

独立行政法人 日本国际协力机构

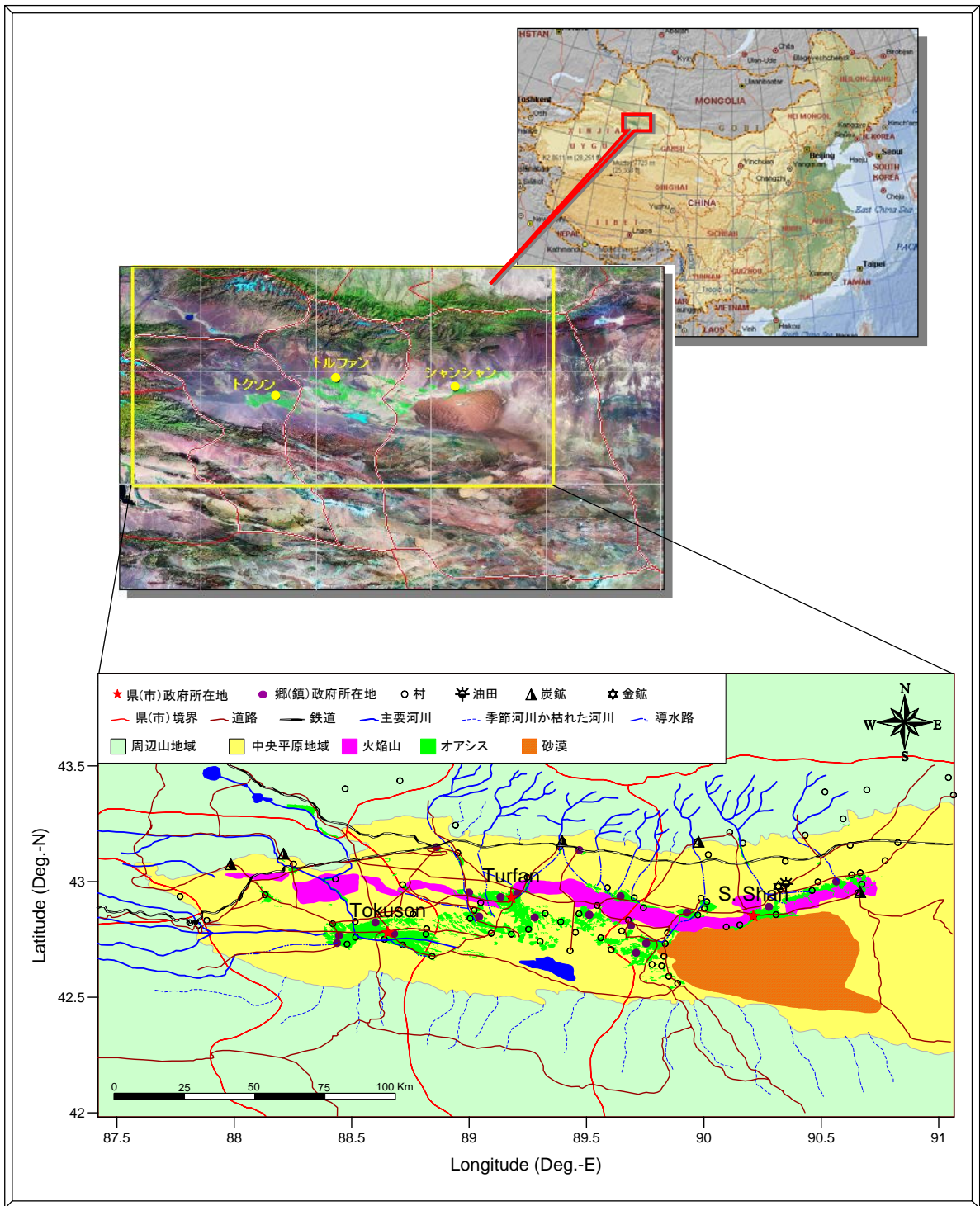
中华人民共和国新疆维吾尔自治区水利厅
中华人民共和国新疆维吾尔自治区水文水资源局
中华人民共和国吐鲁番地区水利局

中华人民共和国 新疆吐鲁番盆地地下水资源 可持续利用研究项目

最终报告书
概 要

2006年3月

国际航业株式会社



調査位置图

序 文

日本国政府根据中华人民共和国政府的申请，决定实施新疆吐鲁番盆地地下水资源可持续利用研究项目，独立行政法人国际协力机构实施了此项调查。

本机构于 2004 年 5 月至 2006 年 1 月向现地派遣了以国际航业株式会社海外事业部的镰田烈为团长，由国际航业株式会社组成的调查团。

调查团与中华人民共和国政府相关人员共同商议的同时，实施对规划对象地域的现地调查，经回国后的国内作业，完成了本报告书。

希望本报告书在推进本规划的同时，对于两国的友好、亲善的进一步发展做出贡献。

最后，向给予调查协助及支持的各位相关人员表示衷心的感谢。

独立行政法人国际协力机构

理事 上田 善久

2006 年 3 月

独立行政法人 日本国际协力机构

理事

上田 善久 先生

送达状

我们已经完成了中华人民共和国新疆吐鲁番盆地地下水资源可持续利用研究项目，谨此提交最终报告书。

本报告书汇总了由国际航业株式会社的专家组成的调查团于平成 16 年（2004 年）4 月到平成 18 年（2006 年）1 月的 22 个月期间里在中华人民共和国新疆维吾尔自治区吐鲁番盆地进行的调查的结果编制而成。

在调查中，中华人民共和国新疆维吾尔自治区水利厅、水文水资源局以及吐鲁番水利局给调查团以多方关照与合作，在此深表谢意。特别对本项目中国方面项目指导小组顾问、中国国务院参事王秉忱教授的建议与指导深表感谢。

对贵机构以及指导委员会和驻中华人民共和国日本大使馆的各位在调查中给予的多方面的支援也深表感谢。

我们深切希望本调查报告书作为新疆吐鲁番盆地持续利用地下水资源的综合规划而得到有效的利用。

平成 18 年 3 月

国际航业株式会社
新疆吐鲁番盆地地下水资源可持续利用研究项目调查团

团长 鎌田 烈

要 旨

第1章 项目的背景和目的

在新疆维吾尔自治区的吐鲁番地区，由于近年来过剩的地下水利用发生了地下水位下降、传统水源的坎儿井枯竭、水质恶化、农田荒废等深刻的环境问题。为了该地区今后的经济发展、必须对有限的水资源、进行地表水和地下水一体化的综合管理、合理而且有效地利用地下水资源。本项目的目的是掌握吐鲁番盆地内水资源的状况，制定以地下水为中心的水资源开发利用和管理的基本规划（综合规划）。

第2章 项目区的自然条件和社会经济条件

汇总了吐鲁番盆地的地形、地质、气象、地下水利用以及社会经济条件。包含山地在内吐鲁番地区的总面积为大约 60,000km²、盆地的最低标高部在南盆地的艾丁湖（-155m）。吐鲁番地区的人口为大约 57 万人。居民由多种民族构成、维吾尔族最多。GDP 为大约 86 亿元、其中农业产值为 16 亿元。

第3章 水文调查

在水文调查中进行了既往的水文气象资料的整理和分析、14 条常年河流以及水渠的流量观测、新水文观测站的设置等。解析调查所得到的结果、对吐鲁番地区的河流流量、洪水影响范围以及盆地内蒸发消耗量等进行了汇总。

第4章 水文地质调查

与现存的水文地质调查结果和钻孔资料一起、广泛收集和解析了石油探矿和构造地质等领域的地质方面的资料。在项目区内进行了 204 点的 TEM 法物理探查、5 地点 9 孔的钻探调查、物探测孔、抽水试验（阶段试验、连续试验和恢复试验）、查明了第四纪地下水盆的基底构造、含水层区分、含水层参数等。

第5章 水资源利用状况调查

通过对吐鲁番地区内的全部泉、坎儿井、水库以及机井的实地访问掌握了其利用状况。而且现场测定了水源位置、水量、水质和地下水位（地下水位测定仅限于测定可能的机井）。调查时可利用的泉的数量为 72 处、坎儿井为 331 条、机井为 5,254 眼。

第6章 水质调查

为了了解水质的季节变化、分两次在丰水期和枯水期、采集了总计为 441 个水样进行了室内分析。分析项目数为 28 项。在泉、坎儿井和机井中都发现了超过中国的饮水标准的地点。

第7章 地下水位调查

不仅收集和整理了吐鲁番盆地内现存的地下水记录、还进行了每周 1 次的地下水位观测。而且、在 9 眼 JICA 观测井中的 6 眼井内设置了自记水位计进行连续自动观测、在 2 眼自喷井中设置了水位·水压测定装置进行了人工观测。在地下水位深至 290 m 的北盆地的观测井则利用测绳式水位计进行了手动观测。根据以上观测的结果、对地下水位的变动、分布和流动进行了分析。

第8章 地表水资源的现状评价

绘制了吐鲁番地区的多年降雨量等值线图以及径流深等值线图、利用周围山区不同标高带的面积与对应径流深相乘计算出了各标高带的产流量。而且、以吐鲁番地区内生成的地表水资源量和地区外河流的流出入量为基础分流域汇总了河流流量。根据这些结果、吐鲁番地区内利用可能的河流水流量为 9.19 亿 m^3 /年。与之相比河流水的现状利用量为 6.51 亿 m^3 /年、占全地区的利用可能流量的大约 70 %。

第9章 地下水资源评价

在本项目中建立了将地表水系和地下水系通过「补给」而结合为一体的模拟模型、利用模型解析，掌握了流域整体的水循环和地下水流动以及地下水水质的分布特点。通过对校核过的地下水模型进行将来条件的设定、预测了将来的地下水流动和地下水位分布。以此预测结果为基础、评价了为持续、有效地利用和合理管理地下水资源所需要的容许抽水量。地下水模拟模型分为广域三维模型、断面二维模型和局部三维模型、利用实测结果进行校核、在确定模型的同时解析了地下水的水收支。

第10章 水资源利用管理基本规划

以 2020 年的容许地下水抽水量（3.79 亿 m^3 /年）为目标，制定了吐鲁番盆地内地下水可持续利用的水资源利用管理基本规划（综合规划）。综合规划的基本方针为以下 4 项：1. 促进节水对策、2. 通过水库建设增加水源以及促进补给、3. 设立流域协商会（地下水协商会）、4. 扩展、完善法规制度及其合理实施。

根据基本方针、为了达成 2020 年的目标、规划了以下所示的主要对策以及工程。

- (1) 节水展示工程和节水对策工程
- (2) 现存规划的水库工程
- (3) 盆地西部的井群开发
- (4) 利用洪水余水的补给
- (5) 坎儿井保护
- (6) 地下水监测
- (7) 设立流域协商会（开始时先设立地下水协商会）
- (8) 启蒙·普及活动
- (9) 扩展、完善法规制度（完善为促进节水对策的相关制度、完善和切实实施自治区的取水许可制度实施细则）

在各主要对策以及工程之中、以下的 4 项为优先项目。

- (a) 节水展示工程
- (b) 阿拉沟水库和其他两水库的建设工程
- (c) 盆地西部井群开发
- (d) 居民参加型地下水监测

在本规划包含的各项措施和工程当中、要求投资费用最高的项目为水库建设和节水灌溉工程（重点节水规划），根据节水规划方案实施结果的不同组合到 2020 年的项目实施所需投资为 13.1 亿元到 16.7 亿元。根据从财务、经济、技术以及环境等不同观点进行评价的结果可以判断本规划是妥当和可能实施的。

第11章 结论和建议

通过本项目对吐鲁番地下水盆、水资源利用量、地下水的水位和水质、坎儿井现状、生态环境、地表水资源的开发可能量、地下水资源的可持续利用量、吐鲁番盆地的水收支等得出了明确的结论。根据调查结果制定了以地下水的可持续利用为目标的吐鲁番盆地水资源利用管理综合规划。

根据调查的结果、提出了以下建议：

- (1) 有关水资源利用
 - 南盆地的地下水利用
 - 深层地下水开发
 - 保护坎儿井
 - 地表水的利用
- (2) 有关水质
 - 保证安全的饮用水
 - 防止含水层的污染
 - 微盐化水的有效利用
 - 强化水质观测
- (3) 有关优先项目的财务
 - 确立各工程的独立的会计系统
 - 改善制度
 - 促进人材培养
- (4) 生态环境用水
- (5) 设定「目标水位」和地下水盆管理

目 录

頁:

1	序 论	1-1
1.1	项目的背景	1-1
1.2	调查的目的以及调查对象区域	1-1
1.2.1	上位的目标	1-1
1.2.2	项目的目标	1-1
1.2.3	调查对象区域	1-1
1.3	调查组织	1-2
1.4	谢词	1-2
2	调查区概况	2-1
2.1	自然条件	2-1
2.1.1	地理和地形	2-1
2.1.2	气象、水文、河流、坎儿井	2-1
2.1.3	水理地质和地下水	2-1
2.2	社会经济条件	2-2
2.2.1	行政区划和人口	2-2
2.3	经 济	2-2
3	水文调查	3-1
3.1	气象资料的收集和解析	3-1
3.1.1	气象水文观测站的位置	3-1
3.1.2	降水量的分布和变动	3-2
3.1.3	降水量的区域分布	3-3
3.1.4	各流域的降水量保证率计算	3-3
3.2	河流流量调查	3-6
3.2.1	山区河流调查	3-6
3.2.2	平原地区的河流和水渠调查	3-7
3.2.3	建设新的水文观测站	3-9
3.3	地表径流解析	3-10
3.3.1	基本资料以及解析方法	3-10
3.3.2	年径流的补给与组成	3-11
3.3.3	径流的地区分布及年内分配、年际变化	3-11
3.3.4	地表水资源量计算	3-13
3.4	洪水影响范围解析	3-14
3.4.1	洪水的成因分析	3-15
3.4.2	洪水的种类以及特性	3-15
3.4.3	洪水的历史纪录	3-15
3.4.4	洪水灾害	3-16
3.4.5	洪水影响范围	3-16
4	水文地质调查	4-1

4.1	调查方法	4-1
4.2	地形与地质	4-1
4.2.1	地形	4-1
4.2.2	地质	4-2
4.2.3	第四纪地质	4-2
4.3	物探工作结果	4-8
4.3.1	视电阻率构造	4-8
4.3.2	有关成果的考察	4-8
4.4	钻探调查结果	4-12
4.4.1	钻探地点和数量	4-12
4.4.2	钻探柱状图	4-12
4.4.3	物探测井	4-12
4.4.4	钻孔构造和地下水位	4-13
4.5	抽水试验结果	4-16
4.5.1	阶段抽水试验结果	4-16
4.5.2	连续抽水试验·恢复试验的结果	4-16
4.5.3	新设观测井的含水层系数	4-16
4.6	基底构造	4-19
4.7	水文地质和含水层单元	4-19
5	水资源利用状况调查	5-1
5.1	泉	5-1
5.1.1	泉的形成以及分布	5-1
5.1.2	泉流量	5-2
5.1.3	泉的水质	5-2
5.2	坎儿井	5-3
5.2.1	坎儿井的现状	5-3
5.2.2	坎儿井的水质	5-5
5.2.3	坎儿井流量的历年变化	5-6
5.3	水井	5-6
5.3.1	水井数	5-6
5.3.2	水井的抽水量	5-8
5.3.3	水井的使用与分类	5-10
5.3.4	井水的水质	5-11
5.3.5	水井的所有权	5-12
5.3.6	水井的深度和水位	5-12
5.3.7	水井的结构及相关设施	5-13
6	水质调查	6-1
6.1	调查方法	6-1
6.1.1	调查对象·数量及实施期间	6-1
6.1.2	调查项目	6-1
6.2	地表水的水质	6-3
6.2.1	从山区流入的河流	6-3

6.2.2	盆地内的河流以及水渠	6-3
6.2.3	地表水的安全性评价	6-3
6.3	地下水的水质	6-3
6.3.1	泉	6-3
6.3.2	坎儿井	6-5
6.3.3	井水	6-6
6.4	地下水质的区域分布	6-7
6.4.1	浅层地下水和深层地下水的硫酸离子分布	6-7
6.4.2	根据新设观测井的含水层的水质比较	6-9
6.5	水质调查的总结	6-9
7	地下水位调查	7-1
7.1	调查方法	7-1
7.1.1	原有观测井	7-1
7.1.2	JICA观测井	7-1
7.2	原有观测井	7-3
7.2.1	吐鲁番市	7-3
7.2.2	鄯善县	7-3
7.2.3	托克逊县	7-4
7.3	JICA观测井	7-6
7.4	地下水位的平面分布	7-6
7.4.1	地下水位深度分布图	7-6
7.4.2	地下水位标高分布图	7-6
8	地表水资源量评价	8-1
8.1	地表水资源量	8-1
8.1.1	流域分区地表水资源生成量	8-1
8.1.2	吐鲁番地区地表水的流出流入量	8-2
8.1.3	吐鲁番地区的河流径流量	8-3
8.2	地表水利用现状	8-3
8.2.1	水库	8-4
8.2.2	干渠	8-5
8.2.3	地表水利用现状	8-6
8.3	地表水开发潜力评价	8-7
8.3.1	吐鲁番·鄯善7河流域	8-7
8.3.2	托克逊2河流域	8-7
9	地下水资源评价	9-1
9.1	地下水模拟的方法	9-1
9.1.1	地下水模拟的目的	9-1
9.1.2	地下水模型的概要	9-1
9.2	吐鲁番盆地中地下水补给量的意义	9-1
9.2.1	吐鲁番盆地内河水的水循环和水收支	9-2
9.2.2	不同模型网格地下水补给量的基本推算	9-3

9.3	地下水抽水量的计算	9-5
9.3.1	不同网格·不同标高的抽水量统计	9-5
9.3.2	地下水抽水量的统计结果	9-5
9.4	水文地质参数	9-7
9.4.1	地下水模拟所需参数	9-7
9.4.2	单位涌水量	9-7
9.4.3	导水系数和渗透系数	9-7
9.4.4	贮水系数	9-7
9.5	广域三维模型	9-8
9.5.1	广域三维模型的构造	9-8
9.5.2	模型的验证	9-9
9.5.3	用广域三维模型计算的吐鲁番地下水盆的地下水流入量.....	9-10
9.6	断面二维模型	9-14
9.6.1	断面二维模型的结构和水文地质条件的模型化.....	9-14
9.6.2	输入补给量和抽水量	9-14
9.6.3	断面模型的边界条件	9-15
9.6.4	断模型的验证计算	9-15
9.7	局部三维模型	9-18
9.7.1	局部三维模型的对象区域	9-18
9.7.2	补给量和抽水量	9-18
9.7.3	模型的验证	9-20
10	水资源利用管理基本规划	10-1
10.1	吐鲁番盆地的水收支	10-1
10.2	水资源利用管理的课题	10-2
10.2.1	水资源利用的现状	10-2
10.2.2	地下水资源的保护和适正利用	10-3
10.2.3	普及节水技术	10-3
10.2.4	生态环境的保护	10-4
10.2.5	地下水监测	10-4
10.3	社会经济框架	10-4
10.3.1	人口	10-4
10.3.2	GDP (国内总产值)	10-6
10.3.3	灌溉面积	10-8
10.4	水资源需要预测	10-9
10.4.1	生活用水	10-9
10.4.2	工业用水	10-10
10.4.3	农业用水	10-11
10.5	容许抽水量和容许地下水位 (可持续的地下水利用量)	10-12
10.5.1	容许地下水位·容许抽水量的概念	10-12
10.5.2	容许抽水量在综合规划制定中的应用.....	10-12
10.6	基于广域三维模式的预测	10-12
10.6.1	地下水抽水计划方案	10-12
10.6.2	基本方案	10-13

10.6.3	各对策因子的评价方案	10-13
10.6.4	引水项目的效果探讨	10-13
10.6.5	预测结果	10-15
10.6.6	容许抽水量（可持续抽水量）	10-17
10.7	水资源利用管理施策和项目的展开	10-21
10.7.1	规划的基本目标	10-21
10.7.2	基本方针	10-22
10.7.3	实现目标的措施及其展开	10-24
10.7.4	节水对策工程	10-26
10.7.5	优先项目	10-28
10.7.6	规划的运营和维持管理	10-36
10.7.7	总项目费	10-38
10.8	项目评价	10-38
10.8.1	水利局的财务现状分析和评价	10-38
10.8.2	优先项目的财务评价以及社会经济评价	10-39
10.8.3	技术评价	10-41
10.8.4	环境影响评价	10-42
10.9	实施计划	10-46
10.9.1	推行节水措施	10-46
10.9.2	水源的增强・保护	10-46
10.9.3	流域合作与成立协商会议	10-47
10.9.4	建设和完善法规制度	10-47
11	结论与建议	11-1
11.1	结论	11-1
11.2	建议	11-3
11.2.1	水资源利用问题	11-3
11.2.2	水质问题	11-5
11.2.3	优先项目的财务问题	11-6
11.2.4	生态环境用水	11-6
11.2.5	设立「目标水位」进行地下水盆管理	11-6

表目录

	頁:
表 2.1	面积以及人口密度(2003年) 2-2
表 3.1	选用站实测资料年数统计表 3-2
表 3.2	选用站实测年降水量最大、最小统计表 3-3
表 3.3	各行政分区降水量表 3-3
表 3.4	各流域分区降水量表 3-3
表 3.5	评价区各流域分区不同保证率年降水量表 3-4
表 3.6	山区河流流量调查结果 3-7
表 3.7	平原区河流·渠道流量调查结果 3-8
表 3.8	吐鲁番地区基本水文站一览表 3-10
表 3.9	代表河流流量成分分割结果 3-11
表 3.10	吐鲁番盆地内代表河流的年内变化分析结果 3-12
表 3.11	吐鲁番地区流域分区地表水资源量统计表 3-14
表 3.12	吐鲁番地区行政分区地表水资源量统计表 3-14
表 3.13	吐鲁番地区出、入区水量一览表 3-14
表 3.14	1980年~2000年21年的较大3次洪水流量一览 3-15
表 4.1	调查地区地质与TEM测深法电阻率值 4-8
表 4.2	钻探场所及钻探钻孔深度 4-12
表 4.3	JICA地下水观测井连续抽水试验·恢复试验结果汇总表 4-18
表 4.4	根据钻探调查结果进行的水文地质区分和含水层单元划分 4-22
表 5.1	不同县市泉利用量统计表 5-2
表 5.2	泉的电导率(EC)的调查结果 5-3
表 5.3	现存坎儿井数及其流量 5-3
表 5.4	从1950年开始不同乡每5年间隔所新打的水井数量 5-7
表 5.5	不同县市过去10年期间里水井数量变化 5-8
表 5.6	不同县市过去10年期间内水井抽水量统计结果 5-8
表 5.7	2003年项目区内单位农地面积的地下水抽水量 5-10
表 5.8	根据利用目的对水井的分类 5-11
表 5.9	生活以及畜产用地下水量统计结果 5-11
表 5.10	吐鲁番盆地中水井所有权统计 5-12
表 5.11	水井深度分布的统计结果 5-12
表 5.12	现状地下水位以及和1994年以前的地下水位比较时的水位下降量 5-13
表 6.1	不同水源采样的数量一览 6-1
表 6.2	不同水源的采样时间 6-1
表 6.3	中国的饮用水水质标准和本调查的调查项目 6-2
表 6.4	不同县市泉水质调查中超标数统计 6-5
表 6.5	不同县市第1次坎儿井水质调查中超标数统计 6-6
表 6.6	不同县市浅井水质调查中超标数统计 6-6
表 6.7	不同县市深井水质调查中超标数统计 6-7
表 6.8	深浅层含水层安全性比较(丰水期) 6-8
表 6.9	深浅层含水层安全性比较(枯水期) 6-9
表 7.1	JICA观测井一览表 7-2
表 8.1	吐鲁番地区内生成的地表水资源量 8-1
表 8.2	吐鲁番地区的地表水流入量 8-2
表 8.3	吐鲁番盆地的水资源量及河流径流量 8-3
表 8.4	吐鲁番盆地内14条常年河的径流量 8-3

表 8.5	吐鲁番盆地水库一览	8-4
表 8.6	干渠概要	8-6
表 8.7	大流域分区水资源量、河流径流量和现利用量	8-7
表 9.1	地下水模拟模型概要	9-1
表 9.2	根据含水层的层相输入的透水系数的初值	9-7
表 9.3	流入吐鲁番盆地的地下水量计算结果（1994~2003年）	9-10
表 10.1	吐鲁番地区中水资源利用量（2003年）	10-2
表 10.2	不同县市农业用水状况（2003年）	10-2
表 10.3	不同大流域水资源量、河流量和现状利用量	10-3
表 10.4	将来人口变化（方案1）	10-5
表 10.5	将来人口变化（方案2）	10-5
表 10.6	将来人口变化（方案3）	10-5
表 10.7	吐鲁番地区GDP增长的3方案	10-6
表 10.8	吐鲁番地区GDP增长3方案比较	10-7
表 10.9	灌溉面积以及水需要量设定3方案的比较	10-8
表 10.10	主要年中吐鲁番地区灌溉总面积预测	10-9
表 10.11	2020年的生活用水量预测	10-10
表 10.12	到2020为止的年工业用水量预测	10-11
表 10.13	到2020年为止的灌溉用水利用率的设定结果	10-11
表 10.14	将来灌溉用水量预测结果	10-11
表 10.15	方案一览表	10-14
表 10.16	各方案各预测区单位的评价	10-15
表 10.17	水收支预测（方案1；维持现状方案）	10-16
表 10.18	水收支预测（方案2；全规划实施方案）	10-16
表 10.19	水收支预测（方案3；最危机方案）	10-16
表 10.20	水收支预测（理想方案）	10-17
表 10.21	容许条件和容许抽水量	10-17
表 10.22	阶段的抽水量目标和削减率	10-18
表 10.23	节水量估算结果	10-27
表 10.24	阿拉沟水库各项指标	10-28
表 10.25	大河沿水库各项主要指标	10-29
表 10.26	二塘沟水库各项主要指标	10-29
表 10.27	节水灌溉展示场的区分和面积构成	10-34
表 10.28	总工程费（水库建设+节水重点对策）	10-38
表 10.29	财务评价的前提条件（原案）	10-39
表 10.30	经济评价的前提条件	10-40
表 10.31	节水对策的技术评价	10-41
表 10.32	综合规划环境影响概要	10-42
表 10.33	减轻和防止影响的措施	10-44

