

国土资源部公益性行业科研专项——
《宁夏固原岩盐资源勘查开发关键问题研究》资助

宁夏地质矿产资源勘查开发创新团队

固原岩盐成矿规律 及成矿预测

GUYUAN YANYANCHENGKUANG
GUILU JICHENGKUANGYUCE

国土资源部公益性行业科研专项——
《宁夏固原岩盐资源勘查开发关键问题研究》资助

宁夏地质矿产资源勘查开发创新团队

固原岩盐成矿规律 及成矿预测

GUYUAN YANYANCHENGKUANG
GUTLU JICHENGKUANGYUCE

图书在版编目(CIP)数据

固原岩盐成矿规律及成矿预测 / 宁夏地质矿产资源
勘查开发创新团队编著. —银川: 宁夏人民出版社,
2013.12

ISBN 978-7-227-05603-4

I. ①固… II. ①宁… III. ①盐类矿床—成矿规律—
固原市 ②盐类矿床—成矿预测—固原市 IV. ①P619.210.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 295551 号

固原岩盐成矿规律及成矿预测

宁夏地质矿产资源勘查开发创新团队 编著

责任编辑 刘建英 李彦斌

封面设计 晨皓

责任印制 杨海军

黄河出版传媒集团 出版发行
宁夏人民出版社

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 renminshe@yrpubm.com

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 银川金利丰彩色印刷有限责任公司

印刷委托书号 (宁)0013286

开 本 720mm × 980mm 1/16

印 张 7.25

字 数 120 千

印 数 1000 册

版 次 2013 年 12 月第 1 版

印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-227-05603-4/P·16

定 价 18.80 元

版权所有 翻印必究

2011年以来,宁夏地质矿产勘查开发局承担了国土资源部公益性行业科研专项《宁夏固原岩盐资源勘查开发关键问题研究》,教授级高级工程师宋新华为项目负责人。宁夏矿产地质调查院负责子课题“宁夏固原成盐盆地构造演化及成矿规律研究”的研究工作。《固原岩盐成矿规律及成矿预测》是研究成果的具体体现。

岩盐是“化学工业之母”,宁夏固原地区大型岩盐矿的发现是宁夏新一轮矿产资源勘查工作所取得的重大突破,为今后固原地区及宁夏全区地质矿产的勘查工作指明了新的方向,同时岩盐矿的开发利用也将为当地工业及经济发展提供新的支撑。但受限于区域地质构造、沉积演化特征研究程度较低,对已发现的岩盐矿床成因及富集成矿规律的研究也仅限于局部地区矿床产出特征分析所得出的结论,缺乏有关六盘山盆地及外围构造演化对岩盐矿形成富集控制作用的针对性研究,岩盐矿区外围勘查工作始终难以实现突破。

众所周知,盐湖盆地是一种特殊的沉积盆地,其中不仅发育大量的岩盐、石膏等直接与国民经济生活密切相关的经济矿产,如湖北应城的石膏矿等;它还富集了石油、天然气等战略性能源矿产资源,如江汉盆地的江汉油田、塔里木盆地库车凹陷的克拉2气田等。几乎世界上所有的大型含油气盆地都与盐类沉积密切相关,发育良好的盐类沉积几乎成为世界各大油气田形成的基本条件。因此,盐湖盆地的形成与发育特征研究对促进国民经济发展具有重要意义(方志雄,2006)。

近百年来,“干沙洲说”在盐类矿床成因理论界占据统治地位。从 Schmalz

(1969)的“深水深盆说”到许靖华教授针对地中海中新世所提出的“干化深盆说”,许多学者从各个方面试图突破“干沙洲说”的藩篱,却一直没有脱离强烈蒸发、湖泊干涸、水体变浅的框架。当然,许多专家学者也提出了许多疑问。袁见齐教授(1983)针对我国柴达木盆地盐类沉积与大量粗碎屑共生的特点,还提出了“高山深盆”成盐模式,认为高山深盆是现代与古代成盐盆地中相当普遍的一种地质现象,是盐类矿床成因理论需要深入探索的重要问题之一。

