

独立行政法人 日本国际协力机构

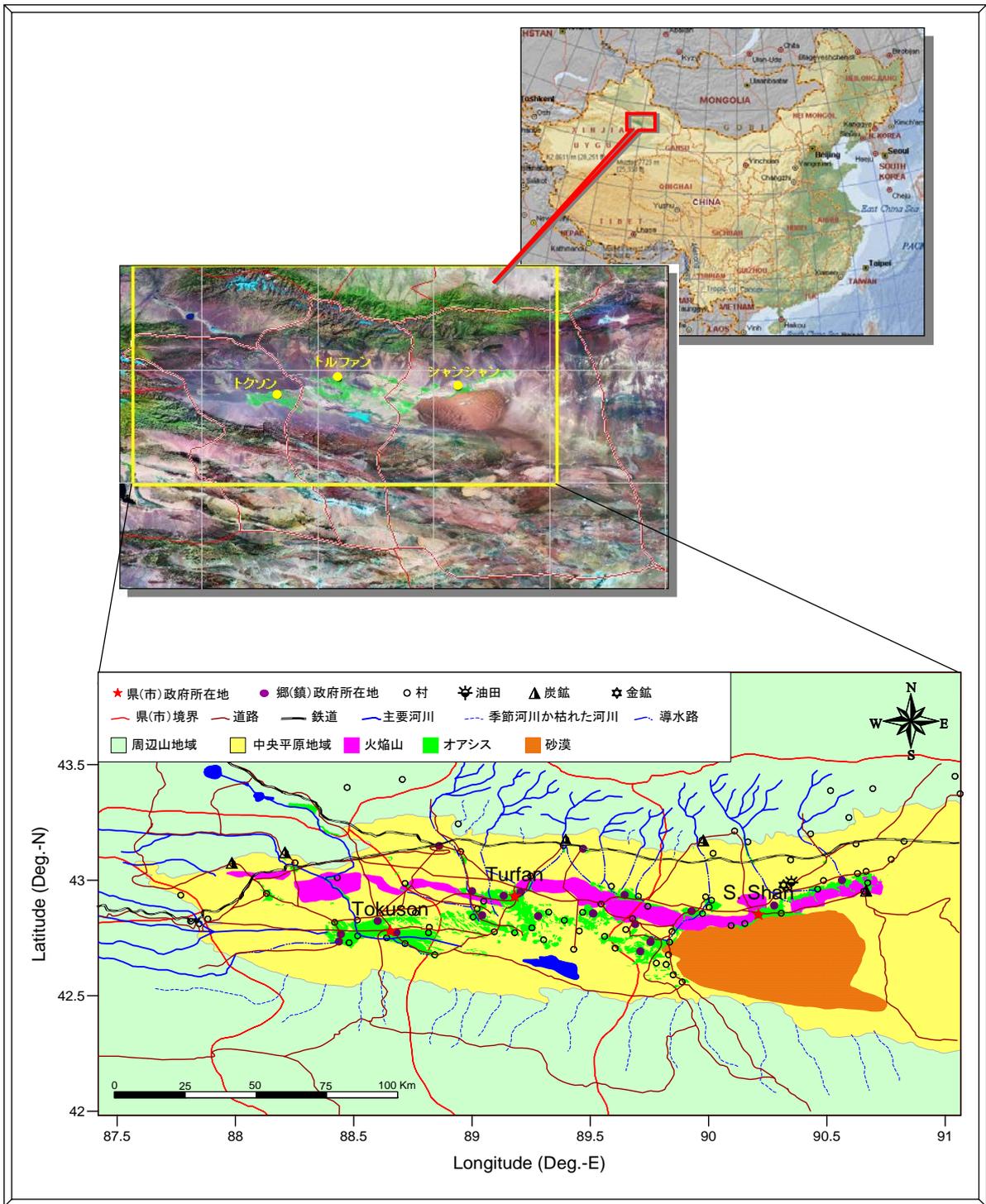
中华人民共和国新疆维吾尔自治区水利厅
中华人民共和国新疆维吾尔自治区水文水资源局
中华人民共和国吐鲁番地区水利局

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

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 约

第1章 序 论

新疆维吾尔自治区的吐鲁番盆地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进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。

本项目的目标为以下 2 点。

- 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。

本项目由国际航业株式会社(日本)受日本独立行政法人国际协力机构(JICA)的委托、于 2004 年 4 月到 2006 年 2 月的 23 个月之间以吐鲁番盆地为对象而实施。本最终报告书草案汇总了 2004 年 5 月~2006 年 1 月进行的第 1 次以及第 2 次现场调查的结果。

第2章 项目区概要

2.1 自然条件

(1) 地形·地质

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,东与哈密为邻,西南和巴音郭楞蒙古自治州毗连。盆地中央部有的火焰山和盐山沿着东西方向延伸,将盆地分为南北盆地两部分。南盆地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,海拔为-155 m。

盆地中心由东西向火焰山方向,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,北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) 气象·水文

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 13.3~13.9℃。夏季很高,为 30~40℃,而冬季相反降为 0~-15℃以下。

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 所建成的水库蓄水后，将水通过水渠引到盆地内，使它成为农业的利用水源。

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，利用坎尔井作为水源的。但是，从 1960 年开始因为地下水位的下降，流量减少发生了干枯，坎尔井由以前的 1400 条减少到现在的 300 余条。

(3) 水理地质和地下水

吐鲁番周围山地流出的河流水渗入地下，构成第四纪层含水层的地下水盆。从 1965 年起，随农业用水需求量的增大，吐鲁番盆地的机井建设快速进展，现在的井户总数达到 5000 眼以上。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

(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，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。

(2) 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。以农业以及农产品加工业为主的经济模式一直维持到 1970 年代，但从 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，主要种植为桑·葡萄等水果会棉花、瓜类、谷物等。

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。

第3章 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

收集和整理了吐鲁番地区 10 所气象水文观测站从 1952 年到 2000 年的资料，进行了缺测期间的延长和插补，丰枯分析，年内变化，安定性，区域分布等解析，求得了托克逊 2 河流域、吐鲁番鄯善 7 河流域、坎儿其河流域、库木塔格沙漠区 1956 年到 2000 年的降雨量时间系列分布，计算了个流域的年平均降雨量和降水概率等。

3.2 河流流量调查

(1) 山区河流调查

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、2004 年 11 月实施。

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。

(2) 平原地区的河流和水渠调查

以盆地内的 4 条河流（白杨河、木头沟、土峪沟、连木心）和 5 条水渠（塔尔朗水渠、黑沟水渠、乌斯通水渠、二塘沟水渠、坎尔其水渠）为对象，在上、中、下游截取 2 至 3 个断面测量流量、探讨了河流和水渠在平原地区的流量损失。

