

中国科学院綜合考察委員会資料

編 号: 00675

密 級:

研究沙漠地区地下水的方法问题

李宝兴(地质部水文地质工程地质局)

前 言

一、沙漠地区地下水形成的一般条件

1. 沙漠地区的自然地理环境
2. 沙漠地区的地质构造特征
3. 沙漠地区的第四纪地质

二、沙漠地区地下水的基本特征

1. 地下水存在的几种类型及其特征
2. 地下水分布规律及埋藏条件
3. 地下水地球化学作用的方向

三、研究沙漠地区地下水的几个问题

1. 沙漠地区地下水的形成问题
2. 沙漠地区地下水的运动与分布规律问题
3. 大地构造及地貌类型与地下水的关系
4. 第四纪地质的初变及其特征问题
5. 地下水的化学变化规律的问题
6. 土壤盐渍化的形成问题
7. 地下水的动态规律与水分平衡问题
8. 研究利用地下水的方法问题
9. 地下水与植物的生长关系问题

四、研究沙漠地区地下水的方法问题

1. 一般方法的讨论
2. 路线水文地质调查的工作方法
3. 综合性水文地质普查的工作方法
4. 勘探试验的工作方法
5. 地下水均衡与动态观测的方法问题
6. 水文地质指示植物的调查方法
7. 水文物 方法在沙漠地区的应用

五、结束语

中国科学院治沙队第一次学术报告会文件

研究沙漠地区地下水的方法问题

李宝兴(地质部水文地质工程地质局)

前 言

一、沙漠地区地下水形成的一般条件

1. 沙漠地区的自然地理环境
2. 沙漠地区的地质构造特征
3. 沙漠地区的第四纪地质

二、沙漠地区地下水的基本特征

1. 地下水存在的几种类型及其特征
2. 地下水分布规律及埋藏条件
3. 地下水地球化学作用的方向

三、研究沙漠地区地下水的几个问题

1. 沙漠地区地下水的形成问题
2. 沙漠地区地下水的运动与分布规律问题
3. 大地构造及地貌类型与地下水的关系
4. 第四纪地质的初变及其特征问题
5. 地下水的化学变化规律的问题
6. 土壤盐渍化的形成问题
7. 地下水的动态规律与水分平衡问题
8. 研究利用地下水的方法问题
9. 地下水与植物的生长关系问题

四、研究沙漠地区地下水的方法问题

1. 一般方法的讨论
2. 路线水文地质调查的工作方法
3. 综合性水文地质普查的工作方法
4. 勘探试验的工作方法
5. 地下水均衡与动态观测的方法问题
6. 水文地质指示植物的调查方法
7. 水文物 方法在沙漠地区的应用

五、结束语

前 言

我国的沙漠广泛分布在西北和内蒙六省区的范围内，隶属于干旱气候带，大致介于北纬 $36^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 之间。呈东西长条形延伸，南倚崑崙山下，向北直入蒙苏境域。在并界范围内，它属于中亚大沙漠的一部分。

我国干旱区的面积相当于全国总面积的四分之一，约佔有180万平方公里的土地，其中绝大部分地区为沙漠所佔据，总面积不下百余万平方公里，一半以上的沙漠分布在新疆境内，其次是内蒙古面部的阿拉善地区。

千百年来，沙漠一直危害着人民的财产与生命的安全，辽阔的土地处于荒蕪状态，风沙袭来逼人搬家，埋没农田，使肥沃的土地，变为极度的荒野。尤其是近几十年来，由于反动政府的残酷统治，使沙漠人民陷于水深火热之中，民不聊生，四散逃亡，沙漠的经济处于极端落后的境地。

解放后，沙漠人民在中国共产党的领导下，展开了与风沙的搏斗。几年来，向沙漠夺回了部分土地，使风沙低头，人逼沙退，在征服沙漠的战役中立下了不朽的功绩，亦为今后大规模的根治沙漠打下了良好的基础。一九五九年，中国人民全面的向沙漠宣战，为征服这条为害数千年的黄龙，组织了强大的科学技术队伍，密切与当地广大群众合作，一年来已经取得了辉煌的成就。完成了治沙面积二千五百多万亩。

水是治沙的主要手段之一，无水就无法治理沙漠，就是最耐旱的植物，无水亦难以生存。水在改造沙漠中的作用是极其重要的。首先水是作为自然综合体中的组成部分存在于自然界中，万物能赖以生存，“水是植物生存的主要条件，根据不同的水分情况，可以采用不同的治沙措施，就是飞机播种亦需要水分的资料；另一方面，“水是作为工具出现，可以利用引水、吸水等方法改变自然界中的水分状况进行灌溉，开辟水草，培育植物。为了顺利地进行人类经济活动，水又作为人高的生活条件，无水，人类就无法活动。水文地质条件较好的地区，供水就不成问题，但当区内水流缺乏时，利用地下水供水，就成为迫切需要的了。

沙漠地区的地下水分布广泛，成因复杂，变化剧烈。怎样来研究沙漠地区地下水的形成、分布与运动等规律，怎样利用地下水来为改造沙漠服务等的一系列的问题，就成了治沙水文地质工作的主要内容，本文根据当前在沙漠地区水文地质工作的进展情。结合今后的任务，针对上述问题提示作者的一些粗浅看法。由于作者水平有限，参加沙漠地区的水文地质工作时间较短，缺乏实际经验，必难达到主观的目的，倘能在这样的问题上提出一些意见，进而引起参与这些工作同志的指正批评，甚感荣幸。深切期望与会同志共同努力来制定一套完整的工作方法，进而使治沙水文地质工作沿着又快好的道路前进，使我国的沙漠早日为人类造福。

