

青海五龙沟金矿成矿时代的进一步研究和确定

马福贵^{1,2}, 田承盛^{2,3}, 马国栋^{2,3}, 赵发睿³, 陈苏龙²

1. 青海省第五地质矿产勘查院, 青海 西宁 810000 ; 2. 青海省第一地质矿产勘查院, 青海 海东 810600 ;

3. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000

摘 要 :五龙沟金矿位于青海省东昆仑中段北缘,是东昆仑成矿带最具找矿潜力的金矿床。通过收集五龙沟地区金矿床成矿大地构造背景、区域地层、岩性、构造、岩浆岩等成矿特征方面的资料,首先采集同位素样品并用 α 石英活化定年(HAESRDQ)和 Ar-Ar 法对韧性剪切带围岩和金矿石进行了测年,对韧性变形时代、同构造碱性岩浆岩活动年龄、成矿物质源区年龄、金成矿年龄进行了逐一分析和研究,然后通过本次测得的数据年龄结合前人成果对五龙沟金矿成矿时代进行了综合确定。研究认为五龙沟地区韧性剪切带变形年代大致结束于 240 Ma,即早—中三叠世的早印支期;金矿成矿的物源区年龄在 235~179 Ma 间的晚印支—早燕山期;成矿年龄为 91~21 Ma 的晚燕山期—早中喜马拉雅期。

关键词 :五龙沟金矿;成矿特征;成矿时代;晚燕山期—早中喜马拉雅期;青海省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.05.005

FURTHER STUDY AND DETERMINATION OF THE METALLOGENIC EPOCH OF WULONGGOU GOLD DEPOSIT IN QINGHAI PROVINCE

MA Fu-gui^{1,2}, TIAN Cheng-sheng^{2,3}, MA Guo-dong^{2,3}, ZHAO Fa-rui³, CHEN Su-long²

1. Qinghai No. 5 Institute of Geology and Mineral Exploration, Xining 810000, China;

2. Qinghai No. 1 Institute of Geology and Mineral Exploration, Haidong 810600, Qinghai Province, China;

3. Qinghai Bureau of Geological Survey, Xining 810000, China

Abstract :The Wulonggou gold deposit, located in northern margin of the middle section of Eastern Kunlun Mountains in Qinghai Province, is the most prospective deposit in the Eastern Kunlun metallogenic belt. Based on collection of geologic data about the ore-forming tectonic setting, regional stratigraphy, lithology, structure and igneous rocks of Wulonggou gold deposit, with isotopic dating by alpha quartz activation (HAESRDQ) and Ar-Ar methods for gold ore and surrounding ductile shear zone, this paper analyzes the ages of ductile deformation, syntectonic alkaline magmatic activity, metallogenic material source and gold mineralization. By these data, with previous results, it is concluded that the ductile shearing deformation of Wulonggou area ended at about 240 Ma, namely Early-Middle Triassic or Early Indosinian epoch; the age of gold metallogenic material source area is between 235 Ma and 179 Ma, i.e., Late Indosinian-Early Yanshanian epoch; while the mineralization is dated at 91-21 Ma of Late Yanshanian to Early-Middle Himalayan epoch.

Key words :Wulonggou gold deposit; metallogenic characteristics; metallogenic epoch; Late Yanshanian to Early-Middle Himalayan period

收稿日期 2016-01-07, 修回日期 2016-04-14. 编辑 张哲.

基金项目 :青海省地质勘查基金项目“青海省都兰县五龙沟地区金矿成矿规律研究及大比例尺成矿预测”。

作者简介 :马福贵(1973—) 男,回族,测量工程师,从事野外地质测量工作,通信地址 青海省西宁市城北区朝阳西路 42 号, E-mail/13897318245@163.com

近年来随着一系列开发青海矿产资源政策的颁布^[1],五龙沟地区矿产勘查工作已取得突破性进展.随着勘查程度的提高,已知矿床规模不断扩大,一批金及多金属矿点、矿化点跃升为中—小型矿床,矿产勘查成果不断刷新,找矿工作进一步升华.关于五龙沟地区金矿床的地质研究工作(矿床地质特征、成矿年龄、成矿模式、找矿方向、成矿规律等)取得许多成果,但对成矿时代仅在2000年通过锆石和磷灰石进行了裂变径迹热年代学分析^[2],对矿床成矿时代和成因至今没有深入分析和研究.本文在分析该地区成矿特征的基础上,对区内金矿床从韧性变形时代、同构造碱性岩浆岩活动年龄、成矿物质源区年龄、金成矿年龄进行逐一分析和研究,并对五龙沟金矿成矿时代进行综合确定,为区内进一步开展找矿工作提供参考.

