

国土资源部公益性行业科研专项经费资助

# 六盘山盆地 时空演化与岩盐成矿

● 宋新华 张鹏川 程建华 孟方 等著



地质出版社

国土资源部公益性行业科研专项经费资助

# 六盘山盆地时空演化 与岩盐成矿

宋新华 张鹏川 程建华 孟 方 著  
曾建平 褚小东 何 伟 薛忠岐

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本专著以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》成果为基础,通过对六盘山盆地地层、构造、水环境的深入分析,从盆地时空演化与岩盐成矿控制因素入手,系统总结了盆地时间-空间演化规律,探讨并建立了固原岩盐成矿模式,解决了困扰岩盐矿勘查开发的重大地质问题。

六盘山盆地位于宁夏回族自治区南部,经历多期次构造活动,具有复杂的构造变形特征。早白垩世是六盘山盆地主体地层沉积时期,形成了厚度逾 3000 m 的下白垩统陆相地层,是盆地中已发现的砂砾岩型铅锌矿、砂岩型铜矿、蒸发岩型石膏及岩盐矿、砂岩型铀矿和页岩油(气)等矿产资源的赋存层位。

岩盐矿床主要分布于六盘山盆地固原凹陷硝口-上店子-寺口子一带,具有品位高、保存条件好、分布面积大等特点,属于大型优质石盐矿,初步分为寺口子和上店子两个含矿段。矿床是早白垩世晚期六盘山湖盆收缩湖水蒸发沉积形成后,后期经历了新生代改造而成,局部地区的巨厚型矿床是沉积时期的差异沉降及后期构造挤压、剥蚀程度等不同因素综合作用的结果。

本专著采用新的研究思路和方法,认识成果较为全面和系统,对今后在本地区进行基础地质研究和各类矿产勘查具有一定的指导作用。

## 图书在版编目(CIP)数据

六盘山盆地时空演化与岩盐成矿 / 宋新华等著. —北京:地质出版社, 2015.5

ISBN 978-7-116-09222-8

I. ①六… II. ①宋… III. ①六盘山—盆地演化—研究②六盘山—盐类矿床—成矿—研究 IV. ①P544  
②P619.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 071161 号

---

责任编辑:白 铁 杨 艳 李 佳 吕 静

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 66554643 (邮购部); (010) 66554625 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554686

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:889 mm×1194 mm  $1/16$

印 张:7

字 数:200 千字

版 次:2015 年 5 月北京第 1 版

印 次:2015 年 5 月北京第 1 次印刷

定 价:40.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-09222-8

---

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

六盘山盆地位于宁夏回族自治区南部至甘肃省东部,是在华北陆块西南被动缘与北祁连活动陆缘交接之褶皱造山带基底之上于晚古生代以来形成的大中型前陆-伸展型盆地,后在侏罗纪、早白垩世、新生代逐渐演化或分解为既有差异性又有继承性的内陆盆地。盆地发育主期为早白垩世。

六盘山盆地内白垩系较发育,厚度大、分布广。与沉积改造作用有关的铅锌矿、铜矿、石膏矿、芒硝及岩盐矿均有发现,另外近期调查工作证实砂岩型铀矿和页岩油(气)也有良好的勘查前景。但由于该地区新生代覆盖层巨厚,加上地处偏僻,交通不便,经济落后,多年来,除石油部门外,地矿部门地质工作投入较少,研究程度较低。在2008年勘查发现固原硝口特大型岩盐矿之后,宁夏回族自治区政府高度重视,部署开展了外围盐类矿产及盐化工配套矿产资源的勘查。围绕岩盐矿勘查开发中存在的重大地质问题,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支持,开展了“宁夏固原岩盐资源勘查开发关键问题”项目。该项目通过系统总结前人矿产勘查成果,采用新的研究思路和方法,重点对六盘山盆地构造演化及多期构造运动对沉积盆地的改造及固原岩盐矿成矿背景进行了较为系统的研究和总结,取得了一批研究成果,将对今后该地区开展基础地质研究、各类矿产勘查起到指导作用。同时对我国北方经历多期次构造运动改造的中小盆地研究与勘探提供了新的思路和方法。本专著以该项目研究成果为基础,通过对六盘山盆地地层、构造、水环境的深入分析,从盆地时空演化与岩盐成矿控制因素入手,系统总结了盆地时间-空间演化规律,探讨并建立了固原岩盐矿成矿模式,解决了困扰岩盐矿勘查开发的重大地质问题。

全书共分三章。第一章介绍了六盘山盆地地质构造背景及区域水环境特征,重点阐述了早白垩世六盘山盆地地层、矿产概况及现今构造体系划分及其特点。第二章以发生时间为轴,系统分析总结了盆地沉积建造、构造变形与水环境变迁演化,以大量野外调查研究资料为依据,验证并深化了前人对于六盘山盆地构造演化观点,建立了盆地沉积序列与沉积旋回,确立了沉积模式及早白垩世各期沉积相,提升了六盘山盆地沉积学与构造学研究水平。第三章在重点解剖固原硝口岩盐矿特征基础上,分析总结了盆地地质、构造空间分布特征与成矿期构造沉积演化的时空耦合与岩盐成矿的关系,探讨了成矿机理,建立了成矿模式。

在本项目立项及实施过程中,宋新华作为项目负责人,组织制定了研究方向与技术路线,程建华、张鹏川、曾建平协助项目负责人理清了固原岩盐矿勘查开发工作中存在的重大地质问题,分解了研究任务,确定了六个研究子课题,指导并参与到具体研究工作之中。经过两年多的艰苦细致工作,宁夏地质调查院与中国地质大学(武汉)合作,由孟方、卢宗盛、李海峰牵头,李建国、余秋生、王成、翁平、李明涛、刘建兵、马建华、徐广平、何欣等参与研究并编制完成了沉积相研究课题报告;宁夏矿产地质调查院与中国地质大学(北京)、国电英力特公司和固原市

