西北地区地下水资源开发利用与环境保护研究

——以柴达木盆地南缘格尔木-诺木洪地区为例

王贵玲　刘志明　王　骥　马明珠　编著

地质出版社

·北　京·

内 容 提 要

作者以已有的地下水勘查与科研成果为基础，以西北典型地区柴达木南缘格尔木-诺木洪山前冲洪积扇为例，经过系统总结和研究，编著了这本关于西北地区地下水形成和分布特点、地下水开发利用及环境保护方面的专著。本书共分六章。第一章自然地理，叙述了西北典型地区的地形、交通、气象和水文方面的有关情况；第二章区域地质特征，系统阐述了西北典型地区的区域地质和构造背景；第三章水文地质特征，系统阐述了西北典型地区的水文地质条件、地下水化学特征和地下水动态变化情况；第四章地下水资源评价，系统阐述了运用均衡法和数值法进行的西北典型地区地下水资源评价；第五章地下水资源开发利用规划，系统阐述了西北典型地区地下水资源的开发利用现状、开发利用规划及其对环境的影响；第六章水资源合理开发利用与环境保护，系统阐述了西北典型地区水资源的合理开发利用及环境保护对策。本书资料丰富，具有较强的实践性。

本书可供我国西北干旱地区，从事地下水勘查、研究、规划、设计和管理工作者参考或借鉴；也可供教学和环境保护工作者参考。

图书在版编目（CIP）数据

西北地区地下水资源开发利用与环境保护研究：以柴达木盆地南缘格尔木-诺木洪地区为例/王贵玲　刘志明等编著 .-北京：地质出版社，2002.2
ISBN 7-116-03493-5

Ⅰ.西…　Ⅱ.①王…②刘…　Ⅲ.①地下水资源-水利资源开发-研究-西北地区　②地下水资源-综合利用-研究-西北地区　③地下水资源-环境保护-研究-西北地区　Ⅳ.TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 075178 号

责任编辑：陈军中　王　茹
责任校对：田建茹
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083
电　　话：（010）82324508（邮购部）；（010）82324574（编辑室）
网　　址：http：//www.gph.com.cn
电子邮箱：zbs@ gph.com.cn
传　　真：（010）82310759
印　　刷：北京印刷学院实习工厂印刷
开　　本：787×1092 1/16
印　　张：8.25
字　　数：110 千字
印　　数：1—600 册
版　　次：2002 年 2 月北京第一版·第一次印刷
定　　价：15.00 元
ISBN 7-116-03493-5/P·2234

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换）

前　言

水是人类生活和生产活动不可缺少的重要资源。随着经济发展、人口增长和人们的物质文化生活水平的提高，世界各地对水的需求量日益增长，一些国家和地区在20世纪60年代就发生了水资源危机。水资源已成为当今世界各国社会经济发展的制约因素，引起人们的普遍关注。

我国北方主要是开采利用地下水。随着社会经济的发展，一些地区和城市在20世纪70年代就开始感到水资源短缺，并由于过量开采地下水，一些地区出现了环境地质问题(负环境效应、地质灾害)，如地面变形（地面沉降、岩溶塌陷、地裂缝等)、水质恶化(海水入侵、咸水入侵等）以及生态环境恶化（草场退化、绿洲萎缩、土地沙漠化等)。这些环境地质问题引起了水文地质界的广泛关注。水资源合理开发利用与环境保护研究已成为当今水文地质界的主要研究方向。

随着国家实施西部大开发战略的深入，西北干旱地区需水量将日益增大，水资源的高程度开发利用与脆弱的环境之间的矛盾日益突出。如何认识西北干旱地区资源的形成特点和演化规律，进行水资源评价和合理开发利用规划，在社会经济得到长足发展的同时，保护和改善当地的环境，是摆在水文地质工作者面前的重要课题。

青海省格尔木地区是柴达木盆地内重要的经济开发区，其中格尔木市是青海省的第二大城市，是青海省在西部大开发中首先考虑重点发展的地区之一，区内水资源供需矛盾突出，阻碍了矿产资源、土地资源的开发和社会经济的发展。该地区在西北干旱、半干旱区，水文地质条件和水环境特征具有典型的代表性。因此在此开展水资源合理开发利用与环境保护研究，对合理开发利用地下水资源，改善环境具有很好的示范作用。

本书是由原地质矿产部水文地质工程地质研究所承担并与青海省柴达木综合地质勘查大队协作共同完成的原地质矿产部定向基金项目“柴达木盆地南缘格尔木-诺木洪地区地下水资源开发远景研究”(1998年6月～2000年6月）成果的总结。研究区位于柴达木盆地南缘，昆仑山前冲洪积扇平原（山前绿洲带)、冲洪积扇轴部地段赋存着丰富的孔隙水，戈壁砾石带赋存空隙潜水，砾石带与细土交接带分布多层结构的潜水与承压水，溢出带以北地段主要赋存多层结构的承压水。自20世纪60年代以来，有关部门在该区开展了区域水文地质普查，绿洲带1∶5万盐渍土改良、1∶50万线路调查等工作以及地下水动态监测、环境地质评价、水资源评价、水资源开发利用和模型研究等，为本项研究提供了丰厚的资料基础。

根据该地区的地形地貌、构造、地质和水文地质特征及环境问题的特点，本项研究主要突出了以下几个方面：

(1) 开展西北干旱区山前平原地下水形成特点和演化规律研究，评价水资源量；

(2) 在模型研究中，采用了以地下水均衡为基础的模型识别技术，利用Modelflow软件的自动形成地表产流的功能，处理泉集河流量，评价不同水资源的开发利用方案对泉集

河流量、侧向出流量和蒸发量的影响；

（3）紧紧围绕环境保护问题，重点分析和评价水资源的开发利用对风沙防治、土壤盐渍化治理、下游盐湖矿区卤水补给的影响；

（4）在当地比较突出的合理利用水资源、适度开发土地资源、风沙防治、土壤盐渍化治理及盐湖矿产资源保护等问题上，提出了合理的建议和具体措施。

本项研究主要取得了以下一些进展和认识：

（1）研究区共有冲洪积扇4个，且各冲洪积扇的地下水补径排条件相对比较独立，在水资源评价和开发利用规划中，按单个冲洪积扇评价和规划。

（2）格尔木和诺木洪地区通过地下水和地表水联合开发利用，可以满足2000年工农业发展所需水量。大格勒地区无论是利用地表水还是利用地下水，都能满足2000年的规划要求。研究区2000年所需水量为$4.4371\times10^8m^3$，其中格尔木地区为$3.2677\times10^8m^3$，诺木洪地区为$1.101\times10^8m^3$，大格勒地区为$0.0684\times10^8m^3$。

