



新疆水资源及其利用

杨利普

新疆人民出版社

新疆水资源及其利用

杨利普

新疆人民出版社出版

(乌鲁木齐市解放路306号)

新疆新华书店发行 新疆新华印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5·5印张

1981年8月第1版 1982年4月第1次印刷

印数: 1—4,000

统一书号: 16098·34 定价: 0.46元

前 言

新疆维吾尔自治区位于我国西北部，东西长约一千九百公里，南北宽约一千五百多公里，面积一百六十多万平方公里，占我国陆地面积六分之一，是我国最大的省区。

新疆位于亚欧大陆中心，是典型的干旱地区。水是农业的命脉，也是人类一切经济活动的命脉。古代“丝绸之路”沿着当时有水草的地方通过。现在新疆百分之九十以上的农田，仍然依靠灌溉。实际情况表明，没有灌溉就没有农业。新疆今后的农业发展，首先要考虑的是水，制订新疆的农业发展规划，必须先要了解水源情况，要算水帐，要作到水土平衡。对新疆多数地区来说，叫做以水定地。

因此，在实现四个现代化的过程中，对新疆水资源的有关问题，包括水资源的类型、数量、质量、分布规律、利用现状、变化趋势以及今后合理利用途径，都应作系统研究，而且应该先行一步。

编写本书的主要目的，就是针对上述问题，在综合分析资料的基础上，对新疆各类水资源分别作一初步的综合评述；并联系自然条件及对自然环境的保护，对水资源的合理利用途径，提出方向性的意见。为了给新疆农业现代化规划提供一个初步的粗略的数量依据，根据水资源数量，书中用一定的篇幅，对新疆农业的开发潜力，也作了粗略的估算。作者希望，通过这本书的出版，能对新疆水资源及其合理利用途径，作一初步探索，同时把有关问题提出，希望能引起

深入讨论。

本书涉及的范围将以河流水资源为主。但在水循环过程中，大气降水是水资源的根本来源。在降水较多地区，降水对农业有一定意义，需作必要的讨论。地下水是水循环中的重要环节，是仅次于地表水的可用水源，在相互补给或转化间，二者也有密切的关系，需要把地下水的补给关系及地区分布情况作必要的叙述和讨论。高山冰雪是固态地表径流，在水循环及水文特征上有特殊意义，也需作必要的叙述和讨论。湖泊和水库是地表水体的一部分，和农业生产关系非常密切，也分别予以综合评述。

本书的读者对象，主要是农业、水利和地理工作者，尤其是从事新疆农业规划和区域规划研究的科技人员。同时也可供研究新疆经济建设并涉及供水问题的规划设计人员，需要了解新疆自然地理概貌的读者参考。

本书在编写过程中，参考和引用了新疆水利厅、水文总站、气象局、原农垦厅、各地区水文分站及各地区气象局的资料，也参考了中国科学院新疆综合考察队所编写的新疆综合考察丛书的有关部分。书中引用的图表，一般都在下面注明出处。本书初稿完成后，曾承汤奇成、张席儒、杨川德等同志详为审阅，并提出了宝贵的意见。根据他们的意见，对有些内容已作了必要的修改。书中插图是张苏华、程玉雯、丁素英等同志清绘的。对于上述有关单位和同志们们的热情帮助，特在此表示感谢。

目 录

第一章	地理环境	(1)
一	远离海洋	(1)
二	高山环抱	(4)
三	封闭盆地	(6)
四	地貌部位	(9)
第二章	大气降水	(13)
一	空中水分输送	(13)
二	降水分布	(15)
三	年内分配和多年变化	(23)
四	对农业生产的作用	(28)
第三章	河流水源	(34)
一	河流的类型	(34)
二	河流水文特点	(37)
三	年径流量计算方法	(41)
四	计算结果分析	(46)
第四章	地下水	(58)
一	补给来源和形成动态	(58)
二	贮量估算	(62)
三	地下水分布	(65)
四	利用方式	(69)
五	回补问题	(77)
第五章	高山冰雪	(80)