国土资源局协作,由郑毅、简绍广、褚小东、强泰、何伟牵头,陈长虹、张天鹏、王金敏、刘芳、董尚林、曾建平、林畅松、高达、芮志峰、李国武、李宏伟、林家磊、谢变宁、闫丽佳、孙志鹏等参与开展研究工作并编制完成了构造演化及岩盐矿成矿规律课题和岩盐矿水溶法开采课题研究报告;宁夏水文地质工程地质环境地质勘察院与中国地质大学(北京)协作,由薛忠岐、于艳青、胡伏生牵头,柳青、周惠康、黄小琴、王新贺、张一冰、王凌芬、李英、杨占利、柴尔慧、崔文夏、陈晶晶、任雪莲等参与开展了岩盐矿区区域水环境研究工作并编制了课题报告;宁夏地球物理地球化学勘查院依托以往勘查资料,由李新虎、李宁生牵头,冯志民、许彩琦、杨斌、白亚东、张安博、徐广宏、赵福元、仵阳、洪进伟、戴晨耕、张树铭、彭南宁、单志伟、陈涛涛、李昭民、朱志民、安百州、王志强、高四新、杨建锋、王超、王东升参与开展了固原岩盐矿物探、化探适用性研究工作并编制了课题研究报告。

本书由宋新华、张鹏川、程建华、孟方、曾建平、褚小东、何伟、薛忠岐共同编写完成。刘芳、李海峰、李宁生、李新虎、简绍广、李宏伟、强泰、柳青、王天祥、商占玉、高四新参与了部分章节的编写或文本修订及图件制作。在研究工作开展过程中,国土资源部科技司给予了精心指导,宁夏回族自治区国土资源厅及固原市国土资源局给予了大力支持与积极配合,宁夏地矿局地勘处、水环处、科技处等有关人员大力协助,国电英力特公司提供了相关资料,在此一并表示衷心感谢!

# 目 录

## 前 言

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 第一章 六盘山盆地空间分布 .....        | ( 1 )  |
| 第一节 地质矿产 .....             | ( 1 )  |
| 一、地层特征 .....               | ( 2 )  |
| 二、盆地构造 .....               | ( 4 )  |
| 三、岩浆岩 .....                | ( 9 )  |
| 四、盆地矿产 .....               | ( 9 )  |
| 第二节 构造格架 .....             | ( 11 ) |
| 一、地球物理特征 .....             | ( 11 ) |
| 二、盆地构造样式 .....             | ( 14 ) |
| 三、构造格架精细解释 .....           | ( 16 ) |
| 四、构造单元划分 .....             | ( 17 ) |
| 第三节 区域水环境 .....            | ( 20 ) |
| 一、地表水系特征 .....             | ( 20 ) |
| 二、水文地质分区 .....             | ( 20 ) |
| 三、地下水类型及补给、径流、排泄条件分析 ..... | ( 28 ) |
| 四、地下水循环及其对岩盐矿的影响 .....     | ( 28 ) |
| 第二章 六盘山盆地时间演化 .....        | ( 32 ) |
| 第一节 构造演化 .....             | ( 32 ) |
| 一、基底演化阶段 .....             | ( 32 ) |
| 二、雏形形成阶段 .....             | ( 34 ) |
| 三、主体地层沉积阶段 .....           | ( 36 ) |
| 四、构造变形改造阶段 .....           | ( 40 ) |
| 第二节 沉积相演化 .....            | ( 42 ) |
| 一、沉积相标志 .....              | ( 42 ) |
| 二、沉积演化特征 .....             | ( 45 ) |
| 第三节 区域水环境演化 .....          | ( 53 ) |
| 一、成盐期水-岩作用 .....           | ( 53 ) |
| 二、现代水-岩作用 .....            | ( 60 ) |

第三章 时空演化与岩盐成矿 ..... (66)

第一节 岩盐矿特征 ..... (66)

一、岩盐赋存范围 ..... (66)

二、岩盐富集产出特征 ..... (68)

第二节 时空耦合与岩盐成矿 ..... (83)

一、成矿期构造-沉积演化 ..... (83)

二、岩盐成矿条件 ..... (86)

三、岩盐矿床保存条件 ..... (94)

第三节 岩盐成矿模式 ..... (95)

一、沉积成矿作用 ..... (95)

二、构造控制作用 ..... (97)

后 记 ..... (102)

参考文献 ..... (103)

# 第一章 六盘山盆地空间分布

## 第一节 地质矿产

六盘山盆地位于宁夏回族自治区南部至甘肃省东部，盆地范围大致是东经  $105^{\circ} \sim 107^{\circ}$ 、北纬  $34^{\circ} 40' \sim 37^{\circ} 10'$ 。盆地北界位于天景山 - 香山一带，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（图 1-1）。面积约 1.3 万  $\text{km}^2$ 。

