



陕西双王金矿床 地质特征及其成因

403
I (4-4)
6801

陕西科学技术出版社

地质矿产部攻关项目：编号86009

陕西双王金矿床 地质特征及其成因

陕西省地质矿产局第三地质队
武汉地质学院北京研究生院 著
陕西省地质矿产局西安测试中心

陕西科学技术出版社

内容提要

本书是一份由地质队、院校、测试中心协作攻关的科研成果，以科研报告为基础改写而成的。本书以大量的室内、外第一性资料为依据，详细论叙了双王~~山~~金矿床的地质特征。认为矿床系由断裂形成的角砾被含金的黄铁矿钠长石碳酸盐类矿物充填，胶结而成。书中所所述的一系列测试资料表明，矿床具深源特征，属：高—中温黄铁矿钠长石碳酸盐型碱性碳酸岩岩浆热液金矿床，较为独特。对此，本书建树了“双王型”这一新的金矿床成因类型。

本书可供从事矿产普查与勘探、矿山地质人员及大专院校有关专业师生、研究生参考。

本书主要编写人员：

武汉地质学院北京研究生院

石准立 刘瑾璇

陕西省地质矿产局第三地质队

樊硕诚 金勤海

陕西省地质矿产局西安测试中心

张文宣

主审：

尚瑞钧 方永安

前 言

双王金矿床是目前国内已知的第一个被大规模开发利用的大型、易选低品位金矿床，又因其矿石矿物组合比较独特，所以正日益为广大的地质工作者所重视。对矿床产出的地质环境及其成因，从八十年代初期公开报导以来陆续发表的文章中可以看出，认识颇不一致。这些不同的认识，由于受文章作者本身工作的深度和矿床各项地质工作的开展程度所限，是不可避免的。我们从1984年开始，通过将近三年的专题研究之后，认为双王金矿床除矿石矿物组合比较独特之外，也认为其产出的地质条件和矿床成因类型等，均有其本身的特点，比较特殊，与目前国内外已知的金矿床成因类型难以类比。为了能及时地、系统地向读者提供双王金矿床的有关资料，使所建树的“双王型”金矿床成因类型为广大地质工作者所接受，并在地质生产、矿产普查、科研和教学中得到及时应用，我们在科研报告的基础上修改编写了这本书。本书希望能使广大的地质工作者在各自的找矿工作中得到裨益。

1965年陕西省地质局第三综合普查队在检查1:20万区调重砂异常时，在太白县王家楞—王家庄一带发现了黄金矿化带，即称其为双王金矿化带。1976年开始，陕西省地质矿产局第三地质队在该带开展了普查评价工作，共圈出八个矿段，十九个矿体，基本确定了双王金矿床的范围。近年来，以矿床东段的八号矿体(KT8)为主，对其进行了详查—初勘工作，于1986年12月提交了《陕西省太白县双王金矿床东段八号矿体中间性地质勘探报告》，确定八号矿体的浅部已构成中型规模金矿床。

矿床赋存于秦岭泥盆纪的一套类复理石沉积的浅变质岩系中，受北西西—南东东向的断裂构造所控制。断裂形成的角砾被含金的黄铁矿钠长石碳酸盐类矿物充填、胶结，构成了一种较为独特的金矿类型，与已知金矿类型不能对比，所以，有必要对矿床的地质特征和成因类型等加以研究，以助今后对该类矿床的找矿和评价。

为了充分发挥野外地质队、地质院校和中心实验室各方面的优势和特长，这一工作采取了由陕西省地质矿产局第三地质队负责，武汉地质学院北京研究生院和陕西省地质矿产局西安测试中心参加的联合攻关的组织措施，于1983年9月6日组建了由石准立（武汉地质学院北京研究生院院长、教授）任组长，古貌新（陕西省地质矿产局第三地质队总工程师，1986年4月以后为樊硕诚地质工程师）、张文宣（陕西省地质矿产局西安测试中心高级工程师）任副组长的科研小组。同时，确定研究的主要对象是：1. 泥盆纪地层：建立矿区泥盆系的地层柱；2. 西坝岩体：查明与矿床的关系；3. 含金角砾岩带：查明产出地质特征和确定矿床成因。在矿床研究方面又具体地规定了主要的研究内容：矿床地质特征、角砾岩特征及角砾岩的成因；矿床物质成分及矿物学特征；矿化富集规律及找矿标志、成矿作用机制等。队、校、室协作三方明确了在研究过程中各自的任务和共同遵守的工作原则。商定课题名称为《陕西省双王金矿床地质特征及其成因类型的研究》。为地矿部攻关项目之一，编号“86009”，属三级课题；《秦巴地区金矿地质特征、

富集规律及远景评价研究》中的一个四级课题。课题研究工作自1984年3月至1986年11月,历时二年又七个月。研究成果原以《陕西省双王金矿床地质特征及其成因类型的研究报告》的形式向陕西省地质矿产局提交,1987年5月17日陕西省地质矿产局组织了该研究报告的评审会,并通过了这一报告,会议建议作者对报告进行必要的补充修改后尽快公开出版交流。三方研究人员接受了这一建议。

