

南宁新生代沉积盆地型 地热资源前景研究

NANNING XINSHENGDAI
CHENJIDEN DIXING
DIREZANLIAN QIANJING YANJIU

唐健生 关碧珠 吴少斌 等著
朱远峰 孔繁业 黄 纲



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂 林 ·

南宁新生代沉积盆地型地热资源前景研究

唐健生 关碧珠 吴少斌等著

责任编辑：肖子娟

封面设计：杨琳

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市育才路 15 号 邮政编码：541004)
(网址：http://www.bbtpress.com)

广西师范大学印刷厂印刷

*

开本：787×1 092 1/16 印张：8.75 字数：125 千字

2004 年 11 月第 1 版

2004 年 11 月第 1 次印刷

印数：0 001~1 000 册

ISBN 7-5633-5248-1/P · 034

定价：36.00 元



前 言

地球内部蕴藏着巨大的自然能源——地热能。它通过火山爆发、温泉、沸泉及岩石的热传导等方式源源不断地向地表传送。地球内部的热能,不论是通过地下热水(汽)的循环对流或地幔对流(火山爆发、岩浆侵入),还是通过岩石的热传导,一般都要在特定的地质构造及水文地质条件下,才能在地壳浅部聚集和贮存起来,形成地热异常和具有开发价值的地热田,为人类开发利用地热能提供十分有利的自然条件。

地热水是一种宝贵的自然资源,它既是水资源又是能源。地热能是人类开辟的一种新能源。它在某些方面具备了太阳能、风能、潮汐能等所不具备的优点,如分布较广、不受白昼和季节变化的限制、能够直接利用等。与常规能源煤、石油和天然气及核能等相比,它又是一种廉价的、洁净的、可以再生的能源。由此可见,地热能与各种新能源及常规能源和核能等相比,具有一定的竞争力。只要加强研究,掌握其形成与分布的规律,充分合理地开发利用,相信在不久的将来,地热能必将逐步代替部分常规能源,改变能源结构,成为不可忽视的理想能源之一。

我国自 20 世纪 70 年代以来,在已故著名地质学家李四光的积极倡议和支持下,在全国范围内先后有 20 多个省、市、自治区开展了地热勘查和综合利用等工作,北京、天津、西安等大城市还开展以供暖、工农业用途为目的的地热勘探,同时还在广东丰顺(1971 年)、河北怀来(1974 年)、山东招远、湖南灰汤(1976 年)等地相继建成试验性地热电站,而且从 1976 年开始,地质矿产部水文地质工程地质研究所对西藏羊八井地区进行大功率地热电站资源勘探,均取得显著成绩。我国地热资源按形成的地质条件归纳分为两大类型:

1. 火山型高温($t \geq 150^{\circ}\text{C}$)地热资源,也叫作对流热水型资源,主要分布在板块边缘(环球地热带,海洋中脊、大陆裂谷,岛弧或缝合线型)狭长条地带。其特点:

- (1) 浅部存在正在冷却的火山物质和侵入的岩浆体等强热源。
- (2) 有起保温隔热作用的火山岩或其他沉积盖层。
- (3) 盖层之下有透水性较强的孔隙或裂隙热源。
- (4) 有作为热水和蒸汽上升通道的与火山作用、造山作用等有关的构造断

裂带。

(5) 热流和地温梯度都大大高于地壳平均值,一般高出几倍,有的地方梯度值高出平均值十几倍。

(6) 地表水热活动强烈,见有大量的沸泉、喷泉、喷气孔、冒气地面、沸泥塘等,泉华沉积及水热蚀变也很发育。

(7) 水化学类型主要为氯化物及硫酸盐水,水中含有大量的 SiO_2 及 F^- ,同时含有 HBO_2 、As、Li、Hg 等,气体成分中普遍含有 CO_2 及 H_2S 。水大多呈酸性或强酸性反应($\text{pH} 1.5 \sim 3.0$),亦有碱性反应如苏打水($\text{pH} 10$)。物质成分主要来源于水—岩反应中的溶滤作用及热力变质作用,也有来自上地幔的喷气作用。

(8) 伴生矿床及现代成矿作用主要有汞矿、硫磺矿、黄铁矿及辉锑矿等。

(9) 据氢氧稳定同位素分析,热水 90% 以上来源于大气降水,岩浆蒸汽约占 5%。

世界著名高温热田如:意大利拉德瑞罗地热田,意大利蒙特阿米亚特地热田,新西兰怀腊开地热田(260°C),冰岛克拉弗拉地热田($200 \sim 350^\circ\text{C}$),美国加利福尼亚盖瑟尔斯地热田,日本大岳地热田,墨西哥塞罗普列托地热田($200 \sim 350^\circ\text{C}$),俄罗斯勘察加波热特地热田(200°C ,地温梯度高达 $20^\circ\text{C}/100$),土耳其克泽尔化泉地热田,我国有西藏羊八井地热田(最高近 180°C)、云南腾冲(105°C)、保山、云县、澜沧、个旧等接近和超过沸点温泉(位于欧亚板块与印度板块接触边缘)。

