

中国矿产资源勘查面临的挑战和机遇

译自《经济地质学家协会》通讯第 70 期首页主题文章:

Noel White and Kaihui Yang, 2007, Exploring in China: The Challenges and Rewards, SEG (Society of Economic Geologists) Newsletter, Number 70, pp. 1-15.

翻译: 肖小牛、黄欣凯和李勇;

校审: 喻学惠教授

引言

中国幅员辽阔并具有极其复杂的地质条件,是全球矿产资源大国之一。自上世纪五十年代开展地质普查工作以来,已发现了 **171** 种矿产,其中已探明储量的就有 **156** 种,并且分布广泛 (**Chen, 1999**)。尽管如此,因为各种各样的原因,中国的矿产勘查和采矿业,以及矿产品的供应却难以满足国家高速发展对矿产资源的巨大需求。为此改革势在必行,这样就给那些掌握先进技术和知识的国外公司创造了难得的机遇。

上世纪八十年代末,中国开始向国外勘探公司打开市场之门。九十年代初期,许多国外主要的勘探公司在中国发展势头强劲。此后,在全球工业崩溃和亚洲经济危机的影响下,以及(印尼) **Busang** (假金矿) 垮台的打击下,全球经济陷入低迷状态,投资者们纷纷将资金从矿业转到网络股票。随着经济的复苏和工业现代化的兴起,很多大大小小的勘探公司又重新回到了中国市场,另一些也正在评估这一市场的潜力。毋庸置疑,中国丰富的矿产资源和庞大的市场吸引了众多的投资者。与之同时,一些国外矿产公司由于对中国未来的不确定,以及对如何在中国开展工作的困惑又使他们忧心忡忡,甚至裹足不前。本文基于我们在中国进行矿产资源开发的丰富经验,将我们所经历的真实情况,如面临的机遇、投资的可行性、将会面对的问题和挑战等,以及在这一过程中遇到的令人欣喜、兴奋或懊恼的事情介绍给大家。

为什么中国能够吸引大量的探矿者

中国拥有占全球地表面积 **6.5%** 的国土和超过世界五分之一的人口。在过去的 **20** 年中,他的经济增长速度惊人,现在中国的经济实力已超过德国名列世界第三。中国的高速发展导致对资源的需求十分巨大。这些资源部分依靠国产,大部分仍需进口。

尽管中国幅员辽阔并拥有极其丰富的地质条件,但能够达到世界水准的知名矿床却为数甚少。国产的金属矿产品数量虽然可观,却主要产于成千上万规模较小、建设原始的矿山。发展中国家落后的矿业勘探开采水平已经不能适应中国高速发展的经济的需要。那么,中国矿业的发展还能适应其经济发展的需求吗? 还

是只能永远依赖进口？难道中国的地质状况因其目前尚未提供满足经济发展所需的大型矿藏就被认定有缺陷？还是有其他原因造成这样的结果？

根据下面的讨论，可以说明中国的地质条件不存在任何问题。中国的地质情况类似于俄罗斯、加拿大、美国、巴西、澳大利亚，有利于形成大型矿床。事实上，造成中国大型矿床明显短缺的原因是历史、文化和政策方面的原因，而不是地质条件。经济发展迫切需要改变现状，而这正是国外勘探者们的大好时机，当然也面临着很多挑战。

中国的地质条件

中国是由很多块体经过复杂的拼合形成的，每个块体都有各自的演化历史，这些板块组合在一起就形成了欧亚超大陆。（图 1）。中国北部位于亚洲造山带的中心部分，是古生代阿尔泰褶皱带。而南部是巨大的中生代-新生代特提斯。在这两者之间，是塔里木地块、华北地块、扬子克拉通以及一些小板块，它们大约在晚古生代-早中生代拼合在一起。在中国东部，最突出的侏罗-白垩纪（燕山）构造运动，也即太平洋边缘事件叠加到阿尔泰、华北以及扬子克拉通的东半部分（Wang and Mo, 1995）。中国地质发展反映出大陆发展演化和拼合过程的长期性、持续性，也反映了克拉通板块和活动带的不断更新与重组过程。从太古宙至晚元古宙早期，形成了一系列独立的克拉通块体（Wang and Mo, 1995）。晚元古宙至早中生代是大陆边缘发育的主要阶段，随后这些漂浮的块体穿切了特提斯洋（Yang, 1998）。中生代中期至新生代是板内构造变形和环太平洋造山带形成的主要阶段（Shen, 2000）。中国大陆是由很多陆块经多阶段拼合形成的。陆块的拼合始于中晚古生代塔里木和华北板块的拼合，以及这两个板块与扬子和华夏古陆块的聚合，以及晚元古宙与西伯利亚板块、塔里木和华北陆块的拼合。早中生代塔里木-华北板块同华南板块拼合，早新生代特提斯洋关闭，并诱发印度板块和西藏-云南板块汇聚（Yang, 1998; Shen, 2000）。

