第42卷 第1期 地 質 学 报 Vol. 42, No. 1
1962 年 3 月 ACTA GEOLOGICA SINICA March, 1962

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

渭北高原水文地質条件的初步探討

郁 士 元

渭北高原是个半干旱地区，又是陝西省的一个主要产粮区。但由于連年干旱，地表水流量很小，水源頗感不足，因此爭取該区农业丰收，水有着重要的意义。在該地区普查勘探地下水，为农田灌溉寻找更多、更丰富的水源，是地質工作支援农业、直接为农业生产服务的一个重要方面。1961年，陝西省地質局水文地質大队，陝西省地質研究所和西北大学地質系联合組成渭北高原地下水工作队，进行了实地工作，已取得初步成果。現仅在此基础上，提出一些初步看法。

一、气候与地貌

渭北高原的范围是指渭河谷地以北、北山以南的地区，有时也包括北山地区在內。

这区的气候属半干旱区，降水量年平均为500毫米，而蒸发量为1,600毫米，雨量多集中于7、8、9三个月。气温年平均为7℃—10℃；每年以一月为最冷，可达 −12℃ 或更低；以七月最热，可达24℃或更高。相对湿度約50—60%。地貌形态不仅影响着地面水的聚集，而且也影响着地下水的埋藏和循环，这种关系在半干旱地区較为突出。这区地貌的形成，是长期內力和外力錯綜复杂相互作用的結果。海西运动以后，这区从晚三迭世延长期开始，継續下沉，四周相对上升；相对沉降的幅度很大，因而与华北地台隔开，形成一个独立单元，叫做鄂尔多斯台向斜。这是台向斜的南緣地区，經过燕山运动，特别是燕山运动最后的一幕，也叫做四川运动，这区遭受了褶皺断裂和隆起成为北山，在北山之南北均成凹陷地区，一切构造形态基本形成。在早第三紀地壳运动不很显著的情况下，是个夷平作用盛行的时期，升高地区逐漸削平，下陷地区逐漸填滿。經过喜馬拉亚运动以后，秦岭剧烈上升，渭河谷地所在地区发生断陷，形成了渭河地塹，給第四紀沉积物以良好堆积的机会。自第三紀以后，渭河广大地区总的趋势是下降的，而在这全部过程中，在每一个过渡时期，都存在着上升运动，它直接和間接控制着第四紀沉积物的堆积和剝蝕作用，特别是地表水冲刷了沉积物，当地盘上升时，下切作用愈剧烈，形成了許多冲沟，构成了这区的地貌的特征。根据地貌的成因类型，可以将这区地貌，主要划分为下列三种：

(1) 中低山和丘陵地形：主要是基岩构造的殘丘和条状分水岭地带，普通叫做北山地区。这个地区常处在緩慢上升状态，因而形成不同高度的夷平面。該区形成的特点以构造为主，然后經过剝蝕从坡积层广泛的存在，可以說明这一点，所以它的成因类型是属剝蝕构造，这个地区包括韓城以北的獅子山与象山、蒲城以北的尧山、耀县以北的药王山以及永寿以北的永寿梁等，多系石灰岩和砂頁岩互层所构成的中低山及丘陵。

(2) 黃土高原地形：主要是黃土"原"、"梁"地区。在北山以北的黃土原被水系切割很深，沟原相对高差达200—300米，沟谷中常有基岩出露；在北山以南的黃土原，被水系

下切較浅，沟原相对高差約 100 米左右，在原旁有坡积层。总的說来，这区先堆积了很厚的黃土，然后經过剝蝕（有坡积层）及侵蝕（有很深的冲沟），因而它的成因类型是属侵蝕、剝蝕堆积。由于黃土原受着地表水系和暫时性洪流的強烈切割与冲刷，使現代的地形显得非常支离破碎，冲沟成树枝状发育，將原切割成"梁"，有时成"峁"。

(3) 侵蝕或堆积阶地和山前冲积-洪积平原地形：主要是黃河、渭河、洛河、涇河等水系所形成的阶地及山前冲积洪积平原；在河流之上游或高級阶地往往是侵蝕地形，在河流之下游或低級阶地往往是堆积阶地，堆积物較厚，地形平坦，被水系切割后，地形相对高差不大。