一. 沙漠地区地下水形成的一般条件

中国沙漠地区的地下水分布相当广泛，总的说来，水分条件还比较充足。这是因为，中国沙漠地区所处的自然地理环境比较有利，大地构造特征所决定的水文地质条件甚为良好之故。下面根据沙漠地区所处的自然地理环境，大地构造单元，地层岩性特征，第四纪以来的地质问题以及它们所决定的水文地质条件等加以概括性的阐述：

1. 沙漠地区的自然地理环境：

我国的沙漠约98%分布在干旱地区内，处于中亚大陆的深处，远距重洋，又为高山环绕，被分割成数个大体相同，而又各具特色的自然地理单元。西部的大兴安岭像一座屏障阻碍着东部海洋潮湿气候的深入。南面的秦岭将干旱区与潮湿气候区隔离，而南部的崑崙山将青藏高原与本区分开，西天山的存在也使本区的气候有东西部的差异，北面高大的阿尔泰山使本区与中亚细亚互不相通。仅在区域的东北部与蒙古戈壁直接相连，这样就使本区的气候深受蒙古高压中心的影响。形成典型的大陆性干旱，草原，沙漠型气候特征。沙漠戈壁的形成是干旱气候条件下的天然产物。

中国干旱区在气候纬度分带规律的作用下，具有明显的水平分带性。又因东濒海洋，深受海洋气候的影响，又具有了经度的分带性。在气候的经度分带与纬度分带的综合作用下，整个沙漠区就显示了环带状的自然景观：最西边的一环因与潮湿气候毗邻，雨量充沛，土地湿润，水分充足，因而树木丛生，为森林草原州。在这一州的里边，气候，水分等自然条件变差，因而很少有森林出现，多为草原州。或草原荒漠州。最里边的广大地区，由于年雨量极少，水分十分缺乏，植物难以生长，在风蚀作用下，多形成沙漠，部分地区为石漠，沙漠石漠组成极端的荒漠。

上述的自然景观受区域性地形起伏的影响很大，由于大地构造所决定的地形特征是区域气候局部差异的主要因素，高大的山区所固有的垂直自然景观分带又把整个干旱区分割成数个较小的环状自然景观区，高山区为森林草原州，山麓地区为草原荒漠，而盆地中部则为沙漠景观州。

干旱地区地下水的形成与分布就是这种错综复杂的。但又表现：一定规律的各自然因素综合作用的反映，因而地下水的形成与分布亦应受着某一较强作用所综合的某一规律性所支配。

自然界中，参与综合作用的诸因素以及它们的联合组成的某一规律，並不是一成不变的。在一定时期，一定地点和一定条件下，它们是可以互相转化，互相制约，而又互相影响的。因而地下水的形成与分布亦应随着这种转化而变化。

中国干旱地区的基本特征是高山环绕盆地，沙漠分布其间，并在低洼盆地中汇集大量的地表水与地下水。由于各地山系不同，盆地或高原的形式不同，地形结构亦各有区别，因而影响地下水的形成与分布规律上亦有差异。

2. 沙漠地区的地质构造特征

地质构造是自然界综合作用的积极因素，各地区的差异与地质作用是密切相关的，高大的山区不外乎是各时代地质作用的产物，脱离了地质条件就无法解释何以有局部性的差异及地下水形成与分布的规律。

大地构造的性质与特征是区域地质的基础，同时亦是决定区域地形与地貌特征的主要内力。各个时期由各种不同构造特征所表现出的地形外貌及地质结构，是各该区地下水形成与运动的重要条件。沙漠戈壁的分布与地质构造亦是紧密相关的。

沙漠区的大地构造特征是由古老地槽所形成的极端干旱的荒漠盆地，并为古地槽后褶皱成山而组成的湿润气候区所环绕。二者之间还表现了过渡性质的构造形式，像山前凹陷及山前陷落之类。所有这些构造形式决定了沙漠地区的水文地质条件。

区域的东部属于华北陆台的范畴。来自大兴安岭，西至天山，表现的形式有：阿拉善地槽、阴山隆起、贺兰山隆起、鄂尔多斯地台、贺兰山褶皱的南端即开始了南山大地槽，与莫尔根连的是山前洼陷带——河西走廊。走廊从北进入到内蒙古地台区，在中蒙边境上屹立的是阿尔泰褶皱山区。

区域的西部为一独特的构造区，天山大地槽横贯于中部，将新疆分为南北二部，南为塔里木地台，北为準噶尔陆台型盆地，其周围皆为华力西褶皱带。

区域的南面，自西到东沿喜马拉雅褶皱带，交于喜马拉雅山，再向东进入黄土高原。在喜马拉雅褶皱带与祁连山褶皱带之间分布有柴达木盆地，它是一个古老的陆升，四周褶皱成山时相对下陷，形成了现在的内陆盆地。由于它地处高原、气候极端干燥，水分十分贫乏，对形成淡的地下水是不利的。

总之，我国干旱区大地构造的特征对地下水的形成与分布是相当有利的。它那向背斜、褶皱、断块、山前陷落等构造形式环绕着规模巨大的陆台型盆地，是地下水形成与富集的有利条件，山前陷落成为巨大的地下水库。就是高平原的陆台区，由于构造特征，亦蕴藏着丰富的同流水，为治沙的重要水源。