(3) 建设新的水文观测站

新的水文观测站设立于吐鲁番·鄯善 7 河流域的恰勒坎河，其中设置了钢结构观测桥、自动水位计以及导水管、雨量计等观测装置。

3.3 地表径流解析

收集了吐鲁番地区内 3 所国家级水文观测站和 7 所专用水文观测站的流量观测资料（1956~2004 年现在），并对缺测部分采用相关关系法和水文比较法进行了修正和插补延长。根据流量资料分析进行了流量的年系列的代表性、年流量统计参数的确定性确定以及安定性分析、掌握了年流量成分构成、地域分布以及年内变化等特征。

3.4 洪水影响范围解析

分析了吐鲁番地区的洪水种类及特性、历史纪录、洪水灾害情况等资料，绘制了洪水影响范围图。

3.5 盆地内蒸发散消耗量解析

收集了吐鲁番地区内外的气象水文观测所的有关蒸发资料，明确了水面蒸发量、陆面蒸发量的年内变化和区域分布，制作了多年平均蒸发量等值线图。

第4章 水文地质调查

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。现场进行了 204 地点 TEM 法物探调查、5 地点 9 孔钻探调查、孔内物探测井、抽水试验(阶段试验、连续试验和恢复试验)等。

4.1 地形与地质

收集了航天飞机地形数据 (SRTM) 的 3 秒钟网格 (约 90 m) 的地形标高数据和 SPOT、LANDSAT 等卫星画像的数据，根据这些资料把握了吐鲁番盆地及其周围地区的地形、地质状况。

(1) 地形特徵

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。北盆地的海拔为北高南低，地形倾斜度为 0.8-2 %。沿着主要河流的方向盆地内扇状地比较发达。

南盆地南北宽约 40 km，东西长约 180 km。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。地形倾斜度在南盆地周围为 2 % 左右，在中部为 1 % 前后，在艾丁湖周围为 0.4 %，逐渐变小。与北盆地相比南盆地扇状地不太发达，只在西南部和西北部有小规模的扇状地。

(2) 第四纪地质和地下水

在吐鲁番盆地中，除了南北部山区、火焰山以及鄯善北部个别区域以外，广泛分布着第四系沉积物。北盆地沉积着数 10 米至 1000 米的第四系卵砾石、砂砾石、砂及少量粘性土层。地下水位埋深多大于 30 米，最深达到 300 米。北盆地火焰山北侧一线储存小面积承压自流水。沿火焰山北侧各沟口有泉水溢出。

南盆地沉积着数 10 米到 700 m 厚的第四系堆积物。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，从南盆地西部到中部形成自喷带。

4.2 物理探查

本项目的物探工作共实施了 204 测点的时间域瞬变电磁法 (TEM) 测量。以此结果为基础，解析了吐鲁番盆地内视电阻率构造的平面和断面分布，明确了水文地质基底的面分布。

4.3 钻探调查

进行钻探调查的目的是，直接确认吐鲁番盆地的地下地质状况，由此确立分布在地下的第四系的基本地质层序，进行含水层划分，同时将钻探钻孔改造成地下水观测井，用以把握地下水的水量、水质等。

在北盆地选择了 1 处，在南盆地选择了 4 处，共计 5 处 9 孔。钻探地点是以制作盆地内南北向和东西向地质剖面图为目的而选定的。

表 4.1 钻探场所及钻探钻孔深度

盆地名	盆地内地域	挖掘场所编号及坐标 (UTM WGS84, Zone 45)	试钻井编号	挖掘深度 (m)
北盆地	中部	TW-NC 667998E 47692273N	TW-NC-1	400
南盆地	中部	TW-SC 674340E 4757688N	TW-SC-1	409.3
			TW-SC-2	130
	西部	TW-SW 623390E 4739461N	TW-SW-1	300
			TW-SW-2	66
	东部	TW-SE 719966E 4733255N	TW-SE-1	245.9
			TW-SE-2	70
南部	TW-SS 678217E 4740216N	TW-SS-1	253.36	
		TW-SS-2	50	
合 計		5箇所	9孔	1924.56

4.4 新观测井的含水层系数

解析了在九孔新观测井内进行的抽水试验结果，计算了机井的损失系数和含水层的损失系数，以及机井效率，还计算了含水层的导水系数、储水系数和比涌水量等以评价含水层能力。

4.5 基底构造

利用吐哈油田的地质构造和地震勘探的最新文献。分析了吐鲁番盆地深部的基底构造。而且以物探调查的结果和既往的资料为基础，绘制了吐鲁番盆地水文地质基底顶面标高分布线图。

4.6 水文地质和含水层单元

根据钻探的结果进行水文地质划分和含水层单元对比，认定在南盆地地下分布的第四系，由其连续性好的层相特征、电阻率值等从上边分成 A 层、B 层、C 层。因此，南盆地的水文地质也基本上以这个层序划分为基础进行划分较为合适。另外，南盆地第四系的层相变化反映了堆积时堆积环境的不同，可能具有地域性，所以在进行各层序的划分中，需要留意含水层的数量、含水层的性质等的变化。表 4.2 给出了基于钻探调查结果的水文地质划分和含水层单元。

表 4.2 基于钻探调查结果的水文地质划分和含水层单元

地质时代	地下地质层序	水文地质划分		含水层单元		备注
		南盆地	北盆地	南盆地	北盆地	
第四纪	A层	A含水层 A弱透水层	北盆地含水层	弱透水层 不承压/承压含水层	不承压含水层	南盆地为1~3含水层
	B层	B弱透水层 (B含水层)		弱透水层 (承压含水层)		南盆地为0~1含水层 在南盆地西部含水层发达
	C层	C含水层 C弱透水层		弱透水层 承压含水层		南盆地为1~4含水层 在南盆地东部匮乏
前第四纪	第三系 / 前第三系	水文地质基底		弱透水性基底		部分第三系为砂砾相

第5章 水资源利用现状调查

对吐鲁番地区全部的泉水、坎儿井、机井（可以进行流量与地下水位测定的井）和水库等大河水以外的水源进行了现场的实测和访问调查。

5.1 泉

(1) 泉的形成以及分布

山区的降雨一部分渗透到地下形成地下水，沿着山地流入谷地。在山区含水层与河流之间，存在难透水和难透水的岩体时，由于地下水的流畅受阻，在流向河流之前，溢出地表形成泉。此类型的泉水主要分布在托克逊县和吐鲁番市的山前，能够测定流量的泉有 31 个。具有代表性的泉或泉群是大河沿河东侧的一碗泉和煤窑沟东侧的泉群。

