

中国科学院地质研究所

水文地质工程地质论文集

第二輯

(内部资料·注意保存)

科学出版社

水文地質工程地質論文集

第二輯

中国科学院地質研究所

(內部資料·注意保存)

科學出版社

1962

內 容 簡 介

本輯共刊登論文十篇。從內容上主要分為以下兩方面：

(1) 以我國新疆干旱地區水文地質考察的資料，較全面地論述了地下水形成的自然條件、地下徑流，特別是潛水的形成過程及其分布的規律，對區域地下水資源給以定性的評價，並指出其在農業灌溉方面的利用途徑。

(2) 概括地介紹了幾年來關於我國西北黃土區工程地質問題研究成果，對我國西北地區黃土成因問題提出了新論斷。同時對黃土渠道塌陷性預報原理及方法做了新的嘗試。

本書可供地質學界、水文地質工程地質學家以及有關建設人員參考。

水文地質工程地質論文集

第 二 輯

中國科學院地質研究所

*

科學出版社出版（北京朝陽門大街117號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

中國科學院印刷廠印刷 科學出版社發行

*

1962年10月第一版

書號：2611 字數：136,000

1962年10月第一次印刷

開本：787×1092 1/16

（京）0001—1,500

印張：6 5/8 插圖：4

定價：1.60元

目 录

新疆干旱区地下径流的形成及其基本特征.....	1
新疆干旱区潜水化学成分的形成及其分布规律.....	17
新疆自流水的分布及其预测.....	44
新疆地下水在农业灌溉方面的利用.....	61
陇西黄土工程地质研究的初步总结.....	74
西北黄土成因及其工程地质性质形成问题.....	77
黄土渠道边坡塌陷作用的力学分析.....	90
用“重塑土”防治渠道渗漏.....	94
野外测定土的渗透系数的新方法——球形体试坑法.....	96
关于川西北及甘南邻近地区地壳稳定性问题的初步认识.....	98

新疆干旱区地下径流的形成及其基本特征

陈墨香 鄧孝王 杜国垣 汪文先

干旱区地下水的形成问题是区域水文地质学的基本内容之一。它是地下水探索、储量估算和开发利用等问题的理论基础,因此具有重大的理论和实际意义。

新疆地处内陆,远隔海洋,气候具有干旱甚至超干旱的特征,同时因新疆面积辽阔,地质情况极其复杂,形成了多种类型的地下水。因此新疆地下水的形成特征具有典型性,并提供了与此相似的地区进行广泛对比的基础。

本文主要是阐明在新疆干旱和超干旱的气候条件下,在特定的地质背景影响下地下水的形成过程及其特征,并分别对各地段的地下水给以定性的或定量的评价。

一、地下水补给来源的分析

我们所要讨论的对象,主要是新疆平原部分的地下水。对于山区的地下水,拟只从其对平原区地下水的补给作用,亦即二者的相互关系方面加以论述。

周围被高大山系环绕的辽阔的准噶尔、塔里木平原,以及诸山脉中的山间盆地,其主要部分为第四纪松散沉积物所充填。仅在准噶尔的北部阿尔泰山前平原部分和塔里木平原的东端罗布泊低地,第四系不十分发育,在薄层第四纪淤积层之下,伏有第三纪基岩,或者第三纪岩层常广布于地表。

平原中到处都埋藏有地下水,它们在不同的地方,有不同的成因。第四纪岩层中的地下水,一般在水力上构成了连续不间断的自由水面。只是在部分地段,才成为带有不大水头的水压面。第四系之下,第三纪和中生代的成层岩系,在不同深度上有含水层分布。

大气降水对地下水的补给作用,各地区是不同的。有意义的地区是北疆额尔齐斯河

* 本文所根据的基本资料是我们参加新疆综合考察工作中所搜集的(1957—1960年)。水文地质考察的任务是初步查明新疆干旱区地下水的分布及形成条件。考察工作涉及的范围包括南北疆平原的主要部分和若干重要的山间盆地。在考察区内分别进行相当于比例尺 1:100 万至 1:50 万的测制,在重点地段进行相当于比例尺 1:5 万的测制,并进行了控制性勘探。此外,还参考了新疆水利厅、新疆地质局、石油局、乌鲁木齐铁道勘测设计院和新疆生产建设兵团的某些水文地质资料。考察过程中获得了苏联科学院 B. H. 康宁教授(1957—1959)及苏联地质部水文地质工程地质研究所 H. B. 罗戈夫斯卡娅博士(1958)的帮助;先后一些参加考察的人员有:杜国垣及郭晋生(1957—1960),张天增(1959—1960),熊忠义(1960),王顺根及吴淦阳(1958—1959),凌可平(1957 以上属于中国科学院综合考察委员会),梁臣一及徐士中(1957—1959),汪文先(1957—1960),高文义及宋国定(1959 以上属于中国科学院新疆分院),刘石英(1957—1959 新疆八一农学院),张明伦(1957, 新疆生产建设兵团),范双全(1957, 新疆水利厅),陈墨香、王灼、邓孝王及陈兆藩(1957—1960),高年春(1958)谢金林、陈国垣及曾勇(1959—1960),高义杰、唐汉军、崔照国、王墨香、徐晓岚及郝廷芝(1959)等(以上属于中国科学院地质研究所)。

谷地的西段,准噶尔界山的西北坡和伊犁谷地。这些地区的年降水量在200毫米以上,秋季降雨较为集中,冬季雪盖厚度较大,易形成较为集中的临时地表径流。随流下渗而补给地下水。这种作用在塔城盆地(准噶尔界山的西北坡)和伊犁谷地平原相当显著。

随着向东部延伸,气候趋于干燥,降水量减少,降水对地下水的补给意义也就显著地降低了。不过北疆平原积雪融化水的补给,仍具实际意义。例如,天山北麓玛纳斯地区,有以下事实做为潜水获得融雪水补给的直接和间接的证明:(1)平原地区因积雪融化较山区为早,水汇流于河中,造成河流下游流量较山区为大,玛纳斯河在杨家摆水文站(位于山口以下35公里的河流下游)4月上旬流量平均为18立方米/秒,而在其上游山口红山嘴水文站的流量仅12—13立方米/秒(1956年、新疆水利厅);(2)平原上泉水沟流量比平时稍有增加;(3)冲积扇外缘潜水溢出带内,潜水位于3月中旬后有所升高。

