

中国科学院治沙队1961年治沙科学研究总结会议

宁夏河东沙区地下水的 开采利用条件及评价

水利和水文地质研究组

执笔人：邱国庆
徐道明
参加人：李雄 尚钟杰
(中国科学院治沙队)

一九六一年十二月 呼和浩特

報告審查意見表

題目名稱	
執筆人簽名	
參加人	
題目負責人意見 及簽名	
打印分數	
保密程度	
附件要求	
室秘書簽章	
室主任簽章	

目 录

(一) 宁夏河东地区水文地质分区概况

(二) 河东沙区地下水的形成及分布

1、地下水的形成

2、地下水的分布

(三) 各种地下水的开采利用条件及评价

1、西部褶皱带中被褶曲的中生界（三迭、侏罗）地层中的层间水

2、黄土梁北部组成向斜构造的白垩系岩层中的层间水

3、黄土梁南部组成向斜构造的老第三系岩层中的承压——自流水

4、梁坡及窪地基岩风化裂隙水

5、沙漠汗水

6、拗谷第四系松散堆积物汗水

简 结

参考文献目录

附件：宁夏河东地区水文地质分区图及说明表

宁夏河東沙区地下水的 开采利用条件及其评价

宁夏的河東沙区，位于東经 $105^{\circ}-107^{\circ}30'$ 、北纬 $36^{\circ}-39^{\circ}$ ，属于毛烏苏沙漠的西南部分。该地区年降雨量小（ $200-300$ 毫米）蒸发量大（ $2100-2500$ 毫米），除黄河沿岸的陶乐县有引黄灌溉条件以外，其余地区地表径流极为缺乏。因此，在改造利用毛烏苏沙漠的研究工作中，查明河東沙区的地下水资源是其重要研究项目之一。

解放后，为查明区内矿产资源及解决供水问题，生产部门和科学研究部门曾在此进行了一系列的工作，其中包括区域地质、水文地质和经济发展规划等各方面的工作，积累了丰富的资料。其详细程度和解决的问题这里不予一一列述。总的来说，借助这些资料能够基本摸清本区地下水分布的主要规律及其形成的主导因素，能够得出本区地下水多寡的结论。

本文係在现有资料的基础上进行分析，对宁夏河東沙区地下水的开采利用条件及其评价问题提出一些看法。但由于水平有限，加之区内某些地区资料不足，特别是钻探水文地质资料的不足，本文难免有谬误遗漏之处。

(一) 宁夏河東的水文地质分区概况

宁夏河東地区地下水蕴藏情况是受着大地构造、地貌、地质条件控制的，而气候因素直接影响地下水的丰歉。河東地区主要的气候因素如表1：

表 1 —— 河東地区主要气候因素

地 点	年降水量 (毫米)	年蒸发量 (毫米)	潮湿系数	干燥度
东部盐池	291.5	2161.6	0.135	1.92
西部灵武	222.8	2140.9	0.105	3.01
南部同心	288.9	2472.2	0.113	1.95
北部石咀山	158.0	2568.4	0.061	3.72

(据灵武白象滩气候服务站)

由表 1 看来，整个宁夏河东地区气候相当干燥，均属微湿度带（据方鸿慈的分类）。由东到西，由南向北，气候更趋干燥。因此吴忠石油队 101 队把牛毛井分水岭以东的盐池——安边地区称为地下水丰富地区，把分水岭以西地区称为地下水贫乏地区，这是有道理的。

然而，在潮湿系数和干燥度大致相同的情况下，全心地区、盐池地区、以及西部的银川平原地区，在水文地质条件上有很大的差异，这是因为它们所处的大地构造、地貌部位不同。南部同心地区属于古生界基岩褶皱山地及黄土丘陵区，直至近期仍在迅速上升，沟谷深切；东北部灵武、盐池一带属于鄂尔多斯地台本部及西缘褶皱带，上升幅度次于前者，形成低缓丘陵、梁地及拗谷相间的地形；在西部银川平原地区属于黄河地堑，近期仍在下降。因此，南部全心地区的地下水以埋藏深为其特征；西北部灵武、盐池一带，地下水埋深随地形起伏而异（在拗谷中一般小于 5 米，在梁地则大于 10—20 米）；而在银川平原地下水埋藏一般很浅。