1 区域地质特征

根据青海省地质矿产勘查开发局2007年完成的1:100万青海省地质图编图成果资料,工作区位于东昆中陆块(I_{11})二级构造单元,东昆中岩浆弧带(I_{11-1})三级构造单元(Pt_3-J)^[3],介于东昆中和东昆北两深断裂之间.区内断裂构造发育,岩浆活动强烈,为东昆中岩浆构造区的重要组成部分(图1)^①.总体构造线呈北西方向.

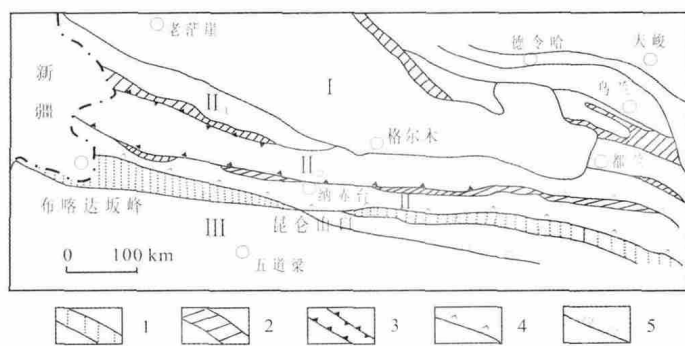


图1 东昆仑地区大地构造分区图

Fig. 1 Tectonic map of Eastern Kunlun region

1—主缝合带(major suture zone) 2—次缝合带(secondary suture) 3—新元古代—早古生代结合带俯冲方向(单向俯冲/双向俯冲)(subduction direction of Neoproterozoic-Early Paleozoic suture zone) 4—晚古生代—早中生代缝合带俯冲方向(subduction direction of Late Paleozoic-Early Mesozoic suture zone) 5—A型俯冲带(A-type subduction belt)

1.1 地层

五龙沟地区属祁秦昆地层区柴达木南缘分区(I_7),区内出露地层主要为元古宇,呈北西走向,与区

内构造线方向基本一致.自北东而南西,依次为古元古界金水口岩群(Pt_{1j})→中元古界长城系小庙组(Chx)→中新元古界青白口系丘吉东沟组($Qnqj$)→下古生界奥陶系祁曼塔格群变火山岩组(OQb)^[4].

1.1.1 古元古界金水口岩群(Pt_{1j})

该层为本区出露的基底岩系,是由一套深灰色混合岩化中细粒黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩及镁质大理岩等组成的中深变质地层,区域变质程度达角闪岩相.主要分布在五龙沟口、石灰沟口等地,各地均以零碎的推覆体、块体形式产出.由于多期变形及褶皱构造叠加,其层序及上、下关系已无法恢复,为有层无序的构造-岩层单位.目前石灰沟获得的同位素年龄有1846 Ma、1191 Ma、1746 Ma、2213 Ma等值^[5],其变质时代应属古元古代.据92个微金光谱样分析结果统计,该地层平均含Au为 6.99×10^{-9} ^①,大于地壳平均值(1964年泰勒值),是Au元素的高背景地层.

1.1.2 长城系小庙组(Chx)

主要分布在五龙沟岩体南侧,由中细粒角闪斜长片麻岩、黑云石英片岩、变粒岩夹大理岩等组成,区域变质程度达低角闪岩相—绿片岩相.据141个微金光谱样分析结果统计,该区的地层中金平均含量不高,为 2.55×10^{-9} ^①.

1.1.3 丘吉东沟组($Qnqj$)

呈北西向条带状分布于萤石沟—红旗沟一带,为一套浅变质的滨海—半深海环境沉积的碎屑岩夹碳酸盐岩和浅变质的中基性火山岩.据84件样品分析结果统计,该套地层中Au平均含量为 9.2×10^{-9} ,其中硅质板岩类可达 12×10^{-9} ^①.

