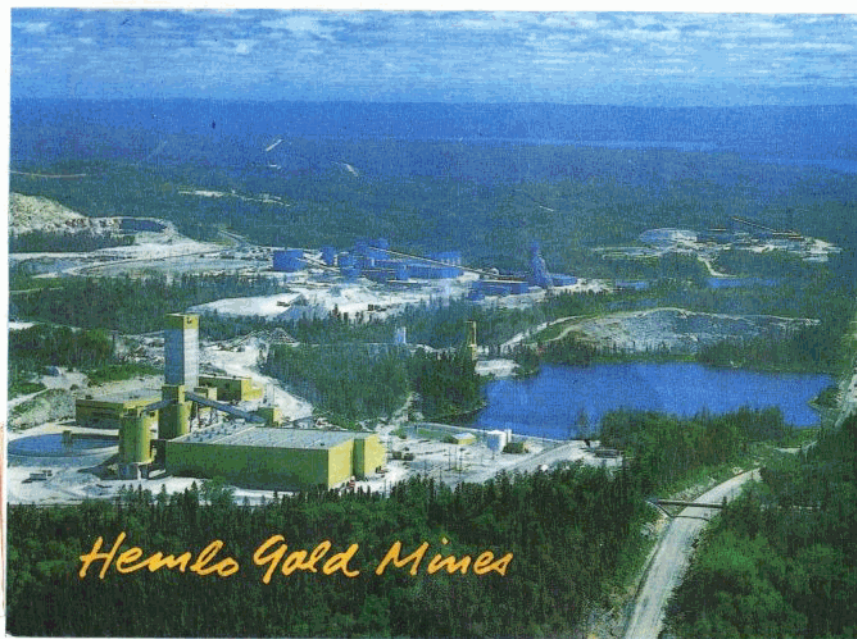


加拿大前寒武纪矿产地质 考察报告

地矿部赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组



PDG

加拿大前寒武纪矿产地质 考察报告

地矿部赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组

1993 · 武汉

【内容提要】1992年10月由湖北、山西、江西三地矿局组成的加拿大前寒武纪矿产地质考察组赴加拿大安大略省作了为期20天的考察。考察的主要对象是安大略省的太古代绿岩带和绿岩带金矿。所看到的绿岩带变质程度只达到绿片岩相,保留着全部原岩结构、构造。考察过的五个金矿床可分为三种类型,即:产于基性、超基性火山岩中的石英-方解石细脉型金矿、产于酸性火山岩中的绢云石英片岩型金矿和产于绿岩带内各种岩石的石英脉型金矿。加拿大的地矿工作体制上分为两大部分,一是政府系列,二是企业部分。政府地质工作分为中央、省、地方三级,其中省一级独立性最强。企业地质机构由聘请的地质学家组成。加拿大地质工作装备条件较好,计算机技术运用普遍。

加拿大前寒武纪矿产地质

考察报告

地矿部赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组

湖北省地质矿产局地质信息研究所编辑

(武汉市解放大道342号)

水文地质
湖北省 地图制印厂印刷
工程地质

1993年10月印刷

加拿大前寒武纪矿产地质考察综合报告

由湖北、山西、江西三省地矿局组成的加拿大前寒武纪矿产地质考察组一行5人，按照地矿部国际合作司的安排，在陈志强副局长率领下，于1992年10月15日至11月9日，在加拿大安大略省进行了为期20天的考察活动。考察期间受到加拿大安大略省北方开发与矿山部的热情友好的接待，全组成员团结一致，克服困难，顺利完成了考察任务，取得了较好的考察效果。现将考察情况综合汇报如下。

1 考察的目的和主要内容

这次考察的主要对象是加拿大安大略省的古太古代绿岩带和绿岩带金矿以及前寒武纪其它金属矿产。

安大略省前寒武纪地层是加拿大地盾的重要组成部分，其中发育有规模最大、连续性最好、研究程度最高的古太古代绿岩带和具世界典型意义的绿岩带金矿，有全世界独一无二的镍矿和许多大型、特大型多金属矿床。考察这些地区和矿床，对于开阔视野，正确认识前寒武纪矿产特征和成矿条件，促进三个省的地质找矿工作，特别是解决大别山和五台山及江西省的前寒武纪地质与找矿问题具有重要意义。

