

华北地热

陈墨香 主编

科学出版社



华北地热

陈墨香 主编

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书是中国科学院地质研究所近年来的重大科研成果之一，是一部地区性的地热学专著。作者以丰富的地温和大地热流测试数据为基础，结合地温场的数学模拟结果，对区域地温场形成的机制进行了分析，总结了地温和大地热流展布的特点，并探讨了它与地质构造及构造演化的关系。同时，对地下热水的形成、性质和开发利用进行了探索，认为浅部地热在现阶段已具备开发利用的条件，并圈划出可开发的地热区。深部地热则是开发利用的远景区。本书还就地热与油气的关系，分析讨论了油气生成的温度、深度和时间等控制因素，指出了华北地区的油气远景区。

本书资料丰富，论据充分，可供从事地质、水文地质、石油地质、地球物理和能源勘探开发的科研人员以及高等院校有关专业的师生参考。

华 北 地 热

陈墨香 主编

责任编辑 周明鉴 吴寅泰

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988 年 5 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1988 年 5 月第一次印刷 印张：14 1/2

印数：0001—4,300 字数：323,000

ISBN 7-03-000445-0/P·76

定价：5.10 元

前 言

本书是我们“六五”期间“华北地热研究”项目的总结,该项目是中国科学院重点课题之一。

本书讨论的范围介于东经 114—124°、北纬 36—42° 之间,西起石家庄、东至大连、南始济南、北迄沈阳,包括华北平原北部,辽河平原和渤海海域,总面积约 200,000 km²。在地质构造上,这一区域通常称为华北断陷盆地或渤海盆地,属于华北断块区的一部分。

本书内容广泛,涉及了地热学基础研究和应用研究各重要领域。通过研究地温场的特点及其形成机制,圈出相对高温区域和局部地热异常区,估算地下热水资源潜力,评价其开发利用的前景;探讨地温、古地温分布及演化规律,为扩大油气资源远景提供地热方面的论据。另外,还从地热学的角度对地区的构造-热演化特点进行研究,以丰富和加深对华北断块区的形成和发展这一地质理论问题的认识。为了尽可能做到有较强的学科系统性和应用方面较强的针对性,对全书安排了既相对独立,又互相联系的五个部分(五章)进行讨论。

前二章论述区域地温场和地热背景,是本书的基础部分。第一章首先以大量的实际资料为依据,阐述区域地温展布规律,分析影响地温分布的主要因素,结合地温场的数学模拟结果,分析地温场的形成机制并对几个典型地区进行详细剖析,以加深认识。在这一章里涉及到的数学模拟计算,仅引用其结果,具体计算方法从略,对此有兴趣的读者,可参阅《有限单元法在地热研究中的应用》(张菊明、熊亮萍著)。

第二章为大地热流研究。大地热流值的高低及其分布能更全面反映区域的地热特征,尤其对于探讨地壳深部热状况有不可替代的功用。然而,较新沉积盆地的大地热流测试困难很多,一直是热流研究最薄弱的环节之一,其主要原因是较新沉积岩层固结程度低,孔隙度高。加之陆相沉积岩相和岩性变化频繁,不易获得足够多的能保持天然状态的代表性岩心标本。故难以获得符合本来面目的热导率值。为了取得所需要的接近于原始状态的近似值,需要对干样的测试结果进行校正。为此进行了孔隙岩石热导率饱水试验,并对其结果作了专题讨论。这一章里,我们以有大量实际资料为依据的高质量的新生界盖层平均地温梯度图为基础,根据一批质量可靠的实测热流值和相应热流点位置的盖层平均地温梯度的统计分析,求得盖层的平均热导率,据以把地温梯度图转换成热流图,这是一种新的尝试。我们认为,在目前对沉积盆地难以获得大量实测热流数据的情况下,这是一种具有实际意义的方法。

第三章为地热资源评价及开发利用研究。这是本书着重讨论的问题,在区域地温场研究的基础上,结合区域的地质特点分析了地下热水的赋存条件,得出华北是我国中低温热水资源丰富的区域之一的结论,并圈定出可供选择开发的地热田;根据地下热水形成特征及背景条件,提出地热田形成的基本模式;为了估计热水资源潜力,尝试对区域地下热水资源进行了定量的估算,可作为制订开发利用地热远景规划的参考。我们认为,华北地区开发利用地热能大有可为。利用石油资源勘探中保存下来的热水井,和对一些旧勘探

