

华北盆地构造体系控油作用研究

康玉柱 王宗秀 等著

地质出版社

华北盆地构造体系控油作用研究

康玉柱 王宗秀 李会军 林宗满 康志宏
文志刚 李 涛 徐耀辉 张林炎 鄢犀利 著
邢秀起 李春麟 肖伟峰 高万里 谭元隆

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对华北盆地构造体系控油作用进行了全面系统的研究。建立了盆地构造体系格局，开展了华北盆地及周缘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油气分布的规律，并进行了深层油气聚集的有利区（带）分析。

本书可供从事油气地质勘探、地质构造的研究人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

华北盆地构造体系控油作用研究 / 康玉柱等著. —
北京：地质出版社，2017. 5

ISBN 978 - 7 - 116 - 09999 - 9

I. ①华… II. ①康… III. ①含油气盆地—石油地质
学—研究—华北地区 IV. ①P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 232393 号

责任编辑：祁向雷 田 野 宫月莹
责任校对：关风云
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）66554528（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：14.25
字 数：440 千字
版 次：2017 年 5 月北京第 1 版
印 次：2017 年 5 月北京第 1 次印刷
定 价：88.00 元
书 号：ISBN 978 - 7 - 116 - 09999 - 9

（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,建立了盆地构造体系格局,开展了华北盆地及周缘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油气分布的规律,并进行深层油气聚集的有利区(带)分析。

主要研究成果及创新认识如下:

(1) 首次系统地划分了华北盆地构造体系类型,即纬向构造体系、华夏构造体系、新华夏构造体系及“山”字型构造体系等。提出新华夏构造体系起于三叠纪及新华夏构造体系自白垩纪以来自西向东迁移十分明显;华夏构造体系开始于新元古代,定型于中奥陶世。

(2) 首次恢复了构造体系控制下的盆地原型,即震旦纪—中奥陶世裂陷—克拉通盆地;晚奥陶世—早石炭世隆起剥蚀期;晚石炭世—中三叠世为克拉通拗陷盆地;晚三叠世—古近纪为断陷盆地;新近纪以来为拗陷盆地。

(3) 揭示了构造体系控制油气分布规律:该区主要发育两类原型盆地,即古生代克拉通盆地和中新生代断陷盆地。

1) 古生代克拉通盆地,油气分布主要受纬向构造体系及华夏构造体系控制。油气主要分布在古生界古隆起及斜坡区、区域性不整合及断裂带附近。另外各大型拗陷内古潜山区。

2) 中新生代断陷盆地,主要在新华夏构造体系控制下,形成多个 NNE—NE 向断陷盆地(拗陷),油气主要分布在大型拗陷的中央背斜构造带、拗陷的陡坡带和拗陷缓坡带。

另外,断陷盆地内成藏断裂是主要因素之一。大多数油气藏(田)均与断裂有关。并首次指出断裂控油规律,即多序次断裂控油、多方向断裂控油、新老断裂富集油气等特征。

(4) 根据华北盆地油气成藏条件及油气分布规律,首次建立了 4 种成藏模式。

1) 古潜山油气成藏模式(古生古储、古生新储、新生古储)。

2) 拗陷内中央背斜构造带油气成藏模式。

3) 拗陷斜坡带油气成藏模式。

4) 断裂控制油气成藏模式:①断裂上盘富集油气;②断裂下盘富集油气;③断裂

上盘为主富集油气；④断裂下盘为主富集油气等特征。

(5) 优选了油气有利区（带）

根据构造体系控制油气分布规律、油气地质条件、成藏条件及勘探现状等特征，对华北盆地主要层系进行了评价及有利区（带）优选。

1) 中—新元古界：党坝坳陷、京西地区和冀中北部。

2) 下古生界：黄骅坳陷、沧县隆起、埕宁隆起、东濮坳陷、临清坳陷、太康隆起、周口坳陷、信阳坳陷西部及合肥坳陷等。

3) 上古生界：黄骅坳陷、沧县隆起、埕宁隆起、东濮坳陷、冀中坳陷、济阳坳陷（孤北、惠民、东营）、临清坳陷、周口坳陷和开封凹陷等。

4) 中生界：渤海湾地区各坳陷、济源凹陷（ T_3-J_{1-2} ）和周口坳陷（J）等。

5) 新生界：渤海湾地区各坳陷、泌阳坳陷、襄阳坳陷、周口坳陷（谭庄—沈丘、营口、中牟等凹陷）及襄阳坳陷等。

(6) 非常规油气有利区（带）

1) 致密岩油气：①石炭—二叠系发育的坳陷；②中生界：分布各断陷盆地内；③古近系：各坳陷深层砂泥岩互层段。

2) 泥页岩油气：①各坳陷内古近系；②中生界暗色泥页岩层系大于30m的各坳陷内。

该专著由康玉柱、王宗秀主持编写。主要执笔人，第1章由康志宏、康玉柱、李涛执笔；第2章由康玉柱、林宗满、王宗秀执笔；第3章由康玉柱、王宗秀执笔；第4章由康玉柱、王宗秀、李会军、康志宏、文志刚执笔；第5章由康玉柱执笔；第6章、第7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。

本书的编写工作，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、兄弟课题提供了一些有益的信息，在此一并表示感谢！同时编写组特别感谢中国石化石油勘探开发研究院及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感谢！

目 录

前 言

1 地层及沉积特征	(1)
1.1 基底	(1)
1.2 中新元古代地层及沉积	(8)
1.3 早古生代地层与沉积特征	(11)
1.4 晚古生代地层与沉积特征	(25)
1.5 中生代地层与沉积特征	(42)
1.6 新生代地层与沉积特征	(57)
2 构造体系及其基本特征	(60)
2.1 构造体系分析	(60)
2.2 构造体系的基本特征	(63)
2.3 断裂体系及其主要特征	(64)
2.4 郯庐断裂带形成及控盆作用	(69)
2.5 构造区划及主要特征	(73)
2.6 构造体系的联合与复合	(82)
3 构造体系控制盆地演化	(85)
3.1 中新元古代裂陷—克拉通盆地演化阶段	(85)
3.2 寒武纪—奥陶纪大陆边缘型克拉通盆地演化阶段	(86)
3.3 晚奥陶世—早石炭世古陆阶段	(87)
3.4 晚石炭世—二叠纪克拉通内拗陷演化阶段	(87)
3.5 早—中三叠世内陆拗陷演化阶段	(88)
3.6 晚三叠世—白垩纪断陷盆地演化阶段	(88)
3.7 古近纪—第四纪断—拗盆地	(89)
4 构造体系控制油气分布	(91)
4.1 构造体系控制生油拗陷	(91)
4.2 烃源岩评价	(91)
4.3 储层特征	(127)
4.4 盖层特征	(148)
4.5 生储盖组合特征	(150)
4.6 构造体系控制油气富集区(带)	(152)
4.7 断裂控制油气分析	(158)

