Kiruna 型铁矿床基本地质特征和成矿环境*

Geology and Ore-forming Environment of Kiruna-type Iron Deposits

余金杰 毛景文
（中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037）
Yu Jinjie, Mao Jingwen
(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

摘 要 Kiruna 型铁矿床产于火山岩-深成岩地体中，以磁铁矿-氟磷灰石-阳起石三矿物共生为特点。本文介绍了 Kiruna 型铁矿床的分布和分类，其形成时代从古元古代到第四纪，时间跨度大。裂谷或岛弧内张性环境、碱性（尤其富钠）岩浆活动、不同级别或序次断裂构造发育是形成 Kiruna 型铁矿的必要条件。Kiruna 型铁矿成因主要有矿浆说和热液交代说两种看法。

关键词 Kiruna 型铁矿 形成条件 地质特征 矿浆和热液交代

Kiruna 型铁矿床最早指北瑞典的 Kirunavaara 矿床，后来的工作表明北瑞典 Kiruna 地区其他的矿床（Nukutusvaara, Haukivaara, Henry 和 Pekton 矿床）在成矿地质环境、矿床地质特征、矿床地球化学和成矿年代方面基本一致，因而把它们统称为 Kiruna 型铁矿。这些含磷灰石磁铁矿矿床位于古元古代富碱镁质（少量）到长英质火山岩（主要）中。其中，Kirunavaara 矿床储量最大，其矿体长度 4Km,平均厚度约 90m,高品位磁铁矿矿石约 2 千万吨（Cliff 等,1990）。过去 20 年来，在世界各地发现了一批 Kiruna 型铁矿床，其分布范围广，时代跨度大，具有许多共性，也有各自一些特点。本文对全球典型 Kiruna 型矿床的分布、矿床地质特征和成矿地质条件进行概略的介绍和对比。

1 Kiruna 型铁矿床的分布和类型

Kiruna 型铁矿床并不仅仅限于北瑞典，据现有资料，在世界范围内，一些重要的大型-超大型 Kiruna 型矿床分布地区包括：①美国密苏里南东 St. Francois 地体，矿床与中元古代粗面岩和正长岩有成因联系；②智利和秘鲁环太平洋褶皱带，包括 El Laco 铁矿、El Romeral 铁矿等，矿床形成于安第斯火山弧，矿带受控于区域性剪切构造，而矿体定位受区域性剪切构造引起的局部张性构造空间控制，主岩为中性火山-深成岩；③挪威南部 Softestad 矿床，主岩为中性火山岩和角闪岩；④土耳其 Avnik 地区，与古生代中性-长英质钙碱性火山岩形成密切相关；⑤伊朗中部 Bafq 矿集区，与始寒武纪碱性中-酸性火山岩有关；⑥加拿大西北 Great Bear 岩浆带，磁铁矿-氟磷灰石-阳起石的形成与古元古代浅变质的石英二长岩-二长岩-闪长岩有关（Hilderband 等，1986）；⑦长江中下游宁芜和庐枞盆地，矿床的形成与燕山晚期安山质陆相火山喷发和次火山岩体的侵入有关，以玢岩铁矿模式概况出它们的成因；⑧墨西哥 Durango 地区，矿床的形成与早第三纪陆相流纹质火山喷发作用关系密切。

Kiruna 型铁矿床分为 2 类：①矿体的容岩为中性-酸性火山岩，由铁矿浆侵入或喷出所形成；②矿床的形成与岩浆期后热液作用或与次火山岩体侵入有关，虽然矿床的围岩也为中性-酸性火山岩。

典型 Kiruna 型矿床地质特征见表 1。

显生宙裂谷和岛弧环境中 Kiruna 型矿床数量同元古宙一样多，表明 Kiruna 型铁矿形成时代跨度长，

* 本文由国家重大基础研究项目（编号：G1999043206）资助
第一作者简介 余金杰，男，1966 年生，博士，副研究员，从事矿床地质研究。

最老为北瑞典 Kiruna 地区，属古元古代成矿，而智利的 El Laco 铁矿与 1.6 Ma 安山质火山喷发有关。就矿石储量而言，显生宙 Kiruna 型铁矿矿石储量约 200 亿吨，而元古宙时期形成的矿石储量达到 400 亿吨（Frietsch 等，1995）。

2　Kiruna 型矿床地质特征和形成地质条件

2.1　矿床形成的构造环境

Kiruna 型铁矿床产于火山岩-深成岩地体中，以磁铁矿-氟磷灰石-阳起石三矿物共生为特点（Hilderband, 1986）。在北瑞典 Kiruna 地区，容矿火山岩的岩石学和地球化学揭示其形成于裂谷环境（Frietsch 等，1995）。加拿大西北 Great Bear 岩浆带和智利、秘鲁安第斯火山弧中分布有 Kiruna 型铁矿，它们产于火山弧环境，尤其与安山质火山喷发极为密切。区域性大走滑断裂的剪切作用引起的局部拉张空间为火山喷发和流体活动的定位场所（Bookstron, 1977）。Kiruna 型矿床矿集区位于区域性大断裂附近，破火山口为常见的容矿构造，断裂构造导致矿石侵入或喷出。

2.2　矿床形成与岩浆活动的关系

Kiruna 型铁矿床产于富碱的酸性-中性火山岩中，例如北瑞典和密苏里地区火山岩 Na_2O+K_2O 约 6%~11%（Frietsch, 1978），伊朗中部 Bafq 矿集区（Forster et al.，1994）、加拿大西北 Great Bear 岩浆带（Hilderband, 1986）、宁芜玢岩铁矿（宁芜研究项目编写小组，1978）同样如此。总体来讲，火山岩以富钠为主，有时钾含量也很高，但高含量的钾由次生（热液）蚀变所引起（Frietsch, 1978）。