不同的地形有不同的水文地质意义，不同的岩性又具有不同的地下水特征。在山区，由于地壳构造作用，岩层变质，裂隙发育，在强烈的风化作用下形成巨厚的风化带，为成山地基岩裂隙水蓄集之所。在未变质的岩层中，喀斯特化的石灰岩具有重要的意义。在天山及崑崙山喀斯特溶洞水是屡见不鲜的。

泥盆纪以来的绝大部分地层为陆相沉积，以碎屑物为主，其中尤以砂岩及泥岩分布最广。局部有砂砾岩及砾岩，页岩亦不少见。上述地层分布在各个山区，更形成孔隙水或裂隙水，局部还有层间水出现。在这些地层中，石炭纪、二叠纪的砂岩，侏罗纪的砂岩及砾岩以及白垩纪、第三纪的砂岩、底砾岩等均为良好的含水层，具有重要的水文地质意义。

3. 沙漠地区的第四纪地质问题

第四纪的疏松沉积分布非常广泛，岩性十分复杂，为沙漠地区的主要蓄水地层，其中尤以砾石、砂岩地层更具有重要的水文地质意义。

第四纪地质发展的历史即是干旱区形成的历史。早在第三纪末及第四纪初期各大山区冰川广泛发育，当时的气候极端寒冷，但后来气候变暖，大量冰川融化，冰水及洪水淤于山前，这时的大型盆地又变为一片内陆大海，在高山前碎石、砾石堆积的同时，大量的细碎物质运到了湖中，这样的环境延续了许久。在第四纪的中后期，水量减少，湖面收缩，至今在各大盆地的最低处仍有现代湖泊存在。由于这样的变化过程，在干旱区内基本上存在着以下几种堆积类型：在各大山前广泛地分布着洪积相的砾石，厚度巨大，在河西走廊及天山南北带达几百米至几千米以上，颗粒粗大，透水性极强，为本区的富水地层。在各大盆地的中央部分存在着厚度不一的湖相沉积。由粗细物质相间成层，厚者达300—500米，为一良好的承压含水层，在地形地貌条件适合时，能形成高压自流水，水量大，水质好为其特征。经常性水流的作用，沉积了河谷冲积层，有河谷冲水掩盖，厚度各地不一，透水性一般较强，冲积物多为湖积物质的交替取决于湖水的大小，而冲积层与洪积砾石层的更替则更取决于新构造运动的强度。

山区的堆积物质以残积与坡积为主，它们都是基岩风化的产物，不具有重要的水文地质

意义。

风在第四纪的堆积过程中成为一种作用力，在风的吹拂作用下形成了沙丘，沙丘组合而形成沙漠，它们构成了第四纪的主要堆积类型，几佔了干旱区一半以上的土地面积。最大的塔克拉玛干大沙漠是世界上罕有的，巴丹吉林大沙漠有高达400米的沙。

沙漠是第四纪地质中的特殊堆积类型，分布广泛，又多座落在其他古老地质之上，有它独特的性质，它随风而起，迁居不动，自称为活动地层，因而对人类的经济活动有着严重的危害。

根据对沙漠分布规律的研究及对沙丘沙的观察，可见沙漠多分布在大小不等的盆地中及各种光秃的荒原上，沙丘多到离附近的河流冲积物及湖相堆积物，並具有明显的分布规律。並严格的受地貌条件所控制，在大地构造上均居于古老的陆台或过渡性地区。这是因为有冲积，湖积的细粒物质作为基础，经风吹扬再沉积就容易形成沙漠，由于四周环山的地貌景观又约束着沙漠的运动。由于沙丘不能越山而山，只好在盆地中堆积，致而形成沙山。

第四纪地质的另一个问题是地貌的形成。地貌的唯一特征是在一定的地质构造作用下形成的，但受地质岩性的影响又有形态上的局部差异，可见地貌类型是大地构造与地质岩性在地形上的综合反映。

地下水的形成与分布是自然界中诸种因素综合作用的结果，而地貌形态只是自然界中诸种因素综合作用的表现，因而地貌形态就有可能反映出地下水形成与分布的基本规律，而早把地下水的运动在很大程度上又是由地貌特征来决定的。在地貌上居于侵蚀构造或构造剥蚀的山区，往上都是地下水的形成区，在动力学上讲是地下水的补给区。在地貌上表现为山前洪积倾斜平原的地区，是地下水的迳流区。在地貌上表现为一望无际的湖积大平原，则为地下水汇集的场所，在水力学上来说是地下水的承压区。沙丘及沙山中有沙丘山存在。

可见沙漠是在干旱气候条件的影响下，在一定的地质构造及地貌范围内所发生的。如果说风是沙漠形成的作用力，而有利的地貌区是沙漠能够形成的场所，那么，冲积湖积的细粒物质就成了沙漠得以形成的主要物质来源。沙漠地区的地下水就是受这些条件所支配的。

第四纪地质中的重要问题之一是新构造运动的表现明显，尤其在沙漠地区更为突出。而且这种构造的形式又多以震盪运动为主，第四纪以来在某地区所发生的震盪运动影响了区域性水文地质条件的变化，表现为局部的地下水位的上升或下降，当然这些局部的水位升降并不能意味着这些地区走向干旱。

