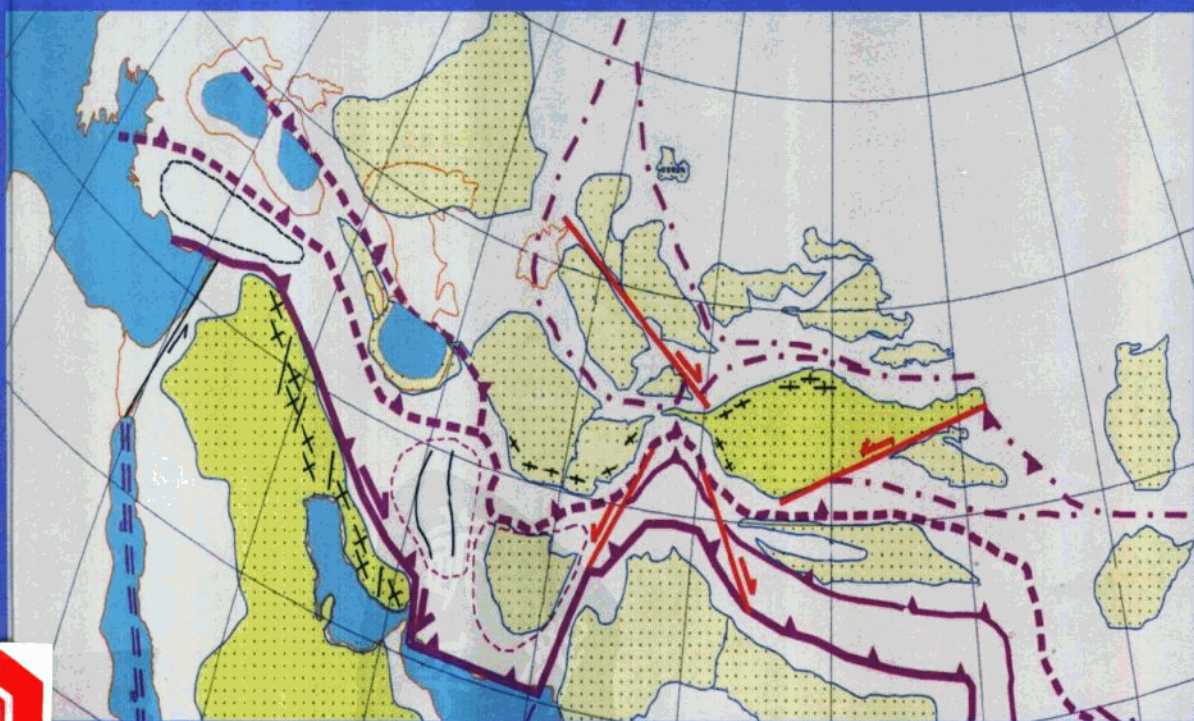


特提斯北缘盆地群 构造地质与天然气

贾承造 杨树锋 陈汉林 魏国齐 等著



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

序

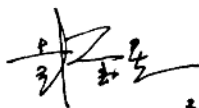
如果说数字是自然科学的哲学,那末,大地构造学则是地质科学的哲学。《特提斯北缘盆地群构造地质与天然气》一书,从大地构造入手,探索特提斯北缘盆地群的富气性原由,阐述富气的控制因素,综合富气的规律,指出富气的区域。因此,该书由高起点切入,故不仅具有很强的理论性,而且有重要的实用性,是天然气地质学中难得的一部力作。

横贯欧亚大陆南部的巨型东西向特提斯带,有许多经典的大地构造论著,为油气地质学研究提供了很好的基础。特提斯带南部的特提斯前陆盆地群富油,有以石油雄称于世的波斯湾盆地,石油地质论著丰硕;特提斯带北部的特提斯北缘盆地群富气,有以气富甲一方的卡拉库姆盆地,天然气地质论著颇丰。特提斯带的南油北气的油气分布规律十分明显;在油气研究程度和深度上,特提斯带油强气弱也十分清楚;在油气勘探程度和发现率上,特提斯带西(波斯湾盆地、卡拉库姆盆地)高、东(印度河-恒河盆地、塔里木盆地)低亦十分显著。《特提斯北缘盆地群构造地质与天然气》的问世,对加强特提斯带北缘盆地群天然气的研究,为加速其东部天然气的勘探和提高发现率起着推动作用。特别对我国西部天然气勘探提供了理论依据,促使西部能寻找出更多的气田,对西部大开发有重要意义。

本书是在“九五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地石油与天然气勘探”的下设专题“特提斯东段天然气富集区构造特征与塔里木盆地天然气前景”研究的基础上,经升华成书。实际上概括了作者“八五”国家重点科技攻关项目的专题成果并是其延伸和发展,是长期攻关、实践和研究的结晶。

本书前两位主要作者是我国最早一批地质构造专业的博士,是我国最著名大地构造学家之一郭令智院士的学生;后两位主要作者也是地质专业的博士。所以,作者们有雄厚的大地构造知识和研究才干。贾承造博士毕业后十几年来一直在塔里木盆地从事现场构造地质和油气地质工作和研究,积聚了丰硕的宝贵的第一性资料和数据。扎实的理论知识和丰硕的实践结合,孕育而诞生了开拓性的《特提斯北缘盆地群构造地质与天然气》专著的问世,十分值得一读。

科技工作者有期望创新成果,盼望得国际一流评价,渴望得国家级奖励,这是可以理解的也应得鼓励的。但获得“三望”后,在实践中若成果不能促进生产提高,创造出与“三望”相应的高效益,那么“三望”的作用就大为逊色,这样的事在科技界中不是没有,《特提斯北缘盆地群构造地质与天然气》在怀孕和诞生过程中,塔里木盆地天然气勘探有了新突破,发现了克拉2大气田等,促使了“西气东输”工程的实施;柴达木盆地天然气勘探出现新的曙光。故该书有“三望”相应的高效益,这是十分可贵之处,可佳之处、可贺之处。



2001.4.15.