在南疆平原和东疆的吐鲁番、哈密等山间盆地,气候极其干燥,微少的降水量(大多在50毫米以下)主要是在仲夏时节以暴雨形式降落,冬季降雪稀少,许多地区又为沙地、盐土所占据,因此,实际上地下水不能获得降水的补给。

准噶尔、塔里木平原及众多的低位山间盆地,第四系中地下水获得补给的基本源泉是河床水量的渗漏,这个事实不仅为水文观测资料所证实,甚至许多河流水量的巨大渗漏损耗,可直接用肉眼观测到。河床渗漏不仅对第四系中的地下水有补给作用,而且在某些地区,对前第四纪岩层的深层地下水也具补给作用,已经查明的准噶尔界山东南坡的百口泉地区第三系自流水层就是由流经该区的达尔布图河和喀力素河水所补给,即为显著的例子。

在地下水补给来源是河床渗漏损耗的情况下,通过水文测量的途径来估算地下水资源,特别是山前平原地段的地下水资源,是最可靠、最经济的办法。可惜,目前新疆基准水文站很少,仅在个别情况下,有可能用上述方法来估算地下水的补给量,而采用其它计算全疆地下水资源的办法(例如,水文地质算法),在目前是不现实的。

裂隙水直接流入是平原区地下水获得补给的另一种方式。在含有裂隙水的基岩山体(主脉)与平原直接接触的情况下,裂隙水流入第四系岩层乃至前第四纪孔隙岩层中是必然的,在缺乏经常性地表径流的某些地段,这种作用甚至成为基本的补给来源。对这种补给水源的估算是最困难的,因为这需要大量的勘探和试验才能做到,目前这方面的工作,尚未开始。

随着国民经济的发展,灌溉面积不断地扩大,灌溉水和渠道水的渗漏对潜水的补给作用将逐渐加强和扩大。

虽然,目前对各地区地下水资源的补给量做精确定量的评价尚有困难;然而,从决定地下水补给的那些控制因素的区域特征出发,对各区地下水补给进行定性的和粗略的定量评价是有可能的。

在新疆的山系中,阿尔泰山系地下水最为丰富,这里不仅降水量大,而且地区岩石透水性及蓄水能力高(地区分布着大量风化剧烈的花岗片麻岩,花岗岩和古代冰川堆积),储

备着丰富的地下水,是补给河流或者平原地下水的巨大来源。准噶尔界山的粗粒碎屑物有限,但降水量则西北坡比东南坡多。总的来说,东西两坡地下水补给河流的相对值较大。在天山地区,大气降水不仅有北坡大于南坡的差异,而且是由西向东显著地减少,岩层含水情况相应地也有了变化。位于天山和昆仑山系衔接点的帕米尔山系,中、高山区具有较多的大气降水,同时存在着良好的水分补给区。昆仑山脉西端降水稍为丰富,从叶尔羌向东降水量逐渐减小,疏松复盖物和植被极不发育。与其它山系相比,昆仑山东段与天山支脉库鲁克塔格山脉是水分最贫乏的地区。

上述山区地下水产状类型是多样的,有裂隙水、裂隙层状水、层状水,在个别的地点还有喀斯特溶洞水。

山区气象,水文状况和地下水状况,不仅直接影响着河流水量的分布,而且也直接和间接影响着山前平原地区的地下水量。总的可以看到,与水分丰富的高大山系毗邻的平原,地下水量最为丰富,而处在干燥低山或中、高山的山前平原,地下水则相当贫乏。因此可以看到随着平原周围的山系,向东逐渐干燥,山前平原地下水逐渐减少。因此东疆地区(阿尔泰山东南段、天山东段、昆仑山东段及它们的山前平原),不仅地表水源贫乏,同时也是地下水最贫乏的地区。

山区和平原地下水相互联系的特点,决定于地质构造,即主要是从山区到平原间过渡带第三系的地质结构。第三系是由各式各样的大陆成因的岩石组成,有疏松的砂岩和砾岩和比较致密的性质质与不同厚度的泥岩和砂质泥岩。组成前山地带的粗屑岩层给河床下部水流渗入创造了条件,高山越远,粗粒碎屑就逐渐消失,但第三系岩层剖面中仍然保存着砂岩夹层,内含高水头的承压水,沉积层中的泥岩夹层,保证了含水层的隔离,形成区域隔水层。

第三系构造起着隔水障壁的作用,使得主脉岩体与山前平原沉积物之间水的交替产生了极大的困难,甚至使这种交替完全无法进行。从山区中排洩的地下水,基本上只能通过切穿第三系障壁的河流谷地,才能进入山前平原的疏松沉积层中。

第三系岩石含有较多的盐分,岩层中常夹有成层的岩盐和石膏层。在这种情况下,它们能使与之毗邻区域的地下水质量显著恶化。第三系岩石盐渍化的程度,北疆比南疆要轻;在北疆,北部阿尔泰山前比南部天山山前要轻。在天山南麓,山前洼地第三纪含盐地层发育的地方,水质十分恶劣,以致于流经其间的河流都成了咸水河。例如,在轮台和阳霞之间的地段就有这种现象。

全疆境内,按山区与平原的接触关系,讨论地下水的补给特征,计有下面四种类型:

1. 古老的基岩山体(主脉)与第三系构成的平原直接接触。此间的第三系未经强烈的隆起,而是以平缓广布于山前。这样,山区坚硬基岩的裂隙水能自由的进入第三系中的各个透水层。这种类型以阿尔泰山前平原为代表。在那里,复盖第三系地层表面上的第四系很薄或者消失,第四系中的潜水被局限在河谷和河流尾端的三角洲中,与山区没有直接的水力联系,即使个别冲积扇(如布尔津冲积扇,哈巴河冲积扇)与山区毗邻,也因冲积层

