

山西地质 SHANXI GEOLOGY

太古宙绿岩带与矿地质

译文集



1987增刊1



山西省地质矿产局主办

山西地质

SHANXI GEOLOGY

增刊 1

太古宙绿岩带金矿地质

译 文 集

山西省地质科学研究所

地质矿产部情报所

译

山西省地质矿产局主办

山西地质

SHANXI GEOLOGY

1981年第1期

内 容 提 要

本译文集是山西省地质科学研究所与地质矿产部情报所进行绿岩带金矿地质调研时译出的52篇文章中精选而成的。主要内容为绿岩型金矿的找矿地质环境、类型划分、成因模式、时空分布与控矿因素、典型矿床特征、硫同位素组成和勘查标志等。资料丰富，内容新颖，覆盖面广。基本反映了有关绿岩型金矿地质、最新研究现状和发展趋势。有一定的理论深度和较强的实用价值。可作为从事前寒武纪地质和金矿地质研究、资源勘查和教学参考书。

地质部地质研究所编

地质部地质研究所编

山西地质研究所编

序

黄金不仅是一种贵重的金属材料，而且也是国际贸易的“自由外汇”，是硬通货。其储量与产量直接影响着各国经济的发展和在国际上的实力地位，因此，各国均很重视黄金地质工作。

自从党的十一届三中全会以来，我国政府非常关心和重视黄金地质工作，因此，这项工作取得了很大进展。不仅发现了一系列中、大型金矿床，而且还突破了一些新的金矿类型和世界级的大金矿，兴起了全国性的找金和采金热潮。

为保证国民经济持续稳定地发展和经济体制改革的顺利进行，对金矿地质工作提出了更高的要求。为使金矿储量有更快和更大幅度的增长，学习和借鉴国外有关新的金矿成矿理论、了解典型矿床勘查经验，突破新类型、开拓新领域，将是当前金矿地质工作的重要环节。

八十年代以来，世界范围内相继发现了六个大型或特大型金矿床，使黄金储量发生了巨大的变化。由此可见，新地区和新类型的突破，新技术、新方法、新理论的应用将是黄金储量增长的重要环节。从金矿储量的分布来看，产在早前寒武纪地盾区的金矿（绿岩型和金-铀砾岩型），约占世界金矿总储量的70%；从金矿产出的地质环境与含矿岩系来看，产在太古代绿岩带中的金矿占有极为重要的地位。国内外的地质工作实践证明“太古代绿岩带即金矿带”。

为适应我国金矿事业的发展，为配合我省金矿勘查工作的布署，加快五台山—恒山地区绿岩带金矿勘查和研究工作的进展，山西省地质科学研究所和地质矿产部情报研究所于1986年开展了专题绿岩带金矿情报调研。在此过程中，针对1980~1986年国外绿岩带及其金矿的新资料进行了了解与翻译，现择其重要者予以出版，使其得到更广泛的应用。我们想通过这些资料的介绍，对我国太古代绿岩带的研究及金矿勘查起到促进作用，把绿岩带金矿地质工作提高到一个新水平，努力实现新的金矿类型的突破。

山西省地质矿产局总工程师 陈 平

1987年9月

目 录

序.....	陈 平 (i)
太古宙绿岩带的含金性.....	Г. В. Ручкин Ю. Н. Дерюгин (1)
绿岩带的含金性.....	Ю. В. Попов В. М. Чайка (17)
从花岗岩-绿岩区的演化看太古宙成矿组合的空间和时间变化 —— 以西澳 大利亚地盾为例.....	D. I. Groves W. D. Batt (46)
绿岩带脉金矿床的若干主要特征 (摘要)	R. W. Hutchinson J. L. Burlington (63)
苏必利尔、大奴湖和丘吉尔三个构造区的成矿特征比较	J. M. Franklin R. I. Thorpe (64)
加拿大魁北克省西北部布斯凯地区金矿床的地层分布及成因	R. I. Valliant R. W. Hutchinson (98)
安大略省西北部的金矿床.....	C. E. Blackburn D. A. Janes (115)
加拿大希班多文带的金矿化及其与区域变形形式的关系 (摘要)	G. M. Stott, B. R. Schnieders (133)
长英质侵入体对金矿化作用的意义.....	S. Marmont (134)
对大奴湖构造区表壳岩系的观察结果和推断.....	W. A. Padgham (146)
西澳大利亚太古宙热液金矿床分布的控制因素.....	D. I. Groves (163)
太古宙绿岩带金矿化的成因特征.....	Н. Н. Красников (184)
津巴布韦太古宙金矿床的地质环境.....	R. P. Foster J. F. Wilson (191)
澳大利亚和津巴布韦太古宙金矿化的硫同位素组成和成因	I. B. Lambert G. N. Phillips and D. I. Groves (215)
太古宙阿伯特比绿岩带多姆矿山的贵金属热液蚀变及分布模式 B. J. Fryer等 (226) 加拿大安大略省雷德莱克地区坎贝尔雷德莱克和迪肯森矿山金矿化的 环境 (摘要与结论)	P. J. Mac Geehan等 (246)
加拿大地盾苏必利尔构造区“仅产金”矿床的地质特征 (摘要)	C. J. Hodgson P. J. Mac Geehan (248)
对卡尔古利金英里矿床地质的新认识.....	S. A. Tomich (250)
含铁建造-金的伴生关系: 获自加拿大杰拉尔顿地区的证据	A. J. Macdonald (261)
巴西米纳斯吉拉斯州拉波斯金矿山的地质特征.....	C. E. Tolbert (270)
加拿大魁北克省阿格尼科-伊格尔金矿床地质.....	E. S. Barnett等 (282)