本书由前言和九章共十个部分组成。文中用板块构造观点讨论了地壳对接消减带与矿床和构造角砾岩带的关系;对矿区地层及其含金性提供了一些新的资料和认识;对西坝岩体的进一步划分提供了依据,并讨论了与金矿的关系;对矿区构造格架、角砾岩及钠长质岩石的成因提出了自己的看法;在野外观察的基础上,对成矿期进一步作了阶段的划分,多阶段成矿作用的资料为确立矿床的成矿机制提供了依据;热液矿物的矿物学研究,为成矿热液的物质组成和性质的确定提供了丰富的资料,并阐明了金的赋存状态;在综合了地质观察、矿石矿物组成、同位素、矿物包裹体、稀土元素组成等资料之后,讨论了主要成矿物质的来源,探讨了矿床的成因和其所属的成因类型。在工作中还对矿床评价及预测应注意的地质标志:如角砾岩类型、角砾大小、多期黄铁矿的叠加规律、蚀变特征、矿石中与金相伴生的元素及其组合的分布规律等因素和金矿化的关系作了一定的研究和总结。但由于受矿床勘查程度及其它妨碍观察研究的自然条件、工作人员的知识水平以及研究时间等因素的限制,上述问题的研究深入程度不一,某些问题显得研究不足,这些均有待今后的进一步工作。

参加研究报告编写的有:

陕西省地质矿产局第三地质队:樊硕诚、金勤海、蒲关虎、王彦、王文贤;

武汉地质学院北京研究生院:石准立、任建新、刘瑾璇、李伟源、陈丙芳、邹敬东、鞠党辰;

陕西省地质矿产局西安测试中心:张文宣、王景兰、马慧文。

研究报告和本书由金勤海统一编纂,石准立教授最终审定修改完稿。

除上述编写人员参加了本课题的各项研究工作之外,同敏中、刘安安、刘德福等同志也参加了野外和室内测试的部分工作。古貌新同志因工作调动未参与本书的最终讨论及编写。书中插图由陕西省地质矿产局第三地质队绘图室郝颖娟、徐圣慧等同志绘制。

原《陕西省双王金矿床地质特征及其成因类型的研究报告》评审组织成员:评审组组长 尚瑞钧(陕西省地质矿产局总工程师),评审组副组长 祁思敬(西安地质学院地勘系主任)、李和详(陕西省地质矿产局第六地质队总工程师、秦巴金矿科研三级课题负责人),成员 袁见齐(中国科学院学部委员、武汉地质学院北京研究生院教授)、李忠文(武汉地质学院北京研究生院副教授)、陈如意(陕西省地质矿产局地矿处处长)、王友文(陕西省矿产储量委员会办公室主任)、方永安(陕西省地质矿产局科技处主任工程师)。

自本研究课题设立以来,尚瑞钧总工程师、方永安主任工程师、陕西省地质矿产局第三地质队王琨高级工程师、方甲炳副总工程师对研究工作给予了多方面的支持和指导,对此,我们表示衷心的感谢。同时,我们向为本书提供参阅、利用的区调、普查、科研等资料的单位及个人致以敬意。

本书最终由尚瑞钧高级工程师、方永安高级工程师主审。

目 录

第一章 区域地质概况	1
第二章 矿区地层—星红铺组 (D_3X)	3
第三章 西坝岩体	6
第四章 矿区构造和角砾岩	12
第一节 矿区构造	12
一、褶皱	12
二、断裂	14
第二节 双王含金构造角砾岩	14
一、规模与产状	14
二、构造角砾岩体的特征及分类	15
三、角砾岩成因	20
第五章 矿床地质特征	24
第一节 矿段划分及矿体的产状特征	24
第二节 热液成矿阶段的划分和矿石特征	25
一、热液成矿阶段的划分	25
二、矿石物质组成	26
三、矿石结构	38
四、矿石构造	38
五、矿石类型	39
第三节 各成矿阶段的基本特征及金矿化强度	39
一、各成矿阶段的基本特征	39
二、各成矿阶段的金矿化强度	41
三、表生作用对金矿化的影响	44
第六章 近矿围岩蚀变	45
第一节 近矿蚀变围岩的分布特征	45
第二节 蚀变岩的分类	48
一、交代钠长岩	48
二、交代含铁白云石钠长岩	49
三、含铁白云石钠长石化绢云板岩	49
四、钠长石化绢云板岩	50
第三节 蚀变岩石的组分特征	50
一、蚀变岩石的化学组分	50

二、主要蚀变矿物的化学组分	54
第四节 影响蚀变作用的基本因素	57
第七章 成矿物质来源	59
第一节 矿区围岩—泥盆纪地层与矿床的关系	59
一、泥盆纪地层中金的丰度及其分布	60
二、近矿围岩蚀变与金矿化	62
三、矿石和近矿围岩中的微量元素组合特征	66
第二节 西坝岩体与矿床的关系	67
一、岩体和矿床的形成时代	67
二、双王金矿床与西坝岩体的空间关系	67
三、岩体的含金性	67
四、岩体的微量元素特征	68
五、岩体热场对矿床的影响	68
第三节 成矿物质地幔来源的可能性	74
一、矿床的同位素组成	74
二、矿床的稀土元素组成及其配分型式	81
三、矿石中的铂族元素及矿物组合特征	82
第八章 成矿机制初探	85
第一节 成矿作用的物理、化学条件	85
一、成矿流体的温度、压力	85
二、成矿流体的化学成分及热力学特征	88
三、成矿流体的热场特征	92
第二节 金的迁移和沉淀	94
一、成矿热液的性质	94
二、金的迁移和沉淀	95
第九章 双王金矿床的成因类型及其评价标志	97
第一节 双王金矿床的成因类型	97
第二节 矿床的成矿模式	100
第三节 双王型金矿的找矿准则和评价标志	101
一、泥盆纪地层、构造断裂角砾岩带	101
二、围岩蚀变	104
三、指示角砾岩带含矿的地球化学标志	107
四、地表风化淋滤带在找矿、评价中的作用	113
参考文献	115
图版	116

