

■ 山东省地热温泉系列丛书

聊城地热温泉

李振函 刘国爱 李怀强 任鹏飞 编著



地质出版社

山东省地热温泉系列丛书

聊城地热温泉

李振函 刘国爱 李怀强 任鹏飞 编著



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书运用地热地质学理论,详细地分析了山东省聊城市地质构造、水文地质及地热地质条件,系统地阐述了聊城市地温场特征、地热资源形成、地下热水来源及热储的空间展布特征等,将聊城市热储类型划分为孔隙热储和裂隙热储。并将地热地质条件概化成热储概念模型,运用热储法计算了聊城市地热资源总量和可开采量,评价了聊城市地热温泉可利用价值,详细解读了东昌府区地热温泉开采区、临清市地热温泉开采区等六大地热温泉开采区的状况,展望了聊城市地热温泉开发利用前景,构思了“中国温泉之城”的发展建设框架,最后提出了聊城市地热水开发利用与保护措施和建议。

本书可供从事地热管理、勘查及开发利用者阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

聊城地热温泉 / 李振函等编著. —北京 :
地质出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-116-09994-4

I. ①聊… II. ①李… III. ①地热能—温泉—研究—
聊城 IV. ①TK521

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 230613 号

Liaocheng Dire Wenquan

责任编辑: 刘亚军 邱殿明

责任校对: 王 瑛

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 66554528 (邮购部); (010) 66554622 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554622

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm $1/16$

印 张: 6.5

字 数: 160 千字

版 次: 2016 年 11 月北京第 1 版

印 次: 2016 年 11 月北京第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-09994-4

(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)

《聊城地热温泉》编辑委员会

主 任：赵志远

副主任：徐军祥 靳凤莲

委 员：（按姓氏笔画排序）

李振函 刘国爱 刘广城 孙宝霞 宋明春 杨世强

房 莹 姜春永 徐 阳 康凤新 梁利美 滕德宾

总策划：李振函

主 编：李振函 刘国爱 李怀强 任鹏飞

审 定：徐军祥 姜春永 康凤新

编 者：李振函 刘国爱 李怀强 任鹏飞 张 玲 吉龙江

李肖兰 邱 璟 赵新华 郭新亮 韩连山 封进勃

邢继飞 付函冰 李乐平 周 鹏 王 丽 尹海玲

序 一

美丽的山东省聊城市位于古济水西岸，是水与城的交融地，老城区坐落在浩大的东昌湖之中，京杭大运河穿城而过，呈现“城中有湖，湖中有城，城湖一体”的独特景观。依运河而生并代表运河兴盛时期的山陕会馆、海源阁及明代的光岳楼、宋代铁塔等都展现出大运河人文风采，成为如今聊城发展旅游业的诸多亮点。

早在原始社会就有先民在聊城繁衍生息，从事农业生产。考古人员已在区内发现了100座距今约六七千年的龙山文化遗址。春秋时期，聊城为齐国西部重要城邑；战国时期，聊城为诸侯争战之地；秦汉时期，就利用水井解决饮水和灌溉问题；隋朝时期，隋炀帝开凿京杭大运河；唐代造就了许多名人；明朝留下了“万货辐辏，江北一都会”、“漕挽之咽喉，天都之肘腋”等名句；元至明永乐年间，数次兴工开复会通河，纵贯中国南北的大运河促进了聊城的繁荣发展，临清和聊城成为沿运河九大商埠之一。

聊城因大运河而展现出独特的人文风采魅力无比，城容美丽如画，令人回味无穷。

然而，这座沉淀了数千年人类文化的平原大地，除了有独特的风光之外，地下还蕴藏着丰富的液体矿产资源——地热资源。因其资源丰富、管理规范、开发效果较好，2012年11月22日被国土资源部命名为“中国温泉之城”，聊城成为全国22个温泉城之一。

《聊城地热温泉》一书，按地热流体赋存介质的不同，将聊城市热储类型划分为孔隙热储和裂隙热储两种。以聊考断裂、齐广断裂为界限，以西称为聊城西地热田，其中包括临清-冠县地热田、天沐温泉地热田、聊城-莘县地热田、高唐地热田等4个地热田，面积5637km²，以新近系馆陶组和古近系东营组砂砾岩孔隙-裂隙型为主，热储层深度为1000~2000m，井口水温为45~70℃，单井涌水量为40~60m³/h，矿化度6500~11000mg/L，水化学类型属Cl·SO₄-Na型；界限以东称为聊城东地热田，面积3078km²，以奥陶纪-寒武纪碳酸盐岩裂隙岩溶型为主，井口水温62.0℃左右，单井涌水量为60~100m³/h，矿化度为5200mg/L左右，水化学类型属Cl·SO₄-Na·Ca型。聊城市地热资源总量为1.9×10²²kJ，热能总储量相当于6.5×10¹⁵t标准煤。按照合理开采100a计算，聊城市地热资源可采水量为2.71×10¹³m³，可采热量为4.77×10²¹J。聊城市共有85眼地热井，超过60℃的地热井24眼，40~60℃的地热井61眼。其中67眼为开采井，18眼已经停用。地热井主要用于供暖、温泉洗浴、温泉旅游等，以冠县·天沐温泉度假村（马颊河林场地热井）、阿尔卡迪亚国际温泉酒店等为代表的温泉洗浴、理疗、旅游，取得了良好的社会、经济和环境效益。截至2013年底，在山东省国土资源厅备案的地热资源可开采量达14772.98 m³/d。地热资源的利用每年直接减少燃煤使用量5.02×