大别山和五台山分布着大片前寒武纪地层，也是全国找矿重点片之一。这些地区变质作用程度较深，构造、岩浆活动剧烈，贵金属和多金属矿化普遍，但前寒武纪地层的时代归属和原岩建造问题一直没有解决，地质找矿尚无重大突破，对于是否存在“绿岩型”金矿问题认识不一，找矿方向不明。因此，运用世界典型，借鉴国外经验，启

迪解决这些地区的地质与找矿问题，是这次考察的主要目的。

为了更有针对性地进行考察活动，出国前根据加拿大方面提供的考察路线方案，进行了必要的技术准备。我们较系统地学习了国内有关单位考察加拿大的技术资料，如1982年的绿岩带考察报告、1985年的金矿考察报告和1977年的铁矿考察报告以及北美前寒武纪地质资料等。各省考察成员还针对本省地质找矿情况，列出了需要考察解决的问题。

在加拿大期间的考察活动基本上是按照地矿部国际合作司与加拿大安大略省北方开发与矿山部预先拟定的方案进行的。野外考察工作从加拿大安大略省西部的凯诺拉开始，沿着横贯加拿大的17号高速公路，自西向东经过红湖、桑德贝、马拉松、蒂明斯、柯克兰莱克、萨德伯里等地区，终止于多伦多，全程约2000km。沿线考察了阿比提比等四个绿岩带、赫姆洛等八个矿床及其矿山和选矿厂；考察了安大略省地质调查所下属五个地区的分部，接触了许多地质学家和工程师；还参观了新建在萨德伯里的安大略省北方开发和矿山部大楼和所属地质调查所的办公机构。在多伦多应加拿大方面的邀请，我们在安大略省工程师协会作了题为“中国长江三峡工程的地质与地震问题”的学术报告，受到与会工程师们的好评。

整个考察活动是由安大略省北方开发与矿山部地质调查所所长约翰·伍德先生负责接待和安排的，全程分别由该部矿产开发主任R. C. (狄克) 贝汝德、地质学家B. R. 波尼和马克·斯密克、行政服务经理查尔斯·E. 卡特分程陪同。离开加拿大前夕，安大略省北方开发与矿山部助理部长邦办约翰·盖蒙先生和约翰·伍德先生从萨德伯里专程到多伦多，并邀请我国驻多伦多领事等为我们设宴饯行和赠送技术资料。整个考察活动都进行得非常顺利。

2 主要收获

2.1 技术方面

考察内容比较丰富。我们看到了北美地区最典型的阿比提比绿岩带以及瓦比古、尤奇、瓦瓦等绿岩带，并在这些绿岩带中见到了具重要标志意义的科马提岩；看到了世界巨大型的赫姆洛金矿床及其现代化矿井、自动化选矿厂；看到了北美洲最古老至今还是最大的黄金生产基地—蒂明斯矿山群及其典型矿床多姆和霍伊尔庞德，也看了红湖金矿田和多金属矿田及其碳酸盐型的坎贝尔、迪肯森大型金矿床和矿山、选厂；还看到超大型的萨得伯里镍矿、新发现的温斯顿锌铜矿和已经闭坑的古波特银矿及银矿城。在这些地区我们观察了大量自然露头 and 开采井巷，拍摄了许多照片，采集了各种标本，对考察区的地质环境和矿床地质特征有比较深刻的直观感性认识。

我国许多前寒武系区，由于变质程度深，混合岩化广泛，原岩很难恢复，对是否存在太古代绿岩带问题颇有争议。在这种条件下，有些人把“太古代”和“深变质”等同起来，把许多变质岩都归到花岗—绿岩带中去，所划出的绿岩带并没有明显标志，在这种基础上去寻找“绿岩型”金矿，效果是可想而知的。

我们在安大略省通过四个绿岩带的野外考察之后，对绿岩带的认识有了耳目一新的感受。这里看到的绿岩带是一套又一套由超基性、基性到中酸性甚至碱性的火山熔岩、火山碎屑岩和含有硅铁质岩在内的正常沉积岩构成的，旋回和韵律明显的火山—沉积建造。其变质程度只达到绿片岩相，保留着全部原岩结构、构造。如玄武岩的枕状构造、杏仁构造，流纹岩的流纹构造，火山岩的火山角砾构造，凝灰岩的熔蚀构造、沉积岩的层理构造、浊积岩的包卷构造等都仍然清晰可见。代