井稍加改造而成的热水井,是本区当前和近期开发利用地下热水最现实而有效的措施和途径。地压地热资源是潜在的巨大地下能源,国际上对此种资源的研究近十年有很大的进展。为了引起我国地热界同行的关注,我们特邀请成都地质学院彭大钧同志撰写“地压地热资源初探”一节,以济阳拗陷为例,分析异常高压带形成的地质条件,论证地压地热资源存在的可能性,并指出其勘探研究的方向。

第四章为地热与油气资源。地热与油气资源的关系是地热研究的另一重要领域。温度条件是油气形成、运移和聚集的必要条件之一。沉积盆地内,油气生成、运移和聚集经历了相当长的历程。在这过程中,地温条件是不不断演化的,因此揭示地温对成油的控制作用,不仅要了解今日的区域地温,还要了解古地温。本章在分析今日区域地温特征的基础上,利用镜质体反射率、粘土矿物温标以及沉积历史分析等方法研究区域古地温特征,并结合区域地温演化的分析,讨论了生油指标、生油深度、生油时间,以及扩大资源远景等问题。

第五章为深部地热特征与热演化历史。这一章从本区域大地热流研究结果出发,探讨地壳的热结构、地壳深部温度状况以及地区的热发展历史,这些都是饶有兴趣的理论问题。从我们的研究结果来看,不论从地表热流,还是地幔热流,或是地壳深部的温度状况来看,华北断陷盆地都介于地质构造稳定区与构造活动区之间,这一独特的地热面貌是华北区域构造-热演化历史的反映。

本书是我们1980—1985年间大量而系统的工作和以前累积的资料全面归纳和总结。

野外工作包括钻井测温,采集岩样、水样,搜集地温资料及有关的地质地球物理探测资料。由于研究区域广、历时长,工作是分片分期进行的。其中,冀中拗陷及沧县隆起区由陈墨香、黄歌山、汪缉安、张文仁和张蓉燕完成;黄骅拗陷区由陈墨香、黄歌山、熊亮萍、杨淑贞、汪缉安和张文仁负责进行;济阳拗陷和埕宁隆起区及渤海海域部分由陈墨香和黄歌山完成;辽河拗陷由汪缉安、汪集旸负责;临清拗陷由邓孝和陈墨香担任。此外,京、津二市和华北平原外围山区的地热测量及资料搜集工作,除上述人员参与外,还有樊志成、王钧、沈显杰和陆秀文等同志参加。另外,区域地下热水资源估算和评价所需参数及资料,全区热水化学方面的资料分别由邓孝和樊志成收集。

室内工作包括野外资料分析归纳整理、图件编制、岩石热导率和岩石放射性元素测定、镜质体反射率测定、热水化学组分分析和热水同位素测定、地温场数学模拟计算和地下热水可采资源计算以及测温仪组装等。在各项测试工作中,岩石热导率用我所地热实验室沈显杰等设计和组装的热导仪,由杨淑贞、陆秀文和张蓉燕测定,少量样品由沈显杰在美国和法国的一些实验室作了检验;岩石中U和Th的含量主要由杨淑贞和沈继英测定,少量样品由我所夏明及核工业部有关的实验室分析和检测;热水化学组分由我所徐晓岚分析;热水同位素由中国科学院地球化学研究所卫克勤测定;镜质体反射率的部分样品由华北油田有关的实验室测定;地温场的模拟和地下热水可采资源的计算程序由张菊明编制;测温仪由张文仁等组装。

在野外开展钻井测温,岩样和水样的采集,以及资源的收集工作中,得到华北油田、胜利油田、辽河油田、大港油田、中国渤海石油勘探公司和石油工业部石油勘探开发规划研究院等单位及许多同志的大力支持和帮助,其中华北油田的刘炳义、辽河油田的王永

玲和张忠义分别参与冀中地区和辽河拗陷的地热研究。我们在京津两市区工作时,分别得到北京市地质局水文地质大队和天津市地质局的大力支持和帮助。另外,地质部第二石油勘探指挥部石油地质大队提供了临清地区的地热地质背景资料。