一	高山冰雪的分布	(81)
二	对于旱区农业供水的作用	(84)
三	怎样利用冰川	(89)
第六章	湖泊与沼泽	(92)
一	湖泊的分布与类型	(92)
二	湖泊的特点和演变	(97)
三	湖泊的改造与利用	(104)
四	沼泽的类型和特点	(111)
五	沼泽地的改造利用	(115)
第七章	水库建设	(118)
一	水库的类型和分布	(119)
二	水库的特点和主要问题	(123)
三	几个研究课题	(126)
第八章	水力资源与水电站建设	(130)
一	水能分布和蕴藏量	(130)
二	水电站建设	(133)
三	水电建设展望	(136)
第九章	水资源潜力	(139)
一	从水源利用率看水源潜力	(139)
二	从灌溉定额看水源潜力	(141)
三	从水源潜力看农业开发潜力	(144)
第十章	合理用水途径	(150)
一	提高水源利用的经济效益	(150)
二	地区间调水	(153)
三	合理用水的其它途径	(157)
参考文献		(160)

第一章 地理环境

对地球表面的水分来源和水资源分布，有影响的自然因素很多。如大气环流，地理纬度，海陆分布以及地貌条件，等等。从新疆的具体情况看，远离海洋的地理位置和高山环抱的复杂地形，影响最为深刻。远离海洋意味着远离水分来源。来自海洋的大气水分，在长途输送过程中，水分本来已逐渐丧失，到达新疆上空时又被高山重重阻挡，不但造成降水量在迎风坡和背风坡的差异，也造成地区之间的差异。此外，封闭性的内陆盆地和不同的地貌部位，对新疆水分资源的分布和变化，也有很大的影响。下面分四点说明。

一 远离海洋

新疆四周离海洋都很远。如以乌鲁木齐为中心，东到太平洋跨经度30度，约2,500公里；西到大西洋，跨经度86度，约6,900公里；北至北冰洋，跨纬度30度，约3,400公里；南至印度洋，跨纬度20度，约2,200公里。来自太平洋的东亚季风是湿润气流，水分含量多，但输送高度一般只有2—3公里，向西输送途中又受阻于大兴安岭和秦岭，通过我国东部地区时水分已大部丧失，很难到达新疆，夏季偶然能到达东疆或南疆东部，水分含量已经很少，不能形成较多的降水。源自印度洋的西南季风，水分含量也很丰富，输送高度可到3.5公里，但为喜马拉雅山和昆仑山所阻，这两条山脉的平均高

度均超过 5 公里，迫使湿润的西南季风沿着喜马拉雅山南侧向东运行，因此西南季风到达新疆上空的机会，可能比东亚季风更少。新疆北面的阿尔泰山，山势较低，到北冰洋的距离只有 3,400 公里，但经过西伯利亚和蒙古境内的北方气流是干冷的反气旋环流，水分含量很低，虽可到达新疆上空，却不可能形成大量的降水。如果干冷的气流遇到气温上升，反而会形成更干燥的天气。

输送到新疆上空的水分，主要还是来自西风气流。因为新疆位于北半球中纬度，处于地球上的盛行西风带内。盛行西风是纬向环流，输送高度可到达对流层上部，从大西洋到达新疆上空虽有 6,900 公里，而对流层上部的西风气流是终年畅通的。虽然大气水分含量随高度而减少，但遇到高山及地形障碍，仍可形成降水。冬季 1.5 公里及 3 公里流场的西风气流，在帕米尔西侧分为两支，其中北支可流向东北进入北疆^①，所以北疆冬季降水量比南疆多得多。根据新疆气象局的分析，输送到新疆上空的水分来源，来自西方气流的水分含量，比来自北方的，约为 3.5 倍^②。

应该指出，来自大西洋的含湿西风环流，经过长途输送到达新疆上空时，其下层部分的水分含量已大大减少，而上层部分的水分含量比下层少得多，所以新疆各地的年降水量比相同纬度上其它地方少得多。据乌斯特及布鲁克斯等计算，北纬 40°—50° 大陆部分的平均年降水量，为 510 毫米^③，而新疆平均年降水量，北疆约有 250 毫米，南疆不到 100 毫米；只有北疆山地 2,000—3,000 米的迎风坡，降水量才能超过 400 毫米。如果取纬度相同各地年降水量来比较，新疆各地几乎全是地球相同纬度上降水量最少的地方。表 1—1 是六条纬度线附近各地年降水量的比较，地点从西向东排列，