2. 非火山型中($90^\circ\text{C} \leq t < 150^\circ\text{C}$)、低($25^\circ\text{C} \leq t < 90^\circ\text{C}$)温地热资源,也叫作深层热水型资源。分为两类:

(1) 盆地型地热资源。

热储埋藏深度较深(一般在 $1\ 000 \sim 5\ 000\text{m}$),热储层上部有很厚的盖层,具有良好的保温条件。地温梯度一般接近或略高于正常梯度值,地表热异常显示微弱或无显示,其水源主要来自大气降水的补给,深循环。如我国的四川盆地、陕甘宁盆地、雷琼盆地、江汉平原、华北平原、冀中凹陷、天津和北京地热田、南宁盆地等均属此类型。

(2) 断裂构造型地热资源。

在晚近期活动断裂发育的地区,往往贮存有构造裂隙热水,一般面积不大,分布范围与断裂构造的规模、性质及展布方向息息相关。一般没有盖层或盖层很薄。由大气降水沿断裂、裂隙渗入地壳深部,经深循环逐步被岩温加热,在静水压力作用下沿断裂带涌至浅部热水层或出露地表形成温泉,其温度的高低取决于地下水循环深度。矿化度低,一般小于 1g/L ,我国大多数温泉都属于这种

类型,且多分布在褶皱山区和山前地区,尤以我国东南沿海地区分布最广,如我国最大的断裂带——郯(城)庐(江)断裂带(前震旦纪形成,至今仍在活动),地温梯度较高,有不少温泉出露,水温一般 $28^{\circ}\text{C} \sim 47.5^{\circ}\text{C}$,钻探最高达 94°C 。

盆地型地热资源在我国分布很广,特别是新生代沉积型地热盆地,它们主要分布在沉降带和断陷带中或边缘,形成沉降盆地或断陷盆地。如山西省的大同盆地、代县盆地、太原盆地、运城盆地,广西的南宁盆地、百色盆地、宁明—上思盆地、合浦盆地,云南的昆明断陷盆地,湖北的江汉断陷盆地,广东—海南的雷琼盆地,湖南的衡阳盆地,等等,均可能形成地热田。地热田的形成必须具备储、盖、通、源等四个地质、水文地质条件要素。其“储”就是热储层,即指地盆内含有能被开发利用的热流岩石或岩层;“盖”是指热储层上部有良好的隔热保温盖层,使来自深部的热量不易外逸;“通”是热水水源的构造通道;“源”是指地热水的补给来源、热源及水中物质成分的来源。

南宁盆地的地热异常,早在 20 世纪 70 年代初就被地矿、煤炭、石油等部门的地质勘查中发现,其中最为突出的是:①20 世纪 70 年代初至 80 年代初煤田勘探中对三塘九曲湾一带的钻孔测温,取得了 29 个孔(最大孔深 603.01m)的地温资料,约 70% 测温孔的地温梯度大于 $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$,其中 6847 孔井深 500m,温度达 45.3°C ;②20 世纪 80 年代初至 90 年代初,广西地矿局所属单位,在水文地质勘查、地下水监测和矿泉水勘探开发工作中,对本区浅层地下水的水热特征及条件进行了初步调查研究,在 1990 年 7 月提交的《区域水文地质环境水文地质调查报告》(1:50 000)中,对南宁盆地地热异常基本特征进行了描述与分析;③20 世纪 80 年代末至 90 年代中期,石油部门对南宁盆地的地质构造及生油条件开展工作,进行了盆地第三系沉积埋藏、热演化分析等。在前期各方面工作的基础上,1996 年地矿部向广西地勘局下达了《广西南宁市地热资源地质普查》部控增量地勘项目。

为了系统地分析研究南宁盆地地热勘探、开发前景与成因,针对三塘地区的地热显示特征,1996 年 10 月地矿部给中国地质科学院岩溶地质研究所下达了《南宁三塘地区地热前景与成因研究》定向研究项目(地科定 96-15)。其主要任务是:结合《广西南宁市地热资源地质普查》的开展,在系统收集有关资料和补充部分野外调查、测试工作的基础上,综合分析盆地的结构、构造、计算热流值分布和圈定地热异常区范围,初步探讨地热成因、评估热储前景,为地热详查工作的进一步开展指明方向。研究目标:①为本区地热详查工作开展圈定靶区;②系统总结盆地型低温水热对流系统,开展地热调查研究的工作方法;③探

讨系统地热流体的贮存条件、形成机制和传输途径。研究区范围:为密切结合普查项目的开展,研究区范围与普查范围一致,其地理坐标为:东经 $108^{\circ}06' \sim 108^{\circ}15'$;北纬 $22^{\circ}45'07'' \sim 22^{\circ}53'13''$ 及东经 $108^{\circ}15' \sim 109^{\circ}29'$;北纬 $22^{\circ}45'07'' \sim 22^{\circ}58'$,面积约 812km^2 。地理位置为广西南宁市城区及近郊。其重点研究区为三塘地区(经调查及资料分析,原设计中的重点区之一石埠一带,由于该地带热储层盖较薄或储层表露,储热条件差,因此研究工作侧重于三塘地区)。