4.8 各类扭动构造控油作用 (160)

4.9 不同时代油气藏模式 (167)

4.10 典型油气藏（田） (173)

5 华北盆地油气分布规律 (188)

5.1 古生代克拉通盆地油气分布 (188)

5.2 中生代断陷盆地油气分布 (190)

6 华北盆地油气资源评价及选区 (193)

6.1 渤海湾地区油气资源 (193)

6.2 华北盆地南部油气资源 (195)

6.3 古生界油气资源潜力及有利区 (195)

6.4 非常规油气资源评价 (213)

7 有利区优选 (215)

结 论 (216)

参考文献 (217)

1 地层及沉积特征

1.1 基底

1.1.1 基底岩系

华北盆地基底岩石由古老结晶变质岩石构成，由太古宇、古元古界及岩浆岩组合而成（表 1.1）。

表 1.1 华北盆地不同地区前长城系地层划分对比表

地层	年龄及 地层 符号	构造 运动	五台山-太行山	晋南	冀东	鲁西	鲁东	辽东																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
古元古界	1800Ma	吕梁	溥沱群	中条群	朱杖子群		粉子山群	榆树砬子群																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Pt ₁	蓟山群					辽河群																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2500Ma	五台					五台山群	绛县群	双山子群																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

最古老的结晶变质岩系为中古太古界迁西群和鞍山群，出露于河北、辽宁、山西及内蒙古等地，呈 EW 向展布。这套地层岩性各地有所不同，主要由一套区域高温变质作用形成的角闪、辉石质片麻岩和麻粒岩组成，原岩主要为中基性火山岩、碎屑岩、含薄层状透镜体和条带状铁硅质岩。

新太古界下部为阜平群、单塔子群、泰山群、胶东群。这套地层出露非常广泛，分布于全区。各处岩性差异较大，主要由各种片麻岩、二辉麻粒岩、斜长角闪岩、大理岩、变粒岩和磁铁石英岩组成，原岩为中基性火山岩、中酸性火山岩、火山碎屑岩及沉积岩。新太古界上部五台山群、绛县群及双山子群分布于阜平群的边缘，岩性以变粒岩、斜长角闪岩、片岩和片麻岩为主，夹大理石和磁铁石英岩，原岩为中基性火山岩、中酸性凝灰质砂岩、碳酸盐岩和含铁硅质岩。可能具有陆缘拗陷裂谷性质。

古元古界为溥沱群、中条群、吕梁群、朱杖子群、蓟山群－粉子山群和辽河群－榆树砬子群，分布在南部和北部，多呈 EW 向展布；而中部地区该套地层呈近 SN 向分布，为一套中浅变质岩系，原

岩为碎屑岩、泥质岩、碳酸盐岩夹中性—酸性火山岩。

从老至新变质程度由深变浅，火山岩由中基性过渡到酸性，原岩的变化代表着由活动型向稳定型方向发展的地壳演化。太古宙中基性火山岩可能是引起强磁性异常及其分布特征的重要因素。

磁异常是磁性岩石及分布特征的地球物理响应，磁性岩石与岩浆活动关系密切。因此研究区域岩浆活动及分期是解释磁异常的前提。

从华北盆地岩浆岩分布图可看出，前长城系岩浆岩（涉及太古宙及古元古代岩浆活动）主要在华北盆地周边出露。火山岩属亚碱性岩系，侵入岩层富铁质镁铁岩、辉长辉绿岩、辉绿岩及花岗岩（ γ_1 ）。

中新元古代，燕山地区火山岩为玄武岩、粗面玄武岩、安山岩和粗面岩，属超钾质岩。

秦皇岛、北京、大同以北地区，异常走向为 EW 向，为带状异常，正、负相间，向西可延至伊盟地区。如果再细分，可以呼和浩特、张北、承德、营口等地为界，南、北又有差异。北部异常东西方向的长度和南北方向的宽度都比南部大，异常值为 100 ~ 300nT。与地质图对比，南部大面积出露迁西群和集宁群，北部出露阜平群、单塔子群，南、北地层出露的差异正好与磁异常特征的不同相对应。

秦皇岛、北京、大同以南，济宁、安阳、临汾以北，磁异常主体走向为 NE 向，但有 EW 向或 NW 向异常穿插其中。此区又可细分为几个小区：东营、济南、济宁、费县一带异常走向为 NW 向，异常的幅度和面积小，呈三角形分布，地面出露泰山群；天津一带，磁异常走向为 NWW 向，异常的面积和幅度都比较大，此区大面积为第四系覆盖，在秦皇岛有单塔子群出露；德州、石家庄以北，异常相对平静，以负背景场为主，异常走向为 NE 向，此区东部为第四系覆盖，山西北部大面积出露阜平群，五台山群和滹沱群夹在其间；新乡、菏泽、郑州、徐州以北，为 EW 向块状异常，菏泽有 SN 向异常出现，异常面积为 1000 ~ 20000km²，幅度为 100 ~ 300nT，该区大部分为第四系覆盖，在枣庄出露有泰山群（ Ar_3^1 ），安阳以西出露赞皇群（ Ar_3^1 ）。

前长城系基底为中古太古界迁西群（ Ar_{1-2} ）。据地面出露和磁异常特征推测，中古太古界基底分布于辽宁、河北、山西及内蒙古等地。北界为营口—张家口一线，南界为秦皇岛—昌平—大同一线。东西方向长达 1000km 以上，南北宽为 100 ~ 200km。南、北两侧都以断裂为界。冀北地区迁西群片麻岩等时年龄为 3500Ma，它是华北克拉通最古老的陆核。

新太古界下部（ Ar_3^1 ）该套地层的地面出露相对来说最为广泛。华北平原和渤海为古生界和中生界所覆盖（只能用磁力和重力资料预测其分布）。由新太古界下部（ Ar_3^1 ）组成的基底也最为广泛，约占前长城系结晶基底总面积的 70% 以上，其分布特点为：①北区，锦州、承德、集宁呈近 EW 向分布，处于中古太古界古陆核北侧；②南区，郑州—开封—徐州以南呈 EW 向和 NWW 向分布；③中区，临汾—长治—安阳—郟城以北，大同—北京—秦皇岛以南，地层分布以 NE 向为主，局部为 EW 向、SN 向或 NW 向；④在中区和南区之间存在一个过渡区，位于新乡—菏泽一带。以上特征对应的磁异常非常清楚。新太古界下部该套地层在岩性方面各处均有差异，五台—太行地区的阜平群底部有少量基性麻粒岩，自下而上由若干个浅粒岩、黑云母片麻岩、斜长角闪岩或大理岩的小旋回构成；山东泰山群泰山杂岩不含大理岩。各地岩性差异可能是引起磁异常差别的主导因素，虽然它们都是同时期的产物，但在不同区域岩性存在明显的差别。