表地幔物质的科马提岩，可以在风化露头上看到鬣刺结构和结构的分带性以及玄武岩构成的旋回韵律。其绿岩时代的确定有着大量可靠的同位素年龄资料和确切的顶部界面。至于出现在绿岩带地区的花岗岩，虽然同是太古代，但大多数是后期侵入体，不同程度地破坏了绿岩带的完整性，并在接触带发育各种形态的混合岩。显然，这种混合岩的形成时代是晚于绿岩带的。这些典型特征告诉我们，鉴别太古代绿岩带要有以基性、超基性火山岩为基础的火山沉积建造和正确的同位素年龄数据以及与年龄值相一致的顶部界面关系。

通过对四个绿岩带的金矿考察，了解到绿岩带金矿或“绿岩型”金矿，实际上是分布在绿岩带上，成因与绿岩带有关的一系列金矿床。我们考察过的五个金矿床就有三种类型。第一种是产于基性、超基性火山岩中的石英—方解石细脉型金矿，其金粒细微，大部分赋存在毒砂和黄铁矿中，少量呈明金产出。金品位 $10\sim 30\text{g/t}$ ，采用重选—浮选—焙烧去砷的方法选矿，金的回收率可达 95% ，尾渣含金 0.0001g/t ，代表性矿床如坎贝尔金矿和肯迪森金矿。第二种是产于中酸性火山岩中的绢云石英片岩型金矿床，其自然金主要呈显微粒状，赋存于石英、长石、黄铁矿粒间，明金很少。矿石金品位 $10\sim 20\text{g/t}$ ，主要蚀变是硅化和黄铁矿化。采用全泥氰化和碳浆吸附法选矿，金的回收率达 96% ，浸渣品位 $<0.45\text{g/t}$ 。代表矿床是赫姆洛金矿。第三种是产于绿岩带内各种岩石中的石英脉型金矿，其中多姆金矿以石英复脉型为主，霍伊尔庞德金矿以石英单脉型为主。这两个矿床的矿石都是石英脉和含石英细脉的蚀变围岩。金矿物粒度粗，明金多，以裂隙金方式赋存于石英中，黄铁矿的含金性较差。矿石中金的分布极不均匀，矿体形态非常复杂，有的矿体地表品位 $2\sim 3\text{g/t}$ ，深部却增高到 50g/t 。这三种金矿虽然矿石类型不同，金的赋存状态不同，但成因都与绿岩带有关。绿

岩带金矿除了我们看到的三种类型以外，还有其它一些我们没有考察到的类型。所以绿岩带金矿或“绿岩型金矿”并不是单一成因类型的矿床，它包含多种成因类型和工业类型，是一组与绿岩有关的成矿系列矿床。

还应该特别提到的是，安大略绿岩带金矿的成矿作用始终离不开构造作用和热液活动。我们考察过的几个成矿区，都存在明显的构造断裂带，断裂带内的岩石强烈挤压破碎，发育各种蚀变和矿化，矿床就出现在这种构造带的某一特殊部位，矿体以热液交代或充填方式呈脉状、似层状、支叉状产出。至于成矿热液来源问题，有的矿区存在与成矿有关的浅成侵入体，有的矿区又并没有发现岩浆活动，对这个问题的解释，加拿大地质学家有不同意见。

除了绿岩带金矿以外，安大略省前寒武纪基性岩的成矿活动也相当普遍，萨德伯里超大型镍矿、古波特大型银矿、温斯顿特大型锌铜矿都与苏长岩、辉长岩有关。

2.2 地质工作方面

就安大略省考察所见，加拿大的地质矿产工作在体制上分为两大部分，一是政府系列；二是企业部分。

1. 政府地质工作系列：分为三级，中央一级为地质调查局。省一级为地质调查所，隶属于省的矿山部。地方一级为省地质调查所派出的办事机构，有叫“服务部”，有的叫“办事处”。其中省一级地质调查所的独立性最强。

省地质调查所派出驻地方的办事机构，是地质工作的基层单位，其主要任务是：承担各种比例尺的地质调查；开展专题性的地质、矿产研究；集中管理工作区的地质资料和岩心标本；为企业矿产勘查提供资料和咨询服务。这种机构人员少，工作条件好，除了有完好的野外

装备外，还拥有大批计算机和必要的岩矿测试设备。在这里任职的地质学家，必须具备综合性工作技能，承担一个工作项目的地质学家，要做各种工作。他们中的大部分人能完成从野外观察、取样、鉴定、计算机成图到编写地质报告直至交付出版的全部工作。办事机构的主要负责人对本地区的地质情况都很熟悉，对许多技术问题有自己的见解，他们随着资料和经验的积累，便变成了本地区的地质专家。