经过两年多的野外调查、测试和信息资料处理、分析,于1999年1月提交了《南宁三塘地区地热前景与成因研究》成果报告。1999年9月20日由国土资源部国际合作与科技司组织成立评审鉴定专家组,由该领域的国内知名专家陈梦熊院士、哈承佑研究员、姚足金研究员、黄尚瑶研究员、钱少鄂教授等对该成果进行评审鉴定,认为:“本项研究基础数据丰富而扎实,技术路线先进、合理,特别是重视已有资料汇集、分析、整理,在没有任何地热露头条件下,应用多学科、多种方法开展综合研究,并辅以必要调查、勘察、试验、分析,基本上查明了南宁三塘地区地热田储层、盖层、热源、水源的补给条件,并指明进一步详查靶区是有科学依据的,不仅对三塘地区地热开发有很大实验价值,而且对华南许多类似盆地的地热开发,都有着积极的指导意义。限于研究阶段热田计算参数选取带有一定程序的推断性,热田温标选取等均需在生产实践中进行验证。本报告具有较高的理论水平,而且具有较高的实用价值,并有颇多创新之处,经评审认为本报告在地热田研究方面达到了国内领先水平。”据此成果,2000年广西地质矿产勘查开发局第四地质队,在南宁三塘镇布置第一口地热资源探采井。2001年完成钻井深度 $1\ 219\text{m}$,成功地揭露热水储层,主力热水储层埋深在 $560 \sim 960\text{m}$,经三次降深连续5天的抽水试验,单井涌水量为 $744\ \text{m}^3/\text{d}$,平均水温 52°C ,温度变幅小于 2°C ,氟含量达 3.30mg/L ,水质属重碳酸钠型氟水,适用于医疗、洗浴、温室等产业对地热资源的需求。三塘地热的首次勘探成功,为广西壮族自治区政府实施旅游大省(区)建设战略和广西首府城市旅游开发建设,提供了新的资源保障。

本书是在该研究成果的基础上编撰而成的。全书共分八章,第一、二、六章主要介绍了南宁盆地区域地质环境、地热田地质与构造和地热系统的地质模型;第三章论述了三塘热田热水对流条件;第四、五章论述了三塘地热田地热系统温度场、地热异常成因和水文地球化学与水质评价;第七章介绍了热田地热资源评价方法、计算参数厘定及地热资源计算结果;第八章总结了三塘地热田地热资源开发勘探前景。

目 录

第一章 区域地质环境概况	(1)
第一节 环境概况	(1)
一、地理、地貌	(1)
二、气象、水文	(3)
三、社会经济	(4)
第二节 区域地质、构造	(5)
一、地层、岩性	(5)
二、区域构造	(8)
第二章 地热田地质与构造	(11)
第一节 热田区地层与岩性	(11)
一、地层层序及岩性	(11)
二、地层热性能的空间分布	(15)
第二节 热田区构造格局	(17)
一、基本构造格局	(17)
二、深部构造	(23)
三、新构造运动及特征	(26)
第三节 地壳结构及地热背景	(29)
一、地壳结构特征	(29)
二、大地热流估算	(30)
第三章 热田热水对流条件	(33)
第一节 热田介质结构特征与储盖层划分	(33)
一、介质结构类型	(33)
二、储、盖层划分	(34)
第二节 地热流体的形成与运移储集	(36)
一、地下热水的补给	(36)
二、地下热水运动方式与途径	(37)
三、地下热水储集条件	(38)
四、地下热水特征	(39)
第四章 地热田温度场和地热异常成因分析	(41)
第一节 热田地温场	(41)
一、地温曲线形态特征	(41)
二、地温场区域分布	(41)
第二节 地热异常成因分析	(46)

一、热源分析	(46)
二、热流传递与对流条件分析	(49)
第五章 地热系统水文地球化学特征与水质评价	(53)
第一节 水化学特征	(53)
第二节 水同位素特征	(56)
第三节 地球化学温标及热储温度估算	(58)
第四节 地下热水质量评价	(60)
一、生活饮用水	(62)
二、洗浴、医疗用水	(62)
三、饮用天然矿泉水	(63)
四、工业锅炉用水	(63)
第六章 地热系统的地质模型	(65)
第一节 系统的储盖结构	(65)
第二节 系统的水热对流传递	(68)
第三节 系统模型概化	(69)
第七章 热田地热资源评价	(73)
第一节 地热资源评价方法	(73)
一、地热资源评价基本原则与范围	(73)
二、计算方法	(74)
第二节 地热资源评价计算参数的厘定	(76)
一、热储面积(A)	(77)
二、热储厚度(H)	(77)
三、热储温度(t_r)	(78)
四、热储岩石热物性参数	(79)
五、热储流体热力学和动力学参数	(80)
第三节 地热资源计算结果	(82)
一、地热资源量	(82)
二、地下热水开采资源量	(86)
第八章 地热资源开发勘探前景	(91)
第一节 有利勘探区及其特征	(91)
第二节 详勘工作前景与意义	(93)
结论与建议	(95)
英文摘要	(99)
参考文献	(103)
参考资料	(105)
附 录	(106)
后 记	(130)