厚度有限,而这种联系意义很小。裂隙水对第三纪含水层的直接补给,还通过古老基岩与掩复于其上第三系之间的不整合面进行。

在阿尔泰山前平原中,一些洼地底部,第三系含水层的出露是裂隙水对第三系具有补给作用的明显例证。

流行在阿尔泰山前平原中的额尔齐斯河和烏伦古河是第三系含水层的主要补给源泉。烏伦古河的情况是有力的证明:該河由中游卡拉布爾滾以下,处在准噶尔北部烏伦古洼地向斜构造的北翼,河谷深切于下第三系烏伦古层中(在卡拉布爾滾以上,河谷结构由古生代基岩组成),从中游卡拉布爾滾以下至河流尾端 200 公里的河段内,大約每年有 0.9 亿立方米水量渗漏补给地下水。

阿尔泰山前的地质构造特点造成与其它山前平原显著不同的水文地质特征,埋藏于两河河谷及河流三角洲的潜水不能与准噶尔大潜水盆地潜水发生水力联系。

2. 古老的基岩山体(主脉)与山前平原疏松沉积物直接衔接,并且山区裂隙水直接汇入平原。属于这种类型的地区有准噶尔界山山前、山麓第三纪褶皱构造消失的天山南北坡的东段与西段(天山北坡四颗树以西及奇台以东地段,天山南坡阳霞以东及柯坪山山前),以及昆仑山东段阿尔金山脉北坡。这种补给对没有河流通过的山前地区地下水的形成有决定的意义。以天山西支博洛霍洛山的北坡、西自精河河谷东到托托比較典型的一段为例,在长达 55 公里距离内,没有河流从山区进入平原,在山前有一狭窄的洪积坡,向北即与艾比湖的湖积平原相接。这里既没有地表径流,也就没有做为地下水补给的河床渗漏损耗,山坡疏松堆积物中埋藏着的潜水及离山坡不远的山前坡积和湖积-冲积层埋藏着的承压水,就是由山区裂隙水直接流进来的。

不言而喻,在没有河流形成河床渗漏的地段,山前平原地下水量较为贫乏,质量亦较差。

在有河流通过的地段,由于山区裂隙水的补给,促使冲积扇之间的地段有潜水溢出,因此把各个山麓冲积扇外缘的潜水溢出带连成一片,这是天山北麓西段冲积扇外缘溢出带连片的条件之一。

3. 古老基岩山体(主脉)与山前平原之间,第三系岩层掀起组成隔水障壁。这里最普遍的情况是第三系岩层紧贴着古老的基岩,而没有造成宽阔的前山地带,在山脉与倾斜平原之间造成一个障壁,起着隔水的作用。由于岩层中夹有泥岩层,不可能吸收大量水分,同时也不能成为水量丰富的承压水层的补给区。因此在这种条件下,从主脉流来的地下水,就有可能最充分的下渗到第三系以下較深的地层中。这个类型分布在天山支脉博格多山及喀拉烏成山麓以及策勒以东的昆仑山东段。其特点是第三系常断續沿着构造断裂紧贴主脉基岩上,昆仑山东段第三系由泥质及钙质胶结的砾岩和砂岩間夹不厚的泥岩组成。

山前隔水障壁的存在,隔断了山脉与山前平原間地下水的水力联系,山区对平原地下水补给,只有通过河床和河底潜流才能实现。在第三系中有很厚的泥岩时,水分亦很难通过断裂带进行交替。因此,在既存在着隔水障壁又没有河流通过的山前平原地区内寻找

地下水是沒有希望的,实际上亦是不可可能的。因为虽然照現在一定的深度內能取得水,但很难遇到丰富的淡水。

可以預見,河床下滲到第三系中的水量,不可能很大,因为这里岩层傾角很大,河床深切該层的长度,自然也就很小。

4. 古老基岩山体(主脉)与山前平原之間,存在着第三系组成的山前构造带(背斜构造和向斜构造,后者在地形上表现为纵向洼地)。这种结构在天山南北麓的中段,天山和昆仑山的交汇点的帕米尔山系与喀什噶尔平原之間以及昆仑山西段北坡有典型分布。它們分布的地段是:天山北麓西自奎屯东到吉木薩尔附近,天山南麓东由輪台西到哈拉玉斯台,帕米尔山系与喀什噶尔山前平原銜接的整段,昆仑山北麓西由英吉沙尔东到和田。

山前纵向洼地及背斜构造的出现具有重要的水文地质意义,在寬闊的向斜洼地中,充滿了第四紀松散堆积物,从地质、地貌显示的特点可以断定厚度常是很大的。因此,無論是几乎完全封閉的或是开口的洼地中,都儲藏着丰富的地下水,从而組成水质优良且动儲量丰富的地下水盆地。这些盆地只有依靠下切很深的河谷才能与平原沟通。盆地的地下水資源,对于通过該区河流的动态有很大影响。在流經这些盆地的河流中,上游部分,地表水大量滲入地下,轉化为地下径流。在下游临近构造的缺口,地下水重新排入河床,补給河流。地下水的排洩,在河流的枯水期尤为显著,由于动儲量丰富,排洩的地下水量往往很大,以瑪納斯河为例,从上游青斯瓦特至山口紅山嘴的河段地下水补給河水平均达3立方米/秒之巨。纵向洼地的这种作用,就使得河流得以保持最低限度的径流量。这是瑪納斯河在平水期保持有径流的原因。类似的情况在瑪納斯河以西的宁家河、八音沟河、奎屯河,天山南麓的渭干河等都可見到。沒有这种地下水盆地的調节,河流径流量动态天然調节状况不良,与瑪納斯—奎屯区毗邻地区的四額河、固尔图河、精河等大小相近的河流的径流动态与之形成明显对照,后者在灌溉季节过后,融雪水流消逝,而流量就減。