2. 企业地质机构是由各企业聘请的地质学家组成的，人员数量不定。最大的机构如萨德伯里铜镍矿山企业，拥有 400 名地质学家，最小的矿山也有三、四个地质学家。企业中地质学家的任务是，在已经勘查登记的范围内进行矿产勘查或矿山地质工作。他们利用矿山基建坑道布设地下扇形钻、追索圈定矿体，编制各种地质图件，指导采矿工作。矿产勘查结束后，要向矿管部门注销工作，并向地质调查所提交地质资料和报告。企业地质工作的实用性很强，不做学术性太深的研究工作，各项工作内容和成果要求，都根据企业的需要确定。

加拿大地质工作的装备条件比我国好，其中最突出的是计算机技术的普遍运用。这不仅节省人力，提高效率，也提高了工作质量和研究程度。比如一幅相当于一比五万的区域地质图，从原始资料整理到出版他们只需要三个月的时间；一个大型选矿厂每班只需要五个人操作仪表。这方面的先进性是值得我们学习的。

通过这次考察，我们体会到加拿大政府和人民对我国政府和人民非常友好、热情。加拿大安大略省北方开发与矿山部及其地质调查所，为我们的考察活动作了细致而周到的安排，提供了良好的工作和生活条件，并派出专人分程陪同，所到之处都有地质学家和工程师接待和介绍情况，伍德先生还专程乘飞机到蒂明斯矿区陪同我们考察矿井，各地区的地质办公室和矿山企业的技术人员都很真诚的向我们介绍情

况，赠送资料和标本，帮助我们深入了解地质情况，使我们顺利地完成了考察任务。

加拿大的地质学家和工程师们对中国地质情况很感兴趣，对长江三峡工程非常关心，他们中的有些人到过中国，很多人希望来中国考察，伍德先生说，他对中国有一种特殊的感情，非常热心于两国的交往。

3 建 议

1. 从市场经济的角度看，加拿大地质工作体制有许多先进方面可供我国正在进行的地质工作改革参考。

2. 计算机技术广泛应用于地质工作，已成为世界先进潮流，我们在这方面还非常落后，希望引起各方面的重视。

3. 我国已经先后派出过许多考察组，到世界各地考察绿岩带金矿，但缺乏归纳和总结，为了提高我国前寒武系地区的找矿效果，建议地矿部召开世界绿岩带金矿考察讨论会，对考察成果进行交流和总结。

以上汇报仅仅是考察结束后的初步小结。随后，我们将系统总结各种考察资料，测试标本、样品，最后写出考察专题报告。

赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组

组 长：陈志强 （湖北地矿局副局长）

组 员：罗定一 （江西地矿局副局长）

项尝培 （江西地矿局工程师）

包继忠 （山西地矿局 213 队总工）

李松生 （湖北地矿局主任工程师）

目 录

加拿大前寒武纪矿产地质考察综合报告	(1)
1. 考察的目的和主要内容	(1)
2. 主要收获	(3)
3. 建 议	(7)
加拿大安大略省太古代绿岩带金矿基本特征	(1)
1. 太古代绿岩带的主要特征	(1)
2. 绿岩带金矿主要特征	(8)
照片图版说明	(21)
《安大略地质》介绍	(22)
封面：赫姆洛金矿区全景	

加拿大安大略省 太古代绿岩带金矿基本特征

(地质考察专题报告)

地矿部赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组

1992年10月15日至11月9日,地矿部赴加拿大前寒武纪矿产地质考察组,在加拿大安大略省进行了为期20天的考察活动。考察的主要对象是太古代绿岩带和绿岩带金矿,同时参观了与前寒武纪基性侵入岩有关的铜镍矿、铜锌矿和银矿等。考察结束后,在北京进行了初步总结,并编报了《加拿大前寒武纪矿产地质考察综合报告》。为了让更多的人了解北美地区绿岩带金矿的现状,也为了促进大别山和五台山地区的地质找矿工作,现进一步将考察收获归纳成文,供读者参考。

考虑到近十几年间我国前往加拿大考察的人很多,有关加拿大地质和矿产情况的报导已经不少,因此本专题报告仅着重介绍与考察内容有关的典型地区、典型矿床和典型地质现象。

1 太古代绿岩带主要特征

自1965年北大西洋国家地质会议提出太古代绿岩带概念以来,绿岩带已成为世界前寒武纪地质的重要研究内容和寻找大型、超大型金矿的明显目标。许多国家的研究成果表明,太古代绿岩带存在于世界各大洲,具全球意义。权威人士认为,世界上研究程度最高的南非巴伯顿绿岩带是“双峰态型”绿岩典型,加拿大苏必利尔构造省的绿岩带是“钙碱型”绿岩典型。我们在加拿大考察的,正是苏必利尔构造省西部的绿岩带。

