严重缺水地区地下水勘查论文集

第一集

中国地质调查局　编

地质出版社

·北　京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本论文集分西部地区地下水勘查经验、新技术新方法及其应用、地下水勘查开发示范、附录四部分。分类总结了西部不同缺水类型地区地下水勘查经验并以实例的形式剖析了具有典型示范意义地区的地下水勘查程序与方法；全面介绍了国内外地下水勘查新技术新方法，重点介绍了遥感技术，音频大地电磁测深、核磁共振、瞬变电磁、综合物探等物探技术，潜孔锤钻进技术，渗流井取水工艺等在西部地下水勘查中的应用及取得的成果。

本书对从事地下水勘查的科技人员具有参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

严重缺水地区地下水勘查论文集（第一集）/中国地质调查局编.-北京：地质出版社，2003.2
ISBN 7-116-03760-8

Ⅰ.西… Ⅱ.汪… Ⅲ.①干旱区 地下水资源 资源调查 西北地区 文集②干旱区 地下水资源 资源调查 西南地区 文集 Ⅳ.P641.7 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 006156 号

YANZHONG QUESHUI DIQU DIXIASHUI KANCHA LUNWENJI

责任编辑：祁向雷 王 璞 陈 磊
责任校对：黄苏晔 田建茹
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）82324508（邮购部）；（010）82324577（编辑部）
网 址：http://www.gph.com.cn
电子邮箱：zbs@gph.com.cn
传 真：（010）82310759
印 刷：北京印刷学院实习工厂印刷
开 本：787mm×1092mm 1/16
印 张：16.25 图版：16 面
字 数：396 千字
印 数：1—1200 册
版 次：2003 年 2 月北京第一版·第一次印刷
定 价：50.00 元
ISBN 7-116-03760-8/P·2343

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换）

编辑委员会主任：汪　民
编辑委员会副主任：邱心飞　殷跃平
编辑委员会委员：(按姓氏笔画排序)
文冬光　马志靖　马绍忠　王　宇　王永哲　王全伟
王明章　刘　斌　孙建平　安永会　朱　桦　邢卫国
张福存　李　志　杨六岗　武选民　郑万模　姚秀菊
郭建强　钱小鄂　高新平　葛文彬　韩子夜　韩再生
鄢　毅　魏伦武

前　　言

我国多年平均水资源总量 2.8 万亿 m^3，居世界第 6 位，按 2000 年人口统计，人均水资源占有量为 2163 m^3，只有世界人均水平的 1/ 4，美国的 1/ 6，前苏联的 1/ 8，居世界第 121 位，是世界上 13 个贫水国家之一。我国水资源受季风气候影响，时空分布极不均衡，有些地区常年处于干旱缺水状况，造成人畜饮用水困难。

西北地区的青海省、陕西省、甘肃省、新疆维吾尔自治区、宁夏回族自治区和华北的内蒙古自治区、山西省面积占全国国土资源面积的 45.7%，而多年平均水资源仅占全国的 10%。由于降水较少，蒸发强烈，水资源贫乏。在广大黄土分布区、内陆盆地山前平原及鄂尔多斯高原、内蒙古高原、阴山、贺兰山、吕梁山等部分地区人畜饮用水十分困难。严重缺水区面积约 140 万 km^2，1300 万人的生存用水缺乏保障。

西南地区的四川省、云南省、贵州省、重庆市及广西壮族自治区，虽然降水充沛，水资源丰富，但由于山高谷深，地表水多汇集在较大河谷之中，人在高处，水在低处，取水困难。该区岩溶石山广泛分布，水资源分布不均，许多地方主要赋存于地下洞穴管道之中，由于岩溶水动力系统十分复杂，水资源开发困难，呈现出工程性缺水的特点。四川盆地、云南中部和西部及滇桂黔接壤地区，沉积了一套侏罗系、白垩系红色碎屑岩，地下水资源匮乏。上述原因造成部分地区严重缺水，严重缺水面积约 77 万 km^2，2800 万人饮用水十分困难。

党中央、国务院十分关心西部地区的水资源问题，江泽民主席指出:“ 中西部一些地方发展缓慢，贫困人口多，一个主要原因就是缺水。解决了水的问题，这些地方必定能够更快更大的发展，这对于增进民族团结、巩固边防具有十分重大的意义。”

近年来，有关部门积极探索各种方法来缓解西部地区人畜饮用水短缺状况，如“ 水窖工程”、“ 移民工程”、“ 引水工程” 等。水窖集水简单易行，在正常年份可发挥储水作用。但遇到连续干旱年份时难以发挥作用。移民工程可从根本上解决人畜饮用水问题，但需要巨大财力、物力。引水工程适宜解决城镇、工矿等集中供水，但西部地区地形复杂，严重缺水区居民居住分散，长距离引水既不经济，也很难发挥作用；况且西北地区地表蒸发强烈，地表水开发利用率已高达 70%，有些流域已引发生态环境问题，进一步开发的潜力有限。

我国水资源量年内、年际变化大，形成丰水期防汛、枯水期抗旱的局面。而地下水含水层分布广，具有巨大的储存空间，形成地下水独特的天然调蓄功能，起到了对降水资源在年内和年际尺度上的调节作用。地下水水质好，水量保证程度高，对解决严重缺水地区分散的人畜饮用水，具有得天独厚的优势和不可替代的作用。

国土资源部十分重视西部地区找水工作，在“ 九五” 期间开展的“ 西北地区地下水资源特别计划”、“ 西北地区地下水勘查战略研究”、“ 西南贫困岩溶石山地区扶贫找水计划” 等一系列工作基础上，中国地质调查局 2001 年组织实施了“ 西部严重缺水地区人畜饮用

水地下水紧急勘查工程”，2002 年实施了“西部严重缺水地区地下水勘查示范工程”。其目的是通过对不同缺水类型地区水文地质条件的分析及野外调查，找出解决人畜饮用水的找水方向与途径，并通过适量的勘探工作加以验证，取得不同缺水类型区的找水经验，指导当地解决人畜饮用水问题。勘查示范性工作，一是以取得严重缺水地区找水前景、找水方向、找水先进方法及取水先进技术等经验为目的；二是通过示范工程探采结合井直接解决部分严重缺水地区的人畜饮用水。

