

塔里木盆地
地下水
开发远景区
研究

李文鹏 郝爱兵 刘振英
万 力 郭建强
等著

地质出版社

塔里木盆地地下水 开发远景区研究

李文鹏 郝爱兵 刘振英 万 力 郭建强 等著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书利用卫星图像解译了塔里木盆地南缘古河道,并编制了沙漠南缘地区的古河道分布图;初步总结了沙漠地下水的形成演化规律;通过多学科综合研究,推断出深层淡水带、地下微咸水带及地下淡水体;编制了全盆地地下水资源分布图和地下水远景区分布图,提出三种类型的地下水开发区,建立了地下水资源地理信息系统;总结出西北大型盆地地下水的形成演化模式;建立了地层电性参数系统;研究了塔里木河的演变历史,指出塔里木河存在4期古河道。

本书对于开发大西部具有重要参考价值。

图书在牌编目(CIP)数据

塔里木盆地地下水开发远景区研究/李文鹏等著.北京:地质出版社,2000.8
ISBN 7-116-03169-3

I.塔... II.李... III.地下水资源-研究-塔里木盆地 IV.P641.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第41521号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:江晓庆 渠洁瑜

责任校对:李 玫

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:9.875 彩图:3页 字数:239000

2000年8月北京第一版·2000年8月北京第一次印刷

印数:1—800册 定价:28.00元

ISBN 7-116-03169-3

P·2133

前 言

塔里木盆地水文地质研究是从 50 年代开始的。地质矿产部在该盆地的沙漠周边平原区和沙漠边缘地带先后开展过 1:20 万、1:50 万水文地质普查与地下水资源评价；在一些地区，还对诸如区域地质构造、第四纪地质、水文地质和水文地球化学等专题进行了较系统的研究，并获得了一批重要成果，特别是对数十年的地下水动态监测工作，积累了较丰富的地下水水位和水质系列数据。地质矿产部“七五”科技攻关项目“西北地区地下水资源评价及合理开发利用研究”则是近年来的代表性成果。

水利部门和中国科学院系统在该盆地也进行过许多与水土资源开发利用有关的考察和研究工作。如 1987~1991 年，中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队进行了历时近 4 年的多部门、多学科的综合科学考察，并于 1993 年出版了考察成果的系列专著、图片集等，其中《塔克拉玛干沙漠地区水资源评价与利用》对塔里木盆地地表水和地下水进行了较全面的论述；1993 年 9 月，新疆水利厅组织了一个 20 人的沙漠考察队，利用石油部门先进的沙漠运输设备，完成了南北向（轮台至安迪尔河出山口）横穿沙漠的水利综合考察，编写了“塔中 4# 油田供水工程及塔克拉玛干沙漠水利综合考察报告”；1994~1995 年又组织有关单位在塔中 4# 油田及南部地区 24000km² 范围内进行了 1:50 万的水文地质普查，编写了“塔中 4# 油田供水水文地质初步勘察报告”，1995 年在上述报告的基础上，塔里木石油开发指挥部和新疆水文地质工程地质勘察院提交了“塔里木盆地水文地质研究报告”，对沙漠地下水的补径排规律、地下水的化学特征等进行了初步总结。

前人一系列勘查和研究成果在当地国民经济发展过程中起到了重要作用，也积累了宝贵资料，为塔里木盆地水文地质研究奠定了一定基础。

干旱区水文地质研究是水文地质学的一个重要研究领域，也是各国水文地质学家关注的热点之一，目前已形成一套较完整的理论方法体系，特别是 80 年代以来系统工程理论和方法的引入，同位素技术、遥感技术、计算机等的应用，地球物理勘探（磁法、核磁共振）、钻探水平的提高，大大推进了干旱区水文地质研究的发展。目前，许多国家日益重视干旱区水资源的持续利用，将地下水资源与生态-地质环境保护结合在一起进行研究评价。如北非、中东、澳大利亚大自流盆地、美国西部高原、哈萨克斯坦南部各盆地等一些世界著名的干旱区，均证实有丰富的地下淡水资源，并已开发利用。现在的主要问题是如何统一规划、管理地下水资源，以保证地下水资源的持续利用，保护生态环境。

本书是在“九五”国家重点科技攻关项目 95-912-02-03 专题报告基础上缩写而成的，专题研究范围涉及整个塔里木盆地，重点在盆地南缘及沙漠地区，主要攻关目标是确定沙漠南部地区古河道的分布埋藏规律，研究沙漠地区地下水资源的赋存特征及水质演化，提出塔里木盆地地下水远景勘探开发区的范围。通过这三方面的研究，主要取得了以下成果。

1. 运用 TM 卫星影像数据和 MSS 卫星图像，解译了盆地南缘古河道，利用 MapGIS

首次编制沙漠南缘地区的古河道分布图。

2. 初步总结了沙漠地下水的形成演化规律, 指出了沙漠地下水主体是地质历史时期从南部昆仑山前平原侧向补给形成的, 现代河流对地下水补给的影响范围主要局限在河流两侧的绿洲带内。沙漠南缘隐伏构造对地下水的补给具有重要的控制作用; 沙漠区的大气降水对地下水的补给作用微弱。

3. 通过地质构造、水化学及环境同位素、EH-4 电导率成像系统等多学科综合研究, 推断塔中至东南部的喀拉米兰河和莫里切河之间存在深层舌状淡水带; 沙漠公路 140~190km 间隐伏的东西向塔里木古河道高阻带可能赋存地下微咸水; 据水文地质条件分析可以认为, 和田河下游存在潜水性质的地下淡水体。