上述三个地区的岩性条件亦迥然不同，同心地区除黄土复盖的高原以外，尚有古生界基岩组成之山地，山区基岩中有水质较好和埋藏不定的裂隙水。黄土本身一般不含水，地下水埋藏于黄土底部的砾石层中，埋藏很深（受黄土厚度的控制），全时由于其下的老第三系地层盐分滤的影响，水质很差。银川平原的地下水蕴藏在很厚的冲积砂和砾石中，从其两侧地表径流和黄河渠系水得到补给，含水丰富而且分布稳定；而灵武、盐池一带，地下水存在於稀疏、分散的第四纪松散堆积物中，以及基岩裂隙中，深层基岩水具有不大的承压性。

如上所述，宁夏河东境内的自然地理条件有很大的差异，其必然会影响到各地的水文地质条件。根据这种差异，宁夏河东全区可以划分为三个水文地质区和四个亚区（参看分区简图及说明表）共分区名称如下：

I 黄河地槽冲积平原水文地质区

II 鄂尔多斯地台本部及西缘褶皱带沙漠丘陵水文地质区

II₁ 鄂尔多斯地台本部中新生代缓间斜水文地质亚区

II₂ 鄂尔多斯地台西南缘中生代褶皱群水文地质亚区

III 宁南褶皱山地及黄土丘陵水文地质区

III₁ 牛首山——罗山古生界基岩褶皱山地及山间盆地水文地质亚区

III₂ 黄土丘陵及丘间盆地水文地质亚区

分区的界线大体与1960年宁夏河东新建农场及治沙综合规划队所划分的地貌区一级界线相合。分区的原则主要考虑大地构造和地貌，其次考虑地质岩性条件。气候在这里是一个共同的因素；而大地构造和地貌部位的不同，反过来影响了气候和其他自然地理因素。

上述分区中的II区，即本文所要论述的宁夏河东区，其范

围东到分水岭，西到黄河冲积平原，南至黄土高原边缘，本身乃是一向西倾斜的高原，高原上气候干燥，农牧并重。就供水条件而论，在区内有着共同的特征而不同于邻区。它不同于Ⅰ区（银川平原）那样富含地下水，而且具有引黄灌溉的便利条件；也不像Ⅲ区（黄土高原）那样，虽然地下水不宜利用，但有因洪漫淤的条件，这里几乎没有任何可以利用的地表水流，地面较黄河水面高300—600米，目前很难引黄灌溉，要解决水流问题，必需查明地下水资源。这里能否以水治沙，能否大力发展农田水利，能否满足畜牧对水的需求，地下水利用的可能与否是一个关键问题。全时Ⅱ区包括了河东的三条主要沙带，所谓河东的沙区亦即指此而言。干旱及风沙的危害严重地影响这里农业经济的发展，为配合防灾保产研究工作，在这里提出了利用地下水灌溉植树造林、设牧农田的措施要求，地下水资源成为治沙工作的重要依据。

因此，查明河东沙区地下水资源是很重要的。

(三) 河东沙区地下水的形成及分布

河东沙区包括盐池、灵武和陶乐三县的大部分地区，前已述及，这里代表着鄂尔多斯地台及西缘褶皱带沙漠丘陵水文地质区（Ⅱ区），全时又根据地质构造条件分为二个亚区（Ⅱ₁亚区和Ⅱ₂亚区），这二个亚区的分界位于宝塔——马家滩南北一线。

在宝塔——马家滩一线以东，属于鄂尔多斯地台本部范围，根据地质构造及所出露地层，又可分为南北二部分，大致以王乐井——宋家楼黄土分水岭为界，其南为较完整的老第三系向斜构造，其北部老第三系地层受到剝蚀，露出了白垩系向斜构造。第三系地层与白垩系地层构造一致，轴向南北，二翼非常平缓。