通过勘查找水工作，积累了大量地质、水文地质资料和丰富的找水经验。在找水实践中取得了一系列重大突破，改变了一些传统的水文地质观念。如传统观念认为海平面以下，岩溶水赋存条件不好，而在渭北旱塬富平县 - 200 m 的岩溶发育部位，成功地打出了日出水量 1.33 万 m^3 的深层岩溶水，这是岩溶水文地质的一大突破；西南红层地区地下水资源匮乏，一般单井涌水量小于 50 m^3/ d，在找水实践中利用红层风化带普遍含水、水位埋藏浅、易补给的特点，结合居民居住分散、需水量小的实际情况，施工小口径浅井，为农户安上了“庭院自来水”，发展了庭院经济，深受当地群众欢迎；在苦咸水、劣质水区找到淡水；在岩溶石山地区总结出堵、截、提、引开采方式；在黄土分布区总结出大口井、渗渠、渗流井、管井、大口井与渗渠联合取水 5 种开采形式；总结出利用“3S”技术、EH 4 电导率成像系统、核磁共振检水仪、浅层地震、综合物探等先进技术找水经验；研制开发了气体反循环钻进、深井空气泡沫增压钻探、高能气体压裂增水技术等先进钻探技术和成井工艺。

“九五”期间直到 2002 年西部找水工作施工探采结合井约 400 眼，施工小口径浅井约 3000 眼，直接解决约 120 万人饮用水问题。该项工作受到当地政府和广大群众的欢迎，被誉为是实践“三个代表”重要思想的具体体现，是“民心工程”、“恩德工程”、“生命工程”。

西部严重缺水地区水文地质条件复杂，找水难度大，成井费用高，风险大，当地政府和群众衷心期盼有关部门能为他们查明水文地质条件，指明找水方向与途径。国土资源部自实施“西北地区地下水资源特别计划”以来，使当地政府和群众看到了前途和希望，极大地鼓舞了地方投资找水的积极性，在一些地区已基本形成受益地区的单位和广大群众共同集资、多元化、多层次、多渠道的投资体系，基本形成了以专业队伍勘查示范为先导，以地方为主体的解决西部严重缺水地区人畜饮用水的有效运作模式。

为了总结经验，更好地促进西部严重缺水地区人畜饮用地下水找水工作，中国地质调查局主持编辑了《严重缺水地区地下水勘查论文集》(第一集)。论文集分西部地区地下水勘查经验、新技术新方法及其应用、地下水勘查开发示范、附录 4 部分。

论文集由中国地质调查局组织，中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所负责编辑，陕西省地质调查院、山西省地质调查院、内蒙古自治区地质调查院、新疆维吾尔自治区地质调查院、宁夏回族自治区地质调查院、青海省地质调查院、甘肃省地质调查院、四川省地质调查院、重庆市地质调查院、贵州省地质调查院、云南省地质调查院、广西壮族自治区地质调查院、中国地质调查局发展研究中心、成都地质矿产研究所和有色金属矿产地质调查中心参加编写。西安地质矿产研究所、成都地质矿产研究所为论文集的组稿给予了大力支持，孙培善教授、哈承佑研究员对论文集的编辑给予了精心指导。

认真总结地下水勘查取得的成功经验，进一步依靠科技进步和创新，提高地下水资源

需要全本请访问 www.ertongbook.com

调查评价和开发利用的水平，是本论文集的目标。同时要把地下水资源的合理开发和有效利用放在突出位置，根据地下水资源的分布与补给规律，科学开发利用地下水，始终贯彻“节约资源、保护环境”的基本国策，坚持“在保护中开发，在开发中保护”的总原则，坚持“开源和节流并举、节约优先、治污为本、高效利用”的总方针，加强用水的统筹规划与管理。

中国地调局将继续加强西部地区地下水资源调查评价工作，组织实施好“西部严重缺水地区地下水勘查示范工程”，支持西部地区地下水勘查工作，争取勘查找水取得新的突破，让老百姓喝上放心水，走上富裕路，为切实解决西部严重缺水地区群众吃水困难作出新的贡献，真正把学习贯彻十六大精神落在基层，把“三个代表”重要思想落到实处。

《严重缺水地区地下水勘查论文集》编委会

2002 年 12 月 30 日

目　　录

第一篇　西部地区地下水勘查经验

陕北黄土区找水勘查方法 …… 马思锦　许　毅 (1)
宁夏南部严重缺水地区找水经验小结 …… 王新贺 (8)
黄土高原缺水类型区人畜饮用地下水勘查…… 姚秀菊　张福存　等 (14)
新疆严重缺水地区地下水勘查找水经验总结…… 刘　斌　于德胜 (17)
论祁连山山前深埋带缺水区供水水文地质条件…… 丁宏伟 (27)
内陆盆地山前平原缺水类型区人畜饮用地下水勘查…… 安永会　邢卫国　等 (32)
内蒙古自治区西部地区找水工作总结…… 王　兵　董建国　等 (35)
山地高原缺水类型区人畜饮用地下水勘查…… 姚秀菊　贾淑琴　等 (41)
西南红层严重缺水地区现状及找水方法综述…… 郑万模　魏伦武 (44)
四川盆地红层地区人畜饮用水地下水找水方法初步总结…… 李廷强　葛文彬　等 (48)
四川红层区干旱缺水现状及对策…… 鄢　毅　王全伟 (57)
红层盆地缺水类型区人畜饮用地下水勘查…… 安永会　吴登定　等 (60)
四川岩溶地下水深循环研究…… 刘俊贤　葛文彬　等 (63)
贵州省麻江县贫困岩溶石山缺水地区地下水资源勘查与开发利用…… 曹玉志 (71)
岩溶石山缺水类型区地下水勘查…… 张福存　张二勇　等 (79)

第二篇　新技术新方法及其应用

国外水文物探技术的新进展…… 何雪洲　葛秀珍　等 (82)
航空时间域瞬变电磁方法技术及其在找水中的应用 …… 王守坦 刘士毅 (96)
核磁共振找水方法 …… 潘玉玲　李振宇　等 (104)
应用空气钻进技术钻采地下水 …… 耿瑞伦 (112)
遥感和物探新方法在宁夏南部地下水勘查中的应用 …… 朱谷昌　杨自安　等 (115)
综合物探技术在西北地区地下水勘查中的应用 …… 武　毅　郭建强　等 (123)
地面核磁共振技术在西北地区浅层地下水勘查中的应用 …… 杨桂新　朱庆俊 (134)
地下水勘查中的地震勘探技术 …… 彭　成　杨　澍　等 (139)

新技术方法在宁夏南部严重缺水地区找水工作中的
应用效果 …… 尹秉喜　余秋生　等 (144)
陕北严重缺水地区勘查找水的途径 …… 畅俊斌　董永超 (152)
物探工作在青海省乐都、民和等严重缺水地区地下水勘查中的效果 …… 寇玉才 (157)
渗流井取水　振兴沱牌经济 …… 陈永和 (162)