中生代发生了沿中国太平洋边缘向亚洲大陆深部的俯冲，这次构造运动影响范围很大，涉及到整个中国东部区域，并形成了沿中国东部的 NE-NNE 向构造带。与此同时，发生大规模的侏罗-白垩纪大陆火山喷发作用，以及相关花岗岩的侵入作用（Yang, 2000）。最终的汇聚发生在新生代喜马拉雅造山运动期间，与特提斯洋的关闭及印度大陆和西藏-云南板块缝合有关（Yang, 1998, Shen, 2000）。印度板块朝亚洲大陆的运动始于 132Ma（Veevers, 2001），并最终于晚始新世发生陆-陆碰撞，形成一系列东西向延伸的褶皱带，它切穿西藏和青海，以及西藏与扬子克拉通西缘的南北向结合带，向东南穿过云南和越南。印度大陆的碰撞包括大陆俯冲消减到前陆块之下、青藏高原的隆升以及喜马拉雅山脉和其他山系的形成。这种挤压作用的影响还包括遍及印度和西伯利亚大陆板块内部的走滑事件（Yang, 2000）。

中国的成矿作用

中国地质演化中有两个重要的因素，他们也是决定成矿作用类型和规模的两个因素，同时也是制约成矿作用复杂性和差异性的两个重要原因。燕山期构造活动和岩浆作用形成大面积被侏罗-白垩纪陆相火山岩覆盖的区域，以及各种大小侵入岩多旋回的侵入活动。与此同时，形成了相关的矿床，其中包括浅成中低温

热液型金、银、锌矿床（包括高、中、低温硫化物型；火山岩与前寒武纪基地中的多金属脉状矿床；矽卡岩型 **Cu-Au-Mb**、**Pb-Zn**、**W**、**Sn** 和 **Fe** 矿，以及与侵入岩有关的 **Sn**、**W**、**Mb** 矿等）。此外，早白垩纪造山型金矿广泛分布在扬子克拉通东部与华北克拉通隆起的核杂岩中。一些中生代矿床成因很特殊，如河北省蔡家营锌-金矿（**Chang et al., 2006**），以及广泛分布的造山型金矿（如山东和秦岭造山带的金矿），赋矿围岩为前寒武纪的高级变质岩，但成矿年代为中生代（**Yang, 1996; Yang et al., 2003**）。

喜马拉雅碰撞造山作用形成和/或再造的主要的陆壳缝合带与碰撞后的岩浆作用和成矿作用有关。在西藏、四川和云南发现了很多斑岩型 **Cu-Au-Mb** 矿床（**Hou et al., 2003a, b; Zeng et al., 2003**）。一些早于印度碰撞前的矿床，以及与后碰撞有关的矿床，与印度俯冲到喜马拉雅下引起的岩浆作用有关（**Mb et al., 2006, 2007**）。对这个带的矿产勘察很早就进行了，新的发现不断出现（**Harris et al., 2007, White et al., 2007**）。沿着这个碰撞带产有超大型 **Zn-Pb** 矿床，最著名的是云南金顶超大型铅锌矿（**>15 Mt Zn+Pb; Kyle and Li, 2002**），矿石产于迅速沉降的第三纪沉积盆地中的硅质碎屑沉积岩中，这也指示有可能发现其它贱金属矿床。

过去 30 年中，在中国发现了许多产于钙质沉积岩中的金矿，其特征可与内华达的卡林型金矿相对比。大量的金矿产在两个“金三角”，其中南方的“金三角”主要位于贵州和广西省，北方的“金三角”主要在四川北部、甘肃南部与陕西省交界的地方。此外，许多其他类似的矿床也在中国其他地方被陆续发现。

中国地质演化历史非常复杂，包括具有各自的地质环境，并被断裂带穿切的各种地壳板块的聚合，以及造山后盆地的发展。很多拼合的块体具有其自身复杂的演化历史和相关的矿床。此外，岩浆岩分布广泛，其出露面积占中国陆地面积的 19%。岩浆活动从太古宙至新生代共经历了 10 个阶段（**Shen, 2000**）。作为岩浆作用的一个结果，中国的金属成矿作用是既丰富又多样。所有重要的矿床类型都有其相应的代表。一些例子列于表 1。