太古宙绿岩带的含金性

Г. В. Ручкин Ю. Н. Дерюгин

一、前 言

在地质文献中被称为表壳岩带、片岩带或金矿带的绿岩带，是典型的早前寒武纪地质构造。这些线形的向斜构造或向形构造分布在最古老的花岗片麻岩原大陆范围内，构成近平行的体系或成串出现，在世界上所有的地盾区和大陆上均具有相同的结构。

绿岩带是由沉积-火山岩层构成的，超基性、基性和酸性熔岩在其中呈顺序性交替出现，这种交替现象有时在剖面中多次重复。构成火山旋回的产物位于绿岩带地层剖面下部，其中主要是超基性和基性的高镁和低钾（“原始的”）火山岩，其次是酸性成分的火山-沉积岩和火山岩，这些主要的火山岩是科马提岩建造的派生产物。构成绿岩带的大部分岩石组成连续式（玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩）和双峰式（玄武岩-流纹岩）的建造，它们属于钠质岩系的拉斑玄武岩系列。在所有建造的组成中通常在数量上居于次要地位的是高镁超基性和基性岩体-科马提岩体。绿岩带剖面以陆源建造告终，其中有时含有次碱性火山岩。

大多数绿岩带遭到低级变质作用，不过，某些绿岩带的变质程度可达到角闪岩相和麻粒岩相。

目前，对绿岩带本质的看法有几种不同的观点。本文不准备对此进行讨论，作者继某些研究人员之后，同意绿岩带的裂谷机理形成观点。

金矿在许多地盾区构成了相当大的工业性聚集，可以被认为是绿岩带的标型矿产。图1示出了集中于绿岩带中的黄金产量在世界黄金总产量中所占的比例。据 E. M. 涅克拉索夫等人的资料，世界各地至1980年共生产黄金80000t(吨)左右，其中从太古宙和太古-早元古宙绿岩带中开采的黄金为13000t，几乎占这一漫长时期的开采量的16%。如果不考虑威特沃特斯兰德这一独一无二的矿床的产量的话，则在绿岩带中所开采的黄金在数量上占30%左右。目前，从绿岩带杂岩中开采金的国家主要是加拿大、澳大利亚、津巴布韦、印度、扎伊尔。巴西也可大致属于这类国家，有关巴西的资料很少。以前在坦桑尼亚、圭亚那、肯尼亚、“南非共和国”和博茨瓦纳的绿岩带中也开采过黄金。

本文对最新的一些资料进行了综合整理，这些资料摘自苏联和其它国家有关绿岩带杂岩含金性的文献，在此基础上提出金矿化就位的某些规律性。

必须指出的是，近年来在一系列文献，特别是由 E. M. 涅克拉索夫对古老金矿所提出的详尽的综述性文章中，再次指出，在具有工业意义的金聚集现象的分布方面，起主导作用的是绿岩带变质阶段后发育形成的不同规模和不同类型的构造。本文作者承认这种理论是正确的，同时强调，要注意金矿化对构成绿岩带的一些一定类型的岩石建造的专属性。这种认识可以更深入地理解，在大多数对金起聚集作用的区域性断层构造的背景下，局部出现的古老金矿化作用所形成的工业性聚集现象的规律性。

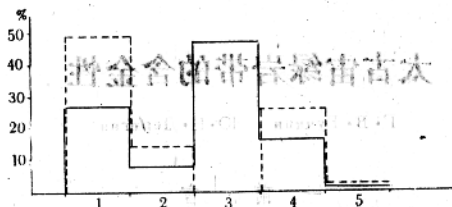


图1 根据含金区域基本构造类型绘制的金的储量分布柱式图解

实线和虚线分别表示包括或排除威特沃特斯兰德矿床的储量后的情况。1. 地盾区的大古宙和大古—早元古宙绿岩带；2. 古老地台；3. 古老地台的盖层构造（含金砾岩）；4. 盆地槽带；5. 盆地槽带。

二、世界古老地盾区太古宙绿岩带含金性的一般特征

集中了绿岩带金矿的主要储量，并进行着大规模开采的典型含金绿岩带，是南非、坦噶尼喀、印度半岛、西澳大利亚和加拿大等地盾的绿岩带。据近年来的报道，在中朝地台和华北地台以及巴西地盾和圭亚那地盾范围内的变质沉积—火山杂岩中也产有金矿床，这些杂岩可能相当于绿岩带杂岩。但是，所发表的有关这些地区的资料很少，而且也没有代表性，因此本文不可能加以利用。

（一）南非地盾绿岩带的含金性

目前，在南非地盾范围内已查明有4000多个金矿，该地盾被林波波活动带分割成卡普瓦尔和津巴布韦（罗德西亚）两个克拉通。每年产金0.3t以上的大多数矿床为罗德西亚克拉通的绿岩带金矿（图2）。实际上占据了罗德西亚克拉通全部地域的津巴布韦，十九世纪七十年代每年生产了15.6~18.6t的黄金；估计它的总储量为800t，其中的500t具有开采意义。占据了卡普瓦尔克拉通地域9%左右的绿岩带的金矿大都是些小矿。例如，1963年以前从巴伯顿绿岩带中已知的274个金矿中共生产了175t黄金，其中的72%是从三个矿山开采的，这三个矿山是：谢巴矿山、康索特矿山和费尔维尤矿山。

