



宁夏水文地质环境地质勘察创新团队 / 宁夏自然科学基金项目 (2017A0426)
宁夏沿黄经济区水文地质环境地质调查项目
沿黄生态经济带地下水资源开发利用与生态环境保护效应调查评价项目



银川平原与周边地区 地下水补排关系研究



主编 > 于艳青 李 英

YINCHUAN
PINGYUAN YU ZHOUBIANDIQU
DIXIASHUI BUPAI GUANXI YANJIU



黄河出版传媒集团
阳光出版社



于艳青，1967年10月出生，中共党员。宁夏地质局正高职高级工程师，二级。2006年1月取得中国地质大学（北京）水文学与水资源博士学位。1989年参加工作以来，在宁夏地矿局从事宁夏全区的水文地质、环境地质勘查工作。主持完成各类水文地质、环境地质调查与勘查项目十余项。获国土资源部国土资源科技成果二等奖一项。2010年，荣获“宁夏第十二届宁夏青年科技奖”。2013年被全国总工会评为“全国五一巾帼标兵”，2014年被授予宁夏回族自治区政府特殊津贴。2015年荣获自治区第二届“塞上英才”称号。



李英，1989年5月出生，中共党员，毕业于中国地质大学（北京）地下水科学与工程专业，博士研究生学历，2015年8月进入宁夏地质局博士后流动站开展水资源合理开发利用与生态环境保护研究，作为主要研究人主持并参与国家级、自治区级水文地质调查和研究项目4项，发表学术论文8篇，其中SCI收录1篇，中文核心5篇。2018年入选第三批《宁夏青年科技人才托举工程》。

图书在版编目 (CIP) 数据

银川平原与周边地区地下水补排关系研究 / 于艳青,
李英主编. -- 银川: 阳光出版社, 2018.11
ISBN 978-7-5525-4619-4

I. ①银… II. ①于… ②李… III. ①平原-地下水
补给-研究-宁夏 IV. ①P641.25

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第269270号

银川平原与周边地区地下水补排关系研究

于艳青 李英 主编

责任编辑 胡鹏
封面设计 陈冰融
责任印制 岳建宁



黄河出版传媒集团
阳光出版社 出版发行

地 址 宁夏银川市北京东路139号出版大厦 (750001)
网 址 <http://www.ygchbs.com>
网上书店 <http://shop129132959.taobao.com>
电子信箱 yangguangchubanshe@163.com
邮购电话 0951-5014139
经 销 全国新华书店
印刷装订 宁夏精捷彩色印务有限公司
印刷委托书号 (宁)0011800

开 本 880mm×1230mm 1/32
印 张 3.25
字 数 100千字
版 次 2018年11月第1版
印 次 2018年11月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5525-4619-4
定 价 45.00元

版权所有 翻印必究

宁夏水文地质环境地质勘察创新团队简介

“宁夏水文地质环境地质勘察创新团队”（以下简称“团队”），是由宁夏回族自治区人民政府于2014年8月2日批准成立。专业从事水文地质调查、供水勘察示范、环境地质调查、地质灾害调查、地热资源勘查、矿山环境治理等领域研究，通过不断加强科技创新能力建设，广泛开展政产学研用结合，攻坚克难，在勘查找水、水资源评价、生态环境调查评价与环境评估治理等方面取得了一系列重大成果。团队集中了宁夏地质局系统60余位水工环领域科技骨干，依托地质局院士工作站、博士后科研工作站、中国地质大学（北京、武汉）产学研基地以及“五大业务中心”等科研平台，结合物化探、实验检测、高分遥感测绘等新技术新方法，较系统地开展了区内外水文地质环境地质勘察领域科技攻关，累计承担国家和宁夏回族自治区各类科技攻关项目30项，获得国家和宁夏回族自治区各类奖励8项，发表科技论文126篇，出版专著8部。经过几年来的努力发展，团队建设日益完善，已形成以团队带头人为核心，以专家为指导，以水工环地质领军人才为主体的综合优秀团队，引领宁夏回族自治区水文地质环境地质工作健康蓬勃发展，持续为宁夏回族自治区民生建设、生态环境建设、城市及重大工程建设、防灾减灾，环境治理与保护提供着有力的科技支撑与资源保障。

