

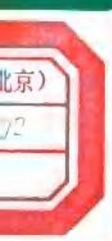
地矿部秦巴攻关项目与北京市中关村地区
联合分析中心共同赞助

北秦岭侵入岩带 与晋宁运动

姜常义 苏生瑞 著
赵太平 杨志华



地质出版社



中国地质大学(北京)地质研究所
地质研究所

北美晚侵入岩带 与晋宁运动

田 杰



地质出版社

地矿部秦巴攻关项目与北京市中关村地区
联合分析中心共同赞助

北秦岭侵入岩带与晋宁运动

姜常义 苏生瑞 著
赵太平 杨志华

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书从区域地质学、构造地质学、岩石学、地球化学和同位素年代学的角度,系统论证了北秦岭存在一条绵延达 800km 长的晋宁期活动陆缘型侵入岩带。同时,详细论述了晋宁期商州蛇绿岩带。以这些研究成果为基础,论述了晋宁运动的构造体制是板块体制,晋宁运动的建造和构造奠定了北秦岭褶皱带的基本格局。此外,本书还从多方面论证了北秦岭早古生代火山岩属双峰式组合,以拉斑玄武岩和碱性玄武岩并存为特征。从而,证明早古生代裂谷演化到了陆内裂谷的高级阶段。

本书可供大地构造学、岩石学专业和地勘单位的地质工作者、研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

北秦岭侵入岩带与晋宁运动/姜常义等著. -北京:地质出版社,1998. 3

ISBN 7-116-01623-6

I. 北… II. 姜… III. ①侵入岩-研究-秦岭②晋宁运动-研究-秦岭 IV. P588. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 07677 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:王 璞

责任校对:关风云

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:6.75 图版:8 页 字数:150000

1998 年 3 月北京第一版·1998 年 3 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:16.00 元

ISBN 7-116-01623-6
P·1313

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

众所周知,地壳上的造山带历来是大地构造理论的策源地。夹持在华北和扬子两板块之间的秦岭-大别造山带,由于它处于独特的构造部位,又具有复杂的构造格局和演化经历,受到国内外地质学家们的普遍关注。自 80 年代中期以来,地矿部和国家自然科学基金委员会分别投入了大量资金,组织了众多的单位和学者在这一地区开展研究工作,从而极大地提高了秦岭-大别造山带的研究程度,并解决了一些重大基础地质问题;但随着研究工作的不断深入,围绕秦岭-大别造山带的构造格局和演化进程问题又出现了众多的分歧意见。就东秦岭而言,这些认识分歧主要集中在造山带核部——北秦岭地带。因之,北秦岭事实上成为解决秦岭造山带重大基础理论问题的锁钥之地。

在有关北秦岭造山带的众多分歧认识中,诸如早古生代是否出现过大洋、加里东运动的性质以及板块之间的碰撞和拼贴的确切时代等问题尤为重要。迄今为止,多数学者仍坚持认为,在早古生代时北秦岭存在有大洋或出现过因陆壳拉张而形成的小规模洋盆;加里东运动是北秦岭的一次主要造山运动,而它又起因于华北和扬子板块的碰撞作用;自泥盆纪以来,北秦岭才结束了板块边缘的演化历史。

作者以实地调查所搜集到的第一手实际资料和室内测试所获得的大量数据为基础,针对上述认识提出了反驳性的论证。在长安至凤县的原定为秦岭岩群的地层单位中,作者识别出了一条断续延展长达 260km 的中酸性古老侵入岩带,它们的同位素年龄值为 $0.8 \sim 0.7\text{Ga}$;而对豫西的二郎坪岩群及其西延的同时代火山岩,作者又列举出众多事实证实其主体由中基性侵入岩体所组成,它们的侵入年龄值为 $1.0 \sim 0.9\text{Ga}$;基于上述两条岩带的厘定、空间展布、岩石组合特征和标志侵入作用的年龄值等,作者认为,它们属于标准的会聚边缘型正序岩浆演化序列,进而推断出是晋宁运动结束了北秦岭地区的板块边缘演化经历;至于分布于北秦岭南侧的丹凤群火山岩系,作者依据它的变形和变质程度与毗邻的泥盆系一致,因而主张北秦岭不存在加里东期的造山运动。上述论点的提出,是对研究区存在的重大问题的一种解答,不过又与多数从事过秦岭造山带的学者所持意见相悖。无疑,这是一次学术争鸣和挑战,我认为本专著的出版是一件大好事。因为它将引起学术界的更大关注,必将对今后北秦岭造山带研究工作的深入开展起到促进作用。仅此而言,我深信本专著的出版具有重要的学术意义。

秦岭东连大别山,西接昆仑山脉,绵延数千公里。想要对如此宏伟的造山带之演化全过程得出符合地质实际的真知灼见,没有十代人的持续探索是不可能实现的。欧洲的阿尔卑斯和北美的阿帕拉契亚等山脉的地质研究都已有逾百年的历史;但随着新理论和新方法的问世和运用,还不断有新的发现。这些都是地质认识无穷尽的极好例子。因之,无论是前人的研究成果,抑或本专著所提出的认识,都必然具有一定的局限性和片面性。这种不足是客观存在的,并不以作者是否意识和承认而改变。科学的生命在于不断地探索和创新,这是一条颠扑不破的真理。就一名科学家而言,不管他的学术造诣、资历、名望有多高,一旦自从为掌

握了终极真理,因而固执己见,排斥异己,他(或她)的科学生涯也就寿终正寝了。此类例子在国内并非凤毛麟角。前车之鉴犹存,后来学者能不引以为戒!作者在文中以一名研究秦岭地质的“新兵”自诩,这种谦逊态度是应予嘉许的。但我以为凡事都是利弊共存的。“新兵”的不足在于对秦岭的地质事实知之较少;而他们的优势是没有陈规框框,很少思想负担和易于博采众长,进而有利于他们在研究工作中取得突破和创新。我们切不可因是“新兵”之作,而轻视他们的意见。事实上,任何一名地质学家总会有改变研究地区的时候。一旦进入新的工作区,是否意味着他们的研究成果水平必定不高呢?我看未必!一项研究成果的学术水平高低取决于是否有扎实依据的创新论断,而不是其它。“敢于探索,勇于创新,善待新兵”,谨以此话与作者共勉,以期我国构造地质学人才辈出,学术事业繁荣。