纵向洼地及背斜构造,岩层傾角一般較平緩,河谷橫切穿过时,与之接触的距离較長,造成河床滲漏补給第三紀和前第三紀岩层的有利条件,特別值得注意的:是天山南北麓山前褶皺带的中間部分,背斜构造和纵向洼地,連續两次至三次并列出現,被河床重复切割几次。这将大大增加河流对所切穿的前第四系含水层的补給,很明显这是天山南北麓和山前洼地前第四系自流水源的重要补給来源。

决定山前平原沉积层水文地质特征的另一重要因素是山前平原岩层的地质结构。从含著潜水的第四系的产状特征,可分成两类:一类是阿尔泰山前平原,該区域在近代(最新地质时期)以上升为主,基岩上沒有第四紀沉积物复盖或者很薄,它的水文地质特征,前面已經說过了。另一类型亦即最重要和最广泛的类型,是在山前有厚度較大的或巨大的第四紀冲积层发育,冲积层在山麓以大小不等的冲积扇連續分布。

山麓冲积扇的特性是决定山前平原沉积层可能的含水量的重要因素,排列在山前的冲积扇是河流发生滲漏最强烈的地段。因此山脉外圍形成了巨大的吸水带,这是平原地下径流的形成区。

新疆境內，有各式各样的冲积扇，在水文地质上显著差异，这种差别，是由于不同地段的地质历史条件造成的。

在天山北坡的特征是存在着距离大致相等的、由山区通向山前平原的横谷，其结果是在这里分布着同类的冲积扇网，例如呼图壁、玛纳斯、三道河子、奎屯、四颗树、固尔图、精河等的冲积扇。正如 B. H. 康宁教授所指出，它们在大小和水文地质特点方面，相互间是可以对比的。

天山南坡的特征是巨大的冲积扇与在规模上要小得多的小型冲积-洪积扇相间分布。这是由于某些巨大的纵谷和大型山间盆地的存在，它们截取了南坡大面积水流而相应造成横向河流不十分发育和不能均匀分布的结果。例如，开都河就是这样，它截取了天山主峰分水岭南侧由东经 84° 到 87° 间 240 余公里距离集水面积内大部分水量。同时下游几乎封闭的焉耆盆地，把河流携带下来的巨量碎屑物拦蓄下来。这样，从轮台往东，整个天山南部的最外坡没有较大的冲积扇形成。天山西段托什干—阿克苏河与其相邻的柯坪山脉地段，山前冲积扇、洪积扇规模的悬殊，也有相同的性质。

小型冲积扇的发育，是天山南麓独有的特征。这是由于在南疆无论是平原还是山前地带，降水量都比北疆同类地区要少得多，粗粒碎屑物主要是由夏季暴雨造成洪水的结果。暴雨加上高山融雪径流，洪水就特别大。绝大部分小洪积锥的形成，仅仅是依靠了暴雨洪水，因为没有经常的径流，以及冲积扇主要是由暴雨洪水所形成，所以造成冲积扇有很大的坡度，同时很短小，而且岩石的分选程度差得多。绝大部分这个类型的冲积扇在供水方面的实际意义是很小的，因为它们的补给面积有限，在冲积扇的上部潜水平埋藏很深，下部到地形转缓的部位水质已开始盐渍化了。

昆仑山北麓冲积扇突出的特点是规模巨大，与现代地表径流不相称的古老冲积扇系砾石带，常可延伸达 30—70 公里，然后才转变为现代的冲积扇，绿洲多位于老冲积扇的下部。在冲积扇中上部河谷深度相当大，例如且末地区，车尔成河谷在山口深达 100 米。根据昆仑山隆起向西幅度加大的特点，河谷切深向西也加大，和田一带系昆仑山隆起的中心，河谷于山口深切达 180 米，从且末向东冲积扇的规模和切割深度渐减。这里砾石带宽度在 20—30 公里，河谷切深疏羌河为 40 米，到米兰为 10 米。

沉积物的结构表明，昆仑山北麓古老冲积扇有不同粒径和不同磨圆度的砾石、卵石，在从民丰到且末古老冲积扇的残丘表面上有 15—20 厘米为石盐胶结的砾石层，下伏粉砂和粉砂质亚砂土的碎盐层，显示着风参与冲积扇的形成过程，剧烈的东北风把沙丘的界线逐渐南移。因此，河流的近代冲积扇常超过沙线进入沙漠内部。这种情况，一直在瓦什峡以西的昆仑山麓大部分地段分布着。

上述冲积扇的巨大规模、剖面的特殊结构以及岩层含有盐分等都对地下水的化学成分特点有所影响。

从冲积扇的结构来看，全疆冲积扇可以归纳为两类：(1) 结构单一的现代冲积扇；(2) 新老迭置的冲积扇。它们有不同的形成历史和背景，在水文地质方面也具有不同的特征。

(1) 結構单一的現代冲积扇,在河流剛出山口就形成了,河流不經過卵石深谷,而直接流到現代冲积扇的表面。并作扇形散开,象天山南麓的阳霞、輪台、庫車、天山北麓的八音沟河冲积扇就是。从水文地质观点来看,这种冲积扇相应埋藏有丰富的水量和动儲量,因为河流一出山口就沿着冲积扇表面扇形散流滲失。此外,这种结构的实际意义是:基岩山坡与冲积扇之間沒有峡谷,以及冲积扇頂部与山谷出口直接銜接的情况,有利于把按扇形分开的許多供水干渠的渠首建筑物布置在山口。这就能保証对水量进行很好的控制,并在技术上容易把水引到位置較高的田地里去。这样,可以更充分地利用冲积扇的面积,特别是冲积扇中上部、土壤改良最为有利的地段(如在八音沟河冲积扇及輪台河冲积扇所見到的实际情形)。但这也对渠首建筑物的稳定性和质量提出了特殊的要求,因为它们經常处在受洪水影响最大的范围以内,因此正是在这种河流的山口需要建立水文預报机构。