在整个绿岩带地层剖面中均出现有金矿化现象，但主要的金矿床赋存于剖面下部——翁弗瓦赫特群（卡普瓦尔克拉通）和塞巴奎群（罗德西亚克拉通）中。这些地层单位是由枕状玄武岩和科马提岩构成的，它们含有含铁石英岩、硅质岩和酸性火山产物的夹层。

根据矿体的产出环境和形态特征可划分出下列金矿化类型：

- 1) 脉型，在火山岩和火山—沉积岩中呈硫化物—石英脉、网状脉和硅化片理化带产出。
- 2) 层状类型，产于条带状含铁石英岩中。
- 3) 细脉—浸染型和浸染型，矿化顺层分散于沉积岩和火山—沉积岩中。
- 4) 硫化物—石英脉型，产于基底花岗岩片麻岩的内、外接触带中。
- 5) 硫化物—石英脉型，产于石英二长岩、石英闪长岩和二长岩岩株中。

6) 此外, 金还产于黄铁矿型矿床的次生富集带内, 但这种矿床本身并不富含金。金还产于含金砾岩之中。

脉型矿床的工业意义最大。津巴布韦黄金开采量的50%以上来自这种类型的矿床。津巴布韦的此类矿床的典型实例有: 格洛布-费尼克斯矿床、戈尔登-巴利矿床、瑟普赖斯矿床、卡姆-莫托尔矿床; “南非共和国”的这类矿床有: 格雷夫洛特、韦斯特盖尔、“联合”、杰克、埃斯特林、施泰纳多里。脉型矿床通常赋存于狭窄的地层层段内, 其中大型矿体多分布在以高镁的基性和超基性火山岩为主的双峰式火山岩层中。从这一情况来看, 卡姆-莫托尔矿床是非常具有代表性的。该矿床赋存于酸性火山岩和沉积岩相互交替的厚度不大(300m左右)的层段内, 该层段在基性火山岩发育区延续长度为4km左右。

层状类型矿床明显地赋存于塞巴奎群的科马提岩建造岩石中的含铁石英岩岩层内。这种矿床主要出现在关达(武巴契奎)、布拉瓦约、米德兰兹(贾伊内特)、乌姆塔利(纳尔迪)、马沙巴等绿岩带中。金矿化与含铁建造的碳酸盐相和硫化物相岩石有关。硫化物是毒砂、黄铁矿和磁黄铁矿, 它们在含铁岩石中构成厚几毫米和几厘米的薄夹层。由含铁石英岩、硅质岩、铁质灰岩、含硫化物泥质板岩和基性凝灰岩互层构成的含金岩层的厚度达5m, 其本身又与较厚的基性和超基性岩呈互层产出, 金成矿现象在上述地层层位范围内沿走向延伸达10km或更多一些, 其中出现少许间断现象。

一系列矿床的金矿化作用伴随有达到工业要求的铜、铅和银含量。例如, 在纳尔迪矿山中, 层状方铅矿-黄铜矿-磁黄铁矿-黄铁矿矿石矿物组合构成硫化物矿层, 赋存于泥质含铁石英岩变种中, 这种矿层从下向上逐渐过渡为含金的含铁石英岩。

细脉-浸染状、浸染状和顺层分散状金矿化现象(沙姆瓦、斯坦多普等矿床)赋存于厚度为5-70m的硅质、钙质和铁质的泥质页岩和层凝灰岩岩层中, 它们与塞巴奎和布拉瓦约岩系的火山岩呈互层出现。

上述金矿化类型常以不同的比例同时出现在同一矿床范围内。R·E·P·弗里普认为, 卡姆-莫托尔矿床是这种组合现象的典型实例, 在该矿床中, 与火山-沉积产物中的浸染状黄铁矿和毒砂有关的金矿化, 与典型的石英脉切割体有伴生关系。顺层矿化现象与脉状矿体不同, 所含的黄铁矿比毒砂多, 另外还有碳, 大量的碳酸盐和一些铜和锌的硫化物。含铁石英岩中的层状矿床中也出现有脉状类型和顺层分散型矿化的组合现象。石英脉型矿体或分布在含铁石英岩层范围内, 或切割它而进入变质火山岩围岩中。

至于其它类型的矿化作用, 则应指出的是, 它们所形成的矿床的规模均不大(基底片麻岩中的霍恩和道布尔-克劳恩(Дабл-Краун)矿床; 晚太古宙正长岩岩株中的格伦-黑格(Глен-Хайх)矿床)。它们是少数的几个同时也切割了周围变质火山岩的含金硫化物-石英矿脉、矿脉系和矿脉网。

(二) 坦噶尼喀地盾绿岩带的金矿性

坦噶尼喀地盾位于非洲大陆的中部, 包括坦桑尼亚、扎伊尔、乌干达和肯尼亚等国的部分地区。含金绿岩带(姆万扎、木索马、伊兰姆巴-塞肯凯、米戈里)和不含金绿岩带都是由尼扬兹(Ньянз)超群、东基巴利群和多多马群的表壳岩构成的, 这些表壳岩是典型的绿岩带火山岩和火山-沉积岩杂岩。



图2 南非金矿分布略图

A-大古富绿岩带; B-产金3t以上的金矿; C-产金0.3-3t的金矿。绿岩带: 1. 沙姆瓦-索尔
 蓝伯里绿岩带; 2. 锡诺亚-博波利绿岩带; 3. 姆托科绿岩带; 4. 米德兰兹绿岩带; 5. 姆
 瓦内齐绿岩带; 6. 斯夸-乌姆塔利绿岩带; 7. 布拉瓦约绿岩带; 8. 戈霍 (Гохо) 绿岩带;
 9. 马沙巴绿岩带; 10. 贝林金绿岩带; 11. 关达绿岩带; 12. 布林瓦-姆布扎绿岩带; 13. 新关
 达绿岩带; 14. 蒙特兰绿岩带; 15. 彼得兹伯绿岩带; 16. 欧考麻绿岩带; 17. 巴伯顿绿岩带

