

“南方地区构造演化控制页岩气形成与分布调查”项目资助

南方地区构造体系与 页岩气分布调查

康玉柱 王宗秀 李会军 张林炎 康志宏 等著

地质出版社

南方地区构造体系与 页岩气分布调查

康玉柱 王宗秀 李会军 张林炎 康志宏 郭建华
文志刚 李春麟 谭元隆 梁明亮 刘圣鑫 李小诗 著
季长军 周磊 徐耀辉 鄢犀利 邢秀起



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以地质力学理论为指导,采用野外地质调查与室内分析相结合,地质与地球物理相结合,几何学、运动学及动力学相结合,盆地与造山带相结合的技术路线,建立盆地构造体系格局,开展了南方地区主要构造体系特征及其复合关系研究,探讨主要构造体系控制页岩气盆地生成发展的机理,揭示构造体系控制页岩气分布的规律,并进行页岩气聚集的有利区(带)分析。

本书可供从事页岩气地质勘探、地质构造的研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

南方地区构造体系与页岩气分布调查 / 康玉柱等著.

—北京:地质出版社,2018.11

ISBN 978-7-116-11276-6

I. ①南… II. ①康… III. ①构造体系-地质调查-中国 ②油页岩-地理分布-地质调查-中国
IV. ①P552②P618.120.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 247774 号

Nanfang Diqu Gouzao Tixi yu Yeyanqi Fenbu Diaocha

责任编辑:田野 官月萱

责任校对:张冬

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) 66554653 (邮购部); (010) 66554631 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554686

印 刷:北京地大彩印有限公司

开 本:889 mm × 1194 mm 1/16

印 张:11.25

字 数:320千字

版 次:2018年11月北京第1版

印 次:2018年11月北京第1次印刷

定 价:68.00元

书 号:ISBN 978-7-116-11276-6

(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

本书以地质力学理论为指导,采用野外地质调查与室内分析相结合,地质与地球物理相结合,几何学、运动学及动力学相结合,盆地与造山带相结合的技术路线,建立盆地构造体系格局,开展了南方地区主要构造体系特征及其复合关系的研究,探讨了主要构造体系控制含油气盆地成生发展的机理,揭示了构造体系控制页岩气分布的规律,并进行页岩气聚集的有利区(带)分析。

主要研究成果及创新认识如下:

1. 深入研究了套主力页岩气层系沉积特征

(1) 下寒武统泥页岩层系

下寒武统泥页岩层系以下寒武统牛蹄塘组为代表,下段为深海陆棚相的暗色泥岩、页岩夹硅质或钙质泥页岩,厚度为40~120 m,为泥页岩主要发育段;上段为泥页岩与泥灰岩不等互层,横向较为稳定,分布广,主要展布方向为NE向。

(2) 上奥陶统—下志留统

1) 五峰组(O_3):该组在四川分布广泛,层位稳定,一般多见硅质页岩,富产笔石,在三峡、南江、川南一带顶部见厚度不大的泥灰岩及砾状灰岩等,在川东该组下部为黑色炭质页岩、粉砂质页岩、硅质页岩,厚度一般。

2) 龙马溪组(S_1):该组为浅海碎屑岩相、泥页岩相及碳酸盐岩沉积。在南江、巫溪一带,岩性为灰黑色炭质页岩、硅质页岩夹粉砂岩、硅质岩。

2. 划分了构造体系类型

(1) 新华夏构造体系

新华夏构造体系形成于印支运动中期,分布于川东—湘鄂西广大地区,以NNE向褶皱带及配套的压性、压扭性断裂带为主体。

燕山期由于太平洋向亚洲板块的强烈俯冲,在NW—SE向的挤压应力作用下,渝东南地区形成了一系列NNE向或NE向褶皱群,以复式背斜、复式向斜、箱状背斜和箱状向斜为典型特征,呈有规律的条带状分布;伴随着挤压应力从SE向NW方向传递和能量的衰减,由SE至NW方向形成了隔槽式褶皱→过渡性褶皱→隔挡式褶皱的顺序分布特征;在燕山运动的后期,由于区域应力的方向发生了逆时针方向的扭转,使得已有的褶皱构造形态发生变形,在平面上形成“S”形或弧形褶皱。

(2) 华夏构造体系

华夏构造体系主要发育在四川盆地西北缘走向NE的龙门山构造带,该构造带包括一系列挤压强烈的褶皱和断裂带,并伴生了岩浆岩和侵入体。从构造关系来说,华夏构造体系不但受到其他构造体系同走向的重接复合,而且遭到其他构造体系穿切。该构造带南东部下侏罗统及上三叠统组成NE走向的褶皱及断裂十分明显,进一步表明龙门山构造带属华夏构造体系。另外,川东南宜宾一带,主要由古生代褶皱带组成,该构造带主要形成于晚古生代或三叠纪末期。控制四川盆地内部4个隆起:即泸州隆起、乐山—龙女寺隆起、开江隆起及江油隆起等。

(3) 纬向构造体系

四川盆地的EW向构造呈带状展布,成生较早,延续时间较长。而盆地内的部分油气田又多分布在EW向构造带上,或位于EW向构造与其他构造体系相复合的部位上,因此,研究EW向构造带,弄清其发生、发展及分布规律,对指出四川盆地的找油(气)方向,扩大找油(气)领域很有必要。

四川盆地北缘有米苍山EW向构造带,往南依次为灌县—南充—巫山构造带、威远—龙女寺EW

向构造带及南边的筠连—赤水 EW 向构造带。除米苍山 EW 向构造带属于巨型纬向构造带系外，其余均属区域性的 EW 向构造带。它们多分布于一定的纬度，但因受其他构造体系的干扰、改造，构造形态往往被歪曲，多断续出现。

(4) NW 向构造带（含大巴山弧形构造带）

NW 向构造带以褶皱为主，轴向 $N50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，与大巴山弧平行，剖面形态呈正弦曲线般的舒缓波状，两翼略不对称，背斜东北翼缓，西南翼陡。从大巴山向西南随着褶皱变缓不对称也渐不显著。这一构造沿倾向和沿走向皆与大巴山过渡，反映与大巴山弧有生成联系。从分水岭和千秋垭背斜、乱石子、寨口河及麻石背斜都分别呈右行斜列来看，表示它们有右行扭动。此外，复合在雷音铺背斜顶部和七里峡背斜西翼的压扭断裂，底层错动及分支构造表明也具有右行扭动性质。但是盆地的 NW 方向构造仅是大巴山弧构造的一部分，暂作为构造型式不明的 NW 向构造处理。

(5) 构造体系的复合关系

新华夏构造体系的构造与 NW 向构造的复合关系主要表现为反接，从两者的方向来看是不言而喻的。反接现象表现在复合的褶皱或冲断面彼此显著的交叉，一组隔断—组或成横跨褶皱。横跨和隔断这两种现象在川东北皆堪称典型。前者如涪阳坝构造和双石庙构造。