4. 编制了全盆地地下水资源分布图和地下水找水远景区分布图, 并根据地下水资源性质的不同, 首次提出三种不同类型的远景开发区。在此基础上, 初步计算了各种资源量并建立了盆地地下水资源地理信息系统。

5. 首次探索性地总结出西北大型盆地地下水的形成演化模式, 揭示了该盆地地下水流系统、水化学成分的形成演化及盐分迁移与聚集之间的内在联系和规律, 分析了沙漠区大厚度咸水层的成因。

6. 经过近两年的野外试验研究, 在应用具有国际先进水平的 EH-4 电导率成像系统寻找地下淡水方面积累了较多经验, 总结出适合干旱区、特别是沙漠区 1000m 深度范围内物探找水的工作方法, 建立了相应的地层电性参数体系。

7. 利用 EH-4 电导率成像系统的勘测成果和 KT_1 孔地层划分结果, 推测了第四纪以来塔里木河的演变历史, 指出塔里木河存在 4 期古河道。

本书共包括十二部分, 各章节撰写分工如下: 前言, 李文鹏、郝爱兵; 第一章和第二章, 李文鹏、郝爱兵、孙晓明、黎志恒; 第三章和第四章, 万力、胡伏生、杜强; 第五章, 郝爱兵、郭建强、李文鹏、邵汝君、武毅; 第六章, 郝爱兵、李文鹏、赵运昌、孙晓明; 第七章, 李文鹏、郝爱兵; 第八章、第九章和第十章, 刘振英、杨小芸、刘光亚、孙晓明、牛平山; 第十一章, 李文鹏、郝爱兵、刘振英、万力等。全书由李文鹏、郝爱兵统编定稿。

专题研究是在以往大量勘查和研究工作基础上进行的, 除参考文献外, 大量基础资料主要引用中国人民解放军 00925、00924 部队和新疆第一水文队完成的 1:20 万和 1:50 万水文地质普查报告, 谨此对被引用资料和文献的作者表示谢意。野外主要物探和水化学同位素样品采集工作如图 0—1。在野外工作中, 得到新疆地矿厅、塔里木石油勘探指挥部、新疆水利厅工矿石油供水管理总站、新疆水利水电勘测设计研究院、地矿部九一五大队等单位的大力支持, 在此一并表示诚挚的感谢。特别感谢本专题的技术顾问辛奎德、段永侯两位先生以及新疆水利厅赵鸿斌先生, 在整个研究过程中, 他们自始至终都给予热情关怀和指导。

目 录

前言

第一章 区域自然地理与地质环境背景	(1)
一、自然地理	(1)
二、地层、构造及沉积特征	(5)
三、塔克拉玛干沙漠腹地第四纪地质	(8)
第二章 区域水文地质条件	(16)
一、地下水赋存与分布特征	(16)
二、区域地下水运动特征	(20)
三、盆地水资源转化规律	(20)
第三章 塔里木盆地南缘河流及古河道分布规律	(24)
一、地质简史、新构造运动及气候变迁	(24)
二、河流及其分布规律	(26)
三、古河道的解译	(27)
四、古河道分布规律	(28)
五、古河道的形成	(29)
六、本章小结	(30)
第四章 河流与地下水相互作用规律	(31)
一、地下水与地表水的关系	(31)
二、地下水的水量与水质	(32)
三、本章小结	(33)
第五章 物探找水技术研究——EH-4 电导率成像系统在塔克拉玛干沙漠的应用研究	(34)
一、EH-4 电导率成像系统的基本技术特点	(34)
二、塔克拉玛干沙漠区的地球物理特征及工作技术方法	(36)
三、咸淡水含水层的解译标准	(38)
四、EH-4 勘查效果及解译标准的检验	(40)
五、勘测成果及初步解译	(44)
六、第四纪塔里木河演化历史的推测	(52)
七、EH-4 应用的成功范例	(52)
八、本章小结	(55)
第六章 塔克拉玛干沙漠地下水的形成演化研究	(57)
一、地下水的补给来源及特点	(57)
二、塔克拉玛干沙漠地下水的化学演化特征	(67)
三、塔里木盆地地下水流系统的划分	(86)

四、本章小结·····	(89)
第七章 西北内陆盆地地下水形成演化模式及其意义 ·····	(93)
一、地下水形成演化模式概化·····	(93)
二、地下水形成演化及盐分迁移特征·····	(95)
三、内陆干旱盆地地下水形成演化模式的意义·····	(99)
第八章 地下水资源分布规律 ·····	(101)
一、地下水的形成·····	(101)
二、地下水补给、径流、排泄条件·····	(102)
三、地下淡水或微咸水的赋存形式·····	(107)
四、地下水资源分布·····	(109)
五、塔里木盆地地下水资源计算及评价·····	(115)
六、本章小结·····	(120)
第九章 地下水远景勘探开发区研究 ·····	(123)
一、水资源开发利用现状·····	(123)
二、找水勘探远景区研究·····	(124)
三、开采地下水对山前平原地下水动态的影响·····	(128)
四、本章小结·····	(132)
第十章 地下水资源地理信息系统 ·····	(134)
一、塔里木盆地地下水资源地理信息系统·····	(134)
二、数据库子系统·····	(135)
三、地理数据库子系统·····	(137)
四、水资源分析应用子系统·····	(138)
五、本章小结·····	(139)
第十一章 结论与建议 ·····	(142)
一、主要结论·····	(142)
二、存在的问题与建议·····	(148)
参考文献 ·····	(149)

第一章 区域自然地理与地质环境背景

一、自然地理

(一) 地形与地貌

塔里木盆地为一全封闭性的大型内陆干旱盆地，其内流区总面积 $103.74 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中山区 $47.74 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占 46.02%；盆地长轴 1400km，短轴 520km，呈长轴近东西向的椭圆形，面积约 $56 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占 53.98%。