二、沙漠地区地下水的基本特征

1. 地下水存在的几种类型及其特征

综观沙漠地区的自然地理及地质构造特征，不难看出中国沙漠地区所处的水文地质环境是比较优越的，这就是我们能够彻底改变干旱区的面貌、根治沙漠的先决条件。

由各种变质岩及花岗岩组成的山区蕴藏着丰富的基岩地下水，可分为变质岩中的裂隙水，未变质岩层中的裂隙裂隙水或层间水，火成岩中的喀斯特水，在冰川引致山区还有冻结型地下水。它们构成地下水的源地，並为地下水形成之所，它们分布在阿尔泰山区，祁连山，祁连山区，崑崙山及贺兰山，阴山等山地之内，低洼的丘陵地区亦有其分布。

祁连山之麓有山前洪积倾斜平原型以裂隙水为主的 水的广泛分布，自高山到平原具有明显的水平分带性。河西走廊是山前洪积 水的典型地区，又如天山南北，崑崙山，贺兰山及阴山等麓均有其分布，受山区地下水的补给，成为地下水的迳流区，又由于地表水流过山后经过透水性极强的砾石层大量渗透形成地下水。因而又构成了地下水形成区，有着丰富的地下水资源，水量大，水质好，为其特征。

位于各种沙漠之下的冲积湖积大平原，蕴藏有丰富的水与自流水。是地下水的汇集区或称为排泄区，这里地表水与地下水的消耗主要是蒸发，因而在强烈的蒸发作用下，表层水：高度大陆盐化，矿化度一般在3-5克/升以上，高者达200~300克/升，多以504型为主，局部出现了CC水，基本上不能利用，而且往往导致土壤碱化。

在大陆盐化水的下部，由于受蒸发作用较小，地下水仅处于低矿化过程，由于地貌条件的影响多承压，往往只正水头，高出地面，形成自流水，水质好，水量亦，是沙漠地区的重要水源。这种类型的地下水在沙漠地区到处可见，内蒙古的几大沙漠，河西走廊，柴达木盆地，最典型的要属准噶尔盆地了，塔里木盆地亦甚广泛。

沙漠内部的地下水，储存在各种沙丘之中，为沙漠地区的重要水源之一。在分布规律上却在上述咸水水之边缘，位于大陆盐化水之上，位于交于盐化水的水包。它构成了各种地下水汇集之中心，因而其水文地质条件甚为复杂，至今关于沙漠中地下水形成问题尚无统一的认识，其说不一。其水文地质条件所以复杂，是因为沙漠复盖在各种不同的地基之上，因而都具有各不相同的水文地质特征。

河谷冲积层水作为非分州水。现在沙漠地区，山前倾斜平原上，冲积湖积平原以及大沙漠里。水量大，水质亦好，局部地区微承压，亦为地区的重要水源之一。较大者有黄河冲积平原，黑河（额济纳河）冲积层水，及塔里木河等沿岸地区。

4. 地下水分布规律及埋藏条件

沙漠地区地下水的分布规律及埋藏深度深受地貌条件控制。在地貌上表现为侵蚀构造或构造剥蚀的山区分布山地基岩地下水，又根据各时代岩性的不同及变质程度的深浅而分为裂隙水、孔隙水及潜水，喀斯特化灰岩分布地区有溶洞水，一般埋藏不深，往往沿河谷线出成泉。在地貌上表现为洪积倾斜平原的地区有山前冲积型地下水埋藏，其分布的范围与地貌形态所具有的范围大体相同。在埋藏条件上，由山麓向平原由深到浅，由大于100米，30~100米及5~50米，并在与平原的接触处小于5米，形成局部承压带或承压水，并流入湖盆洼地中。在地貌上表现为大片湖盆洼地的地区，则属于大陆盐化水的分布地区，水埋藏不深，一般不超过5米，局部地区大于10米，其下部有承压水及自流水，埋藏较深，浅者40~50米，深者则达100~300米以上，水头往往可以高出地面，受山前冲积型地下水的直接补给。在地貌上表现为大小沙山的地区，往往在沙丘内部含有浅的地下水。水量不大，水质尚好，埋藏于大陆盐化水之上，多形成淡水透镜体。埋藏深度又取决于沙丘的高低及下伏地基的水文地质条件，一般来讲，沙山高者，水位较深，从地下水位高者，则埋藏就浅。

在地貌上表现为高平原的地区地下水的分布与埋藏就取决于区域的大地构造特征及地层岩性构造。在这地区，像研究地下水一样，地质构造是主要因素，往往地貌就不能完全反映区内水文地质特点了。局部的地貌与地质条件仍有一层关系。在地貌上表现为侵蚀残山或低山丘陵的地区地下水亦与地貌条件关系不大，而多取决于地层岩性及有利的地层结构。在中国干旱区，这样地貌类型区的水文地质条件往往不佳，缺水，水质水量均差。像与梁山地区及库鲁克山的东郡等地区均属之。

还有一种不分州的水，埋藏在河谷冲积层中，它的分布与河谷的宽窄，河谷冲积的物质组成和厚度有关，可以分布在河流通过的地区，一般来讲靠河近埋藏浅，离远埋藏较深，河谷冲积层浅水一般水量较大，水位不超过几米，多在1米左右，为一良好水源，有待进一步调查与利用之。