1.2 构造

古元古界地层组成褶皱基底构造层,总体构造线方向为北西向,新元古界、下古生界地层构成盖层,区内表现为走向北西西、倾向北的单斜层.

1.2.1 断裂构造

区内断裂构造十分发育,是东昆仑地区的一个构造密集分布区^[6].按其走向延伸大致可分为北西、北东向、北西西(近东西)、南北向等4组断裂构造.其中北西—南东向断裂具有切割深、延伸长、长期活动的深断裂特征,控制了区域地质构造演化及地层、岩浆岩、矿产的形成和分布,是构造单元的分界.

1.2.2 变质核杂岩构造

①赵昌新,等.青海省都兰县五龙沟地区红旗沟—深水潭金矿区详查报告.青海省第一地质矿产勘查院,2010.

昆中构造带发育有若干变质核杂岩构造。五龙沟金矿区处于东北侧的金水口穹隆状变质核杂岩构造与西南侧的格尔木-五龙沟短轴背斜状变质核杂岩构造之间。金矿主体属背斜的东北翼。该构造分布于昆中断裂以北地区, 总体为短轴状背斜, 轴向北西, 长约 120 km, 宽 50~60 km。核部由太古宇古元古界金水口群组成, 南翼依次为中元古界长城系小庙组、上泥盆统及石炭系; 东及东北翼五龙沟地区为小庙组、丘吉东沟组, 并有印支期花岗岩侵入。

该变质核杂岩构造中, 韧性剪切构造十分发育, 形成若干规模不等的韧性、韧-脆性剪切带, 主要分布于变质核杂岩构造的翼部, 以北西向线形分布为主。这些剪切带通常具有深层次韧性变形与浅层次脆-韧性变形叠加发育的特征。沿剪切带, 片理化带、密集劈理带、糜棱岩带、构造透镜体化带十分发育, 伴有大量的流褶皱、同斜褶皱、鞘褶皱、褶皱层构造, 这种变质核杂岩构造发育过程中形成的伸展剥离韧性剪切带, 构成五龙沟地区独特的剪切带褶皱变形的变质核杂岩聚矿构造。

1.2.3 脆韧性剪切带

受格尔木-五龙沟变质核杂岩构造控制, 区内韧性剪切变形强烈, 由北至南形成了岩金沟、萤石沟-红旗沟、三道梁-苦水泉 3 条韧性剪切带^[7]。这 3 条韧性剪切带均呈北西向平行展布, 带长 10~20 km, 宽大于 100 m, 倾向北东, 倾角 68~76°, 表现为一狭长的带状变形、退变质、细粒岩化、糜棱岩化带^[8]。其内钩状褶皱、流褶皱等较为发育, 岩石普遍具碎裂岩化、糜棱岩化。其中岩金沟金矿床就产于岩金沟脆韧性剪切带内; 红旗沟、深水潭、淡水沟、百吨沟等金矿产于萤石沟-红旗沟脆韧性剪切带内^[9]; 三道梁-苦水泉脆韧性剪切带目前仅发现了打柴沟、中支沟等小型金矿床。

上述 3 条脆韧性剪切带也构成了五龙沟地区 3 个主要的控矿构造带^[10], 基本控制了区内含金蚀变带及金矿体的分布, 为本区寻找金矿(化)体的有利地段。萤石沟-红旗沟脆韧性剪切带是区内最主要的含金矿化带^[11]。

1.3 岩浆岩

区内除新元古代发育的火山岩外, 侵入岩类十分发育, 其出露面积约占基岩面积 60% 以上, 分别属于中元古代—中生代不同构造演化阶段的岩浆活动产物^[12]。其总体特征为, 中—新元古代形成片麻状花岗

闪长岩、石英闪长岩及二长花岗岩体, 构成区内平台岩体(石灰沟岩体); 早、晚古生代分别形成黑云母花岗岩、黑云母花岗闪长岩、斜长花岗岩及二长花岗岩, 组成区内大格勒岩体和五龙沟岩体; 中生代印支早期形成红石岭钾长花岗岩株及岩脉, 印支晚期—燕山早期形成超基性—中性杂岩体及闪长玢岩夹脉岩(外滩杂岩体)。