来自山区的河水以及山地地下水流入吐鲁番盆地之后，转化为盆地内的地下水，并且沿着北盆地由北向南流动，在到达吐鲁番盆地的地下水消耗区域—艾丁湖前被南北盆地间不透水体的火焰山所阻隔，沿着火焰山的北缘溢出地表形成泉。其中有代表性的是大草湖泉、柳树村泉、大头沟泉等，能够测定流量的有 40 处。从泉中喷出的水沿着火焰山的构造切割带流动成为盆地内河流的水源，火焰山泉水对南盆地来说是非常珍贵的水资源。

(2) 泉的水质

根据室内分析的结果，在吐鲁番市和鄯善县各有 4 处泉水的盐分浓度和硫酸根离子浓度，超过了饮用水水准基准值。盐分浓度为 1,090~4,220 mg/l、硫酸根离子浓度为 311~850 mg/l。

5.2 坎儿井

(1) 坎儿井的现况

根据 2003 年的过去调查,过去在吐鲁番曾有过 1,127 条坎儿井,但到 2003 年为止,其中大部分枯竭,吐鲁番盆地能够利用的坎儿井有 420 条。本次的坎儿井利用现状调查是以上述 420 条坎儿井为中心开展的。

在本项目中,一方面掌握了这 420 条坎儿井的位置、流量、水质、农业利用率、枯竭废弃的原因等情况,另一方面对过去的坎儿井资料进行整理,求得了过去 10 年以乡镇为单位的坎儿井的条数和流量变化。还绘制了坎儿井的分布图以及坎儿井的水质(电导度)分布图。

(2) 坎儿井的水质

pH 的平均值为 7.6 整体来看坎儿井的水碱性略强。根据电导率与 TDS 以及硫酸根离子浓度相关关系推断、吐鲁番盆地内有大约 40% 的坎儿井水可能超过了危险指标不宜作为饮用水来利用。

(3) 坎儿井流量的历年变化

对 1994~2004 年的 11 年里坎儿井流量和坎儿井条数的变化进行了调查、坎儿井数在 1994 年为 586,以年平均 25.5 本速度减少、2004 年还有 331 本。而且,在这 11 年里坎儿井流量从 4.4 亿 m^3 减少了一半到 2.4 亿 m^3 。特别是鄯善县的达浪乡到 2001 年坎儿井全部消失。

5.3 机 井

(1) 机井数

在本项目中,在收集了水管所等全部与水井管理有关的资料之后对所有可以到达的水井地点进行了实测和访问调查。全部调查的水井数是 5,664 眼,其中到 2004 年调查时为止,正在利用和可利用的水井数是 5,254 眼。在上个世纪 70 年代吐鲁番盆地中的水井数不到 100 眼,从上个世纪 70 年代后半期水井数逐渐开始增加,从上个世纪 80 年代后期,新打水井的增加速度达 100 眼/年,上个世纪 90 年代后半期成为最大的水井数量增加期,其增数约为平均 400 眼/年。单看 1994~2004 年 11 年的机井数增加量在鄯善县最大。

5254 眼现存机井中的 5251 眼机井按利用目的区分,农业用 4,783 眼(91%)其他为生活用 148 眼、工业用 44 眼。工业用机井中包括以石油开发有关的机井。

(2) 机井抽水量

吐鲁番全地区的地下水抽取量 2004 年为 6.42 亿 m^3 比 1994 年的 3.16 亿 m^3 几乎增加了一倍。从不同区域来看,鄯善县最多,为 3.26 亿 m^3 ,约占一半,吐鲁番市 2.25 亿 m^3 ,托克逊县 0.91 亿 m^3 。地下水抽水量的季节性变化为 4~10 月的灌溉期多,11~3 月的非灌溉期少。

(3) 井水的水质

pH 的平均值为 7.7 略偏碱性。因为电导率与 TDS 以及硫酸根离子浓度相关，从电导率分布来看，TDS 和硫酸根离子浓度可能超过饮用水水质基准的机井为 1,118 眼 1,002 眼，分别占大约 24 %和大约 22 %。

对各深度段中的电导率参考值进行了比较，<100 m 和 100~160 m 的深度段区别不大，两者水质都不很好。但是深度超过 160 m 的水井的水质显示了明显的水质较好的趋势。

(4) 水井的所有者

吐鲁番盆地内全调查机井 5,664 眼之中 4,148 本(73.7 %)是以村或过去的生产队为单位的农业生产组织挖掘的。个人挖掘的水井也很多，为 1,229 眼(21.8 %)。其它还有为了城市共供水和各政府有关的机关、部门的需要挖掘的水井，但比例较小。

(5) 水井的深度和水位

机井深在 50~100 m 最多为 2,474 眼，其次为 100~150 m，有 1,925 眼，深度在 150 m 以上的机井为 528 眼，超过 300 m 的机井 11 眼。

(6) 水井的结构

吐鲁番盆地由于费用等方面的原因,机井的井管使用着各种材料。其中用价格便宜的水泥管做井管的井最多。在农业灌溉用水井的 4,897 眼中，实施止水工序的只有 8 眼，几乎所有机井均未止水。

5.4 水资源利用量

把泉水、坎儿井、机井水等的利用量和 14 河流导水量汇总，吐鲁番地区的不同用途的利用量，如表 5.1所示。

表 5.1 吐鲁番地区中水资源利用量（2003 年）

单位：百万 m³

	农业	工业	生活	其他	合计
河流水	626.2	0.5	5.2	8.8	640.6
泉	80.7	--	8.1	59.0	147.8
坎儿井	126.0	--	23.5	90	239.5
机井水	601.7	12.5	19.8	7.6	641.6
合计	1434.5	13.0	56.5	165.4	1669.5
割合	85.9 %	0.8 %	3.4 %	10 %	100 %

注：其他部分多为冬季（1月~3月）的坎儿井和泉水的放流水，也包括一部分水库的损失、林业、牧畜业、养鱼、旅游等的用水。

不同用途中用量最多的农业用水量按不同水源和不同县市汇总于表 5.2。

表 5.2 不同县·市农业用水量（2003 年）

单位：百万m³

	托克逊	吐鲁番	鄯善	合计
河流水	222.26	201.69	202.20	626.2
泉	1.1	74.4	5.2	80.7
坎儿井	21.60	58.57	45.87	126.0
机井水	82.0	211.9	307.8	601.7
合计	326.9	546.5	561.1	1434.5
割合	22.8 %	38.1 %	39.1 %	100 %