图 1-1

六条相同纬度附近年降水量比较

(单位: 毫米、米)

47° N	地名 年降水量 海拔	圣约翰 1024 74	巴基尔 802 317	慕尔 960 529	黑维 660 203	也纳 618 118	布达佩斯 618 118	阿斯哈拉汗 161 -14	吉木乃 210 1015	青河 180 1218
45° N	地名 年降水量 海拔	波尔多 900 49	贝尔格莱德 700 132	辛菲罗波尔 526 205	喀山 123 67	温泉 189 1131	石河子 206 443	北塔山 171 1650	哈尔滨 580 143	
43° N	地名 年降水量 海拔	多伦多 780 176	马 686 75	布加勒斯特 690 91	阿拉木图 580 848	伊犁 238 622	乌鲁木齐 195 654	伊吾 90 722	海参崴 595 29	
41° N	地名 年降水量 海拔	马德里 435 667	马 830 18	伊斯坦布尔 640 40	第比利斯 503 490	什干 412 479	拜城 190 1229	库尔勒 52 931	红柳河 38 1700	
39° N	地名 年降水量 海拔	圣路易 963 173	华盛顿 1065 22	里斯木 700 95	安卡拉 342 861	什喀 60 1289	且末 19 1247	若羌 16 888	北京 625 52	
37° N	地名 年降水量 海拔	死谷 42 -54	塞维利亚 592 39	雅典 398 40	阿什哈巴德 209 227	和田 35 1375	于田 48 1427	民丰 34 1409	兰州 340 1508	

资料来源: 新疆各地(有△号者)据新疆气象局《地面气候资料》

其它各地据 H.H. Lamb: Climate: Present, Past and Future, 卷一附录,
降水资料均为多年平均, 新疆各站二十年左右, 其它各站大多超过一百年。

同时标出各地的海拔高度。从表中可以看出，虽然新疆各地海拔较高，但降水量比地球相同纬度上其它地区少得多。表中的比较足以说明，远离海洋是新疆大气干旱和降水稀少的主要原因。

二 高山环抱

高山环抱的地形，对新疆水分来源及分布的影响，实际上比远离海洋还要深刻，影响最大的是青藏大高原。因为青藏高原平均高度在4,000米以上，宽度为700—1,500公里，喜马拉雅山脉和昆仑山脉7,000米以上的高峰有二十多处，主要影响是直接阻挡了夏季西南季风深入内陆。从7月份1.5公里高度上的径流场看，靠近高原四周的气流，基本上是流向高原的。但由于高原的高度大，山体宽，迫使西南季风在高原南侧运行，到达我国西南、华中和华东地区，形成多雨、潮湿的梅雨季节。而位于高原以北的新疆，因为潮湿空气不能深入，则形成水汽少、湿度低、云量稀少的干旱气候区。乌鲁木齐和哈尔滨纬度相近，哈尔滨夏季是季风盛行期，但季风不能到达乌鲁木齐，因此7—8月各高度上的比湿值，乌鲁木齐比哈尔滨小得多④。

新疆西部高山对含湿气流的阻挡作用也很明显，但南北疆有所不同。南疆西部是高峻的天山南支和帕米尔高原，最低的垭口超过2,500米；西风气流虽然能越过高山进入南疆，但大部水分已在迎风的西坡降落，从高山上下降的气流，有时是干热的焚风，降水机会少。北疆西部虽然有山脉阻挡，但为不连续的东西向山脉（如塔尔巴哈台山、阿拉山等），山势较低，并有几处海拔不到500米的缺口，如额尔齐斯河

谷、塔城盆地、阿拉山口及伊犁谷地，因而使水分含量较多的下层西风气流能进入北疆，尤其是迎风山坡，年降水量可达500毫米以上，个别迎风坡甚至可达到1,000毫米。可是在准噶尔盆地中心的年降水量，只有100—200毫米，并由西向东减少。