第一章 区域地质概况

双王金矿床地处东秦岭西段南侧，位于陕西省太白县西南部，呈北西西—南东东向带状分布于红崖河王家楞至太白河王家庄一带。矿床断续长约11.5公里，宽7~500米，以红崖河与太白河之间的分水岭为界，分东、西两段，东段长约5公里，西段长约6.5公里。

矿床所处的大地构造位置，根据《陕西省区域地质志》从槽、台传统学派理论所作的构造—地层区划^①，矿床处于秦岭褶皱系南秦岭印支褶皱带凤县—镇安褶皱束的北缘，其北为礼县—柞水华力西褶皱带。在王鸿祯等从板块构造角度所作的构造分区中，⁽¹⁾矿床则位于扬子地台北侧陆缘区和华北地台南侧陆缘区对接消减带附近的扬子地台一侧（图1-1）。

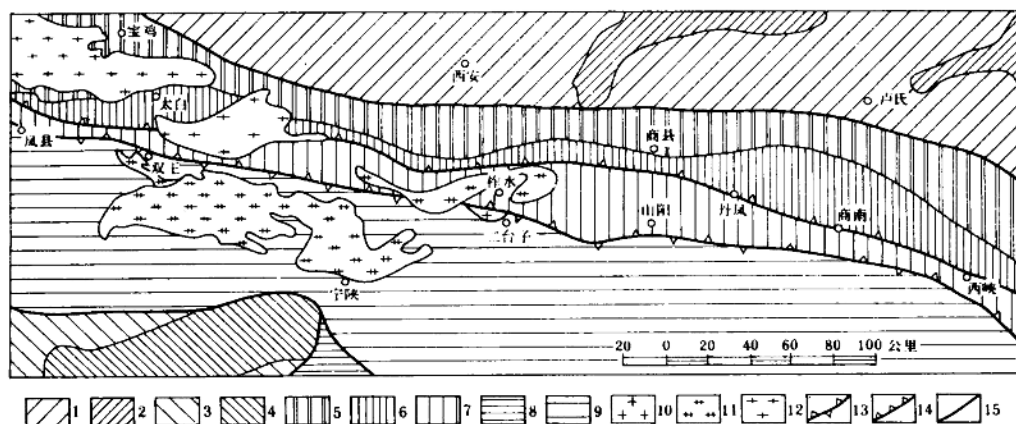


图1-1 陕西双王—二台子金矿带区域地质构造示意图

1. 华北地台区； 2. 太古界、下元古界基底； 3. 扬子地台区； 4. 前震旦系基底； 5-7. 华北地台南侧陆缘区； 5. 中元古代褶皱带； 6. 加里东褶皱带； 7. 海西褶皱带； 8-9. 扬子地台北侧陆缘区； 8. 加里东褶皱带； 9. 海西印支褶皱带； 10. 加里东期中酸性侵入岩； 11. 印支期中酸性侵入岩； 12. 燕山期中酸性侵入岩； 13. 地壳对接消减带； 14. 地壳连接消减带； 15. 地台边界断裂带

（据王鸿祯等，1982 本文略有修改）

双王金矿床的围岩除第四系外，均为泥盆系。秦岭地区的泥盆系按其沉积物性质及岩层在剖面中的组合特征，由北向南分别以唐藏—白云—丹凤—商南一线（即商丹断裂，北侧为秦岭群— Pt_1 ）、凤州—山阳（习称山阳断裂）、江口—板岩镇和石泉—安康为分界线，划分北（唐藏—山阳泥盆系分布区）、中（凤县—镇安泥盆系分布区）、南（徽县—旬阳泥盆系分布区）三个（区）带。双王金矿床分布区所出露的泥盆系均属中带泥盆系。

① 陕西省地质矿产局区域地质调查队 《陕西省区域地质志》，1984。

矿区范围内的泥盆系，上、中、下泥盆统均可见及。但对其底部层位的归属，近年来有人主张将其划分为志留系^①。这种看法因资料欠充分，所以，目前尚未被在本区工作的多数地质同行所接受。其它层位的形成时代，认识比较一致，只是在沉积物生成的世代划分及其具体地质界线的确定等方面稍有分歧。

矿区范围内的岩浆活动不甚强烈，以印支期中酸性岩浆侵入为主，形成西坝复式岩体。该岩体位于矿区南部，属宁陕岩体群的一个成员。燕山期仅表现为一些规模不大的花岗岩脉和煌斑岩脉的侵入。

运用板块构造的理论，对于正确认识秦岭古海域的发生、演化过程是可行的。因为，秦岭古海域的发生、演化结果，是宏观了解双王金矿床产出构造条件的基础。我们知道，秦岭古海域处于华北地台和扬子地台北、南夹持的过渡地域，根据地层间的关系和沉积物性质及其物质来源等，王鸿祯（1982）认为^[1]，陕西秦岭古海域在中三叠世末之前是分隔中国南、北的一条主要界线。古海域包括华北地台和扬子地台之大陆边缘区，经长期发展至印支期对接并合、褶皱升起、海域消失的地质历史过程之后，两个相对的大陆边缘区最终联结，形成了重要的地壳对接消减带，使秦岭地区转为陆相沉积环境。据此认为，由于南北向的挤压，所以，在这一对接消减带（即山阳大断裂）的南北两侧分别发育一组近东西向展布的走向性断裂带，其中产有呈带状分布的构造角砾岩（体），双王金矿床即产于此类角砾岩体（带）中。已知的同类型矿床还有镇安县二台子金矿床（图1-1）。矿床的这种产出地质条件对矿床成因和分布规律的研究，以及指导找矿等，不仅具有理论意义，而且也有着重要的实际意义。

