

国际交流地质学术论文集



水文地质、工程地质

地质出版社

一九七九年九月十四日

56.5/6020/5

國朝文獻通考



卷一百一十五

禮考一百一十五

国际交流地质学术论文集

(五)

水文地质、工程地质

地质出版社

国际交流地质学术论文集

(五)

水文地质、工程地质

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1979年6月北京第一版·1979年6月北京第一次印刷

印数 1—6,790 册·定价 0.70 元

统一书号: 15038·新408

0.38

出 版 说 明

建国以来，在毛主席革命路线指引下，我国地质事业和地质科学研究得到了很大的发展，积累了丰富的地质资料，获得了大量的研究成果。我国出版的地质科学著作、图件和论文，有些达到了国际先进水平，受到了国际地质学界的广泛注意。

随着国际形势的发展，我国地质学界对外活动逐年增加。1976年8月，国际地质科学联合会通过了一项接纳中华人民共和国为该组织正式成员的决议。接着，中国地质学会代表团出席了国际地科联理事会会议和第二十五届国际地质大会。自此以后，我国对外地质学术活动日趋频繁。为了促进国内地质科学交流和便于国际交往，我社将最近几年撰写的有关论文汇编成册，正式出版。

汇编的论文按学科系统共分五个部分：（一）区域构造、地质力学；（二）地层、古生物；（三）矿物、岩石、矿床；（四）物探、化探；（五）水文地质、工程地质；分册出版。其中参加国际地质会议的论文，曾由有关组织审查定稿；物探、化探部分，由国家地质总局物探所代编，水文地质、工程地质部分由国家地质总局水文地质、工程地质研究所代编。

目 录

中国西北干旱地区地下水及其利用·····	甘肃省地质研究所 范锡朋 (1)
广西都安地区地苏岩溶地下河系·····	广西壮族自治区地质局水文地质工程地质队 (11)
河北平原容城井灌区地下水的开发利用 ·····	国家地质总局水文地质工程地质技术方法研究队 (21)
用地质力学方法在密县基岩地区找水·····	河南省地质局水文地质工程地质队 钱昂 (30)
中国地下热水分布的分带性·····	国家地质总局水文地质工程地质研究所 (34)
中国红层的某些工程地质性质及问题 ·····	国家地质总局水文地质工程地质研究所工程地质研究室 (46)
岩体结构特性及其对岩体稳定的影响·····	中国科学院地质研究所 许兵 黄鼎成 (57)
上海市区地面沉降规律的初步研究·····	上海市地质处 (65)
四川盆地某些红色泥岩含水层及其农灌意义·····	成都地质学院红层地下水科研组 (76)

中国西北干旱地区地下水及其利用

甘肃省地质研究所 范锡朋

中国西北贺兰山以西、昆仑山以北广泛分布的内陆盆地，是亚洲中部干旱地区的一部分。这个地区，年降水量一般不足一百毫米，蒸发度在 1500—2000 毫米以上。水资源贫乏，对工、农业的发展影响很大。新中国成立后，为适应国民经济发展的需要，在这一地区系统地开展了地下水普查、勘探和某些专题研究工作，解决了很多地区农田灌溉、牧场、城市与工矿供水，以及盐卤水综合利用等问题。中国人民改天换地的生产斗争实践，促进了水文地质工作的发展。本文根据已累积的资料，就干旱地区地下淡水的分布规律及其在农业上的利用问题，作一概括介绍。

一、地下水形成与分布的区域特征

晚近地质构造运动的沉降区，大都是地下水的聚积场所。沉降区的规模、构造特点、沉积建造性质及其所处的地理环境，决定了地下水的质与量的特征。中国西北的主要地区，像准噶尔、塔里木、吐鲁番、柴达木等盆地及河西走廊、阿拉善等地，正是这类构造运动的沉降区。这些沉降区被一系列北西西向或近东西向的巨大的古生界褶皱-断块山地所环绕，具有典型的内陆封闭盆地地貌特点。盆地内有巨厚的（几千米到万米）山麓相、河湖相的中、新生代堆积，其中第四系厚达几百米或千米以上。

大体上在更新世中后期，中国西北地区气候日趋干旱，浩瀚的沙漠、戈壁逐渐形成。受气候垂直递率的制约，一般从盆地中心到四周山地，随着地势增高，气候向着湿寒过渡，因而高山地带河流、冰川发育，成为盆地内水资源的补给源地。

在这样的地质、地理背景上，中国西北地区地下水的形成与分布有两个重要的特点：一是“内分带”的规律十分明显；另一是广泛分布的中新生代沉降区构成了许多不同规模的承压水盆地。

所谓地下水的“内分带”，一般是指从盆地边缘到盆地中心，地下水形成和分布的有规律的分带现象，它是干旱地区内陆盆地的构造-地貌分带、气候垂直分带的产物。

中国西北盆地外围的高山，诸如阿尔泰山、天山、昆仑山、阿尔金山、祁连山等，均为海拔 4000—5000 米以上的高山、极高山。第四纪以来，其上升幅度至少在千米以上。这些山地的地下水，多呈裂隙-脉状水赋存于剧烈变形的古生代、前古生代地层中。地下水矿化度不超过 0.5 克/升^①。在水文网强烈切割的条件下，山地地下水直接排入当地河

① 本文采用划分地下水的矿化度标准是：淡水矿化度为 < 1 克/升；咸水矿化度为 1—10 克/升；盐水矿化度为 10—50 克/升；卤水矿化度为 > 50 克/升。

流，以地表径流的形式进入盆地。

与盆地毗邻的山地，随着地势降低，气候趋于干燥，大都具有不同程度的荒漠化现象。昆仑山北坡、祁连山西段、阿尔金山南北坡以及阿拉善地区的许多孤立的山岭都是荒漠化或半荒漠化山地。这些山地内的地下水，以普遍具有较高的矿化现象为特征。柴达木盆地东南缘宽近 30 公里的昆仑山区，出自花岗岩、变质岩的裂隙泉水，矿化度高达 3—10 克/升。其他地区，虽然裂隙水的矿化度稍低，但亦在 1 克/升以上。这类山地地下淡水仅存在于分水岭及其邻近地段或过境河流两侧。