西部磁窑堡公社等地为一系列南北向延长的向斜和背斜组成

的褶皱带分布，由中生界地层组成，褶皱较紧密，倾角较大。

地质构造情况的差异；造成了此处东西南北深层地下水不同的赋藏条件。

这里地势较高。总的说来，从高沙窝公社东部的牛毛井南北分水岭向西缓缓倾斜，地面标高由1650米向西下降至1300米，而横卧中部的朱家楼——王尔井以南的黄土分水岭，高程亦在1600米左右。在东部的高沙窝公社一带，地形起伏不大，为梁地拗谷相间地形，梁谷相对高差约20—40米。西缘褶皱带地形起伏较大，一般高差50—100米，仅某些构造剥蚀低山丘陵区（如西耳山、马鞍山等）高差较大，但一般都不超过200米。全区仅在西部有一条常年河流——西天河，受降雨及地下迳流补给，流量小，水质咸苦。在丘陵、梁地及拗谷中，一般均缓有风成砂，各处厚薄不一，且多被固定，活动沙带一般分布于低处。

此处气候干燥，降雨少而集中；年雨量200—300毫米，由西向东渐增，蒸发度由西向东渐减约在2140—2160毫米/年，属于半干旱荒漠草原带。

上述条件，必然影响到地下水的形成及分布，影响到地下水的开采条件。

1、地下水的形成

无论是深层水或浅层水，都由降水渗入补给。这里降雨都集中在7、8、9三个月，而每月降雨又集中在某几天进行，往往一天降水量就等于全月的30—50%，暴雨过后，又没有出现地表迳流。在某些集水窪地，如东湾洼地降雨后积水较深，但雨后即逐渐渗失。由此可见，除蒸发外，降水大都渗入地下，补给地下水。据白象滩地区地下水动态观察资料（1959年—1960年），随着雨季的到来，地下水位逐渐抬高，在9—10月分，即雨季之末，出现最高水位。由此可见，降雨是影响地下水多寡、水位

高低的重要因素，降雨下渗是地下水的重要补给来源。

关于沙漠凝结水对汗水的补给作用问题，几乎每一份有关本区地下水的报告都谈到其可能性，但都没有提出可信的根据。从现象看来，凝结补给可能存在，但凝结过程及补给量的大小还未被很好的研究过，此处很难作出什么结论。

2. 地下水的类型

在不同的地质条件下，地下水具有不同的类型，本区地下水有以下几种类型：

① 浅层水，包括上层滞水（局部小洼地及基岩风化裂隙中）及汗水（拗谷汗水、湖盆地汗水、沙漠汗水）。

② 深层水，包括基岩裂隙中和孔隙水（承压的和非承压的）。

浅层水分散地分布于一个个的洼地和拗谷中，汗水面连续不长，径流性不强。除拗谷汗水能以水平排泄方式向西流动外，在许多洼地中，以垂直的蒸发及下渗作为排泄方式。

这里要着重讨论一下深层水的分布及存在状态，这与下面阐述深层水的贫乏有关。基岩水的分布和存在状态与基岩的岩性特征以及整个地下水的循环运动有关。

首先，在基岩的岩性特征方面。本地区基岩包括这些时代，由老至新为三迭系（T）、侏罗系（J）、白垩系（Cr）、和老第三系（Pg）。三迭系和侏罗系只分布在西缘褶皱带，由于褶皱较剧烈，在地表都有出露。白垩系主要分布在地台本部，组成缓