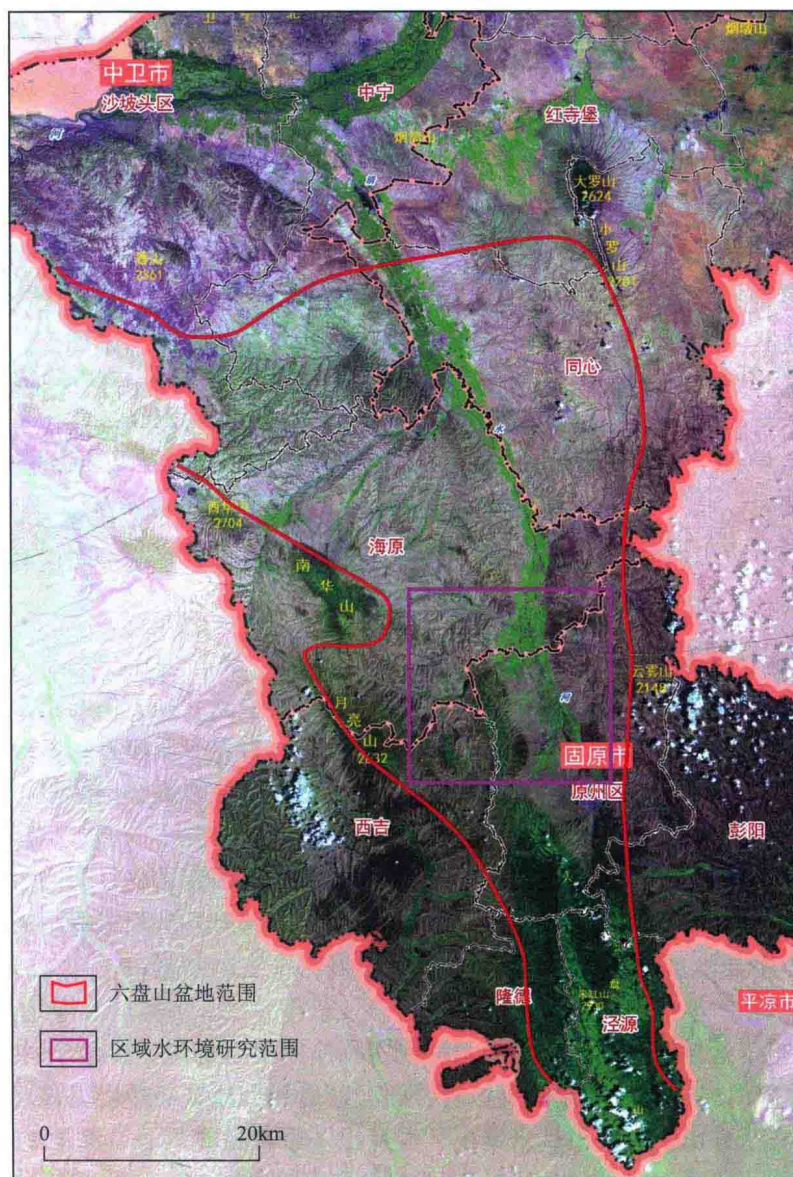


图 1-1 六盘山盆地区域位置示意图

盆地处于一个较为特殊的大地构造位置，整体叠加于华北陆块西南缘与北祁连-秦岭褶皱造山带交接构造带之上（图 1-2）。同时，该区域在新生代时期还处于青藏高原东北缘构造活动影响范围之内。六盘山盆地地层区划为华北地层大区秦祁昆地层区祁连-北秦岭地层分区海原-西吉小区，其周边地区出露的地层主要为隆起的中元古界和古生界变质岩系，北部香山、烟筒山隆起，西部西华山、南华山、月亮山隆起，东部“南北古脊梁”隆起，皆由前古生界及古生界岩系组成。

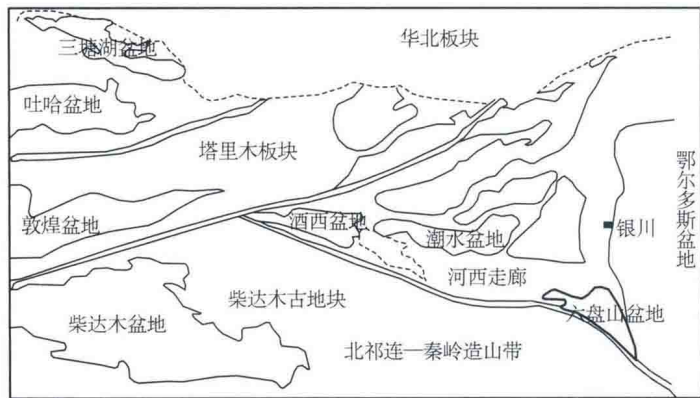


图 1-2 六盘山盆地大地构造位置图

一、地层特征

六盘山地区地层自元古宇至新生界均有出露，但出露和分布面积差异性较大。总体看，中元古界长城系、古生界寒武系一二叠系、中生界三叠系一侏罗系均零星分布于盆地周缘，出露面积较小，主要分布于盆地西南缘的南华山、西华山、月亮山，西北缘的香山-天景山，东北缘的罗山、烟筒山，东缘的云雾山、炭山等断块山体；中生界白垩系分布广泛，仅发育下统，区域上划分命名为白垩系下统六盘山群。

六盘山群出露面积较大，分布广泛（表 1-1，图 1-3），其分布范围遍及同心、海原、固原、西吉、隆德、泾源、平凉、庄浪等地域，包括出露于地表的六盘山系隆起分布区和同心-海原新生代盆地内新生界覆盖层之下的隐伏分布区。

（一）盆地基底构造层

六盘山盆地基底由中元古界变质岩系、下古生界海相碎屑-碳酸盐岩系与上古生界碎屑-泥质岩系等构成，但不同区域基底构成有所不同：盆地西南缘为中元古界变质岩系；盆地中北部为下古生界次深海相碎屑-碳酸盐岩系，盆地东缘主要为下古生界浅海碳酸盐岩系。

1. 中元古界海原群

中元古界海原群主要出露于盆地西界的南华山、西华山以及西吉县的月亮山等地，总体呈北西向展布，由一套厚度巨大的绿片岩相区域变质的火山岩、火山碎屑岩、沉积岩等组成，岩性主要为绿片岩，石英片岩、云母片岩和大理岩等。

2. 下古生界

1) 寒武系：分布于盆地东缘（窑山-炭山一线以东），出露局限，多位于冲沟内，呈南北向展布，由陆源碎屑海岸碎屑岩、浅海陆棚相页板岩、碳酸盐岩和台地碳酸盐岩组成。

2) 奥陶系：出露于香山、米家山、米钵山、大罗山一带，另在同心-海原的中新生界盖层之下可能还有大面积隐伏，厚度巨大，自下而上分别为次深海相碳酸盐岩-重力流碎屑岩沉积层。