本书由陈墨香主编,各章分别由各撰写组撰写。整个研究成果,凝聚着参加这一课题所有同志多年的辛勤劳动。本书全部图件,由我所王津津和孙桂梅绘制。

在本书出版之际,谨对在华北地热研究中给予大力支持和帮助的石油部和所属各油田以及同志们致以衷心的感谢,对野外工作中,测试工作中给予支持和帮助以及提供资料的单位和同志们致以谢忱。在评审本书手稿时,王大纯、叶连俊、阎敦实、朱大绶、葛泰生、籍永昌、张敦祥、王仰之、刘炳义、沈照理、刘国栋、范璞、任天培、彭大钧、佟伟、黄尚瑶、万天丰、章铭陶、王思敬和易善锋等同志提出了许多宝贵意见,对此我们表示深切的感谢。对我们的老所长张文佑教授生前对华北地热研究给予的热情鼓励、支持和指导,表示深切的谢意和怀念。

由于研究区地域辽阔,地质条件复杂,目前已有的地热资料与如此广大的面积相比,仍然显得数量有限,加之资料的分布也不均一,所以一些地区的地热状况带有某种预测的性质,对某些问题的看法也许有一定的片面性。这有待今后的工作来检验,补充和修正。为了改进今后的工作,热切希望读者对本书提出批评和指正。

由于历史的原因,本书中沿用了一些非许用单位,它们与法定计量单位的换算为:

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}; 1 \text{ HGU} = 10^{-13} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} = 4.1868 \times 10^{-7} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$1 \text{ HFU} = 10^{-6} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = 4.1868 \times 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2};$$

$$1 \text{ TCU} = -10^{-3} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 0.41868 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1},$$

$$1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}.$$

目 录

前言

第一章 区域地温基本特征陈墨香、黄歌山、熊亮萍、张菊明、张文仁、王 钧.....1	
第一节 地温数据	1
一、钻井系统测温数据	1
二、井底温度	1
三、油层温度	1
四、热水井井口水温	2
五、年恒温带的深度和温度	2
第二节 影响地壳浅部地温分布的主要因素	3
一、基岩的起伏和构造形态	3
二、地下水的活动	15
三、岩浆活动	23
第三节 地温展布特征.....	24
一、高低相间带状展布	24
二、较高的地温背景值和局部的地热异常	24
三、不同的地温类型	31
四、纵向变化	31
第四节 保定-歧口和广饶-埕东两地质剖面数学模拟结果剖析.....	36
一、计算模型的建立	36
二、计算结果及分析	36
第五节 典型地区地温状况评述.....	40
一、牛驼镇凸起	40
二、任丘潜山	46
三、东营凹陷	50
第二章 大地热流的研究陈墨香、杨淑贞、沈显杰、 陆秀文58	
第一节 中、新生代沉积盆地大地热流测试的特点.....	58
第二节 岩石热导率的测试结果及分析.....	61
一、室内风干岩样的测试结果	61
二、孔隙岩石热导率饱水试验	65
三、热流研究中热导率值选用的原则	70
第三节 热流值计算和热流图.....	71
一、实测值和估算值	71
二、区域平均值	79
三、热流图	84
第四节 热流分布特点及其地质涵义.....	85
第三章 地热资源邓 孝、彭大钧、樊志成、黄歌山、张菊明.....89	

第一节 地下热水的形成条件及赋存特征	89
一、上第三系含水岩系	89
二、下第三系含水岩系	92
三、下古生界及中、上元古界含水岩系	92
第二节 热水地球化学	94
一、热水矿化度及其主要离子	94
二、热水氢氧同位素组成特征	102
三、热水中 SiO_2 的含量及其意义	103
第三节 相对高温区及地热田	104
一、地热田的圈定及分布	104
二、地热田的模式	116
第四节 地热资源估算	117
一、背景资源	118
二、可及背景资源	120
三、可采资源	129
第五节 地下热水开发利用问题评述	148
一、地热利用方向	148
二、有计划合理地开发和利用热水资源	148
三、与水质有关的问题	151
四、回灌试验研究	153
第六节 地压地热资源初探	154
一、沉积型异常高压带的地质研究	154
二、异常高压带形成条件分析(以济阳拗陷为例)	156
三、地压地热资源的勘探	163
第四章 地热与油气资源	汪绎安 165
第一节 地热条件与油气分布	165
一、地热基本轮廓	165
二、油气分布与地热条件	167
第二节 古地温研究方法	169
一、镜质体反射率温标	170
二、 R° - T 关系	173
三、粘土矿物温标	176
四、由今地温和沉积史研究地层的受热历史	178
第三节 古地温特征与生油条件分析	179
一、古地温主要特征	179
二、古地温图与生油条件的分析	183
第四节 地温、古地温条件与华北地区的油气资源	186
一、生油温度指标	187
二、若干生油岩系的生油温度条件	188
三、生油深度与生油时间	192
四、构造运动与油气资源评价	196