(2) 新老迭置的冲积扇,由于形成年代延長時間較久,沿河谷縱向延伸較長。因此河流出口要切開很長的深谷,离山很远才轉为現代冲积扇,河流才开始真正的散流。天山北麓、昆仑山北麓和天山南麓个别大型冲积扇属于这个类型。从山坡到河流开始散流的現代冲积扇之間的距离在天山北麓一般达 10 公里或 10 公里以上,在昆仑山北麓可达几十公里。这种类型,河水大量損失发生在山口与現代冲积扇頂部之間的河谷中。由于深切峡谷很長,給用水带来困难,为了有效控制水量,人們不得不順着峡谷的陡坡从山口引出長的灌溉渠道,甚至用隧洞把水引至古冲积扇的表面。例如瑪納斯河就是这样的情况。尽管如此,古冲积扇的表面仍难以充分利用。

河床在冲积扇上的水量滲漏,無論在絕對值或占地表径流量的比值上,都是巨大的。根据有限的測量資料,天山南北麓、昆仑山北麓的大型冲积扇的河床滲漏量至少占到河流径流总量的 20—25%,随着河流径流量的减小,滲漏量比重相对提高到 50%,更高的則达 70%。由此看来,新疆山前平原地下水动儲量是十分丰富的,至少約占到全部地表径流資源的 25—30%。

冲积扇以下的冲积平原或冲积湖积平原部分,一般河流流量已經很小,获得河流补給的地下水量不大,但个别流量大的河流(如塔里木河、瑪納斯河等)对地下水补給仍有重要的意义。以南疆的塔里木河为例,該河的河床滲漏补給两岸冲积平原地下水是极其可观的。从塔里木河上游三河汇口的晓峡克(叶尔羌河、和田河及阿克苏河交汇处)至下游巧拉間損耗的年径流量达 35.15 亿立方米(1957 年),其中約有 70% 滲入地下。造成塔里木河巨大滲漏量的条件是塔里木河谷寬闊,分支众多,河谷主要由透水性較好的粉砂—細砂質岩石組成。塔里木冲积平原北距天山很远,南邻浩瀚的塔克拉玛干大沙漠,获得天山或昆仑山山前平原地下水补給的可能性不大。塔里木冲积平原地下水的主要补給水源是塔里木河,河流的大部分河段不仅在洪水期,就是在平水期对地下水也起着补給作用。

此外,在巨大山脉与平原之交界,往往分布着大的构造断裂(据 B. M. 西尼村及向鼎璞等),可能成为深层水上升补給平原地下水的通道。因此,有人甚至把某些山麓平原大片盐漬土及盐化潛水的形成与这一因素联系起来(根据庫宁口述),认为水土盐漬化是

深层高矿化水沿断裂上升的结果。自然,目前沒有直接证实这一推断的资料,不过,其可能性是不容忽视的,至少在构造断裂显著的山前地段有深入研究的价值。例如天山南麓的輪台—阳霞之間与柯坪山前地区,在探討地下水及盐漬土的成因时,就需要考虑这一点。

二、潛水溢出带的形成及潛水的消耗

在山麓冲积扇地带中地下径流沿着水面坡度(水面坡度大体与地面坡度相符)方向从冲积錐頂部向着外緣流动,亦即从山麓向着平原内部方向流动,最后汇集于盆地中心。

潛水的聚积中心与地表水是一致的,北疆准噶尔内流盆地的汇集中心是盆地西北部的艾比湖、阿雅諾尔—瑪納斯湖和烏伦古湖,南疆塔里木盆地是以罗布泊—台特馬尔湖为中心的湖泊洼地。

許多山間盆地,一般具有封閉性質,各自成孤立系統,按不同的具体自然条件,产生不同方向的径流,并形成自己的聚积和消耗中心。

潛水在冲积扇上部开始形成到最终在盆地中消耗的这个径流过程,随着地质条件的轉变发生着水文地质的有規律交替。在冲积扇的中部和上部砾石带部分,主要是潛水形成区,以径流的积极循环作用为主;在冲积扇下部和外緣,轉为以潛水流的溢出和径流作用为主;在冲积扇以下的广闊冲积—湖积平原轉为以潛水的消耗为主。

(一) 潛水溢出带的形成及其特征

冲积扇尾端潛水溢出带的形成是由两个基本条件造成的:一个是地质剖面結構在冲积扇外緣显著地由粗粒轉变为細粒,岩石透水性能减弱,致潛水位壅高;另一个是冲积扇表面坡度在冲积扇外緣部分由陡到緩的突然轉折。这样就造成地下水与地面相交,形成潛水流溢出地表,或者在地下水与地面接近的情况下,有河谷和冲沟切割,致使潛水流溢出。因此,溢出带的存在是所有干旱区山前平原水文地质的普遍規律之一(O. K. 朗格)。

在新疆广闊的山前平原,众多的冲积扇,复杂多样的地质状况,决定了溢出带形式的多样性,大致可归纳为三种基本类型:

1. “卡拉苏”泉流型溢出:卡拉苏按維吾尔語即“黑水”,亦即大泉水流之意。它常出现在大的古老冲积扇的外緣,天山北麓許多大型冲积扇具有这种特征,象瑪納斯冲积扇在瑪納斯至石河子,宁家河冲积扇在烏拉烏苏、奎屯河冲积扇在奎屯老街及烏苏、四顆树河冲积扇在普尔塔等地都形成了大的泉流。天山北麓卡拉苏泉流典型发育的条件是冲积扇下部及外緣剖面的上部出现了粘土类土夹层,引起潛水位显著的壅高,同时受着山区隆起的影响,引起古老冲积扇的抬升,造成冲积扇外緣冲沟发育,乃割切含水层的結果。上述地区,大泉多出自含水丰富的砂层或砂—砾石层中,流量甚大,一般可达几十至几百升/秒,大者更高。

以这种方式溢出的总水量相当巨大,以瑪納斯冲积扇为例,泉水溢出总量达4亿立方

米/年,占瑪納斯河年經流量的1/4。可見,天然迴歸水具有多么大的意義,它提供了灌溉利用的極大方便。正是由於這個原因,卡拉蘇泉水早已被人們充分的利用着。有卡拉蘇的地區,常成為最富饒、最悠久的綠洲。利用卡拉蘇泉流溢出水量數字,也可反過來驗證對河床滲漏量的估算,從瑪納斯沖積扇溢出的地下水量可以看出,瑪納斯河在沖積扇上的滲漏量至少占到河流經流總量的25%,因為溢出水量並非獲得河床補給的地下水量的全部。