图目录

	頁:
图 2.1 主要河流分布图	2-3
图 3.1 调查区域中的气象·水文观测站位置图	3-1
图 3.2 降雨量和海拔标高之间的关系	3-2
图 3.3 年降水量等值线图	3-5
图 3.4 山区常年有水河流流量调查地点位置图	3-6
图 3.5 平原区河流·渠道流量调查地点位置图	3-8
图 3.6 现存水文观测站及新设水文观测站	3-9
图 3.7 新水文观测站的观测结果(2005年1月~6月).....	3-10
图 3.8 阿拉沟站1988年日平流量过程线分割图	3-11
图 3.9 柯柯亚河月流量变化图	3-12
图 3.10 代表河流的年际流量变化	3-13
图 3.11 吐鲁番地区的水文区分	3-13
图 4.1 吐鲁番—哈密盆地周围地形概要图	4-4
图 4.2 吐鲁番盆地集水区域地形概要图	4-5
图 4.3 吐鲁番盆地地形断面图	4-6
图 4.4 吐鲁番盆地第四纪地质图	4-7
图 4.5 地表面以下100 m的视电阻率分布图	4-10
图 4.6 推测基底深度分布图	4-11
图 4.7 吐鲁番盆地钻探调查位置图	4-14
图 4.8 TW-SE地点观测井构造图和地下水位	4-15
图 4.9 连续抽水试验·恢复试验结果(TW-SS-1)	4-17
图 4.10 水文地质基底顶面的推测标高分布图	4-20
图 4.11 地形与水文地质基底顶面形状的比较	4-21
图 4.12 南盆地东西断面的基本层序·层相对比	4-23
图 5.1 吐鲁番盆地内的泉水分布	5-1
图 5.2 调查过的坎儿井的位置图	5-4
图 5.3 吐鲁番盆地内现状(2004年)利用可能的水井分布.....	5-7
图 5.4 吐鲁番盆地内水井数量的变化历史	5-7
图 5.5 过去10年期间内不同县市地下水抽水量变化图	5-9
图 5.6 过去10年期间内吐鲁番盆地中地下水抽水量变化图	5-9
图 5.7 2003年吐鲁番盆地中不同月地下水抽水量变化	5-10
图 6.1 地表水和地下水水质组成	6-4
图 6.2 浅层含水层的硫酸根离子分布图	6-7
图 6.3 深层地下水的硫酸根离子分布图	6-8
图 7.1 吐鲁番盆地现有的地下水观测井分布图	7-1
图 7.2 JICA观测井的保护箱(TW-SC观测井	7-1
图 7.3 长期地下水位观测井的地下水位变动	7-5
图 7.4 JICA观测井TW-SC-2的地下水位自记记录	7-6
图 7.5 地下水位深度分布图(2004年8月16日)	7-7
图 7.6 地下水位标高分布图(2004年8月16日)	7-7
图 8.1 4吐鲁番地区大流域划分	8-2
图 8.2 吐鲁番盆地中的水库位置	8-4
图 8.3 吐鲁番盆地内干渠分布图	8-5
图 9.1 吐鲁番地下水盆的流入模型图	9-2
图 9.2 流入盆地内的河流水的循环模式图	9-3

图 9.3	最大可能地下水补给量和实际地下水补给量	9-4
图 9.4	最大可能地下水补给量分布图(2003年7月)	9-4
图 9.5	吐鲁番盆地中地下水抽水量的时间系列变化	9-5
图 9.6	地下水抽水量和补给量的比较	9-6
图 9.7	2003年7月的地下水抽水量分布	9-6
图 9.8	抽水量和水位下降量、单位涌水量之间的关系	9-8
图 9.9	广域3维模型平面网格图	9-9
图 9.10	广域3维模型的下面构造	9-11
图 9.11	广域三维模型计算得到的水头分布(1)	9-12
图 9.12	用广域三维模型计算得到的水头下降量分布(2).....	9-13
图 9.13	鄯善县No.2-14观测井中实测水头和计算水头的比较	9-10
图 9.14	断面二维模型的位置图	9-14
图 9.15	南北方向断面模型的验证计算结果	9-15
图 9.16	东西方向断面模型的验证计算结果	9-17
图 9.17	局部3维模型位置图	9-22
图 9.18	不同网格的实际地下水补给量(2003年7月)	9-19
图 9.19	局部三维模型中输入的实际地下水补给量和抽水量	9-20
图 9.20	局部三维模型计算的水头和实测水头的比较(No.2-14观测井)	9-21
图 9.21	用局部三维模型计算的地下水头分布(3)	9-23
图 10.1	吐鲁番盆地的现状水收支	10-1
图 10.2	3方案之中将来地区总人口的变化	10-5
图 10.3	各预测计算方案条件下的不同预测分区的抽水量(2020年).....	10-14
图 10.4	计算水头分布(理想案)(2020年12月水头和2003年12月水头和的差分) 10-19	
图 10.5	计算水头分布(最理想案)(2020年12月水头和2003年12月水头之差) 10-20	
图 10.6	计算水头变动(理想案·最理想案)(现存观测井2-14、鄯善县;达浪坎乡)	10-21
图 10.7	计算水头变动(理想案·最理想案)(JICA观测井TWSE、鄯善县;达浪坎乡)	10-21
图 10.8	水资源利用管理规划(综合规划)目标	10-22
图 10.9	水资源利用管理规划的概要	10-23
图 10.10	居民·企业·行政的作用分担	10-24
图 10.11	地下水补给堰堤(托克逊县)	10-25
图 10.12	吐鲁番盆地内水库建设规划	10-31
图 10.13	井户群附近地下水头分布的比较(与方案1比较、2020年12月)	10-32
图 10.14	节水灌溉展示场概要配置图	10-35
图 10.15	既存井户水位·水量测定位置	10-36
图 10.16	水资源开发利用管理规划的实施计划方案	10-48
图 11.1	简易土堤	11-5

1. 序 论

1 序 论

1.1 项目的背景

在经济快速增长中的中华人民共和国（以下略称为「中国」），近年来，区域间的经济和社会发展的不平衡问题变得明显起来。和东部沿海地区相比，广阔的西部地区受到相对严峻的气候条件的限制，人口密度较低，基本建设和产业方面都还处于落后的位置。而且，新疆维吾尔自治区属于少数民族区域，居住有维吾尔、汉、哈萨克、回、克尔克孜、蒙古、锡伯、俄罗斯、塔吉克、乌兹别克、塔塔尔、满等众多的民族。

为了缩小东西部的发展不均衡和维护国家特别是少数民族区域的安定，中国中央政府从 1990 年代开始实行了「西部大开发」的方针，在政策和投资等方面制定优惠措施以促进西部地区的发展。特别是在本项目区域的吐鲁番盆地，从 1990 年代开始石油工业快速发展，使得本区域对于已经成为石油纯进口国的中国来说显得更为重要。

但是，位于干燥内陆区域的吐鲁番盆地，受自然条件所限，水资源量十分有限。近年来由于地下水的过量开采，导致了地下水位下降、坎儿井枯竭、生活用水难以保证、水质恶化、农田荒废等多方面的环境问题。对吐鲁番盆地而言，今后必须对有限的水资源实行地下水与地表水的统一管理，以实现地下水资源的有效利用。

迄今为止在吐鲁番地区已经进行过数次地表水和地下水资源有关的调查，但是对于地下水资源量，特别是地下水资源的可开发量仍未摸清，这已经成为影响制定持续开发地下水资源的综合规划的问题。

在上述背景条件下，中国政府于 2002 年 9 月正式向日本政府提出实施「中华人民共和国新疆吐鲁番盆地地下水资源可持续利用研究项目」（以下简称为“本研究项目”）。日本政府于 2003 年 12 月派遣事前调查团与中国方面签定了有关工作内容方面的协议（S/W），并选定国际航业株式会社作为咨询公司实施本项目。

JICA 调查团从 2004 年 5 月中旬开始到 2006 年 1 月的大约 22 个月期间里在吐鲁番地区进行了第 1 次和第 2 次现场调查。本最终报告书（草案）汇总了迄今为止的调查结果和其后的日本国内工作的结果。

1.2 调查的目的以及调查对象区域

1.2.1 上位的目标

持续利用吐鲁番盆地有限的水资源。

1.2.2 项目的目标

- 1) 掌握吐鲁番盆地水资源的状况，制定以地下水开发为中心的水资源开发利用·管理的综合规划。
- 2) 对有关单位进行地下水调查以及水资源综合开发利用·管理规划的制订等方面的技术传授，以增强有关人员在技术和管理方面的能力。

1.2.3 调查对象区域

以中华人民共和国新疆维吾尔自治区吐鲁番盆地内大约 25,000 km² 的范围为调查对象区域（参照调查位置图）。

1.3 调查组织

中国方面的项目实施机构是新疆维吾尔自治区水利厅。新疆维吾尔自治区水文水资源局和吐鲁番地区水利局来责任执行，具体负责提供方便，并对吐鲁番地区和有关部门进行联络和协调。为使本项目顺利进行，中方组织了以新疆维吾尔自治区水利厅总工程师为组长的指导小组。

在项目实施之中，中方对日方调查团员配备了如下表所示的对口人员，日方则与中方对口人员共同进行了调查工作。

1.4 谢词

在本项目的实施过程中，得到了新疆维吾尔自治区水利、新疆维吾尔自治区水文水资源局、吐鲁番地区水利局以及其他相关机构的合作。而且，得到了本项目中方指导小组顾问、中国国务院参事 王秉忱教授对本项目各方面工作的指导和建议。谨此深表谢意。

2. 调查区概况

2 调查区概况

2.1 自然条件

2.1.1 地理和地形

吐鲁番地区位于新疆维吾尔自治区的东部，东与哈密为邻，西南和巴音郭楞蒙古自治州毗连，北隔天山与乌鲁木齐市及昌吉回族自治州相邻，地处东经 $87^{\circ}16''\sim 91^{\circ}55''$ ，北纬 $41^{\circ}12''\sim 43^{\circ}40''$ 的范围之内，南北长约 240 km，东西宽约为 300 km，总面积约为 69,713 平方公里，占新疆维吾尔自治区总面积的 4.1 %。地形主要有（为）山地和平原(戈壁、沙漠、绿洲)。

吐鲁番盆地四周是山地，中部低，为封闭式盆地，盆地北部与西部是天山山脉的主峰博格达峰，最高海拔 5,445 m，吐鲁番地区西北部地势高（海拔 3,500~4,000 m），东南部低（海拔 600~2,500 m），南部是觉洛塔格山，最高海拔 2591 m。另外，中部的艾丁湖是吐鲁番盆地的最低点，也是中国大陆的最低点，它的海拔为-155 m。

盆地中心由东西向方向，从南侧向北侧，侏罗纪、白垩纪、古第三纪、新第三纪地质年代的岩石依次露出地表。鄯善县南部的库姆塔格沙漠正在向南扩展，推断库姆塔格沙漠地层主要是由以侏罗纪~古第三纪的地层所组成，另一部分地层岩石露出地表。

在盆地周围的山区分布着从古生代到第三纪的地层。在火焰山一带由南向北出露有中生代到第三纪的地层。北部盆地的大部分和南部盆地的西部是由杂质堆积物以及冲积~洪积层堆积而成的。南盆地的绿洲带是由中粒~细粒土的冲积堆积物构成。盆地中最低的艾丁湖周边是由湖成堆积物堆积而成，堆积物主要由稀土和粘土构成。

2.1.2 气象、水文、河流、坎儿井

吐鲁番盆地属典型的大陆性暖温带干旱沙漠气候。盆地内的年平均降雨量仅为 16.6 mm。但年平均蒸发量极高，可达 2,845 mm。年平均气温为 $13.3\sim 13.9^{\circ}\text{C}$ 。夏季很高，为 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，而冬季相反降为 $0\sim -15^{\circ}\text{C}$ 以下。

有 14 条河流产生于吐鲁番地区北部的博格达山地和西部的喀拉乌成山。其年流量合计可达 8.72 亿 m^3 。山地的年降水量中，山腹达 100~500 mm，特别是最高处达到 800~900 mm，山顶周围的终年积雪（冰川）具有天然的储水池的作用，有比较丰富的水流。夏季的降雨和融雪可引发洪水。另外，这一时期的降水占年流量的 50 %~80 %，冬季的流量非常少。但是，从这些河流流出的水及 3 所建成的水库储水后，将水通过水渠引到盆地内，使它成为农业的利用水源（图 2.1）。

另外，就本地区的特征而言，历史上吐鲁番盆地的生活用水和农业用水就是从山麓部到平原部挖横穴式暗渠，利用坎儿井作为水源的。但是，从 1960 年开始因为地下水位的下降，流出量的减少发生了干枯，坎儿井由以前的 1400 条减少到现在的 300 余条。