综上所述，盆地中的 NW 向构造与新华夏构造体系比较是一种后起的构造。新华夏构造体系构造与大巴山弧的关系较为复杂。前已述及，新华夏构造体系多受大巴山弧的干扰限制，使方向偏转为 NE—NEE 向。而在万源铁矿见到黄金口背斜北端与大巴山弧 NW 向背斜呈“丁”字形交接，后者轴线西段急转为 NNW 向。这些情况都说明大巴山弧成生在先。既然 NW 向构造与大巴山弧有成生联系，为什么前者成生于新华夏构造体系之后，而后者成生于新华夏构造体系之前？李四光（1973）在叙述交接复合形式时指出：“两个不同时期的复合构造体系之间可以发生这种现象，同时发展的两个构造体系的复合部分之间，也可以发生这种现象。”川东北新华夏构造体系与 NW 向构造体系并不意味着它们彼此互相复合的那一部分的构造成分亦同时出现，理论上应有早有晚，如果设想彼此复合部分的构造形迹同时出现，那出现的应该是因应力局部联合而产生的一种折中形态的构造，而不应出现交接复合现象。但就两个构造体系而言则是同时成生的。

3. 泥页岩有机地球化学特征

1) 下寒武统牛蹄塘组：TOC 含量为 0.8% ~ 5.8%；有机质类型为 I—II 型；有机质成熟度 R_o 为 2% ~ 3.2%。

2) 上奥陶—下志留统：TOC 含量为 0.5% ~ 4.5%；有机质类型以 I—II 型为主，少部分为 II—III 型；有机质成熟度 R_o 为 0.8% ~ 2.8%。

4. 泥页岩孔隙特征

1) 下寒武统筇竹寺组：该组泥页岩基质孔隙度为 1.4% ~ 3.1%，在基质孔隙中，有机质孔隙占 1.7% ~ 43.2%（平均为 18.6%），黏土矿物层间孔隙占 53.9% ~ 97.4%（平均为 79%），脆性矿物孔隙占 0.8% ~ 3.1%（平均为 2.4%）。

可见筇竹寺页岩储集空间以黏土矿物层间孔隙和有机质孔隙为主体。

2) 上奥陶统一下志留统龙马溪组：该组黏土矿物占 29% ~ 58%，石英含量介于 19% ~ 69% 之间，平均为 42.8%；长石含量介于 3% ~ 13% 之间，平均为 6.2%；碳酸盐矿物含量平均为 7.7%。焦页 1 井五峰组—龙马溪组优质页岩段石英含量介于 31% ~ 57.2% 之间，平均为 44.29%，黏土矿物含量介于 16.6% ~ 40.7% 之间，平均为 32.4%，彭页 1 井优质页岩段石英含量介于 30.8% ~ 73.1% 之间，平均为 45.69%，泥页岩孔隙度为 1.5% ~ 3.1%。

5. 提出了泥页岩气“甜点”的主要指标

1) 厚度大于 50 m。

2) 现今 TOC 含量大于 1%。

3) R_o 大于 1.0%。

4) 平均孔隙度为 3% ~ 5%。

- 5) 脆性矿物含量大于 50%，硅/钙含量较高。
- 6) 层内纹理和层理发育。
- 7) 裂缝发育。
- 8) 含气量大于 $1 \text{ m}^3/\text{t}$ 。
- 9) 地层压力较高。

6. 形成、保存条件评价六大要素

- 1) 泥页岩气顶、底板封闭好。
- 2) 无张性及扭性断裂。
- 3) 褶皱不强烈。
- 4) 埋藏适中，一般埋藏不小于 800 m。
- 5) 地层倾角小于 45° 。
- 6) 地下水不活跃。

7. 泥页岩气评价选区

(1) 评价选区依据

- 1) 优质烃源岩分布、厚度和地球化学指标等。
- 2) 脆性矿物、层理、纹理及裂缝发育状况。
- 3) 地质构造及保存条件。

(2) 评价地区

- 1) 下寒武统：①川南—黔北；②湘鄂西—渝东；③川东北。
- 2) 上奥陶统一下志留统：①川南—黔北；②鄂西渝东；③川东北—渝东北—鄂西北—湘西北。

该专著由康玉柱、王宗秀主持编写。主要执笔人：第一章由康志宏、康玉柱执笔；第二章由康玉柱、王宗秀执笔；第三章由康玉柱、王宗秀执笔；第四章由康玉柱、王宗秀、李会军、文志刚执笔；第五章由康玉柱执笔；第六章、第七章由康玉柱、王宗秀、李会军、张林炎、康志宏、文志刚执笔。图件由邢秀起、鄢犀利绘制；其他人员参加有关章节编写。最后由康玉柱、王宗秀统编定稿。

在项目立项和研究工作中，始终得到中国地质调查局、国土资源部油气资源战略研究中心领导的支持和指导，中国地质科学院地质力学研究所领导在多方面给予大力支持，科技处等职能部门热切关注和适时帮助，有关专家、兄弟课题组提供了一些有益的信息，在此一并表示感谢。同时项目组特别感谢中国石油化工集团公司石油勘探开发研究院、有关石油公司的大力协助，提供了大量供研究参考的基础资料。书中引录了一些专家、学者的著述和见解，在此向他们表示衷心的感谢。

目 录

前 言

1 地层与沉积特征	1
1.1 深部地质结构	1
1.2 地层划分与对比	6
1.3 层序地层特征	22
1.4 岩相古地理特征	37
1.5 重点层系沉积格局特征	71
2 构造体系类型及特征	86
2.1 构造体系类型	86
2.2 构造体系演化特征	101
3 盆地的形成演化	104
3.1 震旦纪—中奥陶世裂陷—克拉通盆地	104
3.2 晚奥陶世—泥盆纪挤压克拉通盆地演化阶段	106
3.3 石炭纪—中三叠世克拉通内坳陷盆地演化阶段	107
3.4 中生代前陆盆地阶段	111
4 泥页岩气形成地质条件	116
4.1 上奥陶统一志留统泥页岩气地质条件	116
4.2 下寒武统泥页岩气地质条件	126
4.3 泥页岩气保存条件分析	138
5 涪陵泥页岩大气田特征	146
5.1 深水陆棚相泥页岩是海相页岩气富集的基础	146
5.2 保存条件决定页岩气富集程度和分布	148
5.3 涪陵大气田的发现	151
5.4 涪陵大气田特征	155
6 泥页岩气“甜点”的主要地质参数及指标及有利区优选	160
6.1 中国海相下古生界泥页岩气“甜点”评价主要参数（指标）	160
6.2 北美地区页岩区（带）“甜点区”评价采用定性参数标准	160
6.3 有利区优选的依据	160
6.4 涪陵焦石坝地区	161
6.5 川东鄂西页岩气勘探有利区优选	161
6.6 湘西北泥页岩气有利区优选	163
7 结论	165
主要参考文献	168

1 地层与沉积特征

1.1 深部地质结构

1.1.1 重力异常反应的盆地深部构造特征

区域重力场是按地壳结构（包括沉积建造和结晶基底的结构以及地壳深部的结构）的特点和构造发展史而划分的各种地质构造区域的重力场的分布形态，主要是指大规模的变动所引起的重力场的形态，而不计小规模异常影响。利用重力场的分布和变化规律可以研究岩石圈水平界面因隆起、拗陷、断裂以及岩浆侵入所导致的密度不均匀，根据重力异常结合深地震资料计算出地壳近似厚度和上地幔密度的分布特征。