10⁴t, 减少一氧化碳和二氧化碳排放量 12.1×10⁴t, 减少二氧化硫排放量 1549.10t, 粉尘 258.23t, 使聊城的生态环境质量有了很大的提高。

美丽的聊城市拥有宝贵的地热资源, 作为新能源和清洁能源, 是上帝赐予聊城的恩惠。相信通过对地热资源的合理规划勘查开发, 循环利用, 必将为聊城市的经济可持续发展起到巨大的推动作用, 大大提高聊城人民的生活质量水平。未来的古城聊城, 必将因地热资源的应用而焕发出勃勃生机!

国务院资深参事 中国工程勘察大师
国土资源部温泉之乡(城、都)评委会副主任



2015 年 11 月 10 日

序 二

我们生活着的这座美丽城市——聊城市，古因有聊河而得名。自唐虞三代兴建至今已有 4000 多年的历史，经过了数千年人间沧桑变幻、无数次大自然水陆变迁，她越显英姿焕发，巍然屹立在鲁西这片辽阔肥沃的土地上。

这是上帝赐给聊城人民的一块宝地。在生活着 635 多万人民的 8715km^2 的聊城大地上，奔腾着黄河、金堤河、徒骇河、马颊河和大运河及美丽的东昌湖。拥有丰富地表水资源的同时，聊城地下还蕴藏有丰富的地热、煤炭、石油、天然气、石膏、石灰石、饮用矿泉水等矿产资源以及地下水资源。

勤劳勇敢的聊城人民创造了这座城市。如今这里交通发达，京九铁路、邯济铁路、济馆高速公路在此交汇，成为中国重要的交通枢纽、能源基地、内陆口岸和辐射冀鲁豫交界地区的中心城市，中原经济区东部核心城市，济南都市圈副城市，山东西部经济隆起带中心城市，被称为“中国北方的威尼斯”，是一座魅力四射的城市。

这是座名副其实的国家历史文化名城和中国优秀旅游城市。这里的名胜古迹和旅游胜地——光岳楼、山陕会馆、摩天轮、曹植墓、孙大石美术馆、萧城遗址、武训祠、马颊河度假村、景阳冈、狮子楼、万亩梨园、马本斋烈士陵园、鲁西北烈士陵园、中国运河文化博物馆、海源阁、孔繁森纪念馆等等，是历史留下的符号，是前人留给后人的宝贵财富。

这是座名副其实的“江北水城”、“运河古都”。城中 6.3km^2 的东昌湖拥着滔滔黄河水，水域辽阔，波光粼粼，宛如一条美丽的玉带环绕 1 平方公里的聊城古城，景色美不胜收。

这还是座名副其实的国家园林城市，国家卫生城市，双拥模范城，国家环保模范城。处处可见时尚和文明的标志。

这更是座名副其实的“中国温泉之城”。这里蕴藏着丰富的地热资源，地热田面积 5637km^2 ，水温 $45\sim 70^\circ\text{C}$ ，非常适合供热、洗浴、养殖、种植等，可直接利用。近年来，聊城市对地热资源进行了开发利用，一些区域已建成了大中型的地热供暖小区，供暖面积达 $216.7\times 10^4\text{m}^2$ ，利用地热流体总量每天约为 74528m^3 。通过招商引资，先后建成了天沐江北水城温泉度假村（冠县·天沐温泉度假村）、阿尔卡迪亚国际温泉大酒店、盛世天湖生态科技园等多处以地热温泉为主题的大型休闲娱乐度假中心，每年接待沐浴疗养的人数已近 115.5×10^4 人次，依托地热资源旅游增加值每年可创收 6 亿元。2012 年 11 月，聊城市被命名为“中国温泉之城”，2014 年 10 月，聊城被正式授牌“中国温泉之城”，为聊城增添了一个靓丽名片，开启了一个新起点。聊城市规划到 2020 年实施“一核五带”地热温泉项目 40 个，包括“一核”聊城盛世天湖生态科技园温泉旅游、九州国际高科园等 6 个项目，“五带”马颊河温泉产业带、徒骇河温泉产业带、黄河（故道）温泉产业带、