3. 地下水地球化学作用的方向

沙漠地区地下水的化学性质取决于区域的地质条件与气候特征，在干旱少雨，蒸发强烈的地区，地下水的消耗主要是蒸发，水中所含盐分浓缩，矿化度势必增高，水文化学更趋复杂，并呈现出自补给区到蒸发区的水平分带规律，这是大陆盐化水的基本特征。大陆盐化水的另一个特征，是倒置的水文化学分带性，这是因为近地表受蒸发作用强烈进行，越深则影响越小，水的化学成分与矿化度均较稳定。根据这样的地球化学作用的方向，可以看到有如下的离子变化：在山区，水文化学比较简单，均为 HCO_3 型水，有进入平原区时， SO_4 离子开始增加，呈现出 HCO_3-SO_4 或 SO_4-HCO_3 水，当地下水开始行渊时， SO_4 离子已经浓缩到相当高度，以 SO_4 型水为主，由于局部岩性的影响，水中的 Cl 离子迅速增加，在接近盐湖地区则以 Cl 水为主了。阴离子只有相类似的变化，在山区往往以 Cl 离子为多，由于岩性影响亦有 NO_3 及 F 离子出现，但到平原区 NO_3 离子迅速增加，而有地下水行集区 NO_3 离子占了优势。

大陆盐化水的基础是高度含盐的土壤，但对深部地下水就不同了：土壤含盐量大减，又因受蒸发影响甚小，水中盐分甚少，则多为 HCO_3 型的淡水，但地下水向上运动，达到临界深度时，矿化度开始增加，水化学成分开始变化： SO_4 离子升高，在达到地面时 Cl 离子占了优势，又形成了倒置的水文化学分带。当然向深部，亦有垂直的水文化学分带规律，在大约500—800米的深度， SO_4 离子亦有升高之势，在1000米之下的水中含 Cl 离子甚高，或者在相当深度内完全成了 $\text{Cl}-\text{NO}_3$ 型盐水了。

了解上述的水文化学分带性对解释区域水文地质条件及解决供水问题是极为有利的，因此，在水文化学方面的工作应以为生产服务的观点出现。

二、研究沙漠地区地下水的几个问题

中国的沙漠地区所处的水文地质环境虽然比较优越，但从水文地质条件本身来看还是相当复杂的。为了弄清楚这个沙漠地区的水文地质条件，就必须解决一系列与其有关的问题，像地下水的形成问题，运动规律问题，地下水的动态变化以及水分平衡等诸重大问题至今尚未解决。另外，关于研究沙漠地区地下水的方法问题也有待讨论，就是怎样利用地下水亦是今后工作的内容之一。最后还有某些问题存在争论或不能认为是正确解释都有待进一步澄清。现在根据问题的轻重先后列于次，并提出所要列举问题的中心或争论之点：以供讨论。

1. 沙漠地区地下水的形成问题。

对沙漠地区地下水的研究在中国是最近几年开始的，就是在苏联也不过是20—30年。研究沙漠地区水文地质条件的首要任务是解决地下水的形成问题，现在对沙漠地区地下水进行调查所得的资料，一时还很难弄清沙漠地区地下水的成因问题。一些学者认为，沙漠地区地下水是由大气凝结水形成的，另外有一些学者则认为是由土壤内部的蒸发凝结所形成的，当然还有其他看法。所有这些说法与看法，不能否认，对地下水的形成上是起一定作用的，但何以为主要，仍未获解决，有待今后工作中求得解决。

研究沙漠地区地下水的形成时应当从以下几方面出发，首先是大气降水的补给，地表径流的渗透与远方地下水的流入亦不容忽视。根据不同的地貌特征及水文地质环境，进行大气凝结水与土壤内部蒸发凝结水的试验研究，因为后二者不能对所有地区都是重要的。

2. 沙漠地区地下水的分布与运动规律问题。

在研究沙漠地区水文地质条件时的另一个重要任务，是解决地下水的分布与运动规律问题。因为地下水的分布决定着治沙措施及布置人类的经济活动。当然在了解地下水分布以后，还未弄清其运动的规律亦难真正掌握地下水，进行合理的规划。

虽然在沙漠地区进行上述某些调查研究工作，也掌握了地下水分布的大概情况，但深入地、全面地分布规律尚未获得，应进一步调查。

沙漠地区地下水的运动多取决于地下水的补给方式，在未弄清地下水的形成以前，就难以对地下水的运动规律作深入的研究。

现在可以认为，研究沙漠地区地下水的分布与运动规律时应以大地构造、地貌构造及地层岩性几方面而谈，其中尤以地貌特征为著。

3. 大地构造及地貌类型与地下水的关系

几年来，我们在干旱沙漠地区进行了部分工作，对本问题进行了粗浅的了解，也初步的获得了大地构造特征在地下水形成、分布与运动等方面的一些资料。大地构造是地貌成因的内应力，而风沙及流水等只是改变地貌形态的外力，二者结合即形成区域地貌的成因类型。在这个问题里面应解决以下几个小问题：沙漠的分布，形成与大地构造及地貌类型的关系，地下水的成因与大地构造的关系，地下水的分布与地貌的关系以及由地貌特征所决定的地下水运动规律等。

大地构造特征又是形成区域自流水的条件，地貌特征又反映了这样的构造轮廓，因而研究地貌条件又是查明承压或自流水的主要方法。

4. 第四纪地质的发展及特征问题

第四纪以来的地质历史是区域水文地质条件形成的历史，同时也是干旱区形成的历史，亦是沙漠生成与发展的历史，因而研究第四纪地质及其发育历史有着头等重要的水文地质意义。

据目前所悉，除基岩地下水及局部前第四纪自流水外，绝大部分地下水都蕴藏在第四纪的疏松沉积中，其中以洪积砂砾石、冲积砂层以及广阔的湖积层为最有含水希望，沙丘沙中亦含有地下水。