从重力等值线形态上看（图 1.1），总体表现出东南湘西北逐渐降低的重力缓斜坡，反映出地壳厚度由 ES—WN 逐渐增厚的趋势。区内各块体现出各自不同的重力场特征。

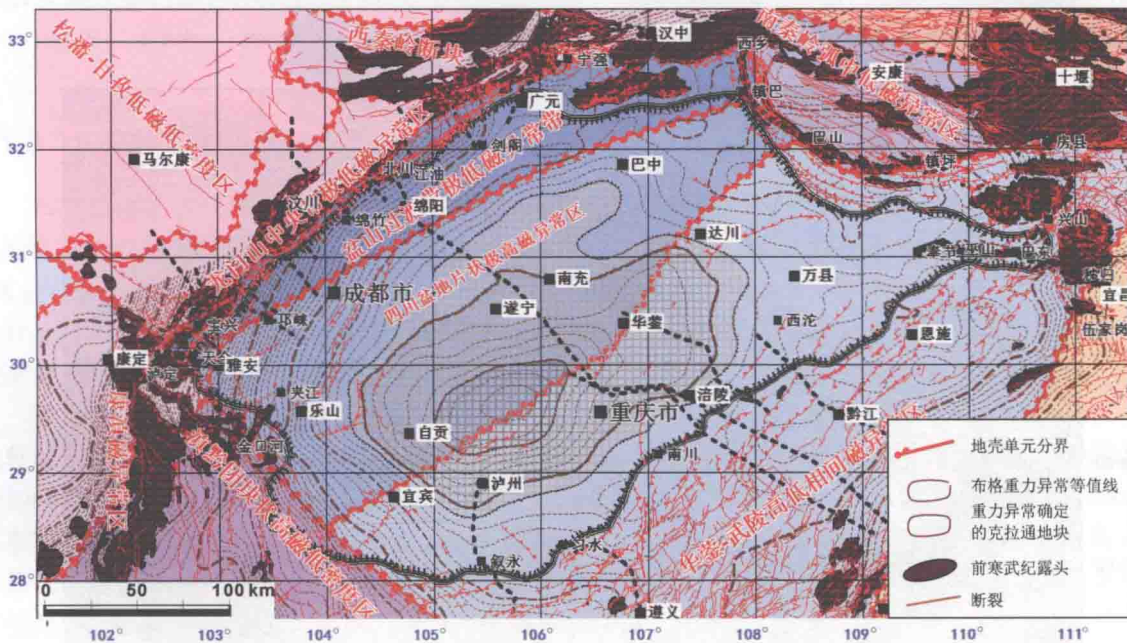


图 1.1 四川盆地及邻区地壳结构轮廓图

由广元—成都—乐山—泸州—重庆所围成的区域存在局部重力异常高值圈闭区；四川盆地周缘造山带或高原区布格重力异常等值线的分布呈环绕盆地状展布，向北及东北开口略有箕状显示，即西部边缘异常值较低、较密集，呈 NNE 向，东部边缘重力异常梯度带近 NNW 向，总体近似菱形，重力值线变化展布与盆—山地形为匹配的“镜像”关系，梯度带反应基底凸起、凹陷和断裂的分界线。

在重力异常图上，四川盆地及周缘断裂带均表现为一定程度的等值线扭曲或梯度带分布，表明浅部地表变形在重力场中有着良好反映。

向上延拓 20 km 结果可以看出，盆地在重庆—遂宁—自贡—泸州地区表现为重力高值区，向外重

力降低，这应该是克拉通古地核的密度显示；重力异常偏差和梯度结果显示，重庆之西的重力高已不明显、而南充重力低则有一定的反映以及在盆地中部及周边分布零散的圈闭等。航磁异常显示，四川盆地中部航磁异常以正异常为主，在西北、西南盆地边缘地区以负异常为主，盆地基本上被负异常所包围。盆地内正异常分布近似菱形，这些进一步印证了重力高区可能是克拉通陆核。

梳状褶皱群（武陵断块）深部构造关系

四川克拉通深部构造总体为一单斜构造，均匀性较强，基底断裂和由此划分的构造单元比较发育且多期活动，有显性和隐性活动两种类型，断裂表现为走滑方式。

据最新研究还发现，在四川盆地中部的蒲江-巴中深大断裂以东、华蓥山深大断裂以西的川中地块发育古裂谷（谷志东等，2012），表现为具有强烈正磁场异常呈 NE 向展布的坚硬块体，川中地块大陆裂谷的发现对川中地区的油气勘探具有重要意义。

在四川克拉通与华蓥山断块地震深反射剖面上，在华蓥山北新发现的华蓥山与盆地腹地之间存在一条地壳尺度断裂及 Moho 面断开。该面为倾向 SE 的莫霍面“透明区”，该结构面对应于“克拉通陆核”中部，这一发现对四川盆地深部格架以及川东与武陵单元构造关系的认识有重要启示。

1.1.2 重磁基底背景特征

四川盆地及周边地区地壳平均密度变化不大，一般为 2.8 g/cm^3 左右，四川盆地可达 2.81 g/cm^3 ，但上地幔平均密度变化较大，在四川盆地为 $3.36 \sim 3.41 \text{ g/cm}^3$ 。因此，在计算中选取地壳底部与上地幔顶部的界面密度差为 0.55 g/cm^3 。应用调和级数方法对该盆地的地壳厚度进行了反演计算。

布格重力异常等值线显示的地壳底界面（莫霍面）的深度分布（图 1.2），四川盆地中部地壳厚度为 $38 \sim 41 \text{ km}$ ，在重庆之西有一上地幔隆起区，该区地壳厚度为 37 km ，而在盆地西部边缘地区地壳厚度从 41 km 陡变至 47 km ，与地形呈镜像关系。