分布在坦噶尼喀地盾区的坦桑尼亚、扎伊尔和肯尼亚部分的黄金储量分别为100、120和30-40 t。有资料证明,从扎伊尔北部地区的原生矿和与其有关的砂矿中已开采出黄金330t左右。

由于坦噶尼喀地盾区绿岩带金矿床地质构造特征的资料不足,所以对这些矿床不能进行含有地质环境意义的分类。利用C·Д·舍尔(1974)、E·З·戈尔布诺夫和Л·М·德普拉尼(1975)的资料,可以划分出火山-沉积岩中的脉型矿床和赋存于含铁石英岩中的那种矿床类型,后者相当于南非地盾的层状金矿化类型。

脉型矿床(布亨巴矿山、新萨扎矿山、穆宽巴矿山、尼济矿山、麦卡尔德矿山等)是石英和石英-硫化物脉脉、透镜状脉脉、细脉脉、网状脉脉和硅化破碎带。脉型矿床的围岩大都是变质基性火山岩。某些矿床(尤里津(Юризен)矿床,木索马和姆万扎矿区)的容矿

岩层中还有镁质(滑石)片岩,是超基性岩的派生产物,这种岩石可能表明容矿岩层属科马提岩建造。

含铁石英岩中典型的矿床是坦桑尼亚的盖塔矿床和与其毗连的隆-科内矿床、“8号山脊”矿床和坦戈尔德矿床。在这些矿床中可观察到含铁石英岩层中的石英-硫化物金矿脉和硫化物浸染现象相互配合产出,含铁石英岩层夹于基性火山产物中。矿化含铁石英岩中强烈地出现有含金黄铁矿浸染现象,这种现象沿围岩层理分布,含铁石英岩还含有大量石英细脉,这种细脉通常不含金。

(三) 印度半岛地盾绿岩带的含金性

印度半岛地盾含金绿岩带分布在该地盾的南部,在卡纳塔克克拉通范围内。近年来在这里划分出两种类型的绿岩带——萨尔古尔型和达瓦尔型,它们是在地盾的构造演化的不同阶段形成的。萨尔古尔型绿岩带是最终在3000Ma前形成的,而达瓦尔型绿岩带是在距今2500-2600Ma期间稳定下来的。

属于萨尔古尔型的有科拉尔绿岩带、布吉哈里绿岩带和萨尔古尔绿岩带。在这些绿岩带的剖面底部,产有很厚的超基性-基性火山岩段,向上为细岩和流纹岩所替代。剖面的上部为沉积岩层,其成分为砾岩、泥质岩、砂质碎屑岩、碳酸盐岩和含铁石英岩。岩层被超基性、基性和花岗岩侵入体所贯穿。需要指出的是,不同绿岩带的沉积岩的成分变化很大。

达瓦尔型绿岩带包括巴巴布丹绿岩带、希莫加绿岩带、吉达克绿岩带和契塔耳德鲁格绿岩带。合并成达瓦尔超群的层序剖面划分为巴巴布丹群和契塔耳德鲁格群。在巴巴布丹岩系的底部,单一的玄武质碎屑砾岩不整合地产生在片麻岩侵蚀面上。剖面下部是变质基性火山岩,它们与石英岩、绿泥片岩呈互层产出。柱状剖面上部主要是伴随有干枚岩的中、酸性喷出岩。契塔耳德鲁格群是由石英岩、复矿砂岩、干枚岩、石灰岩和白云岩构成的。剖面上部是杂砂岩和干枚岩,它们与基性和酸性熔岩呈互层产出。达瓦尔型绿岩带的成分是有变化的,在地块东部以火山岩建造为主,在西部则以陆源岩石为主。

印度的黄金储量绝大部分集中在卡纳塔克克拉通的太古宙绿岩带中。印度的黄金总储量估计为865t,其中具有工业意义的为243t。印度在1980至1981年每年开采2.5t黄金。目前进行开采的原生金矿只有两个——戈拉尔金矿和赫蒂(Хатти)金矿。

在萨尔古尔型和达瓦尔型绿岩带范围内均有金矿产出,前者中有戈拉尔矿床、耶尔瓦里矿床、贾拉格兰哈里(Ялагранхали)矿床、格德伦加塔(Катарангата)矿床,后者中有赫蒂(Хатти)矿床、格德格矿床、多普尔多杜(Толулдои)矿床、拉默吉里(Рамагири)矿床等。除戈拉尔矿床外,多数矿床储量不大,戈拉尔矿床到1967年为止共开采了约600t黄金。

戈拉尔矿床赋存于同一绿岩带中,该绿岩带的面积为 $80 \times 4-6 \text{ km}^2$ 。容矿围岩是角闪岩相变质基性和超基性岩,具块状和片状构造。在容矿剖面的构成中还有含铁石英岩层和石墨片岩透视镜体。

矿带位于绿岩带的中部,延续长度为8km。该矿带是由26个矿化带构成的,其中只有14个有开采价值。厚度为几厘米至4m的矿化带通常受不同角闪岩的接触带的产状的控制,矿化带的倾角很陡。有一个矿体延深达3200m。矿化带的构成中有金-石英矿石、金-硫化物-