新太古界上部（ Ar_3^2 ）分布于山西（五台山群）和冀东（双山子群）地区。冀东地区该套地层分布在丰宁、隆化一带，分布范围严格受 EW 向断裂控制；密云、青龙等地地层分布受 NE 向断层控制，显示古裂谷的特点。山西灵丘等地分布特点与冀东地区相同，也受 EW 向和 NEE 向断层控制。而在五台、太原、赞皇等地区均分布在阜平群的边缘，且面积较大，有陆缘盆地的特点。该套地层在山西分布面积大，推测在华北盆地分布面积局限，以古裂谷的形式呈 NE 向展布。

古元古界（ Pt_1 ），五台—太行山地区出露滹沱群，晋南地区出露中条群，吕梁地区出露吕梁群，冀东地区出露朱杖子群等。据出露情况和磁异常特征预测，该套地层分布面积大，且与新太古界呈隆、拗相间排列。

根据磁力解释成果, 结合地面地质资料认为, 最古老的中古太古界只分布于华北盆地以北地区, 呈 EW 向展布; 大面积基岩是由新太古界下部地层组成; 新太古界上部及古元古界在山西和华北盆地以南地区分布面积大。总之, 北部及南部结晶基底呈 EW 向分布、中部结晶基底呈近 SN 向展布, 其构成在 EW 向及 SN 向上均存在着差异。

1.1.2 区域重（磁）场地质特征

华北重力场一级异常特征总体上表现为东正西负、自西北向东南由负异常逐渐抬升为正异常, 其场值由 -154mGal^① 升高到 +54mGal, 而且, 沿京广铁路线分布着一个巨大的重力梯级带, 反映出大型构造带的发育, 这一特征反映了地壳厚度自西向东变薄的总体特征, 巨大的重力梯级带对应华北的一级构造单元划分, 即对应东部地块和中西部地块。反演结果表明, 地壳厚度由研究区的西北角, 即集宁区一带的 44km 沿南东方向逐渐减薄, 至渤海中部减至 32km, 甚至 28km。同时, 沿嘉山—潍坊—沈阳一线还存在一条 NNE 向的重力梯级带, 与郯庐断裂相对应。区域重力异常主体走向以 NNE 向为主, 与岩石相带对应, 岩性主要为辉石—角闪麻粒岩相、角闪斜长片麻岩相及花岗片麻岩相等。与降低的负背景磁场对应的变质岩一般由花岗片麻岩、均质混合岩及副片麻岩类组成 (图 1.1, 图 1.2)。

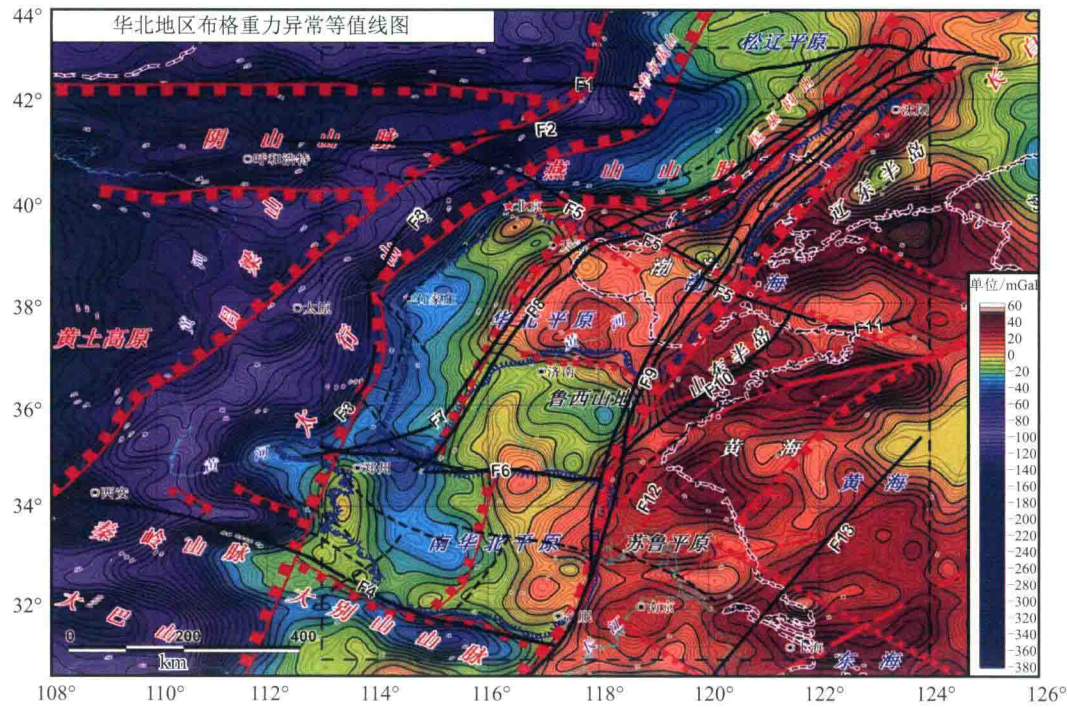


图 1.1 华北地区布格重力异常等值线图

区域磁场的形态则反映了结晶基底的起伏特征。与盆地中凹陷所对应的磁场一般具有宽缓的特点, 磁场的梯度变化平缓、单调, 如歧口、北塘—南堡凹陷的磁场。隆起区的磁场变化则比较复杂, 主要表现为次异常的规模较小, 而且磁场梯度变化较大, 如沙垒田隆起及埕宁隆起所表现的磁场特征。区域磁场的走向则反映了区域构造线走向特征, 如燕山造山带的 EW 向弧形构造带、秦岭—大别山的 NW 向构造带以及渤海湾盆地的 NE 向构造带上的磁场特征。发育与区域磁场背景上的呈带状展布的串珠状磁异常, 则是伴有火成岩活动的断裂带的反映 (图 1.3)。