资料显示, 印支早期红石岭钾长花岗岩和外滩杂岩体形成时代新, 且其端元产物(石英)闪长玢岩中 Au 含量在 18×10^{-9} ~ 380×10^{-9} 之间, 远远高于矿区围岩平均值(22.45×10^{-9})^①。岩石与金矿化关系密切, 为区内成矿岩体, 也是区内金成矿的物质来源之一, 为本区提供了来自地壳深处的丰富的矿质来源。

2 成矿时代分析

通过对韧性剪切带围岩和金矿石进行测年, 共取得 12 个数据。其中反映成矿时代的矿石样品 8 个, 采自红旗沟、打沟柴、黑石山等地, 采用 α 石英活化(HAESRDQ)方法测定, 反映韧性剪切带变形时代的 2 个样品, 采自岩金沟和打柴沟剪切带, 委托中科院广州地球化学研究所用 Ar-Ar 法进行测定, 获得坪年龄和等时线年龄共 4 个^②。

2.1 韧性变形终止于早印支期

YJG09-1 Ar-Ar 样品采集于岩金沟矿区, 岩性为石英黑云片岩, 测试的单矿物为黑云母。镜下鉴别矿物组分的分布较均匀, 石英通常与斜长石呈不规则交错镶嵌、共生且都呈半定向分布, 具静态重结晶特点(图 2)^②。说明该阶段已经脱离了强动力构造环境, 进入了冷却阶段, 即韧性伸展结束阶段。



图 2 正交偏光下黑云母静态重结晶特点

Fig. 2 Static recrystallization of biotite under orthogonal polarization

① 青海省第一地质矿产勘查院, 成都理工大学. 青海省都兰县五龙沟地区金矿规律研究及大比例尺成矿预测研究报告. 2010.

② 赵昌新, 等. 青海省都兰县五龙沟地区红旗沟-深水潭金矿区详查报告. 青海省第一地质矿产勘查院. 2010.

黑云母 Ar-Ar 坪年龄(图 3)^①为 242.72 ± 1.69 Ma ,表明本区韧性变形(伸展)结束于早印支期.

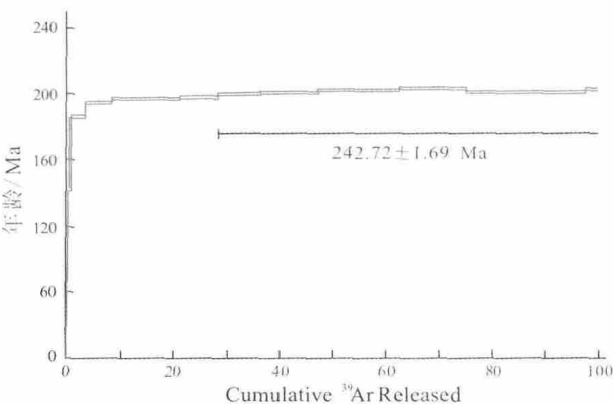


图 3 YJG09-01 黑云母坪年龄

Fig. 3 Plateau age of biotite from sample YJG09-01

磷灰石裂变径迹和锆石裂变径迹为研究上地壳岩石冷却剥露过程提供了有效工具. 地壳岩石冷却,只有上升到了浅部才会发生,即在剥离隆升过程中发生.

袁万明(2000)在红旗沟各矿体所测的锆石裂变径迹年龄(表 1)集中于 $197\sim 235$ Ma^[2],即岩石冷却发生于早印支中晚期—晚印支期,佐证了韧性伸展变形结束于早印支期的 Ar-Ar 测年结论^[2].

表 1 锆石裂变径迹年龄数据
Table 1 Fission track ages of zircon

编号	样品位置	测试对象	年龄值/Ma
W60	矿带 1 号矿体	锆石	216 ± 11.7
W11	矿带红旗沟矿体	锆石	197.4 ± 18.9
W3	矿带红旗沟眼球状花岗岩体	锆石	223.3 ± 12.7
W66-3	矿带 2 号矿体	锆石	235.0 ± 8.9
W66-3	矿带 2 号矿体	磷灰石	200.5 ± 7.1

2.2 同构造碱性岩浆岩活动年龄

研究区内采集的 Ar-Ar 样品 DCG07-05,位于东岔沟,为黑云母二长花岗岩,测试的单矿物为钾长石.镜下鉴定表明,钾长石呈不规则粒状无序散布,充填长石和石英粒间,呈带包裹细粒斜长石^[13],局部包裹石英或被细粒不规则粒状石英穿切和交代,相对较洁净,无双晶,微条纹结构发育.