五、有关油气资源前景的几个问题	197
第五章 深部地热特征与热演化历史汪集旸、杨淑贞、沈继英.....	200
等一节 深部热流和地壳热结构	200
一、深部热流的概念及其研究方法	200
二、地壳模型	201
三、放射性元素分布和各岩层的生热率	202
四、深部热流和地壳热结构	203
第二节 地壳深部的温度状况	208
一、计算方法及参数选择	208
二、计算结果和讨论	210
第三节 热演化历史	211
参考文献	216

GEO THERMICS OF NORTH CHINA

Contents

Preface

Chapter I Basic characteristics of regional geotemperature.....	(1)
Section 1 Geotemperature data	(1)
1. Temperature logging data in drill holes	(1)
2. Bottom hole Temperature	(1)
3. Temperature of oil-bearing layers	(1)
4. Temperature at well head of thermal water wells.....	(2)
5. Depth and temperature at the bottom of annual temperature variation zone.....	(2)
Section 2 Major factors affecting the temperature distribution at shallow depth of the Earth's crust	(3)
1. Undulation and form of the basement	(3)
2. Ground water activity	(15)
3. Magmatic activity	(23)
Section 3 Distributive characteristics of the geotemperature	(24)
1. "Low-high-low" pattern of geotemperature distribution	(24)
2. Relatively high geotemperature background and local geothermal anomaly ...	(24)
3. Geotemperature types	(31)
4. Vertical variation	(31)
Section 4 Results of mathematical simulation of two geological profiles along Baoding-Qikou and Guangrao-Chengdong and their analysis	(36)
1. Establishment of calculation model.....	(36)
2. Results and analysis	(36)
Section 5 Case studies on some typical areas	(40)
1. Niutuozen Uplift.....	(40)
2. Renqiu "Buried Hill"	(46)
3. Dongying Depression	(50)
Chapter II Terrestrial heat flow	(58)
Section 1 Characteristics of heat flow measurements in Meso-Cenozoic sedi- mentary basin	(58)
Section 2 Determination of thermal conductivity of rocks	(61)
1. Thermal conductivity of dry rocks measured under roomtemperature condition	(61)
2. Experimental investigation on the thermal conductivity of porous rocks satu- rated with water	(65)
3. Principles for selecting thermal conductivity values in heat flow studies	(70)
Section 3 Heat flow calculation and heat flow map	(71)

1. Observed and estimated values	(71)
2. Regional average value	(79)
3. heat flow map	(84)
Section 4 Distributive characteristics of heat flow and it's geological implication ..	(85)
Chapter III Geothermal resources	(89)
Section 1 Formation and accumulation of thermal water	(89)
1. Upper Tertiary aquifer complex	(89)
2. Lower Tertiary aquifer complex	(92)
3. Lower Paleozoic and upper-mid Proterozoic aquifer complex	(92)
Section 2 Geochemical of thermal water	(94)
1. Salinity and main ions	(94)
2. Hydrogen and Oxygen isotopic composition	(102)
3. SiO ₂ contents in thermal water and its significance	(103)
Section 3 Relatively high geotemperature area and geothermal fields	(104)
1. Identification of geothermal fields and their distribution	(104)
2. Model for geothermal fields	(116)
Section 4 Estimation of geothermal resources	(117)
1. Resources base	(118)
2. Accessible resources base	(120)
3. Recoverable resources	(129)
Section 5 Some problems in exploitation and utilization of geothermal water	(148)
1. Guidelines in utilizing geothermal resources	(148)
2. Exploitation and utilization of geothermal resources	(148)
3. water quality	(151)
4. Experiment on reinjection	(153)
Section 6 Preliminary studies on geopressed geothermal resources	(154)
1. Geological studies on abnormally high pressure zone	(154)
2. Origin of abnormally high pressure zone (Case studies on Jiyang Depress- sion)	(156)
3. Exploration for geopressed geothermal resources	(163)
Chapter IV Geothermics and oil-gas resources	(165)
Section 1 Geothermal conditions and oil-gas resources distribution	(165)
1. Geothermal settings	(165)
2. Distribution of oil-gas resources and geothermal conditions	(167)
Section 2 Method of paleogeothermal studies	(169)
1. Vitrinite reflectance geothermometer	(170)
2. R ^o -T relation	(173)
3. Clay mineral geothermometer	(176)
4. Study on the thermal history of strata from present geotemperatures and the history of sedimentation	(178)
Section 3 Paleogeothermal characteristics and conditions of oil occurrence	(179)
1. Major characteristics of paleogeotemperature	(179)