在中国，每年都有极具潜力的新矿床被发现。近来的勘查工作显示，在中国西部存在多个新的重要的成矿带。其中包括天山东部的斑岩型铜矿带（如新疆延东，土屋），它可能是蒙古 **Oyu Tolgoi** 成矿带的延伸。其他重要的发现包括西藏冈底斯斑岩铜-金成矿带，这个带很可能延伸到外蒙古的 **Oyu Tolgoi**。其他重要的发现如：西藏冈底斯的斑岩 **Cu-Au** 矿带（**Hou et al., 2003a**），中甸普朗斑岩铜矿带（**Zeng et al., 2003**），云南西部产于沉积岩中的铜-银-铅-锌成矿带和产于火山岩中红土型铜矿带。在金属成矿带中大量的勘查工作需要运用更多先进技术。沿华北、扬子和塔里木克拉通边缘的古裂谷带提供了寻找与岩浆作用有关的镍-铜-PGE 矿床的靶区。在克拉通地区钻石、铁氧化型铜金矿（**IOCG**，或称奥林匹克坝型）、以及沉积岩中赋存的贱金属和稀土矿床都是极具潜力的矿产。中国西部特提斯成矿域和阿尔泰地区提供了勘查和寻找 **VMS** 型、**Sedex**、**MT**，以及斑岩型-浅成低温热液型矿床的有利靶区。在两个造山带之间大部分复理石带还没有进行矿产勘查工作，因而是发现大型造山型矿床的潜在地区。事实上，超大型的 **Kumtor** 金矿就位于中国天山边界地区。

悠久的和丰富的地质历史对矿床勘查具有重要的意义：在中国各种矿床类型都被发现了，然而，其中一些重要的矿床类型还没有被广泛认识（如后碰撞斑岩型矿床和金顶式铅-锌矿）。现今，在中国已知的世界级的大型矿床相对少，但已知矿床类型的多样性（见 **Zaw et al., 2007**）显示出中国具有有利的成矿地质条

件。运用现代勘探技术必将能够发现更多的矿床，其中包括那些世界级矿床。中国是个巨大的但被忽视的现代化矿产勘查的前沿地区。

中国矿产勘察：过去和现在

中国具有悠久的矿产开发历史。传统的采矿业是靠农民在农闲时挖掘。我们必须认识到，中国走出封建社会仅 100 年，而且绝大多数工业的发展只有 50 年的历史。另一方面，主要的工业，如制造业、城建工程，以及电子工业和航空业，已经得到空前的发展，但是矿业几乎没有什么大的改变。

1949 年中华人民共和国成立后，各省数量庞大的地勘队伍按照苏联的模式进行地质勘查。然而，由于中苏关系的破裂，自然灾害，再加上 1966 年开始的文化大革命的打击，这些项目被迫终止。由于政府提供的费用不足，又不允许裁减人员，中国成百上千支地勘队伍需要自己解决经费问题。因此，他们当务之急是找到矿产资源并尽快投入生产。其结果是导致矿山生产仅仅在规模上与农民挖掘有所不同，在开采技术上并没有进步。

1976 年文化大革命结束后，地勘队伍的状况并没有得到实质上的改变。政府用于资源勘查方面的经费依然非常有限，并且还将继续减少。中国经济的放开意味着这些队伍可以选择不同的经营方法。他们选择了不同的策略，其中有些成为成功的矿业勘查者和矿山产家。还有一些勘探队伍针对近来矿产品利润膨胀炒作矿权，有的在不相关的行业中进行多种经营。

按照世界标准，现今中国采用的绝大部分探查技术和方法都已过时，而且缺乏正确的探查理念。对大多数勘探队伍来说，基础探查技术如地质填图和地球化学是可以获得的，但是有关矿床模式方面的知识是残缺的。地面地球物理方法可以用但是费用较高，所以没有被普遍应用。航遥技术难以应用，质量较差。大多情况下，携带航遥系统进入这个国家（中国）的做法不切合实际。钻探费用很高，而且除少数外中国的钻探队伍比较落后。因此，对技术优良钻探队伍的需求很大。

如今，在中国运营的外国钻探公司数量不断增加，但其费用也远高于当地勘探队伍。外国的物探承包商和地球化学实验室都开始在中国运作。总体来说，中国具有竞争力的化学实验室其分析质量可以与西方实验室媲美，但是运作速度较慢。由于法律对中国飞行员的约束以及军队的控制，航遥观测还很难实现。在很多地区仍然保留着过时的安全限制，包括对航空照片和地形图获取的限制，甚至包括从国际供应者那里免费获得的现代卫星图像。野外地质工作人员经常受限携带地形图。科技的变化速度超过了军事管制，这已是世界各地的事实。