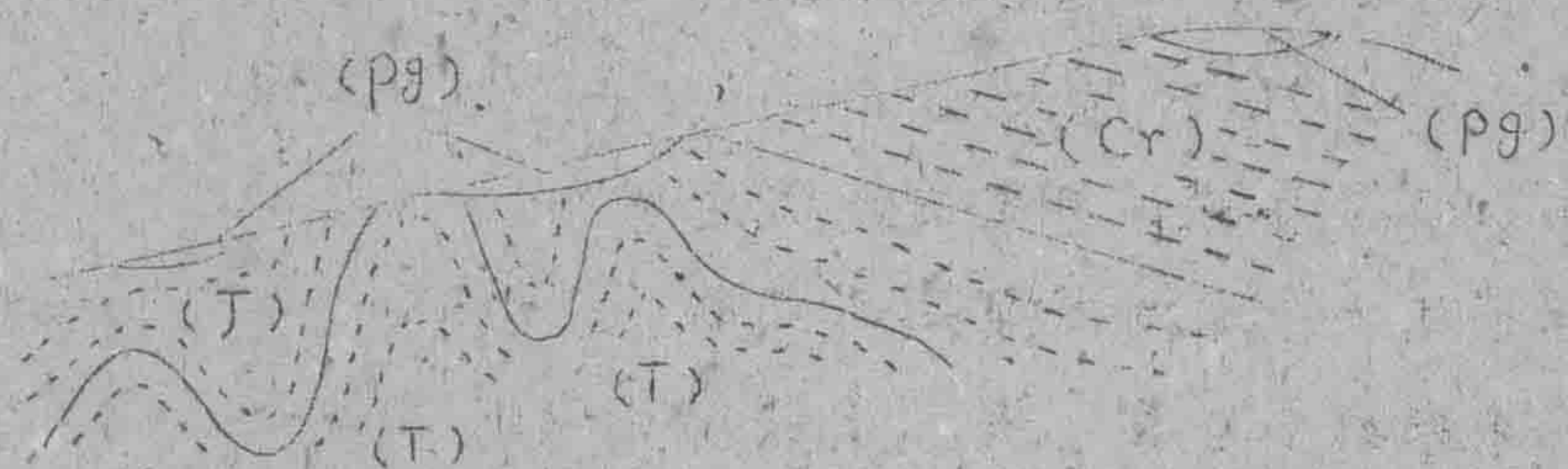


图1：鄂尔多斯地台和西缘褶皱带基岩的时代和分布

向斜构造。老第三系分布较分散。

基岩总的岩性特征可以归纳为下列几点：

(1)、整个剖面以泥岩、泥岩——砂岩、砂岩为主，某些层位含有砾岩，如三迭系底部，侏罗系的局部以及白垩系和老第三系的边缘相。

(2)、岩性以细颗粒组成为主，分选差，一般孔隙性差，但个别具有较好的孔隙性，如三迭系底砾岩，侏罗系安定统和老第三系中部的松散细砂岩。

(3)、岩性破碎，裂隙发育，泥岩和砂质泥岩等较老层更是如此。从一些勘探资料来看，每钻进一公尺泥浆消耗量一般达80—100公升，但在某些裂隙泥岩中钻进，泥岩消耗量竟达500公升，由此可见，泥质岩类的裂隙性是非常发育的。

(4)、岩相水平变化较大，岩层对比困难，层理较为复杂（如交错层等）。

(5)、剖面中无显著隔水和含水的岩性差别；既无良好的含水层，亦无良好的隔水层。泥岩和砂岩的富水性不相上下，一般砂岩并不富水，甚至在胶结和充填较高的情况下成为相对的隔水层。

根据上述岩性条件，可以得出一般的水文地质结论，即基岩地下水以裂隙含水为主，岩石富水性不良，承压性差，开采利用条件不利。

其次，在鄂尔多斯地台地下水的循环运动方面：吴忠石油勘探队102队根据 CaCl_2 型水分布深度线西倾的事实，认为地台深部的地下水存在着由西向东的径流运动，全样在水动力垂直分带中，上带水的循环深度线亦是西倾的，此深度在西部为800—1000米，东部约100米。该队是根据地质构造基础，为白垩纪大向斜之西翼及西缘褶皱带是深部径流的补给区，其以东地区为径流区，再向东至子长、延德一带的黄土沟谷和无定河谷内排泄。

(图2) 显然，在补给区由于气候干燥，地下水得不到充足的补给，削弱了对盆地中部地下水的压力和流动性能。这就是整个鄂尔多斯地台深部径流运动和循环状况。

由上述情况推测：补给区地面以下数百公尺的深度范围内，为大气降水和浅层汗水的渗入补给空间，下渗水流时连续时断续的垂直下渗，地下水呈点状状态或者不大的水体存在于岩石的裂隙和孔隙中，当在其中进行钻探时，钻孔就成为它们的集水管道，因此其中地下水较贫乏。鄂尔多斯地台白垩纪向斜构造的全部地层和西缘褶皱带上部地层就位于这样的渗入补给空间，这就是以下要叙述的第一和第二种水。