石英矿石〔“冠军”矿脉，奥林马尔矿山、麦克塔格尔矿山（Мак - Таррап）〕和硫化物矿石；后者中的硫化物含量达80%，未查明金有工业意义。

S. Wiswanatham对戈拉尔矿床容矿岩石与巴伯顿绿岩带（南非）玄武质科马提岩所进行的化学成分的对比如表明，它们的主要参数相近。这一结论使我们可以将戈拉尔矿田容矿岩石看成是科马提岩的派生产物。

赫蒂（Хатти）金-硫化物（黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂）-石英矿床分布在强绿泥石化、黑云母化、绿帘石化角闪岩中。该矿床由6个近平行分布的硫化物-石英矿体组成，沿走向延续达3.5km，深度达1km。

格德格矿田和拉默吉里（Рамагири）矿田主要是由火山-沉积岩和沉积岩构成的。其中主要是夹于变玄武岩中的千枚岩、石英岩、铁质片岩、砾岩和杂砂岩。矿田的组成中还有石英斑岩体。

除上述矿床外，卡纳塔克克拉通范围内还有许多小矿和成矿显示，它们具有相似的建造属性。

在分析金矿田的空间分布（图3，略）时，有必要指出，它们位于绿片岩相至角闪岩相的变质岩中，其中巨大的戈拉尔矿床产于角闪岩相带内。有资料指出，在温达德（Вундад）地区绿岩带的高级变质（达麻粒岩相）基性岩中发育有厚度达1.5m，延续长度达1.5km的近平行分布的含金-石英-黄铁矿脉。

沿表壳岩带的整个地层剖面均可见到金矿床，但最富含金的是萨尔古尔型古老绿岩带的火山产物。

（四）西澳大利亚地盾绿岩带的含金性

在西澳大利亚地盾范围内划分出两个地块——耶尔冈地块和皮尔巴拉地块，它们是由最古老的太古宙产物构成的。皮尔巴拉地块在澳大利亚大陆的黄金储量和产量方面没有显著意义。已知的只有“慧星”和布鲁斯佩克（“兰班”）这两个不大的脉型矿床以及一系列金矿化，后者分布在基性火山岩和与其伴生的沉积岩中。截至1979年，皮尔巴拉地块的黄金总开采量大致为13t。耶尔冈地块位于澳大利亚大陆的西南部，在平面上呈等轴状，其面积为 $1000 \times 800 \text{ km}^2$ 。该地块分为三个构造区，即西南构造区、默奇森构造区和东部金田构造区，它们在地质构造方面有显著的差别。在西南构造区，花岗岩类、正片麻岩和副片麻岩广泛发育，没有绿岩带。默奇森构造区基本上也是由花岗-片麻岩产物构成的，绿岩带居于次要地位，约占25%左右。在东部金田构造区，绿岩带构造分布最广，约占该区面积的50%左右（图4略）。

耶尔冈地块的绿岩带呈近南北走向。某些绿岩带沿走向延续达600km，其宽度为100-200km。对各个绿岩带的对比如表明，某些岩类的成分和厚度变化很大，而对绿岩带型构造具有特征性的沉积堆积的顺序性则没有变化。

在东部金田构造区记录到最完整的表壳岩杂岩剖面，后者具有旋回构造特点。划分出三个分别均由基性岩至酸性岩构成的旋回，它们被称为库尔加迪绿岩带杂岩、鲁宾逊-芒特绿岩带杂岩和雷德莱克绿岩带杂岩，它们之间由明显的不整合或延走向稳定产出的硅质岩夹层所分隔。

绿岩带岩石遭到从绿片岩相葡萄石-绿纤石亚相至角闪岩相的变质改造作用。变质作用具有静力型和动力型特征。低级变质区位于大型绿岩带的中央部分，而高级变质地段趋近于绿岩带的两翼及其圈闭端分布，并具有动力变质特点（图4略）。

西澳大利亚地盾在澳大利亚黄金生产的总平衡表中占据主要地位。例如，1978年在澳大利亚西部生产了16,626t黄金，占当年全国总产量（20,142t）的83%左右。20世纪前半叶，该地盾黄金的生产大大高于现代的水平，1903年生产了73t黄金。目前，绿岩带中的金矿床的意义显著地降低了，这是由于许多矿床已开采完毕（1971年进行开采的仅有5个矿床），而在开采着的矿山中，开采工作是在很大深度上进行的。矿石的品位也大大降低了（1903年矿石的平均品位为30g/t，1971年为7g/t）。尽管如此，澳大利亚的绿岩带在黄金的生产上还是具有重要意义的。从表1中可看出，1972年1月，西澳大利亚地区黄金的开采量主要是由“金英里”矿床提供的，占西澳大利亚黄金产量的52%。

表1 西澳大利亚金矿按开采量的分布（根据 R·伍多尔的资料编制）

金的开采规模 (t)	矿床的数量	金的开采量		矿床实例
		(t)	(%)	
大于1000	1	1107.7	52	金英里
100—50	2	141.4	6.6	“古利亚之子”，马拉罗西-克朗
50—10	13	309.2	14.5	威卢纳，利迪-申顿，大贝尔，格雷-芬格 尔，50号山，普林塞斯-罗亚尔，佩迪斯- 弗拉特，韦斯特雷利亚
10—3	25	158.6	7.5	科斯莫诺利恩，贝利斯-库尔加迪，布莱克 -顿奇，蒂默尼-圣乔治，弗雷泽，艾达- H，“梅公主”
小于3		423.1	19.4	
共 计		2130	100	