值得提出的是，分布于新疆东部、甘肃西北部的库鲁克塔格、觉罗塔格山、马宗山、北山等低矮的山地，在晚近地壳缓慢地隆升和强烈地剥蚀作用下，使这一带约十万平方公里的低山、残山近于准平原化，形成大面积的岩漠。山地内部年降水量低于 50 毫米，缺少长年性地表水流，地下淡水亦最为贫乏。

盆地中的地下水，主要赋存于第四纪以来强烈沉降的山前平原、冲积平原以及被风砂覆盖的古冲积平原、古河湖平原地区的巨厚的第四系松散堆积物中。干燥的气候，封闭的地形，使大部分地区地下水强烈矿化。在围绕许多现代和古代水流汇集中心（柴达木盆地的达布逊、霍布逊、台吉乃湖，塔里木盆地的台特马湖、罗布泊，吐鲁番南的艾丁湖，准噶尔盆地的艾比、玛纳斯湖）的湖沼低地，形成大片的盐卤水、晶间卤水富集带。地下淡水通常仅见于高山之麓的山前平原，盆地中部则局限于大河两侧或伏于咸水之下。

由于受山前平原所特有的地貌-岩相分带规律的控制，盆地内平原地区的地下水，在水质、水量及埋藏条件等方面，均具有明显的分带特征。

盆地深部的地下水，以高矿化水为主。淡水仅存在于第三系上部山麓相、河湖相碎屑岩建造内；中、下第三系及中生界大都为咸水及盐卤水分布的层位。

概括上述，中国西北内陆盆地及其毗邻山地，地下水一般的分带规律可归纳为（图1）：
强烈隆升区：

高山多年冻结区淡水带；

中高山淡水带；

荒漠山地咸水带。

沉降区：

山前平原淡水带；

扇形砾石平原淡水亚带；

细土平原^①咸水、淡水亚带；

湖沼低地盐卤水带。

缓慢隆升区：

荒漠低山、残山、剥蚀丘陵咸水，盐卤水带。

二、地下淡水富集带——山前平原

山前平原成为地下淡水的富集带，是因为这类平原有着巨厚的、松散的（高孔隙率）

① 主要由亚粘土、亚砂土和砂的互层组成，偶夹砂卵石层。

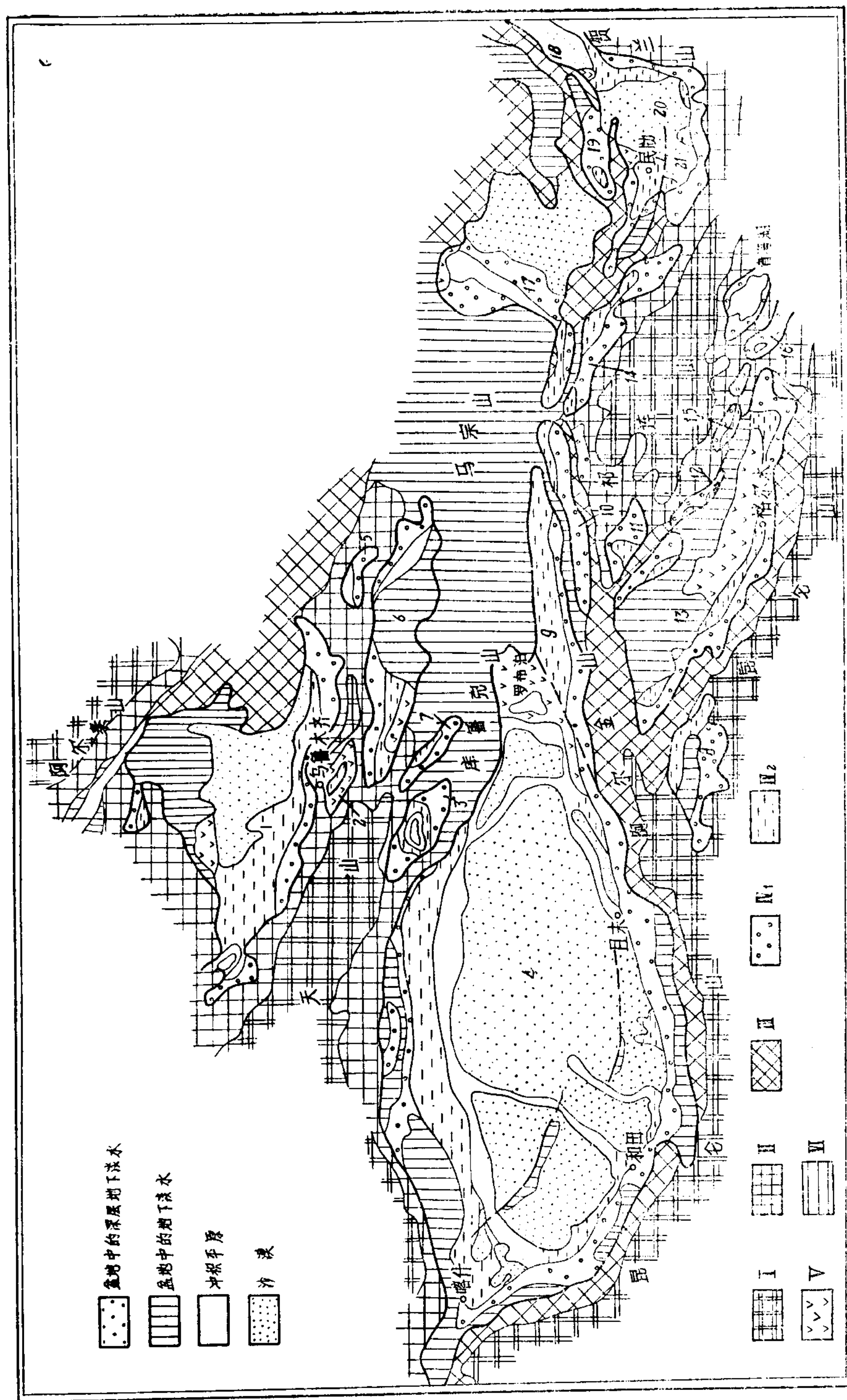


图 1 中国西北干旱地区地下水分带略图

强烈隆升区：I—高山多年冻土区淡水带；II—高山淡水带；III—荒漠山地咸水带。沉降区：IV—山前平原淡水带；IV₁—扇形砾石平原淡水带；IV₂—细土平原咸水、淡水带；V—湖沼低地盐、卤水带。缓慢隆升区：VI—荒漠低山、剥蚀丘陵咸水、盐、卤水带。主要承压水盆地（中新界）：1—准噶尔，2—达坂城，3—焉耆，4—塔里木，5—巴里坤，6—吐鲁番，7—库米什，8—库木库里，9—安西—敦煌，10—玉门—践实，11—苏干湖，12—大小柴旦，13—柴达木，14—酒泉，15—德令哈，16—茶卡，17—巴丹吉林，18—乌兰素，19—雅布赖，20—湖水，21—武威—民勒

