

青城子铅锌矿深部找矿工作初见成效

——“辽宁省凤城市青城子铅锌矿成矿预测”项目工作成果汇报

沙德铭 赵东芳 张森 田昌烈

（沈阳地质矿产研究所）

李永贵 胡呈喜 高德富 李斌

（辽宁省丹东市青城子矿业有限公司）

引子

青城子铅锌矿作为辽宁省八大有色矿山之一，目前保有储量消耗殆尽，资源危机严峻。2006年，全国危机矿山专项设立“辽宁省凤城市青城子铅锌矿成矿预测”项目，其目的是研究和总结矿床成矿规律，并通过物探方法的试验应用和少量工程验证，提出下一步勘查工作部署方案。

项目组按照任务书要求，经过综合研究、预测区优选、物探测量和信息提取及钻探工程验证，取得了较好的工作成果，达到了预期目的。

一、矿山现状和存在问题

1、矿山基本情况

青城子铅矿是1949年成立的国有矿山企业，矿山累计查明（B+C+D级）矿石量1988万吨，发现矿脉200余个，建设主坑口15座，累计创利税达4亿元，为国家经济建设做出巨大贡献。大规模开采开发的同时，资源的保有量锐减，至2003年末累计可用储量（B+C级）仅为157万吨。目前保有可用储量消耗殆尽，资源危机形势极为严重，仅喜鹊沟、榛子沟、南山等三个坑口靠边采边探维持小规模生产，濒临闭坑危险。

2、存在主要问题

（1）勘探工作自八十年代后长期停顿，后续资源严重不足，目前保有储量基本枯竭，处于边探边采难以维系阶段，濒临倒闭。

（2）综合研究工作停滞不前，以往开展的针对或涉及青城子铅锌矿研究工作不少，但在控矿条件、成矿规律认识等一些关键问题上难以形成一致的意见，直接影响了勘查工作部署和有效展开。

（3）青城子铅锌矿勘查程度较高，但以往勘查深度较浅，集中在300m—400m，目前采矿深度也仅达到420m，深部含矿岩系分布和可能的矿产分布情况不清。

（4）矿区覆盖严重，地表勘查程度较高，勘查工作方向是中深部。以往形成和积累资料，存在分析精度、灵敏度等客观因素影响，难以对开展深部找矿预测提供有用信息。深穿透的物探方法的应用和信息提取，已成当务之急；

（5）矿山自2002年，开展了部分找矿预测工作，但限于资金力度和研究水平，进展比较缓慢，其间取得的一些物化探成果和信息，未能进行进一步评价和有效验证。

二、成矿规律总结和预测区优选

1、控矿条件和成矿规律

青城子铅锌矿位于辽（东）老（岭）摩（天岭）裂谷带内，与著名的朝鲜检德特大型铅锌矿处于相同构造背景和环境，二者成矿特征上具有相似性和可比性。

在全面收集、分析矿区已有地质、物化遥、勘查、科研和开采资料和成果基础上，初步总结青城子矿区控矿条件和成矿规律如下：

（1）地层（建造）控矿属性：

青城子铅锌矿受控于下元古界辽河群高家峪岩组和大石桥岩组的一套含墨碳酸盐岩—（火山）碎屑岩建造，宏观上具有“层控性”特点，含矿建造表现为矿源层性质或最佳赋矿层位；容矿岩性为具有海底热水沉积性质的钙镁硅酸岩、硅质岩及组成复杂的条带状大理岩、含钙硅成分互层的大理岩等，具有“岩控性”特点；按照空间分布和容矿特点，可以进一步划分为下部含矿层和上部含矿层：前者为火山岩—碎屑岩—碳酸盐岩建造，赋存矿床多为层状、似层状；后者为含杂质碳酸盐岩建造，矿化形式以脉状为主。从容矿岩系和矿化特征对应关系上，体现出“上脉下层”之铅锌矿化和空间分布特点。