3) 志留系：零星出露于同心县照花井、野猪沟和南、西华山等地，上统由紫红色砂岩砾岩组成，下、中统以海相灰岩为主。

## (二) 盆地沉积盖层

六盘山盆地于基底层之上发育了四套沉积盖层：上古生界泥盆系—石炭系—二叠系，中生界三叠系上统一侏罗系，白垩系下统，新生界古近系—第四系。其中，白垩系下统和新生界古近系构成了六盘山盆地地层主体。

### 1. 上古生界泥盆系—石炭系—二叠系

1) 泥盆系主要分布在盆地周缘的米家山、雪山、烟筒山、香山和南华山等地，主要以陆相磨拉石建造为主，多为紫红、灰白色砾岩、砂砾岩，属山麓—河流—湖泊相沉积。

2) 石炭系主要分布在盆地北缘、东北缘的中卫香山、同心烟筒山等地。下石炭统为潮坪相、咸化潟湖相碎屑岩、碳酸盐岩沉积，上石炭统为潮坪相、潟湖相和三角洲相含煤碎屑岩沉积。

3) 二叠系在盆地北缘中卫香山、东北缘同心烟筒山等地见有零星出露，主要岩性为杂色砂岩、粉砂岩、页岩及凝灰岩等，属开阔性陆缘河湖相及陆相火山—碎屑沉积。

### 2. 中生界三叠系—侏罗系

1) 三叠系零星出露于盆地北缘香山，为一套局限性内陆河湖相碎屑岩沉积。

2) 侏罗系分布于盆地中北部的下流水—深井及盆地东缘的窑山、炭山等地，为一套局限性内陆河湖相碎屑—泥质岩沉积。其下部为一套河流湖沼相含煤建造（侏罗系延安组），中上部为河湖相碎屑岩建造（侏罗系直罗组、安定组）。

### 3. 白垩系下统六盘山群

其分布范围遍及同心、海原、固原、西吉、隆德、泾源、平凉、庄浪等整个盆地区域，但主要出露于盆地南部和盆地东缘，统称为六盘山群，构成了六盘山盆地地层的主体。为一套完整的内陆盆地碎屑—泥质—碳酸盐—膏盐充填沉积序列。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。其直接基底在不同区域有所不同：西南部为中元古界，东部为下古生界，中北部为上古生界和侏罗系。自下而上进一步划分为三桥组、和尚铺组、李洼峡组、马东山组和乃家河组，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、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，结合露头沉积特点将六盘山群各组地层岩性及其特征概述如下：

1) 三桥组 ( $K_1s$ )：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 ( $K_1h$ )：分布很广，以盆地南部和尚铺一带最为发育，为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，粒度细、厚度大，岩性为紫红色砂质泥岩、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、泾源李洼峡等地均有出露，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—深湖相沉积。在蒿店一带，本组为蓝灰、灰白间灰绿色砂、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 ( $K_1m$ ): 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。在六盘山地区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、固原石峁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, 厚度一般为 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, 厚度减薄至 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, 在同心康家湾、固原石峁子、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、灰岩夹石膏、岩盐层。依据硝口-寺口子地区勘查资料, 该组分为上、下两个岩段, 其中乃家河组下岩段 ( $K_1n^1$ ) 岩性自下向上依次分为三类——下部为灰黄色薄层砂岩、黄灰色中层泥灰岩 (无溶蚀孔洞)、砂质泥灰岩、灰白色薄层灰质泥岩、中层状砂质灰岩、深灰褐色钙质泥 (页) 岩; 中部为灰绿色薄层泥质白云质灰岩 (有少量溶蚀孔洞) 与深灰色厚层状灰质泥岩不等厚互层夹青灰色厚层石膏及灰黄色石膏质泥岩; 上部为灰绿色中层灰质泥岩、灰黄色中层钙质泥 (页) 岩, 灰白色薄层泥灰岩 (有大量溶蚀孔洞) 根据已施工钻孔揭露, 该层位主要产出芒硝和石膏, 钻孔揭露厚度 80 m 左右 (未打穿), 区域上该岩性段厚 >202.41 m。乃家河组上岩段 ( $K_1n^2$ ) 自下向上依次分为三类——下部为灰黄色薄层泥灰岩、黄褐色钙质泥 (页) 岩、灰绿色中层状灰质白云岩, 时夹暗紫色中-薄层粉砂质泥岩; 中部为紫红色厚层状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩与灰绿色中-薄层灰质白云岩 (溶蚀孔洞渐增)、灰黄色中层砂质泥岩等厚互层, 在紫红色中-厚层砂质泥岩、灰绿色厚层状灰质白云岩中夹厚层岩盐, 为本区的岩盐产出层位; 上部为紫红色厚层砂岩、中层泥质粉砂岩、偶见灰黄色厚层砂岩及灰绿色薄层粉砂质泥岩, 灰质泥岩 (发育水平纹理) 及薄层泥灰岩 (无溶蚀孔洞)。根据钻孔揭露, 该岩性段厚度 146.32~507.16 m, 平均厚 322 m。区域上厚 238.51~696.84 m。与下伏马东山组为整合接触。

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; 不具波浪状灰岩, 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。

#### 4. 新生界

广泛分布于盆地中北部, 中南部仅发育古近系和新近系。

1) 古近系进一步划分为始新统寺口子组和渐新统清水营组, 主要出露于六盘山、西华山、南华山、屈吴山、香山等山麓边缘, 六盘山以北、香山以南多被第四系覆盖。寺口子组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。清水营组是以湖相为主、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。