运河温泉产业带、古漯河温泉产业带等 34 个项目等，将会大大促进聊城市经济发展和社会进步。

《聊城地热温泉》一书的出版发行，将助推聊城市地热温泉资源的合理开发利用，也会对聊城市起到很好的宣传作用。我们相信地热温泉资源会给聊城市这座古城赋予新的魅力和气象。

作 者

2015 年 11 月

前 言

拥有“江北水城”之称的美丽城市——聊城市于 2012 年 11 月 22 日被国土资源部命名为“中国温泉之城”，聊城成为全国 22 个温泉城之一。2014 年 10 月 19 日举行了聊城“中国温泉之城”授牌仪式，标志着聊城市地热资源的勘察、开发、利用及管理工作迈上了新台阶。

《聊城地热温泉》是山东地矿新能源有限公司与聊城市国土资源局有关人员历经半年时间，在充分搜集已有资料，进行现场调查、实地观赏及体验温泉水等基础上，为其进一步开发利用聊城地热温泉而编写的。该书系统地阐述了聊城市地热地质条件、地温场特征、地热资源形成、地下热水来源及热储的空间展布特征等，按地热流体赋存介质的不同，该书将聊城市热储类型划分为孔隙热储和裂隙热储 2 种。详细解读了聊城东昌府区地热温泉开采区、临清市地热温泉开采区等六大地热温泉开采区的状况，计算了聊城市地热资源量，评价了聊城市地热温泉可利用的价值，论述了聊城市地热水开发利用与保护现状，展望了聊城市地热温泉开发利用前景，构思了“中国温泉之城”发展建设框架，最后提出了聊城市地热水开发利用与保护措施和建议。

该书阐述：聊城市在地质构造上属华北板块，分为临清拗陷和鲁中隆起 2 个三级构造单元。穿过城区东部的聊城-兰考大断裂将聊城地区切割成东西两大部分，断裂以西属华北拗陷，断裂以东为鲁西隆起。聊考断裂是一个新构造活动带（1502—1948 年间仅 5 级以上地震就发生过 5 次），其走向为北北东，倾向西，倾角一般为 60° ，其东侧奥陶纪灰岩埋深 1500m，西侧奥陶纪灰岩埋深一般 3500~4500m，最深达 8000m。

按地热流体赋存介质的不同，该书将聊城地区热储类型划分为孔隙热储和裂隙热储 2 种。砂层、砂砾石层、胶结较差的砂岩、砾岩属孔隙热储；页岩、碳酸盐岩及花岗岩等属裂隙热储，其碳酸盐岩热储又称为裂隙岩溶热储。

以聊考断裂、齐广断裂为界限分为 2 种地热类型：界限以西称为聊城西地热田，其中包括临清-冠县地热田、天沐温泉地热田、聊城-莘县地热田、高唐地热田等 4 个地热田，面积 5637km^2 ，以新近纪馆陶组 and 古近纪东营组砂砾岩孔隙-裂隙型为主，分布范围广，热储层稳定，热储层深度为 1000~2000m，热储层累积厚度 245~480m，井口水温 $45\sim 70^\circ\text{C}$ ，20m 降深时地热流体单井涌水量为 $40\sim 60\text{m}^3/\text{h}$ ，地热流体矿化度一般为 $6500\sim 11000\text{mg/L}$ ，属咸水，水化学类型属 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}$ 型；界限以东称为聊城东地热田，面积 3078km^2 ，以奥陶纪-寒武纪碳酸盐岩裂隙岩溶型为主，分布范围广，井口水温 62.0°C 左右，20m 降深时地热流体单井涌水量为 $60\sim 100\text{m}^3/\text{h}$ ，地热流体矿化度一般为 5200mg/L 左右，属咸水，水化学类型属 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型。

聊城市地热资源总量为 $1.9\times 10^{22}\text{kJ}$ ，按 $2.932\times 10^7\text{kJ}$ 热量相当于 1t 标准煤折算，热

能总储量相当于 6.5×10^{15} t 标准煤。按照合理开采 100a 计算,聊城市地热资源可采水量为 2.71×10^{13} m³,可采热量为 4.77×10^{21} J。

聊城市地热资源整体储量丰富,分布稳定,勘查风险小,易于开发利用。近年来,聊城市不断加大地热资源的勘察开发和利用力度,先后完成了地热资源勘察项目 25 个,发现可供开发利用的地热资源分布面积达到 5408m³,占全市总面积的 62%,可查明地热总储量为 2630×10^8 m³,是全省地热资源最为丰富的地区之一。