① 1mGal = 10⁻⁵ m/s²。

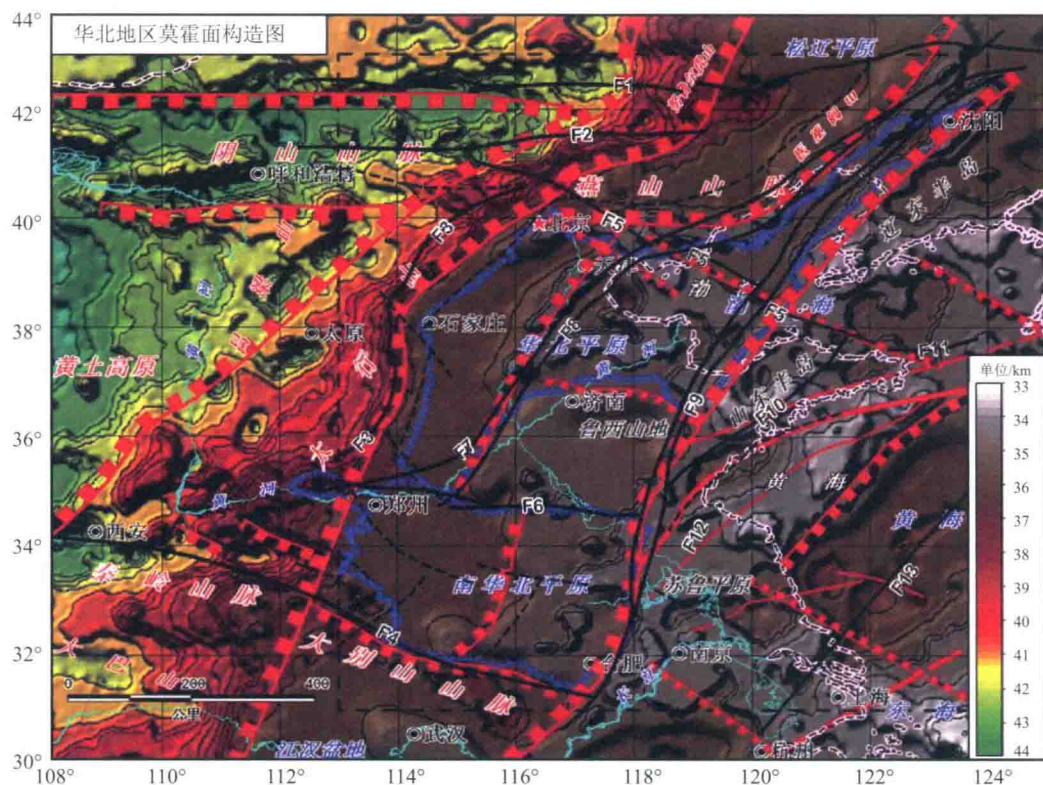


图 1.2 华北地区莫霍面构造图

1.1.3 基底重（磁）异常构造单元划分

基底重磁异常构造单元的划分以重（磁）异常定性的推断为主，结合地质资料作为构造解译的依据。在典型重（磁）异常的分析中，按照重（磁）异常的形态特征等划分异常区或异常带以及重（磁）场的构造。周立宏等根据研究区重（磁）异常特征以及区域地质和构造特征，将华北地区中东部划分成 7 个异常区（图 1.4）。

1.1.3.1 二连—松辽南缘异常区（Ⅰ）

该异常区为北纬 $41^{\circ}30'$ 线以北区（带），大致与中生代二连—松辽盆地的南缘对应。该带磁异常以 EW 向展布为主，局部异常十分发育。以东经 118° 线为界，西侧以负异常为主，东侧以正异常为主；即越向东，大兴安岭火山岩带越发育。区内布格重力异常以负异常为主，由西向东逐步抬高，变化在 $-140 \sim -10\text{mGal}$ 之间，以大兴安岭—太行山重力梯级带为界，以东的松辽盆地呈较低的负异常。该带南缘北纬 $40^{\circ}30'$ 为近 EW 向展布的慢拗带，慢拗中心位于察哈尔右翼中旗—沽源，莫霍面计算结果表明，深度约 40km 。

1.1.3.2 阴山—燕山异常区（Ⅱ）

该异常区为北纬 40° 线，即察哈尔右翼中旗—沽源慢拗中心带至 $41^{\circ}30'$ 线之间的地带，大致与中生代阴山—燕山造山带相对应。该带磁异常开始相对发育，是一个构造转换带。该带在北纬 41° 以北，异常走向转为 NNE 向，局部磁异常明显，异常强度大，变化剧烈，局部异常十分发育。以东经 116° 线为界，西侧以负异常为主；东侧以正异常为主。从局部异常的组合上看，具有向南凸的弧形特征，反映阴山—燕山造山带具有弧形构造的特点，局部磁异常的成带发育表明，造山带内火成岩带发育：东西磁场的差异，说明两侧基岩性质上的不同。带内布格重力异常以负异常为背景，亦由西向东逐步抬高，在 $-166 \sim -30\text{mGal}$ 之间变化，局部异常的组合上也具有南凸的弧形特征。莫霍面的慢拗中心深度在 44km 左右。