苏必利尔构造省是北美地台加拿大地盾的七大构造省之一(图1)。它位于加拿大地盾南部,横贯魁北克省和安大略省,面积2600000km²,周边以断裂与其它构造省接触。这个构造省的太古代地体,分布面积最大,时代最老,其火山—沉积岩年龄2700~2800Ma,花岗岩年龄2500~2600Ma。构造省内划分为十个构造亚省,其中的五个亚省存在绿岩带,这五个构造亚省自北而南如:萨奇戈亚省、尤奇亚省、瓦比贡亚省、瓦瓦亚省和阿比提比亚省等。各个亚省的太古代绿岩与太古代花岗岩并存,相互混杂组成花岗岩—绿岩带。绿岩在花岗岩包围中,就象茫茫大海中的船舶,只有那些相对聚集并保持一定连续性的地段才是绿岩带。根据加拿大1992年出版的《安大略地质》介绍,苏必利尔构造省在安大略分布的绿岩带有30多个,各个亚省的绿岩带数量如表1所列,其分布情况见图2。每个绿岩带还按照岩石类型进一步划分岩性组合,如瓦瓦构造亚省的伽米塔伽玛绿岩带划分为伽米塔伽玛变质火山岩组合和伽干套变质沉积岩组合等。

阿比提比绿岩带是苏必利尔构造省中规模最大,连续性最好,发育最完整,研究程度最高的绿岩带。该带全长750km,面积96000km²,在安大略省内长300km,被公认是“钙碱

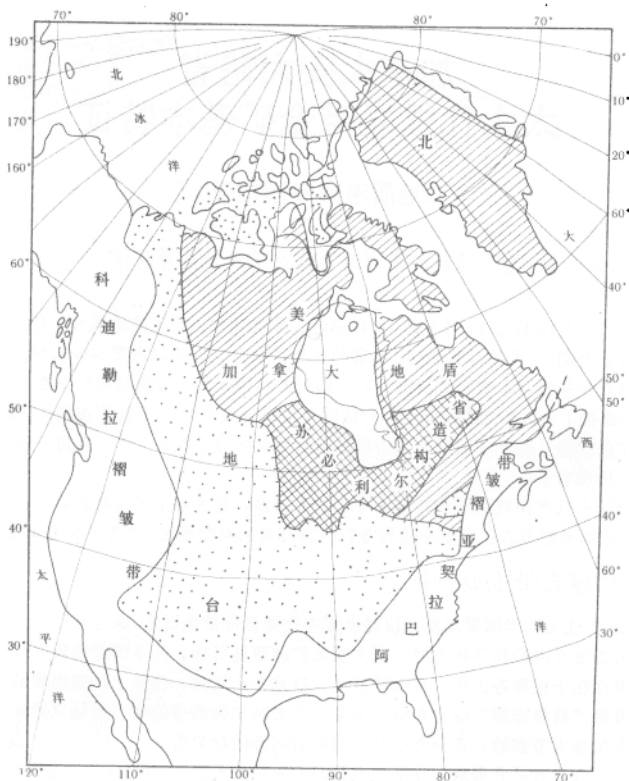


图1 北美地台加拿大地盾略图

表1 各亚省绿岩带数量

构造亚省名称	萨奇戈	尤奇	瓦比贡	瓦瓦	阿比提比
花岗岩—绿岩带数量	1	1	1	1	1
绿岩带数量	13	7	3	7	3

型”绿岩的典型代表。这个带的北部有蒂明斯——波丘潘金矿带，南部有科克兰莱克金矿区。瓦瓦省诸绿岩带主要分布于安大略省，其西南一角延入美国，加拿大巨大型赫姆洛金矿和温斯顿锌铜矿就出现在这个带上。瓦比贡亚省诸绿岩带夹于两个沉积变质岩区之间，有横贯全国的17号高速公路从这里通过，公路沿线可供观察的人工露头甚多。尤奇亚省和萨奇戈亚