2.1.3 水理地质和地下水

一般地，吐鲁番地区的山地构成以古生代~第三纪地层岩石为主，考虑到岩石不透水性的水理地质。周边山地流出的水渗入地下，积在北盆地和南盆地，第四纪层由带水层构成地下水盆。盆地内的地下水从北盆地流向南盆地。另外，在南盆地地下水是从东西两侧向中部流动。因为构成火焰山的岩石主要为泥质岩类，制约了地下水的流动，使地下水得以贮存在北盆地内产生了天然地下水库的效果。

从 1965 年起，农业用水量需求量的增大和地表水资源的季节变动相对应。吐鲁番盆地

的机井建设有所进展，现在的井户总数达到 5000 眼以上。另外，农业用水的利用量估计占地下水利用量的 9 成。此外，吐鲁番盆地内生活、工业等方面的用水也在增加。

2.2 社会经济条件

2.2.1 行政区划和人口

吐鲁番地区由西向东依次是托克逊县、吐鲁番市、鄯善县（一市两县）所构成，2003 年吐鲁番地区的人口约 57 万人。吐鲁番地区居民由超过 10 个民族所构成，维吾尔族最多，占人口总数的大约 70 %。其次，汉民族占 23.3 %。城市人口比例大约为 40 %，农业人口为 60 %。在鄯善县城市人口多于农村人口。

表 2.1 面积以及人口密度（2003 年）

	人口(人)	面积(Km ²)	人口密度(人/km ²)
托克逊县	107,768	15,660	6.9
吐鲁番市	254,900	15,738	16.2
鄯善县	209,043	38,315	5.5
合计	571,711	69,713	8.2

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

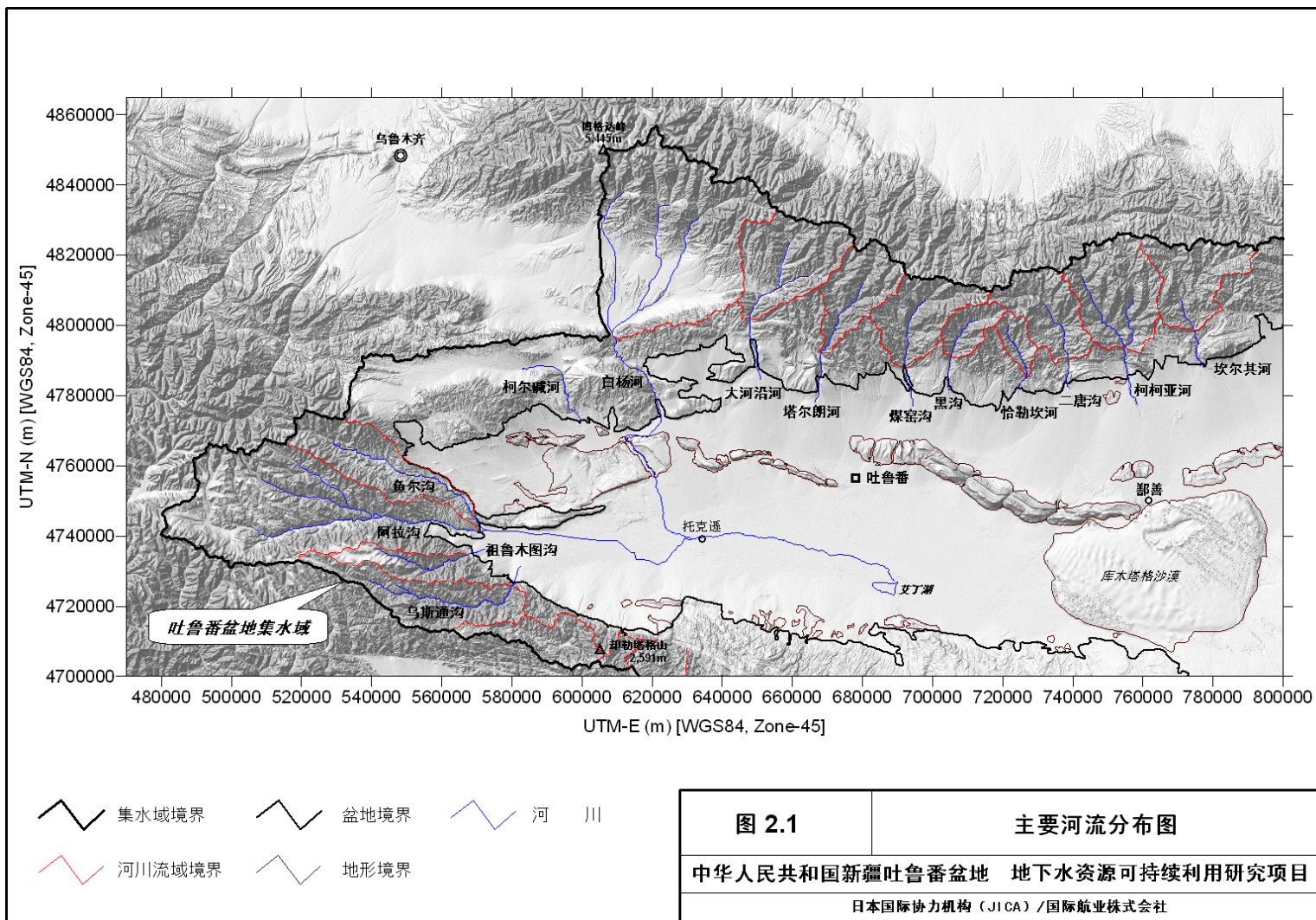
2.3 经济

吐鲁番地区 2003 年的总生产额约为 86 亿元，占新疆维吾尔自治区总额的 4.0 %。吐鲁番地区人均生产额约为 1.5 万元（2003 年），比中国全国的平均生产额和新疆维吾尔自治区的平均生产额还高。维持到 1970 年代的以农业以及农产品加工业为主的经济模式，从 1980 年代开始石油、煤炭、化工等多种工业得到了很大的发展。

在吐鲁番地区，农业生产主要以作物栽培业、畜牧业为主。在 1990 年代中各不同产业的比例构成中畜产总额呈上升的趋势、作物栽培呈下降的趋势。2003 年畜产业占农业生产总额的 22%，作物栽培占 74 %。农产品生产总额约 16.4 亿元，其中作物栽培为 12.1 亿元。作物栽培中大约一半的 6.5 亿元为桑·葡萄等水果，其他为棉花 1.8 亿元、瓜类 1.2 亿元、谷物 1.1 亿元等。

近年来，吐鲁番地区的工业形成了以石油、矿山开发为主翼，化学工业及农产物加工为两翼的产业格局。2003 年工业总生产额为 68.7 亿元，与前年相比，上升了 19.2 %。从轻工业和重工业的比重来看，轻工业为 4.1 亿元（6.7 %），以煤炭、原油加工为主的重工业为 60.4 亿元（93.3 %），重工业在地区经济中占有绝对的优势。但是，在生产额上，轻工业近年来一直以 8 %~10 % 的左右的速度持续上升。

2-3



3. 水文调查

3 水文调查

在水文调查中进行了现存的水文及气象资料的整理与分析，14 条常年河流以及渠道的流量观测，新水文观测站的设置，还包括在其之上进行的河流流量解析，洪水影响范围解析以及蒸发消耗量解析等工作。

3.1 气象资料的收集和解析

3.1.1 气象水文观测站的位置

吐鲁番境内共有 10 处水文、气象站的历年降水观测资料，其中，水文站 4 处，气象站 6 处。观测系列最长的为吐鲁番市气象站，具有 1952~2000 年 49 年实测系列，最短的为二塘沟水文站，只有 3 年的资料。气象水文观测站的位置如图 3.1 所示。

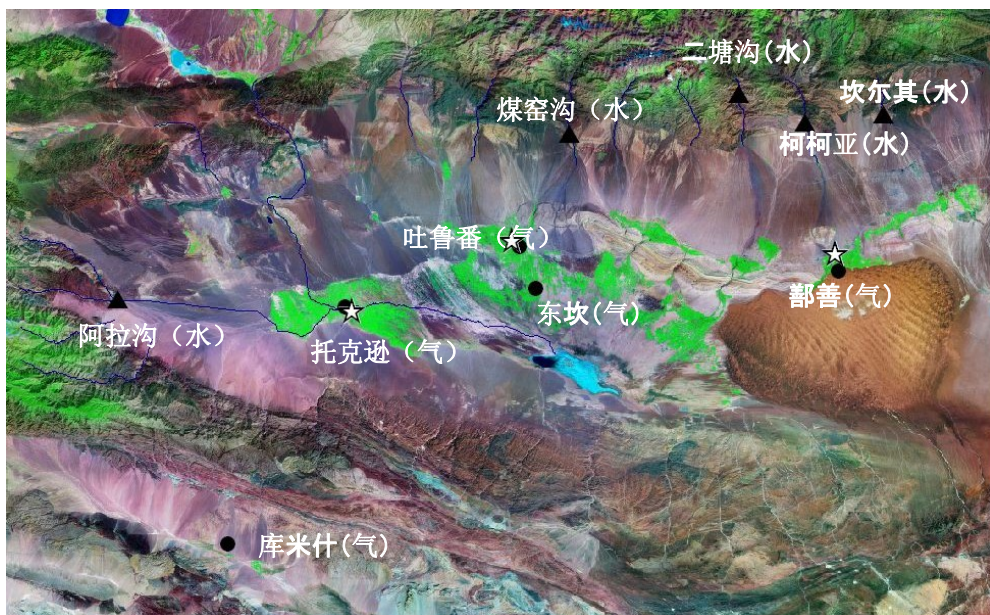


图 3.1 调查区域中的气象·水文观测站位置图

在 10 个气象、水文观测站中经过综合比较分析、筛选，最后确定 9 处选用站进行了解析（表 3.1）。

表 3.1 选用站实测资料年数统计表

观测站	座标		标高 (m)	观测期间	观测项目
	东经	北纬			
吐鲁番	89°12'23"	42°56'03"	35	1952~2000	降水、气温、 风速、蒸发、 湿度
鄯善	90°14'05"	42°51'13"	378	1956~2000	
托克逊	88°38'11"	42°48'07"	1	1959~2000	
库米什	88°13'24"	42°14'19"	922	1959~2000	
东坎	89°15'21"	42°50'08"	-49	57~66、74~2000	
阿拉沟(水)	87°52.11'	42°48.09'	777.3	57~58、60~2000	降水、蒸发、 气温、冰状况、 流量、水位、土砂
煤窑沟(水)	89°23.35'	43°10.86'	882	57~58、61~64、66	
柯柯亚(水)	90°08.48'	43°12.49'	1,090	1981~1997	降水
五工区	89°15.30'	43°17.01'	1,708	1966~69、1972~	

注：(水)为水文观测站。

3.1.2 降水量的分布和变动

a. 降水量的标高分布

吐鲁番境内高山盆地相间，西北高而东南低，地形地势由山区向盆地最低—艾丁湖倾斜，年降水量随海拔高度的升高而增大。各站年降水量变化在 7.7~157.4 mm 之间，吐鲁番地区区域内降水量随海拔高度相关曲线见图 3.2。

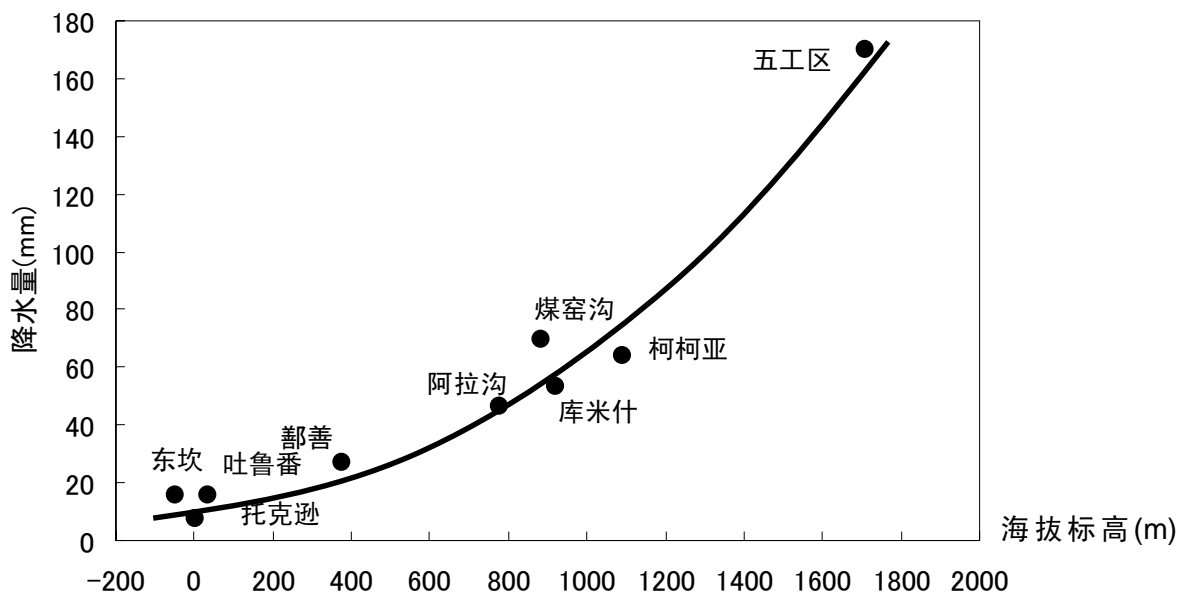


图 3.2 降雨量和海拔标高之间的关系

b. 降水量的变动

研究区内降水量年内分配不均，从观测站多年平均值来看，连续最大四个月降水量占年降水量的 58.0 %~83.6 %。多年平均最大月降水量占年降水量的 19.2 %~30.9 %，出现时间以 6、7 月分为主。最小月降水量仅占年降水量的 0.3 %~2.9 %，出现时间在 1 月或 2 月。（表 3.2）。