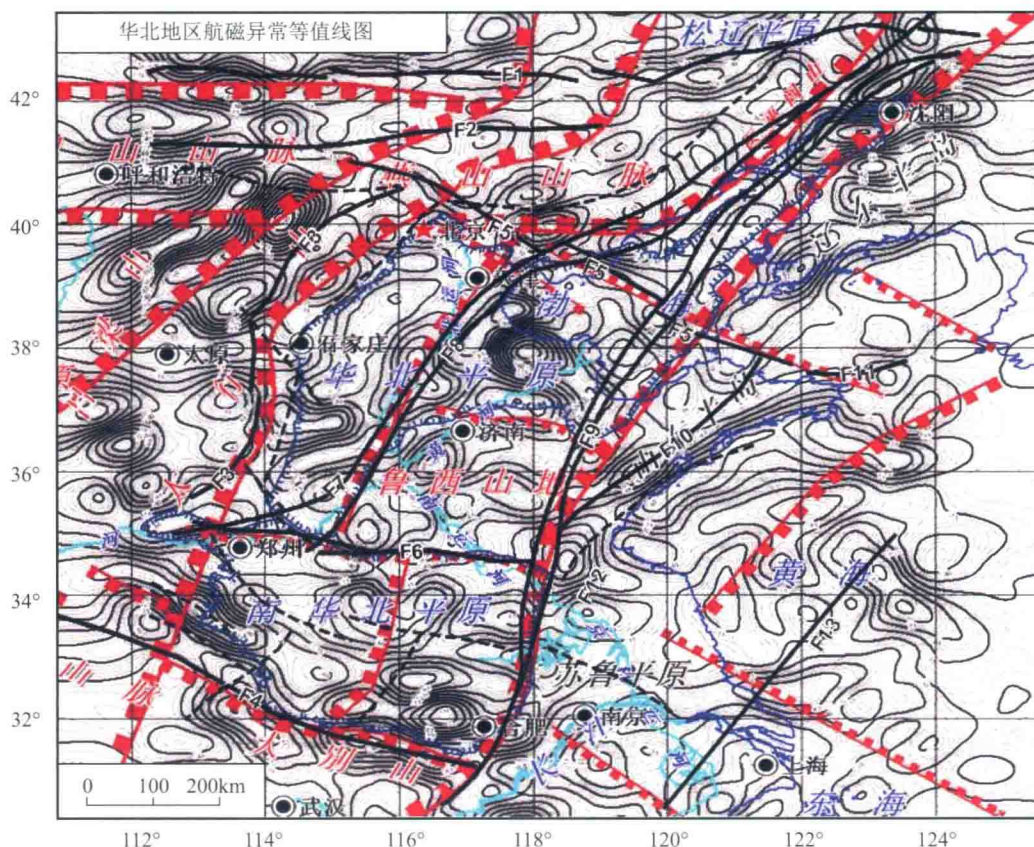


图 1.3 华北地区航磁异常等值线图

1.1.3.3 太行—冀中—辽西异常区 (Ⅲ)

该异常区位于渤鲁异常区西侧，沿 NE 向横贯研究区，大致介于 Zhao et al. (2000, 2001) 所划分的东部地块内部，西部紧邻中部带，主要为中元古界长城系的分布区。磁异常以正异常为主，由南向北，异常走向由 NNE 向转为 NE 向再转为 NNE 向。其转折段位于北纬 39°~40° 之间，在北纬 39° 以南，异常走向以 NNE 向为主，四周均为强度大的串珠状正磁异常带所围，中部为变化较平缓的负磁异常。根据地质资料，该区的西侧古元古界—太古宇已出露地表，可推测其西侧的正磁异常是太古宇的反映；其东侧的天津—沧州—临清正磁异常带与渤海湾盆地沧州隆起相对应。在北纬 39°~40° 之间磁异常走向为 NE 向，明显具有南北两区异常转换带的特征，线状增多，并且呈密集的线性带排列，老地层直接出露地表，火成岩带亦较发育，说明该区磁异常主要是太古宇及磁性火成岩带引起。布格重力异常以负异常为主，由西向东场值逐步抬高，局部异常也同时增多，强度在 $-90 \sim +26\text{mGal}$ 之间变化，正异常出现在 38° 以北的东侧，异常走向与磁异常有较好的对应，西侧为一条沿陇海线展布的巨大的重力梯级带，其值达 0.87mGal/km 。布格重力异常的这种区域性特征，较好地反映了深部地壳构造特征。莫霍面计算表明，沿陇海线存在一条 NNE 向的地壳的陡变带，在 5km 的距离内莫霍面由 41km 陡升到 33km，坡度达 1.2km ；在北京—秦皇岛一带该慢坡带转为近 EW 向，然后在秦皇岛附近向北又转为 NNE 向；在该慢坡带的东侧保定、天津之间存在一个 NE 向的巨大的幔隆，中心深度为 36km；另在秦皇岛北面也存在一个幅度不大的幔隆台地，中心深度为 36km。总体上该区为地壳减薄的陡变带。根据磁性基底和密度界面反演结果，沿陇海线在北京—保定—邯郸发育着一条结晶基底凹陷带，中心深度超过 10km，凹陷内古近系—新近系非常发育，存在多个厚度超过 6km 的沉降中心，但前古近系发育程度不均匀，中生界—上古生界在天津西、保定和石家庄等地发育，最厚处约 6km。

该区区域重力异常为极平缓正值区，局部重力异常却主要为高值，且呈 NE 向展布。该区地貌分

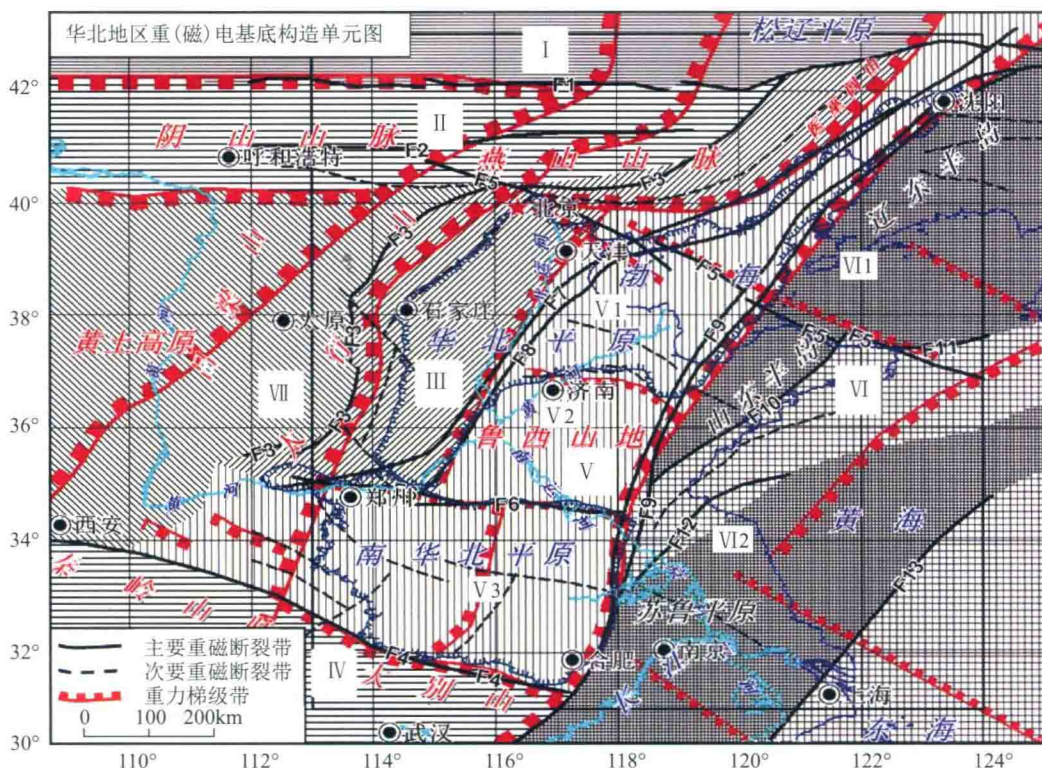


图 1.4 华北地区重（磁）电基底构造单元图

区为华北平原区扣除山前地区因物源超补偿造成的地表高程增加部分后，高程变化极小、地形趋势极为平缓，与局部高重力异常似乎不对称。采用高分辨率地形数据处理得到的微地形显示高程有变化，且 NE 成带相间展布于华北平原区。冀中凹陷北部对应的是局部布格重力异常的高值，结合地球物理测深剖面综合判断，上地壳应以凸起方式达到补偿。