聊城市共有地热井 85 眼,地热水的温度为 40.5~68.5℃,属于低温地热资源中的热水和温热水。其中超过 60℃的地热井(如图腾温泉花园、畜产公司地热井等)有 24 眼,40~60℃的地热井(如水韵花都、九龙温泉地热井等)有 61 眼。全市 85 眼地热井中 67 眼为开采井,剩余 18 眼地热水已经停用。开采地热水主要用于供暖、温泉洗浴、温泉旅游等。截至 2013 年底,在省国土资源厅备案的地热资源可开采量达每天 14772.98m³。地热资源的利用每年直接减少燃煤使用量 5.02×10^4 t,减少一氧化碳和二氧化碳排放量 12.1×10^4 t,减少二氧化硫排放量 1549.10t,粉尘 258.23t,使聊城的生态环境质量有了很大的提高。

聊城市把地热资源的开发利用作为旅游产业发展的增长点,大力发展温泉旅游、温泉疗养、温泉农业、地热供暖等,地热资源的开发利用水平不断提升。

本书编写过程中得到了山东省地矿局、聊城市国土资源局、山东省物化探勘查院等单位的大力支持,在此表示衷心感谢。本书引用了部分公开出版的书刊、未公开出版的地质勘查及科研报告的有关内容,特向诸位作者致以崇高的敬意。

目 录

序 一	
序 二	
前 言	
第一章 聊城市概况	(1)
一、自然地理	(1)
二、社会经济	(3)
三、地层	(4)
四、地质构造	(6)
五、岩浆岩	(8)
六、含水岩层(组)类型及特征	(9)
七、地热流体的赋存及运动特征	(11)
八、地热水水化学特征	(11)
九、区域地热地质	(11)
第二章 聊城市地热地质条件	(15)
一、西部地热田	(16)
二、东部地热田	(28)
三、地热资源成因分析	(34)
第三章 聊城市地热温泉开采区	(36)
一、东昌府区地热温泉开采区	(36)
二、临清市地热温泉开采区	(41)
三、高唐县地热温泉开采区	(43)
四、冠县地热温泉开采区	(44)
五、莘县地热温泉开采区	(49)
六、阳谷县地热温泉开采区	(49)
第四章 聊城市地热资源量计算	(50)
一、热储概念模型的建立	(50)
二、地热资源计算参数的确定	(51)
三、地热资源量计算	(52)
第五章 聊城市地热温泉可利用价值	(55)
一、地热温泉温度价值	(55)
二、医疗矿泉水评价	(56)

三、饮用矿泉水评价..... (63)

四、农业灌溉用水评价 (63)

五、腐蚀性评价 (64)

六、地热温泉水矿化度评价 (66)

七、地热温泉水结垢评价 (67)

第六章 聊城市地热水开发利用与保护现状 (70)

一、地热资源勘查研究程度 (70)

二、地热资源开发利用情况 (74)

三、保护现状 (77)

第七章 聊城市地热温泉开发利用前景展望 (79)

一、地热温泉开发政策与要求 (79)

二、地热资源优势分析 (79)

三、社会、经济、环境效益分析 (80)

四、地热资源开发规划 (81)

第八章 聊城市地热水开发利用与保护 (83)

一、开发利用过程中存在的主要问题..... (83)

二、地热资源合理开发利用与保护 (83)

第九章 “中国温泉之城” 发展建设构思 (87)

一、“一核” 项目 (87)

二、“五带” 项目 (88)

第十章 结 束 语 (90)

参考文献 (91)

第一章 聊城市概况

一、自然地理

1. 地理位置与交通

聊城市位于山东省西部，临河南省、河北省，位于华东、华中、华北三大区域交界处，地理坐标：北纬 $35^{\circ}47'$ — $37^{\circ}02'$ ，东经 $115^{\circ}16'$ — $116^{\circ}32'$ ，南北直距 138km，东西直距 114km，总面积 8715km^2 （图 1-1）。聊城市是国家历史文化名城，中国优秀旅游城市，中国温泉之城，双拥模范城，国家环保模范城。聊城市辖冠县、莘县、阳谷县、东阿县、茌平县、高唐县、东昌府区、经济技术开发区，代管省辖市临清市，下辖 126 个乡镇、办事处，6516 个村委会。常住人口为 578.99 万人（第六次全国人口普查）。

聊城市是山东省交通发达的城市之一，京九铁路、邯济铁路、济馆高速公路在此交会，是连接东西南北的重要交通枢纽，是中国能源基地、内陆口岸和辐射冀鲁豫交界地区的中心城市，中原经济区东部核心城市，山东省会城市群经济圈副城市，山东省西部经济隆起带中心城市。