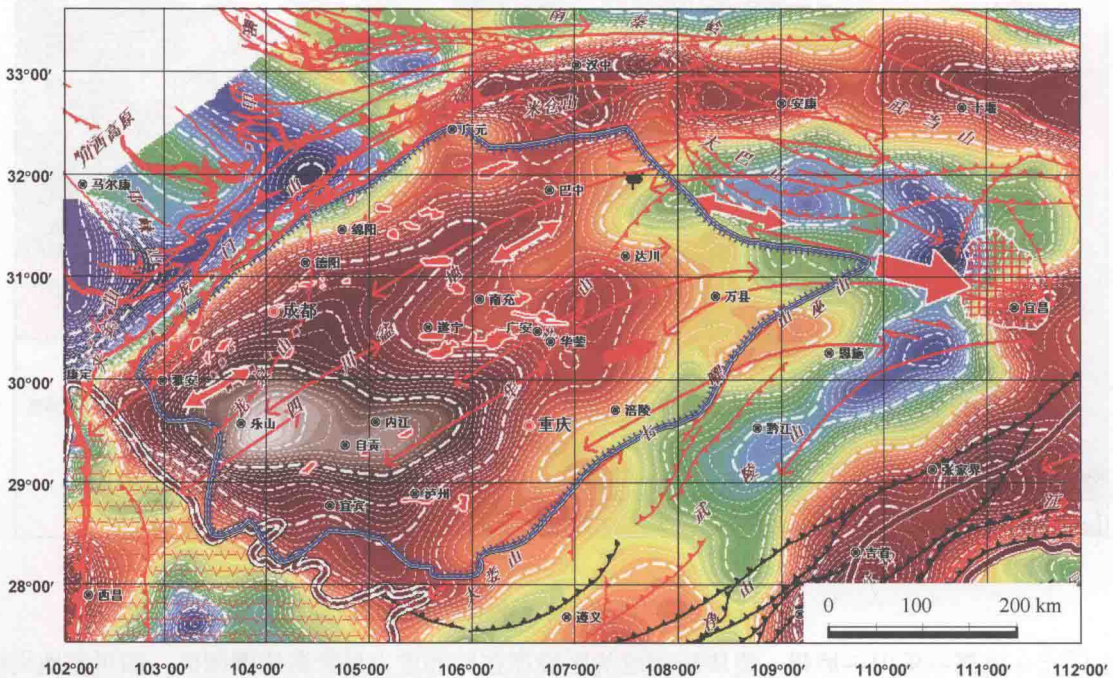


图 1.2 四川盆地及邻区布格重力异常（偏差）等值线（色阶）图

对采集的该盆地的航磁异常同样进行了网格化处理，反演计算了该盆地磁性顶、底界面的深度分布（图 1.3）。该盆地磁性顶界面深度分布显示，在盆地中部顶界面埋深较深，在 $6 \sim 9 \text{ km}$ ，并明显可以看出在中部有一“Z”形展布带，厚度在带两侧逐渐减小，而在盆地边缘地区埋深较浅，一般为 $4 \sim 6 \text{ km}$ 。该盆地磁性底界面深度分布显示，在盆地中部磁性底界面有一 NE 向的陡变带，厚度从边

缘处的 37 km 变至中部的 43 km, 在盆地内部磁性底界面厚度为 40 ~ 44 km, 在南充强磁场区有一磁性底界面较深区 (深为 44 km), 在重庆东北方向也存在一磁性底界面较深区 (深度大于 44 km), 与磁异常分布对应, 周边地区则为 36 ~ 39 km。

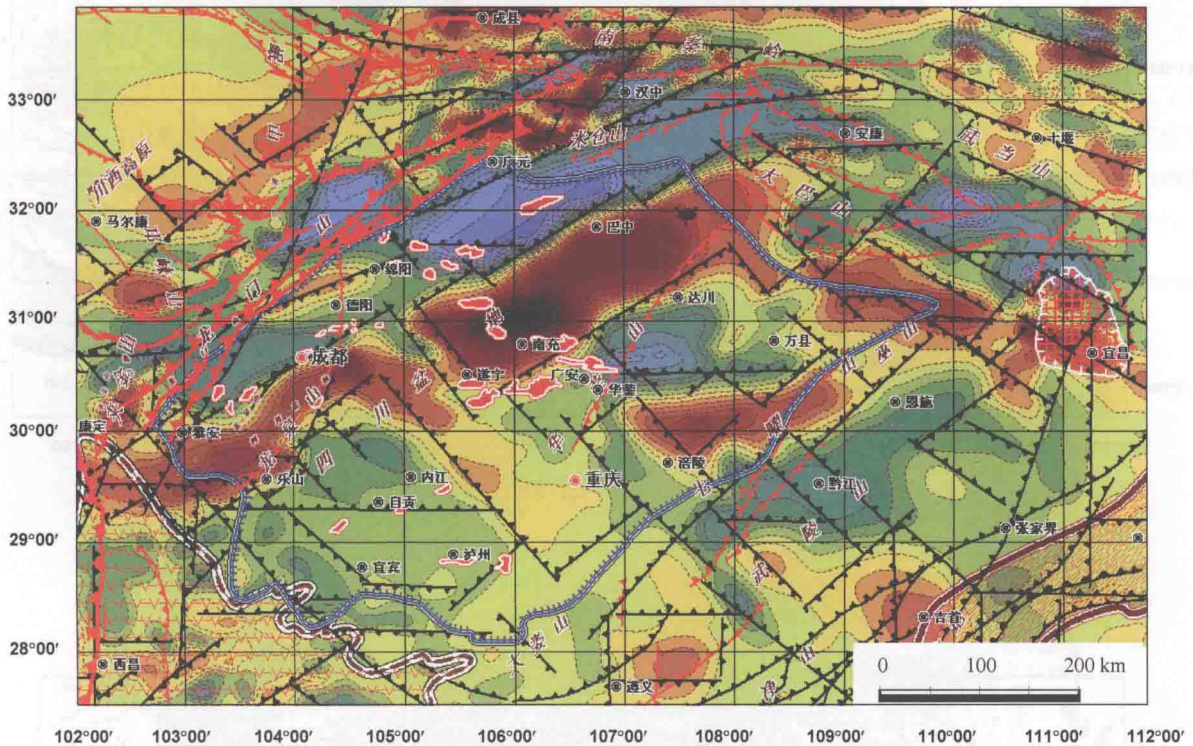


图 1.3 四川盆地及周缘航磁异常场 (色阶) 图

1.1.3 深部构造的地质解释

布格重力异常值自西向东逐渐升高, 这与该地区地壳厚度自西向东逐渐减薄具有一定的相关性。该地区的重力异常场的分布与该区的岩石层密度分布也有关。该区地壳平均密度变化不大, 一般为 2.8 g/cm^3 , 四川盆地较高, 为 2.81 g/cm^3 , 但上地幔平均密度变化较大, 在四川盆地达到 $3.36 \sim 3.41 \text{ g/cm}^3$, 而松潘一带最小为 3.21 g/cm^3 , 由于该盆地具有相对较高的上地幔平均密度, 因此也是造成盆地内部重力异常相对周边高的原因之一。

该地区的重力异常场的分布与该区软流圈深度具有一定的关系。根据大地电磁测深资料, 四川盆地软流圈深度为 90 km 左右, 龙门山以西达 150 km, 呈一明显的梯度带, 与该区内布格重力异常梯度带相吻合。这表明重力场分布与软流圈分布有关。但也有例外, 如武隆地区软流圈为隆起 (80 km), 其东、西两侧软流圈下凹, 重庆处深达 140 km, 但在重力场上无明显反映, 说明影响重力场并非单一是软流圈因素。航磁异常表明, 南充、石柱地区其磁异常之间地区构成一菱形强磁场区, 菱形边界可能是结晶基底隐伏断裂的反映, 断裂两侧岩石磁性有较大的差异。

南充地区磁异常高达 $+350 \text{ nT}$ 以上, 上延拓后仍然很大, 这说明该地区可能是太古宇深变质基性—超基性岩为其基底, 属单层基底结构型。这些变质基性岩、超基性岩, 构成了南方大陆板块的古陆核, 具有很高的强度, 是川中表层褶皱极为平缓的重要原因之一, 它是康定群和崆岭群的母岩, 是中元古代的物源区 (图 1.4, 图 1.5)。

石柱地区磁异常为 $+275 \text{ nT}$, 与南充磁力异常类似, 但其值较低。因此该区基底应与之相似, 属单层结构的太古宙结晶基底, 推测基底岩性为深变质的中基性岩。