从北疆西部缺口进入北疆的含湿西风气流，北面遇到阿尔泰山南坡，南面遇到天山北坡，都能形成较大的降水量。横贯新疆中部的天山，平均海拔超过4,000米，东西绵延1,000多公里，是南北疆之间气候的分界线，对气流的阻挡作用很明显。天山北坡年降水量可达500—700毫米，西段个别迎风坡可达到1,000毫米；而天山南坡的年降水量，只有200—400毫米。

阿尔泰山山势较低，最高的友谊峰只有4,374米，平均高度不到3,000米，来自西北方和北方的干冷气流，冬、春两季能控制整个北疆，夏季虽然向北移退，但经常南侵，并能越过天山东段的缺口（在哈密附近）“东灌”（或“倒灌”），进入塔里木盆地。塔里木盆地遇到干冷空气“东灌”时，经常有小型的反气旋环流，这种反气旋环流水分含量很低，比较稳定，往往加重塔里木盆地的干旱程度。但“东灌”的反气旋环流遇到西风气流时，能把西风气流向上顶推，促使西风气流降水^⑤。

近期造山运动是造成亚洲中部（包括新疆在内）气候干旱的主要原因。因为从第三纪末开始，在亚洲中部及南缘隆起了天山、昆仑山及喜马拉雅山，亚洲东部也隆起了秦岭等高山。这些高大山体的隆起，严重地破坏了北半球的大气环流，影响最大的是青藏高原，阻挡了西南季风的向北流动。据前人研究，昆仑山和喜马拉雅山的隆起是随时间增长的，

自冰期末以来，这些山脉的高度已增加 1,300—1,500 米^⑥，因为昆仑山和喜马拉雅山的平均高度都在 6,000 米以上，而西南季风的运行高度只有 3,500 米。可见，西南季风进入亚洲中部山口之路，早在第四纪冰期以前就被阻挡了。

三 封闭盆地

新疆地貌轮廓的另一特点是，在高山环抱之间，还有大小封闭盆地。所谓封闭盆地，是指盆地内所汇集的河流，不能流到海洋；只能以盆地的内部的低洼部位，作为河流的最后归宿点。如果盆地内的河流能流到海洋，就称为外流盆地，或者称为有外泄条件的盆地。如果一个大的盆地内，一部分河流能流到海洋，大部分的河流归宿点是盆地内部的洼地，就称为半封闭性盆地。

阿尔泰山与天山之间是准噶尔盆地，天山与昆仑山系（包括帕米尔、喀喇昆仑山、昆仑山及阿尔金山）之间是塔里木盆地。在天山及昆仑山宽广的山体中，还有许多小盆地。这些盆地的绝大部分，都属于内流封闭性质，盆地内汇集的河流不能到达海洋，有些封闭性山间盆地的水系，甚至不能流到准噶尔盆地或塔里木盆地。这种水文循环特点，对下游河流、地下水水质及盆地的土壤积盐，都有很大影响。

准噶尔盆地北部的额尔齐斯河，可以流到北冰洋。因此，额尔齐斯河流域是外流区，也是我国现在唯一的北冰洋水系。额尔齐斯河流域在新疆境内的流域面积约 5 万多平方公里，仅占准噶尔盆地总面积的六分之一，所以准噶尔盆地被称为半封闭性内陆盆地。盆地地势由东向西倾斜。

塔里木盆地则属于全封闭性内陆盆地，盆地内能汇集的

水系，都以罗布洼地作为最后归宿。盆地地势由西向东倾斜，和准噶尔盆地恰好相反。

此外，新疆还有不少山间盆地。有些山间盆地所汇集的河流，可以外泄到较大的盆地。如拜城盆地、尤勒都斯盆地和焉耆盆地所汇集的河流，可以流到塔里木盆地。这类山间盆地称为半封闭性山间盆地，或者称为有外泄条件的山间盆地。有些山间盆地的河流不能外泄，水系以山间盆地内部，低洼处为归宿，则称为全封闭性山间盆地，如巴里坤盆地、吐鲁番盆地等。另外，在阿尔金山和昆仑山中，也有几个全封闭性山间盆地。