前 言

本书以地下水系统水循环理论为原则，综合运用水文地质学、地下水动力学、水文地球化学、同位素数值模拟等方法，在全面了解研究区区域背景，利用多学科交叉详细分析了解银川平原地质构造特征、地下水系统和水流特征的基础上，对银川平原地下水补给来源、补给模式、循环特征等进行了综合研究，为银川平原地下水可持续开发利用提供了重要地质依据。

通过研究认为，贺兰山倾斜平原单一潜水含水子系统的主要补给来源为山区降水，当地降水补给的比例相对较少，按照 $\delta^{18}\text{O}$ 高程梯度估算，补给水来自高程比银川平原区高 760 m 的贺兰山山区降水。其中，银川平原中南部地区，地下水的补给模式主要是通过山区地表水在山前带的渗漏补给，补给过程中受到蒸发影响，地下侧向径流补给影响相对较小，靠近南部黄河冲积扇区可能受黄河补给水或引黄灌溉补给影响。银北至石嘴山地区山前单一潜水区以山区侧向径流为主，或者是山区河流在山前的快速入渗，补给过程中未受到严重的蒸发影响。吴灵冲湖积平原多层结构含水子系统的主要补给来源为引黄灌溉入渗补给，承压水主要是古补给，部分受到台地区潜水地下径流补给的影响。陶乐冲湖积平原多层结构含水子系统潜水主要接受来自黄河水的补给，其次，高阶地地下水系统对冲湖积平原潜水存在一定程度的补给，承压水大部分含有氡，说明其接受现代补给，现代补给来源为黄河和高阶地地下水侧向径流补给。来自西部贺兰山山区平均实际

地下侧向径流速率为 133.9m/a。银川平原浅层地下水的更新性较好，特别是山前地区和沿黄河一带，同时由于灌区局部水流发育，可再生能力强。深层承压水的更新性较差，再生能力较弱。

地表入渗（大气降水入渗、田间灌溉回渗等）是银川平原地下水基本补给来源，地下水在地表分水岭附近以垂直下渗为主，然后转为向平原内流动，在地势低洼处，向沟谷排泄。结构剖面显示出三级循环系统，其中，局部循环系统影响宽度为 2~5 km，循环深度约 100 m；中间循环系统的影响宽度为 15 km，循环深度约 200 m；区域循环系统影响范围最大，宽度为 30 km，循环深度大于 300 m。西部由于受山前细粒带的影响，整体可分为局部循环系统和区域循环系统，局部循环系统的循环深度约在 300 m，影响宽度为 10 km；区域循环系统的循环深度大于 500 m，影响宽度约 30 km。东部鄂尔多斯台地前缘区域循环系统地下水由于受高矿化地下水补给影响，水质较差。

在银川平原地下水数值模拟中，因西部贺兰山前水位资料缺乏，难以满足达西断面法计算山前侧向径流量的要求。本次利用数字高程结合流域水文分析法提取贺兰山东麓子流域面积，根据前人不完整统计的雨洪水流量与流域面积资料，类比推算贺兰山东麓雨洪水散失入渗量，并与遥感计算结果进行对比验证，结果表明：基于流域水文分析的计算结果为 5174.68 万 m^3/a ，基于遥感的计算结果为 6208.6 万 m^3/a ，取二者平均值 5691.64 万 m^3/a 作为地下水模型中山前侧向补给量，为银川平原地下水资源评价及水资源合理开发利用提供重要依据。