2) 新近系进一步划分为中新统红柳沟组、干河沟组, 分布与古近系一致, 同属湖相为主的红色碎屑岩建造及河湖相杂色碎屑岩建造。

3) 第四系分布广泛, 其沉积物成因类型多样, 包括风积、洪积、冲积等各种沉积物, 组成塬、梁、塬的黄土地貌, 结构疏松, 无层理, 垂直节理较发育。

盆地主体地层特征见表 1-1。

## 二、盆地构造

六盘山盆地处于阿拉善地块、鄂尔多斯地块和中祁连板块的结合部位, 是在元古宙结晶基底和加里东褶皱基底之上发育起来的中、新生代小型盆地。盆地沉积盖层的发育既受北祁连褶皱带加里东运动期褶皱活动的影响, 又受贺兰褶皱带活动的影响。

表 1-1 六盘山盆地主体地层简表

| 界     | 系     | 统   | 群    | 组    | 厚度/m                          | 岩 性 特 征                                   | 构造旋回    | 沉积类型      | 成矿性      |
|-------|-------|-----|------|------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------|-----------|----------|
| 新 生 界 | 第四系   |     |      |      | 0 ~ 73                        | 灰黄色砾石、浅灰色粘土层                              | 喜马拉雅旋回  | 风成、洪冲积相   |          |
|       | 新近系   | 上新统 | 甘肃群  | 干河沟组 | 30 ~ 1111                     | 土黄色含泥质、钙质粉砂岩夹砾岩、含砾砂岩、砂岩粉砂岩                |         |           |          |
|       |       | 中新统 |      | 红柳沟组 |                               | 紫红色状粉砂质泥岩、黄色状粉砂岩夹灰绿色石膏质砂岩                 |         | 局限性湖、河流相  |          |
|       | 古近系   | 渐新统 | 固原群  | 清水营组 | 46 ~ 1008                     | 紫红、褐红、橘红夹灰绿、灰白色条带状色调的泥岩、砖红色块状细砂岩，局部夹石膏质砂岩 |         |           | 石膏       |
|       |       | 始新统 |      | 寺口子组 | 100 ~ 400                     | 橘红色厚层砾岩、含砾砂岩、砂砾岩、含砾泥质砂岩                   |         |           |          |
|       | 白 垩 系 | 下统  | 六盘山群 | 乃家河组 | 83 ~ 2200                     | 灰 - 灰绿泥质灰岩、薄层泥灰岩、砂质灰岩，局部夹页岩、石膏及岩盐         | 燕山旋回    | 咸化滨浅湖、深湖相 | 石膏、芒硝、岩盐 |
|       |       |     |      | 马东山组 |                               | 蓝灰 - 灰绿钙质泥岩、页岩、泥灰岩、鲕状灰岩、隐晶质灰岩、白云质灰岩及油页岩   |         | 深湖相、滨湖相   | 油页岩      |
|       |       |     |      | 李洼峡组 | 220 ~ 2600                    | 黄灰色砂岩、泥质砂岩、黄灰色薄层泥灰岩及紫红色厚层状砂质泥岩            |         | 河流、湖泊相    | 铀异常、铜矿   |
|       |       |     |      | 和尚铺组 |                               | 砖红色含砾砂岩、长石石英砂岩夹少量泥质粉砂岩                    |         | 河流、扇三角洲   | 铀异常、铅锌矿  |
|       |       |     |      | 三桥组  |                               | 浅紫红色厚层块状砾岩、角砾岩夹少量砂岩                       |         | 山麓相       |          |
| 侏罗系   | 中统    |     | 安定组  | ?    | 紫红色含砾砂岩、灰白色长石石英砂岩夹少量泥质粉砂岩、粉砂岩 |                                           | 河流、三角洲相 |           |          |