德阳—绵阳地区为磁正异常区 ($> +70 \text{ nT}$), 该区位于龙门山断裂带以东, 其北为米仓山和摩天岭, 已出露有太古宇或太古宇至古元古界后河组、鱼洞子组, 中元古界火地垭群和碧口群。该区的西南为康滇地块, 已出露的太古宇至下古生界康定群、河口群, 中元古界会理群和峨边群。

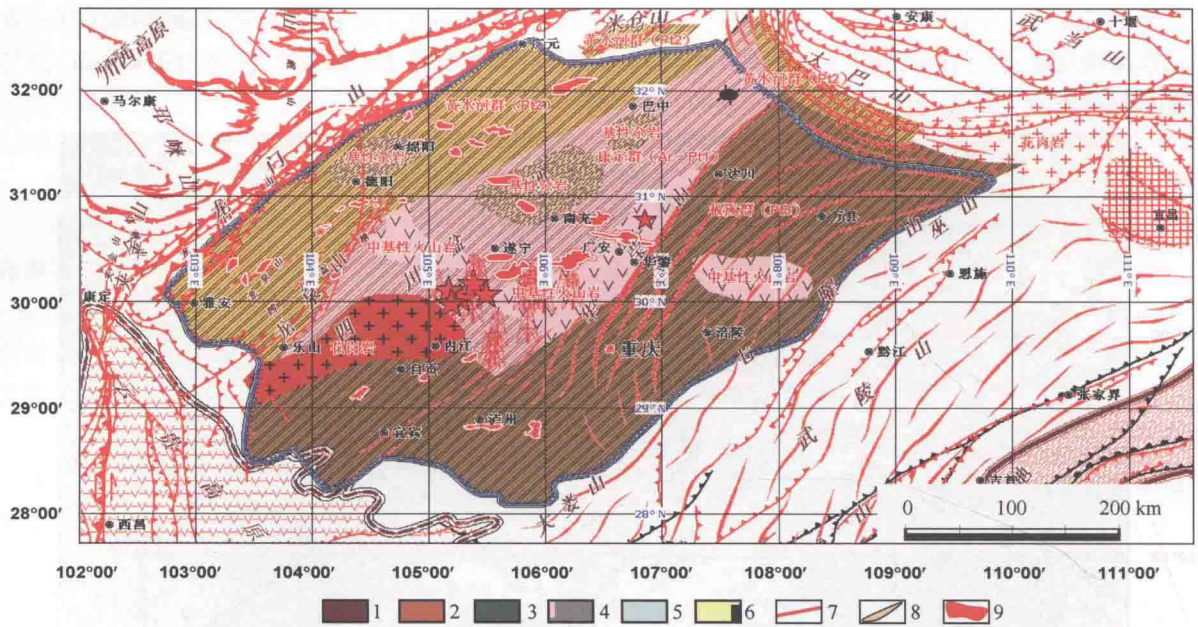


图 1.4 四川盆地前寒武基底岩相分区图

1—下构造层；2—中上构造层；3—古生界；4—川西高原变质巴颜喀拉群（三叠系）；
5—峨眉山玄武岩；6—新生界坳陷；7—断裂；8—褶皱；9—油气区

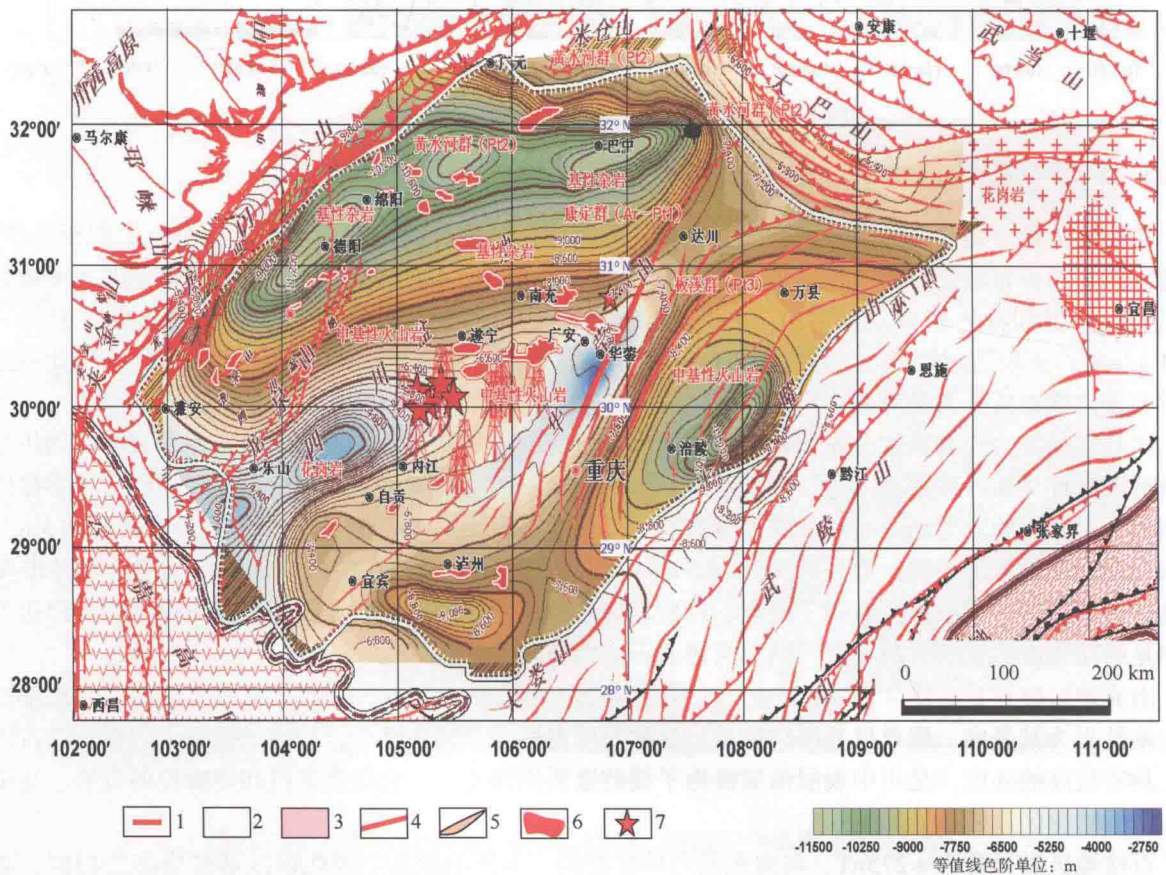


图 1.5 四川克拉通基底构造图

(等值线为基底顶面高程；基底高程数据据中国石油化工集团公司南方公司，2006，有修改)

1—峨眉山玄武岩分布区；2—黄陵穹窿；3—雪峰-江南褶皱带；4—断裂；5—褶皱；6—油气区；7—油气井

上述地区在重、磁场上具有相似之处，推测该区基底应具有双层基底结构特点，即太古宙“灰色片麻岩”或中度区域变质及部分混合岩化的绿岩组成结晶基底；浅变质的沉积岩或火山岩组成褶皱基底。