李秉孝(1990)通过对现代陆相盐湖蒸发岩研究认为,无论是在常温、低温或高温条件下,都可形成一定组合的蒸发岩矿物,其形成除受气候干燥度的直接控制外,还与矿物本身的喜冷、喜热物理化学性质有着密切关系。影响蒸发岩的主要外界因素可归纳为两种途径:蒸发成盐和兑卤成盐。

以上成盐理论包括“干沙洲说”“沙漠盆地说”“盐沼和萨布哈说”“深水盆地说”“干化深盆说”和“高山深盆说”等都是基于个别盐矿床的研究基础上所形成,而对于陆相盐湖盆地演化研究还处于初级阶段,并且上述理论均难以对六盘山盆地内固原地区已发现的厚层岩盐矿床做出合理解释,对其物质来源及成矿机理的研究尚不明确。

针对上述问题,宁夏地质矿产勘查开发局于2010年申请国土资源部公益性行业科研专项经费项目——宁夏固原岩盐资源勘查开发关键问题研究,项目子课题之一“宁夏固原成盐盆地构造演化及成矿规律研究”对盆地的构造演化特征和成矿富集特征开展针对性研究,从大地构造的角度,通过地层对比、化学测试分析等,确定岩盐矿区在沉积、成盐期及期后构造演化特征,探讨成盐盆地构造活动与成矿作用的关系,总结成矿规律,为岩盐矿的开发利用提供一定的技术支撑,也为外围找矿提供理论依据。本书着重反映以下研究成果。

岩盐赋存特征。现已发现的岩盐矿床主要分布于六盘山中生代盆地固原凹陷硝口—上店子—寺口子一带,赋存于下白垩统乃家河组上岩段。含盐矿石以块状、角砾状或碎裂状为主,赋存的主要盐类矿物包括石盐、钙芒硝、无水芒硝、硬石膏等,其他共生矿物较少。沉积特征具有一个完整的碳酸盐—氯化物旋回,在其前为碳酸盐浅湖相,其后为氧化环境滨浅湖相红层沉积,形成现今乃家河

组下部膏盐段和上部岩盐段的沉积物组合。

岩盐成矿规律与控矿作用。早白垩世晚期,六盘山盆地经历湖盆收缩初期、抬升萎缩以及湖盆消亡三个演化阶段,盆地沉积物特征也呈现出时间、空间上的特定分布格局。岩盐矿的形成以沉积为基础,构造格局和上覆沉积盖层特征影响矿床的保存条件。现今大规模矿床的产出是原生沉积的基础上经历后期构造活动改造、叠加富集的结果。

有利成矿区带预测。以沉积背景为基础,综合构造发育特征以及物探资料信息,同时考虑现今矿床赋存特征(开采条件),对六盘山盆地共圈定出四处找矿靶区及两处成矿远景区。今后岩盐矿床的重点勘查区域应集中于固原凹陷已发现的硝口矿区附近,找矿标志以地表盐溶孔洞、盐霜、盐渍土及地表溢流的高矿化盐硝泉为主。盆地沉积凹陷中心、地层稳定连续性较好区域、逆冲推覆构造下盘及褶皱构造的核部、转折端可能是固体盐硝矿赋存的最有利部位。

第一章 概 述 /1

第一节 固原岩盐矿的发现历程 /1

第二节 成盐盆地基本地质特征 /2

第二章 固原岩盐地质特征 /18

第一节 岩盐赋存范围 /18

第二节 岩盐富集产出特征 /19

第三节 岩盐矿物学特征 /26

第三章 固原岩盐成矿规律 /48

第一节 成盐盆地构造演化特征 /48

第二节 成矿条件分析 /62

第三节 矿床保存条件 /77

第四节 成矿控制作用分析 /81

第四章 成矿远景预测 /96

第一节 岩盐成矿有利区圈定 /96

第二节 有利成矿区带预测及理论依据 /98

第三节 找矿标志及成盐信息 /103

参考文献 /105

后记 /111

第一章 概述

岩盐又称石盐，是氯化钠的矿物集合体，广泛产出于现代盐湖和古代海相或陆相湖盆。岩盐除加工成精盐供食用外，还是化学工业最基本的原料之一，被誉为“化学工业之母”。我国已探明的岩盐储量为 4075 亿吨，探明矿区约 150 处，主要分布在青海、四川、河南、湖北、陕西、江西、山东、内蒙古等 17 个省区。宁夏固原岩盐矿属于首次在宁夏地区新发现的优质矿床。