盆地的四周为高山和高原环绕，西高东低；盆地内宽阔低平，向东倾斜。区内地形高差达 7833m。北为天山山脉，南为昆仑山和阿尔金山，西边是帕米尔高原，东边在南北两山之间有一狭长的相对低洼地带与河西走廊相通。盆地边缘山前地带环状分布着宽度在数十到上百公里的冲积、洪积倾斜平原。居于盆地中部的塔克拉玛干沙漠，形状与盆地相似，其长轴 1073km，短轴 410km，面积约 $33.7 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

1. 山地

山地多为大中起伏的中高山、极高山。高山、极高山区冰川及冰缘地貌发育，中山带沟谷深切、水文网发育，以流水地貌为主，低山丘陵区则为干燥剥蚀地貌。它们均属侵蚀剥蚀地貌。

天山山地一般海拔 3500m 左右，地势西高东低，西部的托木尔峰海拔达 7435m，东部最高峰只有 4299m，南坡雪线高度在 3500~4000m 之间，中西段高山带现代冰川发育，水源较丰富。中高山南侧为海拔 1300~2500m 的低山丘陵。

昆仑山及帕米尔高原山势雄伟，海拔一般在 5000m 以上，有多座 7000m 以上的山峰，构成塔里木盆地西部和南部的屏障。雪线高度在 4700~6000m 之间，高山区现代冰川发育，水源较丰富。中高山以北为低山丘陵，海拔 1500~2600m。

阿尔金山为塔里木盆地与柴达木盆地的界山，呈 NEE-SWW 向延伸，海拔多在 3500~4000m 之间，超过 6000m 的山峰很少。雪线高度 5000~5700m，现代冰川仅零星分布在几个主要的高峰处，水源贫乏，是亚洲中部干旱区的核心。

2. 盆地

盆地宽广低平，地形具有向心性特点的同时，由西南向东北缓倾斜，西南缘昆仑山前砾质平原海拔在 1400~1600m，北缘天山南麓砾质平原为 1000~1200m，塔里木河冲积平原为 900~1000m，东部的罗布泊最低处为 780m。因此盆地在南北向上以塔里木河冲积平原最低，东西向上以罗布泊洼地最低。

盆地由山前向下游依次为砾质平原、细土平原、沙漠或湖泊，均呈环状分布。位于中部的塔克拉玛干沙漠泛指昆仑山山前细土平原以北至塔里木河冲积平原、西部叶尔羌河冲积平原至东边的车尔臣河河谷冲积平原之间的沙漠。本书中将塔里木河冲积平原限定为现

代塔里木河的冲积平原，沿沙漠公路一线宽度约 50km，其南界大体在沙漠公路 70km 里程碑处的肖塘（北纬 40°50′）附近。这一界限以南的古塔里木河冲积平原区，除存在大面积枯萎的胡杨林带外，地表已完全成为沙漠景观。在广大的沙漠区内，除和田河以西东西向延伸的乔格塔格山、麻扎塔格山和民丰北凸起有狭窄的基岩低山以及和田河、克里雅河等下游河谷平原外，基本上全部为流动沙丘所覆盖。沙丘形态多样，高度各地也不尽相同。沙漠腹地实地调查过程中发现最大的复合型纵向沙垄可高达 100m 以上，宽度数公里，延伸长度在十几公里到数十公里，其核心部份基本不移动或移动速度很慢，属半固定沙山性质。

（二）气候特征

塔里木盆地深居内陆，周围的高山和高原阻碍了海洋潮湿气团的进入，形成了极端干旱的大陆性气候。其基本特征是：降水稀少，蒸发强烈，夏季酷热，冬季严寒，春秋季多风，日温差大，日照时间长。

1. 沙漠外围平原区

多年平均气温 10~12℃。降水北部多于南部，西部多于东部。蒸发强度大致与降水规律相反，仅局部受绿洲小气候的影响而略有不同。

盆地西北部山前平原多年平均降水量为 50~70mm，而东、南部山前平原为 16~32mm。降水多集中在 6~8 月，约占全年降水量的 50%~60%。有时一次降水量很大，如 1981 年 7 月 5 日若羌站竟达 73.5mm。

年蒸发量一般 1000~2000mm，为降水量的 10~40 倍。

2. 塔克拉玛干沙漠区

年平均气温 11~12℃。

沙漠北部的满西，1988 年降水量达 84.9mm，而中部的塔中，1989 年 4 月 1 日至 1990 年 3 月 31 日则达 30.1mm。上述实测降水量比过去人们曾推断过的数值（10mm）要高得多，可以认为沙漠内降水量并不低于其周边的平原区，且超过东部平原区。降水主要集中在夏天，仅 7、8 月份降水量就占全年的 61%。降水多以暴雨出现，据满西气象站观测，1988 年 7 月 23 日，一次过程降水量达 28.2mm，其中半小时内即达 20mm，当时地面积水。由此可见，在沙漠的局部地区，暴雨入渗是存在的，潜水埋藏很浅的洼地中，能入渗到潜水面而补给地下水。

沙漠内蒸发量大，塔中地区年蒸发量高达 3700mm。

（三）河流

盆地周围山区的降水主要通过地表径流进入盆地。据统计，发源于天山、昆仑山及阿尔金山，由冰雪融水和山区降水补给的河流多达 144 条（图 1-1），均为内陆河系，且大多为流程短、水量小的河流，总径流量 $392.54 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。河川径流量与高山区冰川面积和大气降水多少密切相关，因而径流的年内分配也极不均匀，夏季（6~8 月）径流量占全年的 50% 以上。其中年径流量大于 $5 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 的河流有 14 条，合计年径流量占全盆地总径流量达 76.6%，详见表 1-1、表 1-2 和表 1-3。