表 3.2 选用站实测年降水量最大、最小统计表

降水量单位: mm量单位: m

站名	系列年数(年)	多年平均降水量	最大年降水量	出现年份	最小年降水量	出现年份	最大年与最小年差值	最大/最小	最大/多年均值	最小/多年均值
		①	②		③		②-③	②/③	②/①	③/①
吐鲁番站(气)	49	15.9	48.4	1958	2.9	1968	45.5	16.7	3.04	0.182
鄯善站(气)	45	26.9	76.8	1998	10.7	1968	66.1	7.2	2.85	0.398
托克逊站(气)	42	7.7	25.7	1994	0.5	1968	25.2	51.4	3.35	0.065
库米什站(气)	42	53.4	108.2	1998	14.5	1978	93.7	7.5	2.03	0.272
东坎站(气)	37	16.4	38.2	1998	5.7	1993	32.5	6.7	2.33	0.348
阿拉沟站	43	46.2	85.7	1969	6.3	1980	79.4	13.6	1.85	0.136
煤窑沟站	33	71.4	165.8	1998	22.9	1962	142.9	7.2	2.32	0.321
柯柯亚尔站	17	65.3	125.2	1984	13.6	1985	111.6	9.2	1.92	0.208
五工区(气)	20	156.8	254.3	1981	74.9	1985	179.4	3.4	1.62	0.478

3.1.3 降水量的区域分布

根据各观测站的降雨量观测结果绘制了降雨量等值线图。然后按大约海拔标高 1,000 m 为界限进行了山区和平原区的区分,并以降雨量等值线图为基础计算了各区的降雨量。

其结果为吐鲁番地区多年平均年降水总量 $31.87 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均年降水深 47.8 mm (表 3.3)。吐鲁番地区各行政分区降水量、各流域分区降水量(表 3.4)。

表 3.3 各行政分区降水量表

县名	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
托克逊县	14,318	5.385	37.6
吐鲁番市	15,480	11.15	72.0
鄯善县	36,941	15.33	41.5
合计	66,739	31.87	47.8

表 3.4 各流域分区降水量表

流域分区	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
托克逊两河河区	9,688	4.236	43.7
吐、鄯七河河区	12,838	16.91	131.7
坎儿其河河区	8,035	5.756	71.6
库木塔格荒漠区	36,178	4.970	13.7
合计	66,739	31.87	47.8

3.1.4 各流域的降水量保证率计算

各流域中降水量保证率的计算结果汇总于表 3.5之中。

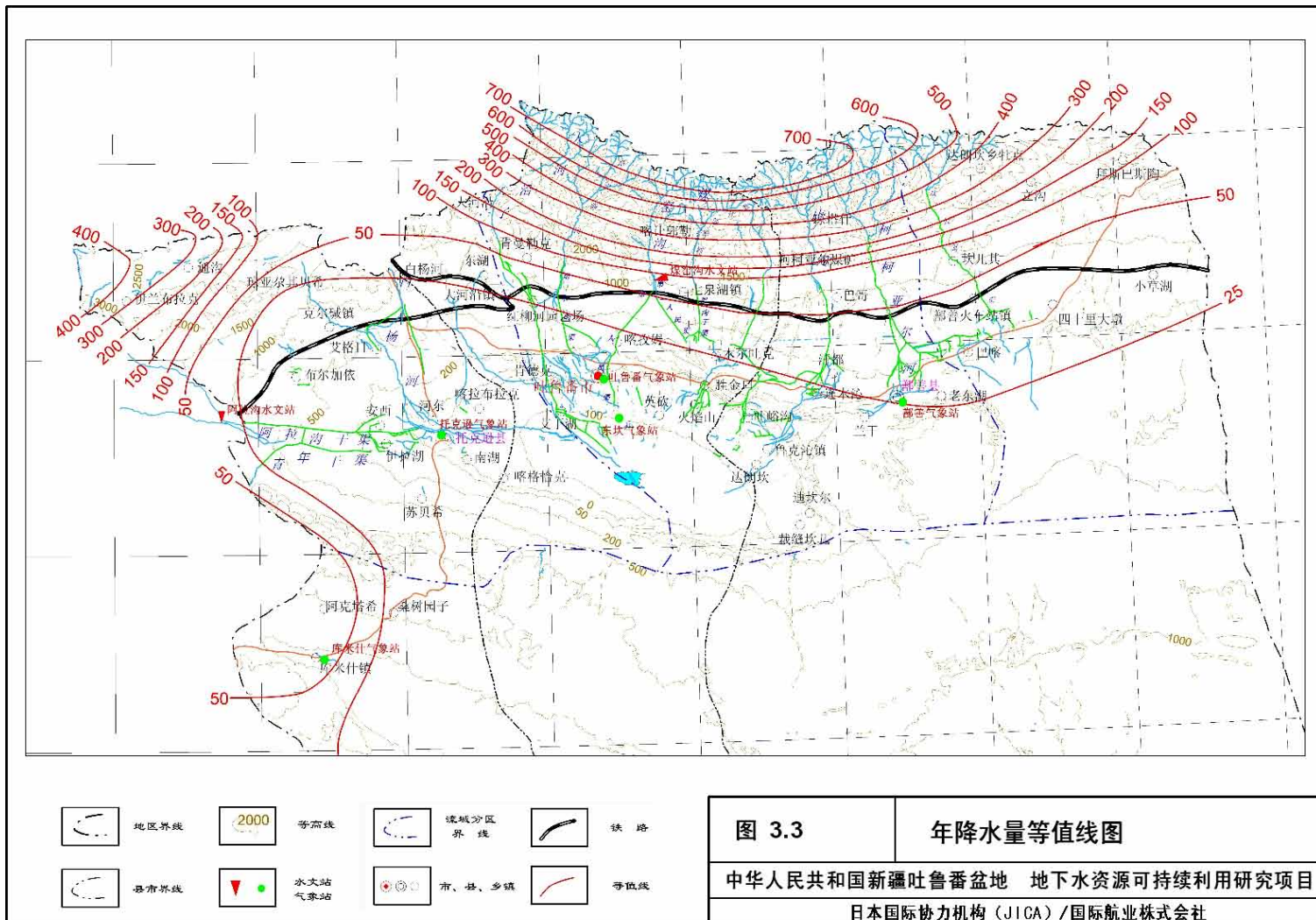
表 3.5 评价区各流域分区不同保证率年降水量表

单位: 10^8m^3

流 域	面积 (km^2)	平均年 降雨量	Cv	Cs / Cv	不同保证率降水量			
					20%	50%	75%	95%
托克逊两河河区	9,88	4.236	0.37	2.5	5.4	4	3.1	2.1
吐、鄯七河河区	12,38	16.91	0.36	2	21.7	16.2	12.5	8.29
坎儿其河河区	8,35	5.756	0.52	3	7.8	5.01	3.57	2.44
库姆塔格荒漠区	36,78	4.97	0.48	2.5	6.72	4.5	3.22	2

※ 吐·鄯7河流域: 吐鲁番·鄯善7河流域。所谓7河指大河沿、塔尔朗、煤窑沟、黑沟、恰勒坎、二塘沟和柯柯亚河。

3-5



3.2 河流流量调查

吐鲁番盆地的水资源主要靠周边山区的降水以及雪融水汇聚成山区河流后，再流入盆地内而形成的。因此，正确掌握山区河流流量成为掌握吐鲁番盆地内水资源量的极为重要的因素。

另一方面，源自山地的大部分河流在自然状态下流出山口之后，仅仅流经若干公里就会渗入地下。这样虽然可以增加对地下水的补给量，但却不能作为易于直接利用的地表水形态加以利用。为了使河水能够得到直接利用，自上世纪五十年代起，在吐鲁番盆地内开始兴建以引水渠为主的各类水利设施。这样，主要山区河流的大部分不仅靠天然河道，也依仗水渠与盆地内的绿洲相联，从而极大地改观了盆地内的水资源、特别是地下水资源的涵养和分布条件。

因为掌握河流流量是推测地下水补给量的基础，所以在本项目中分别于丰水期和枯水期进行了两次河流流量调查。在河流流量调查里不仅对山区流量，而且对盆地内河流及水渠的流量也进行了实测。

3.2.1 山区河流调查

a. 调查地点的选定

山区河流调查的对象是发源于吐鲁番盆地北部以及西部的天山山脉的 14 条常年河。丰水期和枯水期的流量观测调查分别于 2004 年 7 月 25 日~7 月 31 日（共 7 天）、2004 年 11 月 20~11 月 25 日（共 6 天）实施。14 条河流和调查地点的分布见图 3.4。

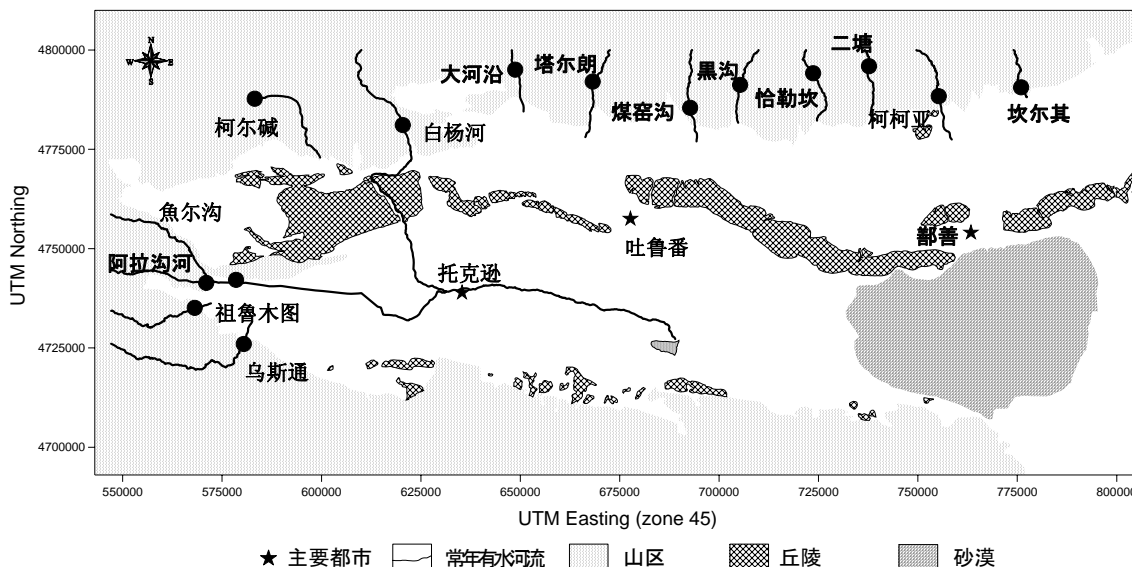


图 3.4 山区常年有水河流流量调查地点位置图

b. 调查方法

河流流量观测根据中国的《河流流量测验规范》，使用流速仪法实施。

本次河流流量调查的同时实施了实地水质分析。分析内容包括水温、电导度（EC）、pH 值、氧化还原电位（OPP）、铁（Fe）、锰（Mn）、氟（F）、硝酸离子（NO₃）、砷（As）、氨离子（NH₄）、大肠菌群及一般性细菌等共 12 类项目。

c. 流量调查结果

表 3.6显示了山区河流所进行的两次流量观测的结果。

表 3.6 山区河流流量调查结果

县市	河流	流量(m ³ /s)	
		丰水期	枯水期
托克逊	白杨河	2.49	7.32
	阿拉沟河	6.48	3.19
	魚尔沟	3.16	0.802
	柯尔碱沟	0.366	0.258
	祖魯木图沟	0.186	0.054
	乌斯通沟	0.546	0.223
	小 计	13.228	11.847
吐鲁番	煤窑沟	9.87	0.523
	大河沿	1.84	2.71
	塔尔朗	3.97	0.106
	黑沟	2.53	0.282
	恰勒坎	0.335	0.212
	小 计	18.545	3.833
鄯善	柯柯亚河	5.68	0.268
	二塘沟	3.03	0.212
	坎尔其河	1.9	0.232
	小 计	10.61	0.712
合 计		42.383	16.392

- 1) 将丰水期和枯水期的观测结果相结合进行各县（市）的比较，可以明显看出吐鲁番盆地的地表水资源量呈自西向东减少的趋势。
- 2) 按不同季节比较河流流量，可以看出枯水期的流量不到丰水期流量的 40%。其中，比较对象包括呈异常变化的白杨河和大河沿河。如将这两条河流除外，则枯水期流量仅为丰水期流量的 16.7%，可以看出流量随季节变化的波动之大。