2. Paleogeotemperature map and condition of oil occurrence	(183)
Section 4 Relation of geotemperature and paleogeotemperature conditions to oil-gas resources in North China	(186)
1. Temperature index of oil occurrence	(187)
2. Temperature conditions of oil occurrence in some source rock formations ...	(188)
3. Depth and time of oil occurrence	(192)
4. Tectonic movement and assessment of oil-gas resources.....	(196)
5. Prospectives of oil-gas resources	(197)
Chapter V Thermal state in deep Earth's crust and the history of there mal evolution	(200)
Section 1 Deep heat flow and thermal structure of the Earth's crust	(200)
1. Concept of "deep heat flow" and method of its study	(200)
2. Earth's crust model	(201)
3. Distribution of radioactive elements and heat generation in different rock strata	(202)
4. Deep heat flow and thermal structure of the Earth's crust	(203)
Section 2 Temperature in deep Earth's crust.....	(208)
1. Method for calculation temperature and parameter selection	(208)
2. Calculation and discussion	(210)
Section 3 History of thermal evolution	(211)
Reference.....	(216)

第一章 区域地温基本特征

本章着重评述目前钻探所及 3—5 km 内地壳浅部的地温状况,根据地温场的数学模拟计算结果,对 5—10 km 深的地温也作了推论。论述的地区包括河北平原、北京和天津两市平原区、鲁西北平原、辽河平原和渤海海域,面积共约 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$,在此泛称华北地区。在地质构造上,这个地区是冀鲁断块区的一部分,与我国石油地质文献称作“渤海盆地”的范围大致相当(华北石油勘探开发设计研究院,1982)。

第一节 地温数据

一、钻井系统测温数据

我们共测了 228 口井,其中 175 口井是在石油、地质和煤炭等部门的支持下,用自装的半导体热敏电阻井温仪每隔 10—25 m 进行系统实测的。该仪器的精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ (中国科学院地质研究所地热组,1978,1979)。测温深度一般为 800—1500 m,最深者为 2,000—2,100 m。测温井段的地层以第四系和上第三系居多(113 口),下第三系者次之(41 口),深达基岩的较少(21 口)。测温钻井绝大部分为废旧井,井液长期处于静止状态,井温即地温。此类数据的质量高,是评定地区地温状况的基准资料。另外 53 口井,多数为石油部各油田管理局历年累积的资料,测温时井液静止时间虽长短不一(短者为 10 天至半个月,长者在半年以上),但井底段的井温和岩温已趋于平衡。测温深度一般为 1,500—2,500 m,测温层段主要为下第三系沙河街组。少量钻井为 3,500—5,000 m,分别穿透了新生界、中生界而达下古生界或结晶基底,这对了解各层段地温的纵向变化提供了可贵的信息。

二、井底温度

井底温度指钻进过程中短暂停钻或钻探終了井液停止循环数小时至 3 d 内,在井底段测得的温度,共测了 72 口井。观测和计算表明(中国科学院地质研究所地热室,1981),在正常的钻进条件下,深度小于 1000 m 的钻井,静井后 1—2 d,井底温度即接近平衡;深度大于 1,500 m 的深井,则需较长的静井时间。对瞬态井底温度需作校正,方可应用。渤海海域内 1,700—3,400 m 深的 30 口钻井的井底温度,采用 Dowdle 和 Cobb (1978) 的方法,求得平衡温度。

三、油层温度

油层温度分油层静温和油层流温两类。油层静温为关井测油层静压同时将温度计下

放到油层中部,待压力稳定 8—12 h 之后测到的温度。据观测试验 (Nmachukwa, 1976),当井内原油静置 48 h,油温与围岩原始温度可基本达到平衡。本地区钻井试油测压时,关井时间一般为 2—20 d,故所得的温度代表了油层的温度。为使资料有较大的可信性,温度数据的选取遵循以下原则:(1)温度计下入深度应在油层中部或接近中部;(2)避免因油田注入凉水对钻井附近地温场的干扰,原则上仅选用勘探阶段和油田开发初期未大量注水前的数据;(3)因水银温度计点测温度会受到操作等因素的影响,有时明显偏低,故同时同深有两个测温值时,以选取较高值为宜,有两个以上数据时,取用平均值。有时选用一部分流温数据,即测油层流压时于油层中部测得的温度,其中以仪器下至油层中部的数据为优。如流量较大时,也选用仪器下入深度距油层中部 200 m 以内的数据,并视该深度的温度为油层中部的温度。测温深度一般为 1,500—3,000 m,测温层位绝大部分为下第三系沙河街组,部分为上第三系馆陶组,少数为古生界和前古生界。共获得油层温度数据 2,705 个。由于这类资料数量大,分布广,是了解地区地温分布特点的基本资料。