二、地 質 概 况

地下水分布的規律是与地質和地貌有密切关系的，地貌已在前面簡单談过，而地質方面，特别是岩性与构造，对于地下水的关系最为密切。

（一）地 层

从新到老，叙述如下：

(1) 第四系：Q_{IV} 是近代淤积、坡积、洪积、风积等所成的亚砂土、砂、粉砂、砾石、黃土类岩石等；Q_{III} 是淤积、洪积、坡积、风积等所成之黃土状亚粘土、黃土状亚砂土和砂砾所成；Q_{II} 是风积、淤积、洪积等所成之黃土类（古土壤层）；Q_{I} 是洪积、淤积、湖积等所成之浅紅色黃土状重亚粘土层；夹卵石的透鏡状体，无大孔隙，有黑斑，坚硬微密，底部有砾石层。另有砂砾石，粘土組成，胶結疏松，呈薄状，普通叫做三門組上部层。

(2) 第三系：上第三系(N)三趾馬紅层，为杂色砂砾岩及紅土組成。在其下面有"草碧系"，与三趾馬紅层成不整合接触；"草碧系"岩性系紫紅色和灰綠色层状砂岩，有少量砾岩；砾石中多为花崗岩和花崗片麻岩成分。下第三系 (E) 以砖紅色疏松砂岩、赭紅色粘土层为主。

(3) 白堊系：保安羣(K_1)以桔紅色疏松砂岩为主，下部有宜君組砾岩。

(4) 侏罗系：延安組(J_1y)底部为砾岩或厚层砂岩，上部为灰色砂岩与灰黑色頁岩互层，并含煤层，直罗組 (J_2c) 为蓝灰色，黃綠色泥岩与十字层长石砂岩互层夹煤綫，安定組 (J_3a)，为紅色板状泥灰岩（含方鱗魚化石）夹杂色頁岩，下部为黑頁岩及油頁岩，向南北两方尖灭，尖灭后被河流相淡紫色十字层砂岩所代替。砂岩愈往南愈粗，至邠县則以砾状砂岩为主。

(5) 上三迭統延长組(J_3y)：灰綠色砂、頁岩互层，以长石砂岩为主；頂部有黑色泥岩夹煤綫，叫做"瓦窰堡煤系"。

(6) 中、下三迭統紙坊組($J_{1+2}c$)：岩性主要是灰綠色厚层砂岩与暗棕紅色砂質頁岩互层，交錯层发育，夹有紫紅色砂質頁岩与泥質砂岩。

(7) 上二迭統石千峯組(P_2s)：岩性主要是一套紫紅色及砖紅色砂岩与頁岩互层，色泽較鮮艳。

(8) 二迭系石盒子組($P_{1+2}s$)：岩性一般分为上、下两部：上部以杂色頁岩为主，由紫色、黃色、綠色、灰色砂岩和頁岩互层，下部以黃綠色頁岩、砂岩为主，夹少量黑色頁岩。

(9) 下二迭統山西組(P_1s)：岩性为灰黑色頁岩、砂質頁岩，夹灰白色砂岩。

(10) 上石灰統太原羣(C_3t)：岩性以灰黑色，灰黃色頁岩为主，夹灰色、灰黃色砂岩，薄层灰黑色石灰岩，含有煤层。

(11) 下、中奥陶統(O_{1+2})：根据岩性及化石，分为上、下两层，下层卽相当于冶里、亮甲山組，上层相当于馬家沟組。上层岩性为浅灰色、灰黑色块状石灰岩；下层岩性为浅灰色及浅灰黃色微晶白云岩，夹泥灰岩，黃綠色、紫紅色砂質頁岩和頁岩，含有珠角石，正形介等化石。

(12) 寒武系(Є)：上統岩性为浅灰色、灰色、浅棕黃色、竹叶状灰岩，白云岩及泥灰岩；中統岩性为深灰色鯽状灰岩，夹白云質灰岩及薄层泥灰岩；下統岩性为紫紅色，灰綠色頁岩及砂質頁岩，間夹紫紅色砂岩。

(13) 震旦系(Z)：上部岩性为蓝灰色、灰白色及灰色矽質灰岩，有矽質条带，含同心圓藻化石；下部岩性为紫紅色石英砂岩，有时夹紫紅色頁岩。

(14) 前震旦系(AnZ)：元古界滹沱羣是一套浅变質岩系，有云母石英片岩、大理岩、白云質岩、白云母片岩、絹云母片岩、綠泥石片岩、石英岩、千枚岩及板岩等；太古界桑干羣以片麻岩及片岩为主。