研究沙漠地区第四纪地质时应从下列问题开始：第四纪堆积类型、特征及分布规律，第四纪地层的含水性能及其供水的意义，第四纪以来的新构造运动及其特征，以及它们对区域水文地质条件的影响，第四纪地质的发育历史以及地质发育的趋向等。

中国干旱区的历史很可能在第三纪末就开始了，并在第四纪的初期接受大量冰水洪水而形成广大的湖积平原，仅在第四纪的中后期由于风的强烈作用及湖积冲积物作基础才有沙漠的形成，形成沙漠时的气候可能比现在更干旱。因而不能肯定中国干旱区正在走向干旱，只于局部的第四纪以来所发生的振荡运动而产生的地下水位的升降亦不视为逐渐走向干旱或更趋湿润的证据。

5. 地下水化学的变化规律问题

研究沙漠地区地下水的问题中，水文化学的的作用方向亦应列为重要的内容，因为评价区域水文地质条件的三大要素中，即有地下水的质量问题，不仅植物生长、人畜引用或工业用水对水的质量均有不同的要求，高度盐化的地下水除提炼矿产以外一是不能满足上述三方面的要求的。当我们掌握了区域水文化学特征时就完全有可能采取各种相应的措施，培植各种不同耐盐的植物，进行相适应的经济布置等。

研究水文化学时，首先应以水文化学的分布及其变化规律出发，其次是水文化学的局部差异及其对不同的经济活动的影响。研究水化学的水平分带及垂直分带更见有重要的意义。

6. 土壤盐渍化的形成问题

近几年来，在沙漠干旱地区开垦了大量的土地，但由于灌溉所引起的大面积盐渍化甚为严重，不能不引起有关方面的注意。根据调查，可以认为绝大部分是由地下水的活动而引起的，其次是原生土壤中的含盐量甚高，这些可溶盐类遇水则迅速溶解，由于水位的上升，蒸发的强烈进行，盐分的浓缩，脱碱作用更趋发生，势必发生严重的盐渍化。

今后大量开荒，改变干旱区面貌，在沙区农林牧业的发展，怎样防止土壤盐渍化都成了当前的中心课题。研究问题的中心内容应从地下水的变化与土壤盐渍化的关系着手，从中找出其基本规律，并进而指导生产。其次是研究灌溉方法，技术等以及土壤改良的措施。

现在虽取得了一定成绩亦获得了一些经验，但仍有许多问题未能解决，化水的化学成分与土壤盐化过程的关系，低矿化水能以发生盐化的原因，垂直排水的技术措施等。

7. 地下水的动态规律与水分平衡问题

水文地质调查工作归根结底是由地下水的动态观测来结束。地下水动态观测的目的是为了获得地下水情变化的资料，从而正确地计算水分平衡与地下水资源更合理地开采与利用地下水，使水尽其力，地尽其才。

目前在干旱沙漠地区还没有动态规律的必要资料，水分平衡也未计算，与此相关的一系列问题均未着手进行。上述工作应迅速开展。首先应从地下水长期观测开始，积累动态资料，还应计划的着手进行水分平衡的研究。进行对沙丘水分的观测以及对绿洲边缘的研究列入日程。

研究沙漠地区地下水的动态规律有着极其重要的国民经济方面的意义。据所知，雨水型动态成因的地下水对畜牧不甚有利，冰期型地下水成因类型对灌溉又不利；惟知雨日混合型的动态成因型地下水对农业甚为有利。对不利的地下水应采取措施使之有利或引地面水灌溉。此外，南水北调急需沙漠地区地下水资源的资料，利用地下水改造沙漠急需地下水量的资料，均亟待着手进行。

8. 研究利用地下水的办法问题

在查清了沙漠地区水文地质条件以后，进而进行了规划与措施配置，最后就是怎样来开发利用地下水了。开采地下水的形式方法很多，利用地下水的办法亦不少，但究竟利用哪些方法更为合适，尚未作过研究与试验工作。怎样合理地开采地下水，及怎样有效地利用地下水是改造沙漠的措施中不容忽视的问题。

在进行地下水调查的同时，就应当有计划的开展这方面的工作，因为研究水文地质条件的目的，归根到底还是为了利用，因而只了解水文地质条件而怎样利用不去设想，那无异于作了一半工作。

在目前能够利用的地下水起码有五种，有山地基岩地下水，有冲积洪积中的水，有冲积层中及古老地层中的承压水或自流水。有河谷冲积层中的水以及沙丘内部的波水体。所有上述各种类型地下水，均有其不同的开采价值及利用方法。怎样利用地下水进行灌溉是当前迫切的任务。

9. 地下水与植物的生长关系问题

地面的植被是土壤、气候与地下水的综合反映，不同的植物群落因有不同的水文地质特征，具体反映在地下水的埋藏条件及水文化学的特征上。植物的种属类型是由水的埋藏条件及水文化学来决定的，有喜水植物与耐旱植物之分，有盐生植物与耐碱植物之分，它们都是不同水文地质条件的地表反映，因而利用植物的生长关系来寻找地下水与普查区域水文地质条件是即经济又迅速的工作，今后工作中应大力推广，并总结经验，以使沙漠地区地下水的调查研究工作再前进一步。