（3）根据格尔木地区的模型研究，随着水资源开发利用程度的增加，潜水蒸发量、泉集河排泄量和地下水侧向出流量逐渐减少，并且首先是泉集河排泄量、地下水侧向出流量和地下水储存量的变化量的减少，尔后，地下水位下降，致使潜水蒸发量的减少。与1997年相比，在方案Ⅰ中，泉集河排泄量减少11.99%，地下水侧向出流量减少10.63%，地下水储存量的变化量减少21.11%；在方案Ⅱ中，泉集河排泄量减少31.41%，地下水侧向出流量减少32.55%，地下水储存量的变化量减少35.68%，潜水蒸发量减少1.39%。这两个水资源开发利用方案是可行的，但是泉集河流量和地下水侧向出流量会随之减少。

（4）格尔木地区在水资源开发利用后，格尔木地区的两个开发利用方案的来水量比防止盐渍化危害的生态用水量小$0.3855\times10^8\sim0.8375\times10^8m^3/a$，土壤盐渍化将大大减轻。大格勒和诺木洪地区盐渍土分布区来水量比防止盐渍化危害的生态用水量小$0.0260\times10^8m^3/a$，土壤盐渍化危害将有所减轻。

（5）风沙产生的两个必备条件是：①超过某一临界风速的风；②植被覆盖率低的裸露沙质土壤。因此，提高植被覆盖率是防治风沙危害的有效途径。通过研究表明：格尔木地区无论是方案Ⅰ还是方案Ⅱ都能满足有效防治风沙危害的生态需水要求，而大格勒和诺木洪地区在开发利用规划后的水资源剩余量只能满足控制风沙危害的需水需要。

（6）格尔木地区的模型研究表明，随着水资源开发利用程度的加大，泉集河流量和地下水侧向出流量将逐渐减少。尤其在方案Ⅱ中，在模型运行第3年，泉集河流量和地下水侧向出流量将比1997年减少30%左右，分别减少$0.5872\times10^8m^3/a$和$0.4921\times10^8m^3/a$，使得下游土壤水、地下水和湖泊补给量减少$1.0793\times10^8m^3/a$。这将使格尔木河下游察尔汗矿区的卤水补给量减少，目前已经形成的卤水降落漏斗进一步扩大，卤水矿的生产受到影响。若按方案Ⅱ的水资源开发利用方式，尤其在青海钾肥厂二期工程上马后，根据前人预测和来水量的减少量，第三年漏斗疏干体积将大于$1.9\times10^8m^3$。在开采淡季，漏斗中心水位降低深度大于5.84m。

（7）地下水含水层的调蓄能力的大小关系到在地下水开发利用过程中可能出现的环境地质问题，因此有必要对其进行比较分析。比较地下水含水层的调蓄能力可以通过这几个方面来进行：①比较补给模数，这反映地下水含水层的补给来源是否充足；②比较评价的开采资源模数，这反映地下水含水层的开采可调节空间的绝对大小；③运用系统的观点，

来比较输出和输入量的比值大小，这个比值反映了该地下水系统的可利用资源量在补给资源量中所占的比例。通过比较，地下水含水层的调蓄能力大小的顺序为格尔木＞诺木洪＞大水沟＞大格勒，而且诺木洪地下水含水层的调蓄能力远比格尔木差，其补给模数是格尔木的1/3～1/2，开采资源模数约是格尔木的1/3，其可利用资源量在补给资源量中所占的比例也比格尔木的小；而大水沟和大格勒的地下水含水层的调蓄能力处于同一档次，又比诺木洪差不少，它们的补给模数约是诺木洪的1/4～1/3，开采资源模数是诺木洪的1/5～1/3，其可利用资源量在补给资源量中所占的比例也比诺木洪的小或与之相当。诺木洪地区地下水含水层的调蓄能力比较差，允许开采量只有补给资源量的1/3，且允许开采量在1985年得到证实。

（8）环境是人类社会生存和发展的基础，建设是人类维持生存、争取发展的手段，环境问题伴随着人类开发建设活动而产生，因此开发伊始就必须把环境保护放在首位，以免造成难以挽回的生态环境破坏。主要应考虑：合理利用水资源、适度开发土地资源、风沙防治、土壤盐渍化治理及盐湖矿产资源保护。

本项研究工作的主要参加人员为：王贵玲、刘志明、王骥、马明珠、刘永宏、田希保。本项研究工作还得到了青海省地质矿产局和青海省柴达木综合地质勘查大队有关部门领导和有关同志的大力支持和帮助，在此谨向关心和帮助过的领导和同志表示诚挚的谢意！

另外，本项研究是在以往的工作基础上进行的，文中引用了前人的大量报告、文献内容，在此谨向提供这些报告和文献的单位、个人和作者表示诚挚的谢意！

目　　录

前　言
第一章　自然地理……(1)
一、地形和交通位置……(1)
二、气象……(2)
三、水文……(3)
第二章　区域地质特征……(7)
一、前第四纪地层、岩浆岩……(8)
二、第四纪地层 ……(10)
三、地质构造 ……(11)
第三章　水文地质特征 ……(16)
一、水文地质条件 ……(17)
二、地下水化学特征 ……(18)
三、地下水的动态特征 ……(21)
第四章　地下水资源评价 ……(24)
一、均衡法 ……(24)
二、地下水数值模拟 ……(29)
三、地下水资源评价 ……(39)
四、总水资源评价 ……(41)
第五章　水资源开发利用规划 ……(43)
一、水资源开发利用现状 ……(43)
二、水资源开发利用规划 ……(43)
三、水资源开发利用对环境的影响 ……(46)
第六章　水资源合理开发利用与环境保护 ……(54)
一、合理利用水资源 ……(54)
二、适度开发土地资源 ……(55)
三、风沙化防治 ……(55)
四、盐渍化治理 ……(56)
五、盐湖矿产资源保护 ……(58)
主要结论与建议 ……(59)
主要参考文献 ……(61)

第一章　自然地理

一、地形和交通位置

研究工作区为格尔木-诺木洪地区（见图 1-1），位于柴达木盆地南缘。柴达木盆地位于青海省西北部，地理位置东经 90°00′～99°20′，北纬 35°40′～39°20′，是由昆仑山、祁连山、阿尔金山等环绕，形成四周高中心低的封闭形盆地，高差相差悬殊。南部山峰最高达 6529m，而最低的达布逊湖高程只有 2657m，相差达 3554m。格尔木-诺木洪地区为青藏高原昆仑山前冲洪积扇，地形南高北低，海拔高度为 2170 多米到 5720 多米，相对高差达 3000m。地貌上可分为 4200m 以上为冰雪高山，3200～4200m 为雨雪中山，3000～3200m 为干寒低残山，2800～3200m 为戈壁平原，地面坡降约为 8‰～14‰。2770～2800m 的细土平原地形坡度变缓，一般坡降为 2‰～5‰。再向下一直到 2710～2770m 为盐沼平原，具有清晰的层状及环带结构。其中 5100m 以上的山区终年积雪，发育有现代冰川，其山体陡峻，基岩裸露无植被生长，山间河谷发育，雨水和融雪水汇集河谷。受新构造运动影响，山体抬升，河床下切形成陡崖。4200m 以上为多年冻土区，植被稀少，为典型的高寒荒漠景观。在海拔2800～3500m 地区，由于流水侵蚀分割，河流多次易道，使河道蚀余梁地、阶地等地形发育，同时广阔的平原上分布着活动沙丘，连绵起伏，构成沙漠景观。在 2800m 以下的细土平原带，河流多有分布，植被茂盛，是农牧业的生产基地。再向北去，北部的