吴正文

1997年5月3日

前 言

横亘于中国大陆中部的秦岭山脉,不但构成了中国南北两大气候区的分界线,而且是华北板块与扬子板块的分界线和结合带。因此,秦岭山脉在中国大陆的漫长演化历史中具有举足轻重的地位,是蕴藏着许多有关中国区域地质之谜的渊藪。有鉴于此,自 19 世纪 60 年代至今的百多年间,国内外的地质学家对秦岭山脉进行了持续不断而且是卓有成效的研究与探索。新中国成立之后,大规模经济建设对矿产资源的需求为秦岭山脉的全面研究注入了强大的动力。数十年来,河南、陕西、甘肃、四川、湖北五省的广大地质工作者攀登于秦岭山脉的崇山峻岭之上,徒涉于险滩急流之中,苦苦求索。他们不但流下了辛劳的汗水,而且在矿产地质与基础地质的诸多方面都建立了不可磨灭的业绩。时至今日,有关秦岭山脉的各种科学研究都是建立在他们的辛勤耕耘与默默劳作之上的。

70 年代至 80 年代前半期是秦岭山脉研究历史中的一个重要转折期。在这一时期,首先是河南区调队金守文在豫西地区建立了二郎坪岩群。此后,陕西区调队符征信等在蟒岭地区建立了云架山岩群。继而,陕西区调队张维吉、肖思云等在陕西境内建立了丹凤岩群和斜峪关岩群。早在 60 年代,陕西区调队在凤太地区就建立了草滩沟岩群。在建群的同时或建群之后,在二郎坪、云架山和草滩沟岩群中发现了一些以早古生代为主的显生宙化石。至此,地质界在秦岭岩群的南北两侧确定出两条早古生代火山-沉积岩带。以此为基础,在整个 80 年代,在地质界形成了一种趋同的认识:北秦岭是加里东褶皱带。至今,这种认识仍然是有关北秦岭构造学说中的主流派观点。由于有较多的学者强调丹凤岩群和二郎坪岩群以火山岩为主,而且这两个岩群本身即构成了两个蛇绿岩套,所以,持主流派观点的学者往往认为北秦岭存在两条早古生代火山岩带和蛇绿岩带。进而言之,丹凤岩群构成的蛇绿岩套代表了位于海沟带的洋壳残片;而二郎坪岩群构成的蛇绿岩套则代表了弧后盆地的洋壳残片。位于这两个蛇绿岩带之间的秦岭岩群则构成了古岛弧的结晶基底。这种相互配套的沟-弧-盆体系明确地昭示世人:北秦岭在加里东运动阶段的构造体制是板块体制。然而,并非所有的论据都与这种论点相符。80 年代以来,在原先人们认定为应属加里东期的地质体中,先后测定出一批属新元古代的同位素年龄数据。为了解释这些同位素年龄资料,也是出于必要的谨慎,一些学者将上述地质作用和构造体制的年代下限下延至新元古代。从而,在客观上强调了从新元古代至加里东晚期在长达数亿年的时限内,北秦岭构造运动和构造体制的连续性和一致性。

90 年代前半期,地质矿产部在秦岭-巴山地区设立了攻关项目。该项目在主要成矿区带设立课题和专题,并直接提交找矿靶区。本书作者有幸参加了对秦岭造山带新一轮的研究工作。在参与完成上述任务的同时,作者致力于研究北秦岭褶皱带的丹凤岩群、秦岭岩群、二郎坪岩群、云架山岩群、斜峪关岩群、草滩沟岩群等变质地层。在历时 4 年的研究过程中,我们进行了大量的野外地质观测,实测了多条地质剖面,研究了数百片岩石薄片。进而,开展了岩石化学、稀土元素地球化学、微量元素地球化学和钐-钕同位素年代学研究。以上述地质工作

和地质研究为基础,我们取得了如下新认识。

(1) 在丹凤县城至商南县城之间前人确定的丹凤岩群空间范围内,有少量变质地层,变质级达角闪岩相,而且普遍经历了塑性变形。在丹凤岩群最西端的塘藏地区,丹凤岩群主要由玄武质火山碎屑岩、细晶大理岩、陆源碎屑岩组成;变质级限于低绿片岩相的绿泥石带和绢云母带,变形特征属弹粘性范畴。其物质组成、变质变形特征与前人在南侧确定的泥盆系完全相同,而且二者之间并无明显的地质界线。丹凤岩群,除上述东西两端的少量变质地层和浅变质地层外,其余部分均由不同程度变形的侵入体组成。按照侵位的先后顺序,其岩石组合是:辉长岩(含少量辉石岩、橄榄岩)→辉石闪长岩→闪长岩(二长闪长岩)→石英闪长岩(石英二长闪长岩)→花岗闪长岩→斜长花岗岩→二长花岗岩→花岗岩→钾长花岗岩。

(2) 我们的研究证明,从长安县东部边界至凤县岩湾一带,前人确定的秦岭岩群并非由变质地层组成,而是由互相套叠的侵入体组成。这些侵入体构成了长达 260km 的侵入岩带。其岩石组合、侵位顺序与南侧的丹凤岩群完全相同,而且在前人确定的这两个岩群之间并无天然的地质界线,前人划分的分界线往往是从一个岩体、甚至是从一个侵入体内部通过的。由此可见,秦岭岩群被该侵入岩带分隔成东西两段。东段主要由变质陆源碎屑岩组成,其内部含有数量众多、个体不大的小侵入体,有待于从秦岭岩群中解体出去。西段主要分布于凤太地区,由粗晶大理岩组成。

(3) 研究表明,在前人确定的二郎坪岩群火神庙组中确有少量的火山岩,分布在汤河乡南侧、二郎坪乡火神庙村北侧和湾潭以及南召县桥端乡及其东侧等地。其出露宽度一般为几百米,沿走向延长非常有限,并不连续,呈孤立的岩片状存在。前人确定的火神庙组的主体由变形的侵入岩组成。这些侵入岩的岩石组合与前述丹凤岩群中的岩石组合基本相同(未见钾长花岗岩),侵位顺序完全相同。地学界向来将云架山岩群中的安坪组与二郎坪岩群中的火神庙组相类比。我们的研究证明,在灵官庙南侧,安坪组确有少量火山岩与细晶大理岩共生,厚度不足百米,东西向延长有限。而在其它部位,安坪组主要由变形的侵入岩组成。侵入岩的岩石组合、侵位顺序与火神庙组中的相同。