第一章 区域地质环境概况

第一节 环境概况

一、地理、地貌

南宁三塘地区位于南宁盆地中部,隶属于南宁市管辖。研究区范围(图 1-1):东经 $108^{\circ}06' \sim 108^{\circ}29'$,北纬 $22^{\circ}45'07'' \sim 22^{\circ}58'$,处于北回归线以南。

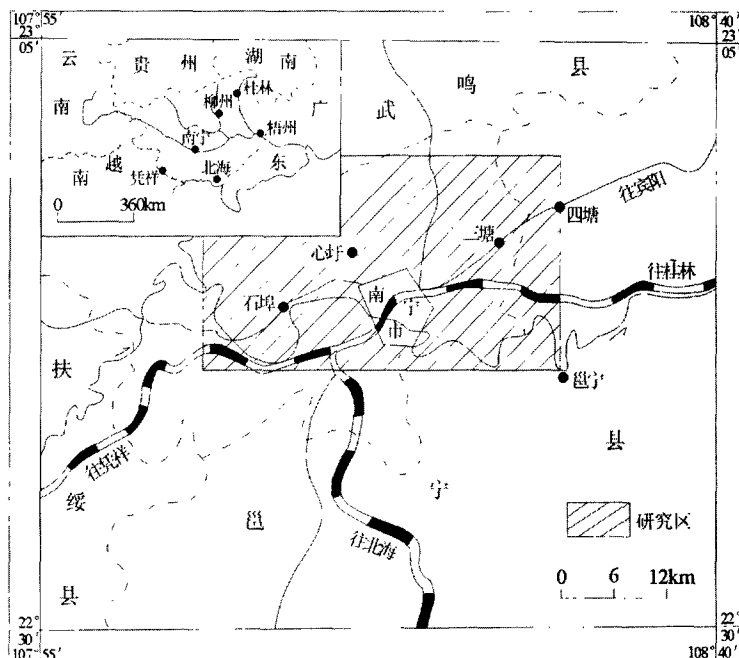


图 1-1 研究区位置图

Fig. 1-1 Location map of studied area

工作区总面积约 812 km^2 ,位于邕宁县四塘镇以西,南宁盆地中西段。该盆地为一总体近东西向展布的纺锤状,全长约 62 km,最宽约 20 km,平均 12km。

盆地北西侧为低山丘陵区,海拔 200 ~ 400m;南东侧为丘陵区,海拔 160 ~ 250m;中部为山间盆地;其东部三塘一带为丘陵地貌,海拔 100 ~ 150m;南宁市区及石埠一带为河谷阶地,地势较平坦,一般海拔高 75 ~ 100m。据地貌成因及其形态特点,本区存在下列四种主要地貌类型:

- I. 侵蚀堆积河谷阶地;
 - II. 剥蚀丘陵;
 - III. 溶蚀残丘坡地;
 - IV. 侵蚀低山丘陵。
- 其分布详见图 1-2。

表 1-1 南宁市气象特征表

Tab. 1-1 Characteristics of Nanning meteorology

项目	单位	数值	统计年限
多年平均气温	℃	21.6	32
多年最高气温	℃	40.4	36
多年最低气温	℃	-2.1	36
多年平均降雨量	mm	1 320.5	52
多年最大降雨量	mm	1 970.6	52
多年最小降雨量	mm	952.0	52
多年平均地面温度	℃	23.8	32
多年平均蒸发量	mm	1 218.5	25