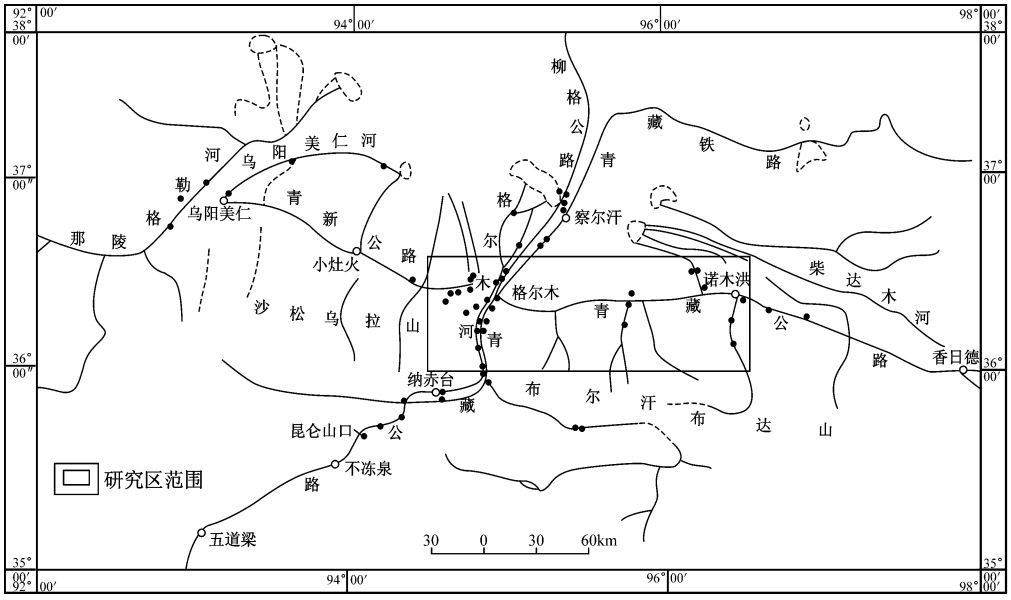


图 1-1　研究区地理位置图

冲洪积平原植被逐渐稀少，到湖相沉积平原，地形极其平坦，整个湖区高差小于5m，盐类矿产丰富，为举世闻名的察尔汗盐湖。

此次选定的研究区域为格尔木-诺木洪地区，主要为山前冲洪积扇，位于东经94°30′～96°30′，北纬36°00′～36°30′。该区包括青海省重要城市格尔木市和主要农业区的诺木洪地区。它是由格尔木河、大格勒河、红柳河、五龙沟及诺木洪河五个冲洪积扇组成，卫片上形态鲜明。水系在冲洪积扇上分叉，有些河为常年河，如格尔木河。有些河水潜没地下，洪水时才能见到表流，如五龙沟和红柳沟，自然地理上呈荒凉砾漠景观。细土带呈东西条状分布，地形坡降5‰～9‰，由风积沙所构成的固定、半固定沙丘，集中分布在戈壁带与细土交界处及其附近，其高度一般3～10m，造成地形局部起伏。

细土带以北是湖沼带，地势较平坦，地面坡降3‰～6‰，地表盐壳、沼泽广布，有若干草场牧场。由于格尔木河和诺木洪河水量较大，搬运强烈，在浩瀚的戈壁滩上蜿蜒下泄，每当暴雨、融雪、消冰时，从山区携带大泥沙、碎石倾泄于山前，形成冲洪积裙，数度叠置造成中间高两侧低，每个小冲洪积扇轴部比两侧高40余米，轴部坡降12‰，两侧坡降20‰，呈舌状伸向下游。

其交通状况为：在研究区内有一条基本东西向的青藏公路，东经都兰县至西宁，西到乌图美仁河堪尔丁。格尔木市还有一条纵贯南北的公路与铁路。公路北经察尔汗至新疆，南经昆仑山口去西藏；铁路的南部现修至昆仑山口，北边经察尔汗至德令哈和西宁。

二、气　　象

柴达木盆地虽位于亚热带，因地势高，海拔均在2700m以上，处于亚洲大陆腹地，又由于常年受西风环流控制，多风少雨，虽日照时间长，但昼夜湿差大。盆地内多年平均气温3.1℃，低温出现在1月，平均－11.7℃；最高气温出现在7月，平均为16.2℃。气温四季不十分分明，春夏季4～7月，平均气温11.4℃，秋季时间短8～9月，平均气温12.4℃。冬季较长，平均气温－5.7℃。盆地内从中部地带到南部山区，气温由高往低变化，山区为多年冻土区，平原为季节性冻土，冻结深度0.88～2.29m，唯有格尔木是0.88m，其他地区都在1m以上。盆地的蒸发量较大，多年平均最大蒸发量3518.5mm/a，最小2186.4mm/a，以中心区察尔汗最大，往边缘逐渐降低，山区则更低。地区湿度均在370 Pa以下，绝对湿度7月份最高，8月次之，两个月的平均值在500～800 Pa之间。10月以后骤减至300 Pa以下，12月至翌年1月最低。各地皆不超过100 Pa。相对湿度年平均值在29%～42%。盆地的东部降水量远大于西部，以德令哈为界东部降雨可达150mm/a，西部小于50mm/a，雨季集中于6～8月，占全年的57%～75%。1～3、11～12月降水约占全年的15%～20%，且为降雪，山区降水比平原多，如前所述地势每增高100m，降水增加约9～12mm。如格尔木比察尔汗高142m，降水由19.6mm/a增加至45.2mm/a，后者是前者的2.31倍。昆仑山垭口地区较格尔木高1880m，降水由45.2mm/a增至329.4mm/a，约为格尔木的7.3倍。

格尔木-诺木洪地区，由于地势比盆地中心高、比山区低的特点，因而气象数据也与盆地平均数据有所不同。根据格尔木气象站1956～1992年的资料，多年平均气温4.6℃，6～8月气温较高，平均16.5℃，历年最高气温33.3℃，负温日出现在11月至翌年2月，