（2）构造控矿属性：

a、褶皱构造控矿

青城子矿区宏观受青城子倒转背斜控制，已经发现的矿床集中分布在褶皱构造转折端或近转折端的翼部，而且相对集中在次级褶皱构造叠加部位，如榛子沟、甸南矿区围绕榛子沟倾没次级背斜分布。

b、层间、层内韧性断裂控矿

辽河群地层内广泛发育与辽河期花岗核杂岩隆升、褶皱变形作用相关的层间、层内韧性断裂系统，后者往往在中生代复活成为脆性断裂，成为含矿热液活动的适宜的通道和沉淀空间，形成与围岩产状近于一致的层状、似层状矿体；该类构造在下部含矿层位内发育尤甚，成为控制矿区成矿作用的重要因素。

c、断裂构造控矿

中生代构造岩浆活动时期形成的不同性质、方向断裂构造极其发育，其交汇、变异部位往往控制着矿体赋存的具体空间位置。矿床的控矿断裂方向以 EW 向和 NW 向为主，其次为 NNE、NE 向，少数为 SN 向。控制矿体以脉状为主。在交切层内、层间构造时，往往形成似层状、脉羽状矿体。

（3）岩浆活动控矿属性：

辽河期“辽吉花岗岩”（Rb-Sr 同位素年龄值为 $1953 \pm 51\text{Ma}$ ，吉林大学，2000）沿青城子倒转背斜核部分布，其“隆升”就位过程的“隆滑作用”，形成辽河期沉积变质岩系内广泛分布的层内、层间韧性—脆性构造带，为后续热液成矿创造有利条件；

中生代双顶沟和新岭岩体分布于矿区南部和北部，青城子矿田成矿作用的空间分带特点，显示其晚期热液参与成矿作用；另外，本区广泛分布着方向、规模各异，成分复杂的岩浆岩脉，某些类型岩脉（如煌斑岩脉）与铅锌矿脉有着密切的空间关系，有时可以作为找矿的指向标志。

（4）热液成矿属性：

青城子矿田由 15 个铅锌矿床、200 多条铅锌矿体组成，矿体按形态可分三类：

①层状、似层状矿体：呈层状、似层状、透镜状赋存于高家峪岩组和大石桥岩组下部碳酸盐岩与角闪片岩、变粒岩、云母片岩互层带中，矿体受控于层内、层间裂隙带，呈交代充填脉状和浸染状，与围岩产状基本一致；这类矿体规模大（矿带长 800~2000m，延深 30~

90m，厚度 0.5~30m)，产出稳定为特点；空间上主要分布于倒转背斜近核部位置，以榛子沟矿床为典型代表，故称“榛子沟式”矿体（图 1）。

②脉状矿体：主要分布于大石桥岩组上部透闪石大理岩断裂带中，矿体呈不规则脉状或不规则囊状，长 30~400m，厚度 1~30m，矿石品位较富。矿体多充填脉状，受断裂构造控制，有时与煌斑岩等脉岩相伴，本山、麻泡等矿床多属于该种类型，故称“本山式”矿体。

③羽脉状复合矿体：多分布在上部含矿层，矿体主要分布于大石桥岩组条带状大理岩夹变粒岩及云母片岩互层带中。矿体规模大小不一，形态不规则，矿体延长可达 300m，厚 15m。矿石品位较高，Pb 平均品位为 5.87%，Zn 平均品位为 1.51%，以南山矿床最为典型，称“南山式”矿体。