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样（合计 441 个样）进行了室内分析，分析项目数为 28 项。地表水的采样地点与河流流量的地点一致，泉水的采样地点按照在区域内均匀分布的原则而选择、坎儿井和机井的采样地点选择充分考虑了地域分布的均一性等条件小，进行了综合判断。

6.1 地表水的水质

14 条山区流入河流的水质良好。以盆地内的泉为水源的河流·水渠的水质有 TDS 高的问题、在一半以上的调查地点超过了饮用水水质基准（1,000 mg/l）。而且还有铁、锰、大肠菌超标的地点。

6.2 地下水的水质

在泉水里存在问题的项目有：可溶性物质(TDS)、钠(Na) 氯(Cl)、氟(F)、硫酸根离子(SO₄)、硬度、硝酸态氮(NO₃-N)、铅(Pb)和苯酚，其中和健康相关的项目是氟、硫酸根离子、硝酸态氮、铅以及苯酚。坎儿井和泉同样，超过中国饮用水水质标准项目的地点很多，作为饮用水利用时必须充分注意。在浅井（这里浅井是指井的深度在 70 m 以内）的井水质中有问题的项目为可溶性物质、钠、氯、氟、硫酸根离子、硬度、铁和锰等。而深井（这里深井指深度超过 70 m 的井）水的水质问题主要为硫酸根离子超标。其他虽然少也有 pH、TDS、Na、Cl、F、硬度、铁、锰、砷、苯酚、氟超标的地点。

6.3 地下水质的区域分布

绘制了浅层地下水和深层地下水的硫酸离子分布 TDS 等值线图和与健康相关问题的样品采集地点分布图。

第7章 地下水位调查

7.1 原有观测井和JICA观测井

吐鲁番盆地到现在仍在继续进行观测的地下水观测井为 32 眼。本项目对这些现有观测井的地下水位记录进行了收集整理并在项目实施期间进行了每月 4 次测定。在 9 眼 JICA 观测井中的 6 眼里设置了自记水位计进行连续观测。2 眼自喷井内设置水位·水压测定装置，1 眼 290 m 深的观测井以 2 天 1 次的间隔手动进行测定。

吐鲁番城市部附近的 2 眼观测井显示从 1988 年开始很长一段时期内地下水位比较安定，但从 2000 年开始有地下水位有逐渐下降的趋势。在 2000 年下半年新设了 5 眼观测井，所有这些观测井都在 2004 年夏季水位大幅下降。

在鄯善县，多个观测井都表明从 1996 年前后开始地下水位大幅下降。特别是位于鄯善县西南部南盆地的观测井记录到 1996 年以后地下水位年年下降，2004 年夏季水位下降异常。在鄯善县西南部，1996 年到 2004 年之间的地下水位下降量将近 15 m。

托克逊县虽然看不到鄯善县那种大幅的地下水位下降，但 1996 年前后开始地下水位有缓缓下降的趋势。在过去 10 年内水位下降量为 1~2 m，2004 年夏季水位下降了 2~3 m。

JICA 观测井的地下水位观测从 2004 年 11 月开始。

7.2 地下水位的平面分布

根据原有观测井的地下水位测定结果绘制了 2004 年 8 月的地下水位深度分布图和地下水位标高分布图。根据这些图件，汇总了吐鲁番盆地地下水位的平面分布线状况和地下水流动特征。

南盆地从南向北地下水位埋深逐渐变大，艾丁湖附近为 0~10 m。而在火焰山南麓和鄯善县西南部的达朗坎地区，地下水位埋深达 40 m 以上的部分很多。在北盆地地下水水面以比地形面更缓的坡度缓缓上升，从火焰山北麓到天山为 100~300 m。

在南盆地，地下水位标高以艾丁湖为中心，低于-150 米，地下水位标高等呈同心圆状分布，所以在南盆地地下水向艾丁湖附近流动。另一方面，在北盆地，天山山麓附近地下水位标高为 700~500 m，向火焰山北麓降低为 200~150 m，基本上呈由北向南流动。

第8章 地表水资源量评价

8.1 地表水资源量

吐鲁番地表水资源，根据流域的河流分布特征可以分成 4 大流域。即托克逊“2 河”流域、吐鲁番·鄯善 7 河流域、坎尔其河流域及库木塔格沙漠地区。

(1) 地表水资源生成量

在水文分析中，根据吐鲁番盆地内河流的实测结果并参考周围地区的径流量调查结果，制作了吐鲁番盆地内多年降雨量等值线分布图和径流量等值线分布图。利用这些图

件，将吐鲁番盆地周围的山区作为标高分区的流域和该区对应的径流量的流域，算出了各区的地表径流量（表 8.1）。

表 8.1 吐鲁番地区内生成的地表水资源量

面积单位：km²；流出高单位：mm；流量单位：10⁸m³

流域	面积	地表水资源量		比例（%）
		年径流深	年流量	
托克逊2河流域	9,688	6.9	0.6663	10.9
吐·鄯7河流域	12,838	38	4.873	79.4
坎尔其河流域	8,035	6.8	0.5454	8.9
库木塔格沙漠地域	36,178	0.1	0.0529	0.8
全 区	66,739	9.2	6.137	100

(2) 地表水的流出流入量

吐鲁番与相邻行政区划之间的河流地表水的流出入量见表 8.2。

表 8.2 吐鲁番地区的地表水流入量

流域	流入河流	流入水量 (10 ⁸ m ³)	发源地
托克逊2河流域	鱼尔沟	0.4522	乌鲁木齐市
	祖鲁木图沟	0.0486	和硕县
	乌斯通沟	0.1392	和硕县
	阿拉沟河	1.275	和静县
	白杨河	1.355	乌鲁木齐市
吐鲁番·鄯善7河流域	大河沿河	0.2366	乌鲁木齐市
合计		3.507	

(3) 河流流量

将吐鲁番盆地生成的地表水资源量和流出流入量相加，就是吐鲁番地区的河流径流量。各流域的河流径流量见表 8.3。

表 8.3 吐鲁番盆地的水资源量及河流径流量

流域单位：km²；资源量及流量单位：10⁸m³/年

流域	面积	资源量	流入量	流出量	河流流量
克逊2河流域	9,688	0.6663	3.2704	0.0786	3.8581
吐·鄯7河流域	12,838	4.873	0.2366	--	5.1096
坎尔其河流域	8,035	0.5454	--	--	0.5454
库木塔格沙漠地域	36,178	0.0529	--	--	0.0529
合计	66,739	6.137	3.507	0.0786	9.566