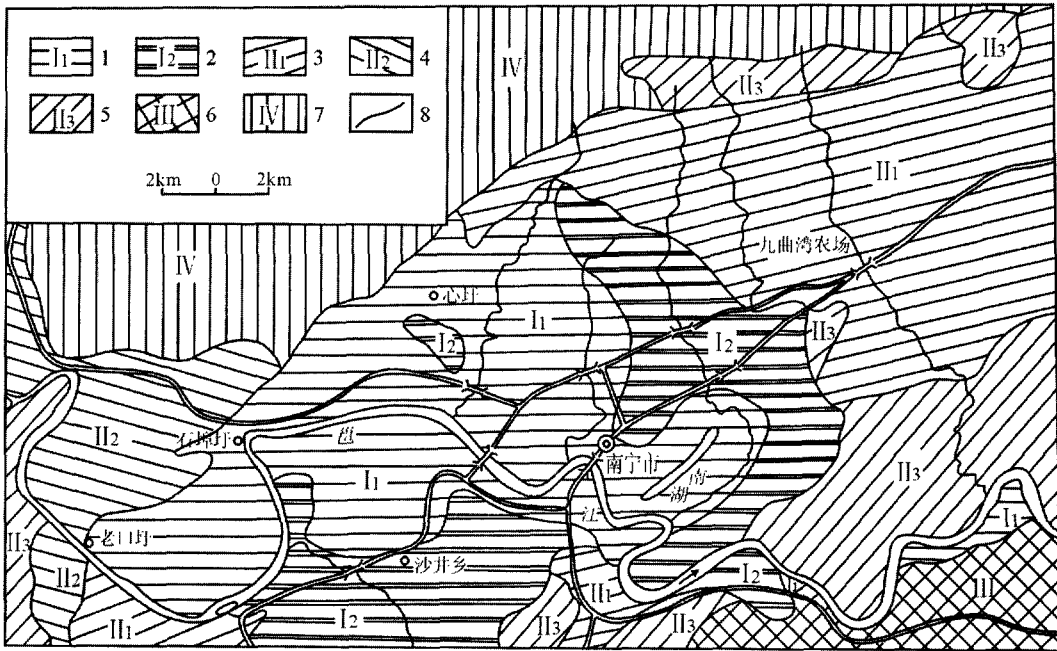


图 1-2 地貌分区图

Fig. 1-2 Division of landform

- 1. 低阶地区; 2. 高阶地区; 3. 垄状低丘陵亚区; 4. 园状低丘陵亚区;
- 5. 垄状高丘陵亚区; 6. 溶蚀残丘坡地; 7. 低山丘陵区; 8. 地貌分区界线

二、气象、水文

研究区属南亚热带季风气候。阳光充足,气候温和,雨量充沛,夏长冬短,热雨同季。气象特征为(表1-1)多年平均气温21.6℃。1月最冷,月平均气温12.8℃。极端最低气温-2.1℃。7月最热,月平均气温28.2℃,极端最高气温40.4℃。春季冷热气候交替频繁,多连绵细雨。夏季炎热多雨,6~9月平均气温在26℃以上,降雨量占年总降雨量的60%左右。秋季凉爽,冬季微寒无雪,秋冬季节平均气温一般为16℃~17℃,气候温和干燥。

本区雨季为5~8月,降雨量占全年的65%左右;旱季为11月至翌年3月,月降雨量一般小于50mm。多年平均年降雨量1320.5mm,极端最大年降雨量1970.6mm,最小年降雨量952.0mm。多年平均年蒸发量1218.50mm。多年平均风速1.9m/s,主导风向夏季为南东,冬季为北西。主干河流邕江是本区地表水和地下水的最终排泄基准面,属珠江水系。其干流两侧,发育不对称的羽状支流,北侧支流多而长,南侧相对较少(图1-3)。在研究区内的主要支流有四塘河、三塘河、心圩江、可利江等,主要发源于盆地北缘低山丘陵区。邕江及主要支流的水文特征见表1-2。

表1-2 邕江及主要支流水文特征表

Tab. 1-2 Hydrologic feature of Yongjiang River and it's main branches

名称	多年平均流量 (m ³ /s)	多年最大流量 (m ³ /s)	多年最枯流量 (m ³ /s)	多年平均水位 (m)
邕江	1300	15200	95.6	63.3
支流名称	汇水面积(km ²)	洪峰流量(m ³ /s)	枯水期流量(m ³ /s)	污水流量(m ³ /s)
四塘河	58.65		0.212	
三塘河	86.50		0.037	
竹排冲	80.50	410	1.152	1.009
朝阳沟	30.00	135	0.931	0.928
二坑	11.00	97.5	1.759	1.759
心圩江	132.00	635	0.50	0.436
可利江	66.00	269	0.035	
西明江	17.40	430	0.028	1.61
亭子冲	10.00	82.9	1.728	
良凤江	334.90		1.822	0.999
石灵河	31.00	232		

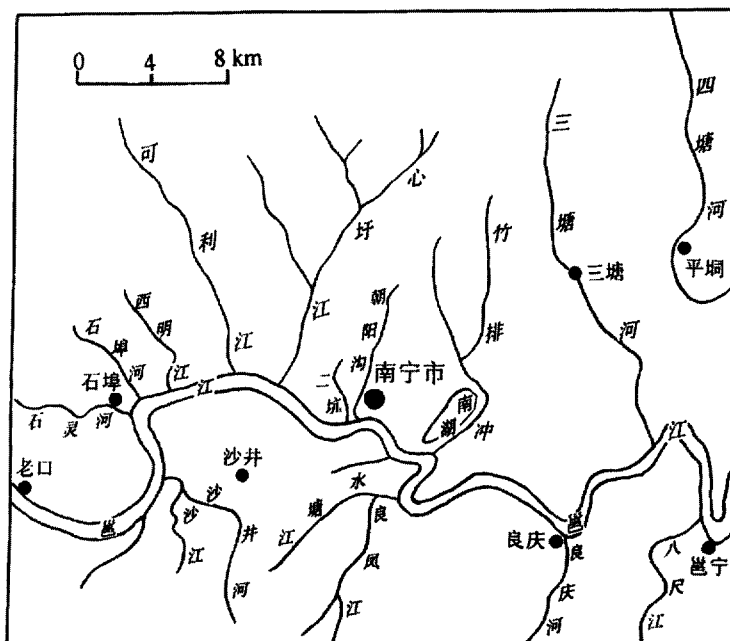


图 1-3 研究区及邻区地表水系图

Fig. 1-3 Surface water system in studied area and its adjacent areas

三、社会经济

本研究区所属的南宁市,是广西壮族自治区的首府,为广西的政治、金融、文化中心。市区面积 1938km^2 ,人口 110 多万。具有以食品、纺织、运输与农用机械、电子电器、建材和冶金为主的工业体系。市郊共有耕地 $3.64 \times 10^4\text{ha}$,林地 $7.57 \times 10^4\text{ha}$,农业生产以粮食、甘蔗、蔬菜及养殖为主。1993 年底全市国内生产总值 94.9 亿元,工农业总产值 127.58 亿元,其中工业总产值 100.5 亿元,其经济发展水平在全国 35 个大城市中处于较落后地位。