四、研究沙漠地区地下水的办法问题

在干旱沙漠地区进行水文地质工作的结果证明，在幅员辽阔的沙漠地区应当运用不同于其他地区的水文地质工作方法，在研究地下水的办法与步骤上亦应区别。开始时，我们采取了与其他地区相同的方法，但收效不大，进展较慢，经因地区广，时间短未能掌握全面的资

料，摸清全区面貌上很难做到，通过总结经验，认为有必要改进一些工作方法，并且应当采用一些新的方法，使治砂水文地质工作沿着多快好省的道路前进，把治砂水文地质工作的提高一步。下面针对不同的工作内容提出本人的某些看法，供大家参考：

1. 一般方法的讨论：

治砂水文地质工作应当本着先易后难由点到面、从线入面、先点线后内部的原则；在工作方法上应当是以线控制面，从面选点，从点析面，点面线三者结合；在工作步骤上，应当是先路线后普查，再勘探，结合选点观测及实验。

不同的工作内容应当采取不同的方法，不同的工作阶段，又要有不同的工作内容。现阶段是沙漠地区摸情况，但是在摸情况的同时，就要为下一步工作准备条件了不能把治砂地质水文工作总停留在摸情况阶段，要把水文地质工作深一步。

根据当前需要，我们应当开展沙漠地区的大面积的综合性水文地质路线的勘察，从短小精干的队伍，配备轻便的勘探设备，深入砂区，全面地了解砂区内部的水文地质诸问题。这是因为砂区边缘的水文地质条件容易掌握，工作进行得也比较快，条件也比较好，但砂区内部却不同了，很少有人去过，就算去过，但对地下水进行的调查工作又为极少，不能说明区域的水文地质条件。在我们编制沙漠地区水文地质分区时，只好把砂区的内部空下来，这种情况不改，砂区的水文地质条件就无法掌握。

在目前急需治理的地区，也需开展综合性水文地质普查亦甚需要，但队伍不要搞得太小，其目的主要是进一步查清治理地区地下水的情况，提出治理的措施。

水文地质试验研究工作应大力开展，首先是砂区的地下水动态观测工作，因为水文地质条件的验证是由地下水长期观测工作来完成，首先是地下水量的平衡问题，储量计算问题，其次是地下水动态对国民经济发展的关系。试验研究工作的另一个内容是怎样利用地下水问题，必须在通过研究试验，才能总结出利用地下水的有效途径。因为研究地下水的最终目的是想利用地下水，不能为研究而研究。

2. 路线水文地质

在路线水文地质调查的组织中应当根据工作方法及工作内容配备工作人员及设备。路线调查的工作方法应当是综合性的，有航空目测法，地质地貌法，井泉调查法，地植物调查法，物理探矿法及勘探法等，这些方法都是互相配合，互相补助的。在野外工作中仅依靠井泉调查法不能全面地了解与掌握沙漠地区的水文地质条件。掌握大区域的水文地质条件时，地貌调查法甚为重要，正确地绘制路线地貌图，可以反映出路线水文地质情况。地植物调查法在了解复盖度较大的地区甚为有利，利用土壤、气候及水分的地表反映——植物，来了解地下水分布，埋藏与水文化学规律是一件即经济又迅速的工作，是今后沙漠地区进行水文地质工作的方法之一。物探法在水文地质调查中虽未已开始应用，但作到了良好的效果，这是水文地质勘探发展的方向。为了能了解地下水位状况，在调查的同时，进行一部分勘探工作是极为重要的。目前的砂区调查中，就是因为缺乏勘探工作，而感到束手，许多问题不能解决。在路线调查的同时，进行砂区水分的测定是研究沙漠地区水文地质条件的内容之一。

3. 综合性水文地质普查的工作方法

进行比例尺1/50万综合性水文地质测量一般都采用地质法，这是一个较老的方法，往往不分地区及水文地质条件的简繁而千篇一律，又因往往缺乏地质点工作方法的经验，除了描述地质点之外，就对重要的水文地质问题置之不顾。我个人却同意用另一种工作方法来代替地质法，在水点较多的地区以井泉调查法为主，结合地貌调查法来进行，但水点很少的地区，则应以路线地貌调查法结合轻型勘探法进行。这样就会在同样的时间内，解决更多的

问题，使工作人员在普查的过程中不是机械的描述地质条件（有些地质条件是地下水无关的），而是有目的的调查水文地质条件，揭露水文地质特征，并以地貌特征来推知水文地质特征（因为地貌反映了地质构造特征），并在野外期间编制出工作区的水文地质图件，这样才能使普查工作沿着较快的道路前进，并能根据普查当时解决不了的问题布置下一步的勘探与研究工作的。地质植物调查法与物理探矿法的应用，将使水文地质普查工作更前进一步。

4. 勘探试验的工作方法

在沙漠地区进行水文地质勘探不是一件容易的事情，由于沙丘复盖、水流缺乏、交通十分不便，采用已有的固定式占探机已为条件所不许。勘探方法上应大大改变，最好用自动式汽车占或履带式自动汽车占探机，在勘探的方法应当广泛采用空气钻进，这样即能克服勘探困难，又能解决无水的勘探问题。

今后的勘探方法应以物探方法来代替，为供水目的还应利用钻探的方法，此外，为了进行一些杆查孔亦很必要。在物探方法未广泛应用以前，使钻探设备轻便化，钻探过程自动化亦是技术改革的新方向。