平均－11.8℃。历年极端最低气温－33.6℃，多年平均气压 72.49Pa，多年平均降雨量 40.6mm/a，多年平均蒸发度 2709.7mm/a，相对湿度 32%，另根据诺木洪气象站 1957～1980 年观测资料，诺木洪地区多年平均气温 4.4℃，7 月份温度最高，1 月份温度最低，历年极端最高气温 33.9℃，极端最低气温－29.2℃，多年平均气压 72.57 kPa，多年平均降雨 38.9mm/a，蒸发度为 2519.3mm/a，相对湿度 35%。由此看来，格尔木与诺木洪的气象条件基本一致，可以就此认为研究区内的气象条件是相同的。另据资料显示，研究区内的刮风日多年平均多达 196.8 天。1972 年刮风最少为 155 天，1978 年刮风最多为 230 天。在 5～6 月份傍晚时间经常出现狂风、沙暴，以致成灾，最大风速 25m/s，以西北为主，只有在 11、12 月可偶见东、东南风。格尔木地区主要气象要素具体见图 1-2。

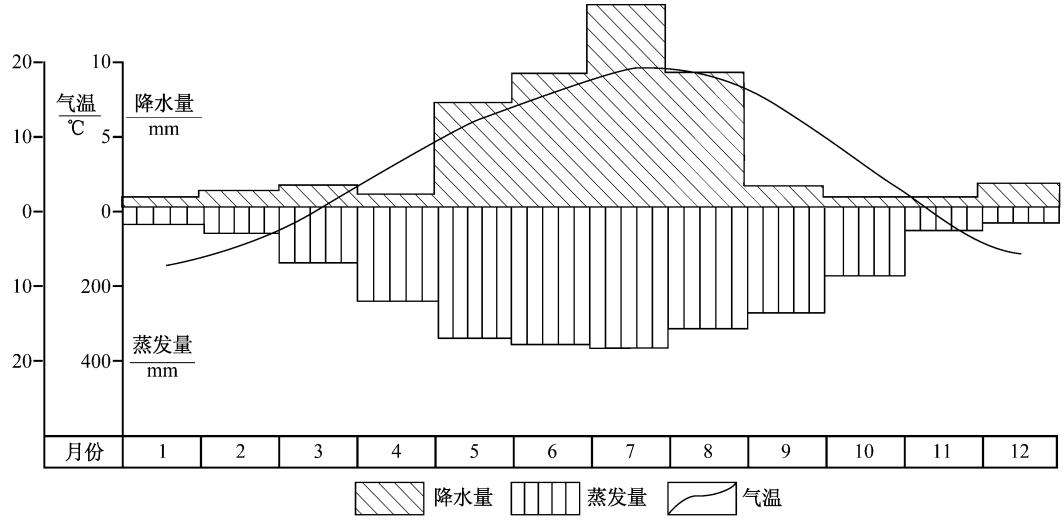


图 1-2　格尔木地区主要气象要素图

三、水　　文

柴达木盆地内居亚洲大陆腹地，其中河流全部为内陆河，共有 79 条，有 37 条为常年性河流，42 条为季节性的河流。多数长度不超过 100km，集水面积小于 5000km^2。对盆地内地下水资源有重大影响。现着重对流经格尔木-诺木洪研究区的河流进行阐述，这些河流对地下水资源起着主导控制作用。

流经研究区的主要河流有格尔木河、诺木洪河和大格勒河，还有一定数量的泉集河。具体见图 1-3。

1. 山岳河流

格尔木河：它源于昆仑山系的巴颜喀拉山北坡，由西支昆仑河、南支清水河、东支清水河汇合而成，全长 325km，集水面积 22007km^2，穿越山峡流经格尔木市区，进入达布逊湖，是研究区内最大的河流。多年平均流量 8.96×10^8m^3/a，河流流量受山区降水量控制，动态极不稳定，最大流量 63.0m^3/s，最小流量 10.7m^3/s。洪峰时期（1989.7.22）最大流量 646.0m^3/s。每年汛期（7～9 月）平均流量 37.46m^3/s，占年径流量的 37.6%。河流与地下水关系密切，在山区河流接受基岩裂隙水补给，在冲洪积扇倾斜平原中下部，河流呈

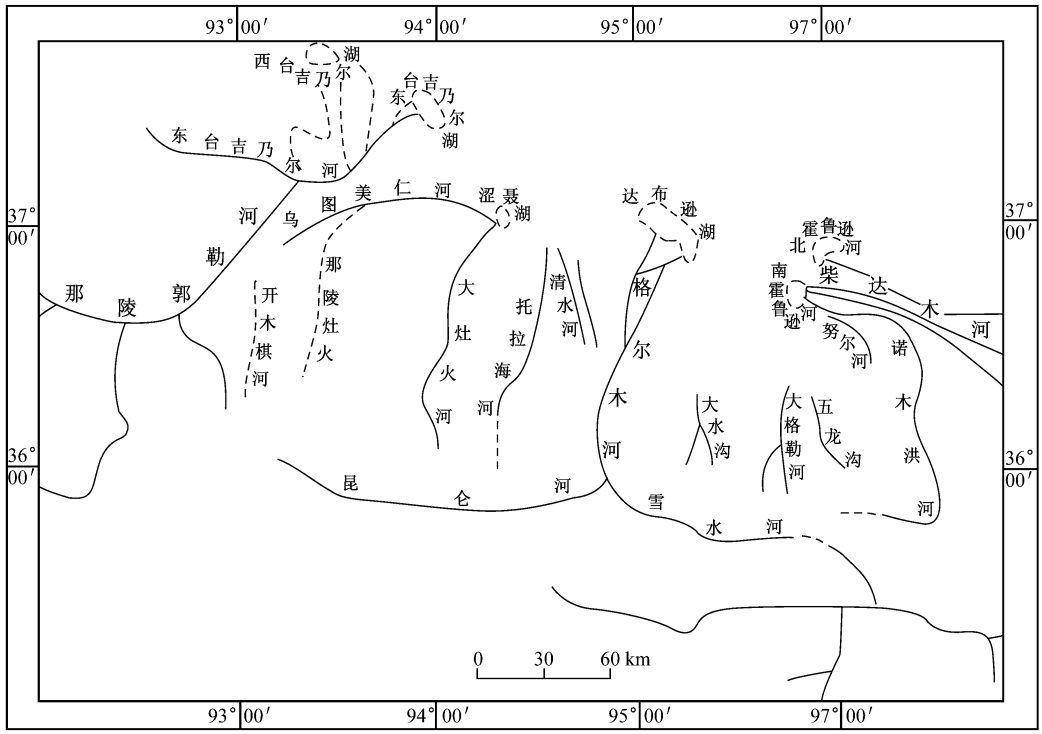


图 1-3　水系图

树枝状，丰水期成为漫流，约有 65%～70%的河水渗入地下，转化成地下水。在其下游细土带地下水又转化成地表水，进入格尔木东河和格尔木西河，最终注入达布逊湖。其河水组成见图 1-4，多年径流量见图 1-5。