在调查的 14 条常年河中，白杨河拥有最大的集水面积，为 2,423 平方公里。不过，该河集水面积的大部分分布于吐鲁番盆地之外，位于乌鲁木齐市的辖区范围内。因此，在每年 3 至 10 月的灌溉期，位于白杨河上游流域的达坂城等地区，在此河流入吐鲁番盆地之前，从中取水 1 亿 m³ 左右。其结果是，丰水期流入吐鲁番盆地的流量很少，枯水期在吐鲁番盆地观测的流量超过了丰水期流量。大河沿河的流量在吐鲁番盆地内继白杨河、阿拉沟河、柯柯亚河之后排在第 4 位。但是同白杨河一样，大河沿河并不是归吐鲁番盆地独有的河流，在其 724 平方公里的总流域面积之中，上游流域的 254 平方公里在乌鲁木齐市的辖区范围内，所以可以推测灌溉期从该河流入项目区内的流量可能受到大河沿河上游一带取水的影响。

3.2.2 平原地区的河流和水渠调查

a. 调查地点

对平原地区内具有代表性的河流和水渠进行流量调查的主要目的是为了掌握在吐鲁

番盆地内，地表水是如何通过河床和引水渠渗透而补给地下水的。因此，在选择河流和水渠时，以具有较长河道且取水口较少作为选择条件。调查过程中，针对每一条被调查的河流和水渠，在上、中、下游截取 2 至 3 个断面测量流量，调查各观测断面之间的流量变化。与源于山区的流入河流一样，分别在丰水期和枯水期实施两次流量调查。

平原区河流和水渠的观测断面位置如图 3.5 所示。调查方法与山区河流的流量观测方法相同。

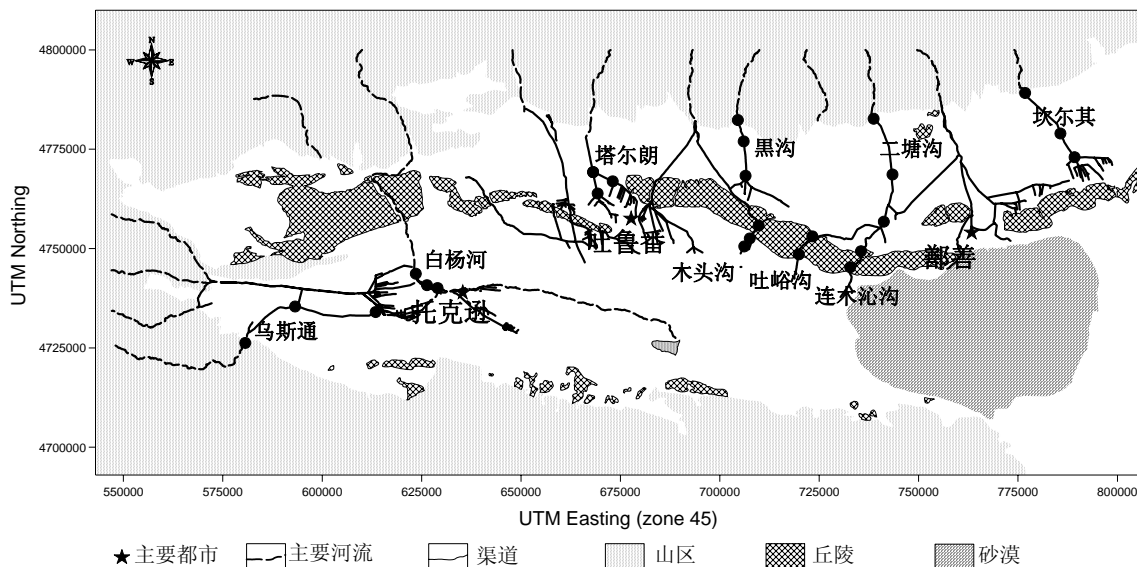


图 3.5 平原区河流·渠道流量调查地点位置图

b. 平原地区的流量调查结果

平原地区河流和水渠的流量调查结果如表 3.7 所示。在丰水期和枯水期分别实施了两次流量观测的 9 条河流和水渠中，所有被调查水渠的沿途水量损失均已得到确认；被调查的 4 条河流中的一半，即白杨河和连木沁沟下游流量大于上游。

表 3.7 平原区河流·渠道流量调查结果

河流·渠道	调查期	流量(m ³ /s)			流量损失(m ³ /s/km)	
		上流	中流	下流	上-中流间	中-下流间
白杨河	I	3.8	3.8	4.26	0.0000	-0.1704
	II	2.57	2.58	2.98	-0.003	-0.1481
塔尔朗渠	I		1.87	1.4	--	0.0870
	II		1.13	0.824	--	0.0567
黑沟渠	I	0.937	0.926	0.914	0.0020	0.0014
乌斯通渠	I	0.838	0.579	0.572	0.0170	0.0003
	II	0.219	0.155	0.155	0.0041	0.0000
二塘沟渠	I	7.47	7.21	5.36	0.0176	0.1542
	II	0.173	0.164	0.136	0.0006	0.0023
坎尔其渠	I	0.878	0.685	0.61	0.0143	0.0109
木头沟	II	0.793	0.521	0.348	0.0697	0.0721
吐峪沟	II		0.082	0.077	--	0.0009
连木沁沟	II		0.936	1.09	--	-0.0321

c. 河流和水渠在平原地区的流量损失

平原地区被观测流量的 5 条水渠的沿途流量损失均得以确认。但是，白杨河和连木沁沟在观测区段内，却发生了流量增加，有可能是在观测断面之间接受了地下水补给。

- 1) 水渠流量损失的最大值为 $0.154 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ，在丰水期于二塘沟水渠观测而得，与水渠流量的比值约为 25 %。
- 2) 水渠流量损失的平均值为 $0.026 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ，但数值偏差很大，标准偏差值为 $0.045 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ 。
- 3) 混凝土水渠每公里的流量损失率最小，大致为 0.15 %~0.21 %，若按距离平均，则在 0.17 % 左右。干砌石水渠和浆砌石水渠之间几乎看不到流量损失率之差。而水渠之间或观测断面之间的差却很明显。除塔尔朗水渠外，平均流量损失率约为 0~2 %。

3.2.3 建设新的水文观测站

吐鲁番盆地现设有 3 处国家级水文观测站。此外，还有 7 处专用观测站（定期或不定期观测河流流量的水文观测站）。在专用水文观测站之中，至今仍在继续观测的只剩下 2 处。仅仅依靠这些观测站所储存的资料和实施的水文观测，很难掌握因气候、地形、河水补给源等条件不同而各异的调查对象地区的河流流量变化。因此，本调查包括了建设新的水文观测站。新水文观测站的位置如图 3.6 所示。

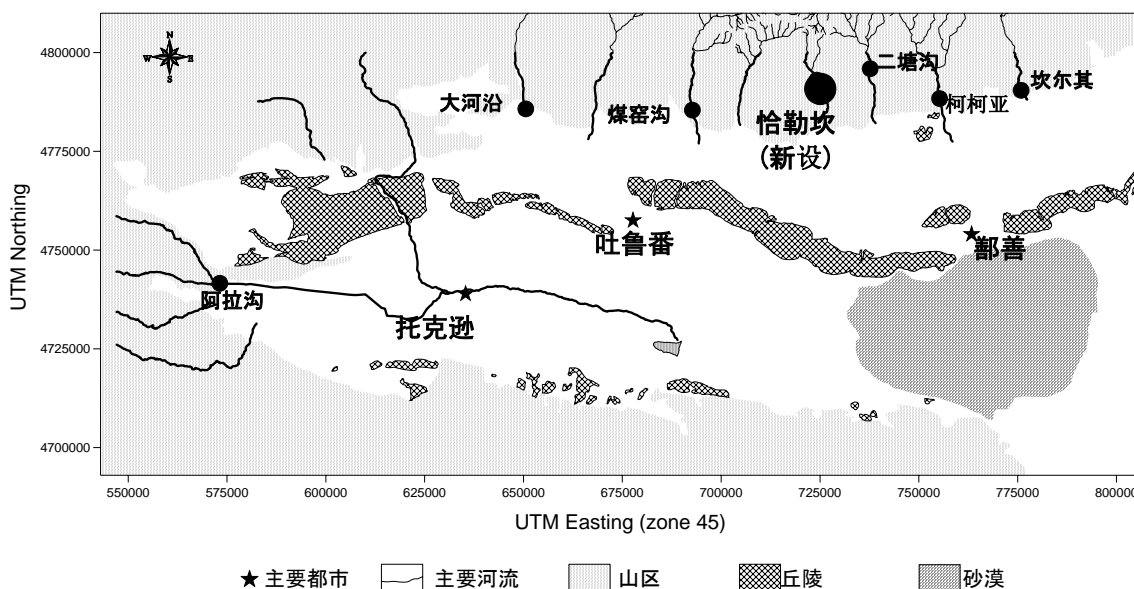


图 3.6 现存水文观测站及新设水文观测站

新水文观测站由水准点、水位标尺、保护标志板、计量仪器室（观测棚）、钢结构观测桥、自动水位计以及导水管、雨量计、太阳能电池板等观测装置构成。新水文观测站的观测从 2005 年 1 月 1 日开始。1 月到 6 月的降雨量观测结果和河流流量观测结果如图 3.7 所示。

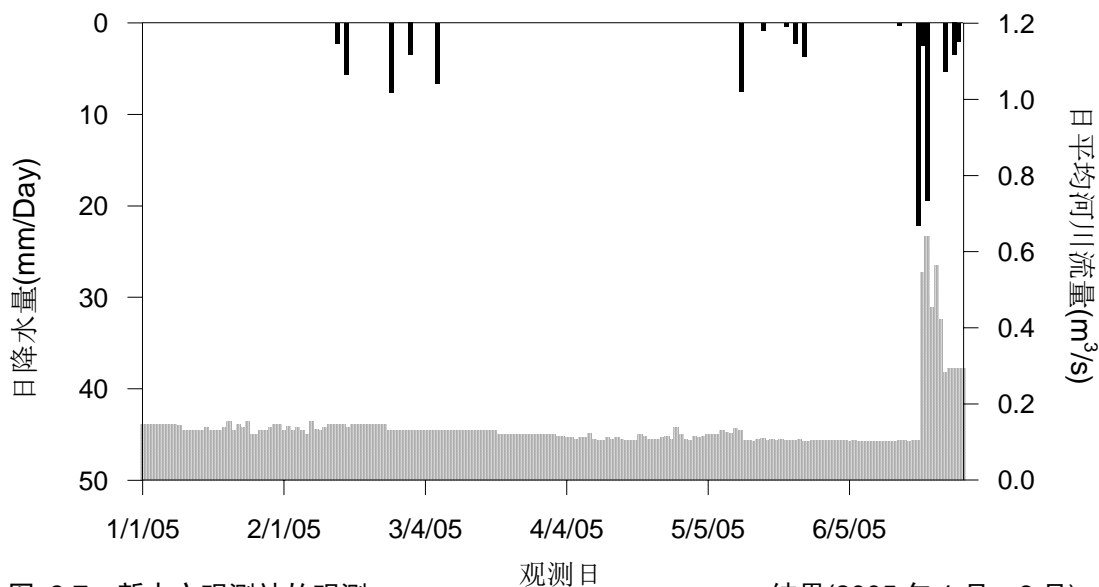


图 3.7 新水文观测站的观测结果(2005 年 1 月~6 月)

3.3 地表径流解析

3.3.1 基本资料以及解析方法

吐鲁番地区设立的国家水文站网密度相对较稀，仅为三处，分别为煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站，其基本概况见表 3.8。

表 3.8 吐鲁番地区基本水文站一览表

站名	地理坐标		测站高程 (m)	设站年限	备注
阿拉沟	87°52.11'	42°48.09'	777.3	1956~1996	因水毁，测验断面下迁5km。
				1997~至今	
煤窑沟	89°24.35'	43°10.86'	882	1956~至今	因水毁，测验断面先后两次变动，但距离不远，无支流汇入。
柯柯亚	90°08.48'	43°12.49'	1090	1980~1997	柯柯亚水库修建后有回水变动影响，已撤。

为满足国民经济和社会发展的需要，吐鲁番地区先后设立了部分专用水文站，开展流量间测和巡测，弥补了国家基本水文站网之不足。

本次评价收集了吐鲁番地区内所有径流资料站点全部资料，并对缺测部分采用相关关系法和水文比较法进行了资料的修正或插补延长。用这一结果进行了系列的代表性分析和年流量统计参数的推定，然后各河流的年平均流量。

河流流量的保证率分布根据中国「全国洪水灾害防止规划降雨区分技术细则」(中国洪水灾害防止规划指导办公室组、2004 年 1 月)等中国的技术标准，采用皮尔逊 III 型分布法进行了分析。

3.3.2 年径流的补给与组成

a. 径流补给

吐鲁番地区各河流的径流补给来源具有较为明显的垂直地带规律和季节性规律。一般而言，3500 m 以上的河源区，河流径流补给来源主要为冰川融雪水；2000 m~3500 m 之间的中高山带，河流径流的补给来源为季节性融雪水和降水；2000 m 以下的前山地带，河流径流的补给来源为降水和地下水；各河流之间及山前地带的山洪沟的补给来源主要为夏季暴雨。

b. 径流组成

以三站与多年平均径流量相近的年份为典型年进行分析。

采用直线分割法对典型河流阿拉沟、柯柯亚和煤窑沟的日平均流量过程线进行分割，分析了径流组成。阿拉沟河典型年径流分割结果分别见图 3.8代表河流流量成分分割结果见表 3.9。