中国矿产开发的现在和未来

当前，中国矿业主要取决于 30 多万座小型矿山的状况。尽管也有些大型现代矿山（特别是煤），但总体上中国矿业的特征是：低产量、低质量、安全隐患多、环境污染严重。更为严重的问题是，矿业无法满足国内的需求，特别是高质量的矿产品必须依靠进口。国家经济发展的代价是花费高、环境破坏严重、矿难频发。此外，虽然政府的政策倾向于少数民族居住地区的发展如中国西部边境地区，但是通过矿业可能带来偏远地区的经济发展却一直被忽视。

尽管付出了高昂的经济代价，也未能使矿业得以重组。即使在有利的汇率和繁荣的经济条件下，矿业重组，还没有被列入国家当前的重点议事日程。大量资

金外流用来购买国外的原材料，但是在目前经济条件下，大量资金的外流还没有严重阻碍中国的经济增长速度。然而，将来某天经济紧缩时，要使国内工业繁荣发展，将这部分资金保留在国内就会变得非常重要。一旦国家陷入困境，自给自足的能力和区域集中化也将凸显出其重要性。在以计划经济为主的国家，一旦政府看到利益并开始把重点倾向某个行业时，这个行业必将发展非常迅猛。目前中国矿业存在的问题，部分在于政府官员对现代矿业了解极少，没有人认识到单靠农民挖掘的矿业与现代化高生产率矿业，即中国传统的仅为生存而进行的矿产勘查和现代化高回报的矿产勘查之间，存在着多么巨大的鸿沟！不管怎样，在中国矿业和矿产勘查的重大改革是势在必行。中国政府正在逐步进行工业自由化、现代化，并且这些举措有望得到进一步推进。

中国矿业勘查面临的机遇

对于任何想要在中国工作的国外勘查者来说，以下两点都是必然不争的结论：（1）中国地质条件极其有利于矿产勘查更大的发现；（2）中国国内大部分地区都存在勘探不足或者未勘探的情况。绝大部分勘探工作中除了地质填图和地球化学测量，较少甚至没有运用过系统的、综合的地质勘查方法。过去 30 年中，国营勘探队作为独立的、相互竞争而又资金短缺的队伍，对于任何发现，不论大小都急于进行开发。没有进行充分的勘探工作，就已经匆忙的开始进行小规模生产。如果发现一个大规模的矿体，最典型的做法就是进行一系列小型且不协调的开采，而不是整合为统一的、大型且高效的运作。

在中国，矿业勘察的机遇是如此惊人！这里有大量新的矿床等待人们去发现，有很多已有矿山的整合及扩大生产的机会。在中国导致主要矿产资源的明显短缺并非地质作用过程的失败，而是勘探工作的不足以及整个体制鼓励了大规模矿床的分段孤立挖掘而不是整合统一开采所造成。

中国矿产勘查的法律体系

对于一个外国公司来说，在中国实施勘探时有两种选择：一种是与中国公司合资经营，另一种便是外商独资。后者工作开展较慢，而且得不到地方的支持，并且有些矿产是禁止勘探的。因此前者是普遍的战略选择，尽管建立中外合资企业这一过程非常复杂。首先，外商合资公司拥有的财产必须经过公证，相关合资条款要通过双方谈判确定。双方合同经国家商务部或地方受权政府部门批准后方可生效。一个独立的合资公司必须要在国家或省工商部门登记后方可成立，而具体在哪个级别的工商部门登记，取决于外商投资的金额。然而，这并没有结束。接下来，需要将探矿权转移给合资公司，获得许可证（云南除外），这项权证转移必须经国土资源部、商务部，即中央级的相关职能部门的批准。此外，在冗长的审批过程中，军队对合资勘探权的审查也是必要的步骤。整个过程通常需要两年或两年以上。

在中国，探矿权分别由各省管理，勘查工作由国家法律、省级法规和行政规章进行规范。有些省份（如云南）已经为探矿与采矿建立了合理的法规，但是有些地方根本没有地方法规。在某些省份，省政府强加的特殊条件实质上可能会加大国外合资伙伴的负担。在任何省份实施勘探工作之前，必须要懂得相关法律、规则以及地方法规，这一点相当重要。值得庆幸的是，中国的法律顾问公司能够

提供相关帮助。

勘探工作一旦开始实施，公司就可以自主雇佣员工或是雇用勘探队伍进行勘探。对于后者，公司需要向他们详细阐述要做哪些工作以及如何去做。勘探队伍的工作质量存在着差异，但总的来说，还是可以找到那些能做好常规勘探工作、表现令人满意的队伍，而公司自己的员工只要做好质量管理的工作就可以了。