新疆的其他地區,“卡拉蘇”泉流型溢出帶分布不甚廣泛,只在個別形成條件有利的地段才有出露,它們分布在吐魯番盆地、喀什噶爾山前平原以及西昆仑山北麓和天山南麓個別大型沖積扇外緣。其形成條件也較為複雜,如吐魯番盆地北半部山前平原潛水溢出帶是受地質構造條件控制形成的。矗立在盆地中央的火焰山第三紀背斜構造,阻擋來自盆地北部的豐富潛流,在火焰山北麓,壅高水位,形成高水位帶,潛水層被沖溝和河谷襲奪,幾乎在火焰山的所有缺口都形成大泉,像蘇北溝、連木沁溝、蘇巴什溝、木頭溝、羊奶子溝、大草湖等皆是。這些泉水穿過火焰山缺口流到盆地南部,部分重新下滲,補給地下徑流。再如,喀什噶爾山前平原潛水溢出帶的形成,除受一般的沖積扇地質地貌條件影響外,還受著強烈的人為因素的影響。在這裡,于沖積扇表面高度引水灌溉是“卡拉蘇”泉流形成的重要條件,于此,很難辨別溢出帶的形成,究竟是什麼補給起著主要作用。

2. 連片沼澤式溢出:這種形式分布很廣,常出現在下述地區:現代沖積扇的外緣,或下游有高水位帶存在對其起著迴水影響的沖積扇的外緣。像天山北麓從四顆樹河沖積扇向西到精河以西直到大河沿子之間沖積扇的外緣、天山南麓輪台、陽霞沖積扇的外緣、昆仑山北麓和田到且末廣闊的山前地帶,皆有典型分布。

以沼澤形式溢出的地下水量同樣相當巨大,但能真正匯集起來的水量有限,水量主要消耗於蒸發和蒸騰上。因此,從供水的觀點來看,它的實際意義就降低了,遠不如“卡拉蘇”類型利用便利。

現代沖積扇外緣沼澤式溢出形成的有利條件是地表徑流過早在沖積扇表面上散流。另外,這類沖積扇水文網切割深度較小,這樣,于沖積扇中、下部地下水普遍埋藏較淺,促使寬度較大的高水位帶和沼澤的形成。以天山南麓輪台沖積扇為例,從塔勒克一帶砾石帶結束地區就不斷有小泉從小的沖溝中溢出,向下逐漸增多,至小雅梨一帶連成大片沼澤,一直伸延至南部大雅梨一帶,从上至下,整個溢出帶的寬度可達9公里。陽霞沖積扇也具有相似的性質。

在天山北麓從四顆樹河沖積扇以西,連片沼澤式溢出帶的形成條件方面,除了在地下水補給源上有裂隙水連續的直接補給因素外,主要是由於准噶爾盆地在此收縮,于盆地底部有奎屯河橫過,艾比湖淤及奎屯河尾間的巨大沼澤對其南側沖積扇潛水流起著阻滯和壅水的作用,促使了沖積扇外緣連片溢出和沼澤的形成。

此外,在某些山間盆地中,沖積扇外緣常見沼澤式溢出帶出現。這是由於盆地高度的充水結果引起的。例如塔城盆地東北南三面都有沖積-洪積扇形成,中部被其圍繞的沖積

平原高度充水,到处潛水位很淺(在1—3米以內),具有沼澤溢出的特征。再如焉耆盆地的開都河沖積扇外緣連片沼澤的形成,是受博斯騰湖壅水影響,造成三角洲高度充水。

具有這種類型溢出的地帶,雖然不可能集中較大的天然溢出水流,然而在地下水利用上,仍然是比較方便的,因為水質是良好的,埋藏很淺,開採容易。

3. 隱蔽式溢出:出現在小型沖積扇的外緣,因此,在天山南麓有最廣泛的分布,另外在昆崙山東段阿爾金山北麓,亦斷續分布。

隱蔽式溢出帶的形成,基本是由於沖積扇水源較為貧乏引起的。於沖積扇下部形成的水位不能過高,一般保持在3—5米,部分小於3米,潛水既不能以沼澤式溢出地表,又沒有排洩潛水的泉流,只有通過另一種變相的方式,即依靠大量的植物蒸騰而溢出。天山南麓從陽霞以東到庫爾楚之間沖積—洪積扇的外緣,繁生着連片的胡楊林和紅柳林,柯坪山前洪積扇外緣出現的大片紅柳林,都是潛水變相溢出的標志。昆崙山北麓以沼澤方式和隱蔽方式出現的溢出帶一般寬度較大,延伸遠,常可伸入到塔克拉瑪干沙漠內部。這種特點的形成不僅與沖積扇下部轉為均質的粉砂—細砂結構有關,同時與平原中部東西向羅茲—瑪札塔格構造山脊及其東面的潛伏構造存在的影响有關。

隱蔽式溢出帶類型,從供水觀點來看,意義很小,因為水質多已鹽漬化了。

應當指出,以上三種形式,只是溢出帶的基本類型,實際上,各地區溢出帶常不是一種單一的形式,只不過是以那種形式為主罷了。

(二) 潛水的消耗

潛水溢出帶消耗了山前平原一部分地下水動力儲量,然而並未將全部動力儲量耗盡,仍有大量的潛水流順着天然的坡度向平原下部和三角洲流去。從沖積扇溢出帶向下,沉積物繼續變細,粗粒物質的夾層減少和變薄以及水力坡度的逐漸變緩,致潛水徑流條件顯著惡化。這里大部分潛水埋藏在幾米的深度上,在非常干旱的氣候條件下,潛水水分垂直上移,運動加強。因此,在潛水溢出帶以下平原中潛水以垂直運動為主,而水平運動逐漸微弱,退居次要地位。廣大的沖積—湖積平原和三角洲成為潛水的巨大消耗場地。