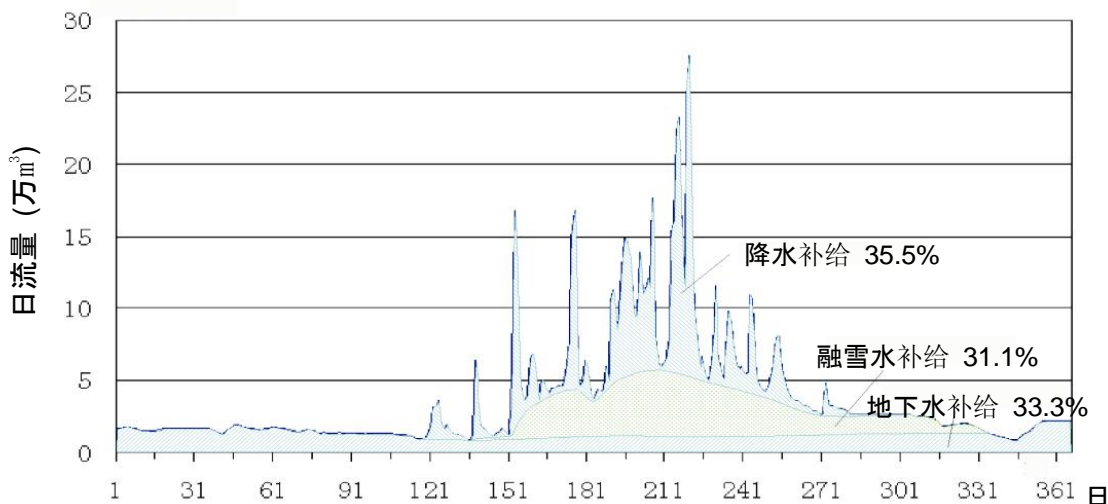


图 3.8 阿拉沟站 1988 年日平流量过程线分割图

表 3.9 代表河流流量成分分割结果

单位：%

代表河流	典型年	降水补给	融雪补给	地下水补给
阿拉沟河	1988	35.6	31.1	33.3
煤窑沟	1992	42.0	36.4	21.6
柯柯亚	1996	59.5	24.2	16.3

3.3.3 径流的地区分布及年内分配、年际变化

a. 径流的地区分布

吐鲁番盆地内最大的河流白杨河、阿拉沟以及鱼尔沟的流量虽然占盆地内河流流量的

大约一半，但其流量的大部分产生于盆地以外的巴音郭楞蒙古自治州和乌鲁木齐市。吐鲁番市、鄯善县为主要境内产流区。大河沿河、塔尔朗、黑沟河、煤窑沟、二塘沟、柯柯亚河、坎尔其河等七河的地表径流量占全地区地表总径流量的 52.4 %。坎尔其河以东区域产流量极少，多以暴雨洪流出现；吐鲁番地区南部库木塔格荒漠区几乎不产流。吐鲁番地区河流受盆地极干旱气候影响的一个重要特征是在前山带地表水渗漏严重，地表水以潜流方式迅速转化为地下水。

b. 径流的年内分配

相对而言吐鲁番地区河流年径流的年内变化较大，以三条实测系列较长河流的控制站煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站为例进行多年平均年径流年内分配的分析。柯柯亚河的月流量变化如图 3.9所示。三条典型河流多年平均最大月流量和最小月之比较汇总于表 3.10之中。

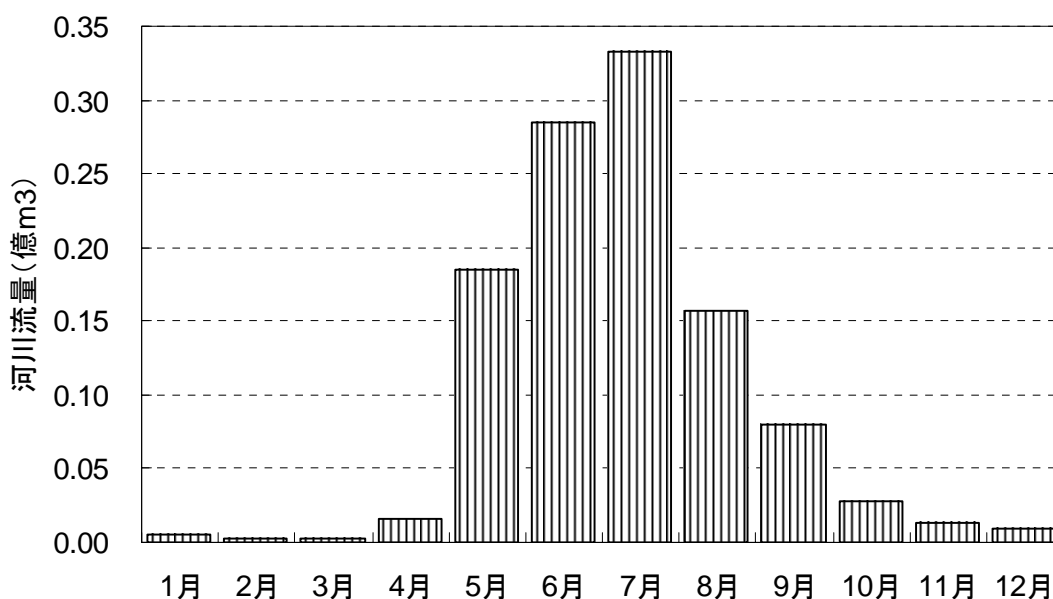


图 3.9 柯柯亚河月流量变化图

表 3.10 吐鲁番盆地内代表河流的年内变化分析结果

流量单位：万m³

代表河流	最大		最小		最大 / 最小	连续4个月最大		
	流量	%	流量	%		流量	月	%
阿拉沟河	304.3	24.0	51.2	2.98	8.04	814.6	6~9	64.2
煤窑沟河	254.5	31.1	7.8	0.94	33.2	648.2	6~9	80.4
柯柯亚河	332.7	29.8	2.1	0.19	159	960.0	5~8	86.0

注：%为对年流量的比例。

c. 径流的年际变化

吐鲁番地区河流年径流的年际变化相对不大，仍以三条实测系列较长河流的控制站煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站为例，其多年年径流的变差系数 Cv 值分别为 0.22、0.34、0.24，在全疆各河流中处中等水平；其中阿拉沟多年径流 Cv 值略大。

以上三条河流最大水年与最小水年径流的倍比在 2.5~3.4 之间；多年最大模比系数 K_{max} 介于 1.3~1.93 之间，最小模比系数 K_{min} 介于 0.5~0.7 之间，也就是说最丰水年径流量不超过正常径流量的 2.0 倍，最枯水年径流量也不小于正常径流量的一半。三条河年径流量多年变化过程见图 3.10。

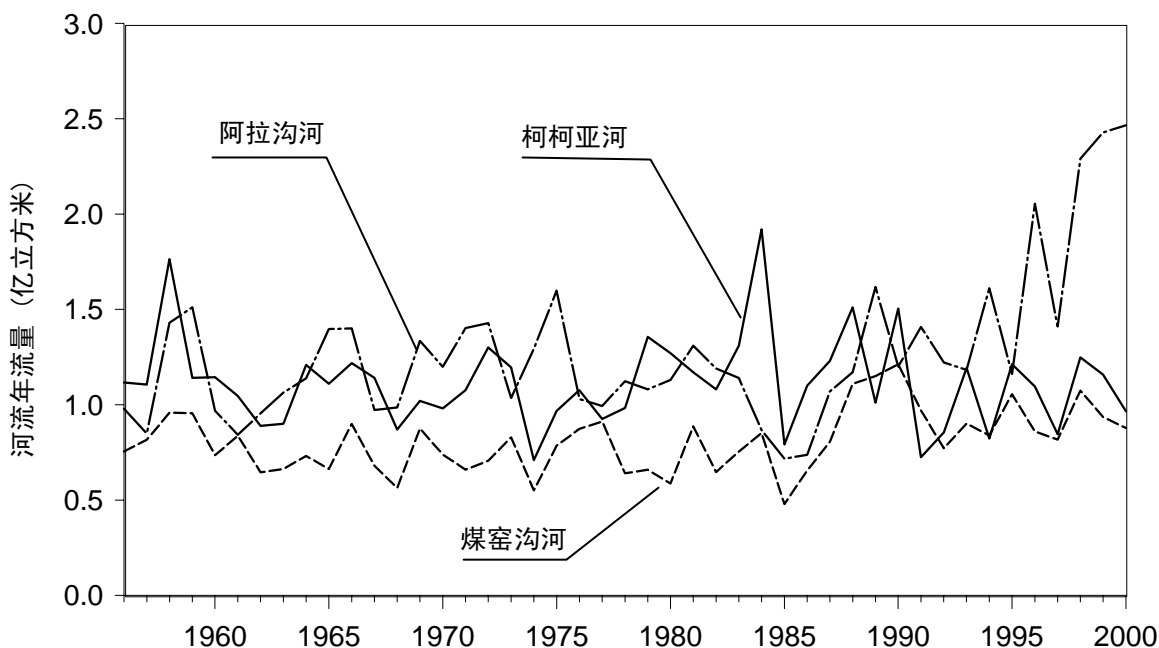


图 3.10 代表河流的年际流量变化

3.3.4 地表水资源量计算

根据《全国水资源综合规划技术大纲》（2002 年 8 月）、《黄河流域(片)水资源综合规划技术细则》（2003 年 1 月）和新疆的实际情况，对图 3.11所示的 4 个流域进行了地表水资源量计算。

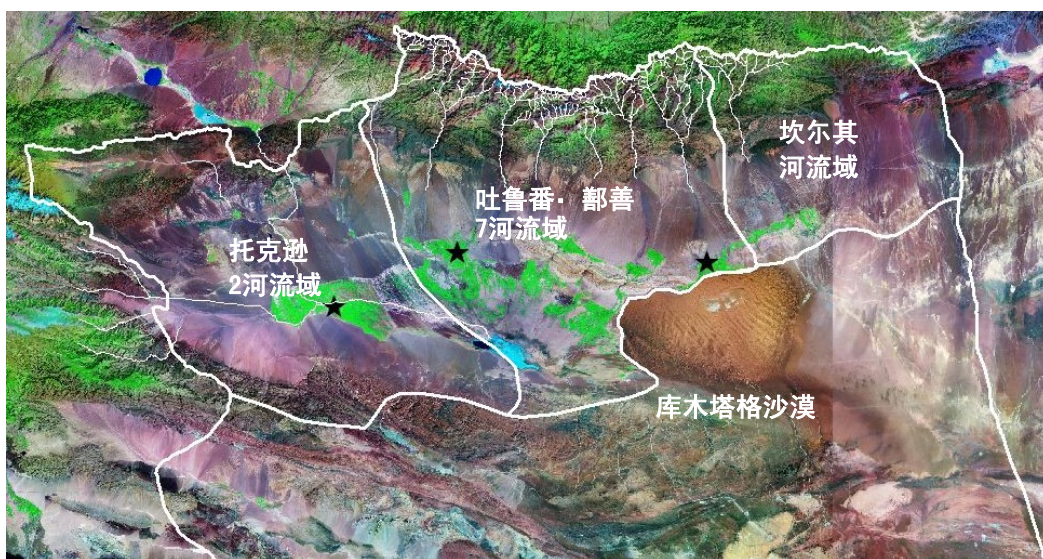


图 3.11 吐鲁番地区的水文区分

表 3.11 吐鲁番地区流域分区地表水资源量统计表

三级流域 区 名称	四级流域区 名称	总面积 (km ²)	产流面 积 (km ²)	地表水 资源量 (10 ⁸ m ³)	入区水量 (10 ⁸ m ³)	出区水量 (10 ⁸ m ³)	地表 总径流量 (10 ⁸ m ³)
吐鲁番 盆地	托克逊两河河区	9688	4779	0.6276	3.2704	0.0786	3.8581
	吐、鄯七河河区	12838	5284	4.873	0.2366		5.1096
	小 计	22526	10063	5.5393			8.9677
	坎尔其河区	8035	2720	0.5454			0.5454
库木塔格 荒漠区	库木塔格 荒漠区	36178	601	0.0529			0.0529
合 计		66739	13384	6.137			9.5660

※ 吐·鄯7河流域： 吐鲁番·鄯善 7 河流域。所谓7河指大河沿、塔尔朗、煤窑沟、黑沟、恰勒坎、二塘沟和柯柯亚河。

根据用 2003 年实行的「中国第二次水资源规划水资源评价计算」中要求，对吐鲁番地区分县（市）地表水资源量进行了计算。

表 3.12 吐鲁番地区行政分区地表水资源量统计表

县级行政	总面积	产流 面积	地表水 资源量	入区水量	出区水量	地表总 径流量
区名称	(km ²)	(km ²)	(10 ⁸ m ³)	(10 ⁸ m ³)	(10 ⁸ m ³)	(10 ⁸ m ³)
托克逊县	14318	4537	0.6276	3.2704	0.0786	3.8194
吐鲁番市	15480	4274	2.922	0.2366		3.1586
鄯善县	36941	4573	2.588			2.588
合 计	66739	13384	6.137	3.507	0.0786	9.566