前 言

中亚地区是世界上最大的天然气聚集区之一，戴金星院士（1995）称之为中亚煤成气聚集域。它西起里海之东，经卡拉库姆盆地，其南支过阿富汗—塔吉克盆地通过阿莱依地堑进入塔里木盆地，并向东延伸。这一巨型天然气聚集区显然包括从卡拉库姆到塔里木的一系列富含天然气沉积盆地，并向东延伸。这一巨型天然气聚集区显然包括着从卡拉库姆到塔里木的一系列富含天然气沉积盆地，它们除了已发现大批大气田和在气源岩性质、类型、沉积相与古气候具有相似性之外，在区域大地构造背景、构造变形有何联系？它们与盆地南缘的特提斯构造带是如何耦合？塔里木盆地与卡拉库姆盆地等在构造背景、天然气富集规律，生储盖、圈闭条件，大气田特征等方面有何异同？塔里木盆地乃至我国西部中、新生界寻找大型天然气田远景如何？我们是基于这一思路而开展研究的。

特提斯构造带是指欧亚大陆南部一条全球性纬向展布的构造带，是欧亚大陆与冈瓦纳大陆之间、并略呈东西走向的宽阔古海洋，最终闭合消亡形成现今大陆上的巨型构造带。这一构造带是地球上地壳结构和岩石圈结构构造最复杂、造山带类型最多的构造域。它不但记录了特提斯海洋的发生、发展和消亡的全过程，而且也记录了欧亚大陆、冈瓦纳大陆和其间陆壳碎块间的相互作用，并最终汇集拼合、隆升的地质过程。特提斯构造带不仅包含造山带，也包含其中和相邻的沉积盆地。特提斯构造带的形成和演化对该区的盆地形成和发育起到控制作用。

依据这些盆地与特提斯构造带的时空结构关系，这些沉积盆地分为特提斯北缘盆地群，特提斯内部盆地群和新特提斯前陆盆地群等。特提斯北缘盆地群中生代时期处于古特提斯洋北部边缘的沉积盆地。新特提斯海封闭过程中的陆—陆碰撞作用，在这些盆地中产生了显著的构造变形，使之成为再生前陆盆地。其中包括塔里木盆地、卡拉库姆盆地、阿富汗—塔吉克盆地、费尔干纳盆地、北里海盆地、巴尔喀什盆地、萨雷苏盆地、图尔盖盆地和西尔达亚盆地等。特提斯内部盆地群是指位于新特提斯缝合线与古特提斯缝合线之间的沉积盆地。这些盆地中充填了海相沉积，晚中生代—新生代时期相继发生构造反转，包括羌塘盆地、赫尔曼德盆地、南里海盆地、库拉盆地和黑海盆地等。新特提斯前陆盆地群是指新生代以来新特提斯洋关闭，发生强烈的陆—陆碰撞作用，形成世界上最为典型的周缘前陆盆地，包括印藏碰撞产生印度河—恒河周缘前陆盆地、波斯湾盆地。新特提斯前陆盆地群中的波斯湾盆地是目前世界上最为重要的石油富集区。而特提斯北缘盆地群是世界上主要的天然气聚集区之一，仅卡拉库姆盆地，目前已发现油气田 141 个（80% 为气或凝析气田），天然气储量达到了 $6.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，大气田单个储量就达到了 $1.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

在地质历史时期，我国塔里木盆地、柴达木盆地、四川盆地都属于特提斯北缘盆地群，是特提斯北缘天然气富集区地一部分。特别是塔里木盆地，已发现了储量超过 $2500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 大型天然气田——克拉 2 气田，证明了我国的这些盆地具有广阔的天然气勘探前景。正是克拉 2 大型气田的发现，促进了国家“西气东输”工程的实施。

随着我国经济的发展和“西气东输”工程的启动，对天然气资源要求愈来愈紧迫。如何加快发现巨型和大型的天然气田，是摆在石油地质学家们面前的一个重大课题。特提斯北缘

盆地群中的卡拉库姆盆地、阿富汗—塔吉克盆地等与我国西部盆地，特别是塔里木盆地相邻，在地质背景和中、新生界油气成藏条件上有很好的相似性。因此，对特提斯北缘盆地群构造地质与天然气富集条件的研究，有利于正确认识中国西部盆地的油气聚集规律和油气远景，而借鉴其勘探经验，可以加快我国西部天然气勘探。

本书由四部分的内容组成。第一部分为特提斯构造带的时空结构和构造演化；第二部分为特提斯北缘主要富气盆地石油地质特征；第三部分为特提斯北缘主要富气盆地特征对比、富气因素及其富集规律；第四部分为特提斯构造带演化对塔里木盆地沉积、构造特征和天然气富集条件的控制及其塔里木盆地天然气勘探前景和方向。通过以上四个部分的探讨，取得以下认识：

(1) 特提斯构造带是由晚三叠世末期至早侏罗世时期古特提斯洋关闭形成的古特提斯造山带（基墨里造山带）、新特提斯洋闭合产生的新特提斯造山带（阿尔卑斯—喜马拉雅造山带）和它们之间众多微陆块组成的复合造山系。古特提斯造山带从黑海地区、大高加索，穿过南里海盆地，经科佩特塔格、兴都库什、北帕米尔和西昆仑山，进入青藏高原的龙木错—玉树—金沙江缝合线，新特提斯造山带从东地中海、扎格罗斯山脉，经喜马拉雅山脉，向南转入孟加拉湾。

同时，认为帕米尔突刺形成于20Ma以后，此前卡拉库姆盆地、阿富汗—塔吉克盆地和塔里木盆地原是连在一起的统一盆地，印度板块与欧亚板块持续碰撞，使得帕米尔地区向北突刺，进而分隔了塔里木盆地和卡拉库姆盆地，并形成再生前陆盆地。

(2) 特提斯构造带的演化可以分为四个演化阶段：晚二叠世—三叠纪是古特提斯洋向北俯冲消亡和新特提斯洋扩张阶段，羌塘地块、甜水海地块、中帕米尔地块、阿富汗地块、中伊朗地块、土耳其地块等从冈瓦纳大陆北缘分裂出来；晚三叠世末—早侏罗世，以上的块体相继与欧亚板块碰撞，古特提斯洋盆相继关闭，基墨里造山带形成阶段；中侏罗世—始新世末，新特提斯洋壳开始向北俯冲，拉萨地块上冈底斯—拉达克弧开始发育阶段；始新世末期以来新特提斯洋消亡，印度板块和阿拉伯板块相继与欧亚板块碰撞，并引起欧亚陆内强烈变形阶段。

(3) 特提斯构造带发育着许多有成因联系的沉积盆地，可分为特提斯北缘盆地群、特提斯内部盆地群和新特提斯周缘前陆盆地群等三个沉积盆地群（带）。特提斯北缘盆地群是中生代时期处于古特提斯群北部边缘的沉积盆地，是世界著名的巨型天然气聚集区。它包括从卡拉库姆到塔里木等一系列大型富含天然气盆地，它们有相似的构造背景、沉降沉积历史与构造变形史。主要包括两个阶段：在第一阶段，侏罗纪—早第三纪新特提斯洋向北俯冲，特提斯北缘成为活动大陆边缘的弧后环境，弧后伸展作用形成的断陷与拗陷沉积和自西向东的多次海侵活动，形成巨厚的海陆交互相沉积体系，主要有陆相煤系、浅海相礁灰岩、泻湖相膏盐岩、湖泊三角洲、河流相砂泥岩等交互沉积，并在东西方向表现为大规模和复杂的相变，主要特点是海侵西强东弱。这些沉积体系形成了多套天然气生储盖组合，生成了巨大的天然气资源。在第二阶段，中新世以后，印度板块与欧亚板块持续的碰撞作用与陆陆俯冲，帕米尔地区向北突刺，使特提斯北缘盆地群进入“再生前陆盆地”阶段。强烈的陆内造山带隆升和构造挤压在这些盆地形成了大规模的前陆冲断带，发育了大量东西向逆冲—走滑断裂和背斜构造，这些背斜构造成为特提斯北缘盆地群大气田的主要圈闭型式。这种挤压构造变形在帕米尔弧最强烈，向东、西两侧减弱。