第三篇　地下水勘查、开发示范

陇西黄土高原严重缺水地区地下水勘查示范工程简介 …… 魏永顺　李生永　等 (163)
宁夏中南部地区地下水勘查示范工程找水实录 …… 于艳青　薛忠岐　等 (169)
山西省交口、中阳县缺水地区地下水勘查示范 …… 王贵喜　韩　颖 (178)
乐都、民和县等严重缺水地区地下水勘查示范工程找水实录 …… 逯林章　王春男 (187)
红层找水兴国安邦——四川、重庆红层找水示范工程纪实 …… 郑　荣 (197)
重庆市红层地区璧山县、铜梁县地下水勘查示范 …… 重庆地质调查院 (200)
四川南充嘉陵区、西充县等分散农户打井供水示范 …… 刘宗绪　赵云红　等 (208)
四川珙县干旱缺水打井取水实录 …… 鲍志言　邓太平　等 (212)
云南省严重缺水地区地下水勘查示范工程实例 …… 王　宇　张　贵　等 (218)
贵州省岑巩县天星乡河塘严重缺水区地下水找水实录 …… 张建江　王明章 (229)
贵州省岩溶地区严重缺水的分水岭地带地下水勘查实录 …… 裴永炜　杨富治　等 (234)
广西国定岩溶贫困县扶贫打井工程简介 …… 钱小鄂 (242)

第一篇　西部地区地下水勘查经验

陕北黄土区找水勘查方法

马思锦　许　毅
(陕西省地质调查院第三水文地质调查所)

陕北为黄土覆盖区，地表水资源贫乏，缺水状况严重，找水难度大。2001 年在陕北延安市吴旗、志丹、富县实施的缓解人畜饮用水专项找水工作，效果明显，是较具代表性的两种对不同类型地区的勘查方法、取水工艺在陕北地区的具体体现。

吴旗、志丹两县毗邻，位于延安市西北，海拔 1252～1895 m，白于山为区域分水岭，黄土梁峁呈波浪状起伏，沟谷切割强烈，大多切割出露第三系泥岩及白垩系砂岩；富县位于延安市南部，川塬相间，沟壑纵横，塬面切割强烈，地形较破碎，河道弯曲狭窄。

1　水文地质背景

工作区属温带半干旱大陆季风气候。年降水量较少，多集中在七、八、九 3 个月，呈暴雨形式降落，蒸发较强烈。多年平均降水量 316～578.23 mm，由南而北逐渐变小，蒸发量 941.9～1469.1 mm，由南而北增加。

工作区属于洛河水系。洛河丰水期在七、八、九月，枯水期在十一月至次年二月，河水暴涨暴落。洛河上游（吴旗县城以上）年平均流量 2.03 m^3/s，最大含沙量 1180 kg/m^3，矿化度达 1.2 g/L 以上，不能直接利用。洛河下游（富县交口水文站，北距富县城 37.5 km）多年平均流量 14.9 m^3/s，多年平均含沙量 200～300 kg/m^3。

本区分布的地层有：

三叠系为灰白色长石细砂岩与灰黑色泥岩、页岩互层，夹可采煤层和煤线，砂岩单层厚 2～3 m，地层总厚 186～412 m。

侏罗系为砂岩、泥岩夹煤层、煤线。

白垩系下统志丹群为一套砂岩和泥岩地层，连续沉积，由老向新依次为洛河组(K_1l)、华池组（K_1hc)、环河组（K_1h)。洛河组主要出露于志丹县刘坪以东，岩性为棕

红色块状长石砂岩，中细粒结构，铁钙质胶结，疏松，具大型交错层理，厚 280～350 m。华池组主要出露于工作区北部吴旗县马营以下至志丹县旦八的洛河河谷两侧及两侧支沟中下游、杏子河及两侧支沟中下游，岩性为浅棕红色长石砂岩夹薄层泥岩，厚 110～170 m。环河组主要出露于工作区北部洛河及支沟中，岩性为棕红色、灰绿色泥岩、页岩及粉细砂岩，铁钙质胶结，厚 150～390 m。

第三系上新统岩性为深红、棕红色粘土岩、砂质粘土岩，厚 0～80 m。

第四系风成黄土广泛分布，沟谷中分布有冲洪积层。

2　水文地质概况

工作区内主要含水岩组有冲洪积松散层组成的孔隙含水岩组及白垩系孔隙—裂隙含水岩组。

松散层含水岩组分布于南部富县洛河及其较大支沟中。冲积含水层顺河发育，岩性为含泥砂卵砾石层，结构松散、孔隙率较大，但含泥量大，透水性能较差，单井出水量多小于 50 m^3/ d。

分布在工作区北部的白垩系含水岩组，是白垩系天环向斜贮水构造东部缓翼的一部分。从东部志丹县到西部吴旗县，地层由老到新依次出露，地下水在地层出露区为潜水；往西洛河、华池组地层整体依次缓慢西倾，埋深逐渐增加，上覆含水岩组逐渐变厚，构成承压水。地下水矿化度由低到高变化。

环河、华池含水岩组潜水区含水层厚度 50～390 m，水位埋深 11.45～33.04 m，最深达 90 m。矿化度 0.22～2 g/ L，水化学类型主要为 HCO_3 Mg·Na 和 SO_4·Cl Na·Mg 型水。向西过渡为承压水区，水位埋深 20～88.87 m，吴旗县城附近华池组含水岩组顶板埋深 100～120 m，底板埋深为 230～250 m，含水层厚度 110～150 m，单井出水量小于 200 m^3/ d，渗透系数 0.35～0.46 m/ d，矿化度 1.82 g/ L，水化学类型主要为 Cl·SO_4 Na·Mg 型水。

洛河含水岩组在东部潜水区，含水层厚度在 100～270 m，钻孔涌水量一般 200～400 m^3/ d，矿化度 0.44～0.6 g/ L，水化学类型主要为 HCO_3 Na·Ca·Mg 型。承压水区含水层厚度 280～350 m，在深埋区（顶板埋深 > 300 m）承压水头埋深 67～171 m，单井涌水量 300～1500 m^3/ d，矿化度 1.98～2.6 g/ L，水化学类型为 SO_4·Cl Na、Cl·SO_4 Na 型水。