第一节 固原岩盐矿的发现历程

20 世纪 50~70 年代，银川石油勘探局、玉门石油管理局等多个石油勘探部门对六盘山盆地开展了不同比例尺的普查工作，施工了大量钻孔，在硝口—肖家湾一带钻遇含膏盐地层或岩盐层，为盆地沉积、构造研究以及后期找矿提供了线索。

1990~1991 年，宁夏地矿局矿产地质调查所在硝口地区开展了芒硝矿普查，共施工了四个水文钻孔，探获一处卤水芒硝矿。其中一孔至今仍在自流卤水，曾经由地方设立化工厂短期利用。

2001~2004 年，宁夏矿产地质调查所使用中央财政资金，开展了“宁夏六盘山东麓地区芒硝矿资源暨地质环境综合调查评价”工作，共施工三个钻

孔。其中，在硝口村施工的 ZK1 见到 42.38 m 的岩盐矿层，在臭水河施工的 ZK2 见到石膏矿层，在寺口子地区蝉塔山施工的 ZK3 钻遇钙芒硝矿层。此次工作对硝口地区白垩系含盐盆地的古地理环境以及岩盐矿产的成矿规律进行初步的研究和探讨，确定含盐地层为下白垩统乃家河组，预测硝口地区岩盐矿资源量达 1.3 亿吨，提交《宁夏六盘山东麓地区芒硝矿资源暨地质环境综合调查评价报告》。

2004 年 12 月，宁夏矿产地质调查所依法登记了硝口—上店子 30 km² 范围的岩盐普查探矿权，其后开展了少量地表勘查工作。

2008 年，宁夏矿产地质调查所利用自治区矿产资源补偿费开展了“宁夏中生代盆地盐硝矿产伴生硼、锂、铯、铷、锶、镓、溴、碘等元素资源潜力调查评价”工作，在上店子地区施工了 ZK201，该孔在 460.09~905.09 m 圈定出真厚度达 256.11 m 的岩盐矿层，预测硝口—上店子地区岩盐资源量 20 亿吨以上。

2009~2010 年，宁夏矿产地质调查所利用自治区地矿局地勘费和自治区地勘基金在硝口—上店子区块约 30 km² 开展岩盐矿普查—详查工作，共施工 13 个钻孔，见盐钻孔 7 个，矿层顶界埋深为 360~820 m，盐层厚度 40~290 m，查明岩盐资源量 26.38 亿吨，伴生芒硝资源量 2.9 亿吨。

近年来，通过对重点区域开展地球物理勘探以及大量野外地质调查、钻孔探查等工作，现已基本查明了固原地区岩盐赋矿层位及产出特征，圈定了硝口—上店子—寺口子 500 km² 含矿区域，预测远景资源量超过 100 亿吨。固原岩盐矿床具有纯度高、保存条件好、分布面积大等特点，属于大型优质盐矿。

第二节 成盐盆地基本地质特征

现今已发现的固原岩盐矿床分布于固原市区西北部硝口—上店子一带，构造位置上处于六盘山盆地中南部。六盘山盆地是自古生代以来的多期多阶段构

造演化作用叠加形成的叠合盆地，盆地北界位于天景山—香山一带，与贺兰山造山带相对应，东临鄂尔多斯盆地，西南为北祁连褶皱带，向南延伸与北秦岭相接，西北端延伸与河西走廊对应，整体呈北北西向延伸，北宽南窄，呈倒三角形。