堆积物和良好的补给条件,从而构成了一定规模的贮水构造——承压水斜地、无压水盆地。在天山南北麓、昆仑山北麓、阿尔金山及祁连山北麓、贺兰山西麓以及天山、祁连山内的山间盆地中,山前平原分布是极为普遍的。

承压水斜地是山前平原地带最常见的贮水构造。典型的自流斜地由扇形砾石平原无压水带和细土平原承压水带构成(图2)。

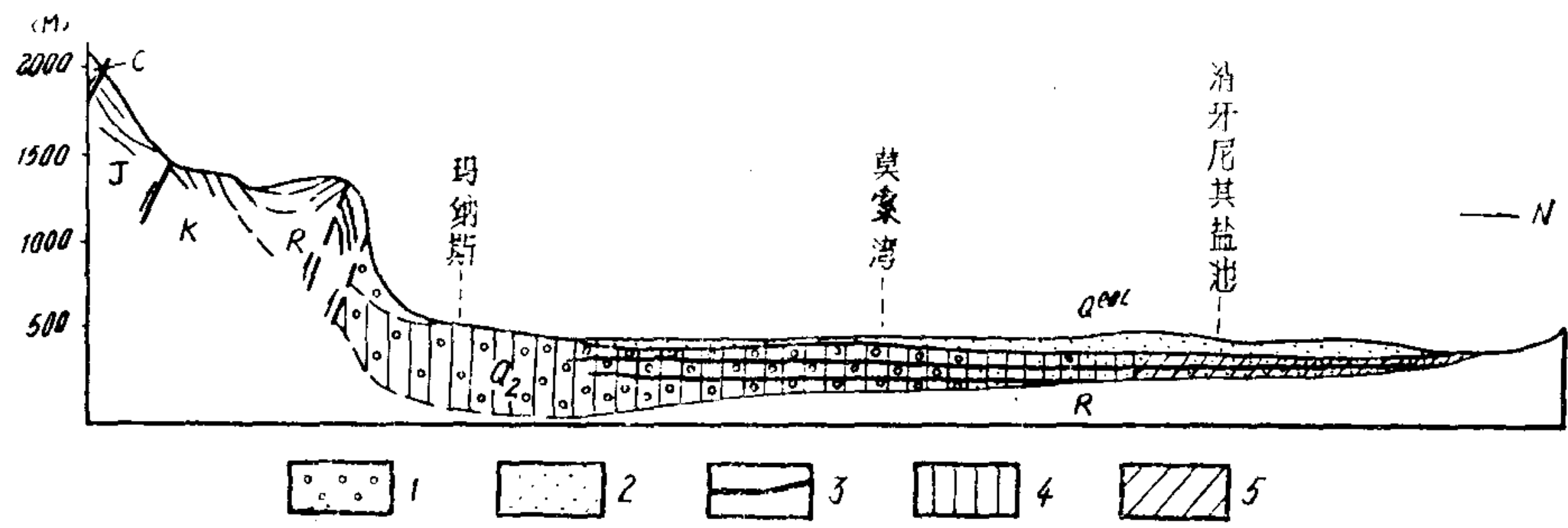


图2 准噶尔南部山前平原承压水斜地水文地质剖面

1—砾卵石、砂砾石, 2—砂, 3—粘性土, 4—地下淡水(<1克/升), 5—咸水(1—10克/升)

无压水带近山麓分布。含水层为岩性单一的强透水的砾卵石、砂砾石层,一般厚度可达数百米。这一带地下水,在洪积扇顶部埋藏很深(数十米—数百米),向着扇缘地带递浅,从几百米以至溢出地表。

承压水带分布于山前平原中下部,是由粘性土、砂,偶夹砂、砾石构成的多层承压水系。这一带含水层埋藏深度从十余米至一、二百米,多伏于不同程度矿化的表层无压水之下。其承压水头通常高于表层水,地势稍低的地区可自流。

除了纵向的分布外,很多地区,由于来自山区河流的规模及水文特点不同,自流斜地的水文地质特征也往往产生明显的差异。例如:天山南麓的山前平原,丰富的地下淡水资源仅分布在阿克苏、库车、轮台、库尔勒附近的四条河流形成的冲积、洪积扇地段;处于河流之间的为数众多的小河或暂时性洪流形成的洪积平原,地下淡水资源则较为贫乏,有时完全为矿化度甚高的地下水所代替。

个别地区,由于受基底构造变动和古冰川泥砾堆积的影响,使承压水斜地的地质结构趋于复杂化。一些巨大的断裂带常将承压水斜地分割为几个次一级的水文地质单元(图3);古冰川堆积的存在,则改变了山前平原正常的第四系岩相分带规律。在扇形砾石平