塔里木河目前主要由发源于盆地西部诸山系的阿克苏河、和田河、叶尔羌河三大河流汇集而成，是我国最大的内陆河流。

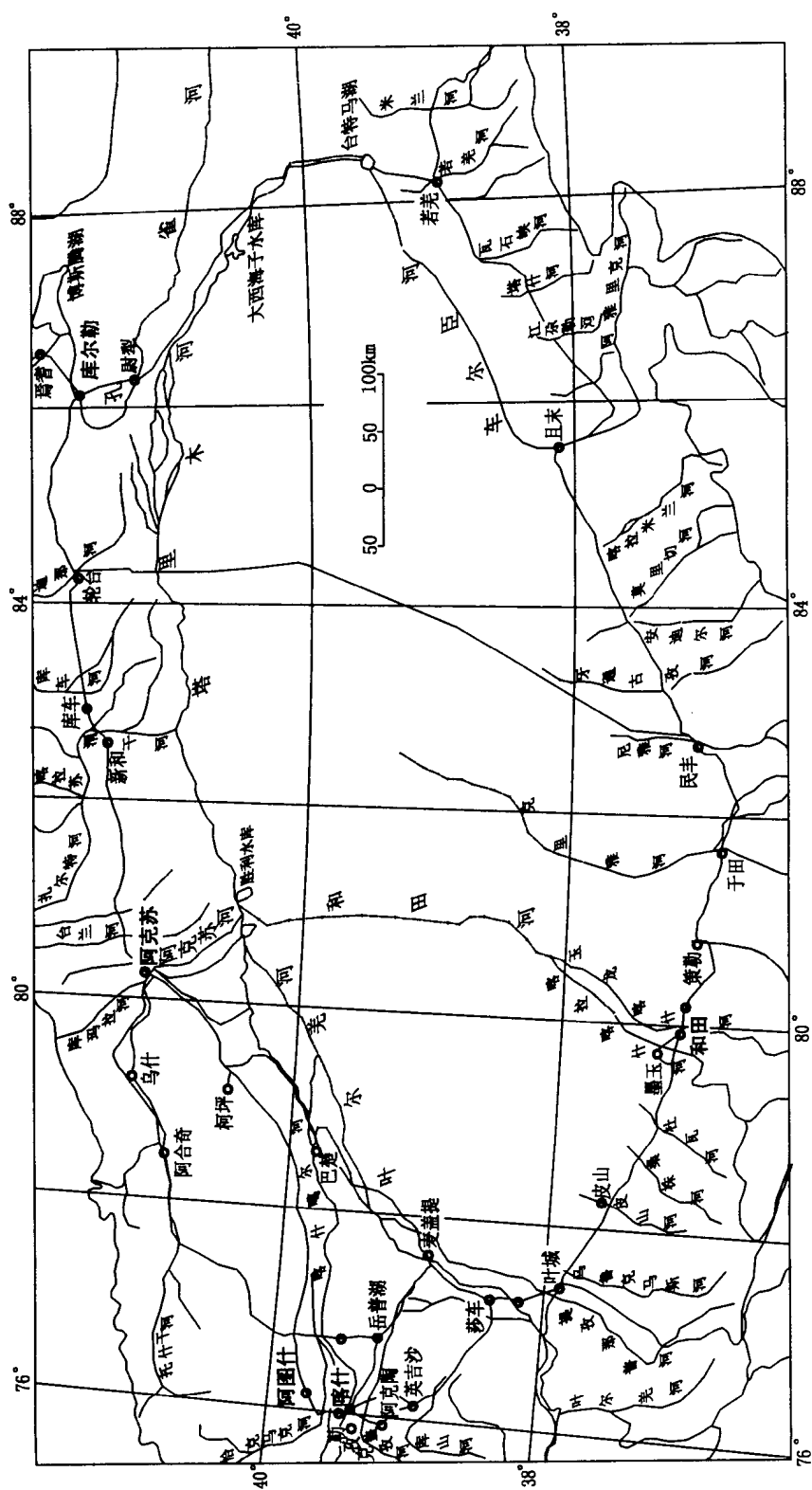


图 1-1 塔里木盆地水系分布图

表 1-1 年径流量为 $5 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 的河流

地(州)名	河 名	站 名	年径流量 / ($10^8 \text{m}^3/\text{a}$)
喀什地区	提兹那甫河	玉孜门勒克	7.79
克孜勒苏柯尔克孜自治州	库山河	沙蔓	6.37
克孜勒苏柯尔克孜自治州	盖孜河	克勒克	9.78
阿克苏地区	台兰河	台兰	7.19
巴音郭楞蒙古自治州	车尔臣河	且末	5.91
和田地区	克里雅河	努努买卖提兰干	7.04

表 1-2 年径流量大于 $10 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 的河流

地(州)名	河 名	站 名	年径流量 / ($10^8 \text{m}^3/\text{a}$)
喀什地区	叶尔羌河	卡群	64.6
巴音郭楞蒙古自治州	开都河	大山口	33.8
克孜勒苏柯尔克孜自治州	托什干河	沙里桂兰克	26.5
和田地区	玉龙喀什河	同古孜洛克	23.1
和田地区	喀拉喀什河	乌鲁瓦提	21.9
克孜勒苏柯尔克孜自治州	克孜河	卡拉贝力	20.2
阿克苏地区	昆马力克河	协合拉	45.4
阿克苏地区	渭干河	千佛洞	21.8