在绿岩带层序（地层）剖面中，金矿床（特别是大型金矿床）出现在柱状剖面下部，即基性和超基性火山岩中。据 C·J·舍尔的资料，从这部分开采的黄金占绿岩带黄金总开采量的90%以上。含铁石英岩是重要的容矿岩石。

根据产出环境和形态特征可将上述金矿床划分为下列类型：

- 1) 由火山岩和火山-沉积岩中的硫化物-石英脉矿和网状脉矿所构成的脉型矿床；
- 2) 赋存于金-硫化物浸染交切带中的矿床；
- 3) 层状浸染带矿床；
- 4) 含铁石英岩中的层状矿床。

层状金矿化现象同样出现在不同类型的含硫化物页岩和硅质岩中。有资料报道，含金石英脉和金矿化带赋存于英安岩（廷德尔矿床，怀特-费泽尔矿床）和石英斑岩（戈尔登里奇矿床）中，C·J·舍尔认为，它们是形成容矿岩层的火山作用的派生物。

耶尔冈地块的大多数矿床属第一和第二种类型。脉矿和网状脉矿以及浸染带矿床主要在基性和超基性熔岩流和岩床体内，赋存于褶皱构造和区域性断裂带中。尽管脉型矿体对地层

界线 and 侵入体界线的关系是不整合的，但所有它们均分布在地层剖面的一个或两个层位中，不然就是在侵入岩床的范围内。与南非的矿床一样，经常见到上述各类型的金矿化现象共同出现在同一矿床范围内。

最大的产金矿床是“金英里”矿床（卡尔古利矿田），在该矿床的含金硫化物浸染带中查明有约300个矿体和一些含金石英脉。矿化带的规模为 $4 \times 1,2 \text{ km}^2$ 。不同矿体向下延续的深度均大于1500m。矿体的厚度为0.6至24m不等。矿体是由含碳酸盐硅化岩石构成的，岩石含有5-10%的细粒黄铁矿。除此之外，还有少量砷化物、黄铜矿、毒砂、黝铜矿、辉锑矿、闪锌矿和方铅矿。围岩蚀变产物为阳起石-钠长石-绿泥石-绿帘石组合和绿泥石-方解石-钠长石组合，它们相当于滑石菱镁片岩化的产物（С. Д. 舍尔，1972）。金的主要部分呈大小为 $0.5-20 \mu\text{m}$ 的细小包体集中于黄铁矿中；15-20%的金是从砷化物中提取的。该矿床的金平均品位为 12g/t 。

在该矿床中作为“金英里”粒玄岩而划分出来的围岩，据大多数研究人员的意见来看，厚度为600-700m左右的层理化侵入岩床，至少是由10个岩石变种构成的，按化学成分来看，从辉石岩至石英粒玄岩和花斑岩都有，并且它们的结构-构造特征也不相同。有这样的见解，即容矿岩石是碳酸盐化玄武岩和凝灰岩，含有少量玄武质岩床。

在上述这些类型的其它具有代表性的矿床中，需要提出的是埃姆矿床和贝利斯矿床。这两个矿床的含金石英脉和金矿化带赋存于非均质剖面中，后者是由碳质沉积物与基性、超基性熔岩流及其凝灰岩的互层构成的。

在诺斯曼矿田的矿床中；金矿化就位的两种地质环境配合出现。主要的金矿化类型是含金石英脉（马拉罗阿-克朗矿床，普林塞斯-罗亚尔矿床等），它们赋存于厚达10000m的岩层中的逆断层带内，该岩层是由玄武岩、辉长岩类、石墨化片岩和磁铁矿石英岩的交互层构成的。明显的层状类型的条带状金-石英-硫化物矿体赋存于磁铁矿石英岩层中。康纳尔赫德矿床是层状矿化类型的典型实例，在该矿床的变质基性火山岩中可划分出两个由石英细脉所贯穿的含金层位。其中的上部层位是由硫化的白云岩构成的，或按其它一些研究人员的意见，则这是碳酸岩化和黄铁矿化的火山岩层，下层位是由碧玉铁质岩构成的，含有大量浸染磁黄铁矿和一些浸染细脉。

含铁石英岩中的层状矿床可进一步划分为：①黄铁矿亚类，②黄铁矿-磁黄铁矿亚类，③黄铁矿-毒砂亚类。最大的矿床“50号山”属于第四种亚类，该矿床分布在芒特马格尼特矿田内。“50号山”矿床赋存于碧玉铁质岩中，其中（碧玉铁质岩）广泛出现有顺层浸染的硫化物——黄铁矿和磁黄铁矿，这两种矿物达到岩石体积的80%。最高的地段趋近于断裂带交汇处分布，含铁石英岩伴生金的平均品位为 13.4g/t 。金的颗粒非常小，包裹在硫化物中。芒特摩根矿床和圣乔治矿床具有类似的组成。兰斯菲尔德矿床的金属矿物较为复杂。其中有黄铁矿、白铁矿、毒砂以及少量的黄铜矿和闪锌矿。金同样包裹在硫化物中。金的平均品位为 10.4g/t 。

最后要指出的是，澳大利亚的绿岩带金矿床主要集中在大型绿岩带内；矿床趋近于绿岩带剖面的火山岩部分产出，其中的超基性火山岩分布广泛。正如图4(略)所表示的多数矿床分布在绿片岩相和从绿片岩相向角闪岩相过渡的变质岩区中。除此而外，其中的部分矿床位于强变质岩层中。