合资公司还必须每年向政府申请延续探矿权，以保证探矿证的有效性。这个过程包括向发放管理许可证的当地政府递交一份报告，内容包括详细汇报工作的完成量，经费开支，递交继续勘探的提议以及下一年的勘探预算。当地政府负责核实某些工作承诺是否已经履行，并向颁发许可证的权力部门递交其对该许可证是否可以更新的意见。这是整个体系中尤其困难的部分，因为通常情况是当地政府大多缺少资金，可能会利用这个机会试图增加费用。其中可能包括支付特殊经费而使评审通过，或要求公司让出或缩小部分勘探区域，因此当地政府可以将之转让给那些往往和地方官员在政治、商业方面关系良好的当地农民矿主。这就需要公司同地方政府的掌权者进行频繁的沟通和交流，更有效的办法是努力同官员建立和保持友好的关系。

总而言之，中国目前的体制是低效的、官僚的，特别是在地方一级，权力更容易被滥用。公司准备在中国成立他们的合资企业时，应该要掌握有效的法律意见，并且致力与省级政府和地方政府建立友好的关系。合资伙伴的积极支持也会提供很大帮助。除非在最糟糕的情况下公司与地方政府之间关系可能成为主要问题，只要努力与官员保持良好的关系，关注并满足地方要求以及了解他们的预期目标，上述问题还是可以得到很好的解决。而忽视这些你将自食恶果！

对于在中国工作的外国公司来说，中国的会计制度和税法也是重要的关注点。外国公司因为征税的需要，要接受审计，严格遵守中国的会计标准，这是基本。实际上这意味着每个公司都应该有个良好的财会部门，在中国这并不难。主要的问题在于中国的会计体系与西方不同，公司的海外人员要花大量时间去了解中国的财会人员怎么做。如果公司一开始就建立正确的会计体系，就不会有什么问题。否则，不管是在中国还是公司注册的国家都将出现严重的问题。

在中国运作的国外公司所报道的许多问题，是他们自己造成的，或者是他们违背了中国或其母国的法律要求，或者是他们忽视了公司运作的基本常规。当然，这些报道从不承认问题真正的原因。

可行性

在中国工作，许多方面是非常方便的。她拥有完善的交通系统：四通八达、运作准时的航线系统；庞大的高速公路网；以及遍布广大乡村地区的良莠不齐的地方公路。即使在乡间小镇也有能够接受的住宿条件，诱人的佳肴更是到处可见。外国人可以不受限制的自由出入这个国家的大部分区域，在世界其他一些地区，让勘探人员头疼不已的“安检”问题，则完全不存在。人身安全问题无论在哪里都不用担心，并且中国人对外国人的态度非常友好。

尽管普遍的观点认为中国人口过剩，但是高密度人口区域只是集中在城市、中国东南部以及四川盆地。即使在人口大省如福建省，高密度人口区域也只限于有耕地的山谷区域。而其附近的山区则人口稀少，有利于进行探矿和采矿。还有一些省份，如新疆、青海、西藏更是人迹罕至。

在中国，运营的费用变化较大。日常的消费，如食品（包括啤酒！）、消费品、

交通以及住宿价格很便宜，或最多与西方国家相近。科技含量低的勘探成本自然也低。但是随着尖端科技含量的增高，费用迅速上涨。地质填图价格便宜，同时可以按照适中价采取大量地球化学样品，但是样品分析其价格和质量同西方实验室相近。使用优良的设备进行地球物理测量价格昂贵。最好的情况下，钻探费用可与西方相似，而最差的情况则是费用过高。探槽非常便宜，坑探费用正常情况下低于钻探。

在中国雇佣优秀的员工并不困难，因为这里有许多受过良好教育和培训的人，他们普遍期望提高自身价值。这里工资水平低于西方标准，但是保持具有竞争力的薪水水平，对于外资公司雇佣具备特殊技能的人员（如语言）非常重要。能应聘的地质工作者不多，而那些具备良好技术和语言技能的人员更是寥寥无几。大多数在政府队伍中的工作人员不愿放弃自己稳定的工作岗位，尽管那里工资水平较低，但是可以通过提供住房得到部分补偿。随着国家经济的繁荣，对紧缺的拥有技能的人才的争夺激烈，但是对于其他大多数劳动力来说，其成本还是较低的。我们的经验认为对于个人来说，他们的科技知识和技能水平可能较低，但是他们整体上的工作表现和工作道德是出色的。无论在何处与那些人一起工作时，尽管公司总是会遇到挫折和问题，他们绝不会缺乏奉献精神，而且对学习的热情更是让人影响深刻。这些工作人员都知道只有通过自身努力才能获得成功。

英语教育在中国很普及，但教学水平地方差异较大（大城市最佳）。尽管如此，英语并没有被广泛运用到实践生活中去。通常情况下，在中国大街上的确可以发现讲英语的人，但是也仅知道少量几句。虽然举办 2008 年的奥运会无疑将改变这种情况，至少是在北京。能够阅读英文科技资料的地质工作者很普遍，但是能够讲英语的却很少。对一个外国人来说，他和人交流的时候说话尽量要慢一些，更清楚一些，尽量要避免用些俚语俗语。否则，还有一个办法：学说普通话。