钾长石 Ar-Ar 坪年龄(图 4)^①为 247.36 ± 1.12 Ma ,比形成五龙沟-格尔木变质核杂岩的韧性变形约束年龄稍早,但基本一致,应代表与形成五龙沟-格尔木变质-岩浆核杂岩的伸展构造作用同期的碱性岩浆岩活动的年龄.

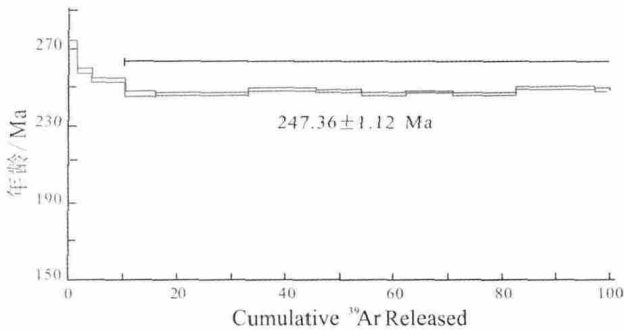


图 4 DCG07-05 钾长石坪年龄

Fig. 4 Plateau age of K-feldspar from sample DCG07-05

西安工程学院(1997)对花岗伟晶岩测得的 254.95 ± 42.78 Ma(相关系数 0.947 899)年龄亦是同伸展岩浆活动的年龄^[14].

2.3 成矿物质源区年龄

中国地质科学院(2009)于五龙沟穿脉工程金矿体中所采矿石样品锆石经 U-Pb 测年,其结果为 210.0 ± 1.2 Ma(图 5)^①.

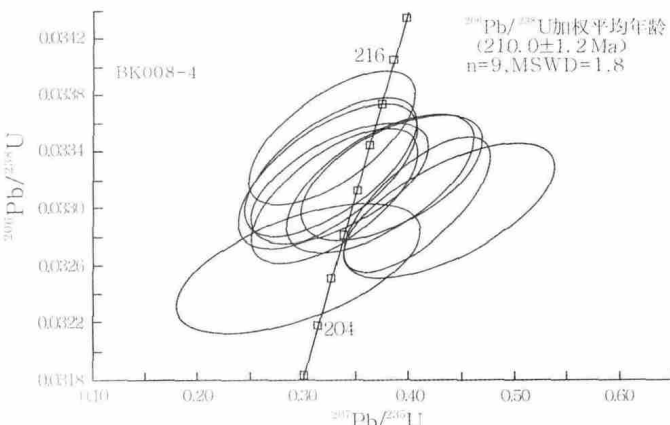


图 5 五龙沟穿脉矿石样品锆石 U-Pb 年龄等时线

Fig. 5 Zircon U-Pb isochron age of ore from Wulonggou gold deposit

本次工作共挑选了 5 件金矿石和多金属矿石中的硫化物单矿物进行铅同位素测试(表 2),代表矿质源区年龄的铅同位素模式年龄集中在 $153\sim 282$ Ma,说明成矿物质源区形成于印支期—燕山期.

表 2 铅样品数据一览表

Table 2 Lead isotopic age data

样品编号	测试成分	岩性	采集地点	模式年龄/Ma
WLG06-04	黄铁矿	风化黄铁矿	五龙沟	190
黑石山	黄铜矿	黑石山铜铅矿矿石	采矿场	219
YJG07-2	辉锑矿	辉锑矿矿石	岩金沟	153
YSG06-04	方铅矿	方铅矿石	萤石沟	282
WLG06-02	黄铁矿	风化黄铁矿	五龙沟	233

据青海省第一地质矿产勘查院,成都理工大学(2010).

①青海省第一地质矿产勘查院,成都理工大学.青海省都兰县五龙沟地区金矿规律研究及大比例尺成矿预测研究报告.2010.

2.4 成矿年龄

由于五龙沟金矿体及其旁侧广泛存在与金矿化紧密共生的含金石英脉,通过 α 石英活化定年 (HAESRDQ),可以确定本区的成矿时代. 7 件含金石英的年龄为 21~91 Ma(表 3),表明本区金矿成矿发生于晚燕山期—早中喜马拉雅期,即发生于韧性变形之后的脆性变形期,属于后韧性剪切成矿.