①杜定汉在《陕西秦巴地区泥盆系研究》（1983）一文中，将西坝附近出露的下泥盆统王家楞组（原文为中泥盆统龙家河组。本文以该组顶部产化石：*Euryspirifer* sp. 和 *Acrospirifer* cf. *Lungmenshanensis* 为依据将其定为下泥盆统，复称王家楞组）含炭质片岩的下岩性段（D₁w^a）划为志留系，并以此作为海底隆起的依据，向东经宁陕菜子坪、山阳板板山至镇安古道岭一带为界，将秦岭地区泥盆系划分为南、北两带。

第二章 矿区地层—星红铺组 (D_3x)

双王金矿床矿区范围内的泥盆系(图2-1),在陕西省泥盆纪地层区划中归属于凤县—镇安地层分区^①。区内所见地层由老至新为:王家楞组(D_1w)、古道岭组(D_2g)、星红铺组(D_3x)和九里坪组(D_3j)。其中星红铺组是矿床的直接赋存层位。

星红铺组(D_3x)地层主要展布于矿区中部(图2-1),分上、下两个亚组(图2-2):下亚组(D_3x_1)主要为一套薄—微薄层状(钙质)粉砂岩、粉砂质绢云板岩互层的类复理石沉积。粉砂岩单层厚度变化区间为0.2~30厘米,一般层系厚度为1~5厘米左右,即组成粉砂岩单层厚度的最大层系数最多可达五个。粉砂质绢云板岩单层厚度变化区间为0.5~55厘米,一般约在20~30厘米之间。通过对岩石中的钙、泥、砂质目估含量统计及岩层结构的数学处理,结合沉积韵律等特征,进一步划分为三段、七个沉积—岩性层。总厚度为1175.68米。上亚组(D_3x_2)则以含生物碎屑的厚层状灰岩、薄层状泥质灰岩、绢云绿泥板岩为主,间夹斑点状板岩的岩性组合为特征,按泥、钙质比例和岩层厚度结构等,可划分为两个岩性段。厚度大于131.24米。列述如下(图2-2):

上泥盆统星红铺组剖面(以庙沟—南天门实测剖面为依据)

上覆:上泥盆统九里坪组(D_3j)砂岩

断 层

星红铺组 (D_3x)	>1306.92 米
上亚组 (D_3x_2)	>131.24 米
$D_3x_2^2$	
18·浅灰色厚层状生物碎屑结晶灰岩	>14.0 米
$D_3x_2^1$	
17·粉砂质板岩夹泥质粉砂岩	34.09 米
16·千枚状斑点状钙质板岩	31.38 米
15·深灰色薄层状灰岩夹泥质板岩	5.39 米
14·浅灰色薄层状生物碎屑灰岩	14.72 米
13·暗灰色斑点状泥质板岩夹深灰色薄层状灰岩	17.51 米
12·薄层状钙质粉砂岩夹灰岩	14.15 米
下亚组 (D_3x_1)	1175.68 米
$D_3x_1^3$	
11·浅灰绿色中层状粉砂质绿泥绢云板岩夹薄层变质粉砂岩 粒级层发育	141.20 米
$D_3x_1^{2-4}$	
10·浅绿灰色中—薄层状变质粉砂岩夹粉砂质绢云板岩 斜层理发育	100.00 米
跳鱼潭角砾岩体即产于该层中	