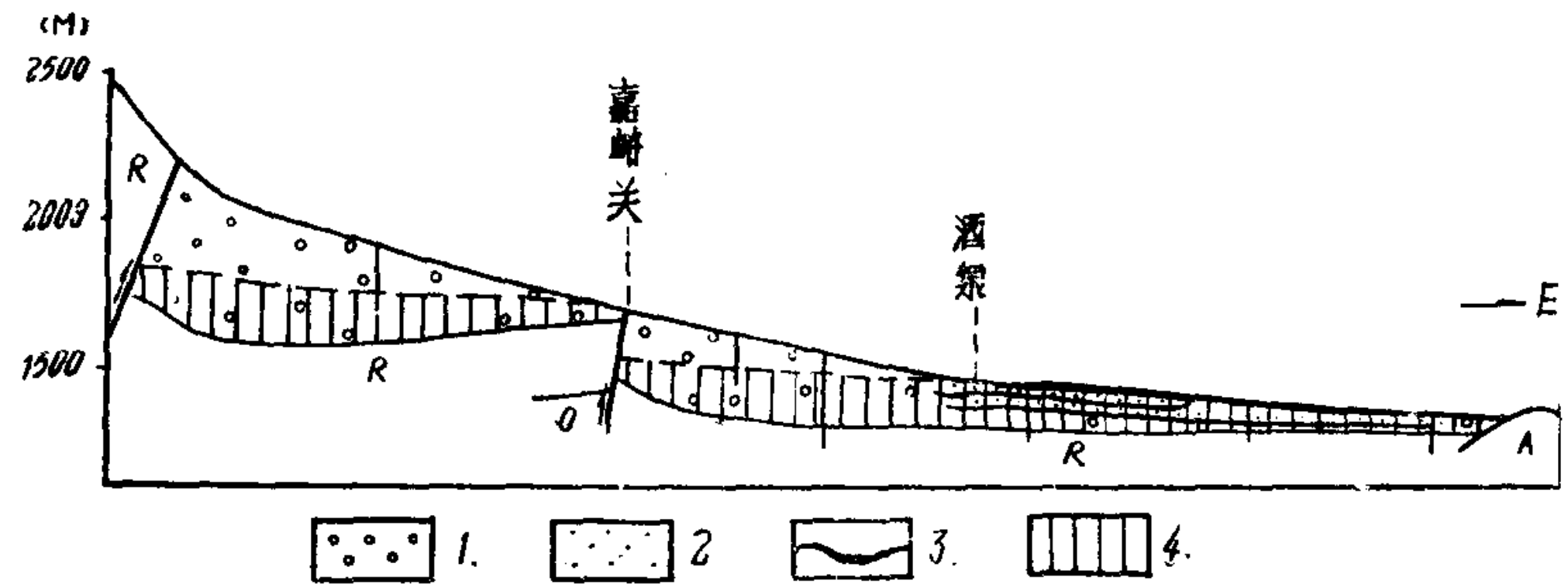


图3 酒泉盆地山前平原自流斜地水文地质剖面

1—砂砾石, 2—砂, 3—粘性土, 4—地下淡水

原地带形成一些局部的贫水地段，渗透性良好的砾卵石含水层多呈薄层状夹于厚层的泥砾之间。

山前平原的另一种贮水构造，几乎完全由砾卵石、砂砾石和砂组成。在辽阔的范围内，第四系中缺乏分布稳定的粘性土隔水岩层，因此形成厚度巨大的无压含水层。塔里木盆地南缘的昆仑山北麓、阿尔金山南北麓，无压水盆地分布最广，其地下水埋藏特征与上述承压水斜地的无压水带相近。

已如前述，毗邻平原的山地，其水资源主要以地表径流的形式进入盆地。因此，山前平原地下水主要来源是河流在扇形砾石平原地带的渗漏。中国西北地区，天然条件下河流在山前平原上的渗漏量为其流量的25—100%，占山前平原地下水资源的70—80%。

山前平原地带的地下径流大体上以0.001—0.005的水力坡度运动，在扇形砾石平原与细土平原过渡地带，由于地形坡度骤然降低和含水层产状，以及含水层岩性的变化而大量溢出地表，形成极其丰富的泉水资源。这些泉水是农田灌溉的重要水源之一。

泉水仅是山前平原地下水排泄的一种形式。在干旱内流地区，地下水通过蒸发与蒸腾的消耗是更为普遍的。据在河西走廊西段观测，山前平原中下部，无压水位埋藏在1—3米时，每平方公里蒸发量为30—50万方；埋藏0.5米时，天然植被条件下的蒸发、蒸腾量每平方公里为100—200万方。这样巨大的水量消耗，在承压水斜地分布的区域，主要是通过承压水向表层无压水的顶托补给与之相平衡的。在很多情况下，承压水斜地承压水带地下径流的垂直运动较之水平运动更为剧烈，这是制定盐渍化土地改良排水措施时必须考虑的因素。

在来自扇形砾石平原地下径流强烈的溶滤以及广泛发生于细土平原上的盐渍化作用的综合影响下，山前平原地下淡水普遍呈巨大的楔形，自山麓伸向内陆盆地中部的咸水、盐卤水之下。

从山前平原所处的区域地质-地貌条件着眼，中国西北地区的地下淡水，最少可以划分出以下三种不同的“区域类型”。每种类型的地下淡水分布规模不尽相同。

1. 分布于大型地台盆地中的；
2. 分布于山间盆地中的；
3. 分布于山前“盆地系列”中的。

每一种类型，地貌为宽近百公里开阔的平原地带，地质构造为继承性的山前拗陷地带。巨厚的（几百米到千米）具有明显岩相变化的第四系洪积、洪积冲积及冰水相堆积分布广泛，形成沿高山山前带延绵几百公里到千公里的承压水斜地或无压水盆地。这类山前平原地下水分带完整。山麓地带淡水层厚度巨大，接近盆地中部逐渐被咸水或盐卤水所代替。准噶尔盆地南部、塔里木盆地南北山麓及柴达木盆地南部等地的山前平原均属之。

第二种类型，是褶皱-断块山地内部封闭或半封闭盆地中的山前平原。在东天山和南祁连山一带分布很广。由于地下径流短促而充沛，厚度较大的地下淡水层在盆地中心盐湖之下也有普遍的分布。

第三种类型，是被晚近地质构造运动所复杂化的山前平原。河西走廊是其典型，那里强烈的基底断裂和构造分异将属于祁连山北麓的山前平原分割为一系列的构造盆地。每个盆地中的地下水都有独立的补给、径流、排泄系统，而各盆地之间的水流，通过古河道和河流又发生着密切的联系。一般在南部的盆地中，巨厚的第四纪以山麓相、冰水相粗碎屑堆积