3　找水技术方法

勘查中针对不同的水文地质条件，采用不同的找水技术方法，做到有的放矢。

3.1　白于山区

该地区为黄土覆盖区，主要找水目的层为白垩系洛河含水岩组。在充分收集分析已有资料的基础上，进行了岩相古地理研究，开展了地面水文地质调查，并进行了综合物探，为钻孔的设计及施工提供了充分的依据。

3.1.1　岩相古地理研究

吴旗、志丹县处在白于山区，白垩系为本区的主要含水岩组，已有的资料说明白垩系

地下水水质十分复杂，矿化度普遍较高，尤其是在吴旗县铁边城镇，洛河组含水层矿化度达 2.5 g/L。其上覆的环河华池含水岩组矿化度更高。

同期开展的鄂尔多斯盆地地下水勘查项目进行了白垩系岩相古地理研究，划分了下白垩系地层特别是洛河组地层的沉积相类型，总结了沉积相带分布规律。早白垩世洛河组为内陆沙漠湖沉积环境，该时期区内的古地理总体显示为风成和河湖沉积共存的面貌(图 1)。

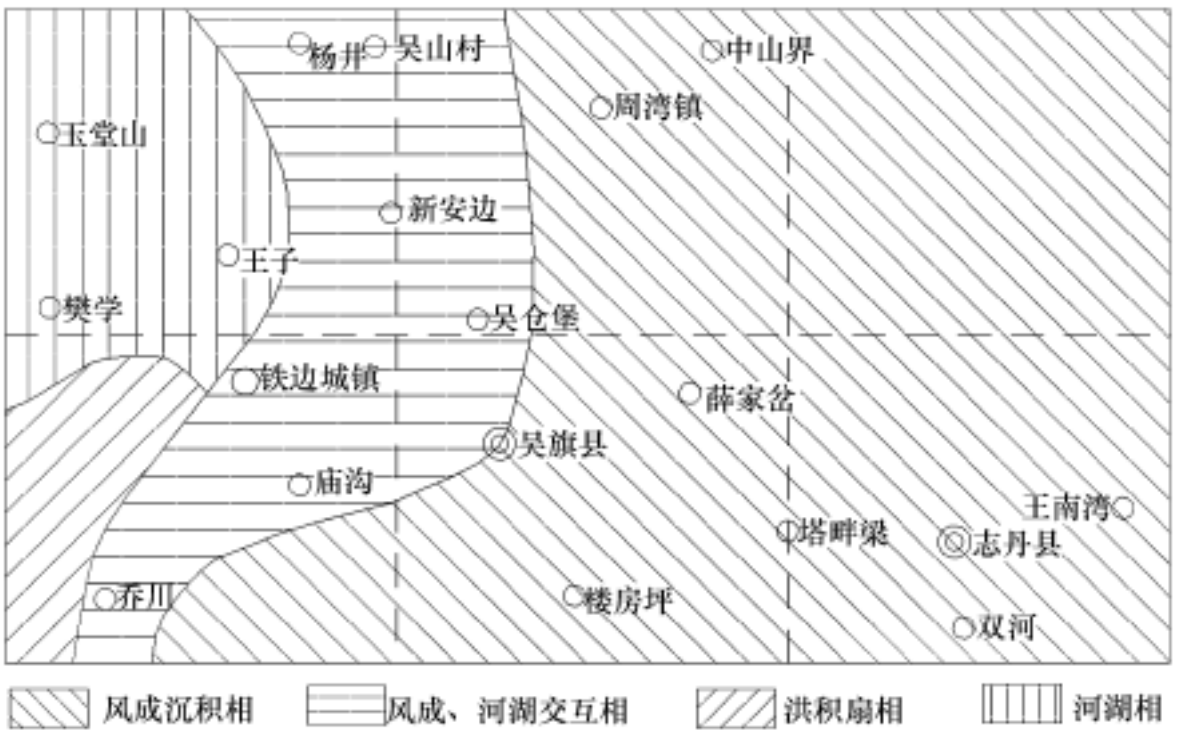


图 1　吴旗、志丹县沉积相平面图

东部志丹县基本为风成相，吴旗县城及其以西为风成沙漠与河湖相的过渡带。洛河含水岩组的沉积相对其水质有明显的控制作用，风成相洛河组砂岩段赋存较好水质的地下水，湖积相的洛河含水岩组水质相对较差。因此通过岩相古地理研究，可宏观地勾划出洛河含水岩组水质依其沉积相的空间分布状况，结合水文地质条件综合分析，认为在吴旗县西部地区，洛河含水岩组中存在风成相堆积，即可能存在矿化度较低的地下水。

3.1.2　水文地质调查

通过重点对白垩系基岩出露地层的岩性特征及变化规律的调查，确定地层的成因类型、时代、层序及接触关系，测量地层产状、厚度及分布范围，调查节理、裂隙发育特征，判定大气降水对基岩的补给情况；采集易溶岩样，分析地下水水化学形成背景。由于吴旗、志丹县分布有较多的石油开采井，地面调查时对石油井的分布、孔深、结构进行了调查，对其上部白垩系的止水情况、效果，尤其是石油开采井周围的注水井的位置、井深、结构（止水情况)、采用的注水水源、注水量、水质等进行了较详细的调查，分析了其对白垩系含水层可能造成的水质污染。

3.1.3　综合物探方法

为吴旗、志丹县找水勘探井的布设进行了综合水文物探工作。

(1) 野外工作基本原则：以大极距激发极化电测深法为重点，遵循从已知到未知的原则，对区内和邻区已有的较深的勘探井进行孔旁测深，取得各标志层资料，并以此指导物探工作，划分出矿化度较低的含水层。

(2) 工作方法：采用对称四极大极距激发极化法，最大 $AB/2 = 1200$ m，在勘查目的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

层洛河组段内，采用加密极距的方法，分别为 *AB*/ 2 = 350 m、430 m、500 m、600 m、700 m、800 m、890 m、1000 m、1200 m。供电电压 200～500 V。当极距大于 170 m 时，采用多组电极供电（最大供电电极组每边 5 组），以增大供电电流强度，保证观测精度。

(3) 分析思路：利用视电阻率、视极化率、半衰时、衰减度等参数在各含水层与非含水层、咸水体与非咸水体中的不同特征反映进行对比，划分含水层及相对淡水层。

(4) 分析方法：根据各参数在含水层与非含水层及咸水与淡水中的不同反映，考虑多种影响，对实测各曲线进行分解分析。首先采用各参数曲线综合对比的方法确定环河华池组及洛河组的主要含水层。主要依据参数为半衰时值及衰减度值，在含水层中，该参数应呈高值反映。其次利用视极化率值在含水层相对淡水体中应呈低值反映的特征及视电阻率值在含水层相对淡水体中应呈相对高值反映的特征划分咸淡水界面，确定水质相对较好的地段。