省的绿岩带分布面较宽，但单个绿岩带的规模较小，连续性较差，绿岩带内多有花岗岩贯入(图 11)。

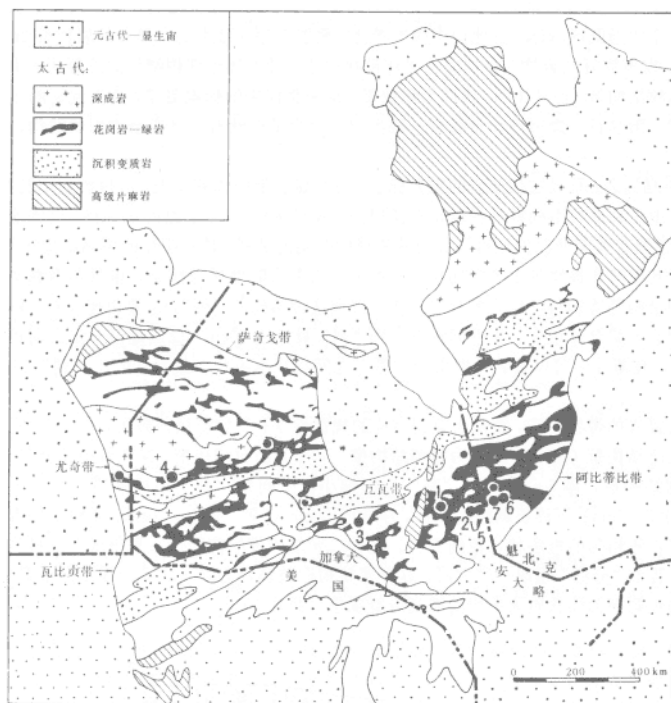


图 2 苏必利尔构造省绿岩带分布图

1. 蒂明斯金矿区; 2. 柯克兰莱金矿区; 3. 赫姆洛金矿区; 4. 红湖金矿区; 5. 拉尔德莱金矿区; 6. 瓦尔多金矿区; 7. 马拉蒂克金矿区。

一般认为，苏必利尔构造省的绿岩带，主要由镁铁质、安山质、流纹质火山岩和各种沉积岩，特别是硬砂岩、硅铁质岩等组成。这套太古代火山沉积建造，在北美地台分布最广，具有特定的层位，特殊的岩性、构造，特有的成矿专属性，其特征如下。

1.1 岩性特征显著

没有到过加拿大的人可能难于想象苏必利尔构造省的绿岩面貌，对这套被称为地球上最古老的火山岩系感到神秘。长期在深变质岩区工作的人，也可能对典型绿岩的原岩恢复存在几分猜测。然而，实际情况出乎所料，当我们见识了那里的绿岩之后，对北美太古代绿岩带

的认识,有了耳目一新的感受。苏必利尔构造省的绿岩的确变质得很浅,一般只达到绿片岩相,绿岩地层中的火山岩和沉积岩都保持着清晰的原岩结构和构造。在区域上绿岩带连绵分布,展现出海相火山沉积的壮观景象。绿岩带中几类主要岩石的特征如下:

1. 玄武岩:是绿岩带的基本岩石,分布面广,厚度大,枕状构造发育。风化后的岩枕呈一个挨一个的椭圆形球体、在地层中鳞次栉比,叠置有序(照片1),最大的岩枕长3m,最小的10cm。发育完好的岩枕,在切面上显环带状构造,最外环为细粒结构的冷凝边,中间环是杏仁状球粒结构带(照片15),核部为粗粒带。从采集回来的标本鉴定,变玄武岩的主要矿物为透闪石、阳起石、黝帘石、斜长石、绿泥石,含少量白钛石,具变余交织状结构,变余球粒结构。

2. 科马提岩:是太古代绿岩的重要标志,各个绿岩带中都有发现,但规模远不及玄武岩。我们考察中见到最典型的科马提岩是在汤锡普、蒂明斯 and 17号公路的施赖特。这些地区的科马提岩,正象有关南非巴伯顿科马提岩的资料中介绍的那样,具有明显的鬣刺结构和带状、层状构造。其中阿比提比带上的汤锡普科马提岩露头是国际地质考察点,很具典型意义。

鬣刺结构是鉴别科马提岩的重要标志,表现这种结构的“刺”,主要由橄榄石、辉石或变质后的阳起石集合体组成。在手标本中这种“刺”最长达20cm,成簇地沿一定方向相互倒置(照片2),在薄片中可以见到,厚板状“刺”之间出现羽毛状、放射状的小“刺”(照片13、14)。