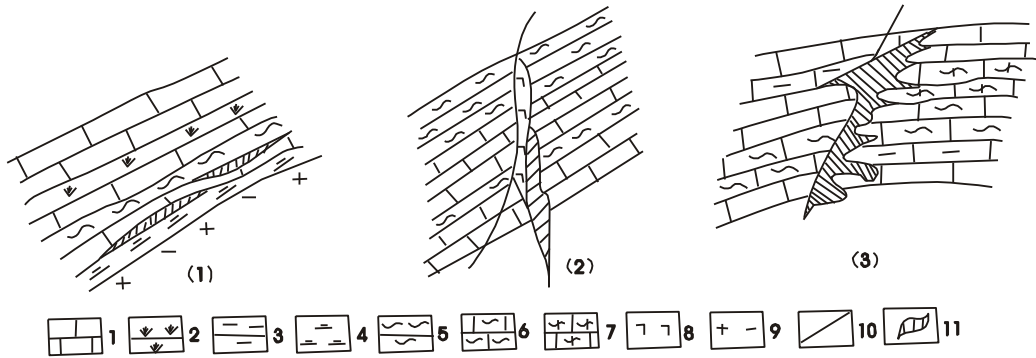


图 1 青城子矿床主要矿体形态特征

(1)-似层状矿体 - 榛子沟式矿体；(2)-脉状矿体 - 本山式矿体；(3)-羽脉状矿体 - 南山式矿体；

1-大理岩；2-石榴云母片岩；3-砂线石片岩；4-角闪片岩；5-云母片岩；6-云母质条带状大理岩；

7-大理岩与云母变粒岩、云母片岩互层；8-花岗斑岩；9-古元古代条痕状花岗岩；10-断层；11-矿体

综合而言，青城子铅锌矿具有明显的“层控性”、“构控性”和“岩浆控矿”的“三位一体”成矿属性，矿化特征以热液充填交代为主，矿化形式为似层状和脉状，矿化空间分布上具有“上脉下层”特点。

2、选区依据

综合前述控矿因素和成矿规律认识，初步选择新岭、姚家沟、甸南、门前沟等作为深部找矿的预测区，从中优选新岭区作为项目物探工作和钻探验证的部署区。主要考虑以下因素：

(1) 新岭区位于青城子弧形倒转背斜的弧凸部位，为榛子沟矿区的北西延，其南邻车岭沟和榛子沟皆广泛出露高家峪岩组和大石桥岩组下部含矿层位。从其产状和褶皱构造分析推测，该含矿建造应该延入新岭区。推断本区深部具有“榛子沟式”铅锌矿的成矿条件和找矿前景。

(2) 四棵杨树向斜东西向贯穿新岭预测区，南邻榛子沟穹隆背斜，构成背、向斜的复式褶皱统一体。二者组成因素相似，构造连续性好，产状稳定延续，榛子沟式含矿层位存在。因此，四棵杨树向斜的存在，有条件在转折端部位及两翼形成层状、似层状厚大铅锌矿（化）体；同时褶皱转折端张性裂隙系统的存在，为形成脉状、羽脉状矿化提供了有利的条件。

(3) 新岭区南邻榛子沟一甸南矿区位于青城子倒转背斜正常翼，空间上受控于榛子沟次级背斜构造。新岭区与榛子沟区构造位置相似，处于毗邻的刘家堡子次级背斜之上，具备形成榛子沟式矿床的构造条件。如获得验证，另一个榛子沟一甸南规模矿床将应运而生。

(4) 南邻榛子沟矿区重要矿体 2 号脉已经控制延长 2500m，严格受层间构造控制。目前 2 号脉控制延伸至本区南邻部位（80 线 0 号点），综合分析应该延入新岭区，但目前没有进一步工程控制。在新岭区寻找隐伏榛子沟 2 号矿体北延部分，值得期待。

(5) 本区以往部署了相当密度的探矿工程，但勘探深度相对较浅，仅探及上部含矿层，而对于“榛子沟式”铅矿赋矿的有利层位一下部含矿层（赋存 2 号、289 号等矿体）皆未穿透，且存在部署不当等问题。我们认为，新岭深部应该存在下部含矿层及赋存其间的层状、似层状矿体。

(6) 新岭区北邻新岭印支期花岗岩体，相距不足 1km，对区内改造强烈。结合青城子矿田成矿规律和控矿因素的认识，花岗岩体的存在是十分有利的成矿条件。新岭区以往发现的众多脉状、沿层脉状矿体的存在，说明成矿可能与花岗岩体有关。

(7) 近几年，青城子铅锌矿在新岭预测区投入了一定的实物工作量，开展了瞬变电磁法测量和钻探验证工作。圈定 9 处低阻异常，其中在 E2-1、E2-2、E2-3 等异常分布区内，以往钻探工程皆发现铅锌矿化；E2-9 号异常经验证已经发现铅锌矿体，说明 TEM 方法等方法找矿的有效性，同时，也说明本区确实存在铅锌成矿的条件。不足之处是探测深度较浅。