随着改革开放和社会主义市场经济的建设与发展以及基础设施的建设与完善,南宁市作为广西首府城市,并且背靠川、滇、黔,近临北部湾,毗邻粤、琼、港、澳,有 500 多千米的边境和一系列开放口岸,逐步成为大西南及湘、鄂西部出海大通道的交通枢纽和中越边贸的网络中心。

南宁市位于北回归线以南,具有独特的南亚热带气候,树木常青,山水秀丽,境内及周围地域风景旅游资源十分丰富。有关部门据南宁市总体规划,充

分利用市区风景旅游资源,把旅游路线扩大到周边区域风景名胜,形成国家级风景名胜区、自治区级和市级风景区的整体风景游览体系,并注意搞好旅游设施建设,发展会议、观光、娱乐、度假等多种旅游服务,以此作为促进南宁市第三产业发展的主要步骤。

由上述可见,研究南宁盆地中低温地热资源的勘探开发前景,适应该区经济发展要求,可为政府部门提供决策依据。

第二节 区域地质、构造

一、地层、岩性

研究区分布的地层主要是寒武系、泥盆系、石炭系下统和第三、第四系,奥陶系、志留系缺失,石炭系上统未见出露。地层分布特征与南宁盆地形成于晚近期有关,古生界主要分布于盆地外围及盆地基底,新生界则分布于盆地内(图1-4)。

在南宁盆地北侧,大面积出露寒武系小内冲组(ϵ_x)和黄洞口组(ϵ_h)细砂、粉砂、泥质粉砂岩、泥岩等碎屑岩。小内冲组出露面积较小,约 30km^2 ,组成高峰—古蒙背斜及狮子岭背斜核部。黄洞口组为背斜两翼,出露面积较大,约 190km^2 ,与盆地内新生代地层成高角度不整合接触。

在盆地南侧,亦为一背斜,轴部局部出露寒武系黄洞口组;泥盆系和石炭系自盆地边缘向外分布。

盆地内,分布第三系和第四系,由于沉积盆地的环境变化及第三系发育不全,仅出露有下第三系的古新统、始新统和渐新统,主要由一套红色碎屑岩系和一套含煤岩系组成,根据岩性特征分为六个岩组。在盆地南侧各岩组出露较全,自盆地边缘向中心,依次呈条带状出露有瓦窑村组($E_{1-2}w$)、凤凰山组($E_{2-3}f$)、古亭组($E_{2-3}g$)、南湖组($E_{2-3}n$)、里彩组(E_3l),中部大面积出露北湖组(E_3b);在盆地北侧因西乡塘断层影响,仅局部见凤凰山组、古亭组与北湖组不整合接触;里彩组仅见于四塘那笔一带;盆地东部下第三系裸露分布,中、西部多被第四系覆盖。