(二) 构　　造

大地构造位置上属鄂尔多斯台向斜南部边緣褶皺带：这区基岩的构造是复式背斜，經过褶皺和块断以后，东南翘起，向西北傾斜，构造綫与岩层走向大致相似，主要是北东一南西，并与断层大致平行。重要的褶皺在白水、郃阳、澄城一带有：(1)西固复式背斜；(2)南张庄背斜；(3)澄城单斜区；(4)尧山軸傾背斜构造；(5)洛河大背斜式穹窿层；(6)水川口一响石崖阶状挠曲；(7)白河滩背斜；(8)周家滩背斜。

这区的断层很多，較大者有以下几个：(1)葯王山、尧山、小山及龙王山正断层羣；(2)韓城禹門口一文澗岭断层；(3)常沭、温上店、金水沟断层；(4)杜康沟逆断层；(5)毛家河断层；(6)张家河断层；(7)董家河断层；(8)洞子崖一北坡逆断层；(9)方家河断层；(10)龙王庙逆断层；(11)水泉沟逆断层；(12)晉家原逆断层；(13)老大沟脑逆断层。

这区的节理較发育，最发育的一組节理是北东 70°，与主要构造綫方向近似。

这区的新构造运动很明显，其主要构造綫与老构造綫几近一致，而往往承袭老构造綫而发生。新构造运动的証据很多，如河流两旁的阶地很发育；地貌上的表現，有如谷中谷的形成，古喀斯特的存在，冲沟深切，河流改道，巨厚黃土类岩石的堆积。黃土生成以后，仍有継續运动，如韓城等地的黃土被挫断，这正証明新构造运动并未停止，这些构造运动对于地下水是很有影响的。

三、水文地質条件

本区属半干旱地区，雨量稀少，蒸发量很大。基岩岩性多石灰岩和砂頁岩互层，断层很多；特别是經过喜馬拉亚运动及新构造运动，使本区地形有了显著的变化，黃土堆积很厚，被切割很深。已如前述，在这样条件下，从大气降水补給地下水为量不多，且易于流失；黃土原上的黃土性質多系砂質粘土，透水很慢，中間很少砂砾层，作为含水层，通常黃

土原中的地下水埋藏很深(深約 50—60 米),而水量不丰;只有在河流阶地上,冲积层中多砂砾层作为含水层,粘土层作为隔水层,地下水的补給来源也比較广泛,除大气降水外,还有黄土原中地下水和河水补給,因而地下水埋藏很浅,水量較丰,水質也較好。对整个渭北高原来說,是原地多,而阶地少,在原上寻求地下水是比較困难的,这里井打的很深,水量不丰,水質不佳,利用窖水、污浊,不能解决缺水問題。在我的看法,深层地下水也就是基层中裂隙水、层間水和喀斯特水,大有值得注意和利用的必要。

这区地下水的主要流向,是由西北往东南,与地势高低基本吻合;遇到黄土原的边緣地带、冲沟发育地区和河流水系,就会排泄出来成为泉水或补給河水;在个别地区排泄于洼地內,形成了沼泽地和小面积的湖盆;在潛水埋藏很浅的地区,則出現土壤盐漬化。例如,蒲城以南党木鎮以北的长条洼地及大荔灌区附近,均可看到盐漬化現象。在沟谷切割地带,基岩中也常有泉水出露,有时流量很大,还是上升泉,一般均属下降泉;还有冲积层中泉水,是值得注意和充分利用的。总的說来,这区地下水埋藏由南而北,逐漸变深,尤其是在原頂上埋藏就更深。地下水化学成分分布較有規律:在黄土原地区,多属重碳酸盐型,矿化度小于 1 克/升,由北而南,矿化度逐漸增多。玆将本区的水文地質条件,分述如下:

1. 河流阶地中的地下水

阶地中地下水多系潛水,也有层間水,一般埋藏不深,水量較丰;水質矿化度不高,不过阶地在这区所占面积很小。这区的主要河流是渭河、洛河和涇河。以渭河二級阶地来說,在地表 5—15 米以下,就有潛水,含水层为粉砂或細砂层;根据抽水試驗,最大涌水量可达 100 公方/昼夜,地下水化学类型,以硫酸盐重碳酸盐为主;补給来源系大气降水和黄土原中潛水。在潛水之下有层間水,埋藏較深,水質較好,补給来源多半是黄土原中潛水和基岩中裂隙水。以洛河下游一級阶地来說,在地表 1—2 米以下,就有潛水,含水层为砂层及砂砾层;根据抽水試驗,涌水量为 50—100 公方/昼夜,地下水化学类型,以重碳酸盐为主;补給来源为大气降水与洪水期的河水。再看看二級阶地,在地表 30—50 米以下,就有潛水,含水层为砂砾层,涌水量可达几十公方/昼夜,地下水化学类型,以硫酸盐重碳酸盐为主;补給来源为大气降水和黄土原中潛水。三級阶地常有两个含水层:第一层潛水在地表以下 14—17 米,含水层为細砂,涌水量較大;第二层潛水在地表以下 23—25 米,含水层为砂砾层,可能系三門組地层;三門組地层也常有承压水存在,根据蒲城鉆孔抽水資料,最大涌水量可达 1.5 公升/秒,潛水的补給来源为黄土原中地下水。渭北高原的东部边緣就是黄河,黄河一級阶地及河漫滩中潛水,在地表以下2—4米,含水层为粉砂和細砂,涌水量可达 30—50 公方/昼夜,补給来源为大气降水、黄土原中潛水和洪水期的河水。

2. 山前冲积、洪积平原中的地下水

含水层岩性变化很大,靠近山区为砾石和碎石,向外逐漸过渡为砂土和亚粘土。潛水埋藏深度各地不一,自地表以下 20—50 米,涌水量可达 20—30 公方/昼夜,地下水的化学类型,以重碳酸盐为主。冲积扇、洪积扇与黄土原相連接的地方出現一系列泉水,例如水泉沟,白跑馬泉,水浪沟泉等,以水浪沟泉流量最大。泉水受季节影响不大。

3. 砂宛、砂丘中的地下水

砂宛分布在大荔以南,渭河下游的北岸,系风力吹积河砂停积在渭河二級阶地洼地和有障碍物地区所形成的砂丘,含水层为細砂,潛水离地表一般为 2—3 米,最大涌水量可达

50—100 公方/昼夜，矿化度为 0.1—0.5 克/升，化学类型以重碳酸盐为主，补給来源多系大气降水；因受气候影响很大，潛水动态很不稳定。

4. 盐碱洼地中的地下水

蒲城井村以南，党睦以北，由于新构造运动及古河流的侵蝕，形成一个长条洼地，成了潛水汇集地区。由于潛水距离地面太近、长期的毛細管作用，使地表土壤盐漬化，在洼地中心有高密村，村南有很多人工挖出的小盐池。另有在大荔县城以北，洛惠渠灌溉区內，由于漫灌，引起地下水位上升，距离地面太近，使地表土壤盐漬化了。这一带的地下水矿化度太高，最高达 51.85 克/升，化学类型主要为氯化物硫酸盐，不宜飲用和灌溉。

5. 黄土原中的地下水

黄土原以北山来分，有人将北山以南的黄土原叫做一級黄土原，俗称黄土台原，地势較低；北山以北的黄土原叫做二級黄土原，也有叫做黄土高原，地势較高，包括白水、郃阳、澄城等地区。这两个黄土原中的地下水也不一样。

一級黄土原中有上层滞水分布，含水层为黄土夹鈣質結核，涌水量不大，有时能达到几十公方/昼夜，矿化度 1—3 克/升，化学类型以重碳酸盐硫酸盐为主，补給来源为大气降水和二級黄土原中潛水。这区的主要含水层系三門組地层；第一含水层为細砂，厚 3.5—4.5 米，埋深 139.6 米；第二含水层为細砂夹砾岩，埋深 166 米，厚 7 米；这两层分布較普遍，由于埋藏很深尙少利用。蒲城县城附近的井水，都是潛水，井深約 15 米；在蒲城以南党睦鎮一带，在地表以下 21—26 米有含水层，为細砂夹小砾石，相当于第一含水层。

二級黄土原中的潛水埋藏条件，較为复杂，一般埋深 60—80 米，尧山以北地区达 100 米以下，黄土层中有上层滞水分布，含水层为黄土夹鈣質結核，涌水量很小。在黄土底砾石层中都有潛水，砾石层一般厚約 1—4 米，最厚达 20—30 米，涌水量很小，一般几公方/昼夜。

6. 基岩中的地下水

基岩內埋藏着很多的水源，普通有两种：一种是基岩风化裂隙带中的潛水，风化壳厚 4—10 米，水量不多；另一种是裂隙水，存在岩石的节理和层理中。还有一种是层間水，在岩层之中，以透水层作为含水层，如砂岩和砂質頁岩，在含水层之上、下，有不透水层将其隔开，作为頂底板，如頁岩和泥岩等；水在含水层中流动，有时水压高，可以产生自流井，成为裂隙泉水出露；在石灰岩中有喀斯特水，水量很多，水質也好。基岩由老到新，各层中含水情况如下：