(5) 实测资料分析：通过对已知孔的对比、分析、解译，对吴旗县铁边城镇勘探孔旁测深（图 2、3），结论如下：

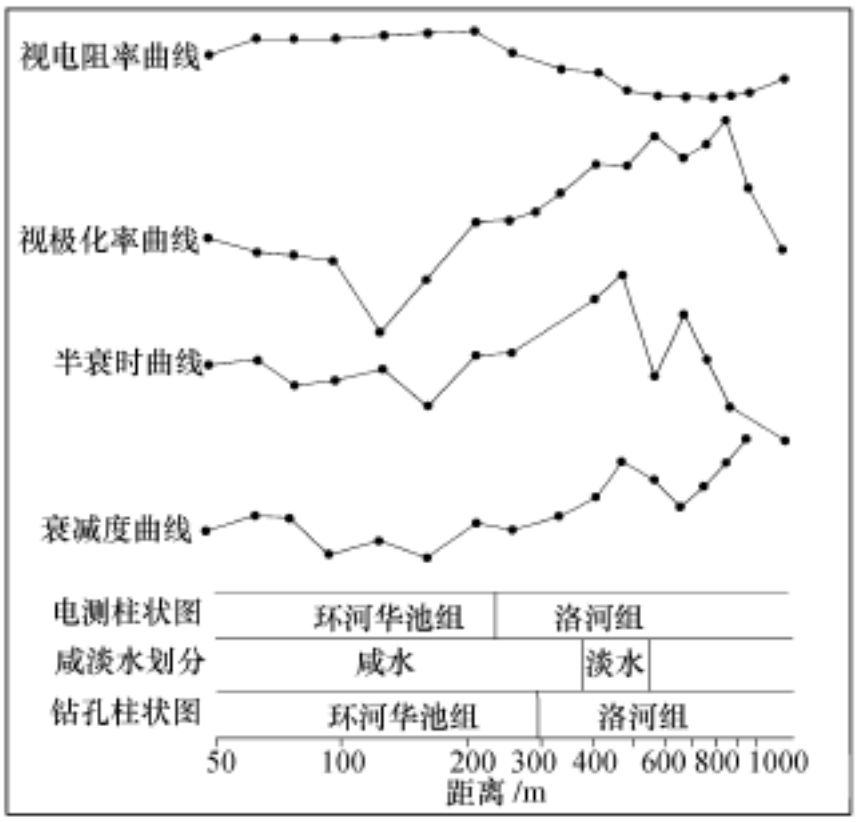


图 2　吴旗县城供水孔孔旁激电测深曲线图

第四系覆盖层厚度 40～50 m；环河华池组段，视电阻率呈相对高值反映，视电阻率在 60～70 Ω·m 之间，视极化率、半衰时及衰减度均呈相对低值反映，说明环河华池组段与洛河组相比，为弱含水层，水量较小，环河组与华池组界面较为清楚，曲线解释与钻孔资料吻合，分界面埋深 270 m 左右；洛河组顶板埋深曲线解释 360～380 m，钻孔揭露为 440 m。环河组水质水量相对较好地段埋深 110～140 m；华池组水质、水量相对较好地段埋深 220～300 m；洛河组视电阻率值约为 35～60 Ω·m，半衰时及衰减度高值出现在埋深 470～640 m 段内，为洛河组水质、水量相对较好段；三者相比，洛河组的水质、水量好于环河、华池组。

(6) 实施效果：通过物探定孔，实施探采结合。在小口径钻探结束后，进行了全孔及洛河组段的物探测井，进一步确定洛河组中的矿化度较低段在 443～513 m。确定实施分层止水，仅取 443～513 m 段的地下水。

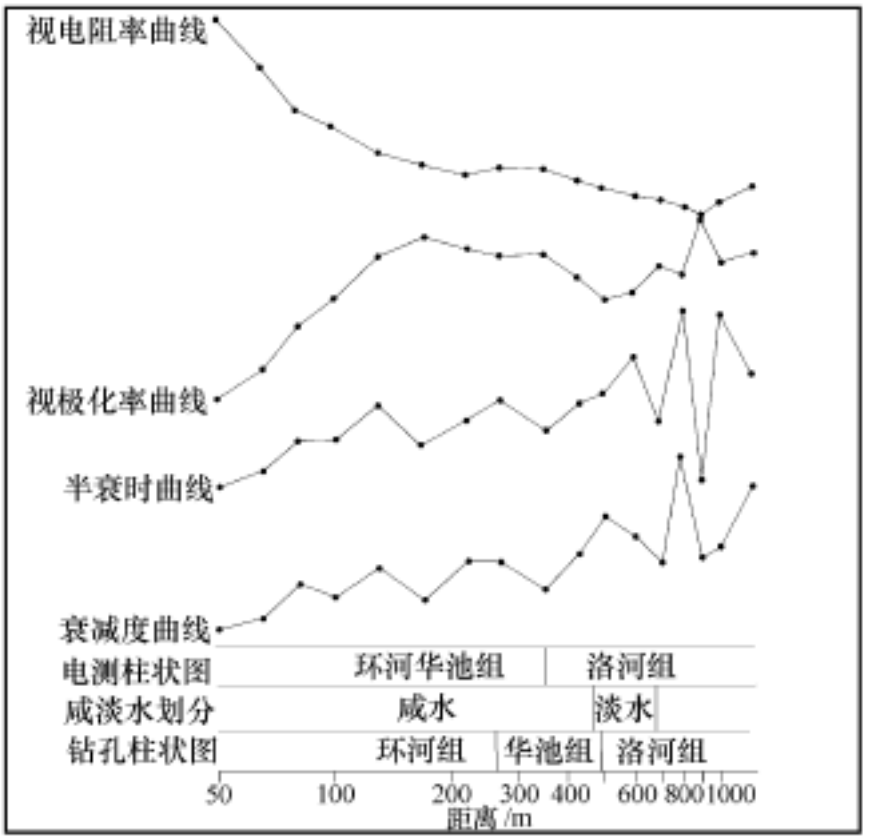


图 3　吴旗县铁边城 ZX1 孔激电测深曲线图

经分层抽水试验，各层水量、水质差别较大。环河华池组水量 215 m^3/ d，**矿化度达** 2.586 g/ L，**超标严重；整层洛河组** (443～776 m) **混合水降深** 4.2 m **时，水量** 919 m^3/ d，**矿化度** 2.390 g/ L，**矿化度与环河、华池组相比降低不大；而洛河组上段水** (443～513 m) **降深** 9.88 m **时，水量** 682 m^3/ d，**矿化度仅** 1.433 g/ L，**其矿化度、氯化物、硫酸盐含量比上两层水明显降低，氟离子含量仅** 0.6 mg/ L。**表明物探解释基本揭示了实际情况，较好的指导了勘探工作，为该地区实施找水勘探积累了经验。**