(4) 地表水资源特徵

吐鲁番地区的河流具有河床坡度陡峻、河道较短、水量较小等特点，柯柯亚河和煤窑沟河以及集水区域在吐鲁番地区以外的阿拉沟河和白杨河流域内因为长年积雪和冰川较多，所以流量较大，河道也较长。这些河流的流量是由融雪水、所构成。与之相比，吐鲁番地区内比较小的河流的流量主要由山区降雨和地下水补给而形成。

吐鲁番地区的河流在山区形成流入盆地，在平原区消耗。除了一部分河流（白杨河等），河流流出山口后，经过较短的流动便渗入广大而且巨厚的冲击层内转化为地下水。现在河流流量的大部分都经水渠引入盆地内，主要用于农业灌溉。

吐鲁番地区内的地表水资源，在东西南北的分布都不均匀，降水量和长年积雪都有，由西向东和由南向北减少的趋势。所以，地区内形成的地表水资源西多东少，北多南少。而且，吐鲁番地区以外的流入量都集中于西部，所以水资源量和流量在东西呈现很大差别。

8.2 地表水利用现状

吐鲁番地区的地表水利用主要源于 14 条常年河流，河水的利用主要通过水库和水渠进行水量的调节、分配等。

(1) 水 库

吐鲁番地区内蓄水容量在 20 万 m^3 以上的水量库有 14 座，总蓄水能量为 8,895 万 m^3 。

(2) 干 渠

吐鲁番盆地内 14 条常年河上都建了水库或干渠。干渠的利用时间多在 3 月~11 月之间。冬季河流水量较小，在到达干渠之前就渗透到了地下。冬季即便有可以到达干渠的径流量，也不会将河水放入水渠内而是放入自然河道，以防止冬季气温低造成流入水渠的水冻结，从而给水渠造成损害。

在吐鲁番盆地，水利设施的建设开始于 1950 年代的取水闸、干渠等，持续到 1970 年代。1980 年代之后，将建设重点从新建取水闸、干渠和支渠等转向对现有水渠的维护和提高衬砌率。

水渠总延长在 1990 年为 4,460 km，在 2000 年年增加为 5,197 km。1990 年的衬砌长度为 1,850 km，衬砌率为 41.5%。2000 年水渠总长增加为 5,197 km，衬砌率为 80 %。

(3) 地表水利用现况

2001 年开始吐鲁番地区按照新疆维吾尔自治区水资源管理政策、实施以农户为单位的供水管理（供水到户）。本项目以各水管理所的用水费帐簿为基础汇总了各县市的灌溉用水量。

8.3 地表水开发潜力评价

吐鲁番地区由区内降雨形成的地表水资源量为 6.1 亿 m^3 /年, 包括流入水量在内的河流径流量为 9.6 亿 m^3 /年。其中库木塔格沙漠地区的季节河和其他流域的季节河等只在丰水期出现的洪水流量从可利用水资源中删除, 可利用河流径流量为大约 8.7 亿 m^3 /年。现利用量为大约 6.5 亿 m^3 /年、约占全地区可利用量的 74 %。

表 8.4 大流域分区水资源量、河流径流量和现利用量

单位: 10^8m^3

流域	地表水资源量	河流流量	利用可能河流流量	现状利用量	利用率
托克逊2河流域	0.6663	3.858	3.458	2.263	65.5 %
吐·鄯7河流域	4.873	5.110	4.976	3.912	78.6 %
坎尔其河流域	0.5454	0.545	0.289	0.289	100 %
库木塔格沙漠地域	0.0529	0.053	0	0.000	0 %
全 区	6.137	9.566	8.723	6.464	74.1 %

吐鲁番·鄯善 7 河流域拥有吐鲁番盆地的社会和经济中心, 所以可以认为是吐鲁番地区最重要的地区。但可利用地表水资源量约 5 亿 m^3 /年中, 已经开发约 4 亿 m^3 /年, 利用率大约为 80 %。还有大约 1 亿 m^3 /年开发余力。其主要部分在大河沿河, 而大河沿河是一部分从吐鲁番外的流域流入的, 所以该河流的地表水开发需要与上游区域进行调整。

在托克逊 2 河流域, 河流表流水的开发率为约 65.5 %, 未开发水量为约 1.2 亿 m^3 /年, 集中于白杨河和阿拉沟河。白杨河流域已经建有红山水库, 所以水库规划以阿拉沟河为主。

第9章 地下水资源评价

9.1 地下水资源评价方法

(1) 地下水模拟

为了对吐鲁番盆地有限的水资源进行合理管理, 保证持续而有效的利用就需要掌握地表水和地下水一体化的流域整体的水循环。

本项目建立了通过“补给”实现地表水系和地下水系一体化的模型, 利用模型分析动态地掌握了整个流域的水循环、地下水流动及地下水水质分布。进而设定各种将来变化条件对各种情况变化所带来的未来的地下水变动进行了预测。根据预测结果进行了持续有效地利用及合理管理地下水资源的规划。

(2) 地下水模型的应用方法

本项目在研究吐鲁番盆地的水文地质条件、各种数据的可利用性的基础上, 设定了模拟分析的目标, 根据各种模型的优缺点、建立了表 9.1所示的 3 种地下水模型。

表 9.1 本项目中建立的地下水模拟模型

模型名称	目的
广域三维模型	用于分析吐鲁番盆地全区的广域三维地下水流动
断面二维模型	用于详细分析吐鲁番盆地中部南北方向及南盆地东西方向的断面地下水流动
局部三维模型	用于分析地下水破坏明显的南盆地东部详细的三维地下水流动、水质分布等

9.2 地下水补给量的推算

(1) 地下水补给量的意义

在吐鲁番盆地，地下水的潜在补给量可以考虑为由山区河流流入盆地的地表水和山区基岩渗入盆地的地下水所构成的，所以，以山区河流量为基础对盆地内各河流域的水收支进行了探讨。

(2) 地表水系模型的区分

为了计算从地表水系的补给量，地表水系模型把地表水系模型划分为了自然河流系、导水渠系和灌溉农田系。

(3) 实际地下水补给量的计算结果

在以上各系统中，包括河流、水渠的渗透量，灌溉农田的浸透量、泉·坎儿井流出量构成了最大可能补给量。从中扣除作物蒸腾和土壤蒸发的损失量求得的模型各网格的实际补给量。1994~2003 年的每年的实际补给量、从 2001 年的 5.68 亿 m^3 到 1994 年的 6.66 亿 m^3 之间变动、10 年平均约为 6.20 亿 m^3 。