占优势，有过境的河流穿越。山前平原地带除了表层的咸水外，均有厚度很大的地下淡水层。北部盆地内的山前平原，第四系以冲积洪积相、河湖相的细碎屑堆积为主，地下淡水的分布局限于盆地南部，咸水所占的面积很大。从总体上看，这类山前平原地下水分带规律已为晚近地质构造运动所复杂化，但是它们的分带趋势仍然十分明显。

现有资料说明，中国西北山前平原地下淡水资源是比较丰富的。地下淡水资源丰富程度，大体上与第四系堆积的厚度、岩性及其毗邻山地的气候和水文条件的区域性变化有关。

三、沙漠中的地下淡水

大部分沙漠地区，可以把分布于风成沙中的地下水——沙丘水和风沙下伏含水层系中的地下水区别开来。

中国西北沙丘水的分布，深受气候和下伏的古地貌条件的影响。气候稍湿的阿拉善地区和准噶尔盆地，沙丘水分布普遍；而处于极度干旱条件下的塔克拉玛干沙漠内的风成沙含水微弱或是不含水的。

在沙丘水普遍分布的沙漠区，不同形态的沙丘地带，地下水埋藏深度变化很大，丘间低地仅数米，巨大的沙山则在百米以上。含水层多由细砂组成，厚几米到几十米不等。受沙漠内局部地形的控制，沙丘水的运动是颇为复杂的。沙漠中的丘间洼地，一般都是地下水的排泄场所。所谓的“海子”和“湖盆”，便是这类排泄地的典型。巴丹吉林沙漠内的一些“海子”，通常为面积不到一平方公里的内陆湖（大部分是咸水，少数是淡水），主要由沙丘水溢出地表汇集而成。“湖盆”是不集水的大型丘间洼地，以腾格里沙漠分布最广。湖盆内地下水埋藏很浅，周边沙丘中常有淡水泉溢出。湖盆中部无压水强烈矿化，局部矿化度可达100克/升以上。围绕“海子”和“湖盆”，地下水形成许多局部的环状分带现象。

由于沙漠地区独特的地貌条件，地下水的蒸发浓缩作用往往被局限于丘间洼地的窄小范围内，因此在气候稍湿的情况下（年降水量>50毫米），便可能形成广泛分布的弱矿化（1—3克/升）和淡的沙丘水。阿拉善的三大沙漠——巴丹吉林、腾格里、乌兰布和中，沙丘水的矿化度普遍不超过1—3克/升。值得注意的是，淡的沙丘水往往呈大面积地分布于沙漠腹地。巴丹吉林沙漠内部大片矿化度很低（0.39—0.85克/升）的沙丘水，正好与具有大厚度包气带的砂山（相对高度为300—400米）的分布相吻合，说明沙丘水除了依靠沙漠区内部降水渗入补充外，凝结水也具有重大意义。

中国西北的沙漠，绝大部分是在中新生界盆地内的古冲积平原和古湖积平原上发展起来的。风成沙下面，一般有着巨厚的第四纪地层。这些地层中的含水层，往往是山前地带富含淡水的贮水构造在沙漠纵深的延续。因此，一些沙漠区的地下淡水，主要赋存于风成沙之下的地层中。

准噶尔盆地和阿拉善地区的沙漠之下，淡承压水分布最为普遍。古尔班通古特沙漠的承压含水层系，实质上是天山北麓山前平原承压水斜地的一部分。在此沙漠西部，承压水的矿化度仅为0.34克/升。乌兰布和、巴丹吉林等几个沙漠中，中、下更新统承压含水层系由粘土、砂、淤泥所构成，厚达数百米。承压水矿化度低于0.8克/升。这个地区河湖

相地层中的承压水，同样与沙漠边缘山前带的地下水有着密切联系。

中国西北地区最大的沙漠——塔克拉玛干沙漠，根据在沙漠南北边缘地带的探索和部分勘探资料推断，大部分地区的风成沙和下伏古冲积砂构成了一个厚度很大的统一的潜水层。至少在此沙漠南部，深入沙漠 20—120 公里的范围内，无压水的矿化度较高，地区性水质变化也较大，深受流入沙区河流的影响。一般弱矿化（1—3 克/升）的潜水，多存在于河流两侧 5—10 公里的影响带内。

由于上述原因，从区域上看，大多数沙漠地区的地下淡水丰富地段，都是山前平原类型的无压水斜地在沙层下的延伸部分。沙层下地层中的地下水，主要来源于邻近的山前平原、冲积平原地带的地下径流；流经沙漠边缘或进入沙漠的河流的直接渗入也很重要，例如乌兰布和沙漠北部，在磴口一带，就接受了大量的黄河渗入水。

总的看来，中国西北地区的有些沙漠内，可供利用的地下淡水及弱矿化水的分布是比较广的。值得强调的是，沙层下的含水构造，在大规模风成沙覆盖下，使地下水浓缩矿化的蒸发作用大为减弱，强烈的盐渍化作用受到广泛的抑制。因而在相同条件下的沙漠地区，地下淡水更容易保存。这应是那些为荒漠山地所包围的沙漠地区有大量淡承压水分布的主要原因之一，也是极端荒漠化的塔里木盆地现代积盐作用远逊于柴达木盆地的主要原因。

四、深层地下水

勘探资料证实，中国西北广泛分布的内陆盆地是深层地下水^①普遍赋存的区域。由于中生代以来各盆地强烈地沉降和受古地理、沉积建造等因素的影响，深层水就其成因而言，主要是古封存的盐卤水，淡水仅限于第三系上部和部分受渗入水剧烈溶滤的下第三系、中生界内。

富含深层地下淡水的地质层，具有普遍意义的层位是上新统（柴达木盆地例外）。这是一套以山麓相、河湖相为主的碎屑岩建造，并经历了比较强烈的构造变动，因而中、新生界盆地的构造特征，对含水岩系在空间上的分布起控制作用。

一般上新统淡承压含水层系，主要分布于构造为“边缘拗陷”、“山前拗陷”、“山间拗陷”地带。这些构造单元均具有明显的构造分带性。在河西走廊、准噶尔盆地及塔里木盆地北部的库车拗陷，依中、新生界构造特征，大体上可以划分出：山麓褶皱带、中央向斜带和单斜带几个部分（图 4）。