这些内陆盆地的低洼处，在水分循环过程中，必然成为积盐中心，对水的矿化度和水利土壤改良，带来一系列问题。这是因为在地球表面的岩石中，都含有一定的盐分，岩石风化发育成土壤后，盐分就留在土壤中，当水流流过岩石和土壤时，其中一部分盐分被水溶解，并被水流从上游带到下游。所以越到下游，水中所含盐分越多，水的矿化度越高。在湿润地区，由于降水多，蒸发强度小，径流量随河流长度或流域面积增长而增加，即使到河流下游，积盐过程是很慢的，如果河流能流到海洋，盐分随水流排泄到海洋中，一般就不存在流域下游的积盐问题。

在内陆干旱地区，情况就不相同。河流流出山口后，水被渠道引到灌区，河流的水量逐渐减少，而通过渠道带来的盐分却逐渐增加。这些盐分，一部分积聚于土壤中，一部分随着灌溉回归水和灌区排水（灌区排水的矿化度一般都是很高的）排泄到下游河道或低洼地中，随着水分的蒸发，盐分就逐渐积累于洼地土壤中或河流归宿的湖泊中。

在干旱气候条件下的封闭性内陆盆地中，由于降水量稀

少而水面蒸发能力很强，洼地土壤和湖泊的积盐过程，是非常迅速的，必然会成为积盐中心，如罗布泊、艾比湖、艾丁湖等。在水量较小情况下，灌区附近低洼部位亦会成为局部积盐中心，如灌区周围的干排积盐地。

封闭性盆地成为积盐中心，在自然地理现象中有各种反映，比较普遍的现象有：

1. 位于河流尾部或水系终点的湖泊，都是咸水湖或盐湖。例如塔里木水系终点的罗布泊和台特马湖，准噶尔盆地的艾比湖、玛纳斯湖及艾兰湖，吐鲁番盆地的艾丁湖，巴里坤盆地的巴里坤湖，伊吾盆地的吐尔库里（意为盐池），以及阿尔金山、昆仑山山间盆地中的阿牙克库木湖、库木湖、阿其克湖（意为苦水湖）、阿克萨依湖及沙勒吉里湖等。这些咸水湖及盐湖，都位于封闭盆地最低洼处，是长期积盐的必然后果。我国史书称罗布泊为盐泽，说明自有历史记载以来罗布泊就是盐湖。

2. 阿尔泰山南坡和天山北坡，年降水量相近，但河水矿化度相差很大。额尔齐斯河不到0.1克/升，天山北坡河流出口后，一般从0.1—0.2克/升增加到0.2—0.5克/升^⑦。为什么有这样大的差别？天山北麓蒸发力较大是一个原因，但更重要的是，额尔齐斯河水量较大，径流中携带的溶解盐分，大部分可带至下游注入海洋。而额尔齐斯河以南是封闭性内陆盆地，河流携带的盐分不能排出，只能通过蒸发在盆地内部积累，因此通过封闭性内陆盆地的地表径流和地下径流，矿化度必然很快增加。

3. 封闭性内陆盆地最低洼处的潜水，矿化度都很高，一般不能作饮用或灌溉。因为能流到盆地最低洼处或湖积平原的地表水，一般都是矿化度很高的灌溉回归水。这些潜水通

过蒸发积累，留在土层中的盐分是很高的，而附近的地形是起伏微小的平原，这里的地下径流几乎处于停滞状态，潜水埋藏深度一般很浅，潜水通过蒸发又积累更多盐分，因此，封闭性盆地中心的潜水矿化度，一般高达几百克/升。由于地形平坦，排水没有出路，给土壤改良带来很大困难。

积盐过程不但发生在盆地最低洼处，就是在局部低洼处，也因排水无出路而普遍存在。但由于南北疆各地气候条件和外流条件不尽相同，积盐速度、盐分含量及改良条件也有差异。例如塔里木盆地，积盐面积比天山北麓广泛得多，积盐速度和强度也大于天山北麓。拜城盆地和焉耆盆地都是半封闭性山间盆地，由于拜城盆地出流条件比焉耆盆地好，拜城盆地的积盐面积和积盐程度就轻得多。

四 地貌部位

新疆境内总的地貌轮廓是三大山系环抱两大盆地，最高点是喀喇昆仑山的乔戈里峰，海拔8,611米，最低点是吐鲁番盆地的艾丁湖，湖面在海平面下154米，总高差8,765米。从高山到盆地的不同地貌部位，不论是地表径流还是地下水，都反映垂直地带性差异。