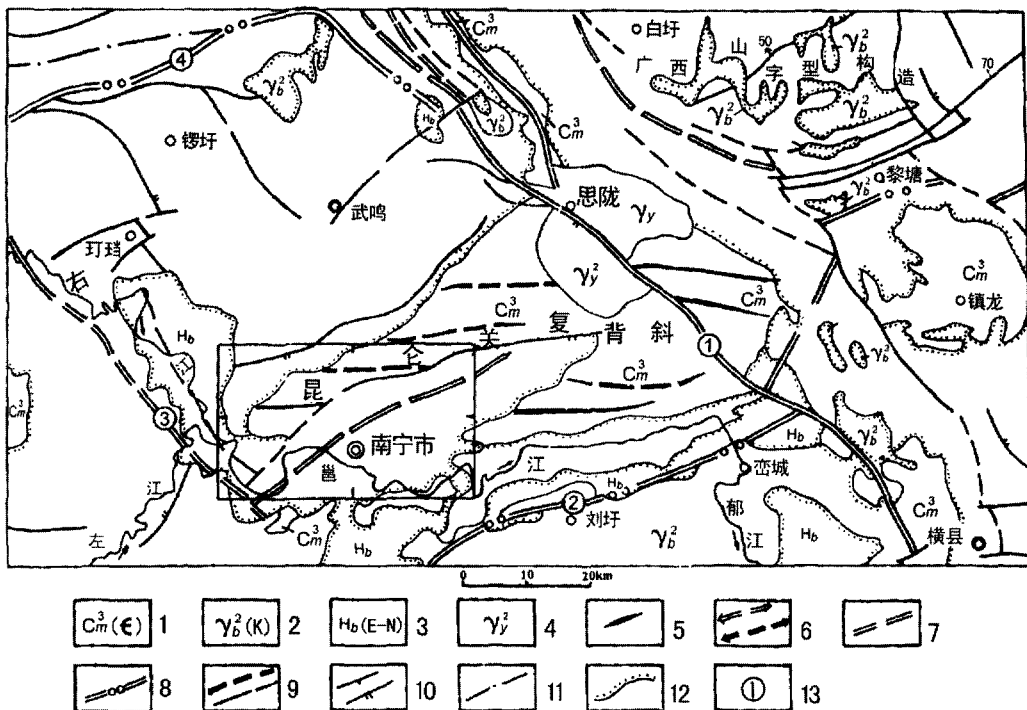


图 1-4 南宁盆地区域地质构造略图

Fig. 1-4 Regional structural geologic map of Nanning basin

1. 古生代沉积岩；2. 燕山晚期中一酸性火山岩及红色类磨拉石建造；3. 新生代沉积建造；
4. 燕山晚期侵入岩；5. 背斜；6. 主次向斜；7. 推测深断裂；8. 隐伏深断裂；9. 实、推测大断裂和一般断裂；10. 正、逆断层；11. 卫片解译断层；12. 地层不整合界线；13. 主断裂编号

第四系主要在盆地的南湖至望坡以西呈较大面积连续分布,出露面积约 364km^2 。盆地中、西部主要为冲积层;邕江及支流两岸为冲、洪积层;东南部为残坡积层。第四系覆盖层厚度区域变化较大,局部厚达 63.5m ,一般 $14 \sim 30\text{m}$,与下伏第三系或基岩呈不整合接触。

本区各地层岩组的岩性特征详见表 1-3。

表 1-3 南宁盆地三塘地热区及周边地层简表

Tab. 1-3 Simplified strata table of geothermal area and periphery in Nanning basin

地层单位				符号	厚度 (m)	主要岩性			
界	系	统	阶						
新生界	第四系	全新统	桂平组	Q ₄ q	20 ~ 30	灰白、灰黄色砾石、卵石夹黏土、砂岩透镜体。各层段上部均为黏土，下部为砂砾石层，组成了邕江河谷六级阶段			
		更新统	望高组	上段	Q ₃ w ²		20 ~ 30		
				下段	Q ₃ w ¹		15 ~ 20		
			白沙组	上段	Q ₂ b ²		12 ~ 17		
				下段	Q ₂ b ¹		4 ~ 10		
		浔江组	Q ₁ x	1 ~ 2					
	下第三系	上渐新统	北湖组	E ₃ b	> 650	灰、深灰、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、泥质砂岩、砂岩及少量钙质泥岩和菱铁矿夹煤层			
			里彩组	E ₃ l	> 165	灰白色砂岩、石英砂岩夹泥岩和泥质粉砂岩、粉砂质泥岩			
		下渐新-上渐新统	南湖组	E ₂₋₃ n	130 ~ 350	砂质泥岩、泥岩夹煤层、泥质砂岩，西部多钙质泥岩或泥灰岩			
			古亭组	E ₂₋₃ g	0 ~ 221	砂岩、石英砂岩、粉砂岩、泥质砂岩			
			凤凰山组	E ₂₋₃ f	0 ~ 277	砂岩、细砂岩、石英砂岩、泥质砂岩，底部含砾粗粒砂岩或底砾岩			
		下始新-古新统	瓦窑村组	上段	E ₁₋₂ w ²	> 485	顶部紫红色细砂岩、粉砂岩，中、下部紫红色钙质砂岩、粉砂岩、泥岩、灰岩或泥灰岩，底部钙质粉砂岩、含砾砂岩		
下段				E ₁₋₂ w ¹	0 ~ 40	紫红色厚层—巨厚层状砾岩			
古生界	石炭系	下统	大塘阶 灰岩组	上段	C ₁ h ²	207 ~ 877	生物碎屑灰岩、砾屑灰岩、团粒团块灰岩、粉晶灰岩夹白云质灰岩		
				下段	C ₁ h ¹	178 ~ 404	生物碎屑灰岩、硅质灰岩、泥晶灰岩夹少量硅质岩、燧石条带		
			硅质岩组	C ₁ g	77	硅质岩、石英硅质岩夹少量生物碎屑硅质灰岩			
	泥盆系	上统	五指山组	D ₃ w	80 ~ 116	泥质条带灰岩、扁豆灰岩、角砾灰岩、砾屑灰岩、泥质条带白云质灰岩			
			榴江组	D ₃ l	93	硅质岩、石英硅质岩、含泥硅质岩、含生物碎屑硅质岩			
		中统	五象岭组	D ₂ w	18 ~ 25	黑色泥岩、竹叶石泥岩			
			新坡组	D ₁₋₂ x	> 219	硅质岩、石英硅质岩、竹节石硅质岩，底部夹凝灰岩及白云岩			
			下统	郁江组	上段	D ₁ y	D ₁ y ²	> 114	石英砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩夹页岩
		下段			D ₁ y ¹		> 42	石英砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥质砂岩、粉砂质泥岩、泥岩	
			那高岭组	D ₁ n	216	泥岩、砂质泥岩夹粉砂岩、泥质灰岩			
	莲花山组	上段	D ₁ l	D ₁ l ²	185	粉砂质泥岩、泥岩夹泥质砂岩、粉砂岩			
		下段		D ₁ l ¹	197	石英砂岩、砂岩、泥质砂岩夹泥岩、粉砂岩			
	寒武系		黄洞口组	∈ h	> 1828	灰岩、细砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、异粒砂岩夹石英砂岩、泥岩、粉砂质泥岩，底部含细—粗砂岩			
		小内冲组	∈ z	> 499	细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩				