在山麓褶皱带，上新统与富含盐、卤水的中新统、渐新统相伴出露。由于地层剧烈地褶曲，淡承压含水层系局限于背斜构造的倾伏端和向斜部位，并为断层分割成不连续的块段。河西走廊酒泉盆地南部的祁连山麓，属于上新统疏勒河组中段的含水层系，随地层起伏，在短距离内就有很大的变化，其埋藏深度从几十米到五、六百米。含水层埋藏愈深，水头压力愈大。此外，在塔里木盆地北缘，天山北麓等地，山前拗陷中相应的构造带上，均遇到出自上新世地层中的高压淡自流水。

中央向斜带，上新统伏于巨厚的第四系之下，是中、新生界盆地拗陷最深部位。这一

① 深层地下水系指盆地中一般埋藏较深的第三系及中生界内的地下水。

带淡自流含水层系分布广泛而稳定，具有很高的水头。河西走廊、准噶尔盆地相当于这一构造带的深层淡自流水，埋藏深度在四、五百米到二千米以上。准噶尔盆地西南的某些地区，在地表下 400—2200 米揭露此层时，淡自流水涌出地表。

单斜带的上新统，一般以数度的倾斜在坳陷带一侧很广的范围内延展，随着基底抬升逐渐接近地表。淡自流含水层系埋深几十米到千余米。

上述的构造特征，并非对所有中、新生界盆地内上新统淡自流含水层系的分布都是有代表性的。某些地区的构造条件往往更为复杂，有时地下水的水质向着盆地中部迅速矿化。

目前，已发现的深层地下淡水，大都分布于巨大的褶皱-断块山地的山前地带，通过山麓大断裂和山麓含水层系的露头带接受山区水源的补给，很多地区受河流直接补给的影响十分明显。在准噶尔盆地北部乌伦古河流域以及界山东麓百口泉一带，埋藏不深的（< 200 米）渐新统、上新统中的淡自流水就与乌古伦河、喀里苏河的渗入有密切关系。

如上所述，在准噶尔盆地，深层淡自流水的最大下限可达地表下 2000 米，河西走廊为 1200 米。晚第三纪以来，大厚度强透水的粗碎屑岩在盆地内的广泛发育，是盆地内巨厚淡含水层系形成的主要原因之一。而这些碎屑岩建造是与那些水资源丰富的褶皱-断块高山的强烈隆起相伴生的。