一、地层

六盘山盆地地层自元古界至新生界均有出露，但出露和分布面积差异性较大，以中—新生界地层为主。盆地发育双重基底，分别为太古界与中元古界结晶基底和下古生界褶皱基底；共发育三套沉积盖层，分别为上古生界泥盆系—石炭系—二叠系，中生界三叠系上统一白垩系下统，新生界古近系—第四系。元古界蓟县系至中生界侏罗系主要分布于南华山、西华山、月亮山、香山南麓及小罗山等断块山体，白垩系下统构成盆地地层主体，分布广泛（表 1-1，图 1-1）。新生界除古新统缺失外，古近系和新近系均有沉积，且出露面积较大。

表 1-1 六盘山盆地地层序列简表

年代地层			岩石地层	
界	系	统		
新生界	第四系		洪积层、风积层、湖积层、化学堆积物、湖沼堆积物	
	新近系	上新统	甘肃群 (NG)	干河沟组 (N _{2g})
		中新统		红柳沟组 (N _{1h})
	古近系	渐新统	固原群 (EG)	清水营组 (E _{3q})
		始新统		寺口子组 (E _{2s})
	中生界	白垩系	下统	六盘山群 (KL)
马东山组 (K _{1m})				
李洼峡组 (K _{1l})				
和尚铺组 (K _{1h})				
三桥组 (K _{1s})				

续表

年代地层			岩石地层		
界	系	统			
中生界	侏罗系	中统	安定组 (J _{2a})		
			直罗组 (J _{2zh})		
			延安组 (J _{2y})		
	三叠系	上统	窑山组 (T _{3y})		
古生界	二叠系	上统	窑沟组 (P _{2y})		
		下统	山西组 (P _{1s})		
	石炭系	上统	太原组 (C _{2Pt})		
			土坡组 (C _{2t})		
		下统	臭牛沟组 (C _{1c})		
			前黑山组 (C _{1q})		
	泥盆系	上统	老君山组 (D _{1j})		
		中统	石峡沟组 (D _{3s})		
	志留系	上统	早峡组 (S _{2h})		
	奥陶系	中统	米钵山组 (O _{2mb})		
		下统	马家沟组 (O _{1m})		
	寒武系	中统	香山群 (ε _X)	磨盘井组 (ε _{2m})	
				狼嘴子组 (ε _{2j})	
徐家圈组 (ε _{2x})					
元古界	蓟县系	海原群 (JHY)	西华山组 (Jxx)		
			园河组 (Jxy)		
			南华山组 (Jan)		