①陕西省地质矿产局区域地质调查队《陕西省区域地质志》，1984。

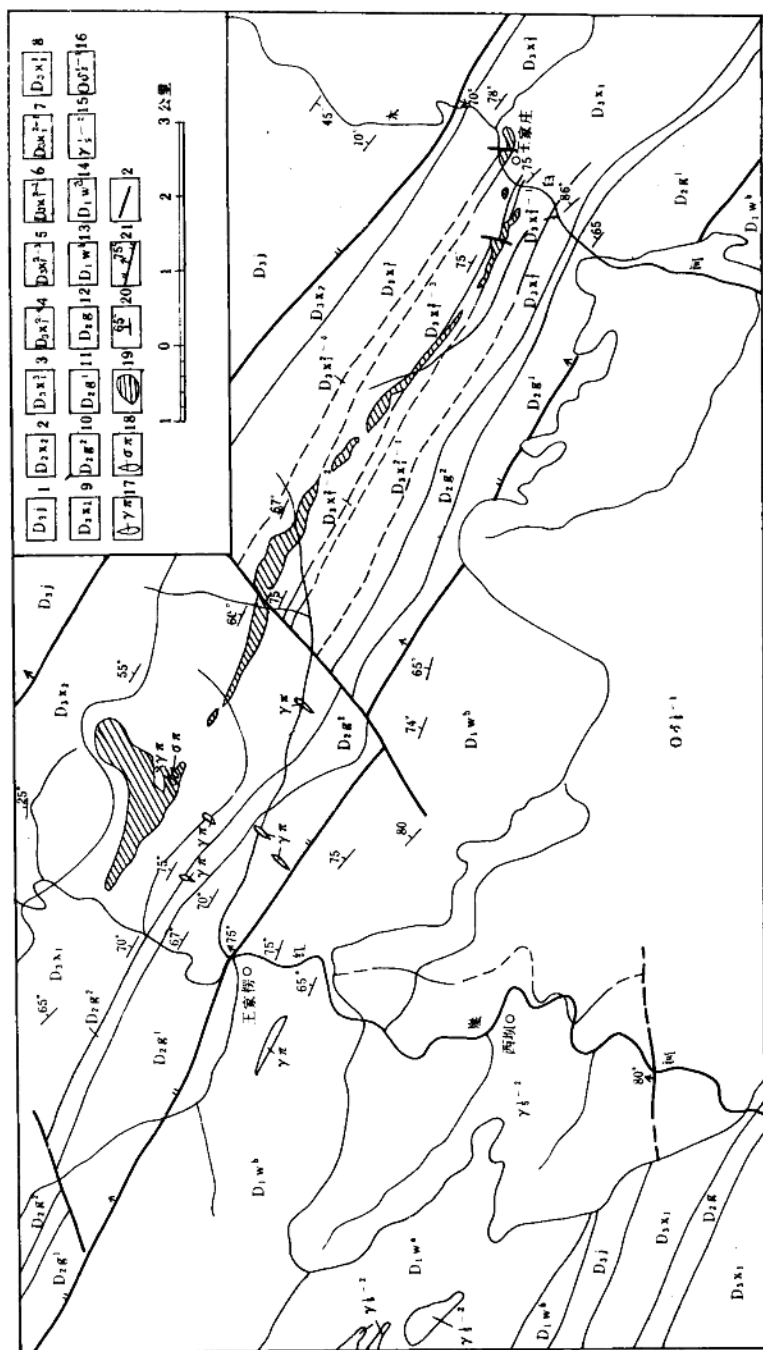


图2-1 双王金矿床矿区地质略图

1. 九里坪组粉砂岩、板岩互层
2. 星红铺上亚组含生物碎屑粉砂岩
3. (3-8) 星红铺下亚组粉砂岩
4. 变质粉砂岩板岩
5. 粉砂质绢云板岩
6. 变质粉砂岩夹绢云板岩
7. 变质粉砂岩、绢云板岩互层
8. 绢云板岩、钙质板岩
9. 星红铺下亚组 (未分)
10. 古道岭上亚组粉砂岩互层
11. 古道岭下亚组钙质粉砂岩夹生物灰岩
12. 古道岭组未分
13. 王家湾组上段
14. 王家湾组下段变质粉砂岩夹结晶灰岩、炭质片岩
15. 印支晚期二长花岗岩
16. 印支早期石英二长闪长岩
17. 花岗岩岩脉
18. 中、基性岩脉
19. 含金构造角砾岩体
20. 地层产状
21. 正断层及产状
22. 性质不明断层

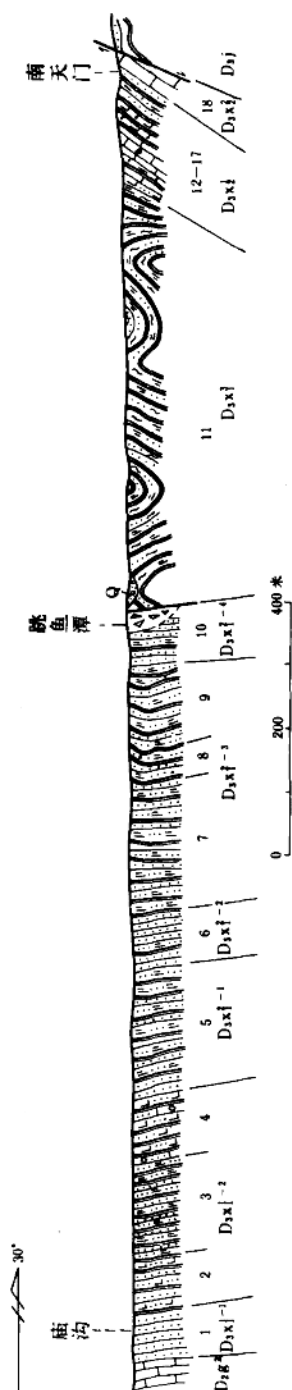


图 2-2 太白河庙沟—南天门星红铺组实测剖面图

$D_3 x_1^{2-3}$

9. 浅绿灰色粉砂质绢云板岩、薄—微薄层状粉砂岩互层 145.77 米

8. 粉砂质绢云板岩、斑点状绢云板岩、粉砂岩互层 40.97 米

7. 粉砂岩、粉砂质绢云板岩互层 180.54 米

7—9 层中斜层理、交错层理、包卷层理等原生沉积构造发育

$D_3 x_1^{2-2}$

6. 浅绿灰色薄—中层状变质粉砂岩间夹粉砂质绢云板岩 斜层理、包卷层理发育 68.70 米

$D_3 x_1^{2-1}$

5. 浅绿灰色微薄—薄层状变质粉砂岩与粉砂质绢云板岩互层 见斜层理 170.00 米

$D_3 x_1^{1-2}$

4. 深灰色钙质板岩与薄层泥、砂质结晶灰岩互层 62.00 米

3. 浅绿灰色薄—微薄层状粉砂质绢云板岩与变质粉砂岩互层 121.00 米

2. 黑灰色千枚状钙质板岩夹浅绿灰色薄—微薄层状变质粉砂岩 80.00 米

$D_3 x_1^{1-1}$

1. 浅灰白色中层状局部为厚层状变质石英细砂岩、粉砂岩 见包卷层理 65.50 米

——整合接触面（剖面未直接见及）——

下伏：中泥盆统古道岭组（ $D_2 g$ ）灰岩

星红铺组（ $D_3 x$ ）与下伏古道岭组（ $D_2 g$ ）的接触界线，在太白河剖面中因覆盖而未出露，但西部红崖河爱好沟口则见其为整合接触。

双王含金构造角砾岩在 $D_3 x_1^2$ 和 $D_3 x_1^3$ 岩性段的各层中均有分布。

第三章 西坝岩体

西坝岩体是矿区范围内出露的一个主要岩浆岩侵入体，系多期岩浆活动的结果，早期石英二长闪长岩，晚期二长花岗岩，均为印支期产物，形成于双王金矿之前。此外，区内尚可见及一些规模不大的花岗斑岩脉和煌斑岩脉，属燕山期产物，形成于成矿之后。