(4) 以从上述岩群中解体出来的侵入岩为主体,再加上前人在此褶皱带上业已圈定的变形的侵入体(不含完全未变形的晚期侵入体),共同构成了一条侵入岩带。该岩带从南阳盆地西缘向西连续地(没有间断)延续到陕甘交界地区,长度达 800km,宽度达 10~30km。在不同地段,该侵入岩带均表现为典型的板块会聚边缘型岩石组合和标准的正序岩浆演化序列,证明它们形成于同一构造旋回的同一构造环境。

(5) 在该侵入岩带的不同地段,具有完全相同的变形特征和变形序列:首先是出现程度不等的塑性变形阶段,以强变形带与弱变形域的交织结构为其特征;其次是普遍出现静态重结晶阶段,证明在塑性变形之后有一期以重结晶为主的区域变质作用,变质级为高绿片岩相至低角闪岩相;第三阶段以变形作用为主,形成了随处可见的褶劈理。完全相同的变形特征和变形序列证明,该侵入岩带形成之后又经历了共同的地质演化历程。

(6) 与我们的研究工作大体上同时进行的地球物理场和地球化学场研究分别独立地证实了该侵入岩带的存在与构造分区。

(7) 在不同地段对该侵入岩带进行的岩石化学、稀土元素和微量元素地球化学研究证明,该侵入岩带具有板块会聚边缘岩浆岩的全部岩石化学和地球化学特征,而没有形成于其它环境的证据。

(8) 近年来,地学界同仁和笔者对该侵入岩带进行的钐-钕年代学研究证明,该侵入岩带形成于 $1.0 \sim 0.7\text{Ga}$ 。其中,基性侵入岩形成于 $1.0 \sim 0.9\text{Ga}$,而花岗岩则主要形成于 $0.8 \sim 0.7\text{Ga}$ 。换言之,该侵入岩带主要形成于大体上为晋宁运动的时限内。

(9) 我们在商州-夏馆断裂带及其北侧新发现了一条蛇绿岩带,并进行了全面的研究。该蛇绿岩带以碾子凹蛇绿混杂体最具代表性,具有完整的蛇绿岩套所应有的全部岩石类型。其钐-钕等时线年龄为 832Ma 。详细的岩石化学、矿物学、稀土元素和微量元素地球化学研究以及洋壳厚度计算均证明该蛇绿岩带形成于慢速扩张脊。由此而推测该蛇绿岩带所代表的古秦岭洋盆是一个有限洋盆。

(10) 上述蛇绿岩带与侵入岩带有力地证明了在大体上为晋宁期的时限内,北秦岭褶皱带的构造体制是板块体制。应该将晋宁期视为北秦岭褶皱带漫长演化历史中一个相对独立的阶段。该阶段的建造和构造奠定了现今北秦岭褶皱带的基本格局,此后发生的历次构造运动都是在它的基础上的叠加和改造。

(11) 前人习惯上将秦岭岩群北侧的火山岩称为北秦岭北带火山岩。我们的研究证明,在此构造带上,火山岩仅仅分布于若干个点上或非常局限的地段内,并未构成连续的带。至于在地质历史中火山岩是否构成一条连续的带则纯属推测或观点问题。前人在几处与火山岩伴生的沉积地层中发现了古生代化石。在此带上的不同地段,火山岩和伴生的沉积地层的变质级均属低绿片岩相的绿泥石带和绢云母带,变形特征属弹性或弹粘性形变范畴。而前述侵入岩带的塑性变形强度已经完全达到了辉石变形相,二者的变形序列亦迥然不同,这进一步证明二者不是同一地质历史阶段的产物。

(12) 除铜峪一地有中性火山岩之外,其它地段的火山岩均具有鲜明的双峰式组合特征,明显地缺乏中性火山岩。进一步的研究证明,其中的基性火山岩分属拉斑玄武岩系列与碱性玄武岩系列。无论是就火山岩岩石组合还是就地球化学特征而论,此带火山岩均与埃塞俄比亚裂谷火山岩相近。换言之,北秦岭褶皱带在早古生代处于板内体制,形成了大陆内部的拉张型裂谷。随处可见的碳酸盐岩和成熟度不高的陆源碎屑岩为这种构造环境增添了地质证据。

由此可见,北秦岭褶皱带的加里东运动与晋宁运动分属两个不同的构造演化阶段,并且处于两种不同的构造体制,形成了不同的物质建造。

上述要点构成了本书的基本论点,所有的论据都是围绕这些论点展开的。为了论证到底是火山岩还是侵入岩的问题,笔者不惜笔墨与篇幅,列举了大量描述性资料。

本书作者均是秦岭造山带地质研究队伍中的新兵,并无前期工作基础可言,当然也就不存在先入之见。我们遵循“百花齐放、百家争鸣”的方针,不揣冒昧,坦诚地将几年来的研究心得著述成文,以期与地学界同仁共同探索,旨在进一步提高秦岭造山带的研究程度。不同学术观点的交流与争鸣是科学界固有的特征,也是科学进步的必由之路。每当笔者登临于高山之巅,眺望莽莽群峰之际,总难以抑制澎湃的心潮。宇宙浩渺,世事微茫;昨日之是,今日之非;今日之是,明日之非;循环往复,以至无穷;人类由此而步入真理的殿堂。

本项研究工作属地质矿产部秦巴攻关项目综合研究课题的组成部分,大部分研究经费是由该项目提供的。我们由衷地感谢地质矿产部地调局张洪涛副局长、白治副处长,秦巴项目领导小组组长罗铭玖总工程师以及秦巴项目办公室负责人屠森、林潜龙、陈铁岭、朱永延、卢欣祥、毛同春等先生,他们对本项研究工作给予了殷切的关怀与指导。北京市中关村地区

联合测试中心资助了大部分测试费用。不言而喻,若没有这种资助,本书将无由问世。同时,我们也应该向北京大学分析中心邵宏翔先生、中科院地质所乔广生先生及宜昌地矿所同位素室、西安地矿所电子探针室致以诚挚的谢忱,他们严谨的工作为本书提供了高精度的分析数据。课题负责人杨志华教授以奖掖后人为己任,对我们的研究工作提供了始终如一的支持。若没有这种支持,我们的研究工作将无法进行。绝不应该忘怀的是,王瑄荣高级工程师与王崇礼教授伸出了友谊之手,热情地帮助我们鉴定了大量疑难薄片。毫无疑问,地质出版社与责任编辑王璞先生是本书面世的催生婆,他们卓有成效的工作理应得到作者的尊敬。令人感佩的是,吴正文教授拨冗于百忙,认真审议了书稿,热情作序,使作者受益匪浅。