(4) 塔里木盆地中、新生代的沉积和构造特征主要受特提斯构造带演化的控制，晚二叠

世—三叠纪的沉积和构造受控于古特提斯洋的向北俯冲；三叠纪末—早侏罗世的变形与基里造山带的形成密切相关；侏罗纪的沉积和构造则受控于造山带和被动大陆边缘大陆的伸展作用；晚侏罗世—早白垩世的变形与拉萨地块和欧亚大陆的碰撞有关。白垩纪的沉积和构造则受控于新特提斯洋向北俯冲所形成的弧后伸展作用；而白垩纪末—早第三纪的变形则与Kohistan—Dras岛弧与拉萨地体发生碰撞（80~70 Ma）有关；早第三纪的沉积和构造则受控于新特提斯洋向北俯冲所形成的弧后伸展作用；中新世以来的沉积和变形则受控于印度板块与欧亚板块碰撞作用的远距离效应。

（5）特提斯北缘盆地群侏罗—白垩纪的海侵与古特提斯造山带仍存在有狭长的黑海—里海古特提斯残余弧后洋盆活动有关，该洋盆与新特提斯洋及地中海的海水是连通的；中侏罗世开始，新特提斯洋壳开始向北俯冲，弧后扩张作用使得原黑海—里海残余洋盆扩大（弧后洋盆），在卡拉库姆盆地、塔吉克盆地、费尔干纳盆地广阔海侵；白垩纪—早第三纪，新特提斯洋的向北俯冲引起的弧后扩张作用使得滨里海地区海侵范围进一步扩大，以致在西起卡拉库姆盆地、塔吉克盆地、费尔干纳盆地，东至塔里木盆地的塔西南、库车地区等广泛区域，中、上侏罗统、白垩系至下第三系，依次发育不同类型的海相层序。

（6）特提斯北缘盆地群中亚富气盆地与塔里木盆地在构造特征和石油地质特征方面具有好的相似性，塔里木盆地是特提斯北缘盆地群天然气富集区的主要组成部分。塔里木盆地与卡拉库姆盆地和阿富汗—塔吉克盆地等具有相近的成盆构造背景、相同盆地构造演化阶段、相似的盆地类型、有机质类型、圈闭形成机理和成藏动力学过程。在整个中生代时期塔里木盆地与特提斯北缘中亚地区的盆地是相连的，在中新世才被北帕米尔突刺分开。因此，塔里木盆地与我国西部地区同样具有形成大型气田的地质条件。

此外，本书还总结了塔里木盆地天然气富集规律和勘探方向，提出以塔里木盆地西部新月形天然气富集带为重点，加大天然气勘探和地质研究力度，争取早日在库车和塔西南前陆冲断带发现探明两个万亿方规模的大气区。

本书是国家“九五”重点科技（攻关）项目“塔里木盆地石油与天然气勘探”下属的二级专题“特提斯东段天然气富集区构造特征与塔里木盆地天然气勘探前景”研究成果的总结，是集体工作和智慧的结晶。编写分工如下：

前言 贾承造

第一章 贾承造 杨树锋 陈汉林 贾东 郭召杰

第二章 陈汉林 肖安成 魏国齐 程晓敢

第三章 陈汉林 贾承造 魏国齐 杨树锋

第四章 贾承造 魏国齐 陈汉林 李亚红

我们感谢中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司、中国石油勘探开发研究院廊坊分院、浙江大学、南京大学、北京大学和江汉石油学院的大力支持；感谢郭令智院士、李德生院士、戴金星院士、石宝珩教授、钱祥麟教授、卢华复教授等的热情指导；感谢国家“九五”项目办公室张师本主任、李良辰副主任、姚慧君高工的热情帮助；同时也要感谢浙江大学的翟双猛博士、赵建华博士、丁巍伟博士、韦亚芬硕士、周宇章硕士和薛卫虹硕士对此书的完成所付出的心血。

目 录

第一章 特提斯构造带构造演化	(1)
第一节 特提斯构造带的概念与结构	(1)
一、特提斯构造带的概念	(1)
二、特提斯构造带的结构	(2)
第二节 特提斯造山带构造演化	(4)
一、新特提斯洋的扩张与古特提斯洋的关闭 (基墨里造山事件)	(4)
二、新特提斯洋的俯冲消亡与印藏碰撞	(13)
三、阿拉伯板块的碰撞、持续的印藏陆 - 陆俯冲与欧亚陆内变形	(13)
第二章 特提斯北缘盆地群	(17)
第一节 特提斯北缘盆地群分布与类型	(17)
一、特提斯北缘盆地群	(17)
二、特提斯内部盆地群	(17)
三、新特提斯周缘前陆盆地群	(17)
第二节 卡拉库姆盆地	(18)
一、地 层	(18)
二、盆地构造演化	(28)
三、烃源岩	(31)
四、储盖层	(35)
五、油气概述	(36)
第三节 阿富汗 - 塔吉克盆地	(39)
一、沉积和地层特征	(40)
二、盆地构造演化	(44)
三、烃源岩	(45)
四、储盖层	(46)
五、油气田	(47)
第四节 费尔干纳盆地	(49)
一、地层与沉积特征	(50)
二、盆地构造演化	(53)
三、烃源岩	(55)
四、储集层	(56)
五、油气田概述	(56)
第五节 塔里木盆地	(61)
一、库车坳陷	(65)
二、塔西南坳陷	(86)
第三章 特提斯北缘盆地群天然气地质特征	(107)