1.1.4 首次研究了南方地区中地壳拆理解耦层及韧性拆离层的变形运动学流变场矢量

根据航磁异常处理结果的解译，中上扬子地块深部具有统一运动学变形场（图 1.6，图 1.7），分别为龙门山构造带、汉中—安康—宜昌带构造带、武陵—华蓥构造带分界带和资中—隆昌—习水构造带构成，这是中生代——相当于燕山期开始的，扬子地区的伸展活动所构成的应力分布状态；根据推测的居里面该区基底消磁深度大约为 10~20 km，结合天然地震深度分布统计及测深地球物理探测结果，应该是中地壳的深度，航磁正负异常分区反映的是中上地壳脆性的结构状态。

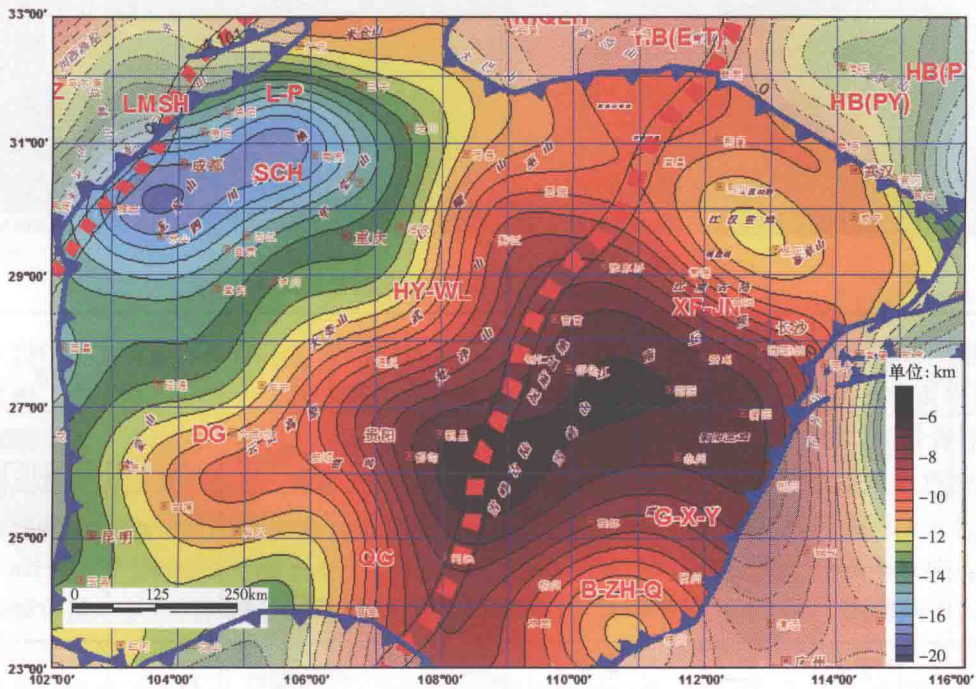


图 1.6 南方地区地壳主拆离面埋深等直线图
等值线为天然地震震源点深度等值线

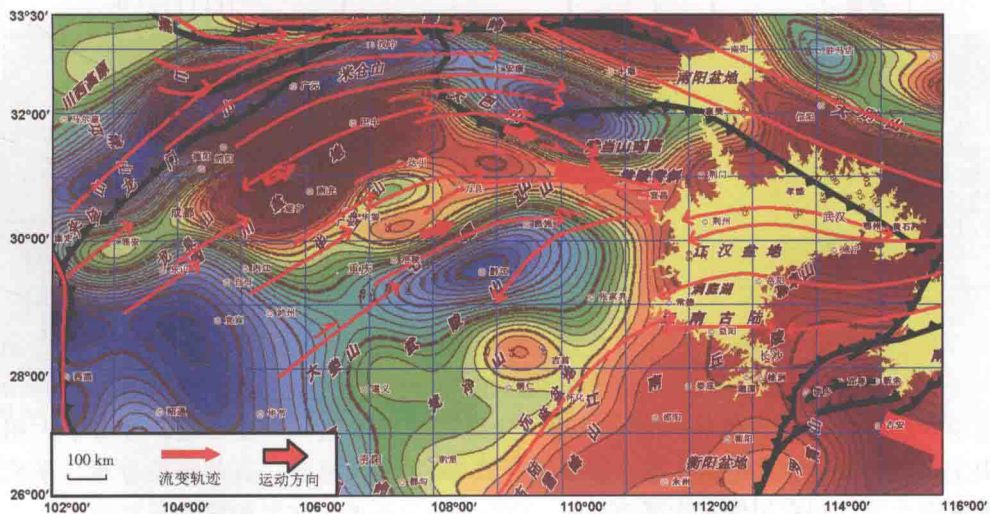


图 1.7 南方地区深部（中下地壳）构造变形场特征——基于航磁异常延拓处理的构造解译
等值线单位：nT

1.2 地层划分与对比

1.2.1 下古生界地层划分与对比

地层划分与对比是沉积环境研究的基础。由于岩石地层单位的普遍穿时性，现代地层学强调多重地层划分与对比，将岩石地层单位、生物地层单位、年代地层单位、层序地层单位及古地磁地层单位等多种地层单位统一到地层格架中，建立地层的时空框架。川渝鄂地区古生界地层研究已取得了很大的进展，主要体现在相关单位编制的《区域地质志》、《岩石地层》、《中国地层典》和《中国石油地质志》等。但是由于川渝鄂地区古生界的复杂性，关于地层划分与对比仍存在一些分歧，影响着地层格架的建立及对古生代盆地演化的认识，有必要详细了解各地层单元的特征与划分依据。

1.2.1.1 震旦系地层划分和对比

该区震旦系是指沉积于晋宁运动所形成的不整合面之上，寒武系之下的一套岩石组合，其年龄时限大致为 (800 ± 30) Ma 至 (570 ± 20) Ma。震旦系生物化石稀少，地理分布极不平衡，岩性、岩相变化大，从而造成地层划分上的多样性和区域上的对比困难。川渝鄂地区及其周缘震旦系地层划分沿革如表 1.1 所示。

表 1.1 川渝鄂地区及其周缘地区震旦系对比

时代		宁南巧家	峨边天全	平武	阳平关、宁强、旺苍	紫阳镇安	神农架	宜昌	慈利、吉首	酉阳、松桃	
上覆地层		下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	
震旦系	上统	灯影组	灯影组	灯影组	灯影组	灯影组	灯影组	灯影组	灯影组	留茶坡组	
		观音崖组	观音崖组	蜈蚣口组	陡山沱组	陡山沱组	陡山沱组	陡山沱组	陡山沱组	陡山沱组	
	下统	南沱组 紫色页岩段 冰碛岩段	列古六组	木座组	俄石坎组	南沱组	耀岭河组	南沱组	南沱组	南沱组	南沱组
					月亮湾组			大塘坡组		湘锰组	大塘坡组
道角湾组					古城组				东山峰组		
	澄江组	开建桥组 苏雄组	阴平组	莲沱组	莲沱组	莲沱组	五强溪组	马底驿组	板溪群		
下伏地层	会理群	峨边群	碧口群	西乡群	神农群架	三斗坪群	冷家溪群	梵净山群			