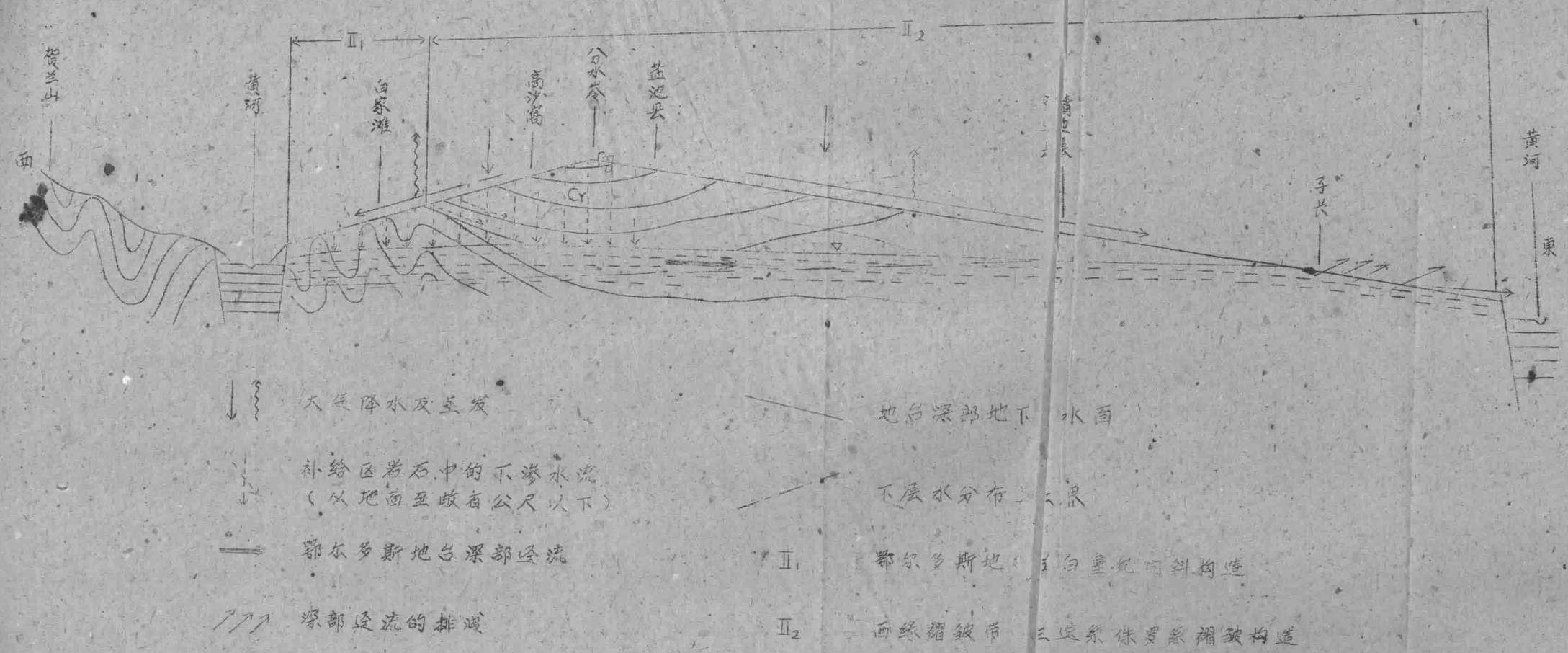


图 2 鄂尔多斯地台地下水运动及循环示意图

(三) 各种地下水的开采利用条件及评价

根据地质构造和地下水的分布型式，可将本区所有的地下水分为如下六种：

①、西部褶皱带中被褶曲的中生界（三迭、侏罗）地层中的层间水。

②、黄土探北部组成向斜构造的白垩系岩层中的层间水。

③、黄土探南部组成向斜构造的第三系岩层中的承压——自流水。

④、探坡及窪地基岩风化裂隙水。

⑤、沙漠水。

⑥、拗谷第四纪松散堆积物水。

这六种地下水中，前三种是属于深层的，其埋深一般20米以下，后三种属于浅层的，其埋藏深度一般为1—10米，个别为20米。

以下分别叙述这六种水的开采条件及评价。

1、西部褶皱带中被褶曲的中生界（三迭、侏罗系）地层中的层间水

主要分布在宝塔以西的鄂尔多斯地台西缘褶皱带中，如砥堡、苦水、马家滩等地。

西缘褶皱带由一系列南北向的背斜和向斜构成，向斜构造往往形成良好的贮水条件，如右油部在积家井以北的苦水向斜钻探资料表明，该向斜内上侏罗系地层含水较丰富，但并非可以由此证明本区所有向斜部位有良好的地下水。

中生界三迭系侏罗系地层的岩性基本为一套泥岩及沙质泥岩，岩性较破碎，含水层复杂，在马家滩一带中侏罗纪地层中有二个含水层，分别埋藏于85米和181米之下，混合水位为45.7米。

含水以裂隙为主，岩石平均孔隙率为20%，渗透系数约7—15米/昼夜，湧水量不甚稳定，一般往深处有增高之趋势，矿化度亦随之增高。

地表出露之基岩裂隙水，一般湧水量为0.05升/秒，矿化度为1克/升，为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$ 或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型水（表2）

表2 —— 西缘褶皱带基岩风化裂隙水

地 点	岩 性	湧水量(升/秒)	矿化度(克/升)	水化学类型(舒氏)
碱窑堡(泉)	沙质泥岩	0.05	0.7	$\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$
灵武余家圈	砂 岩	0.088	1.46	$\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$
单疙瘩村	砂 岩	0.06	5.07	$\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Ca}$