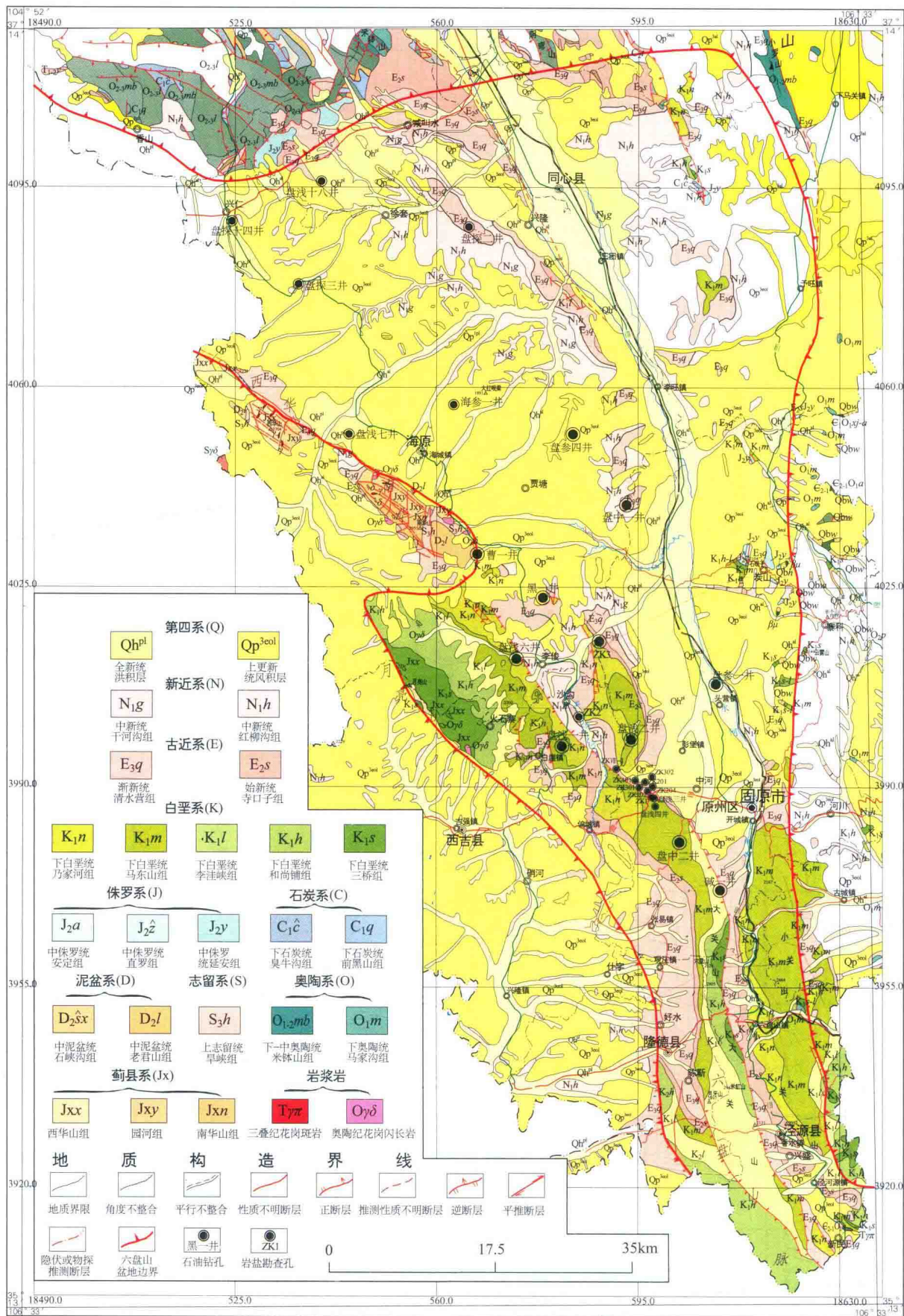


图 1-3 六盘山盆地地质图

### （一）断层发育特征

六盘山盆地发育有多条断裂，六盘山西麓大断裂为盆地西南边界，也是华北板块与柴达木－中祁连板块的分界线，本质上是北祁连缝合带的东延部分。根据断裂的延伸长度和对沉积的控制作用，可将盆地内部发育的多条断裂进行分级（表1-2）：一级断裂控制区域构造格架，规模大，共4条，分别为西南华山－六盘山断裂、清水河断裂、青铜峡－固原断裂、烟筒山－窑山断裂（图1-4）；二级断裂控制局部构造的展布，共3条，分别是兴仁堡断层、寺口子断层和桃山－石峡口断层。

表 1-2 六盘山盆地断层数据统计表

| 一级构造单元   | 断层名称       | 性质   | 产状/(°)   | 长度/km | 深度   | 级别 |
|----------|------------|------|----------|-------|------|----|
| 中央<br>坳陷 | 西南华山－六盘山断裂 | 逆冲   | SW/55~80 | >300  | 基底断裂 | I  |
|          | 清水河断裂      | 逆冲   | W/60~80  | >150  | 盖层断裂 | I  |
|          | 兴仁堡断层      | 逆    | E/60     | 30    | 盖层断裂 | II |
|          | 寺口子断层      | 逆    | SW/70    | 60    | 盖层断裂 | II |
| 东部<br>斜坡 | 烟筒山－窑山断裂   | 逆冲   | SW/60    | >160  | 基底断裂 | I  |
|          | 青铜峡－固原断裂   | 先正后逆 | W/76     | >75   | 盖层断裂 | I  |
|          | 桃山－石峡口断层   | 逆    | W/50~60  | 90    | 盖层断裂 | II |

#### 1. 一级断裂

1) 西南华山－六盘山断裂：是自晚古生代就已经形成的一条板块边界断裂。断裂性质始终为逆断层，中生代活动较弱，但其上盘的南、西华山仍然维持隆起状态，新生代为剧烈活动期，形成强烈的逆冲推覆体，同时断层分支，产生一新的逆断层，即寺口子断层，而且断层发生右旋，在平面上平移为两段，移动距离约3 km，平移方向为30°。断裂走向NW310°~320°，呈向NE凸出的弧形展布，倾向SW，倾角55°~80°，向南延伸与清水河断裂交汇。

2) 清水河断裂：是古生代末期形成的正断层，侏罗纪－白垩纪变为同生正断层。该断裂由香山北麓沿清水河一线至固原附近与西华山－六盘山断裂复合。在香山北麓该断裂露头清晰，将寒武系、奥陶系及石炭系地层逆冲到古近系地层之上，盆地内表现为隐伏断裂具有右旋平移及西盘向东推覆的特点。

3) 烟筒山－窑山断裂：沿烟筒山、窑山东麓南北向展布，向南东至炭山附近与罗山－固原断裂复合，南西倾，倾角60°。在烟筒山东麓可见泥盆系、石炭系逆冲到古近系之上，窑山一带下白垩统逆冲到古近系之上。

4) 青铜峡－固原断裂：逆断层，走向350°~360°，呈反“S”型展布，其中炭山－固原段为盆地东南边界，该段走向约360°，形成于前古生代，为正断层，晚侏罗世，受到由SW向NE强烈的挤压作用，断裂性质发生转变，表现为向东逆冲。该断裂为龙首山－六盘山深大断裂的南段，是宁夏区内华北地台与北祁连褶皱系的分界线。

#### 2. 二级断裂

1) 兴仁堡断层：形成于晚古生代，逆断层，走向335°~350°，倾向东，倾角60°，喜马拉雅期活动强烈，为兴仁堡凹陷与梨花坪凸起分界。

2) 桃山－石峡口断层：清水河断裂一分支，逆断层，走向340°~350°，倾向西，倾角70°~80°，形成于喜马拉雅期。发生右旋，被平移成两段，为桃山－石峡口断阶东界。

3) 寺口子断层：形成于新近纪，逆断层，为西南华山断裂一分支，走向从南向北由NW向转为近SN向，凸向NE方向，倾角50°，延伸长度约60 km，北端接清水河断裂北段，南端汇于清水河断裂南段，为固原凹陷西界。