四、热水井井口水温

共测了 94 口井。当井深为 1,000 m 左右,出水量为 500—1,000 m³/d 时,或井深 1,000—1,500 m,出水量大于 1,000—2,000 m³/d 时,井口水温和井底段的温度相差无几,一般可视井口水温为热水储层中部的温度。

五、年恒温带的深度和温度

根据浅部测温资料,确定本地区年恒温带的深度为 10—20 m,其温度则随纬度的高低略有变化。如辽河平原为 10—11℃,京津唐地区为 13—14℃,冀中及鲁北平原为 14—15℃。这些参数为计算各地区新生界盖层平均地温梯度和各个深度的温度的依据之一。

表 1-1 华北地区实测地温钻井数量统计表

地 区	系统测温钻井	井底测温钻井	油层温度钻井	热 水 井	合 计
辽河拗陷	60				60
渤海海域	2	30	35	1	68
冀中拗陷	87	10	270	53	420
黄骅拗陷	7		700	6	713
济阳拗陷	26		1540	9	1575
临清拗陷	4		10	11	25
沧县隆起	22			10	32
埕宁隆起			150	4	154
山前平原煤矿区及煤产地	20	72			92
合 计	228	112	2705	94	3139

全区共获得 3139 口井的温度数据。由于地区面积广大,各地段地温测点的分布不均一(表 1-1),为了能够对整个地区的地温状况有较全面的了解,需要掌握和分析影响本地区地温分布的主要因素,在此基础上,才能对一些空白区的地温状况作出有根据的预测。

第二节 影响地壳浅部地温分布的主要因素

一个地区的地温状况是该区地质构造条件和地质历史的综合反映。对地壳浅部几 km 以内的地温,其影响的因素一般为基岩¹⁾的起伏和构造形态、地下水的活动和岩浆活动。华北地区大量的实际资料表明,基岩面的起伏和构造形态对地温分布的影响是区域性的,对地壳浅部地温起着主导的作用;地下水活动对山前平原和某些活动断裂带附近的地温有着重要的影响,而岩浆活动可能的影响仅限于晚近期发生较大规模岩浆活动的局部地段。

一、基岩的起伏和构造形态

本区为在华北地台发展起来的中、新生代断陷盆地。它以太古界变质岩为基底,其上发育着一套地台型的中、上元古界和以海相碳酸盐岩为主的下古生界,以及海、陆交互相到陆相的上古生界。自太古代以来,本地区经历了多次构造运动,对其前期的构造格局和盖层都有不同程度的改造,其中对华北地区今日构造格局的形成起决定性作用的是燕山运动。经历这次构造运动,不仅其前期的地层褶皱,发育了一系列系的 NE、NWW 及近 EW 向继承性的张性大断裂,并伴随有岩浆活动,而且华北断块开始解体,太行、燕山、胶辽山地升起,内部沉降,出现以侏罗系和下白垩统为主的盆地屑碎沉积,奠定了华北地区地质结构的雏型。早第三纪时期,本地区处于强烈的拉张作用下,断裂活动强烈,发生大规模的不均一的断陷活动,形成一系列的断陷与隆起。根据地质构造演化的差异和下第三系的分布,盆地内可划分出辽河拗陷、渤中拗陷、黄骅拗陷、冀中拗陷、临清拗陷和济阳拗陷,以及沧县隆起和埕宁隆起等构造单元。在拗陷区和隆起区内部,受断裂的控制,又有众多的次级构造——凸起和凹陷,从而表现为多凸、多凹、多沉降中心和凸凹相间的构造格局(图 1-1 和图 1-2)。