第一节 特提斯北缘主要盆地的沉积与生储盖特征·····	(107)
一、特提斯北缘主要盆地沉积特征·····	(107)
二、特提斯北缘主要盆地的生、储、盖特征·····	(114)
第二节 特提斯北缘主要盆地构造变形与圈闭及成藏动力学·····	(128)
一、特提斯北缘盆地群构造演化·····	(128)
二、特提斯北缘主要盆地变形特征与圈闭类型·····	(130)
三、特提斯北缘盆地群天然气成藏动力学·····	(133)
第三节 特提斯北缘盆地群油气地质特征的相似性与差异性·····	(134)
一、特提斯北缘盆地群油气地质特征的相似性·····	(134)
二、特提斯北缘盆地群油气地质特征的差异性·····	(135)
第四章 特提斯对塔里木盆地石油地质规律的控制和塔里木盆地天然气勘探前景·····	(136)
第一节 特提斯对塔里木盆地中、新生界构造沉积的控制·····	(136)
一、二叠纪—晚三叠世特提斯演化对塔里木盆地的影响·····	(136)
二、基里山造山带形成对塔里木盆地的影响·····	(138)
三、侏罗纪—早第三纪特提斯演化对塔里木盆地的影响·····	(139)
四、第三纪以来特提斯演化对塔里木盆地的影响·····	(143)
第二节 特提斯对塔里木盆地天然气富集条件的控制·····	(143)
一、塔里木盆地前陆冲断带大型中、新生界挤压构造带和背斜圈闭的形成条件·····	(143)
二、塔里木盆地良好的中生界生烃岩的形成条件·····	(148)
三、塔里木盆地优质的中、新生界储集层和盖层的形成条件·····	(149)
第三节 塔里木盆地天然气勘探前景和方向·····	(150)
一、塔里木盆地天然气资源与分布规律·····	(150)
二、塔里木盆地天然气勘探方向·····	(153)
参考文献·····	(157)
附：内部参考资料·····	(162)

第一章 特提斯构造带构造演化

第一节 特提斯构造带的概念与结构

一、特提斯构造带的概念

特提斯 (Tethys) 的概念是由认识一条跨越现在阿尔卑斯山到喜马拉雅的古海道而发展起来的, 迄今已逾百年。“特提斯”一词现在已经成为重要的地质概念。1885 年 M. Neumayr 在综合分析全球侏罗系地层和生物古地理资料时, 就构想从中美洲加勒比海经阿尔卑斯—地中海到印度, 存在着一个中生代的赤道洋, 把北方的北极大陆同南方的巴西—埃塞俄比亚以及中国—澳大利亚大陆隔开, 并将其命名为“中央地中海”。它以独特的侏罗纪和早白垩世的热带、亚热带动物群同与北温带的浅海及北欧、俄罗斯北部地区相区别。当时这一术语是指在广阔海洋里的深海相区。1893 年, 奥地利地质学家 E. Suess 给 Neumayr 的“中央地中海”概念赋予构造内涵, 并重新命名为特提斯 (Tethys)。特提斯是古希腊神话中海的女神, 是爱琴海神涅柔斯的女儿。而今所谓的特提斯概念确有很大的变异, 无论大陆边缘、大洋及深海的各种热带、亚热带的海相动物群与沉积物统被归为特提斯型。如 Hill (1958) 将土耳其、希腊等地的早二叠世的浅海碳酸盐沉积区也划为特提斯。Grasser (1964) 将喜马拉雅地区从寒武纪到始新世的大部分属浅海台地型沉积地带称为特提斯喜马拉雅。

多年来地球科学家围绕着特提斯的含义、特提斯的位置、特提斯的存在时间、特提斯所代表的海洋性质 (浅海还是深海, 大洋盆还是小洋盆) 及特提斯海和特提斯造山带的演化开展了大量研究, 取得了大量的成果。但地球科学家对其认识相差较大, 很多观点一直争论不息。例如特提斯存在的时间, 有的学者强调把三叠纪海同侏罗纪—白垩纪特提斯区别开来 (余光明等, 1990), 有的学者把三叠纪海也称为特提斯、永久特提斯 (Aubouin, 1977)、古特提斯 (Stocklin, 1974; Laubscher and Bernoulli, 1977)。A. G. Smith (1973) 将劳亚大陆与冈瓦纳大陆之间的楔形体, 作为古生代特提斯, 并把中生代的地中海海洋称为“原地中海”。与此同时, Dewey (1973) 认为这个时期的大洋在三叠纪之前就已存在, 称之为特提斯 I, 而将晚三叠世到始新世的特提斯演化分成 9 幕, 相应的有特提斯 1, 2……到特提斯 9。Stocklin (1974) 提出冈瓦纳碎块—伊朗块体向北位移封闭了古特提斯, 同时沿扎格罗斯带打开, 形成晚二叠以来的新特提斯。Sengor 自 1979 年以来发表了一系列有关特提斯的文章。他认为在古生代末及中生代初从冈瓦纳北缘分裂出一个狭长的大陆或者断续延伸的陆块, 从巴尔干向东, 经土耳其、伊朗、阿富汗、我国西藏、泰国, 一直延伸到马来西亚。这一带之南新产生的大洋, 即为经典特提斯, 他称之为新特提斯; 其北面为古特提斯。这两个特提斯洋消亡后分别形成了基梅里造山带 (古特提斯) 及阿尔卑斯造山带 (新特提斯)。随着特提斯构造研究的不断深化, 人们将特提斯概念扩展到原特提斯、古特提斯、中特提斯和新特提斯等范围。本文依据全球板块构造重建, 将石炭—二叠纪泛大陆 (Pangea 大陆) 时期位于劳亚大陆与冈瓦纳大陆之间的向东呈喇叭型的古海域, 称之为古特提斯。二叠纪晚期

至三叠纪初冈瓦纳大陆北缘开始裂解,扩张出新的洋盆,就是新特提斯洋。古特提斯洋与新特提斯洋之间存在一些微陆块,它们包括羌塘、拉萨、伊朗、土耳其和阿富汗等陆块。森格(Sengor, 1990)称它们为基墨里大陆。

我国许多学者对特提斯也进行过详细的研究,提出了很多自己的看法。黄汲清教授(1984)称这个地区为“特提斯-喜马拉雅构造域”,划分了喜马拉雅、拉萨-措勤、保山-掸邦、唐古拉、可可西里-巴颜喀拉、东昆仑等6个构造区,各构造区间的板块缝合带分别为印度河-雅鲁藏布江、班公错-丁青、龙木错-玉树等。他认为龙木错-玉树-金沙江-藤条河一线是二叠纪的板块缝合带,代表了古特提斯大洋,其北是北特提斯,南为南特提斯。印度河-雅鲁藏布江缝合带则是从晚三叠世出现的大规模张裂,经侏罗-白垩纪的扩张而形成了中生界或中特提斯大洋,至晚白垩世开始收缩,第三纪初完全闭合。班公错-丁青缝合带则被认为是中侏罗世的另一个中特提斯洋,其闭合时间为侏罗纪末。对于特提斯构造域这种一张一合的构造运动型式,他喻之为板块的“手风琴运动”。

李春昱教授(1984)将本区划归土耳其-中伊朗-冈底斯中间板块。北以班公湖-丁青断裂带同塔里木-中朝板块相隔,南依印度河-雅鲁藏布江断裂带与印度板块相接。并认为班公湖-丁青断裂带代表了欧亚大陆和冈瓦纳古陆的边界;其闭合大约在晚侏罗世-早白垩世。始新世-渐新世时印度板块同晚期古欧亚板块沿印度河-雅鲁藏布江断裂带碰合,自此现代的欧亚大陆基本形成,特提斯海也最终消亡。