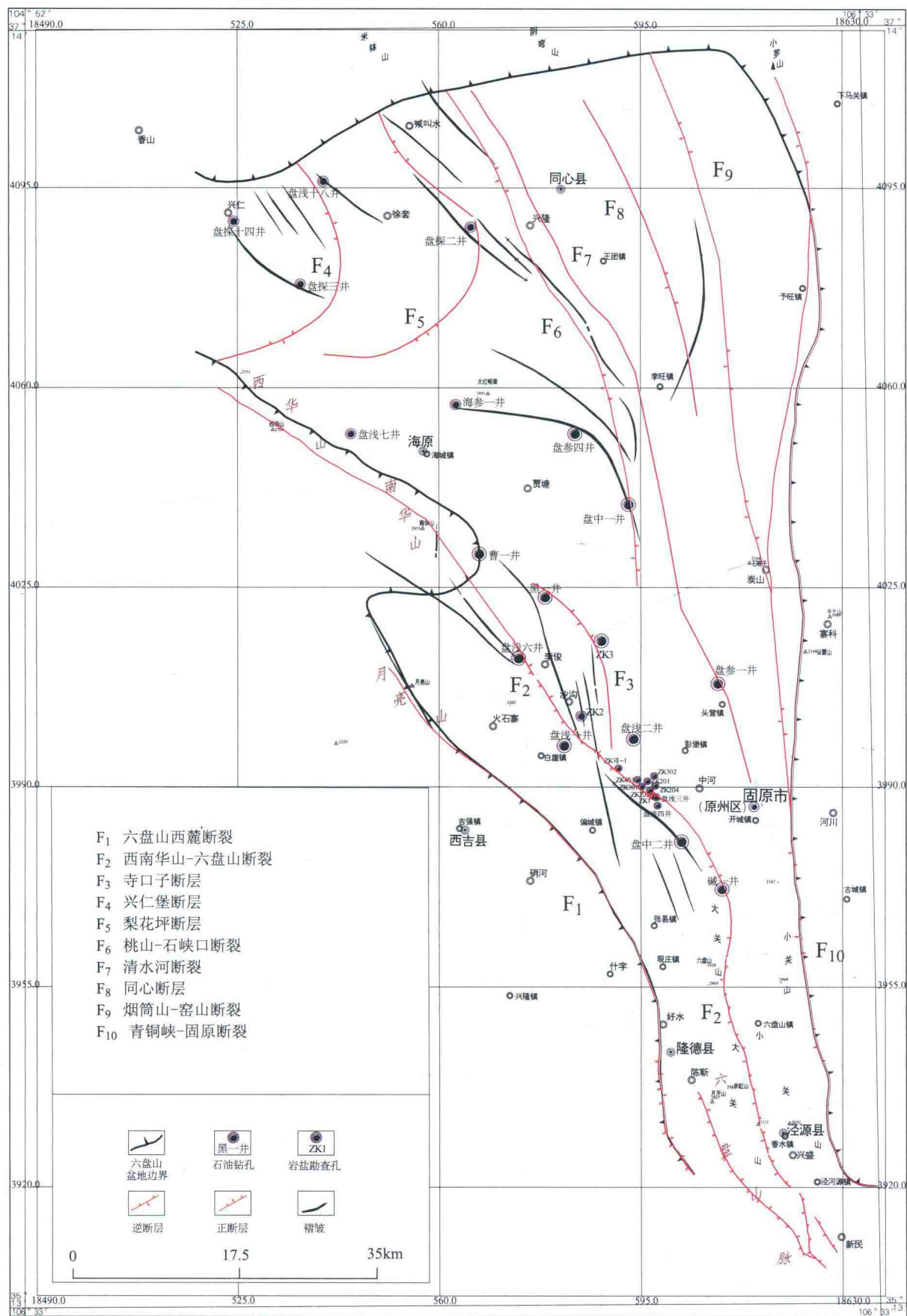


图 1-4 六盘山盆地断裂及褶皱分布示意图

## （二）褶皱发育特征

区域上褶皱构造较发育，既有在地壳较深层次的褶皱，亦有在地壳中，浅层次挤压、剪切变形作用下发育的褶皱。盆地内较大褶皱有杨明堡—杆杆梁向斜、东梁—墩墩梁背斜、怀沟淌—沙沟向斜、月亮山背斜、大红沟背斜、四大明山向斜、马东山背斜、老关湾向斜、喇嘛墩背斜等（图1-4）。

## 三、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2-3），呈小岩珠、岩瘤状产出，单个岩体面积一般小于2 km<sup>2</sup>。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不等，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。

## 四、盆地矿产

根据以往地质工作资料显示：六盘山盆地内矿产资源较为丰富，三桥—李洼峡期由于沉积与热液或地下水共同作用，形成铅锌、铜矿化及砂岩型铀矿化；李洼峡—马东山期形成油气（包括页岩气）；在湖盆萎缩消亡的乃家河期及叠伏与其上的同心—海原古近系盆地形成石膏、芒硝、石盐等矿产。

### （一）多金属矿产

六盘山盆地区经历了多期次构造作用，在早白垩世盆地形成同期，基底层老侵入岩（印支—燕山期花岗斑岩）和变质岩（海原群）活化，为铅锌铜铁等元素富集提供了来源，目前，已在区域大断裂附近发现多处铅锌矿和铜矿点，地表规模有限。2012年对盆地内18处矿（化）点预测铅锌矿资源总量为 $9.4 \times 10^4$  t，另发现有38处沉积改造型铜矿（化）点。但因为勘查程度极低，总体上仍处于探索性勘查阶段，矿产勘查开发前景尚不明朗。