1.1.3.4 秦岭—大别山异常带（IV）

该异常带位于研究区的西南缘，是中生代秦岭—大别山造山带中的一小段，磁异常主要以平静变化的负异常为主，在邓州—桐柏一线发育有一条正磁异常带；重力异常主要表现为 NWW 向的负异常，局部高重力异常与局部低重力异常按 NWW 向呈带展布。地质上，该异常区与第四系覆盖的山间盆地相对应，其东西两侧前古近系（甚至太古宇）均出露地表，其构造具 NWW 走向、南北高低相间的特征，可以判断带内重磁异常的这种特征主要是基底构造的反映，根据磁异常计算，该带的磁性基底埋深在 3000 ~ 9000m 之间变化，其凹陷中心位于邓州一带。

1.1.3.5 渤鲁异常区（V）

该异常区位于研究区的中部，呈 NNE 向横贯研究区。区内重磁异常特征南北差异较大。自南向北，布格重力异常由以负异常为主逐步转为以正异常为主；磁异常的变化程度逐步增大，异常走向均由 NW 向转为 NE 向，反映了南北不同的地质构造格局。总体上看，由南向北可进一步分为 3 个小异常区，即南华北异常区、鲁西异常区和渤海湾异常区。

（1）渤海湾异常区（V₁）

该异常区南接鲁西异常区，为渤鲁地块异常区的北段部分，大致对应中生代渤海湾盆地东部。总体上，磁异常以正异常为主，走向以 NE 向为主，局部异常多为正磁异常，大都成团块状。磁异常特征在其南部和北部有明显差异，南部在 NE 走向的背景上，NW 向的串珠状异常十分发育，一定程度上掩盖了 NE 走向特征，这种现象在下延异常图上更为明显；北部则主要表现为 NE 向线性异常梯级带，在梯级带中正负串珠状异常带平行展布，十分明显地反映了线性构造的特点。特别要指出的

是,在盐山县东发育着一个由数个局部正磁异常组成的巨大的正磁异常,此异常在上延 10km 后成为一个单一的椭圆状正磁异常,一直到上延 50km 才消失,推测该异常是由一个巨大的深源的火成岩体引起的。布格重力异常基本上为正异常,仅在局部地方为负异常,异常走向主体为 NE 向,与磁异常一致,其南北异常特征有着明显的差异,南部的局部异常多呈近圆状,组合的方向性不明显,似乎 NW 向更显著;北部的局部异常基本上呈 NE 向长轴状异常,并沿 NE 向的线性梯级带展布。南北不同异常区的分界大致在唐山—蓬莱一线,即张家口—天津—威海大断裂,说明该断裂可能是一个重要的活动带。根据深度反演结果,莫霍面深度在 32~34km 之间,为一幔隆区;渤海湾盆地的结晶基底起伏变化较大,一般在 3~15km 之间变化,最深处位于塘沽东的渤海海域,南部的深度大于北部,以凹陷为主,北部则以断陷为主;上古生界及古近系—新近系均广泛发育,中生界和上古生界沉积厚度在 0~12km 之间,仅在部分地区缺失;古近系—新近系厚度在 0~10km 之间,在南部局部地方缺失,而在北部断陷的东部比较发育。

(2) 鲁西异常区 (V_2)

该异常区南接南华北异常区,北部大致以 38°线为界,与渤海湾盆地异常区相接,大致对应古元古界—太古宇鲁西地块。磁异常强度大,变化剧烈,局部异常发育,正、负局部磁异常往往组合成规模较大的团块状异常,方向性不明显,但可看出具有向北东方向过渡的趋势;布格重力异常主要由数个规模、强度均匀的局部异常组成,各局部重力高异常基本围绕泰安—莱芜重力异常低展布。根据地质资料,该区火成岩大片发育,大部分地区太古宇等老基底直接出露地表,仅在泰安—莱芜一带为第四纪沉积区,故推测该区基底由强磁性的正变质岩组成。局部磁异常主要由老基底中含磁性的中、基性火成岩体引起。深度计算结果表明,位于泰安和济宁的局部重力低对应着基底凹陷,中心深度在 3km 左右。

(3) 南华北异常区 (V_3)

该异常区大致为兰考—郾城一线之南地域,大致对应中生代南华北合肥盆地区。磁异常主要呈 NWW 向的正负异常带相间变化的格局,磁场值在 -220~+520nT 之间变化,异常强度及梯度具有南北两侧大中间小的特点,深度计算表明,在开封、郑州、焉陵、商水等地域为基底深凹陷区,构成一条 NWW 向的凹陷带,其中心深度超过 14km;在凹陷带中的许昌东发育有一个基岩隆起区,深度仅为 3km 左右。在凹陷带的南北两侧,基底迅速抬升,甚至部分地段直接出露地表。重力异常以负异常为主,主体走向为 NWW 向,场值在 -100~+20mGal 之间变化,由西向东逐渐抬高,向西地壳厚度加大。根据重磁资料表明该区域构造主体为 NWW 向,明显受到 NE 向构造的改造。

1.1.3.6 下扬子—胶辽异常区 (VI)

(1) 胶辽重磁异常区 (VI_1)

该异常区南、北纵贯烟台—旅(顺)大(连)—沈阳地区,呈一个向 NE 向张开的喇叭状,大致对应古元古界—太古宇胶辽地块,区内重磁异常明显两分,分界线大致为过旅(顺)大(连)的海岸线。

该海岸线以南磁异常以平静变化的负异常为主,强度在 -320~+220nT 之间变化,异常无明显的走向,局部异常不发育,呈零星分布,微具 NE 走向排列的特征,反映出该地基底为弱磁性的副变质岩系。布格重力异常以正异常为主(海域部分缺少资料),强度在 10~40mGal 之间变化,局部异常较发育,局部重力高、低相间分布,多呈似椭圆状,无明显的方向性。在高密北、文登、掖县北存在 3 个明显的局部重力低异常区。地质上,对应火成岩发育区,花岗岩岩体大面积成片展布。古近系—新近系不发育,仅在高密、文登等地有小面积发育,大部分地区前古近系甚至太古宙地层直接出露地表。据此认为该区重力高、磁力低的特征是该区基底磁性不强和浅埋所致,而局部重力低可能与大面积花岗岩发育或零星分布的古近系—新近系山间小盆地有关。