科马提岩的带状构造,表现为鬣刺结构的规律性变化。如汤锡普露头,在一个“分层”中有上下两个结构带(图3),上部为鬣刺结构带,下部为团粒结构带。鬣刺带中又分三个亚带,顶部细刺结构带,厚5~20cm,“刺”少而细小;中间短“刺”结构亚带,厚10~20cm,“刺”长0.5~3cm;下部长刺结构亚带,厚30~50cm,“刺”长5~20cm。团粒结构带的矿物呈短柱状,不均匀的板块状,粗细不均。这种二元结构带的韵律性重复出现构成科马提岩的“分层”,若干“分层”组成一个大层。这种层状构造被解释为同一次火山喷发的节奏性溢出,而带状构造则视为镁铁质火山岩的海底冷凝现象(照片5)。

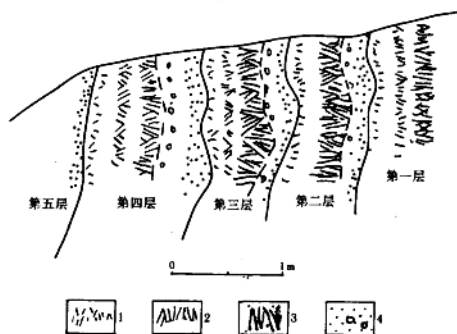


图3 汤锡普科马提岩的带状、层状构造

1. 细刺结构; 2. 短刺结构; 3. 长刺结构; 4. 团粒结构。

苏必利尔型科马提岩的化学成分与巴伯顿科马提岩相比, $\text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3$ 的比值偏低, 一般 <1 , 我们测试了从瓦瓦绿岩带施赖特露头上采回的科马提岩样品, 其化学成分如表 2。这个样品的 $\text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3$ 比值为 0.7, 应属于玄武质科马提岩。

表 2 科马提岩化学成分

SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO
48.22%	11.75%	0.67%	2.18%	9.14%	8.32%
MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	H_2O^+
13.26%	0.18%	1.79%	0.17%	0.065%	4.24%
S	Au	CO_2	Cr	Co	Ni
0.02%	1.3ng/g	0.13%	1040 $\mu\text{g/g}$	61 $\mu\text{g/g}$	302 $\mu\text{g/g}$

蚀变后的科马提岩有两种表现。一种是经过区域浅变质作用后的科马提岩, 普遍地变质成为“绿岩”, 其橄榄石、辉石等原生矿物被阳起石、绿泥石等变质矿物所取代, 但残余结构尚存(照片 14)。另一种是经过热液蚀变的科马提岩, 可能局部地被交代成“绿色碳酸盐岩”, 其原生矿物, 或区域变质矿物被白云石和菱镁矿所交代, 亦可发现不明显的变余结构。对于前者, 已众所公认, 后者则多有争议。

3. 流纹岩: 是绿岩带中镁铁质火山岩的配套岩石, 现已变质成长英质片岩。其矿物成分以钾长石、石英为主, 片状矿物不多, 具霏细状结构、压碎结构和流纹构造, 其长石与石英集合体呈定向排列。

4. 火山角砾凝灰岩: 夹杂于各种火山熔岩之间, 成层性较好。角砾的成分很杂, 包括各种火山熔岩和沉积岩, 砾石的规模不等, 最大的直径达 1m。胶结物为绿泥石、石英、长石等(照片 8)。

5. 硅铁质岩: 是绿岩地层不可缺少的组成, 也是绿岩层位对比的重要标志层。它包括阿尔戈马型铁矿和含铁绢云石英岩等, 主要矿物为石英、赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿等, 次要矿物为绢云母、绿泥石、黄铁矿。具显微花岗岩变晶结构和条带状构造, 条带中清晰地表现出硅质和铁质交替沉积的微细层纹构造。

6. 浊积岩: 我们仅仅在科克兰莱克地区参观了浊积岩。这种岩石在露头上可以看到包裹层理。薄片观察中见主要矿物石英、长石、绢云母、绿泥石, 具变余粉砂结构, 不等粒结构, 分选性差, 含大量岩屑(照片 16)。

1.2 地层层序分明

据加拿大资料, 苏必利尔构造省的太古代绿岩地层, 具有完好的层序和韵律。这套地层总厚度 11~18km, 分为上、下两大部分, 或两个“超群”, 或两个大组, 实际上也就是两大火山沉积旋回。在安大略, 下部地层或下超群称罗组, 其底部为科马提质玄武岩、流纹岩、火山角砾凝灰岩, 顶部为硅铁质岩, 硅质岩中出现阿尔戈马型沉积变质铁矿。上部地层或上超群称为提斯特组, 其底部有浊积岩, 下部为科马提岩和拉斑玄武岩, 中部安山岩、流纹岩, 上部沉积碎屑岩。这两大组的层序基本相同, 都从镁铁质火山岩开始, 沉积岩结束。但提斯