(4) 地下水抽水量和地下水补给量的比较

吐鲁番盆地内地下水补给量和抽水量的比较结果图 9.1所示。1994 年无论冬季还是夏季几乎在全年内的各个月分里地下水补给量都超过地下水抽水量、但在 1997 年左右夏季的抽水量超过了补给量、1999 年以后夏季全部月分的抽水量都大于补给量。以上结果说明、吐鲁番地下水盆的水收支在近年夏季中出现了赤字、成为引起夏季地下水位下降的原因。而且，从全年地下水补给量与抽水量的收支来看，2001 年以后一直为「赤字」。

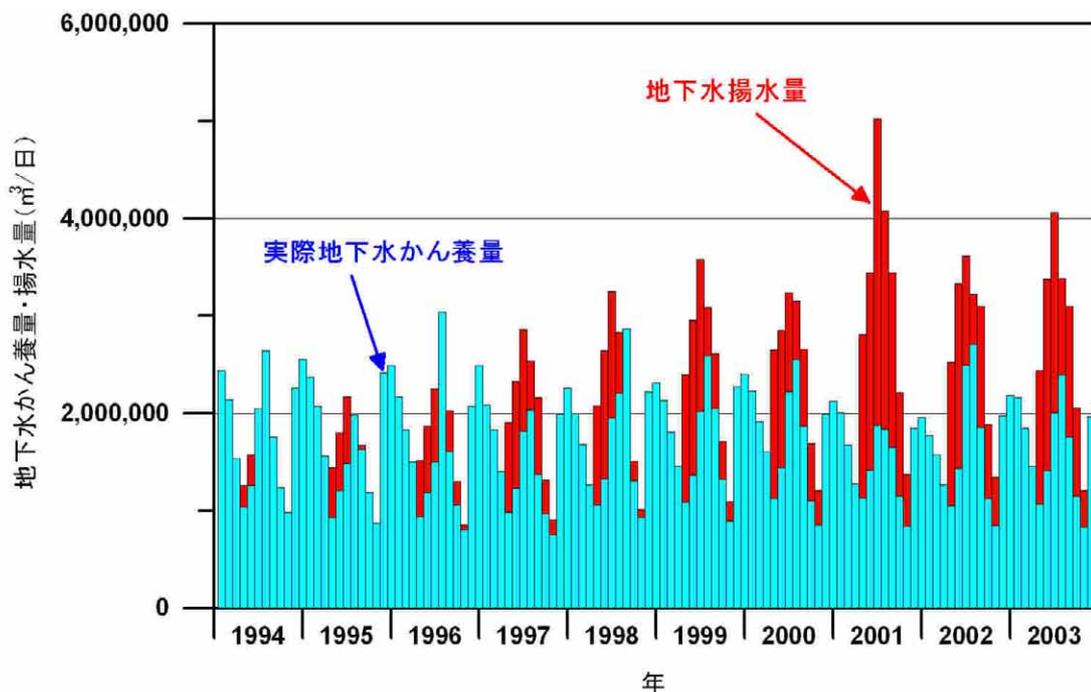


图 9.1 地下水抽水量和补给量的比较

9.3 广域三维模型

(1) 模型的构造

广域三维模型的模型平面网格，按照能覆盖整个吐鲁番地下水盆进行了设定。模型在为东西方向 253 km 南北方向为 100 km。各网格的平面大小定为 1 km×1 km。广域三维模型的断面结构，在深度方向上也是设计为可以立体覆盖吐鲁番地下水盆的 22 层结构。

吐鲁番地下水盆的北盆地和南盆地之间通过吐鲁番城市部附近的地下通道连接，模型构造反映了地下水经这一通道从地下水盆的北盆向南盆流入的构造。

(2) 模型的验证

广域三维模型的验证是通过把 1994 年 1 月到 2003 年 12 月之间不同月分的时系列数据输入进行非稳定流计算而完成的。基础对比资料为现存地下水观测井的地下水位。

图 9.2 表示了最终步长即第 120 步长（2003 年 12 月）时的地下水面分布标高分布。可以认为本项目建成的模型充分再现了吐鲁番盆地地下水位的分布特征。

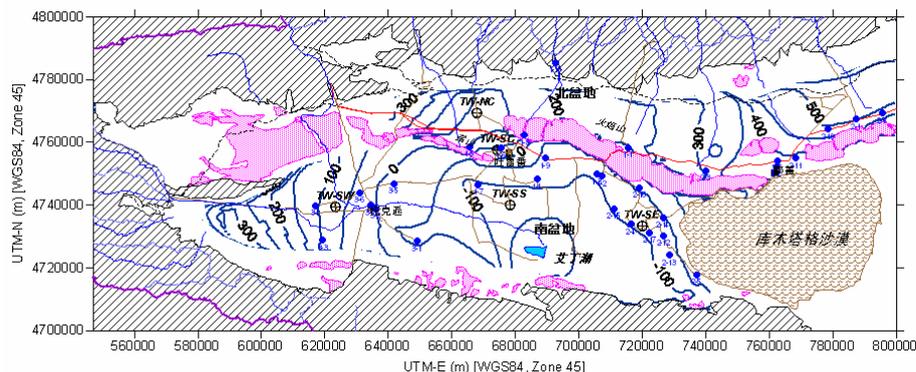
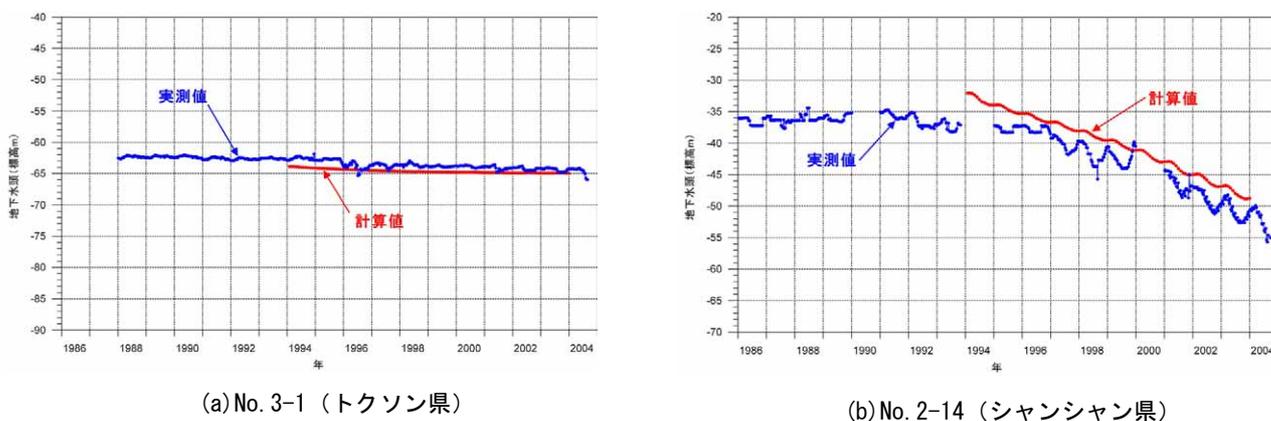