表 1-3 塔里木盆地主要河流径流年内分配

河 名	站 名	年 内 分 配				多年平均 年径流量 10^8m^3
		春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)	
叶尔羌河	卡群	6.8	68.5	18.6	6.1	64.6
提兹那甫河	玉孜门勒克	8.1	76.2	11.9	3.8	7.79
盖孜河	克勒克	14.2	61.0	18.6	6.2	9.78
克孜河	卡拉贝力	19.0	55.3	17.8	7.9	20.2
托什干河	沙里桂兰克	16.4	61.8	16.9	4.9	26.5
昆马力克河	协合拉	9.0	67.7	18.4	4.9	45.4
木扎提河	阿合不隆	9.5	69.4	16.7	4.4	14.9
渭干河	千佛洞	14.4	48.2	22.3	15.1	21.8
库车河	兰干	17.3	58.7	18.4	5.6	3.33
迪那河	迪那桥	14.1	68.1	15.8	2.0	3.34
开都河	大山口	22.5	45.7	21.3	10.5	33.8
车尔臣河	且末	28.4	47.3	17.1	7.2	5.91
克里雅河	努努买卖提兰干	11.6	66.8	14.0	7.6	7.04
玉龙喀什河	乌鲁瓦提	9.6	73.5	13.7	3.2	21.9
喀拉喀什河	同古孜勒克	5.6	80.5	11.3	2.6	23.1
皮山河	皮山	12.9	71.7	12.6	2.8	3.36

(四) 冰川

塔里木盆地现代山岳冰川规模大, 冰雪储量丰富, 冰川面积 20797km^2 , 占新疆冰川面积 25634.22km^2 的 81.13% ; 冰川储存量 2369.585km^3 , 占新疆冰川总储存量 2627.6km^3 的 90.18% , 详见表 1-4。

表 1-4 塔里木盆地冰川统计表

流 域	流域面积 10^4km^2	冰川条数	国土冰川面积 km^2	冰川储量 km^3
叶尔羌河	9.37	3059	5924.85	684.48
喀什葛尔河	8.18	2664	2743.67	214.57
阿克苏	5.19	1005	2400.56	436.99
渭干河	4.25	711	1725.60	266.23
迪那河	1.38	142	58.84	2.05
孔雀河	2.40	0	0.00	0.00
开都河	4.19	832	474.98	23.25
罗布泊东部	13.35	0	0.00	0.00
车尔臣河	14.05	658	964.52	82.79
克里雅河	7.46	708	1166.79	90.53
和田河	4.62	2120	5121.48	566.42
皮山河	1.48	237	215.50	12.30
塔里木河	0.52	0	0.00	0.00
合 计	103.74	12136	207962.00	2369.59

(五) 湖泊

中国内陆最大的淡水湖泊——博斯腾湖位于焉耆盆地, 东西长 55km , 南北宽 25km , 水域面积 980km^2 , 水面高程 1048m , 平均水深 7.5m , 容积近 $100 \times 10^8\text{m}^3$, 接纳开都河及焉耆盆地其他各小河的来水, 经湖泊调节后流入孔雀河, 进入库尔勒—尉犁平原。自 50 年代以来, 随着上游引水量增加, 入湖水量减少, 湖水位持续下降, 1984 年比 1959 年湖水位下降 2.4m ; 湖水盐分上升, 1958 年矿化度 $0.25 \sim 0.39\text{g/L}$, 1975 年 $1.2 \sim 2.6\text{g/L}$, 1981 年 1.8g/L 。1983 年博湖扬水站建成后, 加速湖水交替, 现湖水矿化度保持在 1.8g/L 左右。湖水位下降问题, 仍有待解决。

二、地层、构造及沉积特征

(一) 地层与侵入岩

本区地层从上古生界至新生界均有出露 (见图 1-2), 其走向与构造线近一致。沉积类型多样, 岩相复杂, 厚度变化大。山地多出露古老地层, 以古生界最为发育; 盆地内塔里木地台由前震旦纪变质岩系组成, 由于该地台长期处于相对稳定状态, 因此在平缓的古生界上覆盖了近于水平的陆相沉积为主的中、新生代沉积地层。其上部的第四纪地层发育齐全, 均为陆相沉积, 包括冲积、洪积、风积、湖积、化学沉积、残坡积和冰水堆积等。