调查区域中的流出入水量汇总于表 3.13之中。

表 3.13 吐鲁番地区出、入区水量一览表

水系	入区河流	入区水产流面积 (km ²)	入区水量 (10 ⁸ m ³)	从何县流入
阿拉沟水系	阿拉沟	1840	1.275	和静县
	鱼尔沟	587.6	0.4522	乌鲁木齐市
	祖鲁木图沟	254.5	0.0486	和硕县
	乌斯通沟	554.1	0.1392	和硕县
白杨河水系	白杨河	1773	1.355	乌鲁木齐市
大河沿河水系	大河沿河	254	0.2366	乌鲁木齐市
合 计		5263	3.507	
水系	出区河流	出区水产流面积 (km ²)	出区水量 (10 ⁸ m ³)	从何县流出
乌鲁木齐河水系	板房沟	67.5	0.0786	托克逊县

3.4 洪水影响范围解析

在吐鲁番盆地虽然水资源不足，但经常发生洪水的灾害。在防御洪灾的同时，如果能够将洪水流量为地下水补给量，无疑会是治水和水利相结合的良策。

3.4.1 洪水的成因分析

吐鲁番地区春季较短，气温从寒冷期急剧上升，同时因为山区的雪线处于1年中最低的位置，所以融雪量剧增引起河流量增加。虽然概率较小，但有时也能形成洪灾。在调查区域里，春季洪水灾害局限于托克逊县，在吐鲁番市和鄯善县没有春季洪水灾害的纪录。洪水的主要原因是夏季的集中降雨。

3.4.2 洪水的种类以及特性

在吐鲁番市和鄯善县可以分为局部性暴雨型洪水和区域性洪水。作为局部性暴雨型洪水的典型例子有1981年7月19日的洪水。当天在20时~21时的大约1个小时之内，葡萄沟附近的降水量为25.1 mm，相当于多年平均年降水量的大约2倍。由于这场暴雨，附近木头沟里的洪峰流量达到213 m³/s，引起了很大的损害。作为区域性洪水，1984年6月21日在鄯善县范围内比较广阔的区域里发生了大雨，在几个气象观测站里都记录到了相当于年降雨量大约30%的雨量。结果在鄯善3河流域中发生了洪水，亚柯柯河、二塘沟河和坎尔其河的洪峰流量分别为174 m³/s、18 m³/s和153 m³/s。

托克逊县“两河”流域的洪水类型洪水成因，可分为三种类型。作为暴雨洪水，如1996年7月18日以来，以博格达峰中心的天山南北坡出现大范围降雨，降水量约在80~100 mm。致使“两河”流域发生罕见的特大洪水。据阿拉沟水文站观测，当日第一次洪峰流量为164 m³/s；第2天再次涨水，洪峰流量达到490 m³/s。

冰雪消融洪水一般主要发生在每年的4~5月份之间。与暴雨洪水相比，冰雪消融洪水主要特征是过程平缓，历时较长，洪峰不大，洪量不小，与升温过程关系密切，具有明显的日变化，形成一日一峰一谷的多峰过程，峰谷历时基本相同。

雨雪混合型洪水发生时间一般在每年的6~8月份之间。雨雪混合型洪水的主要特征是洪水历时长，峰高量大，在有规律的日变化过程上叠加了降雨洪峰，危险性极大，最具威胁性。

3.4.3 洪水的历史纪录

从1980年~2000年21年洪水记录的分析中可以看出，吐鲁番盆地内各地同时发生的洪水有4次，分别为1987、1994、1996和1997年。与之相对盆地内每年都有洪水发生，但多为局部的暴雨洪水，区域性洪水较少。

1980年~2000年21年各河流域较大3次洪水的流量汇总于表3.14。大洪水较多集中于吐鲁番盆地西部的托克逊县里。与之相对，在东部的鄯善县虽然洪水发生的频度较高，但洪水流量比西部偏小。

表 3.14 1980年~2000年21年的较大3次洪水流量一览

单位: m³/s

顺序	阿拉沟	白杨河	煤窑沟	柯柯亚
1	490	638	181	268
2	321	272	169	194
3	230	173	168	190

3.4.4 洪水灾害

根据吐鲁番盆地中保存的洪水记录及此本调查中进行的实地访问和考察，将 1981 年以来较大洪水的损害情况汇总如下：

1981 年吐鲁番的葡萄沟发生一次毁坏性很大的暴雨洪水，冲毁沟内小水电站和兰新铁路此段路基。

1986 年托克逊县内降大雨来洪水，冲毁托克逊托台乡的小麦、棉花 100 亩，毁机井 1 眼，渠道被毁。

1988 年托克逊县来洪水，冲毁 53 间房屋，11 处羊圈，和渠道 5 公里。

1990 年托克逊县发生特大洪灾，冲毁防洪土坝 14.5 km，渡槽一座，机井 5 眼，渠道 1 km，公路 25 公里。经济损失 150 多万元。

1996 年托克逊发生特大洪水，冲毁了阿拉沟水文观测站。

3.4.5 洪水影响范围

防止洪水灾害对维护社会安定、保障人民生活和经济发展的的重要性是不言而喻的。如果在防灾的同时能够把洪水流量利用于地下水补给则将产生变害为利的效果。在吐鲁番盆地内的托克逊县北部白杨河流域的冲积平原中的戈壁滩修建了一些简易土堤用以阻挡冬季剩余的地表水。有报告表明这种方法促进了地下水的补给，使其下游区域的一部分已经干枯的坎儿井得以复活，其他的坎尔井得以增加流量。出于同样的设想，可以认为探讨在土地利用和地形等条件比较合适的地区尝试利用洪水流量增加地下水的补给是一件有意义的工作。

对于洪水而言，无论为了防灾还是为了利用都有必要掌握洪水的影响范围。所以，在本项目中编制了的洪水的影响范围图。

4. 水文地质构造

4 水文地质调查

4.1 调查方法

在本项目中，水文地质调查包括以下 4 个主要部分。

1. 水文地质解析

收集所有现存的与本项目区水文地质有关的调查结果、报告书、图表类和其他资料，并进行分析整理。通过对现有资料的再分析和整理重新进行水文地质构造解析。另外，收集航天飞机地形数据(SRTM)的 3 秒钟网丝(约 90 m)地形标高数据 SPOT、LANDSAT 等卫星画像的数据解析，把握吐鲁番盆地及其周围地区的地形、地质状况。

2. 物理探查

为了推测吐鲁番盆地内的基底深度分布及第四纪地层层相，利用 TEM 方法实施物探。探查深度为 400~600 米。

3. 钻探调查

在确认构成吐鲁番盆地的第四纪地层层相和基本深度分布的同时，为了地层层序进行水文地质单元区分而实施钻探调查。进行钻探调查的地点在盆地北部有 1 处，在盆地南部有 4 处，共计 5 处。在盆地北部的地点进行了 1 孔钻探调查，在盆地南部的各个地点各进行了 2 孔钻探调查共计 9 孔。

4. 抽水试验

为了取得吐鲁番盆地潜水层的分布和含水层系数，以上述的钻探调查进行了抽水试验。抽水试验分为阶段抽水试验、连续抽水试验、重复抽水试验 3 类进行，并根据这些试验结果计算出透水系数和储水系数等参数。

4.2 地形与地质

4.2.1 地形

吐鲁番盆地是位于天山山脉东部的山间盆地。吐鲁番盆地在广义上还包括东边相邻的哈密盆地，也称作吐鲁番—哈密盆地（或者吐哈盆地）。吐鲁番—哈密盆地东西方向约 500 km，南北方向最大约 120 km（图 4.1）。

盆地内的海拔，在吐鲁番盆地一侧较低，海拔 0 m 以下的低地面积达 3,400 km² 之多。吐鲁番盆地中部的艾丁湖是盆地的最低点，同时也是中国的最低点，其海拔高度为-155 m。与此相对，哈密盆地不存在海拔 0 m 以下的低地，盆地内的最低海拔为约 45 m。

在地形上，吐鲁番盆地和哈密盆地被吐鲁番盆地东部的库木塔格沙漠东边的鞍部（海拔约 295 m）分成两个盆地。吐鲁番盆地的北缘是东天山山脉，西缘是中天山山脉，南缘是中天山山脉及其连绵的低山、丘陵。

在吐鲁番盆地的中部，托克逊以北到吐鲁番以西分布着海拔 300~600 m 的盐山，吐鲁番北边到鄯善分布着火焰山（最高峰 851 m），两山都呈带状并呈东西走向。如此一来，吐鲁番盆地被盆地中部东西分布的盐山—火焰山分成了北盆地和南盆地（图 4.2）。

根据 SRTM-3 数据制作了盆地内的地形等高线分布图。从这些图中也可明显看出，北

盆地比南盆地海拔高，而且地形倾斜度比较陡，而南盆地越往中部地形倾斜度越缓（图 4.3）。

北盆地南北宽约 20 km，而东西长约 170 km，是东西走向的狭长的带状盆地。

划分北盆地和南盆地的盐山和火焰山，大体上呈东西走向的带状分布，但仔细观察，二者都是弯曲分布，在吐鲁番附近盐山和火焰山并不连续。并且，在鄯善附近火焰山也不连续。吐鲁番附近的盐山和火焰山的不连续部分宽约 10 km，北盆地和南盆地在此直接相连。

南盆地南北宽约 40 km，东西长约 180 km，与北盆地一样是东西走向的狭长盆地。从南盆地中部到东部的大部分都是海拔 0 m 以下的低地，地形等高线以盆地内最低点艾丁湖为中心呈环状分布。

位于吐鲁番盆地东部的库木塔格沙漠，在广义上也可以包含在南盆地中，却是具有独特地形特征的沙漠。库木塔格沙漠东西宽约 60 km，南北长约 40 km，面积约 1,980 km²，呈东北东 - 西南西走向。库木塔格沙漠具有比周围地形海拔高的特征，高出 100~200 m。并且，在库木塔格沙漠的中北部分布着东西约 15 km、南北约 6 km 的基岩裸露区。

4.2.2 地质

吐鲁番盆地第四纪地质平面图如图 4.4 所示。

盆地周围地区存在的地质层为古生代、中生代以及第三系地质层。从山区向平原区地质年代呈由老向新的变化，呈条带状分布。在盆地北部的天山山脉为石炭系地质层，在盆地以南山丘区以志留系、泥盆系地质层为主。

盆地内、上部堆积有二叠系以后的地质层。但出露于地表的地质层多为侏罗系以后的地质层，主要分布在火焰山南部。构成火焰山的地质层除侏罗纪以外新的地质层有白垩纪及第三纪的地质层，但只分布于火焰山的北部。第四纪的堆积地质层主要为未凝固的砂砾质堆积物，除了在盆地内部平原广泛分布外，同时分布于周围山地的谷部。

煤层主要分布于吐鲁番盆地的侏罗纪地质层，该地质层被认为是孕育了吐鲁番盆地内石油与天然气的地质层。另一方面，从水文地质学的观点来看，地下水主要存在于第四纪的砂—砂砾层里，吐鲁番盆地的水文地质基础大部分存在于第三纪地质层中。

第三纪的岩相，以火焰山与盐山等地表出露的石膏质泥岩与粉砂质岩作主体。根据石油试钻有关的资料显示，不仅是第三纪泥岩等细粒堆积物，砂岩和砾岩等也分布于吐鲁番盆地中。

4.2.3 第四纪地质

第四系沉积物由山前向盆地中心呈环带状分布，在成因上呈现洪积—冲洪积—冲积—冲湖积—湖积—沼泽沉积—化学沉积及风积；在岩性上为卵石—砾石—砂砾石—各种砂层夹土层—各种土层夹砂层—盐沼土—沙漠砂；反映的地段形态表现为山前倾斜砾质平原—土质平原—湖积平原及风成沙漠。图 4.4 为吐鲁番盆地第四纪地质图。

北盆地沉积着数十米至一千米的第四系卵砾石、砂砾石、砂及少量粘性土层，最大沉积厚度出现于北盆地中部。但东西方向上的地质构造不均一。因为北盆地大部分的第四系沉积物中缺失粘土层，所以形成单一的潜水含水层。在较大的地面坡度和较厚的第四系沉积物的地形和地质层条件下，水位埋深多大于 30 米，最深达到 300 米。

该区位于火焰山北侧一线。由第四系冲洪积卵砾石、砂砾石、砂及粘性土层组成，沉

积厚度 50-500 米。储存着丰富的潜水、承压力和小面积自流水。自流水主要分布于亚尔湖和胜金台，在七克台南部亦有少量自流水分布。潜水、承压水、自流水埋藏浅、水质好，水量丰富，沿火焰山北侧各沟口有大量泉水溢出。

南盆地是一个以艾丁湖为中心的封闭盆地。沉积着数十米厚的第四系卵砾石、砂砾石、砂和粘性土层，艾丁湖区沉积有湖相盐渍土和芒硝盐层。南盆地的第四系沉积物中含有数层粘土层，将含水层分为不同的含水层单元，既有潜水含水层也有承压水含水层。因为承压水含水层多为深层含水层，所以难以形成泉而出露于地表。但是，根据机井调查（水资源利用现状调查的）和钻探调查的结果整理而成的自流井分布位置分布图可以看出承压含水层中的自流含水层多分布于南盆地的西部和中部。