2. 地形地貌

聊城市地处鲁西北平原，属华北平原的一部分，地形平坦，地面标高 34~36m，地势南西高北东低，坡降 $1/8000\sim 1/10000$ 。地貌成因类型为黄河下游冲积平原，由黄河多次泛滥改道、冲积形成。由于黄河多次决口，改道泛滥，上游携带物质沉积不均，境内形成了岗、坡、洼相间的平原微地貌类型。其中岗地占 46.8%，坡地占 43.6%，洼地占 9.6%。境内地貌主要分为河滩高地、决口扇形地、缓平坡地、浅平洼地、背河槽状洼地、沙质河槽地等 6 种类型。

河滩高地：由古黄河泛滥主流两侧冲积而成。主要分布在临清市的唐园、潘庄、尚店等 9 个乡镇，冠县的斜店、兰沃等 13 个乡镇，阳谷县的城关、十五里园、七级等 10 个乡镇，面积 $27.4793\times 10^4\text{hm}^2$ ，占全市土地面积的 31.5%。地形部位相对较高，地面径流排泄畅通，地下潜水埋深一般 6~8m，水质较好，矿化度为 0.5~1.0g/L。土壤类型主要是脱潮土和潮土，质地为沙壤土和轻壤土，适宜种植经济作物、耐旱的粮食作物以及林果等，以建设棉、油、林果生产基地。

决口扇形地：由黄河决口骨干支流冲积而成。主要分布在高唐县的赵寨子、三十里铺等 4 个乡镇，茌平县的菜屯、贾寨等 5 个乡镇，冠县的万善、清水、兰沃等乡镇，面积 $3.0973\times 10^4\text{hm}^2$ ，占全市面积的 3.0%。地面起伏不平，土壤质地均为沙质土，保水、保肥能力差，常受风沙危害，有的地块经风力搬运形成了沙丘，土壤肥力差，适宜种植花生、地瓜以及林业、牧业生产。