(8) 新岭区邻近榛子沟、二道沟等老矿区，采矿工程已经迫近本区，又有榛子沟一青城子公路穿过本区，如果实现找矿突破，将大大降低开发利用成本，以创造较高的经济效益。

三、工作部署

1、总体工作思路

立足于青城子矿区实际，以辽河群沉积变质（含矿建造、矿源层）和古元古代、中生代构造—岩浆活动与成矿关系研究为主线，以含矿建造分析、容矿构造解析和矿化特征调查为主要内容，以研究成矿条件、矿化富集规律为核心和重点，在 CSAMT 等新技术、新方法应用基础上，对重要矿化信息进行工程验证，以期实现寻找深部似层状厚大矿体的找矿目标。

主攻矿种：铅锌，兼顾金银

主攻矿床类型：沉积变质—岩浆热液改造型之“榛子沟式”铅锌矿

主要实物工作量：CSAMT 测量 40 点，直流 IP（AB≥1500m）测量 60 点，钻探工程 800m。

2、具体工作部署

(1) 物探测深

选择 517 高地到新岭花岗岩接触带包含有原 TEM 异常（2002 年）E2-1、2、3、4、5、6 异常分布区的 0.65km² 范围内，开展点距 50m 可控源大地音频（CSMAT）和点距 25mAB/2≥1500 米的直流 IP 剖面测深工作，以期进一步确认 TEM 异常的存在及所示低阻体位置，更重要的是探测和互相验证深部（500—1000m）可能示矿的低阻体存在的信息。

(2) 钻探工程验证

综合分析，我们认为，新岭预测区深部应该存在“榛子沟式”铅锌矿的成矿条件，是找寻深部隐伏层状、似层状乃至脉状铅锌矿的有利区域。故在成矿规律研究基础上，选择成矿

条件分析有利和综合示矿信息发育的部位，部署开展钻探工程验证。

五、预测工作成果和意义

1、物探工作成果

限于实物工作量，仅安排 3 条物探剖面测量，取得了较好的工作进展和成果：

(1) 通过多方法剖面测量，全区共发现矿致异常 3 处，推断断裂构造 3 条。其中 M1 矿致异常位置在 0 线 690 号点的 400 米高程处；M2 矿致异常位置在 0 线 840 号点的 400 米高程处；M3 矿致异常位置在 0 线 350 号点的 350 米高程处。为进一步开展评价工作提供重要依据。

(2) 通过四极 IP 剖面测量，推断深部古元古代条痕状花岗岩与辽河群地层的接触界线，也就间接指示了可能的含矿岩系的产状和埋深，为钻探工程的部署提供重要信息。

2、新岭区钻探验证成果

根据我们对于青城子矿区控矿条件分析和成矿规律的认识，结合物探工作成果，部署开展了新岭区 zk07-2 号探矿工程。目前钻探工作仍在进行中，但已取得了突出的工作成果：在孔深 410—480m 处发现下部含矿层的标准岩性组合一角闪片岩夹含墨方解大理岩层，于孔深 442m—478m 发现累计厚度达 13m 的多层铅锌矿（化）体，其中 2 层单层厚度近 3m，两层大于 1.5m，3 层大于 0.5m，目估 Pb+Zn 品位可达 3-5%。

3、重大意义

就赋矿位置和矿化特征而言，上述验证矿体可以肯定的是榛子沟 289 矿体的北延隐伏部分，找矿意义重大：

(1) Zk07-2 孔的部署和成功发现下部含矿层的存在以及多层密集产出的浸染状—细脉状铅锌矿化，与南邻榛子沟矿区具有相同的控矿条件和矿化特征。可以预见，通过勘探工作，发现下一个“榛子沟式”矿化集中区是可能的和现实的；