(五) 加拿大地盾绿岩带的含金性

加拿大地盾的含金绿岩带分布在苏必利尔构造区和大奴湖构造区，据A·古德温的资料，这两个区是最古老的原始大陆或克拉通。这两个区的绿岩带是由耶洛奈夫群（大奴湖构造区）、基韦廷群（苏必利尔构造区）的沉积-火山岩及其类同物所充填的。苏必利尔构造区绿岩带剖面的上部以沉积岩为主，通常将这一部分独立出来，称为蒂明斯卡明群。

苏必利尔构造区在加拿大的黄金产量方面占有重要地位。据C·D·舍尔的资料来看，截止1970年，从苏必利尔构造区共开采了大约4340t黄金，占加拿大黄金总开采量的70%。其中绝大部分是从太古宙绿岩带中开采的。

苏必利尔构造区的金矿床的分布极其不均匀。包括特大型矿床在内的绝大多数矿床分布在阿伯蒂比绿岩带内。含金性远不如阿伯蒂比绿岩带的另一个绿岩带是基韦廷绿岩带。上述绿岩带是加拿大地盾最大的绿岩带，它们沿走向延续达600km。在苏必利尔构造区已知有约65个金矿山，其中生产黄金超过100t的主要矿床是：波丘派恩矿床（1500t），柯克兰莱克矿床（700t），霍恩矿床（250t），克尔-艾迪生矿床（270t），马拉拉克矿床（180t），拉马克矿床（130t）。截至1970年，这些矿床所生产的黄金占该构造区总产量的75%左右（C·D·舍尔，1972）。

在对阿伯蒂比绿岩带东部进行地质填图的过程中查明，金矿化与超基性科马提岩流有关。一些矿床产于含铁石英英岩层内。

在大奴湖构造区的绿岩带中已知有8个大型和中型金矿。截至1970年，从这些矿床中共开采黄金240.3t，其中包括从最大的贾恩特-耶洛奈夫矿床开采的100多t，从这两个中型的矿床（“联合”矿床和迪斯科弗里-耶洛奈夫矿床）开采的25-30t，以及在科恩、里孔、尼格斯等一些矿山开采的35-40t（C·D·舍尔，1972）。其它矿床都是很小的。

在加拿大地盾绿岩带的地层剖面中，金矿床既分布在火山岩部分也出现在陆源岩石部分，不过最大的一些矿体集中于剖面下部火山岩层段，其中主要是基性火山岩、酸性侵入体和次火山岩体。矿床与基性至中性喷出岩、杂砂岩和凝灰岩构成的组合剖面有关。

从加拿大绿岩带开采的很大一部分黄金来自黄铜矿和铜-锌黄铁矿组合的矿床。对它们特征的描述超出了本文的范围。应指出的是，这类矿床赋存于钠质系列的连续式建造和双峰式建造的酸性派生产物中，其分布与中心式古火山构造的形成有密切关系。

参照J·M·富兰克林对加拿大金矿床的详细研究结果，可将它们按产状划分为受围岩地层控制的“层控”矿床（脉状矿床、网脉状矿床和细脉-浸染型矿床）和分布在侵入产物中的矿床（脉状矿床，网脉状矿床和浸染型矿床）。在“层控”矿床中又可划分为：

- 1）直接赋存于从火山产物向沉积产物过渡的过渡相带中的矿床；
- 2）产于超基性和基性次火山岩床中的矿床；
- 3）分布在强烈碳酸盐改造的火山岩带中的矿床；
- 4）产于氧化物-硫化物混合相或氧化物-碳酸盐混合相含铁建造中的矿床。

赋存于次火山奥长花岗岩和闪长岩中的金矿床在绿岩带剖面上部分布最广。例如，在斯特詹莱克（Стержа́н-ле́йк）含黄铁矿的区域，这种矿化现象在含黄铁矿容岩岩层底部赋存于贝德尔曼贝次火山奥长花岗岩岩床中。这里的含金电气石-铁白云石-石英脉发育在侵入

体的接触带内，其中充满变火山岩捕虏体，并含有细脉-浸染型黄铁矿-磁黄铁矿-黄铜矿矿化，该矿化现象还伴生有闪锌矿、辉钼矿和银、金混杂物。在闪长岩中也发现了这种矿床，前者贯穿在绿岩带剖面下部的火山岩中。例如，产于马拉蒂金矿区赫瓦（Хева）群基性和超基性岩带中的岩床状闪长岩岩体内的巴纳特矿床。金矿化与斑岩岩株顶板之强烈微斜长石-黑云母-石英热液交代岩带内的浸染型和细脉型黄铁矿矿化有关。研究这些矿床的加拿大地质工作者，将它们与显生宙斑岩型金矿相比。

与侵入体就位有关的矿床或赋存于次火山奥长花岗岩和闪长岩中，或赋存于具有碱性趋势的火山期后钾质花岗岩类岩石中。

火山期后花岗岩类中形成的典型矿床是可列入前寒武纪大型矿床的柯克兰莱克矿床。该矿床赋存于正长岩和正长斑岩构成的形态复杂的岩墙状岩体中，是由复杂的石英脉、脉体带和网状脉构成的。E·M·涅克拉索夫得出结论认为，矿床的矿脉体系的复杂情况是由构成复杂的柯克兰莱克斯层控制的，后者沿走向的延续长度达5 km多，向下延伸达2 km多，含硫化物（黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、碲化物等）达2%的矿石成分在不同深度上惊人地稳定。