此项研究工作主要由姜常义、苏生瑞、赵太平完成,参加野外调研工作的还有杨志华、任明华、张振飞、王北颖、裴先治、苏春乾、李伍平、王洋诸同志,全书由姜常义执笔撰写。谨为此述。

姜常义

1996年12月于西安

目 录

序

前 言

第一章 北秦岭侵入岩带的岩体地质学与岩相学特征	1
第一节 商南-高桥段岩体地质学与岩相学特征	1
第二节 东岳庙-岩湾段岩体地质学与岩相学特征	6
第三节 关于丹凤岩群、秦岭岩群和斜峪关岩群的思考与评述	11
第四节 二郎坪-汤河段岩体地质学与岩相学特征	12
第五节 庚家河-管家坪段岩体地质学与岩相学特征	14
第二章 北秦岭侵入岩带的变质变形特征与变形序列	17
第一节 商南-高桥段侵入岩带变质变形特征与变形序列	17
第二节 东岳庙-岩湾段侵入岩带变质变形特征与变形序列	18
第三节 二郎坪-管家坪段侵入岩带的变质变形特征与变形序列	19
第三章 北秦岭侵入岩带地球物理场与年代学研究	21
第一节 北秦岭侵入岩带地球物理场特征	21
第二节 北秦岭侵入岩带的年代学研究	22
第四章 北秦岭侵入岩带的岩石化学与地球化学特征	24
第一节 商南-高桥区段三类幔源侵入岩的化学特征与岩浆过程	24
第二节 东岳庙-岩湾区段两类幔源岩浆活动与岩浆过程	33
第三节 二郎坪-汤河区段两类幔源侵入岩的地球化学特征与构造环境	41
第四节 中酸性侵入岩的地球化学特征与构造环境	46
第五章 商州蛇绿岩带与晋宁运动	61
第一节 商州蛇绿岩带	62
第二节 北秦岭褶皱带的晋宁运动	72
第六章 北秦岭早古生代火山岩与加里东运动	77
第一节 早古生代火山岩的岩石学与地球化学	77
第二节 北秦岭褶皱带的加里东运动	87
后 记	91
参考文献	92
图版说明及图版	94

第一章 北秦岭侵入岩带的岩体地质学与岩相学特征

为了充分论证丹凤岩群的主体部分、秦岭岩群西段、二郎坪岩群火神庙组与云架山岩群安坪组的主体部分是侵入岩而非变质火山岩,本章将根据野外地质观察收集到的地质资料和显微镜下的研究逐段地论证北秦岭侵入岩带的岩体地质学和岩相学特征。由于该侵入岩带的地质学和岩石学特征基本相同,因而,在逐段论述时对同一现象和特征会反复提到。但鉴于这一问题非常重要,虽耗费笔墨亦无法避免。否则,对 800km 长的侵入岩带做一简单的、统一的描述是无法使人信服的。由于该侵入岩带普遍经历了程度不同的塑性变形,所以我们主要依据对弱变形域的研究来观察和恢复其岩相学特征。

第一节 商南-高桥段岩体地质学与岩相学特征

一、岩体地质学

商南-高桥段系指前人所谓的丹凤岩群东段,即从商南县城向西延至柞水县北部的高桥乡(图 1—1)。按照自然出露状况,商南-高桥段侵入岩带可以分为东西两段。东段出露于商南县城与丹凤县城之间,西段出露于商镇与高桥之间,将其分别称之为商南-丹凤段与商镇-高桥段。

在商南-丹凤段,从东经 $110^{\circ}30'$ 向东至商南县城一带,属 1:5 万清油河幅和商南幅。这两幅图的区调填图工作已经由裴先治等人完成。详细的区调填图工作证明,在前人确定的丹

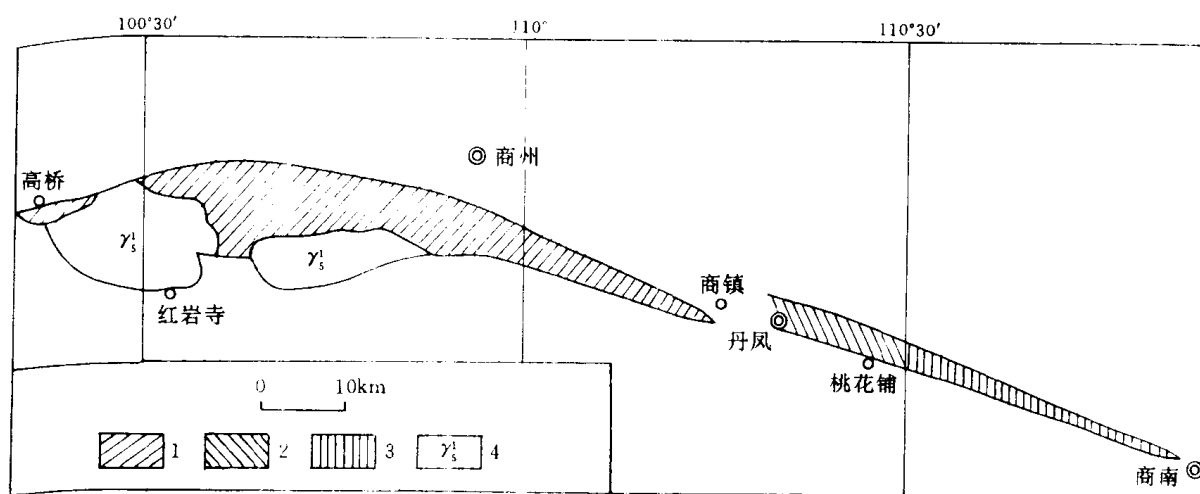


图 1-1 商南-高桥段侵入岩带分布图

1. 商镇-高桥段; 2. 商南-丹凤段(未填图部分); 3. 商南-丹凤段(已填图部分); 4. 印支期花岗岩

凤岩群存在的空间范围内,变质地层与变形的侵入体大体上各居其半,后者侵入前者。侵入岩的主要岩石类型是辉长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩。变质岩的主要岩石类型是榴云片岩、斜长角闪岩、黑云斜长片岩、云母片岩、钙硅酸粒岩、大理岩等。无论是侵入体还是变质地层均遭受了塑性变形,侵入体普遍被拉伸成细长条带状,相互平行排列。