蒸發和蒸騰作用是潛水天然消耗的二條途徑。兩種作用,同樣強烈。從南北疆山前平原潛水溢出帶以下,有大面積鹽漬土形成和繁茂叢生的荒漠植物羣的廣泛分布得到証實。

無論在南疆還是北疆,都有連片的鹽漬土分布,除了在積鹽甚重的地區植物不能生長以外,在平原上,甚至於沙漠內部都有植物生長。在北疆分布最廣的是紅柳、蘆葦、瑣瑣和胡楊;在南疆是紅柳、胡楊和蘆葦。

最強烈蒸發發生在夏季,空氣濕度小、氣溫高以及多風等因素都促使土面、土內蒸發和植物蒸騰積極進行。在新疆超干旱的氣候條件下,蒸發作用的深度很大,不僅水位埋藏在地面下3—5米以內有強烈的蒸發,一直到7—8米甚至10米的深度都受到強烈蒸發作用的影响,並參與現代土壤的鹽漬化過程。對蒸騰來說,有不同类型的植物,適合在不同深度的地下水位和不同含鹽量的水分條件下生長。許多耐旱耐鹽的植物適應性非常強,

我們在北疆看到紅柳和瑣瑣不僅分布在地下水位較淺(3—5米)的和潛水礦化度較低的沖積平原上部,而且一直蔓延到整個平原,并擴展到盆地中心的沙漠中。在那里地下水位最深可超過10米,最大達到15米,水質也是非常惡劣的,礦化度一般在10克/升以上。這些植物依靠強大的根系吸取地下水維持生命。目前尚缺乏關於維持蒸騰所需水量的資料,但总量是甚巨的,以蘆葦為例,葉面蒸發比側面積的水面蒸發要高兩倍,可見水量通過植物蒸騰的消耗是十分可觀的。

在北疆,以艾比湖—瑪納斯湖為中心,形成地表水—潛水排洩中心,潛水從各個方向向此集中,湖的周圍形成巨大的沼澤和高水位帶。因此,這裡也是水分蒸發消耗的中心,整個准噶爾盆地北部和西北部艾比湖—瑪納斯湖湖積—沖積平原潛水埋藏深度在3—5米範圍內,水質達到高度的鹽漬化。

在南疆,平原極其遼闊,其面積超過北疆平原幾倍,地貌和水文狀況也倍加複雜,潛水消耗區分散且面積遼闊,從區域潛水的分布特點形成以下幾個消耗區:(1)天山南麓山前平原(塔里木河沖積平原以北);(2)葉爾羌—喀什噶爾三角洲平原;(3)崑崙山麓山前平原—塔克拉瑪干沙漠;(4)塔里木河沖積平原—羅布泊、台特馬爾湖洼地地區。同樣,在各個消耗區,由於水分的消耗,潛水的水質都受到不同程度的鹽漬化。

最後,有必要提一下,到目前為止對南北疆沙漠的水文地質情況了解得還很少,古代沖積—湖積平原構成它們的基底,在沙漠復蓋下都埋藏有潛水流。在北疆,它是天山山前平原區域地下徑流的延續,預計在沙漠的北半部,隨著沙漠基底第四系的尖滅而消失。在南疆,它是崑崙山山前平原區域地下徑流的延續。正是因為有了潛水流,在沙漠里才不斷有較大的植物羣,以及在沙漠中的許多風蝕洼地或較大的沖溝里有泉水出現。沙漠區潛水除了上面基本來源以外,山前眾多的河流,在汛期有大量的洪水洩入,因此沿著新、老河谷常有大的淡水帶伸入沙漠內部,這是沙漠區尋找淡水源的理想地帶。

潛水的天然消耗是一項無益的對天然資源的浪費,因此,如何採取措施,充分利用控制水源,減小天然損耗,是新疆人民面臨的嚴重的自然鬥爭任務之一。

三、潛水動態

地下水動態是地下水在自然因素(包括自然地理和地質)和人為因素綜合影響之下產生的量與質的規律變化,是水文地質上重要的實際問題之一。在干旱區潛水動態資料的累積和分析,是對灌區土地土壤改良狀況進行評價及與土壤鹽漬化鬥爭的依據。

然而,在新疆地區觀測網尚未形成,一些軍垦農場,雖較早建置了觀測網,但由於某種原因,資料常常間斷,連續完整的觀測資料非常有限,特別在水化學動態方面幾乎沒有進行工作。因此,對新疆整個灌區進行詳細評價是不可能的。但根據已有的局部的零星資料,結合區域的自然條件和人為因素的影響,對不同地貌類型地區潛水動態特點進行粗略的說明仍然需要。

前面已經詳細地討論過潛水的循環條件,從那里可以看到潛水的全部活動過程都是

在气候和水文因素强烈的影响下于特定的地质背景上发生的。另外,在广大平原上,由于大量开垦,灌溉事业以空前的规模在发展,人为因素强烈的参与地下水动态的形成过程。人为因素的影响在不同类型的地质背景上影响程度是不同的,大致可以认为,在山前冲积扇地区,即使在沒有其它措施下进行强烈的引水灌溉,亦不会根本改变該区的潜水动态特征,而在冲积扇以下冲积平原和三角洲的灌区,人为因素的影响将超过其它因素,强烈影响地下水的动态,使其显现出局部性和临时性特征。

以下对不同地区潜水动态做粗略的說明:

1. 山前冲积扇地区:是平原地下水的形成区。潜水埋藏在透水性强的粗粒疏松沉积层中,具有較大的埋藏深度(一般在5—10米和10米以上),潜水主要受河床渗漏补给,在某些地段还有山区排泄的地下水补给,因此河水动态对潜能有巨大影响。在这里,蒸发的影响很小或沒有,水均衡过程是径流入与径流出相抵。潜水的动态与河流有相似的性质,只是在時間上迟后。这是因为河水下渗形成地下径流,需要一段传递時間的緣故。以天山北麓瑪納斯冲积扇为例,瑪納斯河的洪水期在6—8月,枯水期为3—4月,而潜水的高水位在9—11月,低水位在5—7月。据訪問,潜水位变化幅度不大,为1.5—2米左右。