王鸿祯教授(1983)把西藏地区分为羌塘、冈底斯、喜马拉雅三个前寒武纪地块,其间以修沟-玛沁、班公湖-丁青、雅鲁藏布江三个主要地壳消减带相隔。地块和消减带间是不同时期的褶皱带。班公湖-丁青消减带是冈瓦纳大陆和欧亚大陆之间的界线,代表了特提斯海的主体,称为主特提斯或中特提斯,其闭合在侏罗纪末-白垩纪初。羌塘地块以北的修沟-玛沁消减带代表了自泥盆纪(开裂)到印支晚期(闭合)的古特提斯洋(或称北特提斯)。雅鲁藏布江一带是在三叠纪晚期出现洋壳,于始新世中期闭合,称之为新特提斯洋或南特提斯。

王乃文(1984)根据对生物地理的研究认为,晚古生代冰川期青藏高原的大部分当属于冈瓦纳大陆。羌塘印支陆块位于该大陆的北缘,是地理上和生物上的过渡区,可称作特提斯南带,其北是以华南陆块为中心的典型特提斯区,两者间的晚二叠世或早三叠世蛇绿岩套代表了这个古特提斯大洋。我国有些学者按洋盆发育时间划分为原特提斯(Z_2-S)、古特提斯($D-T_2$)、中特提斯(T_3-K)、新特提斯(E) (李兴振、刘增乾, 1990)。也有学者将 $Ts-E$ 归并成新特提斯阶段(潘裕生等, 1992, 钟大赉等 1993)。

总之,构造意义上的特提斯通常是指欧亚大陆南部一条全球性纬向展布的构造域。很多地质学家将其称为劳亚大陆与冈瓦纳大陆之间、并略呈东西走向的宽阔海洋,最终闭合消亡形成现今大陆上的巨型特提斯造山带。这一造山带是地球上地壳结构和岩石圈结构构造最复杂、造山带类型最多的构造域。它不但记录了特提斯海洋的发生、发展和消亡的全过程,而且也记录了劳亚大陆、冈瓦纳大陆和其间陆壳碎块间的相互作用,并最终汇集拼合、隆升的地质过程。

二、特提斯构造带的结构

(一) 古特提斯构造带

古特提斯洋闭合形成的古特提斯构造带从黑海、大高加索,穿过南里海盆地,经科佩特塔格、兴都库什、北帕米尔和西昆仑山,进入青藏高原的龙木错-玉树-金沙江缝合线(图1-1)。

(1) 康西瓦—龙木错—玉树—金沙江段：沿此段断断续续分布有蛇绿岩碎块，代表了古特提斯洋壳残余，是羌塘微陆块与塔里木板块晚三叠纪末期碰撞的产物。这次陆—陆碰撞事件在可可西里、甜水海地区造成强烈的褶皱逆冲变形。塔北、塔中隆起上的印支期构造也是此次碰撞的构造响应。

(2) 科佩特塔格—北阿富汗段：是北伊朗地块、赫尔曼德地块与北侧图兰地块碰撞造山带。

(3) 大高加索—南里海段：代表了土耳其等微陆块拼贴增生于劳亚大陆南侧的碰撞造山带。南里海盆地为古特提斯洋残余海盆。

(二) 新特提斯构造带

新特提斯洋闭合产生的新特提斯构造带，从东地中海、扎格罗斯山脉，经喜马拉雅山脉，向南转入东南亚地区。

1. 班公湖—怒江缝合带

班公湖—怒江缝合带是羌塘陆块与拉萨陆块在侏罗纪末—白垩纪初发生碰撞的产物。这次构造事件关闭了两陆块之间的特提斯洋盆。

2. 喜马拉雅造山带

大约 40~55Ma 时期印度次大陆与欧亚大陆开始碰撞，使得新特提斯洋沿雅鲁藏布江蛇绿岩带封闭。由于印度洋板块以 5cm/a 的速度持续向北运移，造成青藏高原和中亚地区发生强烈地壳缩短变形。

3. 扎格罗斯造山带

晚白垩纪—第三纪时期阿拉伯板块与伊朗微大陆发生碰撞，形成扎格罗斯造山带和波斯湾前陆盆地。

第二节 特提斯造山带构造演化

正如前文所述，我们所用的“特提斯”概念是与 Pangea 大陆对应的，即晚古生代 Pangea 联合古陆形成后至喜马拉雅碰撞作用阶段，是特提斯演化阶段，形成的巨大复合造山带称为特提斯造山带（图 1-2，图 1-3）。综合研究国内外最新研究成果，并结合中亚—塔里木盆地域的实际情况，将特提斯造山带演化的几个重要阶段的特征及其对北缘盆地的影响简述如下（图 1-4）。

一、新特提斯洋的扩张与古特提斯洋的关闭（基墨里造山事件）

(一) 晚二叠世—三叠纪

古特提斯洋南部的冈瓦纳大陆北缘分裂出若干不同规模的陆块，如：羌塘地块、甜水海地块、中帕米尔地块、阿富汗地块、中伊朗地块、土耳其地块等，在这些地块后部（南部）扩张形成新特提斯洋盆。同时，古特提斯洋盆向欧亚大陆俯冲，欧亚大陆南缘成为活动大陆边缘，在东西昆仑山和西南亚均发育该期岩弧（图 1-5）。

在西昆仑山内部，沿着盖孜北—赛力亚克达坂—木孜塔格北—纳赤台一线发育了大量晚古生代至早中生代的火山岩和中酸性侵入岩类，而且这些岩石明显受到塔什库尔干—康西瓦—木孜塔格北—玛沁缝合带的控制，发育在该缝合带的北侧。它们构成了一条晚古生代至早中生代岛弧岩浆岩带，是古特提斯洋向塔里木板块俯冲的直接结果。