西坝岩体北距双王含金构造角砾岩带1~3公里，总出露面积约150平方公里（长30公里、宽2~8公里），矿区内出露面积约50平方公里（图2-1）。

岩体西起西坝以西，往东大致以130°的方向展布于太白河乡以东一带，在牛尾河皂角湾附近（在矿区以外）与宁陕岩体群的五龙岩体分界（宁陕岩体群中的华阳二长花岗岩铀—钍—铅等时年龄为202百万年）〔2〕。

岩体总体沿西坝背斜轴部出露，区内被侵入的地层层位有：王家楞组（D_{1w}）、古道岭组（D_{2g}）、星红铺组（D_{3x}）和九里坪组（D_{3j}）。

西坝岩体大致以红崖河为界，东为石英二长闪长岩，西为二长花岗岩（图2-1）。

岩石的矿物组成特征见表3-1，图3-1。石英二长闪长岩的斜长石牌号由费氏

西坝岩体不同期岩浆岩矿物组成表

表3-1

岩性	样号 (yb)	主要造岩矿物含量(%)								副矿物
		中长石		更长石		微斜长石	石英	角闪石	黑云母	
		含量(%)	An	含量(%)	An					
石英二长闪长岩	10	51.6	32			22.0	14.9		11.0	榍石、磷灰石、磁铁矿、褐帘石、锆石
	11	50.4				20.0	17.4	11.8		
	15	60.0				16.2	12.2	11.1		
	18	47.5	30			18.9	15.6		17.0	
二长花岗岩	89			34.0	24	42.0	20.0		4.0	除上述矿物外，尚见钛铁矿
	98			33.0	25	40.0	25.0		2.0	
	102			27.8	23	38.3	31.2		2.2	

台双晶法测定，二长花岗岩斜长石牌号由垂直(010)晶带切面的最大消光角法所测定。岩石的化学组分见表3-2。

由表3-3、图3-2可见，岩石具典型的铈族稀土配分型的组成特征，其中 $\Sigma \text{RE} / \Sigma \text{Y}$ 之值，石英二长闪长岩为3.46，二长花岗岩为6.97。

岩石中长石的微量铅属正常铅性质（表3-4，图3-3）。

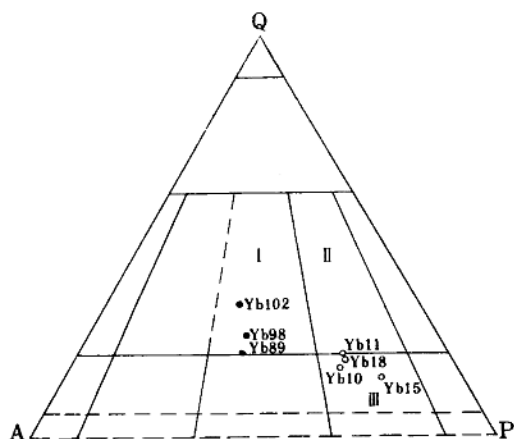


图3-1 西坝岩体不同期次岩浆岩在岩石分类图中的投影(根据1972年国际地科联分类图)

I: 二长花岗岩区 II: 花岗闪长岩区 III: 石英二长闪长岩区

矿物含量分别由陕西地质三队王彦工程师、武汉地质学院北京研究生院向刚老师用直线法测定

用石英的玻璃包裹体测得石英二长闪长岩岩浆的温度(均一)为1100℃,二长花岗岩岩浆的温度(均一)为900℃(见表3-5)。另由石英—磁铁矿矿物对测得氧同位素平衡温度:石英二长闪长岩为420~476.5℃,平均448℃,二长花岗岩为439~547℃,平均493℃(表3-5)。

据此可见,石英二长闪长岩岩浆开始结晶时的温度大致在1100℃左右,较花岗岩岩浆开始结晶时的温度(900℃)约高200℃。当达到石英—磁铁矿矿物对同位素交换停止时,氧同位素平衡温度前者较后者约低45℃左右,这表明二长花岗岩岩浆的冷却速度远较石英二长闪长岩岩浆要快得多。