3.2　富县县城

富县县城找水勘查以洛河河谷区为主，主要寻找洛河古河道或地下水强径流带。通过找水勘查，查清水文地质条件，设计出合理的开采方案。

3.2.1　地面调查

以河谷川道区调查为主，主要调查第四系松散层的厚度、岩性、结构，调查地下水的埋深、松散层的富水性、地表水与地下水的补排关系、水质等；通过民井调查，判断河谷区基岩风化壳的分布、厚度、含水性等。通过调查初步判断古河道及地下水强径流带。

3.2.2　综合水文物探

(1) **野外工作基本原则：富县地面物探的主要目的是勘查河谷川道中第四系含水层及基岩风化壳的分布、厚度、水量、水质等。工作量主要布设于洛河河谷、河谷与支流交汇处，且测线垂直于河谷布置。采用的方法是先用音频大地电场及 α 杯联合扫面，主要查清富县县城洛河河谷区是否存在隐伏构造带及基岩风化裂隙发育带的空间展布，寻找地下水强径流带，然后用视电阻率测深、激电测深等方法进行综合对比、分析，以提高工作成果的可靠性，进一步确定取水点及取水深度。**

(2) **工作方法选择及目的**

音频大地电场法：使用国土资源部保定水文技术方法研究所生产的 YDD B 型音频大地电场仪，音频剖面点距采用 10 m。目的是查清测区内是否存在隐伏构造带。

核技术 α 卡法：使用成都理工大学生产的 LGHY 型 α 卡找水仪，仪器本底读数≤1 脉冲/ 30 s，实际工作中埋卡（自然 α 卡）6 小时后观测。目的是查清测区内的隐伏构造、基岩的风化裂隙发育带、古河槽的发育位置。

对称四极激发极化电测深：使用重庆奔腾数控技术研究所生产的 WDJD 1 型多功能直流激电仪。实际工作中根据地形及实测情况，随时调整 *AB*/ 2 的大小，选用加密极距（极距密度 2～3 m）等办法以保证工作成果精度。目的：查清测区第四系覆盖层厚度及岩性在纵向埋深上的变化及富水性情况变化；查清基底的起伏形态。

(3) 实测资料分析

音频大地剖面：统计分析 19 条音频剖面，各剖面曲线均未有异常出现，各剖面之间，实测数据虽有不同，但同一剖面间，实测数据接近，结合 α 卡剖面实测数据及邻近地区多年工作经验，可以判定区内没有较大的隐伏构造带存在。

核技术 α 卡剖面：统计 16 条 α 卡剖面曲线，每条曲线均有高值异常出现，其异常幅度平均为背景值的 1.5～3 倍（测区内 α 卡背景值为 4），但异常值的绝对值相对较低，为 6～12。分析异常点带的分布形态，可知测区内 α 卡异常较有规律，表现为在河谷有一条异常带，带宽 20～40 m，结合音频剖面在测区内没有异常反映及 α 卡异常值较低，综合判断该异常为古河槽与古河槽内基岩风化裂隙共同作用所致，且裂隙发育程度相对较低、深度较浅，此外，各 α 卡剖面上也出现了一些无规律的 α 卡异常点，说明基岩裂隙发育不均匀。

对称四极激发极化电测深：工作中选取洛河河谷中异常明显的 5 条剖面为激电测深剖面，点间距 50～70 m，*AB*/ 2 = 50～100 m，在地形条件较好的局部地段，*AB*/ 2 选用 350 m 以了解地层深部的富水性程度。

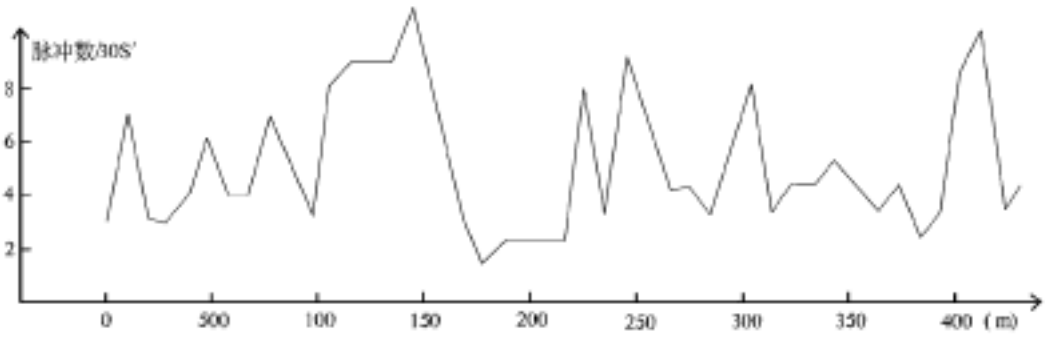
对野外实测资料进行综合整理、分析、计算机解释，结合水文地质调查结果，分别绘制出视电阻率等值线图、视极化率等值线图、半衰时等值线图、解释地质剖面图等综合图件（图 4），分析如下：①第四系冲积层在高漫滩及阶地上，厚度可达 8～20 m，其中：洛河河谷冲积层厚度为 10～20 m，岩性以亚砂土、卵、砾石层为主；②测区内没有较好的贮水隐伏构造，基岩裂隙总体不发育；③洛河古河槽宽 70～90 m，厚度约 20 m；④主要含水岩组为卵、砾石层，含水层厚 10～16 m；⑤富水地段：分布于古河槽内，地下水赋存条件相对较好，水量较丰富。

(4) 实施效果：根据勘查结果，结合近年来在该地区的找水经验，确定富县县城取水为水平集水方式，在富县火车站洛河河谷古河道中实施渗流井取水工程。工程竣工后出水量达 3264 m^3/ d，充分验证说明了勘查方法的有效性和选择渗流井取水方式的正确性。