在旅(顺)大(连)海岸线以北,磁异常以正异常为主,强度多在 -200~500nT 之间变化,局部磁异常发育,强度大、梯度陡、变化剧烈,具有带状展布的特征,反映了该地火成岩成带发育的特征。布格重力异常以正异常为主,异常走向以 NE 向为主,场值在 -16~30mGal 之间变化,向北东

方向逐步降低，至清源—宽甸以东则以负异常为主，局部异常比较发育，根据地质资料，局部重力低大都与花岗岩或中生界（J₃）的发育有关，而局部重力异常高则与前寒武系直接出露地表有关。

(2) 下扬子—苏鲁正磁异常带（VI₂）

该带位于郯庐断裂带的东侧，呈东大西小的喇叭状，大致对应中生代苏鲁造山带。带内磁异常主要表现为一条 NE 向展布的正磁异常带，带内磁异常幅值高、梯度大、变化强烈，强度在 -180 ~ +560nT 之间变化。它与南北两侧的负异常形成明显的区别，表现出明显的变岩浆岩的异常特征，推测与遍及带内的榴辉岩发育有关。

1.1.4 基底断裂

通过研究渤海湾盆地基底结构证实，该区基底断裂有 EW 向、NE 向、SN 向和 NW 向 4 组，且以 NE 向及 EW 向两组最为重要（图 1.3）。现将主要断裂简述如下。

1) 锦州—张家口断裂：该断裂呈 EW 向延伸，东起营口西至呼和浩特以西，长达 1000km 以上。断裂磁力特征前已叙述。断裂以南出露中古太古界，断裂以北出露新太古界下部，该断裂是这两套地层的分界线，也是古陆核与边缘海的北部分界线。

2) 秦皇岛—北京断裂：该断裂呈 EW 向延伸，长度大于 700km，向西延至大同，其断裂向南平移 400km，平移后相当于伊盟隆起的南部边界断裂。在河北、山西北部，断裂以北出露中古太古界，断裂以南出露新太古界，该断裂是这两套地层的分界线，也是古陆核的南部界线，还是华北盆地北部的边界线。

3) 郯庐断裂：该断裂为 NNE 向延伸。北起沈阳，经营口、潍坊、郯城、合肥，长度大于 1400km，断裂在磁力和重力上都有清晰反映，表现为线性异常带沿断裂延伸，郯庐断裂从安徽庐江向北到黑龙江的依兰—伊通经汤原延至俄罗斯境内，其磁异常特征各段不相同，有关文献介绍其发育时间也各不相同。在沈阳—潍坊段是控制渤海湾盆地演化的东部边界断裂。

4) 太行山东侧断裂：该断裂是兴安岭东侧至太行山东侧大断裂的一部分，呈 NE 走向，长度达 1000km 以上，重力、磁力、地质及地貌都有清楚的显示，对于该断裂发育的时间，多数学者认为在中生代及以后，在密云、赞皇等地有新太古代裂谷沿断裂分布，说明它的活动时间可能比较早。

5) 沧东断裂：该断裂呈 NE 向延伸，北起青龙经唐山、天津、沧州至德州。重力、磁力都有清楚的显示。唐山以北有老地层出露，以南为新地层覆盖。沧东断裂是控制渤海湾盆地东、西部演化的分界线。

6) 长治—安阳—济宁断裂：该断裂走向为 NW 向，长达 600km 以上，且被 NE 向和 SN 向次一级断裂复杂化，其磁异常特征指示该断裂是渤海湾盆地和南华北盆地之间的过渡区。

7) 郑州—商丘—徐州断裂：该断裂走向为 NWW 向，长达 600km 以上，郑州以东被新地层覆盖，郑州以西有老地层出露。它是南部和北部磁异常特征区的重要分界线，也是渤海湾盆地与南华北盆地的分界线。磁异常表现为宽度达 120 ~ 160km 的正磁场区。

8) 菏泽—聊城—济南北断裂：该断裂在菏泽为近 SN 向展布，至聊城转为 NE 向，再至济南北又转为 EW 向的弧形断裂，总长度达 600km 以上，重力、磁力异常都有明显地反映。它是渤海湾盆地与鲁西隆起的分界线。

综上所述，根据重力、磁力及地质资料分析，结晶基底南新、北老，并沿以 EW 向为主体的构造线展布，中部过渡区沿以 NNE 向为主体的构造线展布，对盆地盖层的形成和演化有着深远的影响。

1.2 中新元古代地层及沉积

华北盆地中—新元古界主要出露在华北南缘及燕山裂陷槽内，是一套未经变质或浅变质的沉积岩系。主要包括长城系（常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组和高于庄组）、蓟县系（杨庄组、雾迷山组、洪水庄组、铁岭组）和青白口系（下马岭组与景儿峪组；表 1.2）。

表 1.2 华北盆地中新元古界划分对比表

地层		辽河地区	冀中地区	黄骅地区	临清地区	济阳地区	东濮地区
		毛庄组	府君山组	府君山组	馒头组	馒头组	辛集组
中 新 元 古 界 (Pt ₂₋₃)	震旦系 (Z)						
	青白口系 (Qb)	景儿峪组	景儿峪组	景儿峪组			
			长龙山组	长龙山组			
		下马岭组	下马岭组				
	蓟县系 (Jx)	铁岭组	铁岭组				
		洪水庄组	洪水庄组				
		雾迷山组	雾迷山组	雾迷山组			
		杨庄组	杨庄组	杨庄组			
	长城系 (Ch)	高于庄组	高于庄组	高于庄组			
		大红峪组	大红峪组				
			团山子组				
			串岭沟组		串岭沟组		串岭沟组
			常州沟组		常州沟组		常州沟组
	下伏地层	辽河群Pt ₁	阜平群Ar ₁ ³			泰山群Ar ₁ ³	

中—新元古代地层构成华北盆地第一盖层，以燕辽地区蓟县剖面为层型剖面。根据野外观察，结合岩性岩相分析，把整个中新元古代地层划分为低位域、水进域和高位域 3 个体系域（图 1.5），其中低位域包括了常州沟组、串岭沟组、团子山组、大红峪组和高于庄组，水进体系域由杨庄组及雾迷山组构成，高位域由蓟县系洪水庄组、铁岭组、青白口系下马岭组及景儿峪组构成。其中高位域景儿峪组、下马岭组与水进域雾迷山组，是烃源岩发育的有利部位。