二、区域构造

研究区位于华南准地台的西南端,右江再生地槽的大明山隆起边缘地带,亦是区域上东西向构造带、北东向构造带和西北向构造带的干扰复合部位,地质构造较为复杂(图 1-5)。

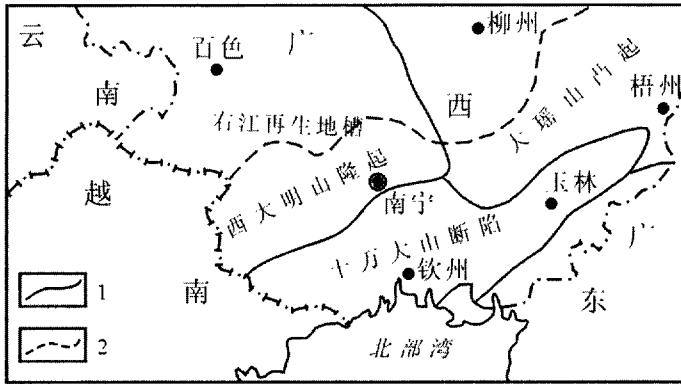


图 1-5 研究区区域构造分区示意图

Fig. 1-5 Sketch map of structural division

1. 二级构造分区界线;2. 三级构造分区界线

1. 构造单元特征

在地质历史时期,本区主要经历了四次强烈的地壳构造活动:

加里东期。本区是华南加里东地槽与扬子准地台的过渡区,加里东运动后期转化为准地台。

华力西—印支期。因深部地幔上隆,导致地壳微型扩张,产生一系列北西向、部分北东向张性破裂带,造成海底地貌较大规模形变,形成若干断槽凹地或盆地与浅水碳酸盐岩台地交织、分割的构造格局,使准地台逐步解体,向地槽演化,于三叠纪发育成再生地槽。在此期间右江再生地槽内小地块间的差异性抬升或下降,包括本研究区的西大明山一带隆起,形成复式背斜,其核部出露寒武系近东西向褶皱带。

燕山期。在上述凹台分隔的构造背景下,形成不均一的块断运动,一部分进一步发生隆起,遭受剥蚀;在十万大山、右江一带及武鸣、南宁等地则沉降形

成断凹盆地雏形,并接受沉积。

喜山期。本区地壳由多次升降变为总体抬升,早第三纪是断陷盆地发育的主要时期。古新世气候炎热干燥,南宁盆地下降,沉积形成红色类磨拉石建造,不整合于基底的不同时代地层之上。早始新世,喜马拉雅运动第一幕,地壳一度上升导致晚始新世与古新世之间的沉积间断,尔后又复下沉。始新世晚期,盆地处于稳定沉降阶段,在湿热气候条件下,植被繁茂,盆地形成上千米杂色复陆屑和含煤建造。早第三纪末,区内地壳普遍抬升,湖盆干涸,结束沉积,并导致盆地周边的北西、北东向和部分东西向的区域性断裂发生继承性活动及产生次级小断裂。第三纪末本区地壳转为总体稳定抬升。第四纪基本保持第三纪的构造格局,第四纪沉积物主要为地表河系的冲洪积及部分残坡积层。

2. 断层及岩浆岩

在历次构造运动中先后形成不同规模、性质的断裂,其主要形成于加里东期、印支期、燕山期及喜山期,部分为继承性多期活动断层。受构造应力控制,本区断裂带的发育主要有东西向、北西向及北东向三组。在大区域上,对本区影响较大的深大断裂主要有三条(图1-6):北西向的右江大断裂、南丹—昆仑关深断裂和北东向的凭祥—大黎深断裂。

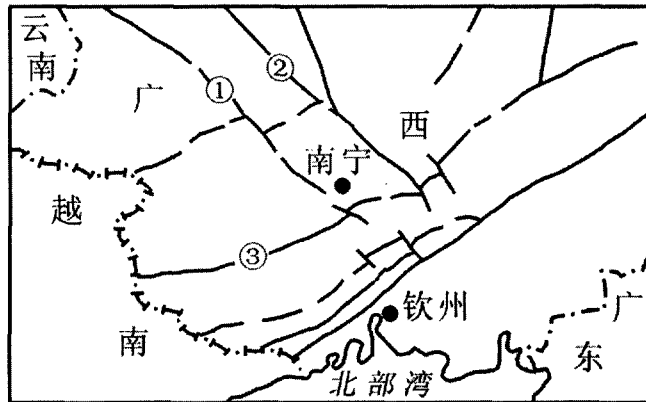


图 1-6 区域深大断裂构造略图

Fig. 1-6 Sketch map of regional deep-large faulted structure

①右江大断裂带:走向 $310^{\circ} \sim 285^{\circ}$,在百色至南宁段平行发育 3~5 条断裂,组成 5~10km 宽的断裂带。主要倾向北东,倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$,以逆冲断层为