由于控制断块边界的断层边活动边沉积,使下第三系的厚度在下降盘明显增大,深凹槽紧靠断层的一侧,成为沉积中心。这些深凹槽呈箕状,规模不一,一般为 1,000—2,000 km²,最大可达 7,000—9,000 km²,最小者不足 1,000 km²,都具有快速沉降和堆积巨厚的特点。沉降幅度一般为 4,000—6,000 m,最大者为 9,000 m(渤中凹陷)。与之相对应,断裂活动使基岩块体上翘侧不断上升,形成规模不一的凸起区,这里,下第三系缺失或较薄。早第三纪末期,不均一的断陷作用显著减弱,经过长期剥蚀的隆起与被充填的凹陷之间,高差减小,近于准平原状态。晚第三纪开始,全区进入统一的沉陷为主的时期,并一直延续至第四纪,盆地普遍接受晚第三纪和第四纪沉积,在大部分地区,其厚度一般为 1,000—2,500 m,不整合覆盖于其前的地层之上,组成统一的大型盆地,形成了现在这

1) 基岩(Bedrock)——相对于中、新生界而言,包括古生界和前古生界所有岩层。

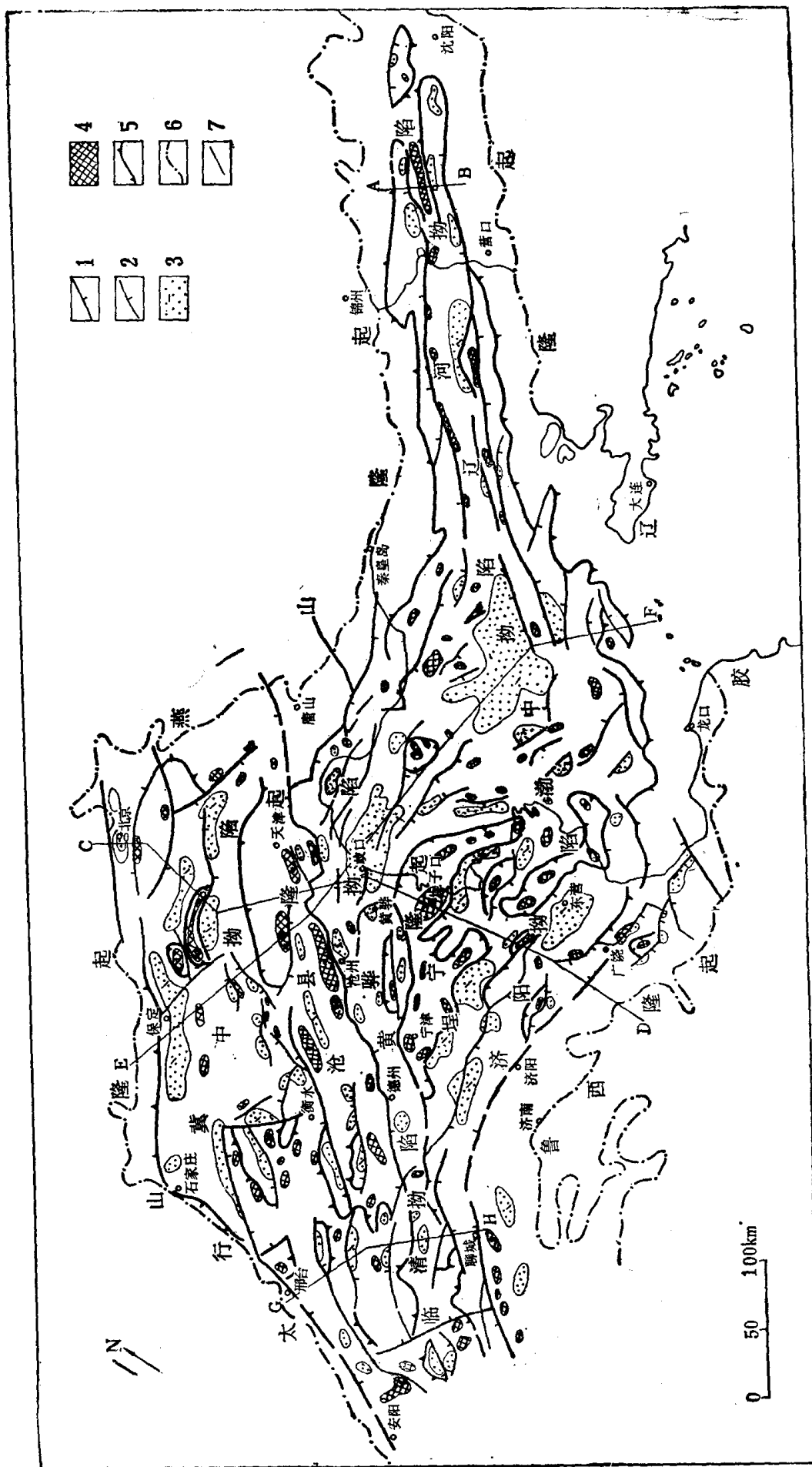


图 1-1 华北地区地质构造略图

1. 主要的断裂 2. 次级断裂 3. 凹陷区中的深凹槽及沉积中心 4. 凸起区中的高凸部分及其高点
5. 下第三系缺失线 6. 新生界沉积盆地界线 7. 地质剖面线 据石油部资料, 简化