缓平坡地：由黄河泛滥漫流沉积而成，是聊城分布最广、面积最大的一种地貌类型。

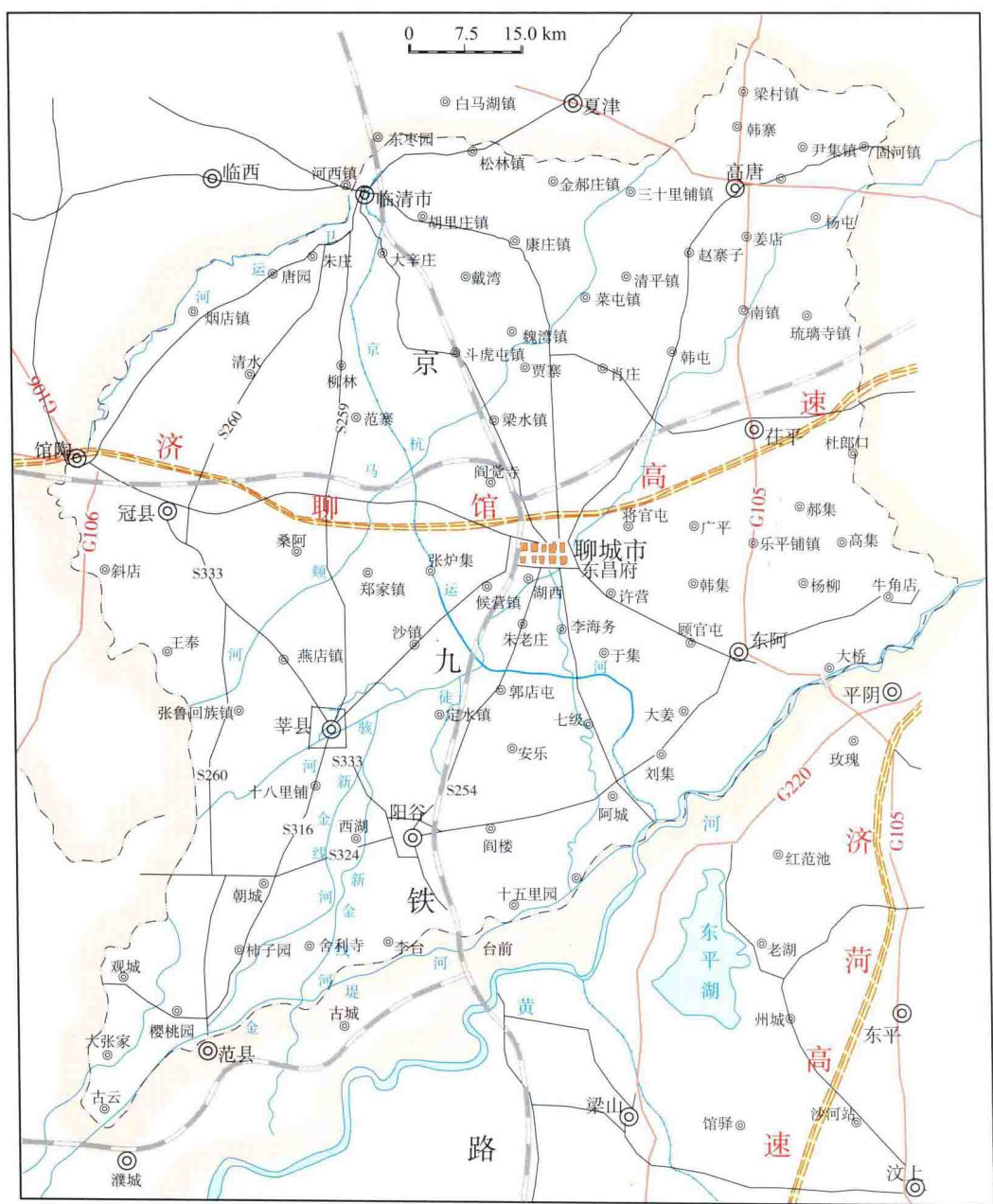


图 1-1 聊城市交通位置图

除了临清、冠县面积较小外，其他县市区均有大面积分布。面积为 $37.88 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占全市土地总面积的 44.8%。地势平缓，排水不畅，常有涝灾和盐渍化威胁。

浅平洼地：由黄河泛滥时分离主河道的静水沉积而成。主要分布在东阿县的陈集、高集等 10 个乡镇，以及东昌府区大张乡的牛角洼村、李海务镇的谭家洼村、阎觉寺镇的白家洼村，阳谷县的西湖、坡里、七级大洼和王营大洼等，面积 $7.0880 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占全市土地面积的 8.1%。排水不畅，雨季容易形成涝灾，在洼地的边缘容易发生盐渍化，适宜种植粮食作物以及发展渔业生产。

背河槽状洼地：主要分布在黄河、徒骇河、马颊河、金堤河及赵王河等骨干河流沿岸，呈带状或小片状分布，地势低洼，面积 $4.5293 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，占全市土地总面积的 5.1%。土壤类型以盐化潮土等为主，盐渍化严重，适宜发展林业种植即渔业生产等多种经营项目。

砂质河槽地：由古黄河泛滥主流冲积而成。只要分布在莘县的王奉等 7 个乡镇，临清的路庄、朱庄等 7 个乡镇，以及冠县的南满村至柳行头村的沙河地带，面积 $3.5093 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，占全市土地总面积的 4.0%。有的槽状明显，如高唐县三十里铺的马颊河东侧，两岸高差 2~3m，有的槽状已经模糊不清。

多样的地形地貌，也让聊城经济发展呈现多样化。全市可耕面积 $56.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，粮食、林果、渔业、棉花等都因地制宜。特别是自 20 世纪 50 年代以来，聊城依托黄河建设了引黄灌区，目前黄河水灌溉面积近 $50 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。为了保障全市均衡受益，该市还在灌区建设泵站，向高亢地区输水，实现全市经济大发展。2009 年和 2011 年春，聊城市分别遭遇 50a 一遇和 100a 一遇大旱，通过引黄河水，实现了大旱之年粮食增产。

3. 气象与水文

属于温带季风气候区，具有显著的季节变化和季风气候特征，属半干旱大陆性气候。年干燥度为 1.7~1.9。聊城春季干旱多风，回暖迅速，光照充足，太阳辐射强；夏季高温多雨，雨热同季；秋季天高气爽，气温下降快，太阳辐射减弱。聊城市年平均气温为 13.1°C 。聊城市范围内全年 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 $4884 \sim 5001^\circ\text{C}$ ，全年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $4404 \sim 4524^\circ\text{C}$ ，热量差异较小，热量分布东南部东阿县偏多，西北部临清市偏少。无霜期平均为 193~201d。年平均降水量 578.4mm，最多年降水量为 1004.7mm（茌平，1961），最少年降水量为 187.2mm（临清，1992 年），降水分布东南部多于西北部。全年降水近 70% 集中在夏季，夏季易出现局部内涝。秋季雨量多于春季，春季干旱发生频繁，冬季降水最少，只占全年的 3% 左右。聊城市光资源比较充足，年平均日照时数为 2567h，年太阳总辐射为 $494.8 \sim 523.7 \text{kJ}/\text{cm}^2$ ，有效辐射为 $242.7 \sim 256.7 \text{kJ}/\text{cm}^2$ 。

境内有徒骇河、马颊河、京杭大运河纵贯南北。可利用地表水资源多年平均总量为 $454.86 \times 10^8 \text{m}^3$ ，过境黄河水资源 $420.3 \times 10^8 \text{m}^3$ ，地下水资源可利用量 $9.51 \times 10^8 \text{m}^3$ 。聊城市水系图见图 1-2。