商南-丹凤段的西半段,即丹凤县桃花铺至资峪一带,是前人对丹凤岩群投入工作量最大、研究最详细的地区,也是我们的重点研究区之一。兹按照等间距排列的三条实测地质剖面论述之(图 1—2)。

在桃花铺道班北侧的郭家沟剖面上,岩石全部由变形程度不等的侵入岩组成。主要岩石类型是辉长岩、闪长岩、石英二长岩、花岗闪长岩、花岗岩和钾长花岗岩。在此剖面上,辉长岩的出露宽度占剖面长度的三分之一,达到了相当高的比例。在介于郭家沟与资峪之间的冯家

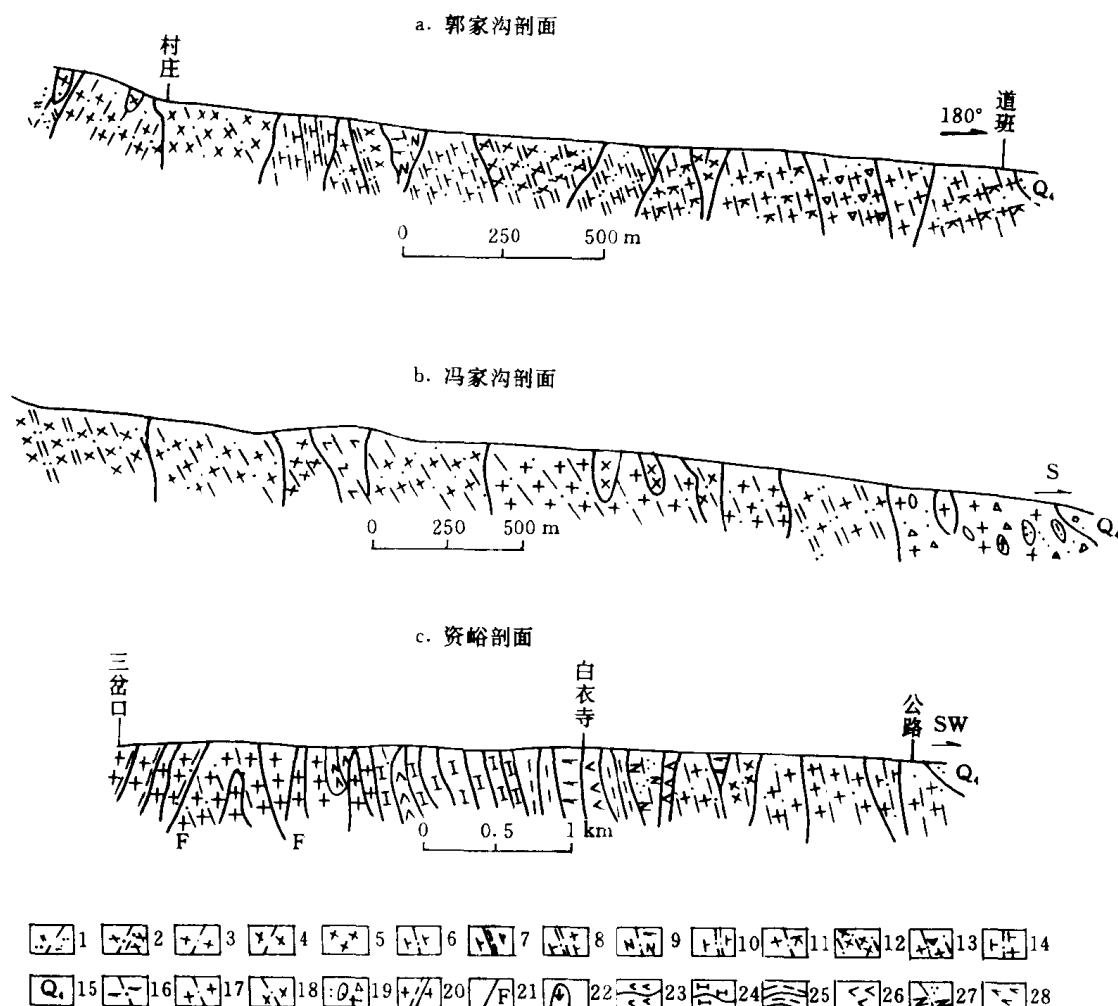


图 1—2 商南-丹凤段地质剖面图

1. 石英二长质变晶初糜岩; 2. 辉长质变晶超糜棱岩; 3. 花岗质变晶糜棱岩; 4. 糜棱岩化辉长岩; 5. 辉长岩; 6. 闪长质变晶糜棱岩; 7. 片麻状闪长岩; 8. 花岗闪长质变晶超糜棱岩; 9. 糜棱岩化含长辉石岩; 10. 闪长质超糜棱岩; 11. 钾长花岗质变晶糜棱岩; 12. 辉长质变晶糜棱岩; 13. 碎裂岩化花岗质变晶糜棱岩; 14. 花岗闪长质变晶糜棱岩; 15. 第四系; 16. 糜棱岩化辉石岩; 17. 糜棱岩化似斑状花岗岩; 18. 似斑状花岗质变晶糜棱岩; 19. 断层破碎带; 20. 片麻状花岗岩; 21. 断层; 22. 伟晶岩脉; 23. 角闪片岩; 24. 绿帘透辉变粒岩; 25. 黑云母片岩; 26. 角闪岩; 27. 长英质变晶糜棱岩; 28. 辉石岩

沟剖面上,岩石仍然全部由变形程度不等的侵入岩组成。主要岩石类型是辉长岩、花岗岩、似斑状花岗岩。此外,还有少量的辉石岩。在此剖面上,辉长岩同样占有很高的比例。资峪剖面北端位于一较大花岗岩体的南部边缘,剖面的北半段由花岗岩组成,并被大量的花岗质伟晶岩脉穿插。此剖面的南端由变形的辉长岩、闪长岩和花岗岩组成。在剖面中间的白衣寺一带,则由变质地层组成。变质地层中最主要的岩石类型是钙硅酸粒岩,其次为黑云母片岩,还有少量的斜长角闪岩、角闪片岩。