目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 研究区概况	001
1.2 地下水系统特征	008
第 2 章 银川平原与周边地区相关要素特征分析	016
2.1 地质构造条件	016
2.2 地下水动态特征	017
2.3 地下水流场特征	023
2.4 地下水水化学特征	030
2.5 同位素特征	034
第 3 章 银川平原与周边地区地下水补排关系	054
3.1 地下水补给来源分析	054
3.2 补给模式与补给速率	058
3.3 地下水流动模式	060
3.4 地下水更新性评估	067
3.5 地下水循环模式分析	073
3.6 西部贺兰山对银川平原地下水补给量确定	082
第 4 章 结论	096
参考文献	099

第 1 章 绪 论

1.1 研究区概况

1.1.1 研究区交通位置

银川平原位于宁夏回族自治区北部，南起青铜峡峡口冲积扇，北至石嘴山，西靠贺兰山，东倚鄂尔多斯台地。地理坐标 E: $105^{\circ}45' \sim 106^{\circ}56'$ ，N: $37^{\circ}46' \sim 39^{\circ}23'$ 。南北长 165 km，东西宽 42~60 km，面积 7790 km²，地理位置见图 1-1。行政区划包括银川市的兴庆区、金凤区、西夏区、贺兰县、永宁县、灵武市，石嘴山市的惠农区、大武口区、平罗县，吴忠市的利通区、青铜峡市。区内交通便利，包兰铁路纵贯平原南北，东接京包铁路，西连兰新、兰青、陇海铁路，是宁夏交通运输的大动脉，也是宁夏与外省区联系的纽带。公路四通八达，各市县均有公路相通。

1.1.2 地势地貌

受新构造运动控制，银川平原西部贺兰山山地呈持续抬升态势，主体走向 NE10°，海拔 2000 ~ 3556 m，山势巍峨雄伟，阻挡了腾格里沙漠的东移，削弱了西北寒流的侵袭，是银川平原的天然屏障。东部鄂尔多斯陶灵盐台地宽缓展布，海拔 1300 ~ 1600 m，由于黄河大断裂及黄河侵蚀切割的影响，台地边缘以陡坎与银川平原相连，地貌差异