中国的社会依靠关系网运转，甚与西方社会（西方也一样！）。发展好和政府官员，合资公司伙伴和其他人的关系是非常重要的，应该妥善对待。公司职员之间也要经常接触并保持基本的社交礼貌。以漫不经心的冷漠态度对待他人是无法赢得尊重或支持的，真诚的问候则肯定会收获回礼。除了公事上的来往，中国人是非常热情友好的，长久的友谊将是你在此工作得到的最高奖励之一。

结论

在这个交流和交通便利的时代，对于在中国进行矿产勘查开采，国外有两种极端的观点。有部分人持完全悲观的态度，仍然拘泥于二十世纪六十年代冷战时期的老论调。但是当问道他们是否去过中国的时候，答案往往是否定的。还有一部分人的态度极度乐观，通常是在他们第一次到中国以后，当他们得知中国尚有大量地区未经勘探，中国的机遇是多么巨大时，便被冲昏了头脑。在这两类之间则是那些更为慎重的人：对于机遇抱着乐观的态度，但同时也警惕可能出现的问题。这些人通常都在中国工作过，对实际的情况比较了解。表二列出了许多目前在中国运作的西方矿业公司，很多矿已经在开采了，有些正在建立中。随着更多的公司项目从勘查转到评估的时候，表中所列的数据会迅速的增长。

毫无疑问，中国矿业勘探的机遇是惊人的。这里的地质情况很好，很多大型矿床有待发现。然而，中国矿产勘查和采矿产业至少和世界的水平相差了 50 年，尽管中国的经济增长非常迅猛。法律系统对产业的管理和控制还不够完善，在管

理部门还存在相当的官僚主义。这种产业现状与社会和国家经济的发展格格不入。政府的高级官员已经清楚地认识到改变的急迫，相信不久一定会有所改善。当情况改观后，拥有优良资源以及可靠合作伙伴的公司将会取得巨大的收获。中国经济增长的动力是不可估量的，而那些参与和分享这一发展的勘探和开采的人们必将获得丰厚的回报。

感谢

在此我们非常感谢里奇·高德法布，道格·科尔文，常兆山，安东尼·哈利斯以及周玉在论文完成过程中提供的宝贵帮助。感谢艾琳·玛什为本文制作表格为笔者节省了大量的时间。同时也感谢所有提出了宝贵意见的朋友和同事，他们的建议对我们理解中国多年以来的环境状况帮助甚大，感谢他们。