钙硅酸粒岩呈柱粒状变晶结构,主要由绿帘石和具多色性的次透辉石组成(图版Ⅵ,图7),有时有少量的方解石和长石。显然,钙硅酸粒岩的原岩应当是泥灰岩。在露头上观察,钙硅酸粒岩内部常见有宽1~3cm、长 $n \times 10\text{cm}$ 的碳酸盐条带。此种条带的成因应当是变质反应之后存在过剩的碳酸盐所致。受区域上糜棱岩化之后静态重结晶的影响,绿帘石和次透辉石常常被绿色普通角闪石交代,先期韧性变形的强度往往与后期角闪石化的程度成正比。在极限情况下,绿帘石与辉石被角闪石交代殆尽而形成角闪片岩。黑云母片岩(图版Ⅷ,图3)夹在钙硅酸粒岩之间,呈鳞片粒状变晶结构,主要造岩矿物是黑云母和石英,次要矿物有角闪石、透辉石和长石,它的原岩应当是含有少量碳酸盐的陆源碎屑岩。

上述三条剖面横切前人确定的丹凤岩群。在这些剖面的北端,前人已经圈定出辉长岩体和花岗岩体。根据我们的研究,这些岩体与前人所称的丹凤岩群中的侵入体属同一条侵入岩带,二者之间没有天然的地质界线。二者之间的差别在于塑性变形强度,前人圈定的侵入体往往属于填图尺度的弱变形域。

按照前人的研究成果,商镇-高桥段的丹凤岩群内部有一个长条状的秦王山基性杂岩体,其南半部被两个印支期花岗岩侵入,南北两侧分别以断层与泥盆系和秦岭岩群相邻。我们在多条路线地质观察的基础上实测了两条剖面(图1—3),兹按这两条剖面论述其物质组成。姚河村—土门庵剖面的南端始于沙河湾环斑花岗岩体的北缘,其北侧即为秦王山辉长岩体。辉长岩体的北侧,在原丹凤岩群的空间范围内,全部由花岗岩、黑云母花岗岩、含斑花岗岩组成。在剖面的北端,花岗岩侵入于秦岭岩群的混合岩之中。在尖隆寺—麻池河剖面上,丹凤岩群全部由辉长岩、辉长质伟晶岩、二辉伟晶岩、辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母花岗岩、花岗岩和似斑状花岗岩组成。

由此可见,商镇-高桥段与商南-丹凤段的最主要差别在于前者不含变质地层,全部由侵入岩组成。因此,应当把商镇-高桥段全部从丹凤岩群中解体出去。在目前的剥蚀深度上,就商南-丹凤段的总体而言,侵入体的出露面积大于变质地层。不言而喻,这些侵入体也应当从丹凤岩群中解体出去。依据变质作用的产物推测,丹凤岩群中剩余的变质地层的原岩主要是陆源碎屑岩和泥灰岩,其次是灰岩和基性火山岩。由基性火山岩经区域变质作用形成的斜长角闪岩与变陆源碎屑岩、大理岩伴生,空间上呈透镜状展布,出露最厚的部位在武关桥北至彭家沟口一带,达百余米。

在整个商南-高桥段内,各种侵入岩的侵位顺序是固定不变的,总是表现为基性岩浆侵位最早,其次是中性岩浆,继之以中酸性岩浆,最后是酸性岩浆(图1—4)。在各种花岗岩中,总是以钾长花岗岩侵位最晚。

由此可见,商南-高桥段的侵入岩构成了一个完整的正序岩浆演化序列,并且具有从基性端元到酸性端元属钙碱性系列的几乎所有岩石类型。其岩石组合具有鲜明的活动陆缘型组合特征。