区内自元古宙至喜马拉雅期 6 个构造运动中均有侵入岩生成, 以华里西期类型最齐

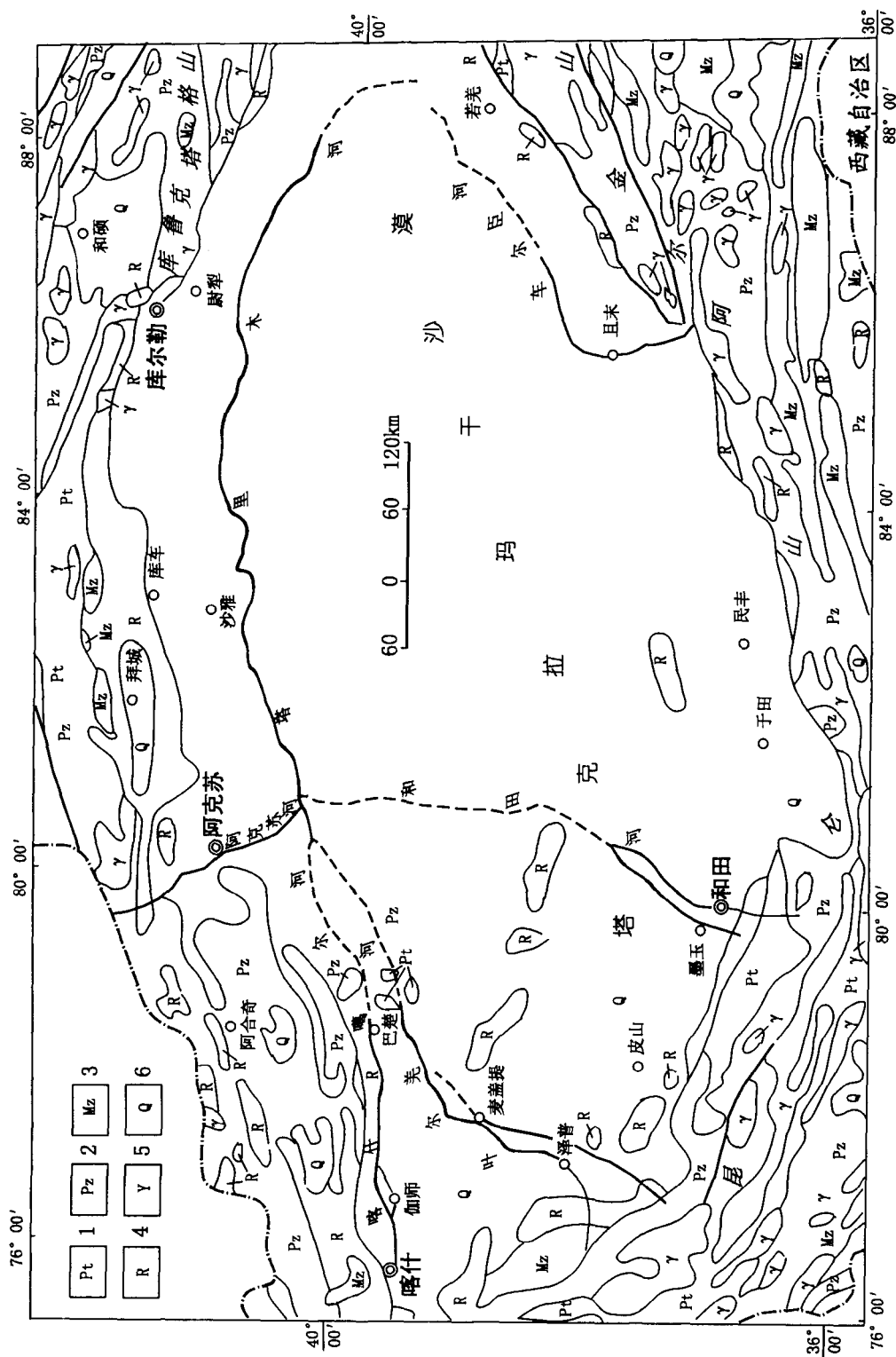


图 1-2 塔里木盆地地质简图

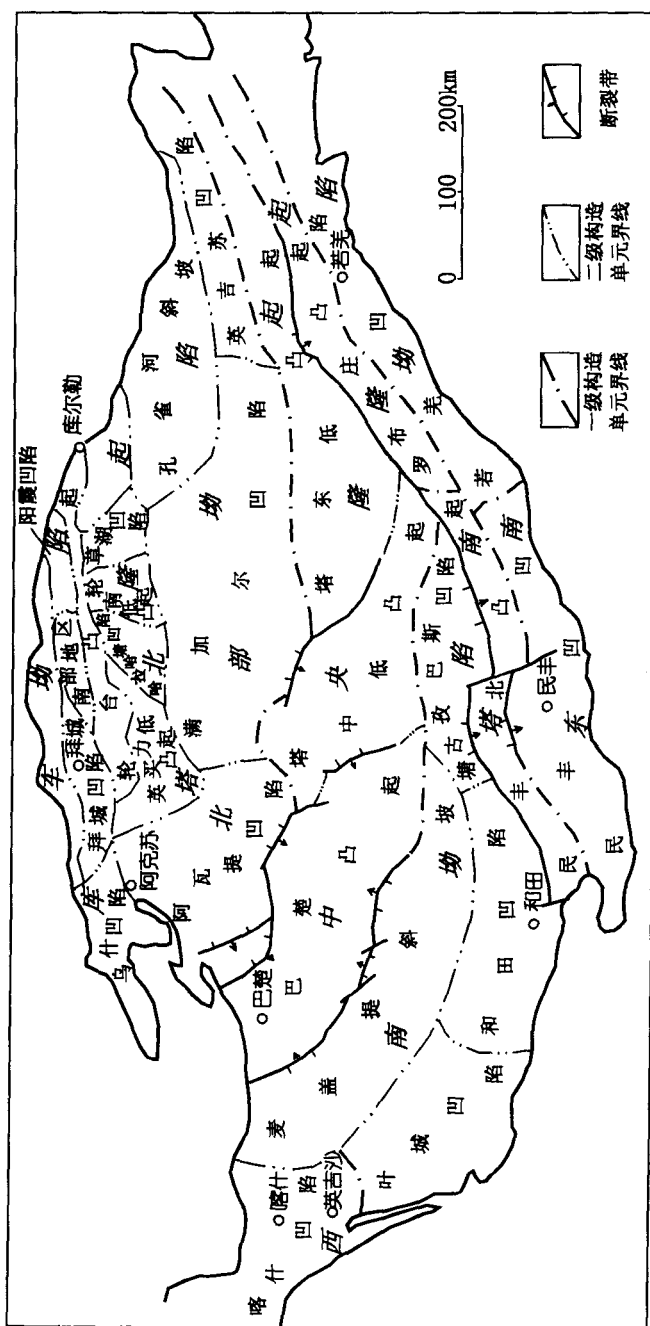


图 1-3 塔里木盆地构造纲要图

全。蛇纹岩，基性—超基性、中性、酸性、碱性岩均有分布，以正长岩、花岗岩为主。

(二) 构造与沉积特征

研究区地域辽阔，地质构造相当复杂。宏观上以塔里木地台为中轴，北侧属天山—兴安褶皱区，南侧为昆仑—秦岭和滇藏褶皱区（黄汲清等，1965）。

塔里木盆地是一个以周边山系为边界的中新生代盆地，其边界超壳断裂控制了盆地的构造演化。现今的盆地构造格局开始形成于古生代的晚二叠世，中生代和新生代在此基础上有不同程度的继承性运动。根据构造演化特征，可划分出塔北隆起、塔中隆起、塔南隆起及库车坳陷、北部坳陷、西南坳陷、东南坳陷等三隆四坳 7 个一级构造单元和 22 个二级单元（蔡春芳等，1997）（图 1-3）。盆地南北向基底构造剖面特征如图 1-4。可以看出，在沙漠区内，地块相对较稳定，除个别地段外，中生代和新生代升降幅度不大，而主要是老、新第三纪沉积作用的“填平补齐”，使沙漠区第四纪以来的沉积厚度各地变化不大。唯有麻扎塔格山、乔喀塔格山一带和民丰北凸起有第三纪基岩出露于地表（蔡春芳等，1997），也正是它们局部地控制和影响了沙漠区地下水的补给和径流。