2.3　成岩成矿时差

在北瑞典的 Kiruna 地区，成矿作用和蚀变作用，以及主岩的喷发均发生于 1880～1900 Ma 之间（Cliff et al.，1990；Romer et al.，1994），考虑到同位素定年的误差，岩浆热液成矿系统活动时间很可能小于 5 Ma（Cliff et al.，1990）。宁芜玢岩铁矿的成矿母岩辉长闪长（玢）岩的年龄约为 120～125 Ma（宁芜研究项目编写小组，1978），而钠长石化的年龄约为 123～125 Ma（余金杰等，2002），显示成岩成矿时差较小，表明两种成因之间存在着密切的联系。

2.4　热液蚀变作用的普遍性

在北瑞典 Kiruna 地区，铁矿体下盘发育强烈的钠长石化和热液蚀变作用。在加拿大西北 Great Bear 岩浆带，铁矿床周围有 1 km 宽蚀变晕，自岩体内向外，蚀变分带比较清晰，内带为钠长石化、中带为磁铁矿-磷灰石-阳起石脉和扁豆透镜体，角砾岩也很发育，外带由浸染状硫化物组成（Hildebrand，1986）。玢岩铁矿的蚀变分带被前人进行过深入细致的研究（宁芜研究项目编写小组，1978），在此不再赘述。

3　Kiruna 型矿床的成因

Kiruna 型矿床的成因争论仍然很大，概况起来有矿浆说、热液交代说和火山-喷流说，以矿浆说和热液交代说最为流行。

智利的 El Laco 铁矿为矿浆论者提供了最直接的野外证据，可直接观察到与 1.9 Ma 安山质火山作用有关的磁铁矿-磷灰石熔岩流的存在（Henriques et al.，1978）。Philpotts（1967）的实验表明闪长岩熔融体的不混溶作用可产生钛铁磷灰岩。对前喜马拉雅期矿床而言，矿浆论能解释许多矿床的熔浆结构以及矿体与围岩的突变关系，但不能合理解释一些 Kiruna 铁矿下盘广泛的钠长石化和蚀变作用，对铁矿常出现在（次）火山岩体的顶部也不能给出合理解释。

热液交代说恰好能说明部分 Kiruna 型矿床下盘钠长石化和热液交代作用的普遍性，但它不能解释矿石的熔浆结构以及矿体与围岩的突变关系。

基于 Kiruna 型铁矿床明显的“层控”或“层状”特征，以及矿石中层纹构造的出现，Parak（1991）倡导 Kiruna 铁矿的火山喷流沉积成因。对这一设想响应者甚少，因为矿浆论者认为层纹构造由矿浆流流动

所引起，应为流动构造。而热液交代论者认为层纹构造由热液交代沉积岩或火山岩所形成。

Lyons（1988）提出了 Kiruna 型铁矿的火山成因模型，该模型把破火山口中矿体分为两大类，一类为块状、层纹状矿体，另一类为破火山口通道中岩墙状矿体，它们均由铁矿浆沿破火山口贯入或喷出所形成。该模型对铁矿浆的理解认为由硅酸岩熔融体不混溶作用可分异出铁-磷矿浆和富挥发份（尤其 CO_2、Cl、F、H_2O）流体相两个端员组分。以此来解释矿体下盘的蚀变作用和矿石的熔浆结构。在国内，林新多（1999）认为宁芜盆地中凹山和陶村铁矿由矿浆-热液过渡性流体充填交代作用所形成，与 Lyons（1988）对铁矿浆的建议类似。由于人们对铁矿浆的物理和化学性质知之甚少，Kiruna 铁矿的成因出现争论就不奇怪了。

参 考 文 献

林新多. 1999. 岩浆-热液过渡型矿床. 武汉: 中国地质大学出版社. 33~78.

宁芜研究项目编写小组. 1978. 宁芜玢岩铁矿. 北京: 地质出版社.

余金杰, 毛景文. 2002. 宁芜玢岩铁矿钠长石 ^{40}Ar-^{39}Ar 定年及意义. 自然科学进展, 待刊.

Bookstron A A. 1977. The magnetite deposits of El Romeral, Chile. Econ. Geol., 72: 1101~1130.

Cliff R A, Bickard D and Blake K. 1990. Isotope systematics of the Kiruna magnetite ores, Sweden: part 1. age of the ore. Econ. Geol., 85: 1770~1776.

Forster H and Jafarzadeh A. 1994. The Bafq mining district in central Iran－A highly mineralized Infracambrian volcanic field. Econ. Geol., 89: 1697~1721.

Frietsch R. 1978. On the magmatic origin of iron ores of the Kiruna type. Econ. Geol., 73: 478~485.

Frietsch R and Perdahl J A. 1995. Rare earth elements in apatite and magnetite in Kiruna-type iron ores and some other iron ore types〔J〕. Ore Geology Reviews, 9: 489~510.

Henriques F and Martin R F. 1978. Crystal-growth textures in magnetite flows and feeder dykes, El Laco, Chile. Can. Mineral., 16: 581~589.

Lyons J I. 1988. Volcanogenic iron oxide deposits, Cerro de Mercado and Vicinity, Durango, Mexico. Econ. Geol., 83: 1886~1906.

Parak T. 1991. Volcanic sedimentary rock-related metallogensis in the Kiruna-Skellefte Belt of northern Sweden. Econ. Geol. (Monogr.), 8: 20~50.

Philpotts A R. 1967. Origin of certain iron－titanium oxide and apatite rocks. Econ. Geol., 62(3): 303~315.

Romer R L, Martinsson O and Perdahl J A. 1994. Geochronology of the Kiruna iron ores and hydrothermal alterations. Econ. Geol., 89: 1249~1261.