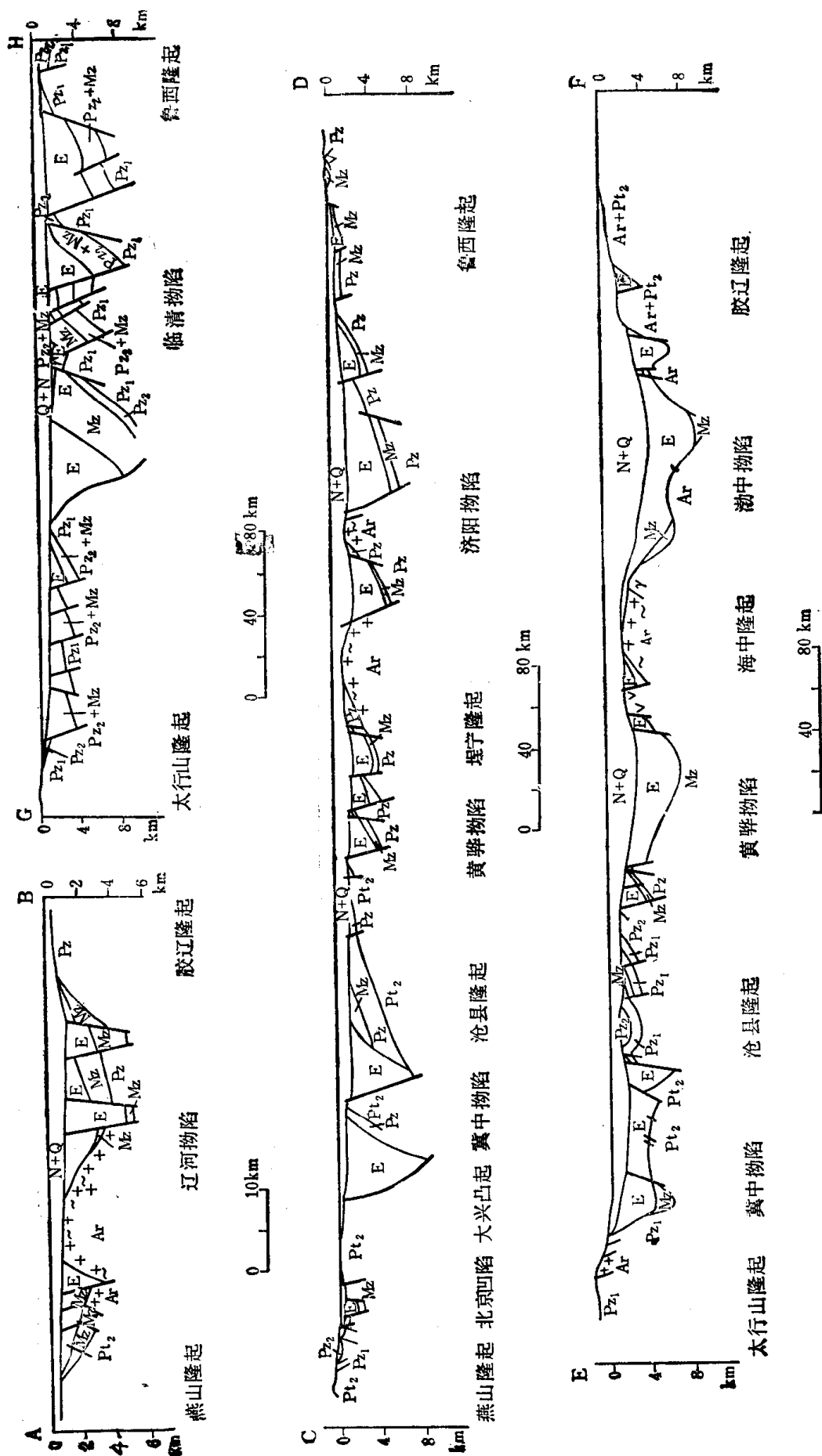


图 1-2 华北地区地质剖面图
剖面位置见图 1-1, 据石油部资料, 简化