据图2-1及佛坪幅地质图(1:20万)^①,西坝石英二长闪长岩岩体所侵入的最高层位是九里坪组(D_{3j})。这样,岩体侵位

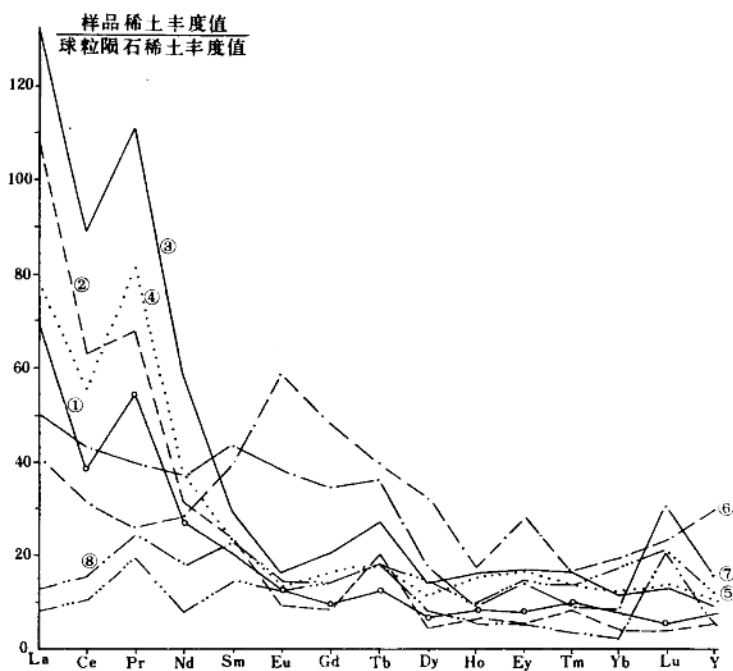


图3-2 双王地区稀土元素组成模式

图中数字为样品顺序号见表3-3

时的深度我们大致可用佛坪幅地质图(1:20万)北部地区的石炭系和二叠系的总厚度来概略推算,可能在1.3公里以上,并以此估算岩浆岩侵位时静岩压力 $>3.3 \times 10^7$ 帕。

为了较确切地查明西坝岩体的形成时代,研究组于1984年,大致在西坝岩体的中心部位(太白河元坝子附近)取细—中粒石英二长闪长岩作铷—锶矿物—全岩等时年龄测试,测试结果,其等时年龄为213.5百万年(表3-6),在此之前,陕西省地

①陕西省地质局《佛坪幅(I—48—XXIV)地质图》,1963。

西坝岩体不同期岩浆岩石化学成分表

表 3-2

序 号	样 号	样 位	岩 性	主 要 氧 化 物 (%)									
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	YG 3	太白河元坝子	石英	61.22	0.62	16.50	0.68	3.31	0.03	3.45	4.67	3.60	3.35
2	YG 4	太白河大石片	二长	63.25	0.55	15.43	1.19	2.73	0.03	2.75	4.15	3.49	3.61
3	YG 2	太白河水北沟	闪长	54.99	0.80	15.29	1.47	4.79	0.04	6.41	7.37	3.19	2.35
4	G 6-178/2	太白河	长岩	67.11	0.38	14.75	0.91	2.21	0.05	2.50	3.60	3.95	3.60
5	G 6-178/1	太白河		58.31	0.615	15.87	2.18	3.98	0.19	5.25	5.38	4.60	2.40
	平 均											3.766	3.06
6	74411	红崖河桐车坝		73.18	0.25	13.20	0.37	0.89	0.07	0.72	0.90	3.70	4.77
7	73411	红崖河西坝		70.99	0.26	14.55	0.84	1.15	0.07	0.48	1.61	4.43	4.64
8	73412	红崖河西坝		70.62	0.29	14.31	1.31	1.67	0.08	0.44	1.63	4.43	4.64
9	41178-19	红崖河吊庄子		68.14	0.21	15.34	1.08	1.32	0.03	0.72	2.01	4.23	4.80
10	41178-20	红崖河吊庄子		69.61	0.22	14.11	0.81	1.50	0.04	0.54	1.63	4.00	4.77
11	YG 3	红崖河浑水沟		70.42	0.19	15.29	0.73	1.37	0.02	0.76	1.76	3.90	4.80
	平 均											4.115	4.74

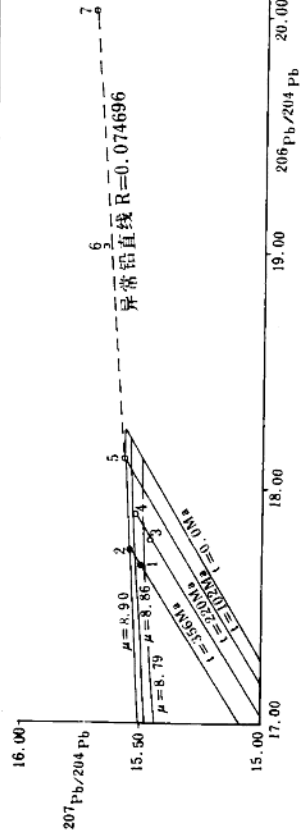


图 3-3 普通铅等时线图
(图中样号与表 3-4 序号同)

黑点为石英二长闪长岩，圆点为二长花岗岩，圆点带横杠者为矿石中的黄铁矿

双王地区稀土元素特征表

表 3-3

顺 序 号	名 称	稀 土 元 素 丰 度 值 (ppm)															稀 土 元 素 总 量	$\frac{\Sigma \text{Ce}}{(\text{La} / \text{Eu})}$ $\frac{\Sigma \text{Y}}{\text{Y}}$	$\frac{\Sigma \text{Ce}}{\Sigma \text{Y}}$	$\frac{\text{Eu}}{\text{Sm}}$	$\frac{\text{Eu}}{\text{Eu}^*}$	δEu	
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y							
1	石英二长闪 长岩	23.02	34.19	6.13	16.29	3.71	0.84	2.43	0.59	2.09	0.57	1.59	0.30	1.58	0.18	14.96	108.47	84.18	24.29	3.46	0.23	12.17	0.80
2	二长花岗岩	35.82	55.35	7.61	18.86	4.31	0.65	2.08	0.93	1.39	0.45	1.14	0.26	0.97	0.14	10.24	140.20	122.60	17.60	6.97	0.15	9.42	0.59
3	绢云母板岩	43.49	78.14	12.42	35.15	5.35	1.12	5.03	1.28	4.36	1.15	3.41	0.50	2.28	0.45	18.11	323.10	286.55	36.55	7.84	0.21	16.23	0.65
4	交代钠长岩 (角砾)	25.58	48.84	9.10	22.29	4.14	0.95	4.08	0.82	3.48	1.05	3.32	0.42	2.37	0.47	20.47	147.38	110.90	36.48	3.04	0.23	13.77	0.70
5	铁白云石 (II)	2.64	9.36	2.15	4.80	2.59	0.85	3.56	0.85	4.53	0.68	2.89	0.42	3.42	0.73	24.02	63.52	22.42	41.1	0.54	0.34	12.75	0.89
6	方解石 (III)	13.60	27.68	2.90	17.15	7.24	4.05	12.14	1.87	10.11	1.24	5.60	0.49	3.86	0.79	58.27	166.99	72.62	94.37	0.77	0.56	58.70	1.32
7	白方解石 (V)	16.60	38.26	4.47	22.29	7.93	2.67	8.67	1.70	5.40	0.63	2.89	0.27	1.71	1.05	31.50	146.04	92.22	53.82	1.71	0.34	38.70	0.98
8	粉方解石 (V)	4.20	13.84	2.73	10.72	4.22	0.99	3.56	0.85	2.70	0.38	1.14	0.12	0.49	0.73	11.81	54.48	36.70	21.78	1.68	0.23	14.35	0.76
球粒陨石丰度值		0.33	0.88	0.112	0.60	0.181	0.069	0.249	0.047	0.31	0.07	0.20	0.03	0.20	0.034	1.96							