市内水资源分布不平衡，东部和东南部沿黄河一带较多，西部和西北部高亢地区匮乏。多年平均降水量为 566.7mm，产水总量为 $48.7 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其中形成地表径流 $3.69 \times 10^8 \text{m}^3$ ，通过各级河沟泄入徒骇河、马颊河、卫运河或被截留在河渠闸前，入渗补给地下水 $9.81 \times 10^8 \text{m}^3$ 。过境水资源比较丰富，黄河、金堤河、卫运河诸河道多年平均径流量为 $366.22 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其中，黄河 $349.58 \times 10^8 \text{m}^3$ ，占沿境河道径流量的 95.45%。其他入境水资源很少，徒骇河、马颊河多年平均径流量 $0.32 \times 10^8 \text{m}^3$ ，仅在汛期入境。多年平均地下水资源总量为 $221.98 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其中，浅层地下水为 $219.74 \times 10^8 \text{m}^3$ ，中深和深层地下水为 $2.24 \times 10^8 \text{m}^3$ ，分别占 98.9% 和 1.1%。

二、社会经济

2012 年，全市生产总值达到 2145.65×10^8 元；全市固定资产投资 1260.74×10^8 元；

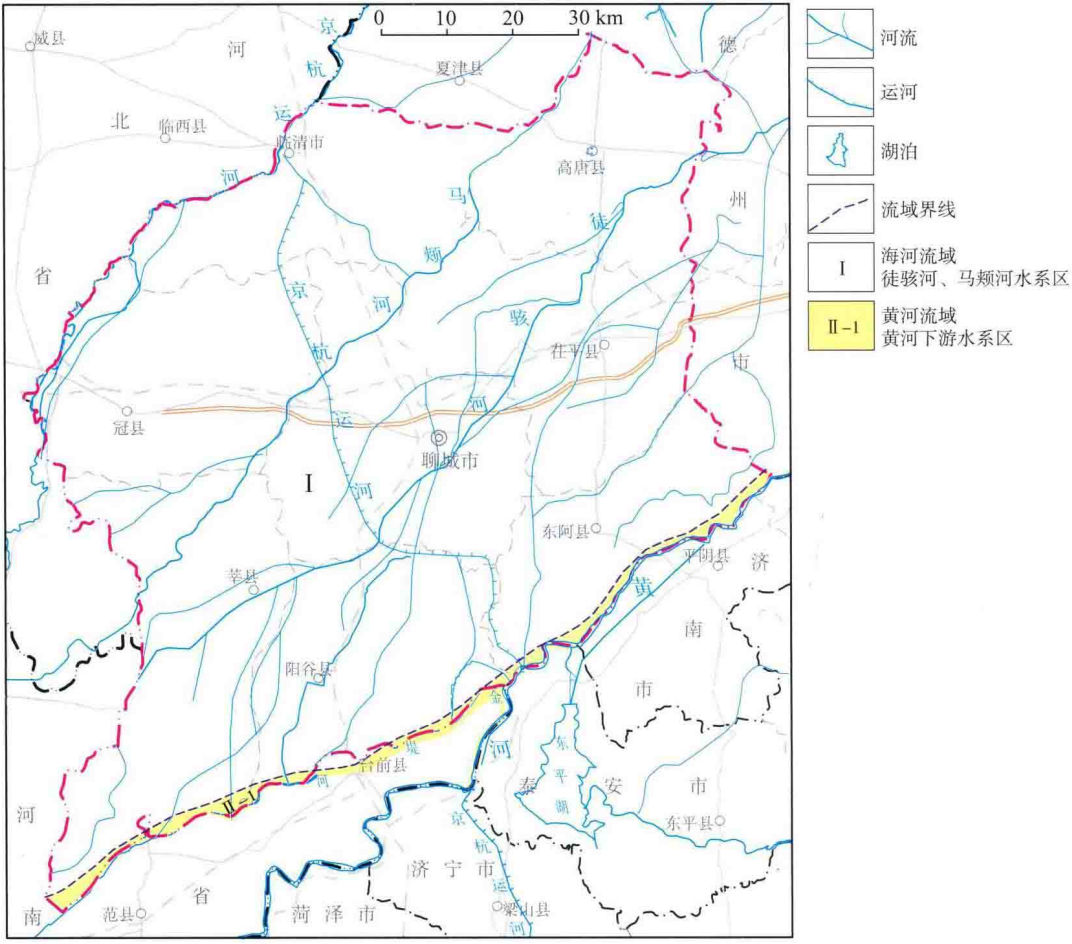


图 1-2 聊城市水系图

财政用于科学技术支出 3.25×10^8 元；城镇新增就业 7.02×10^4 人，新增农村劳动力转移就业 8.42×10^4 人；城镇居民可支配收入 23685 元，农民人均纯收入 8872 元；全年粮食总产量达 $548.95 \times 10^4 \text{t}$ ，单产 $456.50 \text{kg/亩}^{\text{①}}$ ；蔬菜、油料、棉花产量分别为 $861.78 \times 10^4 \text{t}$ 、 $12.54 \times 10^4 \text{t}$ 、 $5.65 \times 10^4 \text{t}$ ；农村消费品零售额增长 16.3%，城市消费品零售额增加 14.4%。