从降水分布看，地貌部位的主要影响有两方面：第一，降水量随海拔上升而增加，山地降水多于平原，降水最多的地方在中山带。但地区分布上有很大差异，北疆山地年降水量一般为400—700毫米，最高可到1,000毫米；南疆山地一般为200—400毫米。北疆最大降水量在2,500米左右的中山带，南疆则在3,000—4,000米的中、高山带。第二，迎风坡降水量多于背风坡，天山北坡比南坡约大一倍。

从地表径流的水文特征看，地貌部位的影响有以下几方面：

1. 山区降水多，汇流迅速，是径流形成区；平原降水少，对河流补给意义不大。因灌区大量引水，河流水量迅速减少，所以平原是径流散失区。

2. 雪线以上的高山区，水分以冰雪形态长期存贮，消融多集中于夏季两个月左右的时间，而夏季高温持续时间，又是控制高山冰雪能否大量融化的主要因素。

3. 对一般中、小河流来说，灌区以下实际上已无地表径流；如果有，一般都是灌区排水，或灌溉回归水，是矿化度很高的水。

4. 河水矿化度有明显的垂直变化，从上游到下游有逐渐增加的规律。河流流经山区时，虽从山区岩石中带来溶解盐分，但水量增加很快，所以山区河段的河水矿化度变化不大。当河流流出口后，由于灌区大量引水，原来集束于河槽中的河流，又变为网状渠系，分散的水流从土壤中带来更多的溶解盐，这样河流从山口红积扇、冲积扇到冲积平原的过程中，矿化度很快增加。但由于河流的外泄条件，引水程度，灌区土壤含盐量及气候因素的影响，都能引起地区间的差异。

潜水化学成分随地貌部位而变化的情况，在封闭盆地中非常明显。一般规律是：随着地貌条件改变，潜水的变化是 $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cl}^-$ （各种盐类在水中的溶解程度，以氯化钠、碳酸钠及硫酸钠为最大，硫酸钙次之，重碳酸钙和重碳酸镁最小。水的矿化度渐增时，溶解度最小的先析出，溶解度最大的最后析出）。

在洪积扇及冲积扇上、中部位，潜水埋藏深，水流通畅，

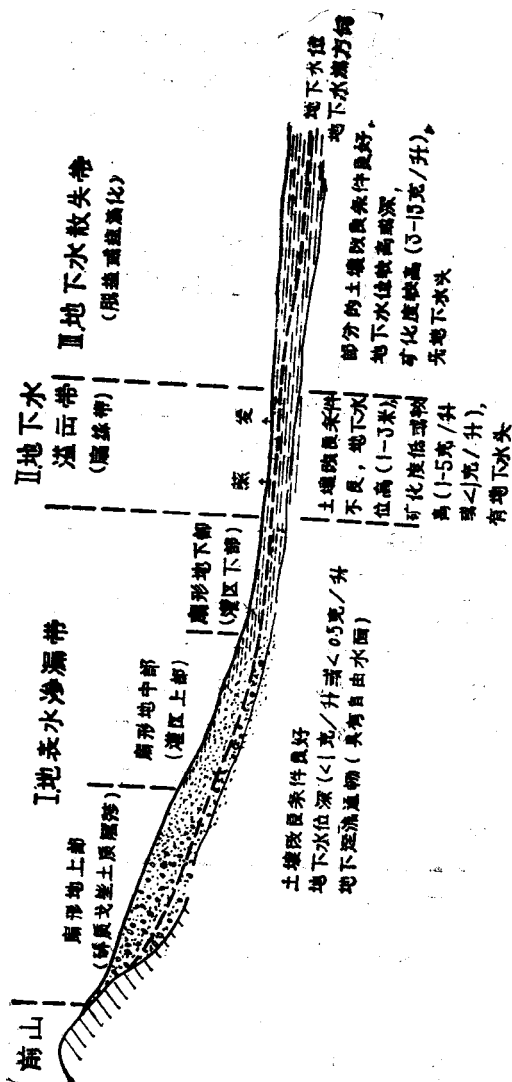


图1-1-1 山前水文分带示意图