五、地下淡水在农（牧）业上的利用问题

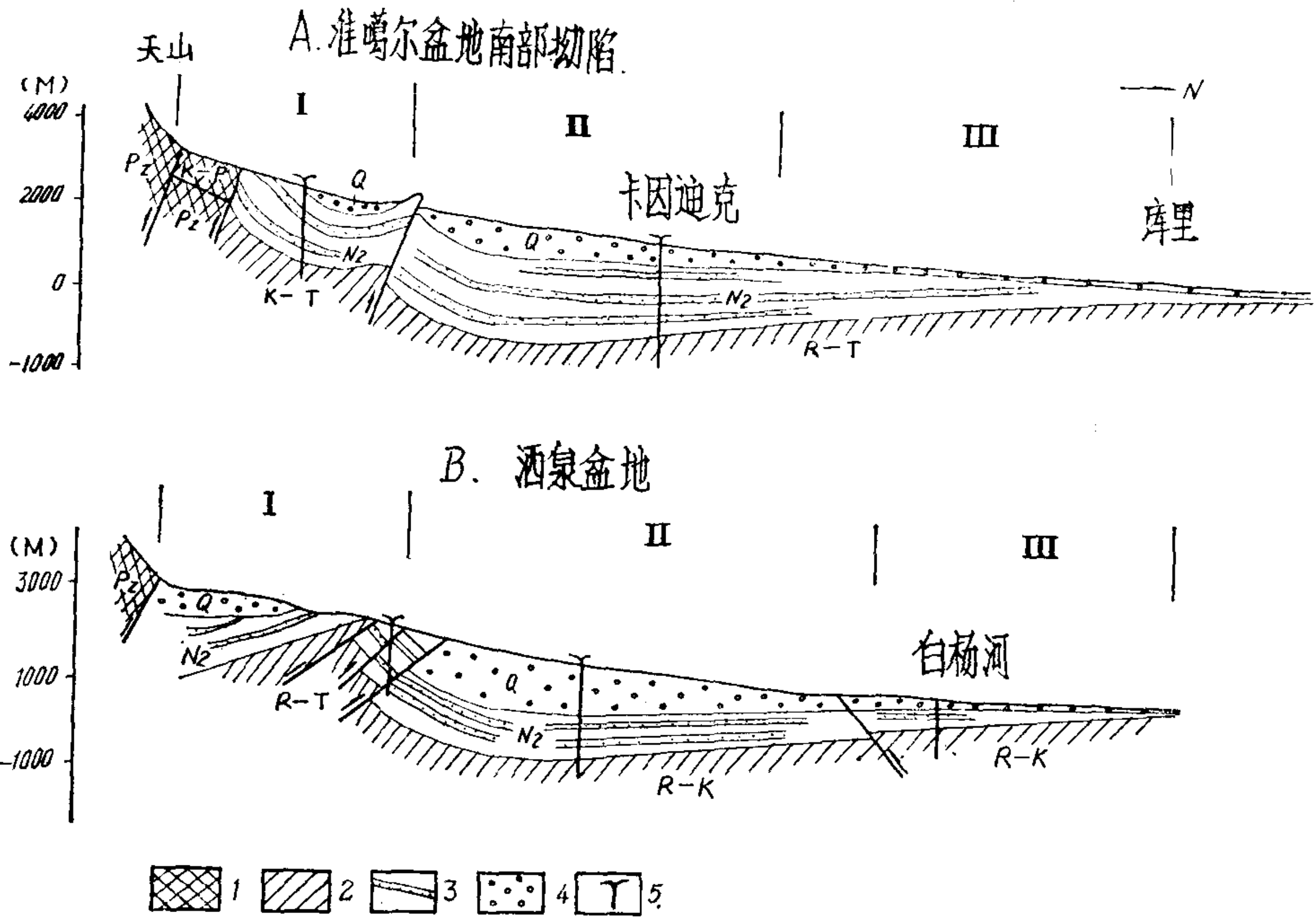


图 4 中国西北上新统淡自流含水层系构造剖面

1—前中生界；2—三叠系至第三系中新统；3—上新统淡自流含水层系；4—第四系；5—自流孔
I—山麓褶皱带；II—中央向斜带；III—单斜带

上述地下淡水形成与分布的主要特点，说明中国西北大部分内陆盆地和沙漠地区的地下淡水资源是较为丰富的，具有大规模开发利用的前景。这些淡地下水大部分贮藏于巨厚

的高孔隙率砂砾层、砂层中，“库容”很大，有可能进一步采取人工补给的措施予以大幅度的调节，增加可采量。

解放后，随着农牧业的发展，中国西北地区，在开采利用地下水方面已有了一定的规模。目前，利用地下水（包括泉水）灌溉或改善的耕地面积不断扩大，并解决了许多缺水草场牲畜饮水问题。广大群众因地制宜地采用多种开采形式，建成许多大井和管井；在山前平原上部开凿“斜井”，取出水位埋深50—120米的地下水。天山北麓一带的集中农田供水水源地，使1秒升地下水平均灌溉50—60亩耕地。许多地区井灌网建成后，几年就对盐碱地的改良起到了显著的效果。

在地下水的开发利用实践中，随着对地下水形成运动规律认识的不断加深，在综合规划、竖井排灌、集中开采、坎儿井的整治、沙漠区地下水的利用等方面积累了一些经验，主要是：

1. 掌握地下水与地表水相互转化的规律。在区域水平衡的基础上，把地表水、地下水作为一个统一的水资源，结合山前平原地下水埋藏特点，进行了综合规划，逐步建成了地表水灌区、地下水灌区（井、泉灌区）和地表水与地下水混合灌区，使水资源在农业上的利用达到了一个新的水平。同时考虑了地下水人工补给的措施及灌排结合改良盐碱地等问题。

2. 在盐渍化土地广泛分布的地区，针对表层地下水的来自下部的顶托补给量远大于水平补给量的特点，采用了竖井排灌的设施，把取水与改土结合起来，取得了良好的效果。如阜北农场平均深度为40—50米的井群投产后九年，影响范围内的地下水位下降2米，保证了农作物正常生产；米泉县1966年以前碱害面积达九千余亩，自发展井灌以来，逐年下降，1968年为5000亩，1969年为3000亩，1970年为1600亩，1971年为500亩，1972年已基本消失。这有力地证明了竖井排灌的优越性。

目前，西北地区根据垦区的具体水文地质条件，采用了“灌排结合”和“以排带灌”等不同的措施，并在典型地段设置了地下水动态监控网。

3. 由于在山前平原下部的垦区内缺乏良好的含水层，因而在垦区上游地下水溢出带附近建立了集中的农田灌溉水源地，取得了较好的效果。天山北麓山前平原的这类集中水源地，一般由数十眼管井组成。集中水源地选择在岩层富水性极强的扇形砾石平原前缘溢出带附近。水源地抽出的地下水引入附近蓄水库，进行调节，用防渗渠系引入耕地。每个水源地灌地7—8万亩。与分散打井相比较，成本低而效益显著。

4. 坎儿井是中国西北人民与干旱作斗争的重大成就之一。经过千百年来 的 考 验，到现代它仍然是有效的水利设施。目前，新疆地区的坎儿井可灌溉数十万亩农田。

坎儿井最长的达十余公里，最大垂距为70米，一般流量为30—70升/秒。按坎儿井的水文地质特征，可分为七种类型（图5）。任何一种类型都以利用山前平原地形坡度的变化为特点。

在充分利用已有坎儿井灌溉的同时，结合具体水文地质条件对坎儿井进行了必要的整治，如加深加长集水廊道；在部分位于细土平原承压水带的井段，开凿自流管井，加强输水廊道的防渗措施；在出水口修建小型塘坝、水库，以达到增大水量，保护水资源，提高利用率的目的。