人力冲击钻探在研究地区水文地质条件时亦很需要，但必需轻便化，并向自动化方向发展，采取柴油机驱动，设立中间传动轴。

在普查与线路调查的同时，应配备轻便的人提钻，以揭露地下水为主要目的，要求深度10米以上，口径不小于2.5吋，更为合适。

抽水试验不可能在所有的大小钻孔中进行，应当有目的的，有选择的在重要的钻孔中进行。在条件允许时，应当进行电井及利用水位或岩性资料进行计算的方法。这样作在摸清情况及编制草图阶段是允许的，而且亦是必须的。

5. 地下水均衡与动态观测的方法问题

地下水长期观测的目的，是了解地下水的动态规律及水分平衡，最后计算地下水储量。为此目的设立地下水长期观测站，进行地下水位、水温、水质及水量的观测。为了查明水分平衡，又设立均衡试验站，进行降水与蒸发的研究。现在沙漠地区地下水的形成问题尚未结论，应在均衡试验站设立必要的仪器进行试验。一方面试验大气凝结水的量，另一方面试验土壤内部蒸发与凝结水的量，在这许多试验的基础上，来论证沙漠地区地下水的形成问题。

现在各站设立的土壤蒸发仪，并非土壤蒸发仪，而是降水蒸发仪，既不能测验大气凝结水，又不能测验土壤内部的凝结水。为了求得这两种凝结水的数值，必须设计出通用的仪器来。为了测量大气凝结水的量，我建议采用大口径的凝结仪，设立在不同的地区，不同的空气湿度下，进行长时间的测量。为了测量土壤内部的蒸发与凝结作用采用地下蒸发皿，立即封固，并在皿中设置测水量的仪器，测得的数字要比天然条件下为大，因为与地面隔离，土壤表面蒸发未计在内。

沙丘中水分的观测，应当采用取风状土，直接烘干的方法（重量法），湿沙层的观测与此同法。

在进行水分平衡时应当采用地下水均衡的公式计算，为此必须掌握有关水均衡的要素。

6. 水文地质指示植物的调查方法

地质植物调查方法在水文地质工作中的应用还不久，取得的成果不多，但可以肯定这是一个先进的，有成效的方法，尤其在辽阔的沙漠地区，地下水勘探试验工作进行困难的条件下，借助于地质植物对地下水埋藏条件及水文化学的指示作用来查明水文地质条件更为重要。在这方面已经有部分同志作了许多工作，作者本人亦对其发生某些兴趣，并作过粗浅的工作。

地质植物调查的方法，是以植物对气候、水分、土壤等自然条件的适应度为基础的。不

同的土壤类型，水分环境，就生长出不同的植物，不同的地下埋藏深度与化学成分，矿化程度，又会影响到植物的生态及其生长强度，因而不同的植物就会反应出不同的水文地质条件，当然这种关系只有在植物复盖的地区进行，而植物极为稀少的地区就无法了解，就是说植物调查法不是到处可用，而是有条件的。

地植物调查的方法不是一般的观察即可达到目的的，而是带有半定量试验的性质，当然定量试验所获资料更为准确，在时间要求上亦不能过急。目前进行的工作是在野外填绘植被图，再与水文地质图件重画而得之。一种是地植物与地下水埋藏条件关系图，一是植物与地下水矿化程度关系图，从图上可以看出植物生长的一般规律，并利用这种规律进行地下水调查。严格说来应当通过试验来绘制。

绘制上述两种图件的方法时应考虑清晰明显，易懂适用。最好用颜色表示地下的埋藏深度或矿化度，利用线条表示植物的群落，并应当绘制关系剖面图，反映植物群落的变化。

7. 水文地质调查法在沙漠地区的应用

水文地质调查工作中水文物探方法的应用是今后发展的方向，尤其在人口稀少，交通十分不便的沙漠地区更为重要，在工作方法上应采用电测剖面法与地震勘探法，并在勘探井中进行电测井法。应用这些方法的目的是为了查清地下水的分布规律，运动条件，地下水的埋藏深度及水文化学特征。在条件成熟的地区，还可以测得水量及水文地质构造的条件等。

五. 结束语

在沙漠地区进行水文地质调查的方法应当不同于其他地区，由于沙区辽阔，条件不佳，人烟稀少以及交通困难等就需要在安排工作内容方面及采取措施方面周密考虑。在工作步骤上应先路线，后普查，再观测及试验。在工作方法上是以线控制面从点到面，点面线相结合，在工作方针上应以先难后易，由浅入深，由近及远逐步深入以期达到全面了解为目的。

今后在沙漠地区进行水文地质的工作问题亦是迫切需要解决的问题，先是大面的路线水文地质调查，控制全区，再在重点治理地区开展综合水文地质普查，在各治沙综合试验站内点状地开展地下动态长期观测工作，进行地下水储量计算与水分平衡。利用地下水的方法亦应着手进行，并组织利用地下水的试验站，从水及咸水两方面出发。关于今后的利用与供水方面应列为重要项目进行研究。

在新的工作方法应用方面，应当大力推广水文物探法在沙漠地区的应用，广泛利用地植物进行地下水调查，在勘探方面应采用轻便的自动化汽车钻探机，利用空气占进的先进方法，在条件许可时，还可以应用航空遥测法。

为了加速沙漠地区的水文地质勘探与研究工作，必须大力协作，发挥群众的力量，统一规划，分工负责，集体总结，以达到又快又好目的。