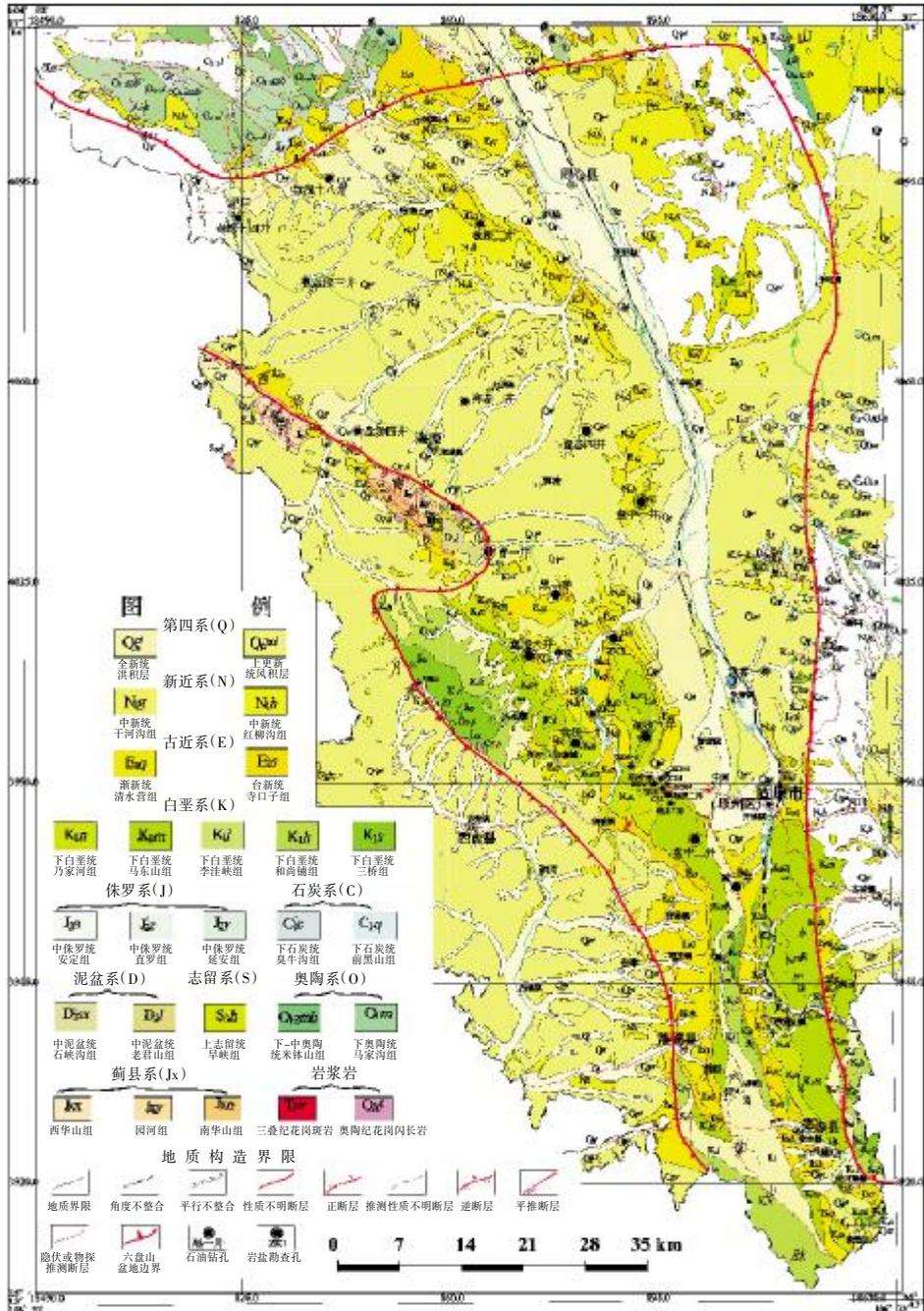


图 1-1 六盘山盆地区域地质图

(一) 中生界

1. 三叠系

三叠系在盆地内普遍缺失中、下三叠统, 仅有上三叠统窑山组 (T_{3y}) 沉积, 且分布广泛 (图 1-1)。在窑山、上流水、炭山及盘探三井一带以湖相沉积为主, 岩性较细, 为浅灰、灰白色粉, 细砂岩、含砾砂岩与黑灰、灰黑色泥岩, 粉砂质泥岩互层夹煤及沥青质泥岩。在炭山、石砚子为一套河流相沉积, 岩性较粗, 为灰白色含砾粗砂岩夹深灰色泥岩薄层。厚度 214~800 m, 与上覆中侏罗统延安组呈平行不整合接触, 与下伏前寒武系或古生代地层呈角度不整合接触。

2. 侏罗系

侏罗系在盆地内出露局限, 下统普遍缺失, 分布有中侏罗统延安组 (J_{2y})、直罗组 (J_{2zh}) 及安定组 (J_{2a}) (图 1-1), 为连续沉积地层。延安组岩性主要为黄褐、灰色砂岩, 粉砂岩, 夹灰、灰黄色泥岩, 页岩及煤层, 是以河流作用为主的湖泊三角洲相沉积环境, 为盆地主要含煤地层; 直罗组为一套灰黄色、浅褐红色块状粗砂岩—粉砂岩—泥岩 (局部含石膏) 沉积地层, 属较温湿气候条件下的河湖相沉积; 安定组总的特点是以砂泥岩互层为主, 粒度较细, 上部具碳酸盐岩沉积, 颜色以紫红、砖红、蓝灰色为主, 发育水平层理, 属干旱气候条件下的河湖相沉积。安定组与上覆下白垩统呈角度不整合接触。