小 东 沟	泥 岩	0.0055	3.02	$\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$
回 回 巷	砂 岩	0.05	1.7	$\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$

（据宁夏水文地质队1/20万普查报告）

而在苦水向斜30—80米深处，湧水量为2.5和3.13升/秒（下降水位4.5米），矿化度达5克/升，为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型水，（宁夏水文地质队CKB4，CKB5钻孔）。

再往深处，在碱窑堡北砂坑道中，沿岩石层面湧出的水量达25.77升/秒，水质更坏（该砂坑深约100米）。

在三迭、侏罗系地层中，三迭系底部和上侏罗系地层具有良好的孔隙性。三迭系地层底部岩性为粗粒灰石砂岩和底砾岩，在改流水一带其露出地表之基岩裂隙水为 $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ 型水，矿化度0.3—0.7克/升。

上侏罗系（延安统）地层为浅红色块状粗砂岩至砾状砂岩，

岩层疏松，含水层厚度170—220米，厚度由北向南加厚。含水层的埋深由北而南为82—37米，水位由北而南为74.2—36.21—17.9米，具10米以上的承压水头，其涌水量为2.5—3.13升/秒（水位下降4.5米），矿化度为5克/升，为 $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$ 型水。本层富水性较富，含水层厚度大，具良好的储水条件，为西部地区开采利用地下水的主要对象之一。

在西缘中生代褶皱带中，水化学的垂直变化规律是很明显的，矿化度自上而下增加，一般至400—600米的深处，即属所谓下灰水（马家滩400米以下，周家800米以下），该深度为三迭系和下侏罗系的生油带，水质及矿化度为高矿化的重碳酸钠质水，这种地下水对农业生产已无实际意义。下层油田水的化学成份有时反映到汗水中来，如马家滩和小东沟一带，浅层汗水亦也为重碳酸钠质。

由以上事实，可以对西部褶皱带中生代地及中地下水开采利用的条件作如下结论：

① 各处涌水量变化较大，涌水量随深度增加而增大，水质相应变坏，从地表到100米深度内，涌水量从0.05增大至3升/秒，有时甚至数十升/秒，矿化度0.5克/升—6克/升。