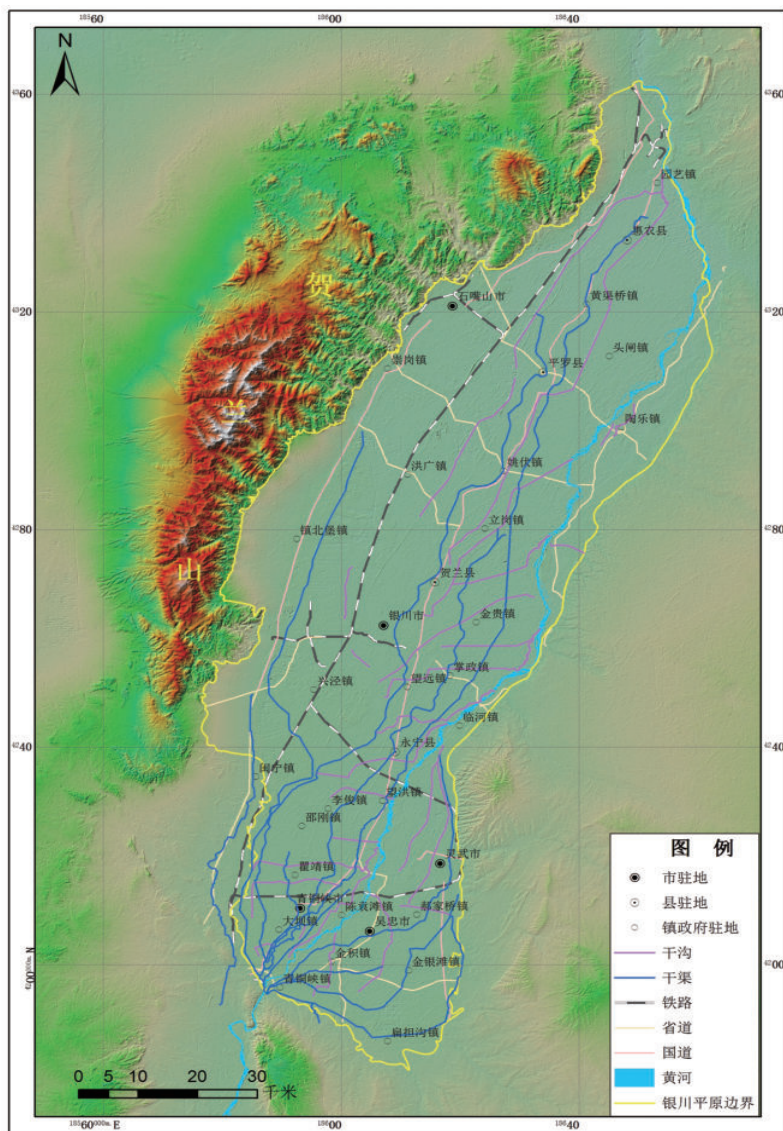


图 1-1 研究区地理位置及交通概况

明显。平原区由于地势开阔平坦，有近 2000 年的垦殖历史，沟渠纵横、农田密布、湖沼星罗棋布，是重要的农林牧副渔生产区。东部陶灵盐台地地势波状起伏，较高处有零星的第四系砾岩残积物，低洼处多为洪积、风积的砂砾石、粉细砂、黄土状黏砂土。调查区地貌按成因划分，主要为侵蚀构造地貌、剥蚀堆积地貌、堆积地貌以及风积地貌，主要地貌单元介绍如下（图 1-2）：

（1）冲洪积台地

分布于平原东南部山前边缘地带，由上更新统洪积物和冲洪积物组成，海拔高度 1110 ~ 1200m，台地宽 1~ 4 km，其前缘有一陡坎高 10 ~ 20 m，横向坡降 10‰ ~ 30‰，地面因冲沟切割，多较破碎。

（2）山前洪积斜平原

由洪积层组成，近南北向呈带状展布在贺兰山东麓。伴随着盆地中心间歇性的升降，在山前形成了由洪积扇群组成的斜平原。洪积扇主要由上更新统和全新统洪积物组成，海拔高度 1095 ~ 1400m，扇面坡降 10‰ ~ 30‰。洪积扇顶部乱石累累，无植被生长，洪积扇前缘洪积物颗粒变细，植被稀少，洪积扇上散布有浅平的洪水沟道。

（3）冲洪积平原

西邻洪积平原，东与冲湖积平原相连。呈南北向带状分布于暖泉农场至玉泉营农场一线，东西宽约 5 ~ 15 km，由第四系冲洪积物组成，海拔高度 1100 ~ 1150 m，自西向东倾斜。其南北、东西向坡降分别为 0.7‰ 和 3.3‰ ~ 6.6‰。前缘有一高 3 ~ 8 m 陡坎，局部 1 m 左右，部分地方已开垦成农田。