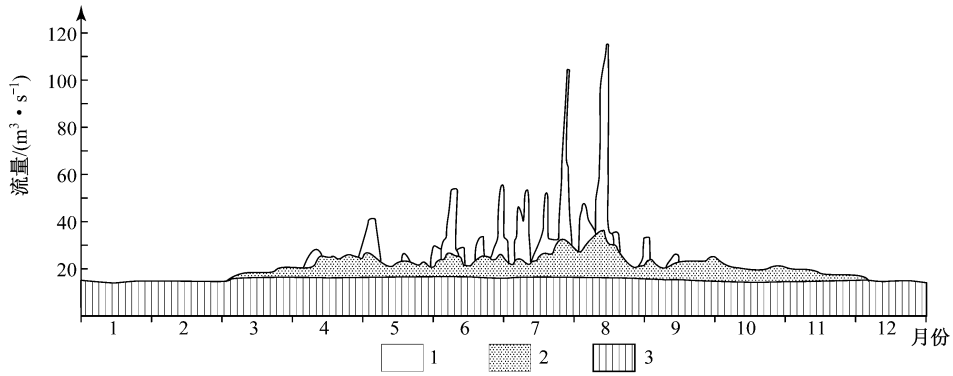


图 1-4　格尔木河径流量组成图（1988 年）

1. 大气降水；2. 冰雪融水；3. 地下水

诺木洪河源于昆仑山脉布尔汗布达山北坡汇入南霍鲁逊湖，全长 180km，集水面积 4570km^2，河源以上极高山终年积雪，并发育有现冰川，冰雪水融化潜入地下，在河源附近呈大片泉群泄出，向下流量渐增，至小庙为最大，再往下游又开始下渗。金水口下游由于渠道截流以及河水下渗，平时河床内很少见水流。到诺木洪农场以北分成三条泉集河

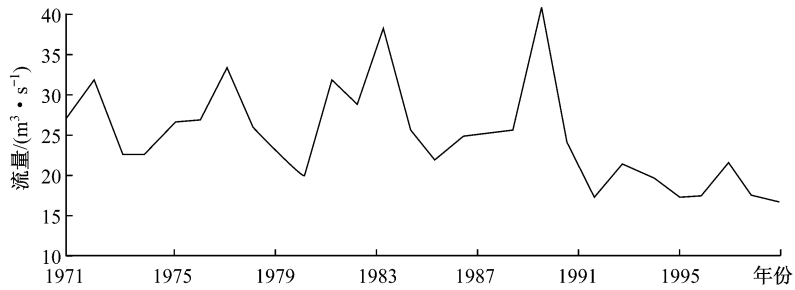


图 1-5　格尔木河多年流量曲线图

（诺木洪河、别启奇鲁克河、哈西瓦河）溢出，最后汇入南霍布逊湖或消耗于蒸发。它属于典型的地下水—冰雪融水性河流，地下水补给占其的 85%，诺木洪河多年平均流量 $1.599\times10^{8}m^{3}/a$。枯水期（10 月至翌年 4 月）流量 $4.37m^{3}/s$，多年各月平均流量变化不大，水全年分配比较均匀。径流量动态曲线见图 1-6。多年径流量见图 1-7。

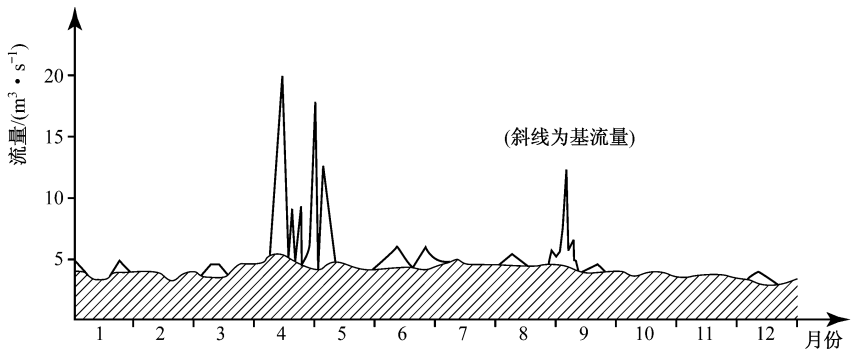


图 1-6　诺木洪河金水口站流量动态曲线图（1978 年）

［引自青海省地质矿产局第一水文地质工程地质大队，中华人民共和国区域水文地质普查报告（诺木洪农场幅，1∶20 万）。1982.10.］

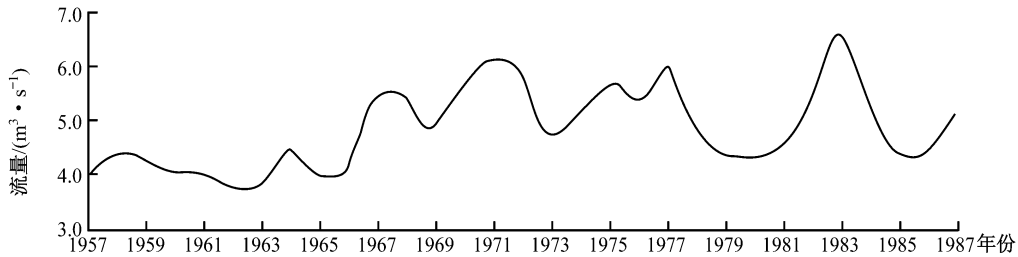


图 1-7　诺木洪河年平均径流量曲线

大格勒河源于布尔汉布达山北坡，全长 52km，流域面积 $1084km^{2}$，山区汇水面积 $852km^{2}$。属地下水补给型。多年平均流量 $0.79m^{3}/s$，最大流量 $23.3m^{3}/s$，最小流量 $0.24m^{3}/s$。该河已为大格勒乡引灌河水。

此外还有大水沟、白日其利沟、红柳沟、五龙沟等小型季节性河流。它们均发源于布

尔汗布达山北坡，流程短，流域面积仅 300～600km^2。流量小于 0.7m^3/s，以融雪和降水为补给。

2．泉集河

格尔木地区的泉集河主要有清水河、金水河、巴水河、红旗河、格尔木东河。这些河流都是格尔木河水下渗之后又溢出而成。流量稳定，年际变化小，据 1983～1988 年实测资料，总流量为 8.02m^3/s，清水河注入别勒湖，金水河、巴水河、红旗河在下游汇入格尔木西河，与格尔木东河一起注入达布逊湖和达西湖。

诺木洪地区的泉集河主要有哈鲁乌苏河、柴达木河、努尔河。哈鲁乌苏河与柴达木河发源于香日德区。由于上游河水用于农灌，使溢出显著减少。这些河流现今流量与 20 世纪 60 年代相比较明显减少，如柴达木河 1958～1969 年平均流量 5.7m^3/s，到 1981 年实测为 2.48m^3/s。另外它们的丰水期与雨季不一致，每年 4～5 月流量最大，而降水所形成的地下洪峰，到 10 月才有显示。

努尔河发源于诺木洪、五龙沟扇间细土带，为上升泉沿河溢出所致。野外调查表明，该河流流量较稳定，现今流量与 20 年前流量相近。该河北部与褐且拉河形成现代积水沼泽，主要以水面蒸发形式排泄，地下水由此每年流失约 $0.63\times10^8 m^3/a$。