沙漠边缘的坳陷区中新世代一直处于相对沉降地带，尤其第四纪以来在这些地带沉积了巨厚的松散砂、砾、卵石层，最大厚度达 1000m 以上，为地下水的储存、运移提供了有利条件。

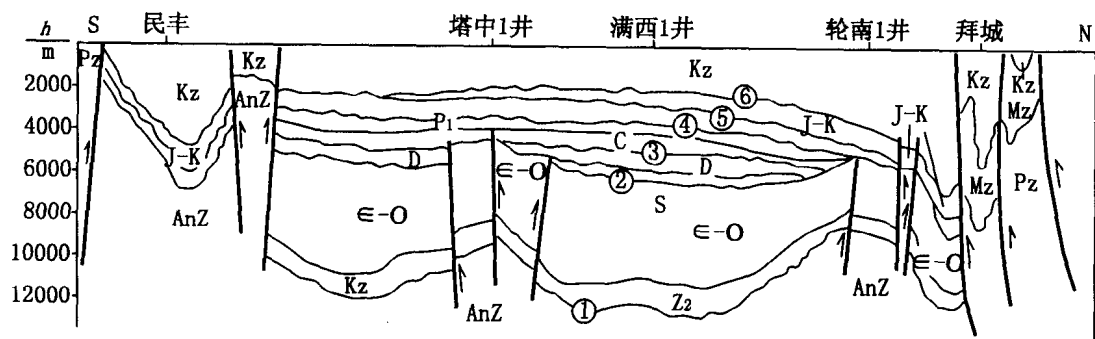


图 1-4 塔里木盆地南北向基底构造剖面特征图

三、塔克拉玛干沙漠腹地第四纪地质

1994 年和 1996 年，新疆水利厅工矿、石油供水管理总站和新疆地质矿产局分别在塔中沙漠腹地（北纬 $38^{\circ}35' \sim 39^{\circ}00'$ ，东经 $83^{\circ}15' \sim 84^{\circ}00'$ ）施工了全孔连续取心的水文地质勘探孔 4 眼。其中 GS₂ 孔孔深 402.59m，GS₃ 孔孔深 402m，KT₁ 孔孔深 653.8m，KT₂ 孔孔深 886.02m，剖面分别如图 1-5、图 1-6、图 1-7、图 1-8。现据上述 4 孔取得的资料和研究成果，对沙漠腹地第四纪地层、古气候和古环境做一简要论述。

(一) 第四纪地层划分

对塔克拉玛干沙漠第四纪下限问题存在三点认识。

(1) 以往在沙漠腹地未进行钻探情况下，从地震波谱解释中发现沙漠地层中普遍存在一个界面，深度各处不等，一般在几十至 300m 左右，石油部门多将这一界面划为第三系与第四系的界限。