（4）冲湖积平原

它是银川平原的主体，沿黄河两侧广泛分布，由黄河冲积和湖积形成，海拔高度 1090 ~ 1140m。沿黄河两侧依次为黄河漫滩、一级阶

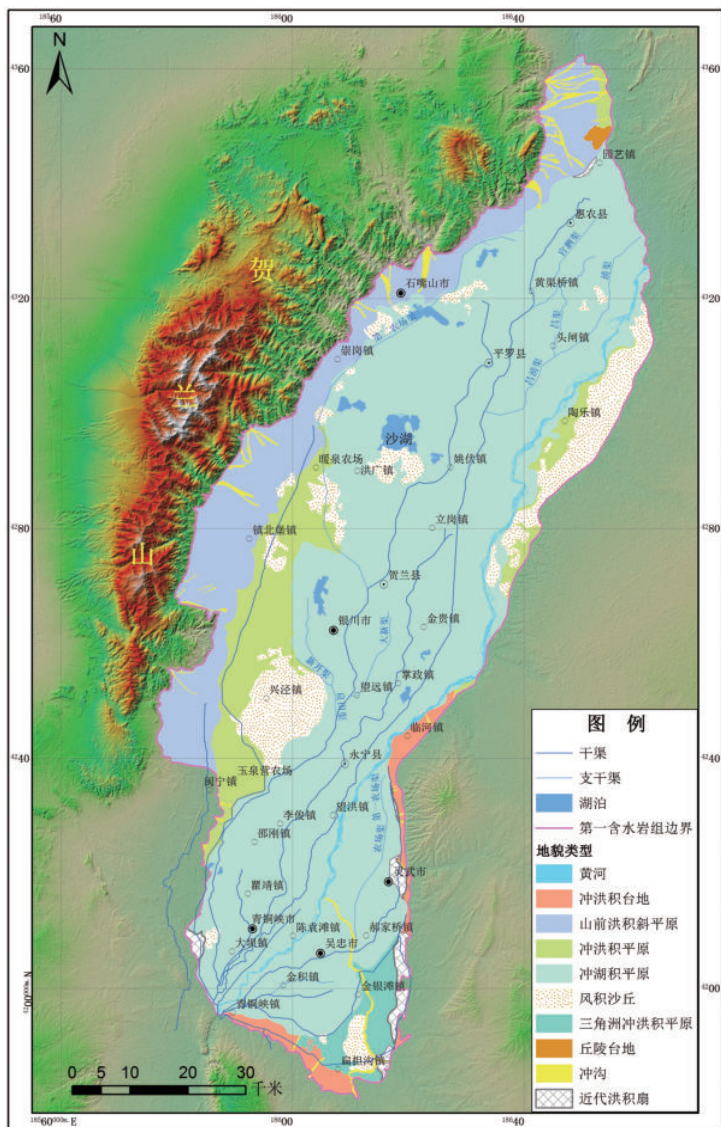


图 1-2 银川平原地貌略图

地、二级阶地、三级阶地，二级阶地分布面积最广。冲湖积平原地势低平，湖泊沼泽广布。该地区大部分已开垦成农田，沟渠纵横，阡陌交织，沃野无垠。

(5) 风积沙丘

风积地貌又分为丛草沙堆及砂地和新月形砂丘。丛草沙堆及砂地主要分布在沙湖地区、银川市西夏区以南和镇北堡以东至新开渠一带。多为草丛和“三北”防护林覆盖。新月形砂丘分布在银川市金凤区以南、平吉堡火车站以东地区，多为新月形和垄岗形沙丘，现仍向东和东南方向移动。

1.1.3 气象

银川平原地处中温带干旱区，其特征是冬长夏短，干旱少雨，日照充足，气温年、日差较大，风大沙多，属大陆性气候。根据银川、贺兰、吴忠、陶乐、石炭井等多个气象站 1991-2013 年气象资料（表 1-1），

表 1-1 银川平原月平均气象要素一览表

月份	气温(℃)	降水量(mm)	蒸发量(mm)
1月	-7.33	1.43	39.44
2月	-2.51	1.58	64.92
3月	4.34	4.67	141.40
4月	12.03	6.86	209.54
5月	17.87	20.27	251.74
6月	22.45	26.13	252.60
7月	24.20	44.71	240.78
8月	22.39	35.21	202.57
9月	16.74	26.75	144.27
10月	9.67	8.94	110.82
11月	1.76	3.83	68.72
12月	-5.11	1.00	39.47
平均/合计	9.71	181.37	1766.26



研究区多年平均降水量 181.37 mm，多集中在 6-9 月份，占全年降水量的 70%左右，11 月至次年的 4 月，降水甚少或无降水。研究区年均蒸发量高达 1766.26 mm，多年平均气温在 9.71℃，极端最低气温 -30.6℃，极端最高气温 41.4℃（图 1-3）。