表 3 五龙沟剪切带有关的测年数据

Table 3 Age testing result of the Wulonggou shear zone					
编号	样品位置	样品名称	测试对象	顺磁中心浓度/ (10^{15} Sp/g)	t /Ma
PD601ESR-2	红旗沟	石英脉	石英	1.00	57.1±5.7
HQ-SHY-04	红旗沟	乳白色黄铁矿化石英脉	石英	0.60	63.5±6.4
HQ-SHY-05	红旗沟	方铅矿石英脉	石英	4.60	73.6±7.3
DCG13-8	北岔沟	矿石	石英	3.26	56.2±5.6
DCG13-9	北岔沟	围岩	石英	4.29	91.9±9.0
LWLG11-09	五龙沟号矿带	锌矿	石英	0.12	21.0±2.1
黑石山铜矿石	黑石山	铜矿石	石英	0.12	25.3±2.5

据青海省第一地质矿产勘查院,成都理工大学(2010).

3 成矿时代确定

前人对五龙沟金矿床采用 Ar-Ar、K-Ar、U-Pb 及裂变径迹等方法,测得韧性剪切带形成于印支期,金成矿时代为印支期或印支—早燕山期. 本文通过本次获得的测年数据结合前人成果综合认为:韧性变形年代大致结束于 240 Ma,即早—中三叠世的早印支期,金矿成矿的物源区的年龄在 235~179 Ma 间的晚印支—早燕山期;成矿的年龄为 91~21 Ma 的晚燕山期—早中喜马拉雅期.

4 结语

本文在收集五龙沟金矿成矿地质特征资料的基础上,通过 α 石英活化定年 (HAESRDQ) 和 Ar-Ar 法对韧性变形时代、同构造碱性岩浆岩活动年龄、成矿物质源区年龄、金成矿年龄进行了逐一分析和研究,对五龙沟金矿成矿时代进行了综合确定,对于区内的进一步找矿工作具有一定的参考价值.

参考文献:

[1]张雪亭,穆一青,王维,等. 青海省矿产资源开发与利用战略[J]. 青海国土经略,2009(6): 29-33.

[2]袁万明,王世成,王兰芬. 东昆仑五龙沟金矿床成矿热历史的裂变径迹热年代学证据[J]. 地球学报,2000,21(4): 389-395.

[3]张雪亭,杨生德,杨站君,等. 1:1 000 000 青海省大地构造图及其说明书[M]. 北京:地质出版社,2007.

[4]王铜,吕古贤. 青海东昆仑中段五龙沟金矿构造特征与矿床学研究[J]. 矿物学报,2013(S2): 970-971.

[5]寇林林,张森,钟康惠. 东昆仑五龙沟金矿集区韧性剪切带构造变形特点研究[J]. 中国地质,2015,42(2): 495-503.

[6]田承盛. 东昆仑中段五龙沟矿集区金矿成矿作用及成矿预测研究[D]. 北京:中国地质大学,2012.

[7]陆霞. 东昆仑五龙沟金矿构造控矿特征研究[D]. 北京:中国地质科学院,2011.

[8]李厚民,钱壮志. 青海省都兰县五龙沟地区金矿化类型[J]. 青海国土经略,1999(1): 36-41.

[9]张金阳,马昌前,李建威. 东昆仑水闸东沟—黄龙沟金矿床硫化物矿物学特征对可见金形成条件的制约[J]. 矿床地质,2012,31(6): 1184-1194.

[10]侯长才,李宏录,李永太. 青海百吨沟地区金矿地质特征及找矿前景[J]. 矿产勘查,2015,6(2): 142-148.

[11]姚凤良,孙丰月. 矿床学教程(M). 北京:地质出版社,2006.

[12]徐国风. 河北某金矿床方铅矿研究[J]. 矿物岩石,1984(4): 159-168.

[13]李希,袁万明,郝娜娜,等. 东昆仑五龙沟花岗岩特征及其构造背景[J]. 世界地质,2014,33(2): 275-288.

[14]钱壮志,李厚民,胡正国. 青海五龙沟地区金矿控矿构造研究[J]. 西安工程学院学报,1997(S1): 27-32.