3．湖泊

盆地内湖泊星罗棋布，在内的有大小湖泊 64 个，其中平原湖泊 49 个，山区湖泊 15 个，众多湖中只有一个是淡水湖，其余皆是咸水湖或盐湖。它们的水来源于河流、降水和地下水补给。湖的深度不大，中心深度 0.8～5m 不等。蓄水较小，湖岸低平，湖的面积和轮廓随季节而变化。与格尔木-诺木洪地区相靠近的湖泊也有不少，分布在现代盐湖的边缘。常年性湖泊有达布逊湖、涩聂湖、达西湖、小别勒湖；季节性湖泊有大别勒湖、协作湖、团结湖、东陵湖，它们都是咸水湖。具体见图 1-3。

湖泊主要补给来源是周边的河流。洪水的补给对湖的面积起着决定性作用，如 1989 年的特大洪水使得湖水面积迅速扩大，达布逊湖与达西湖、小别勒湖连成一片。其他湖泊面积也有不同程度的扩大。

达布逊湖是具有工业价值的湖泊，湖水体积 $2.78\times10^8 m^3$，相对密度 1.18～1.22，氯化钾质量分数 1.78%～3.64%，高于工业品位，氯化钾储量约 $737\times10^4 t$。

达西湖位于达布逊湖西 4～5km，湖水平均水深 0.33m，矿化度 254.0～319.3g/L，相对密度 1.16～1.20，氯化钾质量分数平均 0.7%，介于边界品位与工业品位之间。

小别勒湖位于达西湖西 10km 处，湖水平均水深 0.12m，矿化度 345.2～348.8g/L，氯化钾质量分数高达 2%，超过工业品位。

大别勒湖位于小别勒湖西南 2km 处，湖水深 3～7m，矿化度 184.0～330.4g/L，氯化钾质量分数 0.42%～0.49%，低于工业品位。

涩聂湖位于大别勒湖 3km 处，湖水平均深 0.36m，矿化度 323.4～334.4g/L，相对密度 1.21 左右，氯化钾质量分数 0.66%～0.86%，介于边界品位与工业品位之间。

团结湖位于达布逊湖东南 4km 处，湖水平均深 0.4m，相对密度 1.21。现为青海钾肥厂一选厂老卤排放区。

第二章　区域地质特征

柴达木盆地南缘格尔木-诺木洪地区可明显分为两大地质单元，即前第四纪岩层（含岩浆岩组成的基岩）和广布盆地的第四纪松散岩类两大类型。前者属秦岭—昆仑纬向沉积构造带。全部老地层均发生了变质构造作用，产生一系列的大规模东西压性断裂，并伴随横向张裂，从而制约了山区水系的发育与走向，也为山前堆积带来了巨大的物质来源。自第三纪以来，在新构造运动作用下，柴达木盆地持续下降，堆积了巨厚的松散碎屑物，仅中上更新世冰水、冲洪积物就达 600m 以上（见图 2-1、图 2-2）。地层与地质构造的详细论述如下。

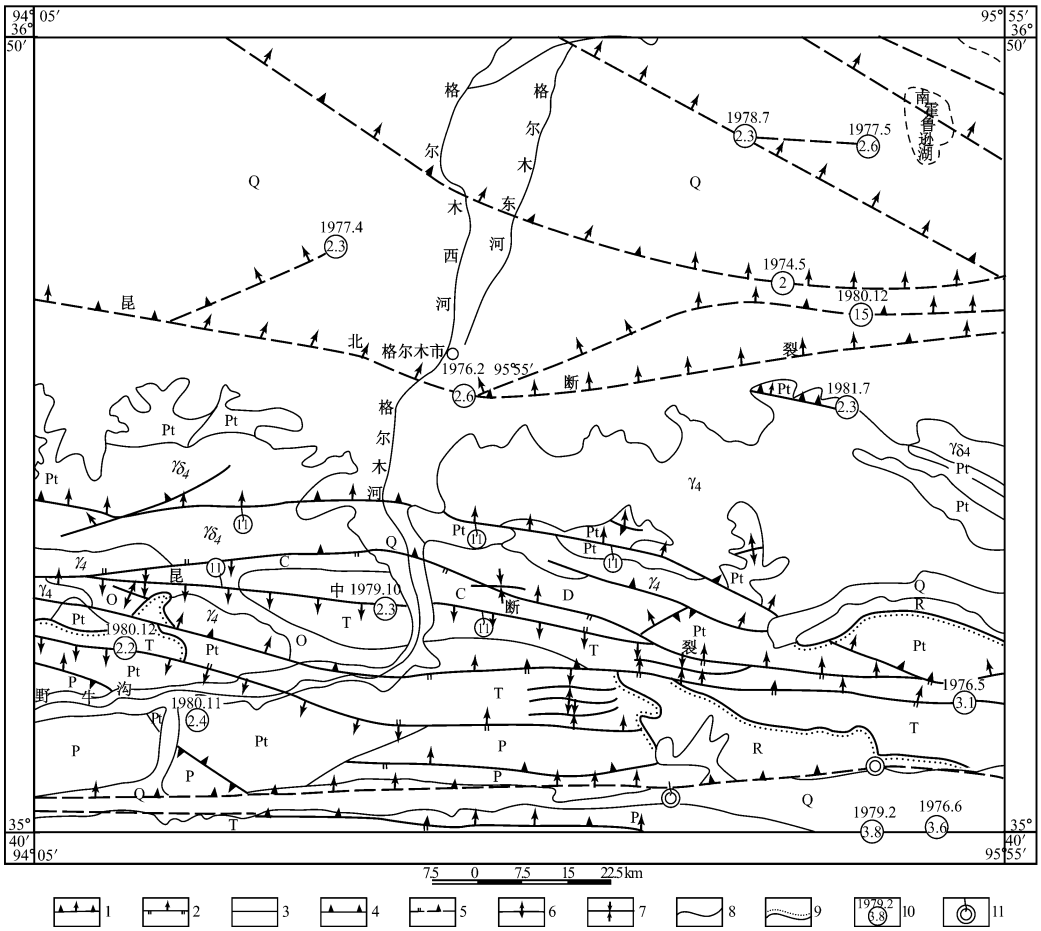


图 2-1　格尔木地区地质构造纲要图

1. 正断层；2. 逆断层；3. 性质不明断层；4. 活动断层；5. 隐伏活动断层；6. 背斜轴；7. 向斜轴
8. 地质界线；9. 角度不整合界线；10. 地震震中，上为发震年月，中为震级；11. 温泉