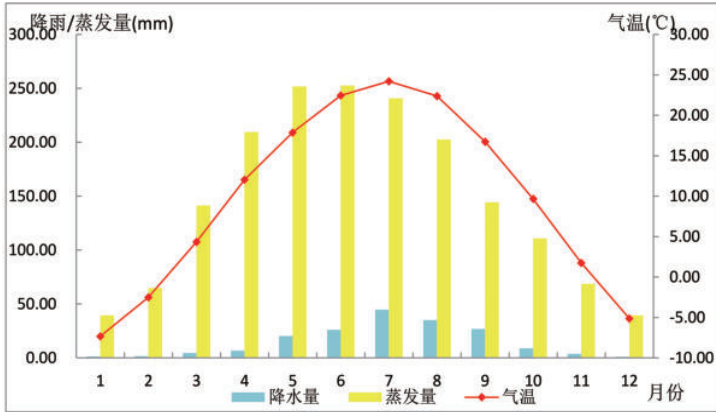


图 1-3 银川平原气象要素图

1.1.4 水文

银川平原属黄河流域，主要河流有黄河干流及其支流苦水河。

黄河由青铜峡流入银川平原，沿东部穿过整个平原，至石嘴山头道坎以下的麻黄沟流出，在平原内流程约 193 km。入口青铜峡站平均流量 $320 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ （1956-1979 年），最大流量 $6230 \text{ m}^3/\text{s}$ （1946 年 9 月 16 日），含沙量 $3.12 \text{ kg}/\text{m}^3$ （1967-1982 年），矿化度 $0.394 \sim 0.424 \text{ g}/\text{L}$ 。目前黄河水受到不同程度污染，检出了酚、氰化物、砷、汞等有害物质，黄河是银川平原的主要灌溉水源（图 1-4）。

苦水河发源于甘肃省环县，由五里坡流入平原至新华桥入黄河，平原内长约 33km，其特点是径流小、水质差，年径流量仅 $0.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ （其中灌区排入水量占有 58%），矿化度 $4.5 \sim 4.85 \text{ g}/\text{L}$ ，含沙量 $3.52 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