该区震旦系划分为上、下两统。下震旦统主要由莲沱组和南沱组构成，上震旦统由陡山沱组和灯影组构成。下震旦统在宁南乔家地区为澄江组，该组在区内分布局限，主要出露于金沙江沿岸的金阳对坪、会理通安、盐边永兴至惠民一带。峨边天全地区为苏雄组—开建桥组，分布于大相岭、小相岭、螺髻山至德昌一带。据武胜县女基井及威远县威 28 井钻孔揭露，有苏雄组分布。平武地区为阴平组，向东逐渐变薄，到青川倪家沟厚 209 m，岩性为绢云石英千枚岩和粉砂质页岩。

从阴平往西急剧尖灭，过五层岭全部消失。阳平关、宁强和旺苍地区则主要为莲沱组和南沱组，

南沱组在秀山溶溪为冰碛砂和砾岩层，厚 125 m。在巫溪县和平乡高家坪，南沱组为灰绿、紫红色灰质砂岩夹页岩、灰绿色块状含凝灰质砾岩（图 1.8）。往北东方向到鄂西神农架为马槽园组和莲沱组，湘西慈利吉首一带为马底驿组、五强溪组、东山峰组和湘锰组，酉阳和松桃地区为板溪群和大塘坡组地层。它们的岩石组成特征，下部苏雄组为火山碎屑岩仅夹少量玄武岩及英安岩；中部则以中酸性至酸性熔岩为主；上部主要为沉凝灰岩和玄武岩，以一层致密块状玄武岩与开建桥组平行不整合分界。上覆建桥组以紫红、紫灰、砖红色砂质凝灰岩为主。



图 1.8 南沱组冰碛砾岩

该区上震旦统主要包括陡山沱组和灯影组，陡山沱组在南宁巧家、峨边天全为观音崖组，平武地区为蜈蚣口组。前者陡山沱组包含较多黑色页岩，炭质页岩夹泥质粉砂岩，灰色板状页岩（图 1.9），夹有薄层硅质页岩，顶部为白云岩，含菱锰矿，与下伏南沱组冰碛层为整合接触。而后者灯影组则以巨厚白云岩为特征，分布于巫溪、秀山和彭水一带。在秀山双流坝，上部为灰、灰白色中厚层白云岩，中部为浅灰色中厚层至块状含燧石条带白云岩，下部为浅灰、灰色中厚层含藻白云岩。秀山溶溪，厚 6.7 m。在石门杨家坪（图 1.10），该组为灰、灰白色中厚层白云岩，具玛瑙纹构造。与下伏层陡山沱组整合接触。不同区域上统根据海平面升降旋回，在海平面上升早期，以含磷质沉积为主体划归为陡山沱组，以海平面中晚期，上升速率减慢，形成台地型的碳酸盐岩沉积划分为灯影组。湖南石门县杨家坪震旦系—寒武系（图 1.11）涵盖上震旦统陡山沱组、灯影组和下寒武统筇竹寺组。陡山沱组下段为黑色泥页岩，上段为黑色泥灰岩，灯影组为灰色硅质灰岩，筇竹寺组顶部为黑色薄层硅质板岩。



图 1.9 陡山沱组黑色泥页岩



图 1.10 灯影组白云岩

1.2.1.2 寒武系地层划分和对比

川渝鄂地区寒武系分为下、中、上 3 统，与国内其他地区基本一致。寒武系初为浅海台地相含软

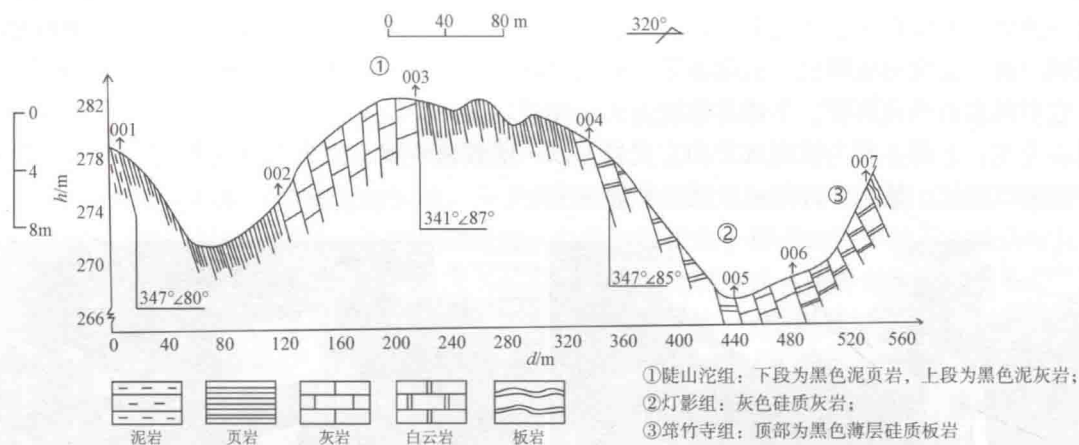


图 1.11 湖南石门县杨家坪震旦系—寒武系信手剖面图

舌螺动物群的含磷白云岩和硅质岩沉积，厚 10~300 m。是灯影期碳酸盐岩台地相沉积的继续。川渝鄂地区及其周缘寒武系划分沿革如表 1.2 所示。

表 1.2 川渝鄂地区及其周缘地区寒武系对比

时代	巧家雷波 峨边威远	中北段、 龙门山	镇巴宁强	兵房街、 高滩	平利紫阳	川东北、 鄂西	川南黔北	慈利龙山 湘西北	古丈怀化 湘西			
上覆地层	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统	下奥陶统			
寒武系	上统	二道水组 洗象池组	三游洞组	八仙组	二道桥组	三游洞组	毛田组	耗子沱组	追屯组			
							娄山			比条组		
	中统	西王庙组 陡坡寺组	?	八卦庙组	毛坝关组	二道桥组	后坝组	孔王溪组	花桥组			
							关群			车夫组		
寒武系	下统	龙王庙组 沧浪铺组	孔明洞组 沧浪铺组	箭竹坝组	铁炉坝组	石龙洞组	平井组	石龙洞组	清虚洞组			
							高台组			高台组	敖溪组	
							天河板组			金顶山组	天河板组	杷榔组
							石碑组			明心寺组	石碑组	木昌组
水井沱组	牛蹄塘组	水井沱组										
麦地坪组	麦地坪组	宽川铺组	鲁家坪组	鲁家坪组	水井沱组	水井沱组	水井沱组	水井沱组	水井沱组			
下伏地层	灯影组								留茶坡组			

川渝鄂寒武系发育齐全，生物化石丰富，尤其以三叶虫分布广泛，可以建立对应的生物地层化石带。采用王鸿祯等（1990）方案，将寒武系分为 3 统 10 阶和 28 个生物带。生物带的名单见表 1.3（项礼文等，2005）。