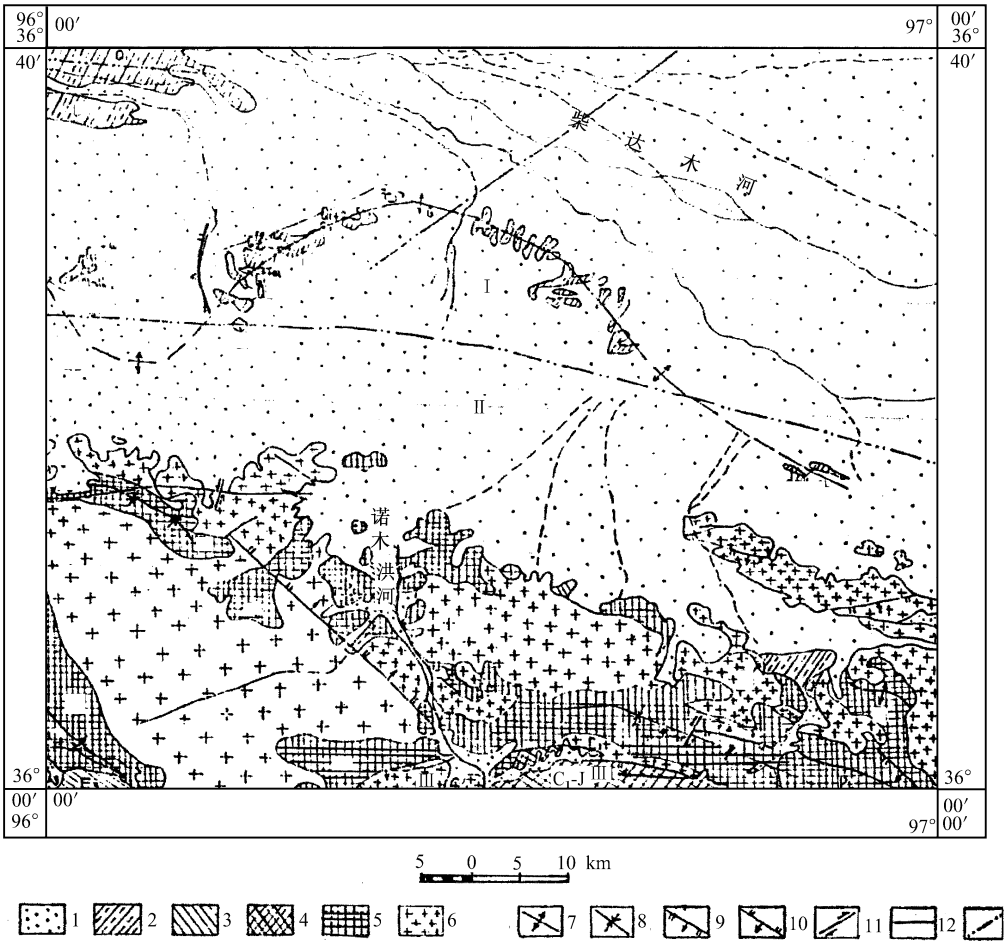


图 2-2　诺木洪地区地质构造纲要图[1]

构造划分 台型沉积：1.Q_{3+4}；2.Q_{1+2}；3.E；4.C_1—J 槽型沉积；5.Pt 侵入岩；6．中酸性侵入岩。二级大地构造单元：Ⅰ．柴达木坳陷；Ⅱ．东昆仑中间隆起带；Ⅲ．布尔汉布达山优地槽褶皱带。褶皱与断裂：7．背斜轴；8．向斜轴；9．正断层；10．逆断层；11．平移断层；12．性质不明断层；13．物探解译的隐伏断层

一、前第四纪地层、岩浆岩

（一）地层

前第四纪地层有元古宇、下石炭统、中下侏罗统、第三系。

1．元古宇

（1）金水口群：分布于金水口至跃进山、小庙、五龙沟及黑熊沟下游一带。出露良

[1] 青海省地质矿产局第一水文地质工程地质大队．中华人民共和国区域水文地质普查报告（诺木洪农场幅，1∶20 万）．1982.10

好，为东昆仑山标准剖面，为片麻岩组和片岩组。

（2）冰沟群：分布于五龙沟、小庙以南、诺木洪河及洪水河之间地区，以冰沟一带出露最好，为东昆仑山的标准剖面。按岩性由老至新分为三个岩组：结晶灰岩、大理岩组，结晶灰岩、板岩、大理岩组，变砂岩、板岩组。

2．石炭系

下石炭统（C_1）：分布于三通沟一带，岩性为：暗绿色细碧岩、火山角砾岩、安山岩、流纹岩、泥凝灰岩夹千枚岩、结晶灰岩。它与下伏地层为断层接触或不整合接触。

3．侏罗系

（1）下侏罗小煤沟组（J_1x）：分布于盆地边缘丘吉沟一带，岩性为灰色、灰黑色含砾砂岩、细砂岩、粉砂质页岩及薄煤层。它与下伏地层呈不整合接触或断层接触。

（2）中下侏罗统碎屑岩组（J_{1-2}）：分布于三通沟一带，岩性：下部为灰绿色厚层砂岩夹砂砾岩、砂岩、页岩、泥灰岩；中部为灰绿色、粗长石质硬砂岩夹泥钙质砂岩、凝灰质砂岩、砂质页岩；上部为灰色、灰绿色砂岩夹炭质页岩、安山质凝灰岩、含砾粗砂岩、长石质硬砂岩夹煤线，含植物化石，分别不整合于元古宇、石炭系及华力西期花岗岩之上。

4．第三系

（1）下第三系渐新统（E_3）：零星分布于五龙沟、冰沟以西盆地边缘，在哈熊沟口钻孔也有揭露。岩性：下部砖红色砾岩，中部黄褐色、橘黄色及砖红色砂岩，上部为砖红色砂砾岩，它不整合于金水口群片麻岩及华力西花岗岩体之上或断层接触。

（2）上第三系上新统（N_2）：地表未见出露，据努尔河电渗1井揭露地下664～1104m为上新统地层，岩性为棕色、棕黄色砾岩，局部胶结，部分长石风化成高岭土，在1080m处有个不整合面。

（二）岩浆岩

此地区岩浆岩活动较强烈，自元古宙中期至中生代晚期均有活动。主要以侵入岩为主，且具有多旋回性。

1．华力西中期中酸性岩体

主要分布有平台花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩体（γ_4^{2b}、$\gamma\delta_4^{2b}$、δ_4^{2b}），丘吉沟花岗岩体（γ_4^{2c}），蛇头山花岗闪长岩体（$\gamma\delta_4^{2b}$）。平台岩体分布于诺木洪河以西、五龙沟以北地区，出露面积1000km^2，为该区最大岩体，呈岩基产出，岩相分异良好，它侵入元古宙地层，又为后期斑状花岗岩（γ_4^3）所侵入。

丘吉沟花岗岩体主要分布于丘吉沟，出露面积60～70 km^2，呈岩株或岩枝产出，岩相分异不明显。

蛇头山花岗闪长岩体分布在蛇头山、洪水河一带，东延至香日德益克岩河。分布方向近东西，与区域构造线方向近一致，出露面积800km^2，呈岩基产出，但分异不佳，仅相当于平台岩体的边缘和过渡相部分。它侵入元古宙地层，被后期斑状花岗岩（γ_4^3）所侵入。