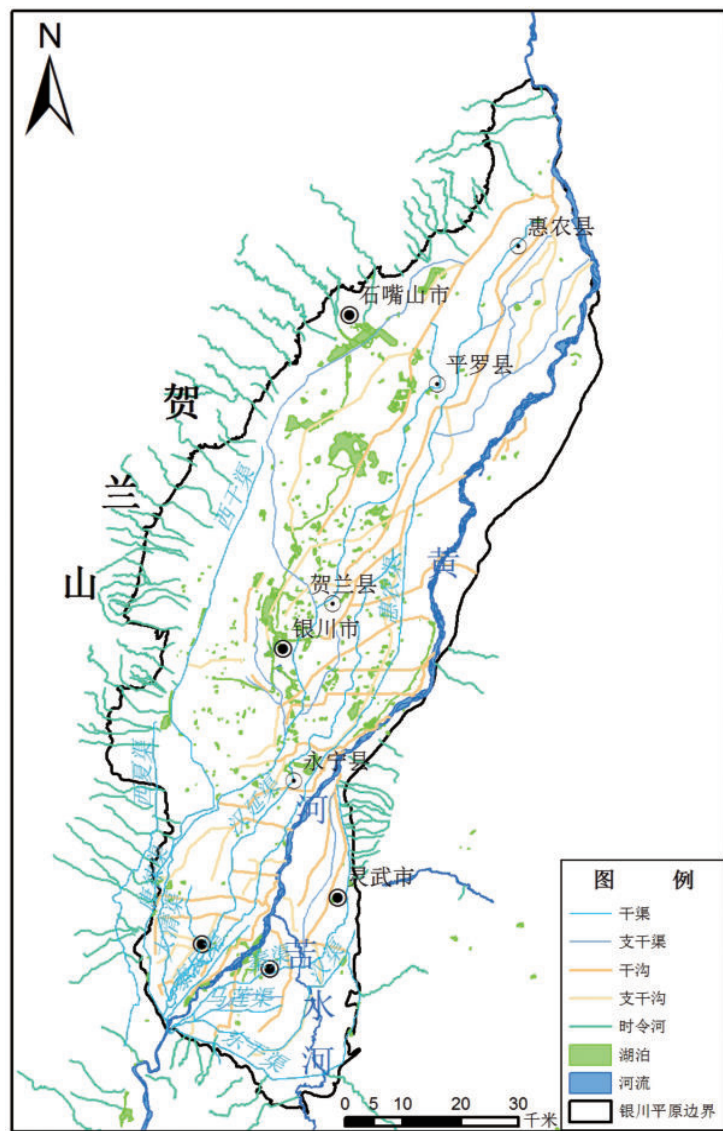


图 1-4 银川平原地表水系分布



此外,发育于平原西侧的贺兰山诸沟及平原东侧灵盐台地的小型冲沟,以流量小,流程短,径流季节变化大为特点,雨季多为地表明流,旱季即转为暗流渗入地下,贺兰山西侧个别常年性沟谷水在出山口全部转入地下补给地下水。

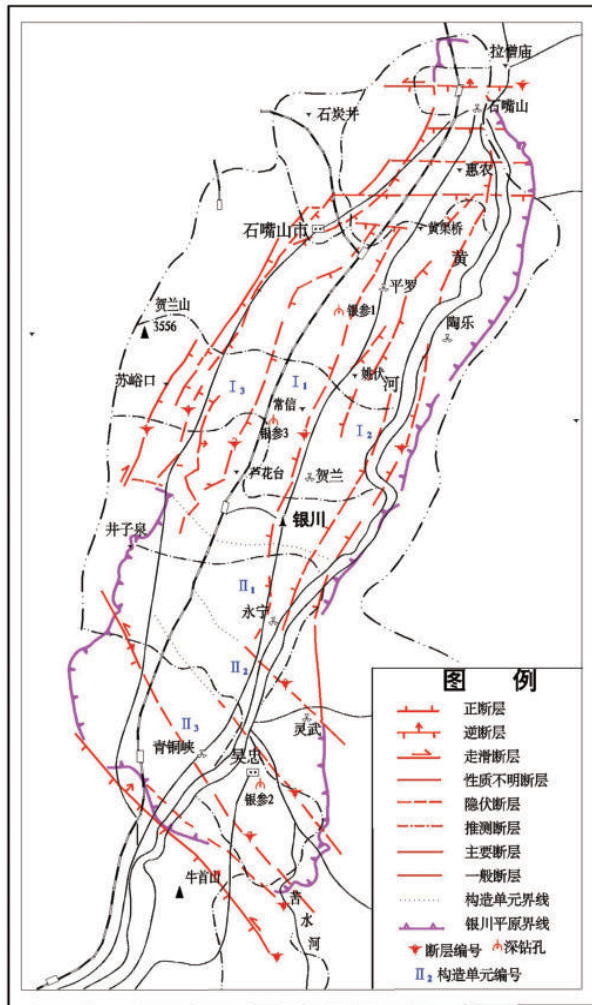
银川平原除贺兰山洪积斜平原以外,均属青铜峡引黄灌区。自秦汉以来,平原区内先后修建了秦渠、汉渠、汉延渠、唐徕渠、惠农渠、西干渠以及东干渠等数十条引水干渠,及第一、二、三、四、五等数条排水干沟,形成沟渠纵横的灌排体系。渠道每年4月下旬春灌放水,至9月下旬停水,10月下旬至11月下旬再次放水冬灌。灌溉余水部分入渗补给地下水,部分流入排水沟,最后回归黄河。黄灌区2004年渠系引水量 $49.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,排水沟排水量 $25 \times 10^8 \text{ m}^3$,灌溉农田约 3×10^5 公顷。