5. 中国西北沙漠中分布有荒漠或半荒漠草场。准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠中的

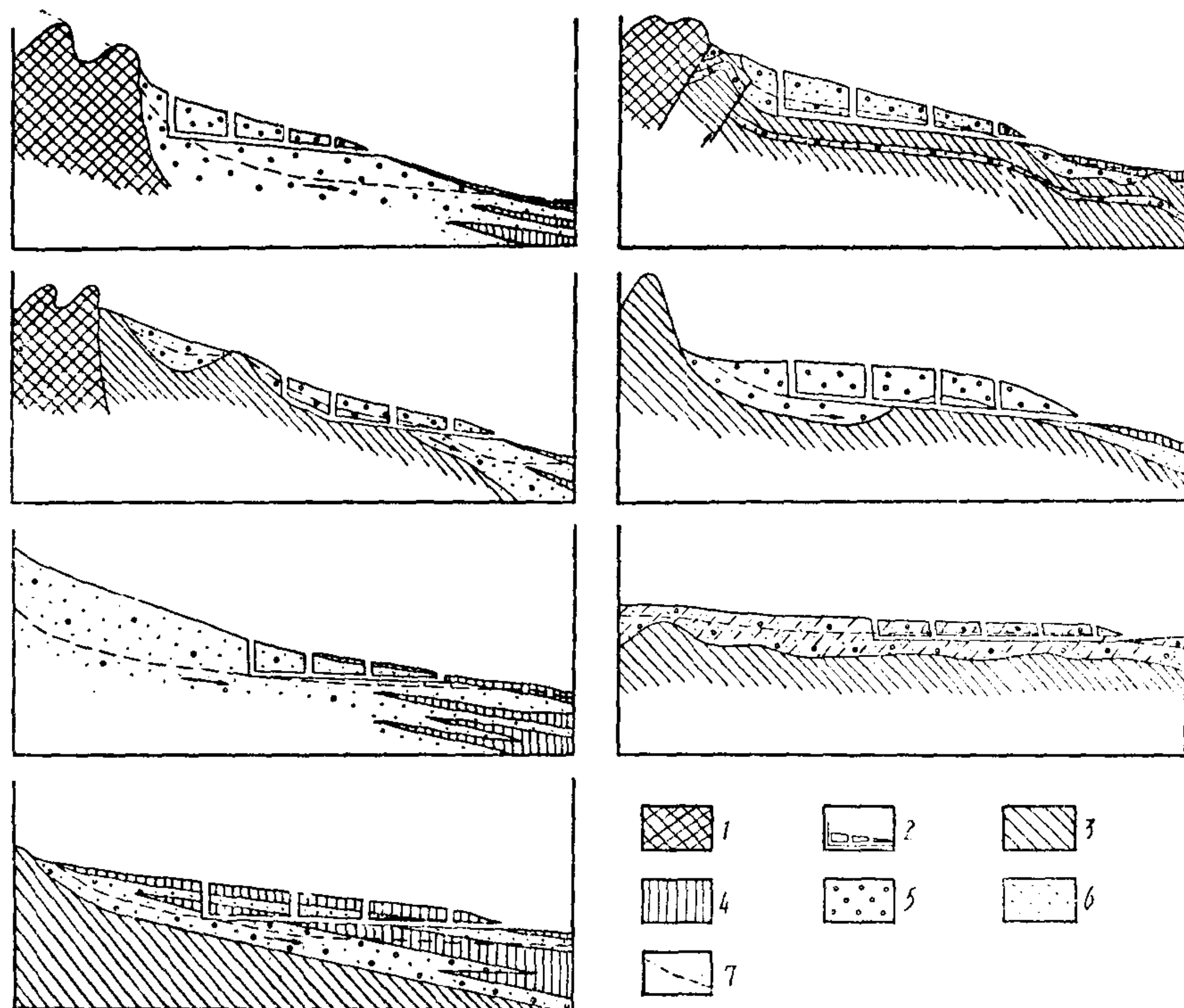


图 5 吐鲁番盆地坎儿井类型图

1—基岩山地；2—坎儿井；3—第三系红层；4—粘类土；5—砾石；6—砂；7—地下水位

草场是冬季草场之一，腾格里沙漠中可供利用的草场占沙漠面积的 36%，乌兰布和沙漠中的草场面积很大。这些草场正是地下淡水广泛分布的地区。为了充分利用这些草场，大力开发沙漠中的地下淡水是重要措施之一。十多年来，广大牧民在解决缺水草场牲畜饮水问题上作了大量工作，取得了利用沙丘潜水的经验。近几年在开采沙下承压水方面也取得了一定成效。阿拉善地区打成的一批管井，为在沙区建立饲料基地和小片农田提供了水源，不仅促进了牧业生产，并为沙漠的治理创造了有利的条件。

六、结 束 语

中国西北地区，由于有利的地质和地貌条件，地下淡水资源在有些地区分布比较广泛。建国以来，广大群众和专业工作者通过反复的实践，已初步掌握了这个地区地下水的形成和分布的一般规律，并在开发利用方面取得了一些成效。但随着工农牧业建设的迅速发展，对水资源的需求不断增长，还需要进行水资源的调查研究工作，对大规模开采地下水过程中可能出现的一些新问题，亦需研究解决。我们深信，勤劳勇敢的中国人民必将在不久的将来，使中国西北干旱地区的面貌有一个较大的改变。

广西都安地区地苏岩溶地下河系

广西壮族自治区地质局水文地质工程地质队

广西都安瑶族自治县地苏及其邻近公社，地处云贵高原南缘，都阳山脉的东段，是一个可溶性碳酸盐类岩石分布的山区。地貌景观以峰丛洼地为主，在峰丛之间还分布着一些大小不等的溶蚀谷地。地苏和南江是两条较大的溶蚀谷地，其上部覆盖着 1—10 米厚的土层，耕地面积约五万余亩，是当地发展农业生产的主要基地。区内岩溶发育，具有“下雨怕涝，停雨怕旱”、“旱是一大片，涝是一条线”的特点。致使农田灌溉及人畜饮用等水源问题长期得不到彻底解决。

1969 年冬，广西地质局水文地质工程地质队桂西找水组，遵照毛主席“农业学大寨”、“备战、备荒、为人民”的教导，与县社干部、贫下中农和水利技术人员一起组成勘察小组，在地苏—六也地区进行了地面普查、深洞调查、抽水试验、地下水动态观测及连通试验等勘察工作。调查的地下水天然水点共 229 个，其中深洞 169 个，并对 84 个重要水点进行了群众性的长期动态观测。初步查明了地苏地下河系干、支流的位置和分布，并评价了其在不同季节、不同地段的地下水天然水点的水量，为改造利用该地下河系提供了水文地质资料。

地苏地下河系发源于七百弄、雅龙岩溶山区，由北西流向南东，全程长约 50 公里。流域范围跨地苏、保安、大化、六也、雅龙及七百弄等六个公社（见图 1），补给面积约 1050 平方公里。地下河于地苏公社青水大队红水河北岸岸坡出口，汇入红水河。地下河枯水期最小流量为 $4 \text{ 米}^3/\text{秒}$ ，洪水期最大流量为 $390 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 。

一、地下河位置的确定

地下水在岩溶管道、裂隙中按一定的方式不断汇集，水量也逐渐增大，最后排入附近的主要河流。这种具有相当规模，并在具有主流和支流管道系统中运动着的岩溶地下水，通常称之为地下河或地下河系。

在地苏地下河系的流域范围内，分布着许多与地下河的形成过程和地下水运动有着直接关系的岩溶水文地质现象，如溶蚀裂隙、落水洞、漏斗、溶洞、岩溶泉、溶井、地下河出口及受涝洼地等。这些都是研究岩溶水运动、探索地下河位置的主要迹象。为此，勘察小组广泛地发动和组织群众，对八十多个主要地下水天然水点，进行认真的观测和试验工作。通过“去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里”地综合分析，找出其与地下水动力特征的内在联系。

地下河主流的位置是在大量地下水点的长期动态观测资料的基础上，根据由枯水期地下水等水位线图所显示的凹槽位置和有关地下水点动态相关变化规律以及平水季节地表河向西侧岩溶山区地下倒灌等现象确定的。