霍林格、麦金太尔、上加拿大等矿床属于结构复杂的剖面中的矿床，这种剖面可能相当于沉积-火山岩层堆积的相带剖面。正如E·M·涅克拉索夫所指出的，在火山岩中就位的主要是金-石英细脉矿体。这种矿体在矿脉延续方向上的砾岩和杂砂岩中过渡为细脉-浸染状矿体，而在页岩和粉砂岩中过渡为块状矿脉。厚度为0.3至2.5 m的矿体延续长度达300 m。脉石矿物为石英、铁白云石和方解石，矿石矿物为黄铁矿，此外有很少的毒砂、白钨矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、黄铜矿、斑铜矿、自然金及其它矿物。容矿岩石遭到碳酸盐化、黄铁矿化和硅化作用。局部出现有绢云母化、绿泥石化和滑石化。

基性和超基性岩床中的典型矿床是奥内米斯卡矿床，该矿床的金矿体产于辉长岩-辉岩岩床中。岩床产于布隆多（Блондо）组以酸性成分为主的熔岩和凝灰岩中，布隆多组含有黄铁矿类矿体并覆盖着吉尔曼（Джилмен）组基性和中性成分的球状熔岩，含有黄铜矿和黄铁矿以及少量磁黄铁矿、闪锌矿、毒砂和其它矿物的含金方解石-石英脉系统赋存于岩床上部。

具体表现为强烈碳酸盐化（铁白云石和白云石）的火山岩出现在层控类型的许多金矿中。例如，波丘派恩矿区金矿体的容矿岩层是含铁白云石的安山岩层和科马提岩层，而以锐角与安山质熔岩流交切的构造破碎带是耶洛奈夫构造区矿床（贾恩特矿床、科恩-梅因斯矿床等）的容矿环境，沿构造破碎带出现强烈铁白云石化。据R·Boyle的资料，这种铁白云石质岩石具有较高的金背景值。与前述其它矿床一样，矿床是由石英和方解石-石英脉系统、浸染型和细脉-浸染型矿化带构成的，后者的硫化物（毒砂、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等）含量各不相同。

含铁石英岩中的金是由一些金矿床和不大的金矿化构成的（中帕特里夏矿床，哈德明矿床，麦克莫德矿床等）。这些矿床的矿体是由含硫化物（黄铁矿、毒砂）的含碳酸盐铁石英岩透镜体构成的，这些透镜体断断续续地延伸几公里。某些矿床（例如阿格尼科-伊格尔矿床）的硫化物构成含金块状黄铁矿型矿体。除含铁石英岩外，参与含矿层组成的还有霏细凝灰岩砾岩，凝灰岩和硅质页岩。阿格尼科-伊格尔矿床的含矿层被钙质页岩所覆盖，

后者含有黄铁矿结核和细脉。

综上所述，加拿大地盾绿岩带中的金矿床在产出环境、组构和矿物成分诸方面是相当多种多样的。它们在黄金储量方面同样也各不相同。

三、矿床的分类及其分布的规律性

(一) 矿床的分类¹⁾

C. 丹·舍尔对金矿床进行分类的原则，是根据主要金属矿物的比例对金矿床进行建造划分，建造类型又可细分为矿物类型系列（表2）。

所划分出的这些建造类型的工业意义各不相同。位于澳大利亚、加拿大、印度和非洲的124个总开采量为4732t的金矿按建造类型的分布比例为：金-石英建造——51个矿床（占40%），开采量1674t（占35%）；金-硫化物-石英建造——40个矿床（占32%），开采量1398t（占30%）；金-硫化物建造——21个矿床（占18%），开采量1440t（占30%）；金-含铁石英岩建造——12个矿床（占10%），开采量220t（占5%）（图5略）。尽管计算的只是部分矿床的有关情况，但是，从这种比例关系反映了不同建造类型矿床之黄金开采量的总情况。所以，前三种建造类型矿床在黄金生产方面起主导作用，不过，就单独的区域来看，起主导作用的则是某一建造类型的矿床：在澳大利亚是金-硫化物建造类型矿床，在印度是金-石英建造类型矿床，在加拿大是金-硫化物-石英建造类型矿床。

必须指出的是，尽管象上面所提到的那样，产于不同地质环境的矿床在矿物组成上有某些差别，但总的来看，所划分出的这些矿床建造类型不能反映不同的地质环境特征，所以不能作为对绿岩带金矿化的规模进行预测评价的基础。

对绿岩带金矿进行分类的基础是它们在绿岩带杂岩中所处的环境。在描述具体区域的地质情况时所观察到的稳定的岩石-矿床组合是含矿岩石组合的首要标志。在对绿岩带杂岩的含金性进行预测评价时，金矿的就位环境可以看成是矿床存在的潜在条件。

以此观点概括所叙述的资料，就可以按照金矿床所处的地质环境划分出下列工业类型。

- 1) 产于科马提岩建造的熔岩相和次火山岩相的矿床。
- 2) 产于中心型火山的双峰式建造和连续式建造的熔岩相、凝灰岩相和火山-沉积相中的矿床。
- 3) 产于含铁石英岩建造层的矿床。
- 4) 产于与双峰式火山岩建造和连续式火山岩建造的形成有关的次火山侵入体中的矿床。
- 5) 产于火山期后碱性侵入体中的矿床。

除上述类型外，非工业性的金矿化常出现在硫化物浸染现象强烈的陆源地层中，后者处于科马提岩建造、双峰式和连续式火山岩建造的熔岩流内。规模不大的芒特罗伯特（“南非共和国”）金矿赋存于绿岩带剖面中的建造内砾岩中。该矿床可归属于最古老的含金砾岩型矿床，其形成时间在威特沃特斯兰德矿床以前。

1) 此节略有删节——编者注。