(1) 奥陶紀石灰岩：这是喀斯特水，主要为溶洞水与裂隙水。据簡測結果，水量各地不一，出露标高也不一致，水質良好，化学类型主要为重石碳酸盐、硫酸盐；矿化度小于 1 克/升，銅川地区的坑道涌水量在灰岩中达 6.8—8.5 公升/秒，由于岩层产状适合（隆起单斜层），有极大的压力水头，一般都有較大面积的补給区与送流区，是一个理想的自流水区。

(2) 太原羣煤系：煤层底板細粒石英砂岩，厚約 2 米，系較好的含水层。

(3) 石盒子組：Ps_2 底部砂岩，灰色及黄白色中、粗砂岩夹燧石条带，厚約 20 米，系含水层；Ps_3 底部砂岩；淡紅色长石石英砂岩，厚 10 米，系含水层；Ps_4 底部砂岩，黄綠色中、粗石英砂岩，厚 10 米，系含水层。

以上太原羣与石盒子組中的四层含水层，在每层含水层的下部，均有一层鋁土頁岩或泥頁岩，作为隔水层，故各层之間无互相补給現象，石盒子組地层是基岩中主要含水层，最大涌水量为 0.6 公升/秒，化学类型主要为重碳酸盐硫酸盐，矿化度 0.2—0.3 克/升；有时出現层間承压水，水量一般不大。

(4) 石千峯組：主要岩层是砂岩与頁岩互层，砂岩是含水层，頁岩是隔水层，因而有层間水的存在，化学类型主要为重碳酸盐硫酸盐，矿化度小于 1 克/升。

(5) 延长組：主要是灰綠色中、細粒砂岩、頁岩与泥岩，中、細粒砂岩含有孔隙水；薄层砂岩与頁岩有极发育的层状节理，故有时成为裂隙水层。含水层的富水性尙佳，在鉆孔中可以証实有 100—200 米的压力水头。因此，在地形低洼处，有时能噴出地面，或者成半自流現象。

(6) 侏罗系：主要为砂岩与頁岩互层，并夹有砾岩与煤层，砂砾岩层均具有孔隙水，薄层砂岩中更具有裂隙水层，其富水性是极为良好的，尤以延安組砂砾岩的富水性更佳，同时还具有強大的压力水头，在郃县太峪鎮附近的一个鉆孔中遇到了自流水噴出地表約 13 米多，其涌水量达 1—3 升/秒。

(7) 白堊系：宜君砾岩与洛河砂岩的富水性虽然較好，但由于出露层位較高，产状又較平緩，且缺少良好的隔水頂底板，故对于自流水出現的希望不大。

基岩断层水在这区特别重要，有些地区在断层处常有上升泉水出露，如温塘和温泉。基岩断层泉水分布在河谷及河床近岸，尤以澄城地区方家河正断层以北更为明显和集中，因位于断层破裂地带，节理甚为发育，地下水可借此机会洩出并汇成方家河、依子河等小溪。据断层构造和泉水之出露形态观察，均无水压現象，多系自流泉。

四、結 語

渭北高原地区多半复盖着深厚的黃土，除掉河流阶地地区外，黃土原中上层滞水与黃土底砾中潛水，打井旣深，水量又不丰，不能滿足农田灌溉需求。我的意見：第一，加強水土保持工作，以免水的流失，減少径流，強迫其滲透以增加地下水儲量；第二，进一步調查研究基岩地层与构造，找出构造盆地，隆起单斜层，或断层破碎带，以便打鉆，探明自流水分布范围；第三，将小泉水(自流泉)汇集起来，裨能集腋成裘，充分利用；第四，盐碱洼地必須从速进行土壤改良。今后开展渭北高原水文地質勘探工作，特别需要对深层地下水給予应有的重視，要对地質构造与沉积岩的岩性、岩相的发育情况进行詳細的研究，以便在短期內寻找到深层自流水，弥补浅层地下水与地表水的不足，以滿足农业发展的需要。

参 考 文 献

[1] 奥弗琴尼科夫：普通水文地質学。燃料工业出版社，1954。

[2] 地質部水文地質工程地質局、地質部水文地質工程地質研究所編：实用水文地質学。地質出版社，1959。