#### 1. 杨家岭（李洼峡）铅锌矿

地处固原城南约30 km，处于南、西华山—六盘山东麓断裂西侧，铅锌矿体产于灰质白云岩层位中，受次级断裂构造控制，属热液型或热液改造型铅锌矿。赋矿地层为中生代白垩系三桥组及和尚铺组，主要岩性为厚层状砾岩及泥质灰岩等，有不同程度的硅化和重晶石化、黄铁矿化，局部有强烈方铅矿化和闪锌矿化。主要矿体分布在李洼峡—溜石沟地区，矿体分布分散，规模小，品位低。矿体形状呈脉状。成矿元素只有Pb、Zn，无其他共生、伴生元素。矿石类型为金属硫化物。矿物组合以方铅矿为主，次为闪锌矿，少量黄铜矿、辉银矿、斑铜矿、黄铁矿。脉石矿物有石英、方解石、重晶石。矿石为浸染状结构。岩石低温热液蚀变较强烈，主要蚀变类型有硅化、重晶石化和碳酸盐化，蚀变程度各处不一。根据铅矿石的硫同位素分析认为属于低温热液。分析认为矿床形成于燕山运动晚期，沿六盘山东麓大断裂上升的热液浓集了地层中的铅、锌、铜矿质，在其旁侧的断层破碎带与泥质灰岩层中交代富集成矿。

#### 2. 黄草沟铜矿（点）

固原市黄草沟铜矿点，赋矿岩石为白垩系和尚铺组和李洼峡组中粗粒长石砂岩、细粒泥质砂岩、泥岩、石英长石砂岩、砾状长石砂岩中。成矿时期为早白垩世，属沉积型铜矿。矿石矿物为辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿。脉石矿物主要有长石、石英，次为绿泥石、绢云母、黑云母、炭质碎屑、褐铁矿，

有极少量锆石、磷灰石、电气石、白钛石、榍石、金红石等。铜矿平均品位为 0.59%，规模较小。

### 3. 火石寨砂岩型铀矿（点）

1958 ~ 1987 年，区域地质调查队和核工业地质部门在六盘山盆地区实施过放射性顺便检查和放射性矿产调查工作，共发现 1 处铀矿点、10 处矿化点、1854 处异常点。经过对火石寨地区开展调查工作，在白垩系李洼峡组地层底部及和尚铺组上部发现了 8 个砂岩型铀矿化点和多个异常点，在乃家河组顶部发现了 1 个膏结岩型铀矿化点和 1 个异常点，另外发现水铀异常 4 个，水氡异常 2 个。经综合分析认为盆地和尚铺 - 李洼峡期铀源丰富，古气候、古地理和地貌条件有利，地层中砂体发育，具备泥 - 砂 - 泥结构，而且由于后期构造影响，该地区具备有利的氧化还原条件及水文地质条件，在该地区开展可地浸砂岩型铀矿勘查前景良好。

## （二）油气资源

自 20 世纪 50 年代，石油工业部门在六盘山盆地开展过石油会战，施工了多口探井及地面物探工作，发现大量油气显示——地面油气苗见 30 余处，井下有 20 口井见显示。分布范围广泛，北起同心小红沟，南至泾源老龙潭一带，长达 180 km。油气显示多以裂缝含沥青为主，气苗、 $H_2S$  泉、岩心冒气及荧光显示为次，个别为晶洞含油。主要层位为白垩系和古近系。据统计约 95% 油气显示集中在下白垩统马东山组 - 乃家河组。现有资料表明，盆地生油层系主要为下白垩统马东山组，其次为盆地下伏的侏罗系和石炭系，具备形成油气藏的有利条件，但多年工作突破不大。近年来，结合现代成矿理论，综合分析认为六盘山盆地具备了生、储油气条件和场所，尤其是近期实施的六盘山盆地页岩气调查证实马东山组及其下部的李洼峡组厚层泥页岩具备良好的生烃条件，开展页岩气或页岩油勘查前景良好。

## （三）盐类矿产

六盘山盆地内盐类矿产（石膏、芒硝、石盐等）广泛分布，主要产出于白垩系乃家河组和古近系清水营组两套地层中。

### 1. 白垩系乃家河组

近期勘查工作中所取得最新资料和前人钻孔资料中均可反映出下白垩统乃家河组地层中，有石膏、芒硝和石盐化学沉积物（不排除有钾盐的可能）。石膏在地表和钻孔中均可见到，而芒硝和石盐仅在钻孔中见及。

1) 石膏：很少形成较具规模的矿床，多数在芒硝层下部呈薄层状、团块状或透镜状产出。仅在寺口子 - 杨明一带形成小型石膏矿，厚度小，延伸小，质地不纯，赋存于乃家河组下部泥岩、砂岩中。其中杨明石膏矿点见矿总厚 1 ~ 1.5 m，含石膏 7 层，单层厚 2 ~ 30 cm。断续出露长 200 m；蔡祥堡石膏矿点见石膏 3 层，最厚达 2.6 m，但延伸不大，呈透镜状。矿床规模小。

2) 芒硝：在 ZK1、ZK3，盘中 2 及盘参 4 孔中均见有相应的芒硝层位，在寺口子沟中也见到沿岩层面渗出的芒硝卤水。

3) 石盐：通过对前人资料研究消化及勘查实践，在硝口 - 上店子地区探获一大型岩盐矿，查明资源量达  $26 \times 10^8$  t 以上，岩盐矿厚度大、质量佳、埋藏适中，开发条件优越，目前正在开发利用。同时地矿部门在该矿外围继续开展勘查与研究。

### 2. 古近系清水营组

该套地层遍布整个六盘山盆地，普遍含有石膏层，为宁夏南部主要的石膏含矿层。具有矿层多，单层厚度大， $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  含量高等特点。如同心县贺家口子石膏矿，矿层赋存于清水营组上部，含矿地层厚 265 m，含石膏 78 层，矿层总厚 57 ~ 103 m，单层最厚 11.7 m，最薄 0.10 m，一般 0.7 ~ 2.7 m。具有工业价值的矿层有 20 余层。 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  最高含量达 92.5%，最低 45.02%，一般 50% ~ 70%，平均 72.68%，探明资源量  $24.1 \times 10^8$  t。为一特大型石膏矿。此外，资料显示，该套含膏地层中亦含有少量芒硝、石盐，但在评价石膏矿时，没有对伴生的芒硝、石盐矿产进行综合评价，也没有进行专门性的评价工作。