三、地层

聊城市位于华北地层大区晋冀鲁豫地层区的鲁西北地层分区，自古近纪以来普遍接受了新近系和第四系的沉积，主要为黄河泛滥冲积物和洪积物，除东阿沿黄河一带不足 50m 高的 10 余座孤山有古生界寒武系—奥陶系灰岩出露处，其余均为新生界第四系所覆盖。

根据钻孔资料地层由老到新有：新太古界泰山岩群，古生界寒武系、奥陶系、石炭

① 亩为非法定计量单位，1 亩 $\approx 666.7 \text{m}^2$ ，全书同。

系、二叠系，中生界三叠系、侏罗系、白垩系，新生界古近系、新近系、第四系等，具体如下。

1. 新太古界

根据聊古1孔揭露，泰山岩群主要岩性为斜长角闪岩、黑云变粒岩类，夹有黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、含条带状条纹状磁铁角闪石英岩等。顶板埋深约2300m，在聊古1孔钻探深度内未揭穿其底板，厚度大于200m，与上覆地层呈不整合接触。

2. 古生界

寒武系：根据聊古1孔资料，下寒武统包括馒头组和毛庄组，主要岩性为紫红色、暗紫色页岩及薄灰岩和泥灰岩；中寒武统包括徐庄组和张夏组，徐庄组为褐灰色页岩、泥质粉砂岩和灰色含海绿质砂质灰岩，张夏组则为巨厚块状、鲕状灰岩；上寒武统包括崮山组和凤山组，主要岩性为豹皮灰岩、页岩、竹叶状灰岩、白云质灰岩及白云岩等。寒武系属滨海—浅海相灰质和黏土质沉积建造，顶板埋深1460~1700m，厚度约640m，与下伏太古宇呈不整合接触。

奥陶系：主要岩性为白云岩、灰质白云岩、白云质灰岩及灰岩等，含有燧石结核。为巨厚海相碳酸盐岩沉积建造，顶板埋深795~1300m，厚度约780m，与下伏寒武系整合接触。

石炭系：石炭系包括本溪组和太原组。本溪组主要岩性为灰色-杂色泥岩、铝质泥岩、粉砂岩夹薄层，偶含薄煤一层（11煤），属海陆交互相碎屑岩沉积建造，厚度多为15~40m。太原组以深灰色、灰紫色粉砂岩、泥岩、灰白色砂岩为主，夹薄层灰岩及煤层，属海陆交互相碎屑岩沉积建造，与下伏奥陶系为假整合接触。顶板埋深750~1100m，底板埋深795~1300m，平均厚度约170m。

二叠系：其上部被不同程度剥蚀，顶板埋深为700~840m，底板埋深为847~977m，残留厚度一般小于300m，平均厚度约70m。下二叠统包括山西组和下石盒子组。山西组主要岩性为灰白、灰绿色砂岩，灰色、深灰色至灰黑色泥岩和粉砂岩及煤层，属过渡相碎屑岩沉积建造。下石盒子组主要岩性为一套紫红色、杂色泥岩夹灰绿色、灰色砂岩和黏土质泥岩。属陆相碎屑岩沉积建造，二叠纪地层与下伏上石炭统呈整合接触。

3. 中生界

三叠系：三叠系因见于聊城以西地区，故名聊城组。紫灰、紫红色、灰色砂岩与泥岩互层，厚度412~1133m，是山东省唯一确定的三叠纪沉积。聊城组上段大体自成一个沉积旋回，上部以浅棕色粉砂岩、棕红色泥岩为主，中下部主要为浅灰色粉—细砂岩、细砂岩夹紫红色泥岩。与上段相比，聊城组下段的岩性偏粗，也约略构成一沉积旋回，以浅棕色粉—细砂岩为主，近底部见多层砂砾岩，泥岩层在上部尚多，下部多以夹层出现，呈紫、灰紫色。

侏罗系：主要为陆相碎屑岩及火山碎屑岩系。岩性主要为灰、灰绿、紫红色泥岩、页岩夹含砾砂岩，厚度300~700m。主要分布在临清拗陷。

白垩系：主要为中—酸性火山岩及火山碎屑岩，上部主要由灰色泥岩组成，下部则以硬砂质长石砂岩、砾状砂岩为主，自下而上构成一大的沉积旋回。属河流、湖泊相沉积，厚119.4m。其底部见有厚约5m的火山碎屑岩，反映沉积初期曾有微弱的火山活动。