② 由于水化学垂直变化规律，取水深度不超过200米为宜。长期取水时应特别注意深及高矿化水的混合。

③ 上侏罗系安定统（J3A）富水性较强且埋藏不深，为西部深灰水主要开采对象。

④ 在西部地区开采利用深灰水对发展农牧业具有一定的现实意义，该地农牧用水可以采取深浅结合的规则。

2. 黄土梁北部组成向斜构造的白垩纪岩层中的灰间水

宝塔、马家滩一线以东，盐池县的西北部（主要包括高洪窝公社和城关公社）地下为一个非常平缓的向斜，组成向斜构造的

白垩纪地厚约400米，其轴部在盆地分水岭以西，轴向南北；与分水岭大致平行。

这里述及的向斜仅是其轴部和西翼，地厚倾角平缓，向东缓缓倾斜，与地形之西倾刚好相反，向斜内翼补给区标高1350米左右，承压区标高1500—1600米，承压区高于补给区，决定了深灰水承压性不良。

白垩纪地厚包括环河灰(Crp4——厚145米)、罗汉洞灰(Crp5——厚65—95米)和泾川灰(Crp6——厚200余米)，总厚约400米。对本区白垩系的水文地质研究远比其他方面为少，并且多限于其上部的泾川灰，但是整个白垩系的水文地质条件可以借助于大范围的区域地质资料加以合理的推断。泾川灰和环河灰都是棕红色的泥岩，砂质泥岩和砂岩，夹有兰灰色的砂岩和砂页岩的互层。环河灰岩性较细，胶结较好（胶结物含量达20%以上，为钙质及氧化铁），故其含水性差；泾川灰的含水性较环河灰好，节理发育；泥岩较破碎，据高沙窝一带的水文地质钻探资料，200米以上有三个含水层，含水层岩性主要为砂质泥岩，平均渗透系数为0.025米（泥浆钻进），静止水位各为2—7米（基岩风化裂隙水）、12—22米和69米，涌水量各为0.025升/秒（下降7米）、0.035（下降12米）和0.201（下降1.56米）（地质部水文工程地质局第一大队高沙窝1961年钻探及宁夏水文队59普12钻探资料）。

盆地城内—泾川灰水文地质钻孔中，岩性比较均齐，以砂岩为主，150米以上具三个含水层；其主要水文地质资料如表3。

表3 —— 盐池县泾川灰岩探水文地质资料

含水层埋深 (米)	含水层厚度 (米)	水位 (米)	涌水量(升/秒)	渗透系数 (米/昼夜)	矿化度 (克/升)	硬度 (德国度)
			降深(米)			
8.9—27.84	38.54	11.84	0.11 18	0.05	5.27	97
103.1—110.9	9.89	22.3	0.15 9.8	0.137	6.86	110
118.7以下	40					

表内地下水的化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型。

间夹于泾川灰岩和环河灰岩之间的罗汉洞灰岩，厚度约65—95米，埋藏于70—300米以下，岩性为细—中砂岩，胶结松散，交错层发育，为一套浅水及河流相沉积物，具有良好的渗透性和孔隙率（前者为251.3 mD 后者为24.13%）推断其为一良好的含水层。

白垩纪地层中的含水岩性比较复杂，没有明显的二种岩性—隔水的和含水的，同时其分布也不稳定，泥岩和砂质泥岩都呈破碎状态，而某些砂岩虽有较好的孔隙率，但渗透性不良，以致实际上是贫水的，有时甚至成为隔水层，这种情况造成了不良的蓄水条件，使地下水分散在整个的白垩系岩石裂隙中，而其中每一部分的水必然微弱，大量的水通过隔水不良的岩层慢慢下渗深处，这就造成了白垩纪岩层含水不多，水头不高（0—80米）等不利于开采利用的条件。

对这种地下水开采利用的结论如下：

① 岩层各部分含水均匀，但涌水量微弱，变化在0.005—0.2升/秒之间。

② 地下水矿化度较高，在27米以下矿化度为5.3克/升；硬度达97度。