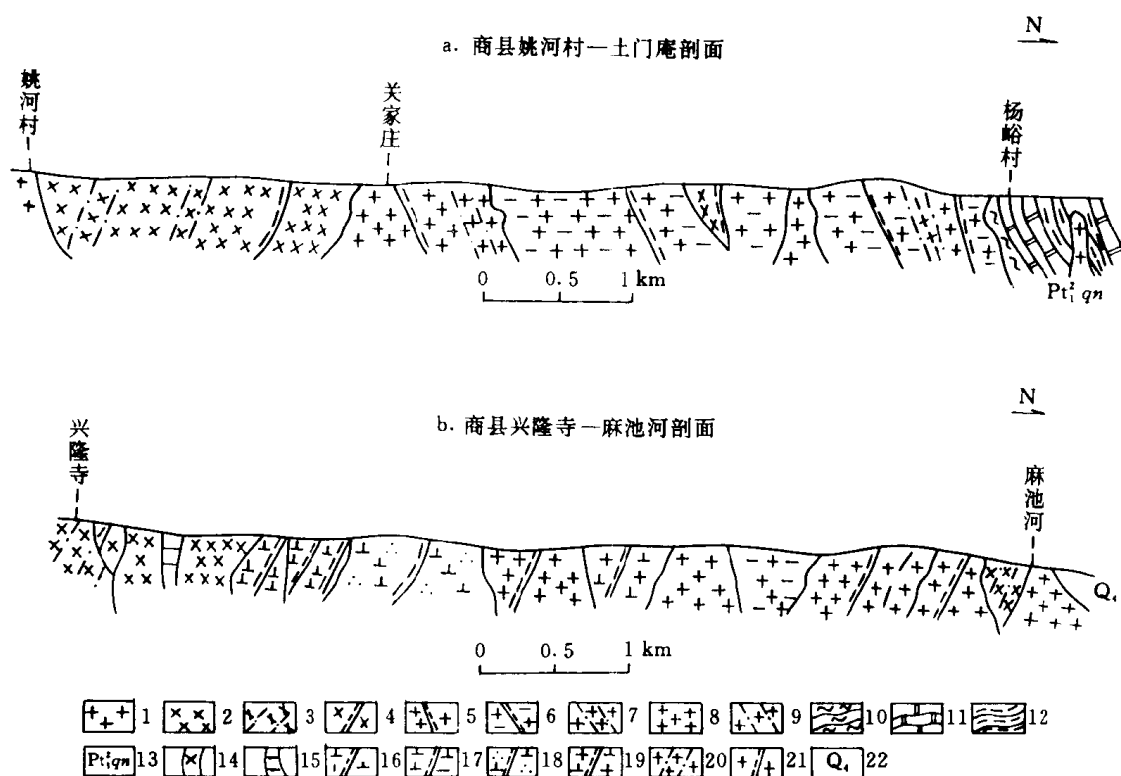


图 1-3 商镇-高桥段地质剖面图

1. 似斑状花岗岩; 2. 辉长岩; 3. 辉长质变晶糜棱岩; 4. 片麻状辉长岩; 5. 片麻状花岗岩; 6. 片麻状黑云母花岗岩; 7. 花岗质变晶糜棱岩; 8. 含斑花岗岩; 9. 黑云母花岗质变晶糜棱岩; 10. 混合岩; 11. 大理岩; 12. 黑云母片岩; 13. 秦岭群; 14. 伟晶辉长岩; 15. 二辉伟晶岩; 16. 片麻状闪长岩; 17. 片麻状辉石闪长岩; 18. 片麻状石英闪长岩; 19. 片麻状花岗闪长岩; 20. 糜棱岩化花岗岩; 21. 片麻状似斑状花岗岩; 22. 第四系

二、岩相学特征

商南-高桥段侵入岩带中的基性杂岩非常发育。就结构而论,从细粒的辉长辉绿结构、细粒辉长结构,到中粒和粗粒辉长结构,乃至伟晶结构均可见到(图版 VI, 图 2、3、4、5、6),总体上以粗粒和中粒辉长结构为主。秦王山岩体的局部还可见到堆晶结构。最主要的岩石类型是辉长岩,其次是辉长苏长岩和含长辉石岩,局部还可见到橄榄辉长岩和斜长岩。后三种岩石均为基性岩浆分离结晶的产物。含长辉石岩发育是本区和豫西地区共同的特征,此点有别于长安县至凤县地区的情况。主要造岩矿物是拉长石、单斜辉石和斜方辉石;次要矿物是褐色角闪石、黑云母和石英;副矿物为磁铁矿、尖晶石、榍石、磷灰石、锆石、褐帘石、电气石。一般情况下,辉长岩中辉石的含量在 45%±,斜长石在 50%±。褐色角闪石和黑云母是岩浆晚期的结晶产物,呈填隙状分布,交代先期生成的辉石。磷灰石往往有两期:岩浆结晶的磷灰石呈针状,多包裹在斜长石中;塑性变形之后静态重结晶阶段生成的磷灰石呈它形粒状,多沿强变形带分布。受区域上塑性变形的影响,辉石多已被绿色普通角闪石取代。在这种闪石化的过程中,斜方辉石往往优先于单斜辉石,以致于我们今天只能在较大的弱变形岩体中见到斜方辉石,而在其它部位只能见到单斜辉石。在不同的薄片,可以见到未被交代的辉石、局部被交代的辉石、被交代残余的辉石和完全被角闪石交代的辉石(图版 VI, 图 1、2、3、4)。

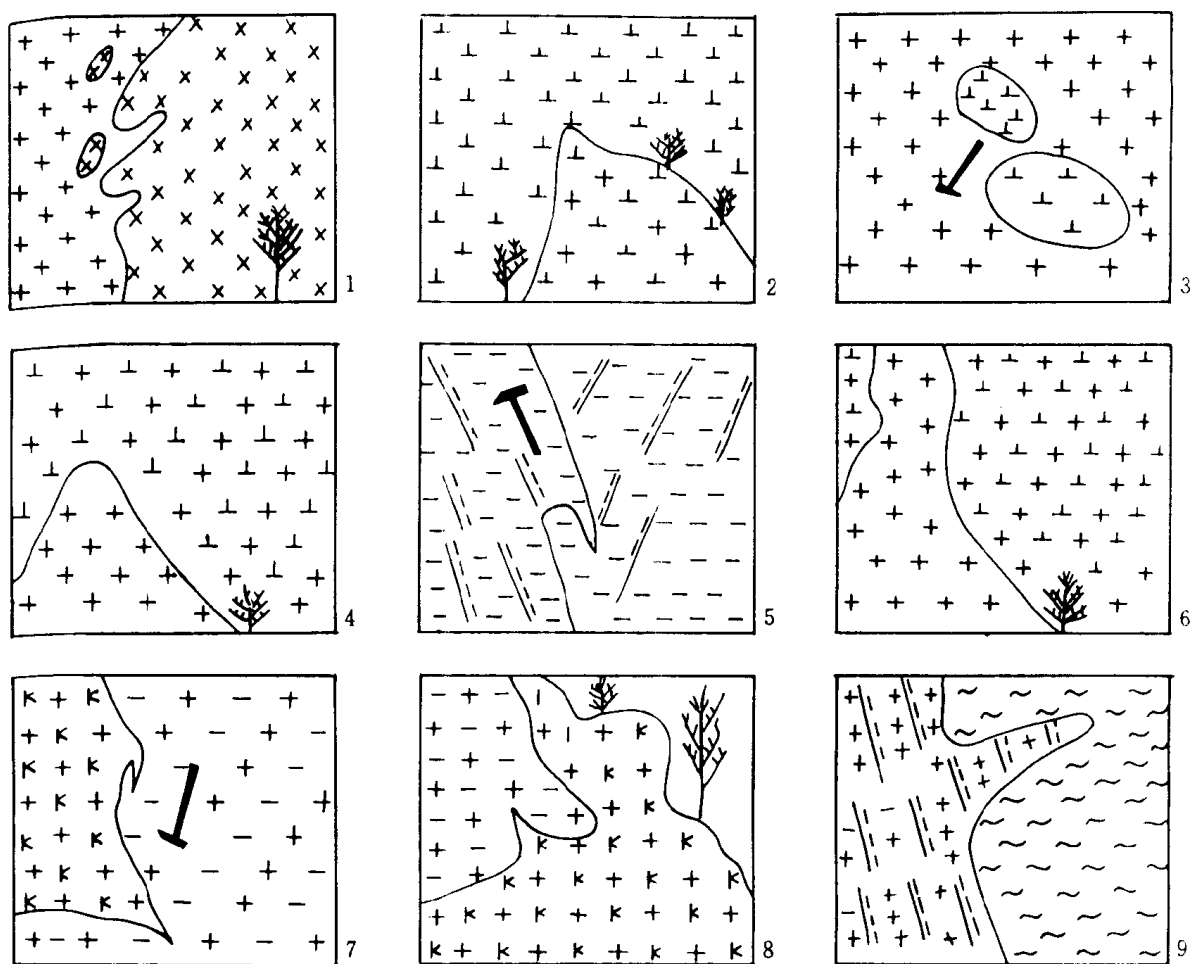


图 1--4 侵入关系素描图

1. 花岗岩侵入辉长岩；2、3. 花岗岩侵入闪长岩；4. 花岗岩侵入似斑状花岗闪长岩；5. 片麻状花岗岩侵入片麻状花岗闪长岩；6. 花岗岩侵入花岗闪长岩；7、8. 钾长花岗岩侵入黑云母花岗岩；9. 片麻状花岗岩侵入秦岭群混合岩