参考文献（略，见原文 <http://www.asianow.ca/s/Media.asp>）

图 1，中国地质简图

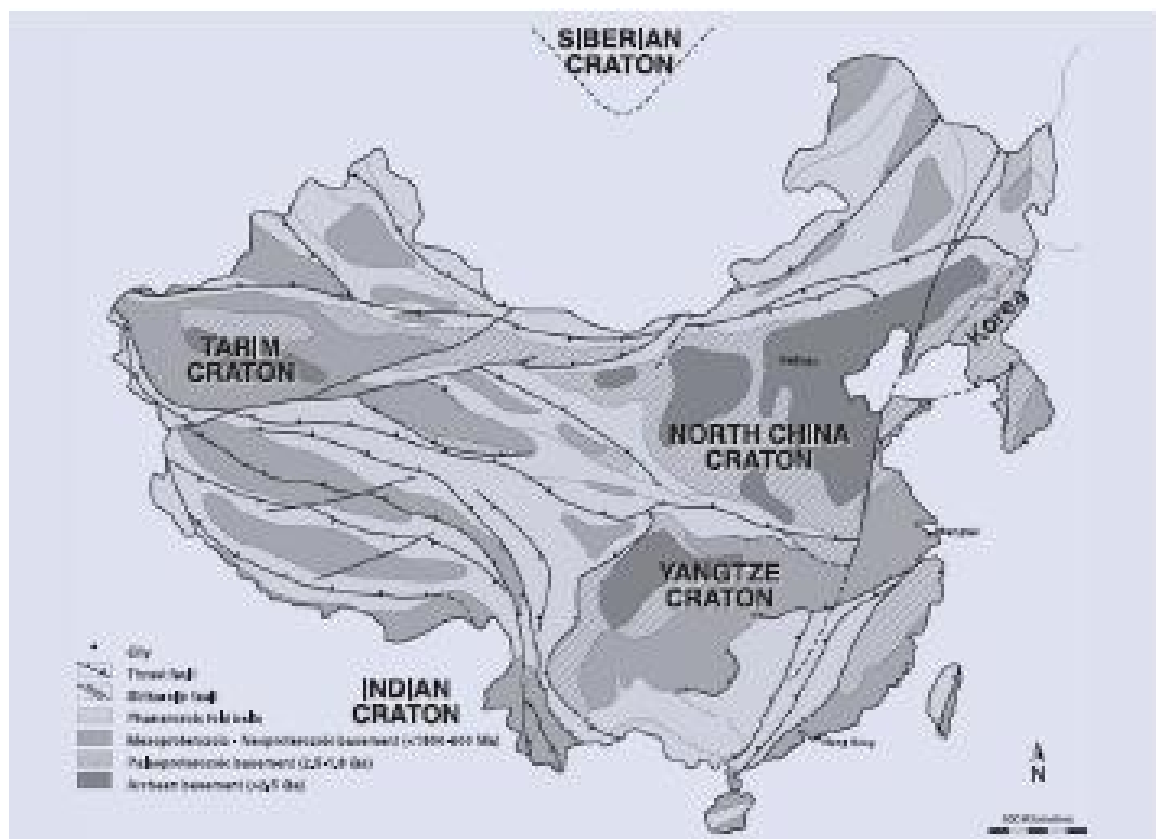


表 1 中国金属矿床的主要类型及代表性实例

矿床类型	矿床名称及所在省份	规模与品位	参考文献
斑岩型 Cu-Mo-Au 矿	江西德兴 西藏玉龙	储量：1500Mt，品位：Cu 0.43%，Mo 0.02%，Au 0.16g/T，Ag 1.9g/T 储量：1000Mt，品位：Cu 0.99%，Mo 0.06%，Au 0.35g/T	Zhai et al., 1997 He et al., 1999 Hou et al., 2007
沉积岩中的 Zn 矿	云南金顶	储量 200Mt，品位 Zn 6.8%，Pb 1.29%，Ag	Kyle and Li 2002 Xue et al., 2007 Hou et al., 2007
Sedex 型 Zn-Pb 矿	广东凡口	Zn 储量 3.4Mt，品位 12%，Pb 储量 1.7Mt，品位 5.1%	Gu et al., 2007
火山岩型（VMS） Cu-Zn-Pb 矿	新疆阿舍勒 四川嘎村	Cu 储量 1.08Mt 品位 3.42%+Ag, Au 金属储量 4Mt，品位：Cu 0.4%，Zn 3.4%，Pb 3.7%， Ag 160g/T，Au 0.3g/T	Wang et al., 2003 Hou et al., 2007
密西西比型（MVT）Zn-Pb 矿	四川天宝山	储量 11Mt，品位：Zn 10.1%，Pb 1.5%，Ag 94g/T	Cromie et al., 1996
岩浆型 Ni 矿	甘肃金川 云南白马寨	储量 500Mt，品位：Ni 1.06%，Cu 0.7% Ni 储量：0.6Mt，品位大于 4%，Cu 储量 1.2Mt， 品位 0.3—4%	Ripley et al., 2005 Tang 1993, Wang and Zhou 2004
造山型金矿	山东玲珑金矿 山东焦家金矿 山东三山道金矿 四川新城金矿	Au 储量 480t Au 储量大于 60t，品位 7g/t Au 储量大于 60t，品位 7g/T Au 储量大于 60t，品位 8g/T	Zhou and Lu 2000, Qiu et al., 2002 Fan et al., 2003
卡林型金矿	贵州金凤金矿 贵州子目当金矿 四川东北寨金矿	Au 储量 107t，品位 5.1g/T Au 储量 60t，品位 6g/T Au 储量大于 50t，8g/T	Peters 2002 Sino Gold Ltd 2004 Peters et al., 2007
浅成热液 Au-高硫化物型	福建紫金山	储量 103Mt，品位：Cu 1.02% Au 0.14g/T, Ag 5.2g/T	Zhang et al., 1994 So et al., 1998
浅成热液 Au-低硫化物型	长坑、	Au 储量 32t，7g/T	Liang et al., 2007