(2) 中科院新疆地理所阎顺等对满西异 1 井和塔中 1 井 500m 以上的岩屑样品进行了

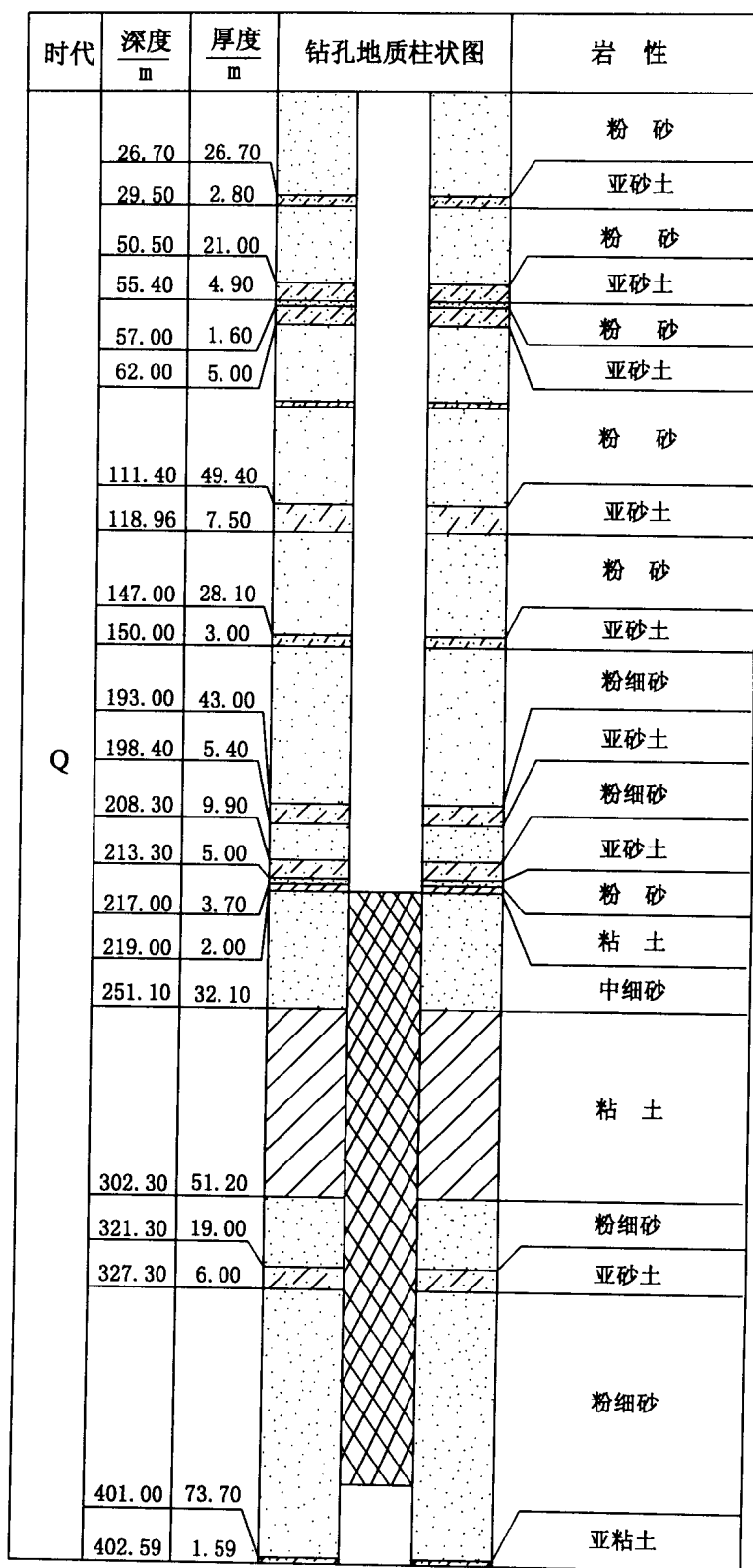


图 1-5 GS₂ 钻孔地质柱状图

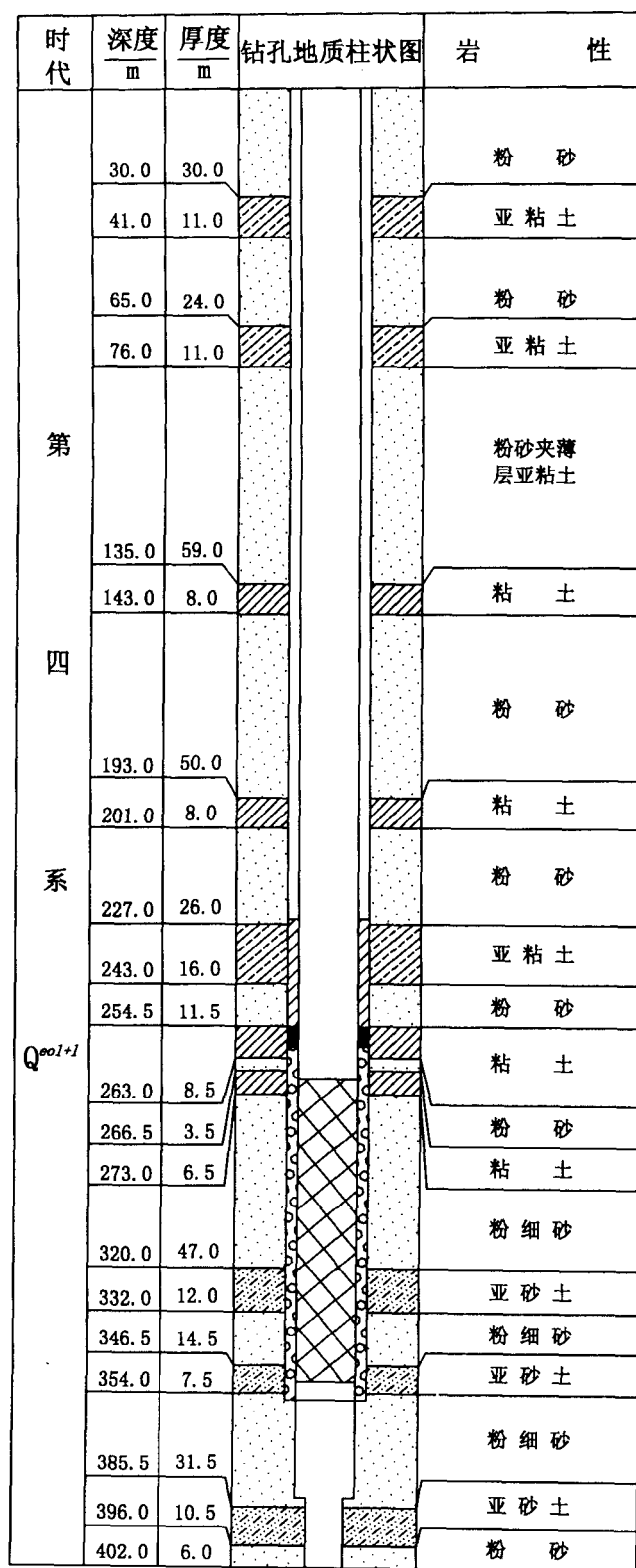


图 1-6 GS₃ 钻孔地质柱状图