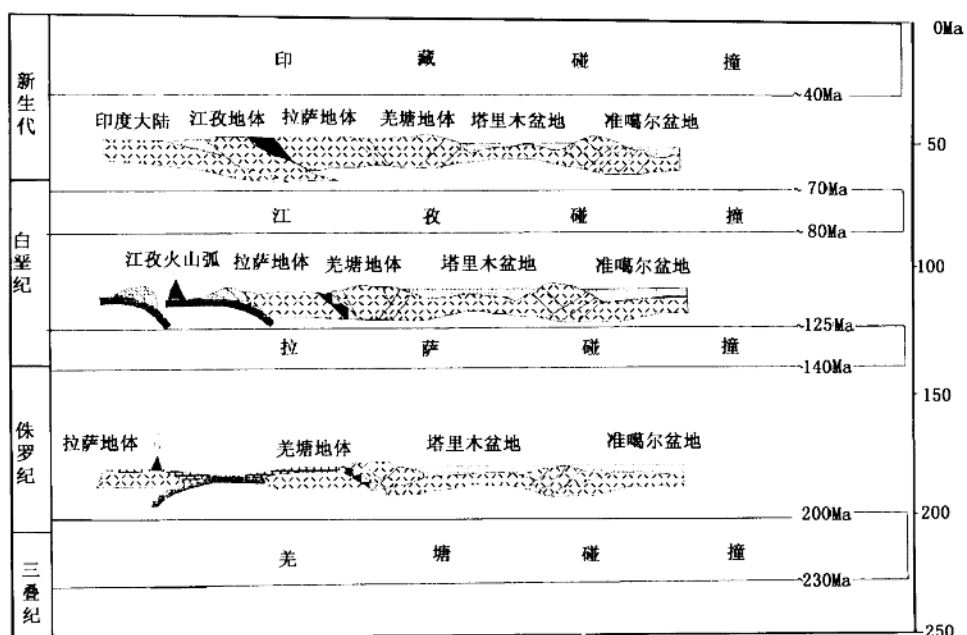


图 1-4 特提斯构造域中段板块构造演化史

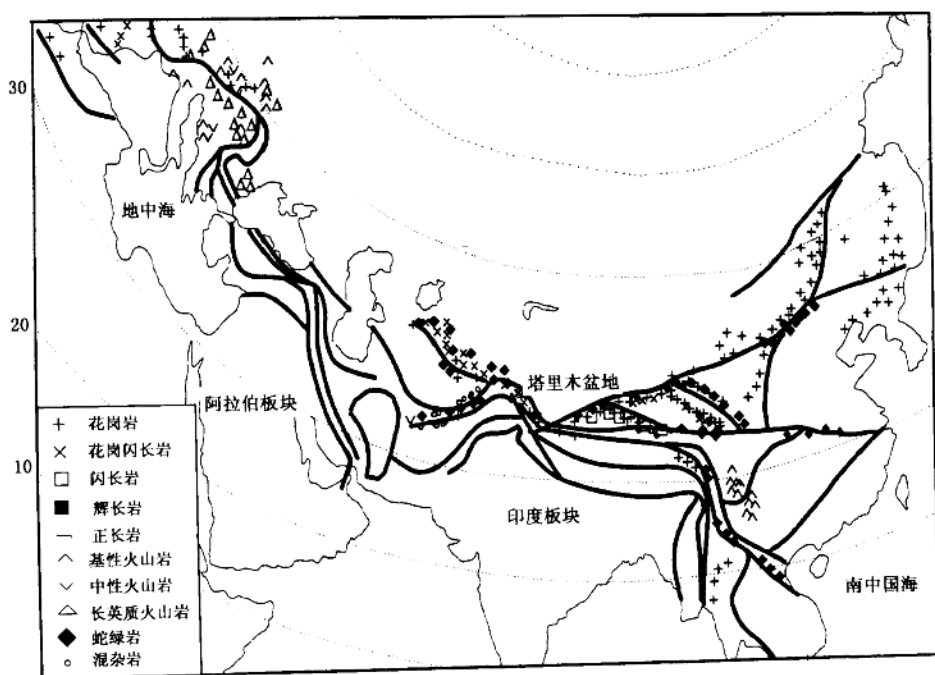


图 1-5 特提斯构造带晚石炭世—二叠纪岩浆岩分布图 (Sengor, 1993)

1. 岛弧火山岩

沿着该带发育了大量晚古生代至早中生代的火山岩，岩性主要为玄武岩、安山岩、英安

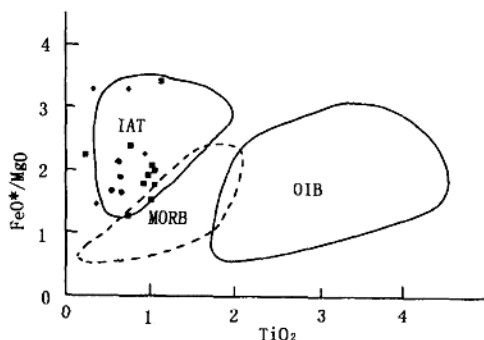


图 1-6 火山岩带的 TiO_2 — FeO^*/MgO 图解

IAT—岛弧拉斑玄武岩；OIB—洋岛玄武岩；MORB—大洋中脊玄武岩；◆—盖孜火山岩；■—赛力亚克达坂火山岩；●—黑卡火山岩

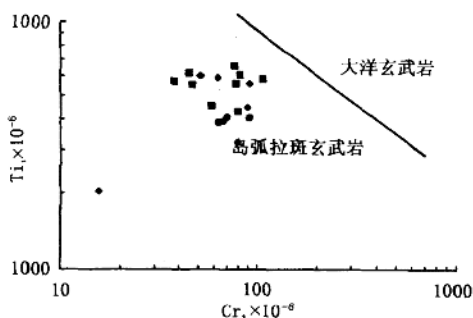


图 1-7 盖孜—赛力亚克达坂

火山岩带的 Ti—Cr 图解

图例如图 1-6

岩和流纹岩。盖孜北火山岩、赛力亚克达坂火山岩、黑卡火山岩、哈里沙泥火山岩、扎格碎纳保和琼扎等就是这一火山岩带的典型代表。它们的同位素年龄集中在二叠纪，例如哈里沙泥火山岩的 Rb—Sr 同位素年代为 276.3Ma (丁道桂等, 1996)。

火山岩主要由玄武岩、安山岩、英安岩和安山质岩屑凝灰岩组成。这些岩石具有高铝、低钛特点。在 FeO^*/MgO — SiO_2 和 FeO^*/MgO — FeO^* 图解上，该区火山岩绝大部分投影在拉斑玄武岩区，少部分投影在钙碱性玄武岩区。在 TiO_2 — FeO^*/MgO 的玄武岩类构造分类图上，它们落入岛弧玄武岩区 (图 1-6)。

在 Ti—Cr 的分类图解中盖孜北火山岩全部落入到岛弧拉斑玄武岩区 (图 1-7)。火山岩的稀土元素总量相对较低，在稀土配分曲线上表现出无明显亏损的中等右倾平滑曲线 (图 1-8)，具有岛弧火山岩的稀土配分特点。

综上所述，该带火山岩属于岛弧拉斑系列和钙碱性系列，构成北西方向延伸的岛弧火山岩带，它们的形成与古特提斯洋向塔里木板块俯冲直接有关。

2. 中酸性侵入岩

沿着盖孜—赛力亚克达坂—木孜塔格北—纳赤台一线发育大量晚古生代花岗岩，岩性主要为花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩等。其中玉其卡帕岩体、公格尔岩体、慕士塔格岩体、布伦口南岩体、阿克阿孜山岩体、赛图拉北岩体、布喀达坂峰岩体就是典型代表。这些岩体的同位素年龄介于 280~210Ma。

