏较深（其顶部热变质晕未被剥蚀）时，则一般不显环状异常特征，而是对应岩体上方为正磁异常，据此可预测隐伏花岗岩体，寻找隐伏锡矿床。1／100 万卫片资料研究，绝大多数花岗岩体都对应着环形影象，往往在花岗岩活动地区出现成群的环状影象，存在金属矿化分带异常。进一步研究认为：我国南方成锡花岗岩分别沿两条大型东西向线性构造带（基底断裂构造带形迹）分布，并大体呈等距产出，在它们与北西向、北东向线性构造带的交汇部位上出现环形构造群，其直径往往在 20～50km ±。岩体的产出受壳形断裂制约，成锡花岗岩一部分呈岩基出露，更多的呈半隐伏（面积＜40km^2）和隐伏状态，且深部相连，而上部存在若干岩突、岩株，平面上呈近等轴形态，在遥感和物化探数据图像上则常呈现圆形或环状的影象特征，据此作为判别标志，可建立综合影象特征来解释判别，寻找隐伏含锡岩体及隐伏锡矿体。

锡矿的找矿标志众多，我们仅综述总结上述 9 个，还可以不断总结和发现，由于各地区地质情况不一，这些标志规律有其共性，也有其个性，分别可总结出不一定完全一样的找矿标志，但主要是以上 9 条，大同小异。表面看来，这些标志似乎平凡而普通，然而一个矿床往往就是把这些极似平凡

维普资讯 http://www.cqvip.com

的找矿标志有机结合有效运用而发现的。随着找矿深度和难度的增大，除一方面提高物化探和遥感卫片等方法的研究水平外，最根本最重要的还是抓住各类地质蚀变矿化标志的深入研究。因矿床是多种成矿因素相互作用影响、综合控制形成的结果，实际上这些规律和标志是互为联系的有机整体、往往是两、三个以上综合标志控制再加上对地质情况有的放矢的分析，找矿才能取得较好的效果。在这里，综合方法找矿是十分重要的，如个旧锡矿采用地物化综合方法分析，在高峰山千米以下找到锡铜矿体[3]；云龙锡矿先经重砂测量发现，后经地质、重砂、化探三结合，进一步扩大了矿区的远景[3]。云锡地质勘探队多年生产实践总结出个旧锡矿成矿规律：上有背斜（穹窿）下有岩株突起，是进行成矿预测的重要条件；“断层加互层”、“断层加挠曲”，常是锡石—硫化物多金属矿床的有利成矿部位；断层、岩脉及有利含矿层扎根于花岗岩的地方是夕卡岩型锡石—硫化物型矿床发育的有利场所；花岗岩的盆、槽、凹陷带是预测锡、铜矿床的有利部位。有的地区则总结为岩（花岗岩）、层（地层岩性）、构（褶皱断裂）组合是成矿定位的主要控矿因素，认为其分布或延展对寻找隐伏矿具有指导意义。

上述4条标志中最主要的是锡石重砂异常与地化异常、蚀变矿化露头、含锡花岗岩这几个标志，而对隐伏锡矿床而言，化探异常及物探、遥感、成矿系列与蚀变矿化分带等新技术方法手段与理论找矿更为重要。当前新的一轮找矿尤其对隐伏矿床的寻找中，应特别重视理论思维更新、便资料更新、观念更新，做到老资料新应用、老规律新认识、老矿床新评价、老方法新发展，这样地质工作才能取得事半功倍之效，使找矿局面较快突破。如内蒙大井子，由于认真研究资料，捕捉找矿信息，正确应用物化探方法，总结矿异常特征为“低阻、高极化、缓衰减加重、磁异常”，运用矿异常模式找到南矿带，发现第二个大井，目标瞄找第三个大井，将发展成为我国北方的锡多金属矿田。因此，从地区客观实际出发，采用新的概念和方法手段，建立地区完整的新的找矿思路，是当前新的一轮找矿取得突破的关键所在。我们综合分析上述找矿标志，不仅对锡矿，而且对其它矿种找矿，均有一定参考与借鉴作用，诚愿为新的一轮有色金属找矿起一点“抛砖引玉”之作用。

参考文献

[1] 黄有德、蔡宏渊等，矿产与地质，1988，第2卷，第1期。

[2] 锡矿地质讨论会论文集，地质出版社，1987年。

[3] 冶金工业部北京冶金地质研究所、冶金工业部情报研究总所，金属矿床发现和发展史例，冶金工业出版社，1981年。

[4] 陈毓川、黄民智等，地质学报，1985，第59卷，第3期。

[5] 冶金部西南冶金地质勘探公司，个旧锡矿地质，冶金工业出版社，1984年。

[6] 陈光远等，成因矿物学与找矿矿物学，重庆出版社，1988年。

[7] 毛景文、宋叔和、陈毓川，桂北地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列，北京科学技术出版社，1988年。

[8] 毕承思、沈湘元、徐庆生，中国科学B辑，1992，第6期。

[9] 毕承思、沈湘元、徐庆生，新疆地质科学，1990，第2辑。

Criteria for Prospecting and Evaluating China's Tin Deposits

Bi Chengsi　Mao Jingwen　Liao Ying　Zhao Guohong　Ming Kuihai　Xu Qingsheng

Through a comprehensive analysis on some practical cases, Some criteria for Prospecting and evaluating China's tin deposits are present in this paper, which were summorized proceeding from following respects: geochemistry (placer casseterite and geochemical anomalies), magmatic rocks, structure, stratigraphy, Petrology, surface mineralization, alteration, genetic mineralogy, Prospecting mineralogy, topography, geophysics and remote sensing