(2) 榛子沟矿区存在多层矿化体，除 289 号外，尚平行分布有 2 号、320 号、321 号等层状、似层状矿体，规模大，延伸稳定，沿层间构造断续分布，形成一个成矿体系。显而易见，新岭区具有发现上述相应矿体和矿化体系的可能；

(3) 新岭区深部预测的成功突破，为相邻成矿背景、成矿条件相同、相似区域（如头道沟—三道沟、本山北等）深部找矿和勘探工作提供了指导性和方向性的经验，深部找矿前景广阔；

(4) 另外，由矿山匹配资金，我们在喜鹊沟矿区 30 线部署 5023 号钻孔，以控制 6404 矿体的北延，成功的在 560m 处获得穿厚 1.6m 的铅锌矿体，铅+锌品位 10.64%。可以预见，青城子深部找矿工作大有可为，前景光明。

五、体会和认识

结合项目一年来的运作过程和取得成果，我们认为：

1、危机矿山深部找矿是一项系统工程

危机矿山深部找矿工作是一个系统工程，包括了综合研究、方法技术和工程验证等几个重要环节。综合研究就是在大量地质资料（包括地质、物探、化探、勘查、科研和采矿）和实地调研基础上，客观总结控矿条件和成矿规律，建立预测标志，开展此基础上的成矿预测，圈定成矿有利地区（预测区、靶区），指出找矿空间区域。某种意义上，综合研究是深部找

矿的基础和关键，可能直接决定了工作的成败；深部找矿工作一个重要和必不可少的环节，就是具有“深穿透”能力方法技术，特别是物探方法和方法组合的有效应用，以获取深部可能存在矿化体信息，实现“矿化体”的空间定位。此阶段获得的示矿信息必须通过地质分析过程，以达到“去伪存真”，获取有用示矿信息；工程验证（钻探工程、坑探工程）是深部找矿的必由之路，是实现找矿的手段，同时也是对前述认识过程的验证、检验和补充完善。

2、青城子深部找矿前途光明

通过综合研究，我们认为，青城子铅锌矿是具有地层（建造）、构造和岩浆作用控矿属性的“多阶段复成因”沉积变质—热液型矿床，宏观上受控于青城子复式倒转褶皱体系。就相对深度和与构造关系，我们认为存在 3 个深部找矿空间：其一，深度：300-800m，构造位置：青城子倒转背斜转折端和正常翼。本项目在新岭、姚家沟深部验证工作的成功，证明认识是正确的，找矿空间是存在的；其二，深度 400-1000m，构造位置：青城子倒转背斜倒转翼。包括头道沟、大东沟、车岭沟等矿床产于此部位，工程控制较少，目前控制深度不足 400m。2006 年，矿山在榛子沟 330m 中段实施钻探验证（孔深 980m），证明倒转翼含矿建造延展连续，找矿空间存在；其三，深度 800-1500m；构造位置：青城子倒转向斜转折端及两翼。目前没有成型矿床。1997 年，矿勘部门在向斜核部实施深部试验钻探，钻孔深度 1200m，全部为大石桥岩组复杂碳酸盐岩—碎屑岩建造，具备了成矿的基本条件。

综合上述，我们认为，青城子铅锌矿具有深部找矿的有利条件，以综合研究为先导、新技术方法为支撑，加大找矿工作力度，实现深部找矿有效突破指日可待。

3、开展针对危机矿山的“攻深找盲”找矿工作，大有可为。

我们的理由很简单：危机矿山的即往成绩，反映出矿山处于有利成矿条件和成矿部位；大部分矿山经历了长期的勘探工作间断，后续资源难以为继；多数矿山地表勘探精度（大比例尺）和密度（钻孔密度）较大，但勘探深度、采矿深度和控制深度往往有限，找矿空间较大；大部分矿山都开展过研究工作，但多方面因素影响，成矿规律研究明显滞后，指导找矿工作有效性不高，必须加强；不断涌现的具有“深穿透”能力的技术方法，为危机矿山深部找矿提供了技术支撑和保证；危机矿山专项取得的系列找矿突破（如红透山铜矿），雄辩地说明“攻深找盲”的实效和前景。