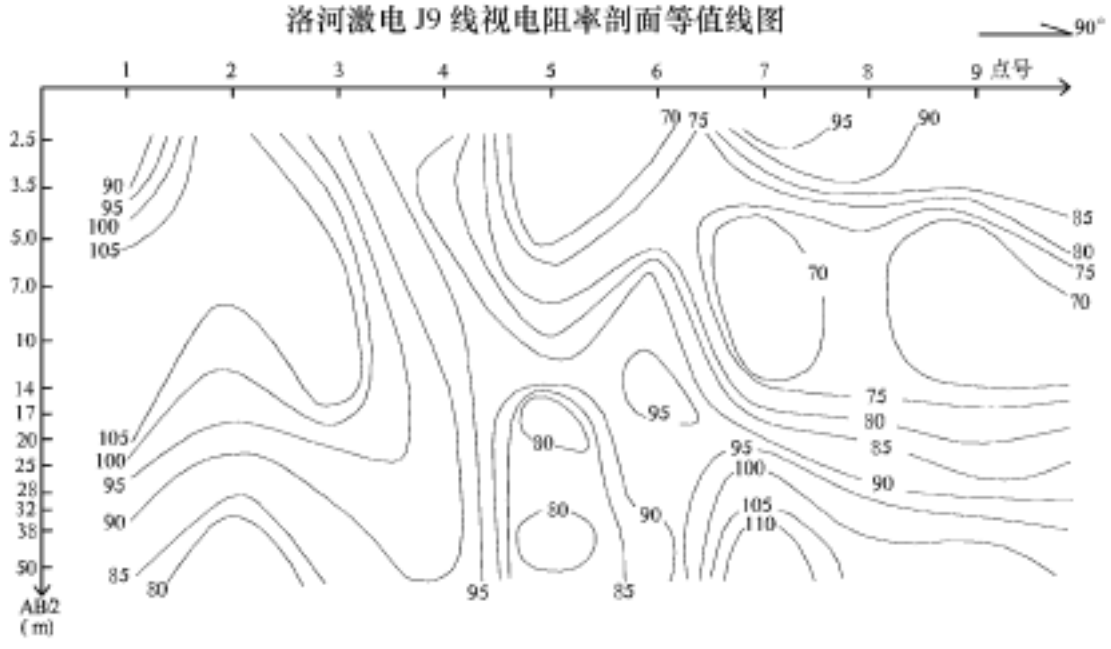
4 结论

在陕北黄土覆盖区开展找水勘查工作，根据不同的水文地质条件，采用新的方法和思路，利用不同的工作程序，投入相应的勘探方法，实施适合当地水文地质条件的取水工程，是可找到水量较大和水质较好的地下水的，并可缓解陕北地区人畜饮用水严重缺乏的局面。

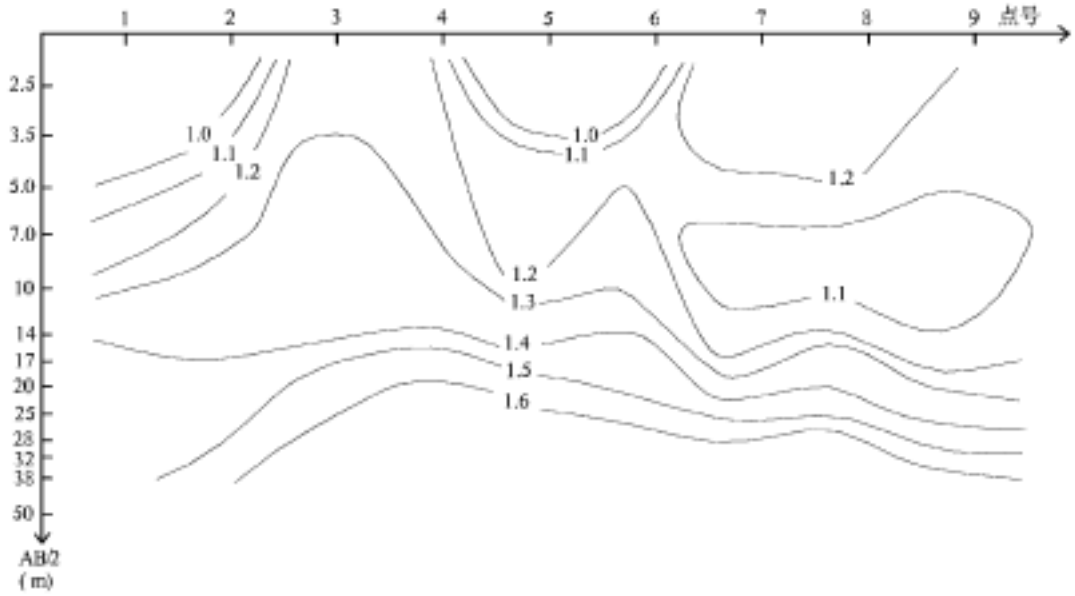
α卡法 K12 线脉冲曲线



洛河激电 J9 线视电阻率剖面等值线图



洛河激电 J9 线视极化率剖面等值线图



洛河激电 J9 线解译地质剖面图

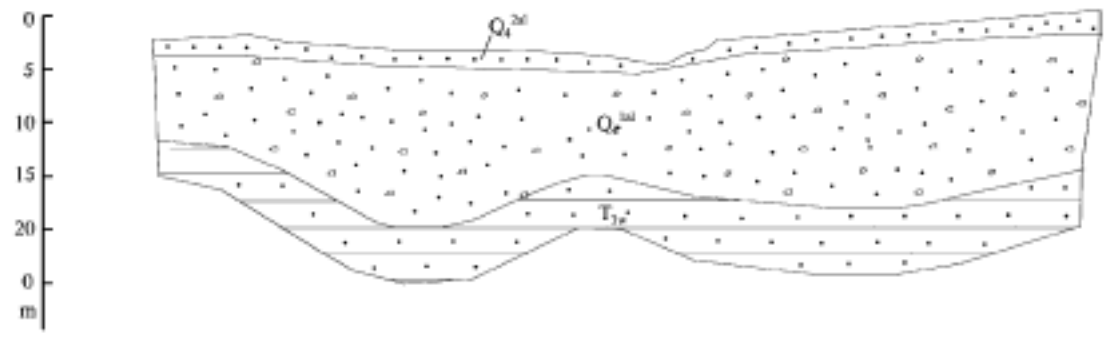


图 4　物探曲线图

宁夏南部严重缺水地区找水经验小结

王　新　贺
(宁夏地质调查院地调四室)