3. 白垩系

白垩系在盆地内分布广泛, 整体缺失上白垩统, 下白垩统分布范围遍及同心、海原、固原、西吉、隆德、泾源等地, 构成盆地地层主体 (图 1-1)。地层厚度大, 出露层序完整且横向上露头连续, 与下伏、上覆地层呈角度不整合接触。总体上自下而上沉积物粒度由粗变细, 由纯碎屑岩过渡为泥质岩夹碳酸盐岩, 顶部出现膏盐、岩盐沉积, 组成一个完整的沉积旋回; 沉积物色调由砖红、紫红转为蓝灰、灰绿色, 顶部再次出现紫红色夹层, 标志着沉积环境历经氧化—还原—氧化的演化历程; 在岩相上, 由山麓—河流相演变为湖泊相以至咸化湖相。六盘山群沉积特征整体表明属过渡型内陆红色建

造，沉积中心处于和尚铺、硝口等地，最大厚度 3040 m，向四周厚度减小，结合露头沉积特征将六盘山群各组地层岩性及其特征概述如下。

(1) 三桥组 (K_1s)

三桥组主要出露于月亮山、和尚铺以及泾源等地，岩性单一，主要由紫红色砾岩、角砾岩、夹砂岩组成。砾石成分随地而异，多呈棱角状或次棱角状，排列紊乱，钙质胶结。层理不显，厚度变化较大，属山麓相堆积。与下伏地层呈角度不整合接触，与上覆和尚铺组呈整合接触。

(2) 和尚铺组 (K_1h)

和尚铺组分布很广，以盆地南部和尚铺一带最为发育，系一套紫红色砂岩为主的河流—扇三角洲沉积。沉积中心位于和尚铺、李洼峡地区，岩性最细，为紫红色砂质泥岩、细砂岩夹蓝灰色泥岩、页岩、薄层泥灰岩，向四周颗粒变粗、厚度减薄。

在红羊—火石寨地区，本组主要为一套紫红色厚层长石砂岩夹含砾粗砂岩，上部出现砖红色薄层粉砂岩、砂质泥岩，属河流相沉积。

和尚铺组与下伏三桥组整合接触，与上覆李洼峡组为连续沉积。

(3) 李洼峡组 (K_1l)

李洼峡组主要出露于原州区开城地区，向南经六盘山主峰米缸山直至隆德县黄草沟，沿山脊呈南北向展布。除此以外，在海原杨明堡、西吉火石寨、隆德山河镇以及泾源等地均有出露，为一套紫红、灰绿色相间的细碎屑岩夹碳酸盐建造，富含有机质。

本组在李洼峡—和尚铺一带沉积物最细，由灰绿、紫红色相间的砂质泥岩、泥岩、泥质砂岩、页岩及碳酸盐岩组成韵律层，底部偶夹砂岩或砂砾岩。其中碳酸盐岩多具鲕状结构，且沉积物韵律交替迅速，反映其属动荡不定的湖滨—浅湖相沉积。在蒿店一带，本组为蓝灰、灰白间灰绿色砂及泥岩夹页岩。自上述地区向四周沉积物迅速变粗，多呈河流—湖泊相交替沉积，且岩性、厚度变化较大。该组在和尚铺一带最厚可达 853 m，至红羊—火石寨地区厚度减至 45~139 m。

(4) 马东山组 (K_1m)

马东山组为六盘山群中分布最广的一个组，以马东山最发育，厚达 1431 m。主要沿固原—泾源一线呈近南北向广泛分布，海原杨明堡—红套一带以及同心白土岷岷、固原石砚子等地也有零星出露，为一套湖相泥、页岩夹碳酸盐岩组合。

本组属六盘山群中沉积物最细、有机质含量最高、具有较好生油条件的一套岩性组合。岩性较为稳定，主要由蓝灰、灰绿、灰黄色薄—中层状钙质泥岩、页岩、泥灰岩互层夹鲕状灰岩、隐晶质灰岩、白云质灰岩及油页岩组成，厚度一般 150~600 m，水平微层理和波状层理发育，鲕状灰岩多具明显的波浪状构造，属深湖相静水沉积。海原杨明堡一带岩性变粗，砂岩增多，厚度减至 34~149 m，呈现滨湖相的沉积特征。