表 1.3 川渝鄂地区及其周缘地区寒武系生物带名单

上寒武统	凤山阶	28. <i>Mictosaukia</i> , 27. <i>Changia</i> , 26. <i>Ptychaspis</i>
	长山阶	25. <i>Kaolishia</i> , 24. <i>Changshania</i> , 23. <i>Chuangia</i>
	崮山阶	22. <i>Drepanura</i> , 21. <i>Blackwelderia</i>
中寒武统	张夏阶	20. <i>Damesella</i> - <i>Yabeia</i> , 19. <i>Amphoton</i> - <i>Taitzia</i>
		18. <i>Crepicephalina</i> , 17. <i>Lnouyella</i>
	徐庄阶	16. <i>Bailiella</i> - <i>Lioparia</i> , 15. <i>Poriagraulos</i>
		14. <i>Sunaspis</i> , 13. <i>Hsuchuangia</i>
毛庄阶	12. <i>Yaojiayuella</i> - <i>Shantungaspis</i>	
下寒武统	龙王庙阶	11. <i>Hoffetella</i> - <i>Redlichia murakamii</i>
	沧浪铺阶	10. <i>Megapaleolenus</i> , 9. <i>Paleolenus</i>
		8. <i>Drepanuroides</i> , 7. <i>Yiliangella</i>
	筇竹寺阶	6. <i>Eoredlichia</i> , 5. <i>Parabodiella</i>
		4. <i>Sinosachites flabelli formis</i> - <i>Tannuolina zhangwentangi</i>
		3. <i>Heraultipegma yunnanensis</i>
		2. <i>Siphogonuchites triangularis</i> - <i>Paragloborilus subglobosus</i>
1. <i>Anabarites trisulcatus</i> - <i>Protohertzina anabarica</i>		

(1) 下寒武统

根据生物地层划分标志，下寒武统包括梅树村阶、筇竹寺阶、沧浪铺阶和龙王庙阶。与梅树村阶相应的岩石地层有麦地坪组、宽川铺组、黄鳝洞组和戈仲伍组等。主要由含磷的碳酸盐类组成，含大量小壳类化石，按其岩石地层特征，应列入灯影组顶部。在雷波牛牛寨，麦地坪组为深灰色、灰黑色硅质灰岩，泥质灰岩夹磷块岩，磷块岩厚达 20 m。在雷波马颈子，磷块岩构成大型磷矿床。甘洛大桥的麦地坪组为胶磷矿砂、砾屑白云岩，厚 55 ~ 83 m。

其余各阶相应的地层可以区分为巧家雷波、峨边威远的筇竹寺组、沧浪铺组和龙王庙组，水井沱组，分区内与此相当的地层，前人称“筇竹寺组”。

城口剖面（图 1.12，图 1.13），该组上部为灰、灰绿色页岩、砂质页岩，下部为薄至中厚层灰岩、砂质灰岩夹炭质页岩、薄煤层或煤线，厚 595 m（图 1.14，图 1.15），与下伏灯影组多为整合接触。中北段龙门山的筇竹寺组和上部被剥蚀的沧浪铺组，镇巴宁强的郭家坝组、仙女洞组、阎王碛组和孔明洞组，兵房街、高滩的鲁家坪组、箭竹坝组（平利紫阳为铁炉坝组），川东北鄂西以及湘西北的慈利龙山等地区的水井沱组、石碑组、天河板组和石龙洞组，川南黔北为牛蹄塘组、明心寺组、金顶山组和清虚洞组。它们的岩石组成特征，下部通常为灰黑色页岩、炭质页岩、灰色及灰绿色页岩，底



图 1.12 水井沱组灰黑色泥页岩



图 1.13 寒武系水井沱组炭质页岩

部常夹磷块岩薄层，中部为粉砂岩、砂岩夹泥灰岩条带或薄层，向上灰岩增多，上部以灰、灰白色厚层灰岩、白云岩为主，夹泥质灰岩或页岩。川中和滇东小区砂岩、粉砂岩较多而炭质页岩较少，向东至黔东、湘西地区页岩明显增厚，炭质页岩发育，粗碎屑组分明减少。在云南永善县坛罐窑震旦系—寒武系地层剖面（图 1.16），涵盖了沧浪铺组、筇竹寺组和灯影组。沧浪铺组为紫红色石英砂岩，筇竹寺组下段为灰绿色砂岩夹灰黑色泥岩，中段为灰黑色泥页岩，上段为灰黄色—灰色粉砂岩。



图 1.14 寒武系水井沱组灰岩结核



图 1.15 水井沱组石煤

(2) 中、上寒武统

川渝鄂地区中、上寒武统以稳定型碳酸盐岩为主，有的地区中、上寒武统的地层界线较难区分、滇东、川西的中寒武统称陡坡寺组、西王庙组，前者以灰绿色砂岩、粉砂质页岩为主，夹少量泥质白云岩或瘤状灰岩；后者以紫红色夹灰绿色粉砂岩、页岩为主，夹细砂岩、白云岩、灰岩及石膏层。黔东、川东及湘西北的中寒武统，主要由灰岩和白云岩组成，下部常夹泥质灰岩、泥质白云岩或页岩，与上覆娄山关群的界线也多有变化。上寒武统为娄山关群，主要由浅色厚层块状白云岩、泥质白云岩夹角砾状白云岩组成。在整个中北段、龙门山地区中缺失上寒武统，镇巴宁强地区除底部陡坡寺组存在，其余地层也缺失，上寒武统少部分地层为三游洞组，兵房街、高滩地区为毛坝关组、八卦庙组和八仙组，平利紫阳地区均为二道桥组，川东北、鄂西地区为覃家庙组和三游洞组，前者主要由薄层白云岩、泥质白云岩组成，夹少量砂页岩，亦见有膏盐假晶；后者和娄山关群特征一致。三游洞组为灰至深灰色白云岩夹角砾状白云岩及灰岩。城口石溪河中、上寒武统厚 153.8 m。城口明通中、上寒武统厚 280 m（图 1.17）。

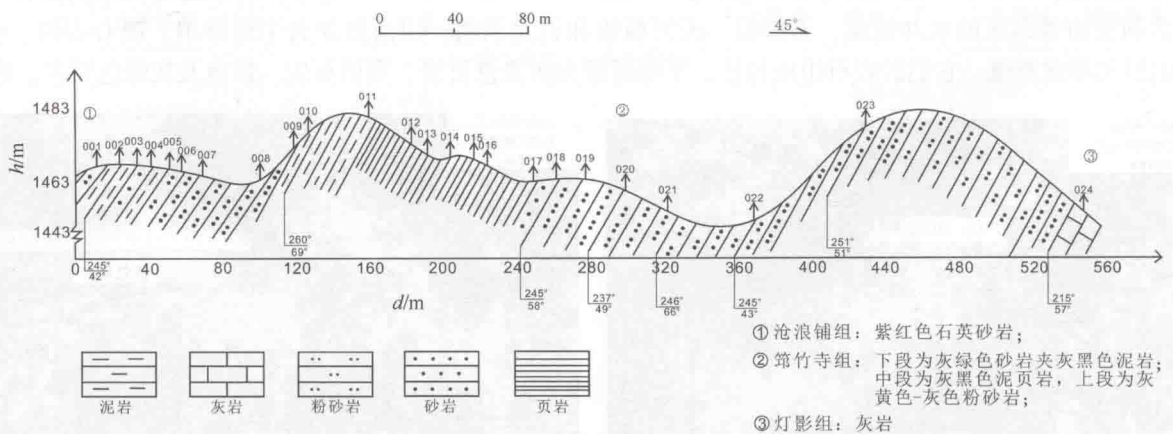


图 1.16 云南永善县坛罐窑震旦系—寒武系信手剖面图