宁夏回族自治区地处我国西北内陆，位于黄河中上游，国土面积 6.64×10^4 km^2。气候干旱，降水稀少且不均匀，蒸发强烈。地形地貌以丘陵、平原（盆地)、山地并存，山前“红岩”丘陵台地、黄土丘陵、山地构成宁夏主体地貌，约占 73.8%，平原（盆地）不足 26.2%，受地质环境的制约，宁夏水资源匮乏，成为全国最缺水的省区之一，严重制约着宁夏的经济发展，使宁夏成为经济落后、人民生活水平低下的地区之一。为此，宁夏地质工作者在各级党组织的领导下，进行了近 30 年的区域水文地质勘查工作。尤其是进入 20 世纪 90 年代，随着改革开放和经济发展，党中央、国土资源部和中国地调局及地方政府重视水资源勘查与开发工作，相继部署了“西北地区地下水资源特别计划”、“新一轮国土资源大调查(专项找水示范工程、鄂尔多斯盆地地下水勘查)”、“部党组联系点(固原县地下水资源勘查)”等一系列区域水文地质勘查工程，并取得了可喜的勘查成果和成功经验。

1　区域缺水基本状况

宁夏回族自治区地下水分布极不均匀，北部得益于黄河过境和自流灌溉，使得宁夏河套平原地下水获得充足的补给，地下水天然资源量达 22.09×10^8 m^3/a，占全区地下水资源总量(26.57×10^8 m^3/a)的 83%。平原区以外的广大丘陵、山地(面积达 4.4×10^4 km^2，占全区总面积 84.73%)地下水天然资源 4.48×10^8 m^3/a，仅占全区地下水天然资源的 17%。区内咸水资源广泛分布、淡水资源短缺。其中淡水(矿化度小于 1 g/L)资源为 14.7×10^8 m^3/a，占全区地下水资源的 55%；矿化度大于 1 g/L 的资源量为 11.87×10^8 m^3/a，约占天然资源量的 45%，分布面积约 3.5×10^4 km^2，占全区面积的 66%。其中 1～3 g/L 的微咸水资源量为 8.5413×10^8 m^3/a，占天然资源总量的 32%；矿化度 3～6 g/L 的咸水资源量约为 2.51×10^8 m^3/a，约占天然资源量的 10%，主要分布在宁夏中南部的石沟驿、惠安堡、予旺同心、兴仁一线；矿化度大于 6 g/L 的苦咸水资源量约为 0.83×10^8 m^3/a，约占天然资源量的 3%，主要分布在宁南固原北部各地(《宁夏回族自治区水资源评价》，孙永明著)。

全区氟离子含量大于 1 mg/L 的地下水分布面积约 4.22×10^4 km^2，占全区面积的 81.5%，其中南部各地（包括盐池、同心）为 3.5×10^4 km^2，北部约 0.7×10^4 km^2，仅盐池县高氟水分布面积就达 8000 km^2，且大部分地区氟离子含量 4 mg/L 以上，最高达 20 mg/L。

宁夏中南部严重缺水地区系指北纬 37°25′以南的广大山地丘陵区，平均海拔高度 1700～2000 m，面积约 3.23×10^4 km^2（占全区总面积约 70%)。主要行政区划所辖为固原市和吴忠市的 11 县市，毗邻陕北和陇东黄土高原缺水区。据初步统计，该区地下水天然

资源量约 3.90×10^8 m^3/a，其中可利用的淡水和微咸水 3.52×10^8 m^3/a，目前开采量约 1.37×10^8 m^3/a，尚余 2.15×10^8 m^3/a；地表水资源量约 7.51×10^8 m^3/a，扣除重复量和蒸发量，可利用资源大约为 3.66×10^8 m^3/a。即使目前采取的一系列地表调蓄工程实现预期目标，到 2005 年仍缺水 $2\times10^8\sim4\times10^8$ m^3/a。特别是自 1998 年 10 月以来，连续两年半大旱，近 130 万亩耕地几乎绝产，57 万人、11 万头大牲畜、57 万只羊断绝了饮用水源。

宁夏南部各县，除清水河平原的部分地区受益于“1236”引黄工程、隆德、泾源县地处六盘山阴湿区外，一些县城供水水源（如西吉、同心等）难以解决，其乡镇缺水更为严重。各县主要缺水乡镇分布见表 1。

表 1　各县主要缺水乡镇分布

县　名	面积 km^2	人口 万	乡级单位	缺水乡镇	缺水现状	严重缺水乡镇
盐池县	8366	15.2	16	16	水质型缺水严重	6
同心县	8433	34.8	17	15	水质水量均严重	12
固原县	6221	51.2	26	16	水质水量均严重	8
海原县	6899	36.9	24	14	水质水量均严重	10
西吉县	4346	44.7	26	20	水质水量均严重	14
彭阳县	2528.65	24.7	20	8	水量型缺水	6

2　区域缺水基本原因

宁夏南部缺水，一是资源型缺水，二是水质型缺水，究其原因主要可归纳为：

(1) 自然环境条件恶劣。宁夏具典型的大陆性气候特征，降水稀少，蒸发强烈，冬寒漫长，夏热日短（无霜期不足 150 天），温差较大。年均降水量 300～400 mm，蒸发量高达 1900～2000 mm。

(2) 地质灾害危害严重，地表水、地下水涵养能力差。宁夏中南部多为黄土丘陵地区，沟壑纵横、植被稀少，区内降雨集中于七、八、九月，降水多形成洪水，有限的降水无法靠地表水利工程调蓄储存，降水过后迅速流失，加剧水土流失，造成土地贫瘠、水源缺乏。

(3) 地下水赋存条件恶劣。宁南受构造运动的影响，盆山相间，沉积了大厚度的侏罗系、白垩系和新老第三系地层，这些地层富集石膏（$CaSO_4$）、芒硝（Na_2SO_4）等易溶盐矿物及氟离子，造成大部分地区分布苦咸水和高氟水，矿化度局部高达 30～150 g/L。

(4) 当地经济落后，生活贫困，仅有的淡水资源得不到科学利用和涵养，淡水资源逐步减少，造成生态环境恶化，形成“恶性循环”。另外，受经济条件的限制，地下水勘查投入的先进技术较少，一部分淡水资源尚待发现和开发。

宁夏中南部水源缺乏，人畜饮用水都很困难，发展工业更无从谈起；缺水造成生态环境脆弱，如果不解决水源问题，“再造山川秀美”、退耕还林还草和进行生态环境建设也是极为困难的。由此可见，缺水严重制约着当地社会经济的发展，水资源勘查开发利用成为当地社会经济发展的急需。

需要全本请访问 www.ertongbook.com