这些岩体裂隙走向发育，主要走向为NE及NW向。

2．华力西期斑状花岗岩体（γ_4^3）

主要分布于诺木洪河至冰沟之间，出露面积约200 km^2，产状为岩基或岩枝。岩体具

有不明显的分带，可分为内部相和外部相。同位素测定变质年龄在 200～300 Ma，说明边缘地区混合作用及斑状花岗岩侵入期均为华力西晚期。该岩体裂隙发育，特别走向 NE 的张扭性裂隙是主要导水裂隙。

二、第四纪地层

南部昆仑山区从三叠纪晚期基本成为陆地，自中新世末就开始急剧抬升，接受剥蚀并产生大量碎屑物。由于构造运动影响以及气候多次变迁，沉积物成因类型较为复杂，有湖积、冲积、洪积、冰水沉积和风积、沼泽沉积及化学沉积等。根据沉积物的特征、动植物化石、地层接触关系以及所处地貌部位，对第四纪地层的时代做如下划分。

1．下更新统（Q_1）

以湖相沉积为主，主要为泥岩、砂岩、泥灰岩及胶结的砂砾岩；松散岩类有细砂、粉砂、亚砂土及亚粘土等，并具有沉积韵律。出露在 4700m 高程的山区——昆仑山哑口，组成有湖相沉积物为主的泥岩、砂岩及胶结的砂砾石层，在诺木洪等地段也有出露，岩性为细砂、粉砂、亚砂土、泥岩和砾岩等，并形成阻水构造，其中赋存着高压自流水。

2．中更新统（Q_2）

以冰积、冰水相为主，次为湖相、冲湖相和洪积相。前者分布在山区及冲洪扇深部。分布在丘吉沟口、黑熊沟下游，最低分布高程 3100～3500m。岩性以漂砾、砂砾卵石、泥砾为主，灰色至杂色、无层理、大小混杂。后者分布在盆地深部，多为细粒松散岩层。洪积相则位于冲洪积扇 40m 以下，为含泥砂砾卵石。砾岩（含胶结物）见于纳赤台及格尔木水库。

3．上更新统（Q_3）

以冰碛物，洪积相、冲湖积相、沼泽相沉积物为主。

冰碛物：残存于高山区冰斗内，岩性为块石、碎石，直径 50～70cm，并夹有极少的小碎石。由于搬运距离较短，一般呈棱角状，成分与当地母岩一致。

洪积层及冲洪积层：广泛分布于山前戈壁带和细土带，由四个冲洪积扇组成。由于水动力条件的变化，岩相水平分带性明显，由山麓往北依次为：砂卵砾石层，砂砾石粉细砂、粘土互层。

冲湖积层：地表未见出露。主要埋藏于冲湖积层以下，形成咸水及孔隙卤水含水层。岩性为灰色或棕黄色粉细砂、粘性土夹泥炭层。并含螺及植物化石。

沼泽相沉积：分布于努尔河上游，岩性上部为灰黑色泥炭层，厚 1.5～2.0m，结构较致密，且具水平节理，有丰富的平卷螺和植物残骸。下部为灰绿色、锈黄色、橘黄色亚砂土、粉细砂、中细砂互层，结构较致密，具水平层理，亚砂土内螺化石较多，厚 4.0～6.0m。

4．全新统（Q_4）

该期的沉积物质成因复杂，有冲积、冲洪积、湖相湖沼相、化学沉积和残积、残坡积及风积等，因此沉积物各异，并在地表均可见到。具有内陆干旱盆地特色的化学盐类沉积物和风积物分布较广。

湖冲积层：分布于哈鲁苏河以北、努尔河中游。岩性为灰绿色、土黄色粉细砂夹棕

黄—紫红色亚粘土，局部夹有淤泥层，并含有原生石膏、芒硝、石盐晶体，局部含有河蚬壳体。石盐、芒硝均为粉末状，不具原生盐晶形。取样分析后表明表聚性很强，表层盐壳是毛细蒸发所致。

沼泽相沉积：主要分布于细土带以北，分为长年沼泽及翻浆期季节性沼泽，原始沉积物通常为冲洪积或冲湖积物，后期经沼泽化作用改造。岩性以灰黑色、灰黄色亚砂土、淤泥质粉细砂为主，夹薄层淤泥或泥炭。厚度一般为 0.54～2m，最大不超过 7m。

湖泊化学沉积：分布于努尔河左岸，盐类含量高达 50％以上。主要矿物成分是石盐，其次为石膏、水氯镁石等，它们均为表卤蒸发形成的粗粒原生盐类晶体，盐层厚度一般为 0.5～1.2 m，其内赋存潜水型晶间卤水。

冲积层：组成近代河谷、河槽、漫滩及一级阶地。岩性以浅灰色、灰黄色砂卵砾石，含砾中粗砂、中细砂层为主，砾石分选性及磨圆度由上游至下游递增，成分主要为灰岩、砂岩、花岗岩、石英岩等。结构松散，斜层理发育，一般厚 0.5～2m，在较大河谷中厚度达 5 m。

风积物：主要分布于戈壁带与细土带接壤的部位，以固定—半固定砂丘为主。岩性为土黄色、黄白色粉细砂、中细砂，结构松散，有风成斜交层理，矿物成分主要为石英，次为长石、云母，厚 1～10 m，最大为 15 m。

三、地 质 构 造

柴达木盆地自元古宙以来，经历了多次的强烈而复杂的构造运动，由于多次的构造旋回和各种断裂及褶皱作用，形成的不同方向、不同规模、不同性质、不同形态的构造形迹。造就了盆地现在的构造格局及自然景观。

（一）构造旋回

柴达木盆地构造旋回可追溯到寒武纪以前直到新生代仍发生新的构造旋回。

1. 寒武纪构造旋回

盆地与毗邻的塔里木基底相似。盆地前寒武系呈平行带状出露分布为特征。在东部出露于沙柳河及布赫特山一带；中部赛什腾山、达肯达坂、锡铁山、欧在布鲁克；西部苏干湖北阿尔金、俄博梁、牛鼻子梁。三构造施回带间都有潜伏。另一条是昆仑中部构造旋回带，出露在那棱格勒河上游两侧。

2. 早古生代旋回

该沉积区是围绕着前寒武系出露的，包裹或覆盖了前寒武系块体。党河南山柴北构造旋回带；阿尔金山丁字口，经赛什腾山、缘梁山至乌兰盆地北边缘，构成柴中构造旋回带；柴南构造旋回带有两条：一条是昆仑山北部带，西起祁漫塔格山，向东潜没于盆地，东部复现于沙柳河；南带沿博卡雷克塔格山和布尔汉布达山南坡出露。以上之沉积带的上古界是一套海相碎屑-火山沉积，属浅变质相。

3. 晚古生代构造旋回

由早古进入晚古生代，盆地经历了一次强烈的构造变动和较长时间的隆起剥蚀阶段，且进入了构造相对稳定的大陆区，形成一套陆相或似陆相为主的地层。