在阿尔泰地区,河流主要靠融雪及降雨补给,洪水期较早,从5月中旬开始到7月;枯水期为10—3月。准噶尔界山东南坡河流的水文动态与阿尔泰地区相似,但洪水期更早更短,洪水期在4—5月,枯水期为9—3月。在南疆河流洪水期普遍較迟,洪水期7—9月,枯水期10—5月,各区河流的动态引起冲积扇潜水及沿本潜水动态的相应变化。

由于冲积扇带沉积物有高度的孔隙性和透水性,保证了巨大的儲水容积,灌溉引水不能改变动态的基本性质,因为:(1)在河流沒有进行人工调节情况下,渠道引水仍然保持河流总的天然动态过程;(2)渠道引水量增加,下渗量增加,但潜水平衡径流入等于径流出的性质并未改变。因此,从灌溉角度来看,冲积扇具有最优越的排水条件,无慮潜水位上升,不产生地下水对土壤的盐渍化威胁,是最好的农业場地。位于瑪納斯以西宁家河冲积扇上的农場就是鮮明的例子。該場地表有厚2—3米的亚砂土,其下伏为疏松砾石层,場南部潜水埋藏深度大于20米,中部15—20米,北部5—10米。这里沒有土地盐渍化和次生盐渍化的威胁,建場近10年来,一直取得稳定丰收。

2. 冲积扇外緣潜水位溢出带:地下水平衡的特征是从冲积扇上部来的强大地下径流入为下列要素所平衡:(1)向平原散流的径流出;(2)回归水溢出;(3)蒸发、蒸腾的消耗。潜水位升降直接受气候因素的影响,以瑪納斯地区为例,該区蒸发量最大为5—8月,共达1400毫米。潜水通过蒸发和蒸腾的消耗,低水位在5—7月出现,河流洪水期多在6月下旬至7月上旬开始,以后随着蒸发的减小,水位不断上升,9—11月潜水位最高,12月以后径流入减小,水位逐渐下降,上述动态特征从石河子机耕农場的观测資料得到反映。在这类型地区,潜水位过高使土地沼泽化,同时在强烈蒸发作用下,土地也常盐渍化。因此在土地开垦灌溉的同时,需要进行排水措施,以便加强地下径流免除沼泽化和盐渍化的威胁。一般位于大冲积扇外緣的溢出带,剖面岩性结构較疏松,含水层为透水性較强的砂

层,排水条件较好,采取排水措施,定能见效。以位于瑪納斯冲积扇溢出带上的石河子机耕农場为例,灌区水位很高(1—3米),于1955年以后开挖了排水渠(間距400米,深2.5米),取得了潛水位于1956年普遍下降0.3—0.4米的良好結果,改善了土壤改良状况。处在溢出带的潛水质量一般矿化度不高,在1—3克/升以内。因此,只要在灌水时,保証有排洩出路,是不会引起水质和土壤的盐渍化的。

值得注意,在溢出带潛水层下而不深处常会遇到与潛水有水力联系的承压水,这时,为加强排水效果,需要直井排水与水平渠道排水兼施。

在一些小冲积扇外緣,由于剖面中細粒粘土物质增多,透水性减弱,排水条件不良。因此开垦时,排水須与灌溉同时进行,不能迟緩。由于开垦不搞排水措施,导致潛水位上升、水质恶化,而酿成土壤改良状况恶化的例子屡見不鮮。举二例:(1)天山北麓安集海农場中部,所处地貌部位相当于八音沟河冲积扇的溢出带。在垦前,地面遍生芦苇,大量的蒸騰消耗,使潛水位保持在較深的位置上,为3—5米,但开垦后(1956—1957年),具有天然排水作用的芦苇和灌木树林砍伐以后,又未及时設立排水系統,洗盐和灌水后,潛水位普遍上升达到3米,部分地段为1—2米,造成次生盐渍化的严重威胁;(2)天山南麓庫尔勒西60公里的某一农場处在洪积扇的下部,剖面岩性結構較細,在农場北部主要为細砂和粉砂,南部为亚砂土和亚粘土,垦前水位一般在3—5米以下。开垦后(从1953年开始)因未及时建置排水网,潛水位逐年上升,水质恶化,使土地严重的盐渍化,以致在1957—1958年虽补修了排水渠,但也无济于事,不得不放弃已經整平和开荒的农場东半部。

于此附帶指出,在潛水表层急剧遭受次生盐渍化的情况下,矿化水不能立即向下传递扩散很深,因此,在高矿化潛水表层之下仍埋藏有淡潛水,特別当剖面中有粘类土隔层时,对下伏淡水更有“防护”的作用。据此可以寻找淡水层。我們在某农場的工作,証实了上述論点,在該农場打的浅钻(15—30米)于矿化潛水层之下,揭露了淡水层,解除了該場冬季缺乏飲用水源的危机。

3. 冲积—湖积平原地区:地表坡度平緩,剖面岩性組成以透水性能很差的細粒物质(粉砂、亚砂土及粘土)为主,潛水埋藏深度变化在几米以内,在干三角洲和寬度大的河間地区大于5米,远离补給区深度加大到10米以上,在週水性三角洲和湖积平原地区一般在3—5米左右。

平原中下部,潛水流的水动力特征是径流緩滯,潛水天然动态形成的基本因素是地下径流入为蒸发消耗所平衡,动态的基本特点是水位平緩,变化幅度較小。一些观测資料表明,在北疆不超过1—1.5米。春季融雪的渗入地下,引起水位暂时微小的上升是北疆平原潛水动态的特点。在南疆,由于沒有雪盖,因此沒有融雪水渗入引起的潛水位春季上升的現象。

在平原中部及下部,人为因素产生最强烈的影响。在沒有排水措施情况下,洗盐和灌溉将导致潛水位的急速上升,許多灌区的經營历史都表明了这一点。举二例:(1)北疆烏苏西北21公里的柳沟农場,在洗盐后,潛水位普遍上升30.5—2.5米,灌区在1958年以前