研究区内湖沼密布,按其成因类型可分为两类:一类为古河道型湖泊,由黄河改道发育而成,具有明显的牛轭湖性质,多沿黄河古河道呈条带状分布;另一类是扇前洼地型湖泊,弧形掌状洼地形态,呈不规则状。

1.2 地下水系统特征

1.2.1 地下水系统边界

银川盆地在构造上属贺兰山断褶带的次级构造,与鄂尔多斯台地西缘褶皱带相接,是新生代以来形成的新生代地堑式断陷盆地。一系列右旋走滑正断层组成的断裂带构成盆地西缘,该断裂带北起石嘴山西,南止于头关,长130 km,总体走向北北东,倾向南东,倾角 60° 以上。断层西侧为相对陡峭的贺兰山,东侧为山前洪积倾斜平原,相对高差2200~2400 m,见图1-5。



- | | | | |
|---------------|-------------|------------------------|-----------------------|
| 一、断裂名称 | | 二、构造单元 | |
| ① 贺兰山东麓断裂带 | ⑤ 正谊关断裂 | I 银北凹陷 | II 灵武凹陷 |
| ② 芦花台断层 | ⑥ 牛首山东北麓断裂带 | I ₁ 中部凹陷区 | II ₁ 永宁隆起带 |
| ③ 银川断裂 | ⑦ 三关口-金积镇断裂 | I ₂ 东部断阶斜坡区 | II ₂ 灵武浅陷带 |
| ④ 黄河断裂 | ⑧ 北西向隐伏断裂 | I ₃ 西部斜坡区 | II ₃ 南翼斜坡带 |

图 1-5 银川平原构造纲要略图



黄河大断裂控制银川盆地东界，北起石嘴山经陶乐至灵武南，全长 130km，走向北北东，断面上陡下缓，倾角 49 ~ 66°，倾向北西西，为一正断层，切割新近系地层。盆地南北两侧分布有东西、北西向断裂，该组断裂以控制盆地南北界为主，部分隐伏于盆地中，各断层性质因地而异。

银川断陷盆地整体构造概貌为中部断落较深，向两侧以断阶状或斜坡状抬升，呈西陡东缓的巨大的宽缓向斜形态（图 1-6）。向斜轴部呈 NE56°延伸，位于银川新城向北至平罗一带，据钻孔资料第四系最大厚度达 1600 m 以上。新近系可见厚度达 2000 ~ 2500 m。推测基底地层：南部为奥陶系，北部为石炭、二叠系。

1.2.2 地下水系统划分

银川平原地下水系统根据含水介质类型可划分为第四系松散岩类孔隙含水子系统（II₁）、碎屑岩类裂隙孔隙含水子系统（II₂）和基岩裂隙含水子系统（II₃）。其中，第四系松散岩类孔隙含水子系统（II₁）是银川平原主要的含水层，在银川平原北部石嘴山园艺镇北部局部地带出露的新近系含水层及石炭、二叠系含水层，分布范围有限（见图 1-7、表 1-2）。

表 1-2 银川平原地下水含水系统划分一览表

银川平原 地下水系统 (II)	第四系松散岩类 孔隙含水子系统 (II ₁)	黄河峡口洪积扇单一潜水含水层系统(II ₁₋₁)
		贺兰山东麓洪积斜平原单一潜水含水层系统(II ₁₋₂)
		黄河漫滩单一潜水含水层系统(II ₁₋₃)
		石嘴山盆地单一潜水含水层系统(II ₁₋₄)
		潜水-承压水多层结构含水层系统(II ₁₋₅)
	碎屑岩类裂隙孔隙含水子系统(II ₂)	
基岩裂隙含水子系统(II ₃)		