※球粒陨石丰度值参考《稀有元素地球化学》(地质部稀有元素矿产训练班、广东省地质局合编 1981·3)

质矿产局区调队曾以全岩铷—锶等时年龄 (285 百万年) 资料为依据, 将西坝岩体的形成时代划为华力西期^[2]。由于全岩铷—锶等时年龄样品分析值的值差过小, 样品的线性关系不很清楚。而全岩—矿物铷—锶等时年龄样品 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的值差很大, 相关系数 $\gamma = 0.9999$, 线性关系清楚。据此, 本文采用 213.5 百万年的年龄值, 该值显然与印支期相当, 与区域地质资料相对比后, 把西坝岩体的石英二长闪长岩的形成时代定为印支早期, 代号: Ods_5^{1-1} 。西坝岩体中的二长花岗岩, 根据野外所观察到的二长花岗岩切截石英二长闪长岩和接触带二长花岗岩一侧所存在的冷凝边 (带) 等现象, 并参考陕西省地质矿产局第三地质队 1977 年所作的黑云母钾—氩同位素年龄样品的分析结果 (198.3—212.8 百万年, 表 3-7) 和宁陕岩体群华阳二长花岗岩岩体 (在研究区南部) 的铷—钍—铅等时年龄值 202 百万年^[2] 的区域资料, 认为西坝岩体的二长花岗岩与华阳二长花岗岩一起代表了秦岭南部的—次规模较大的岩浆活动。考虑到在钾—氩法年龄测试过程中可能存在的大气氩的影响, 所以, 我们选用 198.3 百万年 (大气氩为 2.78% 的 $\text{K}-\text{Ar}$ 年龄值, 表 3-7) —202 百万年 (华阳二长花岗岩岩体的 $\text{U}-\text{Th}-\text{Pb}$ 等时年龄值) 来表示该期岩浆活动的时间。这样, 我们就将其形成时代划归为印支期晚期, 代号: γ_5^{1-2} 。

普通铅法模式年龄

表 3-4

顺序号	样位	样名	测试矿物	同位素比值			Φ	单阶段模式年龄 (Ma)	铀-铅系统	
				$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$			$^{*}\mu$	ν
1	元坝子	石英二长闪长岩	钾长石	17.674	15.506	37.808	0.622923	354	8.86	0.0643
2	元坝子	石英二长闪长岩	斜长石	17.742	15.552	37.977	0.623355	358		
3	浑水沟	二长花岗岩	钾长石	17.782	15.473	37.744	0.611091	228	8.79	0.0638
4	浑水沟	二长花岗岩	斜长石	17.894	15.529	37.997	0.609642	213		
5	11号矿体	角砾岩胶结物	黄铁矿	18.116	15.577	38.142	0.599728	102	8.90	0.0646
6	5号矿体	角砾岩胶结物	黄铁矿	19.016	15.666	39.949	0.553301	<0.0		
7	8号矿体	角砾岩胶结物	黄铁矿	20.020	15.720	39.177	0.506487	<0.0		

※为模式年龄值按公式： $\mu = \frac{x - a_0}{e^{\lambda t_0} - e^{\lambda t}}$ 和 $\mu = \frac{137.8 (y - b_0)}{e^{\lambda' t_0} - e^{\lambda' t}}$ 之平均值。式中常数：

$a_0 = 9.307$ $b_0 = 10.294$ $t_0 = 4.485 \times 10^9$ 年 $\lambda = 0.155125 \times 10^{-9}$ 年 $^{-1}$ $\lambda' = 0.98485 \times 10^{-9}$ 年 $^{-1}$

西坝岩体氧同位素及其平衡温度计算表

表 3-5

样号	样位	岩性	氧同位素		温度 (℃)		
			矿物	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW)	同位素平衡温度※		玻璃包体 均一温度
YRZ 2	太白河	石英二长闪长岩	石 英	+8.42	476.5	平均448	1100
			磁铁矿	-1.125			
YDZ 8	柘梨园		石 英	+10.41	420		
			磁铁矿	-0.613			
YDZ ₁₀	浑水沟	二长花岗岩	石 英	+10.76	439	平均493	900
			磁铁矿	+0.275			
YDZ ₁₁	桐车坝		石 英	+7.57	547		
			磁铁矿	+1.465			

※同位素平衡温度的计算公式：

$$\Delta_{\text{石英-磁铁矿}} = 4.89 \times 10^6 T^{-2} + 0.84 \quad (\text{张理刚 1983})$$