无论是在露头上还是在显微镜下观察，所有基性侵入岩中的绿色普通角闪石均呈辉石假象，包括完整的短柱状形态，横截面呈八边形或四边形，甚至于继承了辉石的席列构造（图版Ⅳ，图8）。由此而证明这些角闪石不可能是岩浆结晶的，也不是基性火山岩区域变质的产物。在小到露头尺度的弱变形域中，即使辉石全部被闪石取代，斜长石强烈帘石化，其原生的辉长结构往往也清晰可辨。

商南-高桥段的中性侵入岩类型繁多，常见的主要岩石类型是辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、二长闪长岩、石英二长闪长岩。从结构上来看，从细粒花岗结构到中粒花岗结构及粗粒花岗结构均有，还有少量呈粗粒含斑花岗结构，总体上以中粒和粗粒花岗结构为主。主要造岩矿物是斜长石、角闪石、黑云母、石英和钾长石。视具体岩石类型不同，它们的含量各异。常见的副矿物计有磁铁矿、榍石、磷灰石、锆石、褐帘石和电气石。自形细粒的榍石和锆石常常包裹在角闪石和云母中。针状磷灰石是岩浆结晶的产物，往往包裹在斜长石中；它形粒状磷灰石是静态重结晶阶段的产物，主要分布在强变形带中。绿色普通角闪石呈长柱状，在形

态上与交代辉石而形成的角闪石明显不同。斜长石的环带结构非常发育,部分颗粒中有成分更基性的斜长石核。这种斜长石核通常被解释成是岩浆从源区带上的难熔残晶。斜长石最常见的双晶类型是肖钠双晶、卡钠复合双晶和钠双晶。钾长石多具卡氏双晶,在漫长的地质作用过程中经有序度的调整,从正长石转化为微斜长石,因而又具有格子双晶。

商南-高桥段的酸性侵入岩发育,主要岩石类型计有英云闪长岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩、黑云母花岗岩、似斑状花岗岩、钾长花岗岩。主要结构类型是似斑状、粗粒和中粒花岗结构,也有少量呈细粒花岗结构。主要造岩矿物是钾长石、斜长石、石英、黑云母和绿色普通角闪石,个别侵入体中有很少量的铁铝榴石。造岩矿物的矿物学特征、副矿物的种类及特征与中性侵入岩基本相同,此处不再赘述。

第二节 东岳庙-岩湾段岩体地质学与岩相学特征

一、岩体地质学

在多条路线地质调查和实测地质剖面控制的基础上,发现从商州东岳庙以北,大体上沿长安县与商州的县界一带(东经 $107^{\circ}57'$)向西,直至太白山花岗岩体,前人所称的秦岭岩群和丹凤岩群并非由变质地层组成,而是变形的侵入岩。再向西,按照前人的地质图^[1],丹凤岩群呈细长条带状在南侧环绕太白山花岗岩体,并向西延续到凤县岩湾乡以西。经研究,这一段的丹凤岩群和太白县两河口一靖口一带的秦岭岩群仍是变形的侵入岩。而两河口至太白山花岗岩体北侧的变质地层仍应属秦岭岩群。这些侵入岩构成了一条连续的侵入岩带,东西向延长达 260km,南北向出露宽度 10~30km(图 1—5)。有必要说明的是,前人在这一地段

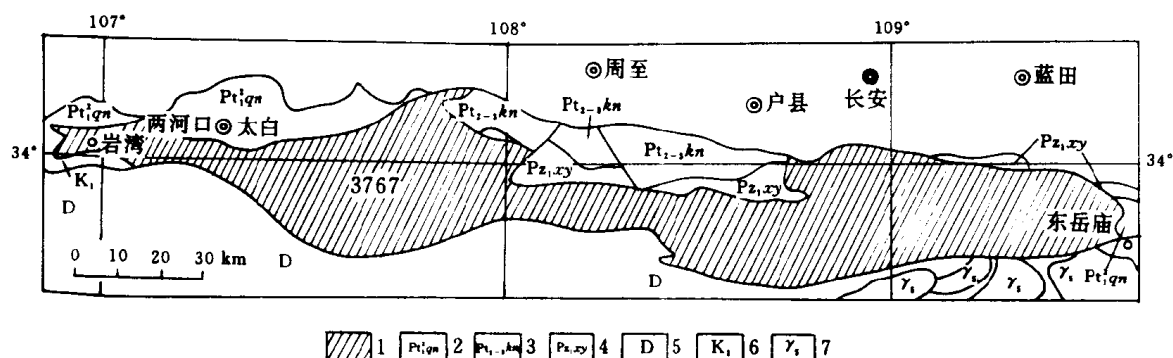


图 1—5 东岳庙-岩湾段侵入岩带分布图

1. 侵入岩带分布区; 2. 秦岭岩群; 3. 宽坪岩群; 4. 斜峪关岩群; 5. 泥盆系; 6. 下白垩统; 7. 燕山期花岗岩

划分的两个变质岩群之间的地质界线往往位于同一岩体甚至是同一侵入体内部,我们在多处追索和观察,始终未能发现能将其分开的天然地质界线。因此,我们认为这些侵入体共同构成了一个侵入岩带。

东岳庙-岩湾段侵入岩带的东段位于长安县南部和柞水县北部边缘。其东端侵入于秦岭岩群,南侧与泥盆系呈断层接触,北侧侵入于黑云母片岩。黑云母片岩呈现典型的构造片岩特征,且叠加有非常发育的褶劈理,明显地呈现宽坪岩群的变形样式。在侵入岩带内部含有数量相对较多的变质岩包体,包体的规模从几十米到几十厘米不等。主要岩石类型是黑云斜长片麻岩、黑云母片岩和斜长角闪岩。为节省篇幅起见,我们仅选取一条横切整个岩带的长