图 9.2 计算地下水位标高分布图（120 步长、2003 年 12 月）

图 9.3给出了通过模型计算的地下水位和实测地下水位比较的结果，可以认为模型基本上再现了地下水位的变化幅度以及长期变化特征。



(a) No. 3-1 (トクソン県)

(b) No. 2-14 (シャンシャン県)

图 9.3 计算地下水位和实测地下水位的比较

(3) 向吐鲁番地下水盆的地下水流入量

用在本项目中建立且验证过的广域三维模型、对流入吐鲁番盆地的地表水起源的地下水补给量和基岩的直接地下水流入量进行了计算的结果如表 9.2所示。

表 9.2 流入吐鲁番盆地的地下水量计算结果（1994~2003 年）

	最小 (亿m ³ /年)	最大 (亿m ³ /年)	平均 (亿m ³ /年)
地表的补给量	5.68	6.66	6.20
基岩区的流入量	2.17	2.88	2.45

9.4 断面二维模型

(1) 断面二维模型的结构

断面二维模型为了具体研究吐鲁番盆地的断面方向的地下水流动而制作。沿着南盆地的东西断面和盆地中部的南北断面建立了 2 个模型。

南盆地东西方向的断面二维模型构造图。所模型化的区域为水平方向 170 km，垂直方向在标高 1,200~600 m 的范围，各网格的大小设定成了水平方向上 1 km，垂直方向上 20 m。

吐鲁番盆地南北方向的断面二维模型的模型化的区域为水平方向 85 km，垂直方向在标高 1,200~600 m 的范围，各网格的大小设定成了水平方向上 1 km，垂直方向上 20 m。

(2) 断面二维模型的验证

断面二维模型的验证验证计算结果如下图所示。

在南北断面模型中，地下水面的分布形状比地形面的倾斜缓和、越向盆地北部地下水埋深越大。另一方面，在北盆地南缘地下水埋深减小，同时由于地形倾斜减缓，即可形成泉水流出，从北盆地向南盆地过渡的区域开始，在南盆地含水层被分为数层，以透水系系数低的加压层为界，产生上下含水层之间的水头差。

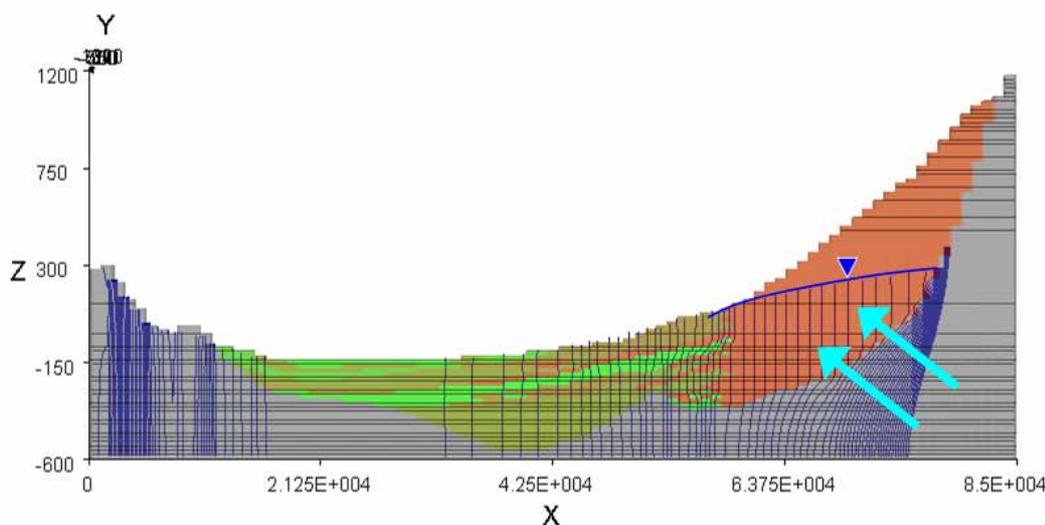


图 9.4 南北方向断面二维模型验证计算结果

9.5 局部三维模型

局部三维模型，以吐鲁番盆地南地下水盆东部的达朗坎地区为对象构建而成。所模型化的地区在东西 25 km、南北 35 km 的范围，北边含火焰山，东边含库木塔格沙漠。局部三维模型所涵盖的地区，以鄯善县西南部的鲁克沁镇为主，还有达浪坎乡、迪坎乡、吐峪沟乡等，都是农业发达的地区，但在 2004 年夏地下水位异常低，许多水井出现井水枯竭、抽水量减少等现象。在南部的迪坎乡沙漠化不断发展，居民不得不搬迁。在局部三维模型中，也以是否能够再现地下水位和流动，对模型进行了验证。

第10章 水资源利用管理基本规划

10.1 吐鲁番盆地的水收支

吐鲁番盆地是封闭性盆地、比较全体流入量和全体流出量即可得知在现状条件下流入

量（河流流入量+地下水流入量）为 12.7 亿 m^3 、而流出量（水利用蒸发量（主要为灌溉用水蒸发量）+引水渠蒸发量+地下水蒸发量）为 15.1 亿 m^3 、有 2.4 亿 m^3 的赤字。

10.2 水资源利用管理的课题

吐鲁番地区水资源利用管理的课题汇总于以下 6 个项目。

- (1) 地表水资源的开发及区域分配
- (2) 地下水资源的保护和合理利用
- (3) 普及节水技术
- (4) 保护生态环境
- (5) 保护坎儿井
- (6) 地下水监测

10.3 社会经济框架

人口和经济成长都是在很大程度上决定吐鲁番地区的水资源将来需要的宏观的因子。在吐鲁番地区生产总值额之中农业生产的所占比例根据 2003 年的统计包括服务业也不超过 19 %。但是、农业用水量在全体水资源利用量中占 90% 以上、伴随经济成长，第 1 产业（农业）的比例如何变化、农业用水如何变化是决定吐鲁番地区水资源需要的最大因子。所以、本项目根据人口以及 GDP(国内生产总值)、对灌溉面积进行将来预测。

10.4 水资源需要预测

根据社会经济框架，对到 2020 年为止的生活用水、工业用水进行了预测。与一起设定了方案，对各方案考虑了提高利用效率进行了预测，农业用水以灌溉面积的预测结果为基础设定 3 方案，分别预测了维持现状利用效率的方案和通过节水提高利用效率向上的用水量。预测结果如表 10.1 所示。