盖孜南二长花岗岩体出露于中巴公路 1603km 处，该花岗二长岩主体为糜棱岩化的二长花岗岩，在北部边界出现了片麻状花岗岩，片麻理产状为 $40^\circ < 70^\circ$ 。该二长花岗岩侵入到志

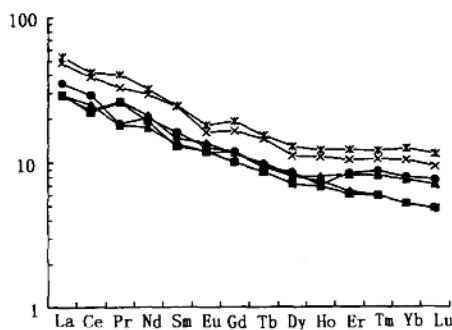


图 1-8 盖孜北火山岩的稀土配分曲线图

留纪—泥盆纪的石榴子石片岩和钙质片岩当中。

盖孜南花岗岩的 SiO_2 含量一般大于 70%，最高达 76.9%。 Al_2O_3 含量 11%~15.6%。 $\text{K}_2\text{O} \geq \text{Na}_2\text{O}$ ，它们的碱度率 2.19~3.42，里特曼指数 1.32~2.87，表明它们是钙碱性系列的花岗岩。

盖孜南花岗岩富集 K、Rb、Th、Nb、Ba 等大离子亲石元素，而贫 Ti、Y、Yb 等元素。在 $Y + \text{Nb} - \text{Rb}$ 、 $Y - \text{Nb}$ 等构造环境判别图中（图 1-9），均落在火山弧花岗岩区。

盖孜南花岗岩的稀土元素总量为 155.70~267.11 $\mu\text{g/g}$ ，平均为 208.38 $\mu\text{g/g}$ 。轻、重稀土比为 6.72~14.66，平均为 10.95； $(\text{La}/\text{Yb})\text{N}$ 的平均值为 11.68，表明盖孜南花岗岩有一定程度的轻稀土的富集。 δEu 为 0.36~0.66，平均值为 0.45，表现出一定的铕负异常。在稀土配分曲线上为右倾的曲线，并出现小的“V”字型谷。从稀土配分曲线上可以发现盖孜南花岗岩与盖孜北的安山岩、玄武岩等基本同步，它们共同构成了岛弧岩浆岩带。

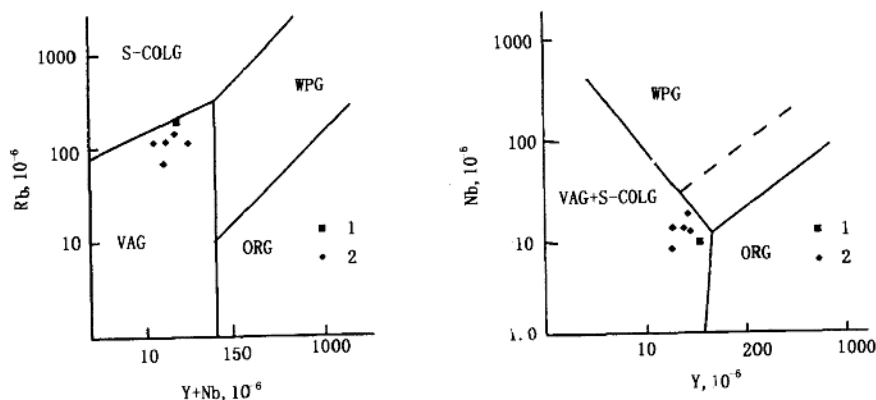


图 1-9 侵入岩带的 $Y + \text{Nb} - \text{Rb}$ 、 $Y - \text{Nb}$ 图解

1—盖孜南花岗岩体；2—阿克阿孜山岩体；

WPS—板内花岗岩；VAG—火山弧花岗岩；S—COLG：同碰撞花岗岩；ORG—洋中脊花岗岩

(二) 三叠纪末—侏罗纪早期

古特提斯洋盆相继关闭，在我国青藏表现为羌塘地块、甜水海地块等与昆仑山的碰撞（图 1-4），其西侧中帕米尔地块、阿富汗地块和中伊朗地块（包括 Yazd, Tabas 和 Lut 等小块体）也先后与土兰地块（当时与塔里木地块是连在一起的统一陆块）碰撞，并形成科佩特造山带。甘孜—松潘前陆褶皱冲断带、甜水海前陆褶皱冲断带等（表现为三叠纪复理石被强烈的褶皱、推覆变形）是这一碰撞造山事件的重要表现。但是古特提斯洋的闭合（即 Sengor 所称的基里里造山带）东西段发育情况有所不同，西段的土耳其地块等并没有与欧亚大陆发生完全碰撞，之间仍存在有狭长的黑海—里海古特提斯残余洋盆，该洋盆与新特提斯洋及地中海的海水是连通的。受上述构造特征的影响，滨里海—里海地区广泛发育陆表海相沉积与煤系地层互层，卡拉库姆盆地中下侏罗统沉积了滨海相暗色泥灰岩与煤系地层互层的层序，这时的海进方向是自西向东（图 1-10）。