1.2.1 低位域

低位域砂质夹层多，以扇三角洲、三角洲为主，还有局限台地沉积，是基准面较低的体系域，主要包括：

- 1) 常州沟组：该组以发育大套石英砂岩为特征，最早称为“长城石英岩”。主要由底砾岩及石英砂岩组成，形成高能潮汐作用下“毯状砂体”，厚 300 ~ 1000m。
- 2) 串岭沟组：该组以黑色页岩为主，早期称为“串岭沟页岩”，底部为含铁石英砂岩或宣龙式铁矿，厚 500m。
- 3) 团山子组：该组以含铁白云岩为主，夹砂岩及页岩，局部夹火山岩，厚 500m。
- 4) 大红峪组：早期称为“大红峪石英岩”，为一套火山—沉积岩系，有些相互以陆源碎屑岩为主，有些则以碳酸盐岩为主，厚 100 ~ 500m。
- 5) 高于庄组：原称“高于庄灰岩”，以发育碳酸盐岩为主，中部含锰，厚 200 ~ 1500m。

1.2.2 水进域

- 水进域内则以页岩为主，是烃源岩与盖层发育阶段，主要包括两个组。
- 1) 杨庄组，原称“杨庄页岩”，以潟湖相紫色页岩与潮坪和白云岩叠置而成，厚 700m。
 - 2) 雾迷山组，原称“雾迷山灰岩”，以白云岩为主，夹硅质燧石层，富含叠层石，厚 3000 ~ 5000m。

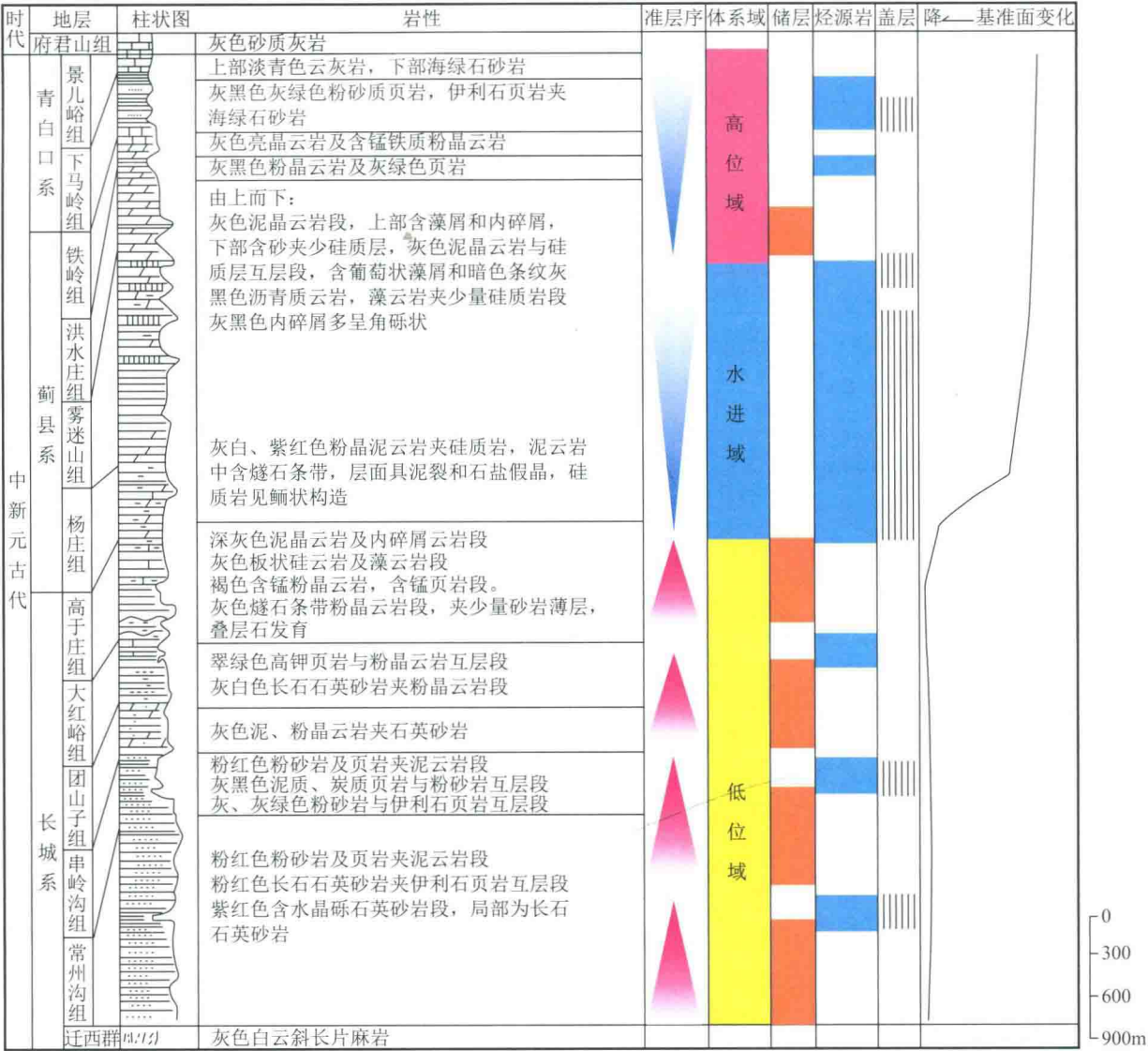


图 1.5 燕山东段中新元古界层序地层分析

1.2.3 高位域

高位域下部仍有页岩夹层，上部砂岩与白云岩增多，是储层发育段，主要包括：

- 1) 洪水庄组：该组以黑色页岩为主，夹白云岩及砂岩，厚 180m。
- 2) 蓟县铁岭组，原称“铁岭灰岩”，以含锰白云岩为主，局部形成“瓦房子式锰矿”及“四海式铁矿”，厚 300m。
- 3) 青白口系下马岭组：原称“下马岭页岩”，以暗色页岩为主夹粉砂岩，厚 500m。
- 4) 青白口系长龙山组：为潮坪相陆源碎屑沉积，石英砂岩中含海绿石，厚 150m。
- 5) 青白口系景儿峪组：该组主要由灰色泥晶灰岩及页岩组成，厚 200m。

另外，中—新元古代时，在华北板块边缘曾发育有多个边缘裂陷槽，其中北缘的燕辽裂陷槽呈 NE—NNE 向，向南楔入太行山，可能与豫陕（熊耳）裂陷槽相连，其中也发育逾万米的中—新元古代地层：①熊耳群，为中酸性火山岩夹火山碎屑岩、碎屑岩及碳酸盐岩，厚约 7100m；②汝阳群，以砂页岩为主夹白云岩，厚达 1800m；③官道口群，与雾迷山—铁岭组相当，以白云岩夹页岩为主，厚达 2500m；④栾川群，为碎屑岩与碳酸盐岩构成旋回层，厚约 3000m；⑤罗圈组与东坡组，相当于上