特组的科马提岩比罗罗组的科马提岩发育而且稳定,在区域地层对比上具有标志意义。如蒂明斯地区,⁹依靠科马提岩作标志层,查明了矿田构造轮廓(图7)。而罗罗组的硅铁质岩又比提斯特组的硅铁质岩发育和稳定,而且经常出现阿尔戈马型铁矿,也是区域地层对比的主要标志层。整个绿岩地层的内部经常出现正常沉积夹层(照片12),致使大的火山沉积旋回增添频繁的次级韵律,正是这种韵律才体现出绿岩地层的层状构造。

然而绿岩地层到底有多厚,各个绿岩带之间地层的可比性又如何,并不是一件非常清楚的事。正如K. Condie在《太古代绿岩带》一书中所说的,太古代绿岩地层研究工作面临着以下难于克服的困难:(1)剖面经常是等斜褶皱,难于恢复地层层序;(2)地层岩组因变形和火成作用而加厚、变薄,或整个从剖面中消失;(3)岩性类似,特征标志层少,在构造或火成岩不连续区,地层难于对比;(4)露头常常很差。因此,各地绿岩地层的厚度数据,很大程度上是估计的,出入较大,对整个苏必利尔构造省绿岩层序的认识,也有很大的推断性。

1.3 呈向斜构造形式

从加拿大地质图和安大略省各地区的中比例尺地质图中反映出,绿岩带比较稳定的地段,多呈向斜或向形构造形态,有的可以从向斜两翼找到对应的地层或岩石。但有的地段由于岩相变化大,给地层对比和构造判别带来一定困难。关于向斜的形成原因,存在多种解释。一种意见认为,向斜由绿岩地层褶皱所致,风化作用只剥蚀了背斜部分,向斜中的绿岩地层被保存下来。另一种意见认为,向斜地区原先就是一个火山盆地,这个向斜盆地控制了绿岩的形成。然而绿岩带构造比想象的要复杂得多,这两种解释都难于正确回答绿岩形成的具体条件,现在说绿岩带分布于向斜构造,仅仅是对现象的描述而已。

1.4 时代归属确切

世界公认苏必利尔构造省绿岩带的形成时代为太古代,其主要依据有二,一是同位素年龄,二是地层接触关系。前者如图4反映的,各地绿岩的年龄值多集中在2800~2700Ma区间,少数2900~3000Ma,表明绿岩地层的主要形成时代是晚太古代。后者如图5、照片7反映的,在瓦瓦绿岩带剖面上,不整合面以下的绿岩地层2700Ma,并已混合岩化,其上覆地层未经变质,为元古界砂岩、灰岩、辉绿岩,年龄值2200Ma。这种接触关系可以正确地判别出下伏绿岩地层属于太古代。又如图6和照片6反映的阿比提比绿岩带露头,其不整合以下是绿片岩相的枕状玄武岩,同位素年龄值2700Ma,上覆砾岩未变质,同位素年龄值1900Ma,属元古界阿曼组。不整合面上还有0.5~1m厚的古风化壳。这种接触关系也证明下伏绿岩属太古代无疑。

1.5 花岗岩与绿岩呈伴生关系

苏必利尔构造省各花岗-绿岩带中,花岗岩与绿岩的关系比较复杂,两者之间有的呈断裂接触,有的呈侵入接触,也有的呈不整合接触。我们考察的地区,所见的主要是断裂接触和侵入接触关系。其中断裂接触者很难判别两者先后关系,呈侵入关系者,接触带发育宽阔的混合岩。(照片10、11)。这种关系与图4所标出的,深成岩年龄值<2700Ma的情况相吻合,说明绿岩分布区大多数花岗岩的侵入时代虽属太古代,但晚于绿岩。据加拿大资料介绍,早于绿岩的花岗岩基底确有存在,但出露不广。

苏必利尔构造省太古代绿岩带的上述特征告诉我们,这里的绿岩地层,是一套又一套由超基性、基性到中性甚至碱性的火山熔岩火山碎屑岩和含有硅铁质岩在内的正常沉积岩构成的,旋回和韵律明显的火山-沉积建造,经受区域变质作用后,其变质程度只达到绿片岩