这一次碰撞事件在塔里木盆地的南缘表现得特别清楚。沿着塔什库尔干—康西瓦构造带，有蛇绿岩和混杂岩零星分布。塔什库尔干—康西瓦构造带上除了在东部木孜塔格北坡出露有

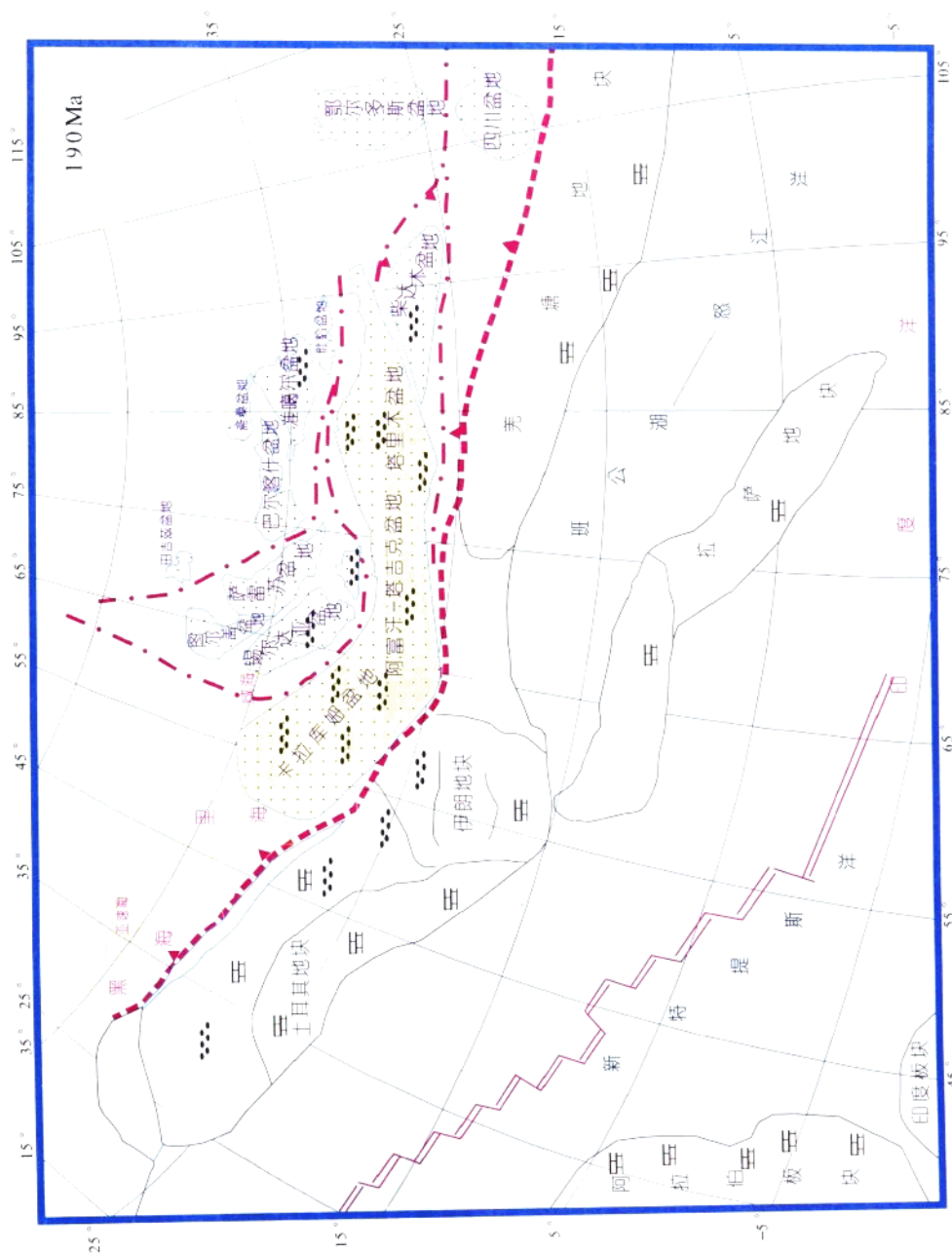


图1-10 190Ma特提斯构造域板块构造恢复示意图

类似于蛇绿岩组合的橄榄岩、辉长岩、火山岩、硅质岩和深水浊积岩组合外,在其它地区也发现了几处超镁铁质岩,如库浪那古河上游,新藏公路452km东沟和再依勒克河谷,以及塔什库尔干南东15km基性、超基性岩透镜体。前者岩石组合以斜辉橄榄岩为主,夹纯橄榄岩,见有铬铁矿化。岩体已发生蛇纹岩化、碳酸盐化蚀变;上覆地层为早二叠世赛力亚克组火山岩,该火山岩属于钙碱系列的高铝玄武岩。后者发育在片岩、千枚岩中,长度约20~200m,宽度15~50m,辉橄岩、辉长岩呈小透镜体。这一蛇绿岩往东可与东昆仑南蛇绿岩带相连接。这些蛇绿岩套代表了古特提斯洋洋壳的残留。

这次碰撞事件造成了塔什库尔干-康西瓦缝合带的南侧强烈的地壳变形,卷入变形的主要地层为上三叠统克勒青河组(T_3kl)。上三叠统克勒青河组为塔什库尔干-康西瓦缝合带南侧最发育的地层,主要由一些具有明显板理或片理化的杂砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩和泥灰岩多次重复旋回沉积而成,它们富含有机质和黄铁矿。这套深灰-黑色碎屑岩系的岩石结构和沉积构造比较单一,岩石多以厚薄交替、粗细互层的韵律旋回出现,具有近浊积岩终端的沉积特征,是发育在被动大陆边缘上的一套半深水-深水的沉积组合,是被动大陆边缘浊流沉积的复理石建造。该套地层的构造变形和变质程度明显受塔什库尔干-康西瓦缝合带的控制,构造变形自康西瓦,经大柳滩到甜水海兵站由叠瓦式推覆构造带到大型宽缓褶皱的变化,直到甜水海兵站往南面上百公里的倾角比较平缓的沉积盖层(图1-11),是一个典型的前陆褶皱冲断带。

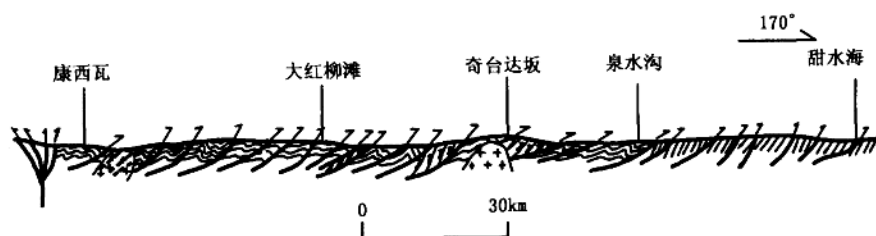


图1-11 甜水海前陆褶皱冲断带的变形特征图

根据大地构造相理论(李继亮,1989,1992),碰撞事件的下限是前陆卷入变形的最新海相地层时代,上限是最早的前陆磨拉石沉积时代。本区前陆地带卷入变形最晚的海相地层是上三叠统的克勒青河群。最早的前陆盆地沉积是早中侏罗世的巴工布兰萨陆相磨拉石沉积。因此,塔里木板块与羌塘地块的碰撞事件应发生在三叠纪末期至早侏罗世。

(三) 中侏罗世开始

三叠纪末期至早侏罗世羌塘地块与欧亚板块碰撞后,羌塘地块成为欧亚板块的一部分。中侏罗世开始,羌塘地块作为侏罗纪时期古特提斯海的北部大陆边缘,稳定沉积了大量的海相碳酸盐岩和碎屑岩,缺乏显著的火山岩岩浆作用,显示出被动大陆边缘的沉积和构造特点(贾东等,1997;夏邦栋等,1998)。而侏罗纪的岛弧火山活动集中在冈底斯地区的桑日到曲水一带(孙鸿烈,郑度,1998)。显示了此时新特提斯洋在羌塘地块以南是向南俯冲。侏罗纪末期羌塘地块和塔里木盆地几乎同时出现红色碎屑岩建造,这种气候环境的突然变化与拉萨地体和羌塘地体的碰撞在时间(140~125 Ma)上相吻合,预示了沉积对这次构造事件的响应(图1-4)。这次构造事件在羌塘地块造成了强烈的构造变形,产生大规模的褶皱逆冲构造(贾东等,1997),而在塔里木盆地仅仅表现为侏罗系与白垩系之间存在区域平行不整合。