(5) 乃家河组 (K_1n)

本组分布范围与马东山组大体相同，主要出露于杨明堡、红套、马东山以及开城—泾源一带，在同心县康家湾、固原市石砚子、蒿店等地亦有零星分布。为一套蓝灰、灰绿色间紫红色泥岩，泥灰岩，灰岩，灰质白云岩夹石膏，钙芒硝及岩盐层。

乃家河组与马东山组在岩性上呈过渡关系，色调虽仍以蓝灰、灰绿色为主，但出现紫红色夹层，向上粒度变粗；不具波浪状层理，鲕状灰岩也较少，普遍含有石膏层；岩性变化较大，总体趋势显示横向上自东向西沉积物逐渐变粗，由湖泊相变为咸化湖相以至河湖相，纵向上由灰绿色层渐变为含紫红色层。

六盘山群三桥组—李洼峡组中皆夹有沉积型铀矿化层；和尚铺组—李洼峡组中常赋存有含铜砂岩透镜体；马东山组中有机质含量很高，良好的生油层系，除含油页岩层外，目前已发现多处油气显示。

(二) 新生界

1. 古近系及新近系

除古新统缺失外，均有沉积，自下而上可分为始新统寺口子组 (E_2s)、

渐新统清水营组 (E_{3q})、中上新统甘肃群 (NG) 三部分, 主要为一套干旱的内陆湖相沉积, 气候主要为干燥的氧化环境, 固原寺口子剖面出露最好, 与上覆第四系及下伏六盘山群呈角度不整合接触 (图 1-1)。

寺口子组主要出露于六盘山两侧及海原—同心一带, 岩性为砖红色砂岩夹少量砾岩, 以河流—湖泊相沉积为主, 局部为山麓相堆积。以寺口子地区发育最好。

清水营组在寺口子地区最为发育, 是以湖相为主、河流相次之的红色泥岩夹多层优质石膏矿层及少量薄层砂岩的一套红色沉积, 厚 46~1008 m。其中, 石膏矿层为本组标志性特征。

甘肃群出露范围最广, 岩性为棕红色泥岩、土黄色泥岩、砂质泥岩夹砂岩、砾岩, 构成下细上粗的反旋回沉积, 属淡水湖泊相沉积, 厚 30~1111 m。

2. 第四系

主要为组成崂、梁、塬的黄土地貌 (马兰黄土), 由灰黄色、土黄色粉砂质黄土组成, 结构疏松, 无层理, 垂直节理发育 (图 1-1)。

二、岩浆岩

六盘山盆地仅见有加里东晚期 (志留纪) 中酸性侵入岩, 主要分布于南华山及月亮山地区 (图 1-1), 呈小岩珠、岩瘤状产出, 单个岩体面积一般小于 2 km²。岩石类型为花岗闪长岩, 次为石英闪长岩、斜长花岗岩。

岩体呈岩株状侵入于海原群, 平面形态为不规则圆形、椭圆形、透镜状。岩体外接触带具烘烤边、角岩化、片理化及蛇纹石化、透闪石化等接触变质。碳酸盐岩变为蛇纹石化大理岩、透闪石化大理岩。接触面较平直, 局部呈不规则波状、港湾状, 接触面外倾, 倾角 55°~65°。

岩体中普遍含有暗色闪长质、角闪辉长质包体, 以前者占绝对优势。包体直径 2~50 cm, 个别可达数米, 以椭球状、透镜状、气球状为主, 个别呈不规则状, 有时具棱角状边界。包体排列具有明显的定向性, 扁平面与面理平行。岩体及围岩中见有花岗伟晶岩脉、花岗细晶岩脉、斜长花岗岩脉、二长花岗岩脉、石英闪长玢岩脉和石英闪长岩脉。