	新疆阿西 河南祁雨沟	Au 储量 70t, 5.8g/T Au 储量 40t, 7.4g/T	Hart et al., 2003
矽卡岩型 Au 矿	安徽新巧金矿 河北铜碌山	Au 储量 105t Au 储量 6.8t, 1.15g/T	Chen et al., 1996 Chen et al., 2007
矽卡岩型多金属矿	湖南康家湾	Au 储量 30t, 3.65g/T Ag 储量 150t, 87g/T Pb 储量 0.5Mt, 3.9% Zn 储量 0.5Mt, 4.5%	Zhao 1991 Zhang et al., 2007
矽卡岩型 Cu-Au 矿	江西城门山 江西武山	Cu 储量 3.07Mt, 0.75%, Au 储量 2.2Moz, 0.43g/T Cu 储量 48Mt, 1.1—1.7 %, Au 储量 2.2Moz, 0.5g/T	Pan and Dong 1999 Chen et al., 2007 Zhou et al., 2007
矽卡岩型 Sn 矿	云南个旧 广西大厂	储量 120Mt, Sn 1%, Cu+Zn+Pb+Sb 3.5% Chuliang 100Mt, Sn 1%, 另有 Cu, Zn	Chen et al., 1996a, b Fu et al., 1991, 1993 Zhao and Li 1995 Gu et al., 2007
矽卡岩型 W 矿	湖南柿竹园	W 0.8Mt, Sn 0.5Mt, Bi 0.2Mt, Mo 0.1Mt	Mao et al., 1996a, b Mao and Li 1995
REE	内蒙古白云鄂博	REE 储量大于 40Mt, 3-5.4%	Le Bas et al., 1992 Chao et al., 1997 Smith et al., 2000 Yang et al., 2003

表 2 由西方矿业公司经营的矿山和矿产地

公司名称	标记	矿山名 及所在省	资源及开采	勘查开发状况	网页
Sino 金 矿公司	SGX-A SX	贵州金峰 吉林白山 陕西煎茶 岭	金资源量 4.6Moz, >5g/t; 地下开采 Au 矿石量 7.7Mt, 3.4g/t; 1998-2006 生产 450,000 盎司黄金; 地下开采	2007 年 5 月投产, 年产 180,000 盎司黄金; 可行性研究; 已转让	www.sinogold.com.au/
Griffin 矿业公司	GFM-A IM	河北蔡家 营	矿石量 23.6Mt, 品位 Zn 8.08%, Au 0.68g/t, Ag 17g/t; 包括探明 和推测储量, 地下 开采	2005 年 7 月正式投产	www.griffinmining.com/
Eldorado 金矿公司	ELD-T SX	青海滩尖 山	金矿石量 4.5Mt, Au 品位 4.1g/t 外加 氧化型金储量	2006 下半年投产	www.eldoradogold.com/

			600,000 盎司		
Jinshan 金矿公司	JIN-T SXV	内蒙古常 山浩 (217)	金矿石量 110Mt, Au 品位 0.83g/t; 露天开采, 堆浸	在建中, 年产 117,000 盎司黄金; 矿山寿命 9 年	www.jinshanmines.com/
Silverco rp metals 公司	SVM-T SX	河南 银 山	脉状矿石量>1Mt, 品位 Ag 1500g/T, Pb 25%, Zn 9%; 地下开 采	高级勘探和矿山建设 中	www.silvercorp.ca/
Neo Alliance 矿业有限 公司	NAM-T SXV	甘肃米家 河	推测矿石量 3.3Mt, Au 品位 1.34g/t.	试生产	www.neo-alliance.com/
Continen tal 矿业 公司	KMK-T SXV	西藏谢通 门	Cu 矿石量 220Mt, 品位 0.43%, Au 0.61g/t, Ag 3.87g/t	可行性研究	www.hdgold.com/
Leyshon 资源公司	LRL-A SX	黑龙江争 光	Au 储量 1.21Moz, Ag 3.72Moz, 可回收 Zn 储量 94000t	计划中	www.leyshon.resourcecs.com
Mundoro 矿业公司	MUN-T SXV	辽宁毛岭	矿石量>300Mt, Au 0.9g/t	可行性研究	www.mundoro.com/
西南资源 公司	SWG-T SX	云南博卡	矿石量约 40Mt, 品 位 3g/t Au	高级勘探	www.swgold.com/
Inter-ci tic 矿业 公司	ICI-T SXV	青海大厂	推测储量 16.1Mt, 品位 3.88g/t Au	高级勘探	www.inter-citic.com/
Majestic 金矿公司	MJS-T SXV	新疆萨瓦 尔顿 山东松家 沟	探明和推测矿石量 >35Mt, 品位>1g/t Au; 矿石量 13Mt, 品位 1g/t Au	高级勘探 高级勘探	www.majesticgold.net/
Golden China 公 司	AUC-T SXV	贵州尼宝 内蒙古白 因海	探明和推测矿石量 约 13Mt, 2g/t Au 矿石量 25Mt, Au 0.6g/T	高级勘探 高级勘探	www.goldenchina.ca/
Dynasty 金矿公司	DYG-T SXV	新疆哈图	推测矿石量 16.9Mt, 1.69g/t Au	高级勘探	www.dynastygoldcorp.com/
天山金矿 公司	TGF_A SX	新疆金山	矿石量 95Mt, 0.95g/t Au	高级勘探	www.tianshangoldfield.com.au/