表 10.1 目标年的水需要预测结果

单位：百万 m^3 /年

预测年	现况	2010 年	2015 年	2020 年	备注
生活用水	20.2	23.6	27.5	31.6	定额法（利用量）
	35.0	40.1	44.0	47.4	修正值（取水量）
工业用水	13.2	16.2	17.3	20.7	
农业用水方案 1	1,449.2	1,830.2	1,893.7	1,932.0	利用效率维持现状
		1,703.7	1,648.9	1,584.1	利用效率向上
农业用水方案		1,585.6	1,588.0	1,597.0	利用效率维持现状
		1,476.2	1,384.7	1,312.5	利用效率向上
农业用水方案		1,449.2	1,449.2	1,449.2	利用效率维持现状
		1,349.4	1,263.9	1,188.9	提高利用效率
其他	177.9	177.9	177.9	177.9	

10.5 容许抽水量和容许地下水位的概念

这里所谓「容许抽水量」由日本的水收支研究团队在 1972 年进行过如下定义「有关区域的居民考虑了从地下水抽水中所获得的利益和损失之后、能够接受的地下水的可能抽水量」。也就是说、所谓「容许抽水量」、不仅要从地下水盆的水收支均衡的自然科学的观点、还包括考虑由于地下水抽水给当地居民带来的利益和损失的平衡这样一种社会科学的概念。

吐鲁番盆地的地下水资源很有限，如果无秩序地进行开发，就会发生地下水位下降、随之发生水井和坎儿井的枯竭、地下水水质变化及其扩大等。为了控制这些与地下水相关的问题的扩大，使地下水资源可以持续利用，就需要在盆地内各区域设定「容许地下水位」。根据这一「容许地下水位」所限制的可能的地下水抽水量作为目标，探讨地下水抽水的优先顺序和区域分配。

10.6 基于广域三维模式的预测

考虑了到 2020 年为止的水资源需要量、节水对策和导水工程的效果，设定了 13 个抽水方案以及 2 个理想方案，通过广域三维地下水模型进行了地下水位预测。根据预测结果求得了能够实现目标地下水位（容许地下水位）条件的容许抽水量。容许标准以及容许抽水量如下表所示

表 10.2 容许条件和容许抽水量

地 域	基准观测井 序号	现状 地下水位	目标 地下水位	容许标准		2020年
		(2003年)	(2020年)		备注	容许抽水量
吐鲁番市	现存观测井 1-6	-18.2m	-18.2m	坎儿井 维持		1.07亿m ³
		-19.6m	-19.6m			
鄯善县 北部	现存观测井 2-3	-15.0m	-15.0m	坎儿井 维持		1.07亿m ³
		-19.9m	-19.9m			
鄯善县 南部	现存观测井 2-14	-31.5m	-56.0m	防止地下 水全面枯 渴	緩和地下 水位下降 速度	0.74亿m ³
		-39.5m	-56.7m			
托克逊县	现存观测井 3-2	-4.6m	-4.6m	维持现状 (有开发 余力)	有一部分 下降区域	0.91亿m ³
		-6.1m	-6.1m			

* 上段：最高水位、下段：最低水位

10.7 水资源利用管理施策和项目的展开

为了解决吐鲁番地区水资源利用管理课题、展开水管理的对策和项目。

(1) 基本目标

2020 年在吐鲁番盆地的达到容许抽水量 3.79 亿 m^3 /年，保证地下水的可持续利用。

(2) 基本方针

水资源利用管理基本计划（总体规划）的方针为以下 4 条。

1. 推行节水措施
2. 建设水库增强水源，促进补给保护水源
3. 成立居民参加的流域协商会议，实现合作开发和管理流域内水资源
4. 补充完善和正确执行法规制度

(3) 实现目标的措施及其展开

根据基本方针为了实现 2020 年目标规划了如下项目措施。

1. 节水灌溉展示项目、推行节水措施
2. 现存水库规划的促进
3. 盆地西部井群的地下水开发
4. 调蓄洪水补给地下水
5. 保护坎儿井
6. 地下水监测（水文水资源局之外的居民参与的地下水监测）
7. 设立流域协商会（先设立地下水协商会）
8. 启蒙·普及活动
9. 补充完善和执行法规制度（为促进节水工作的制度完善、自治区取水许可制度实施细则的完善和落实）

(4) 优先项目

各项对策和项目之中，以下 4 项目为优先项目。

1. 节水展示工程
2. 阿拉沟水库和其他水库的建设
3. 盆地西部机井群开发
4. 居民参与的地下水监测

(5) 总工程费

把本计划中花费最高的水库建设和节水灌溉推广（重点节水计划）两项合计，因重点节水计划方案的组合而异，将需要 13.1 亿元到 16.7 亿元的投资。

10.8 项目评价

根据对本规划从财务、经济、技术和环境的观点进行评价的结果，可以判断本规划具有实施可行性。

第11章 结论和建议

11.1 结 论

通过本项目得到了吐鲁番地下水盆、水资源利用量、坎儿井现况、地下水的水位和水质、生态环境、地下水资源可持续的利用量、吐鲁番盆地的地水收支等明确的结论。根据这一结果制定了在吐鲁番盆地以地下水可持续利用为目标水资源利用管理规划。

11.2 建 议

根据调查结果进行以下方面建议。

- (1) 关于水资源利用
 - 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) 关于水质
 - 保证安全的饮用水供给
 - 防止含水层污染
 - 微盐水的有効利用
 - 強化水质观测
- (3) 关于优先项目的财务
 - 保证项目独自核算系统
 - 完善制度
 - 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	地 质	2-1
2.1.3	气 象	2-2
2.1.4	河流和坎儿井	2-3
2.1.5	水理地质和地下水	2-3
2.2	社会经济条件	2-8
2.2.1	行政区划	2-8
2.2.2	人 口	2-8
2.2.3	经 济	2-9
3	水文调查	3-1
3.1	调查方法	3-1
3.1.1	气象资料的收集和分析	3-1
3.1.2	河流流量观测	3-1
3.1.3	河流流量分析	3-1
3.1.4	洪水影响范围分析	3-1
3.1.5	盆地内蒸发损耗量分析	3-2
3.2	气象资料的收集和解析	3-3
3.2.1	基本资料及插补	3-3
3.2.2	系列代表性分析	3-4
3.2.3	降水量的年内分配及年际变化	3-9
3.2.4	水文区分	3-13
3.2.5	降水时间序列的建立	3-16
3.2.6	各流域分区不同保证率降水量计算	3-18
3.3	河流流量调查	3-20
3.3.1	山区河流调查	3-20
3.3.2	平原地区的河流和水渠调查	3-26
3.3.3	建设新的水文观测站	3-31
3.4	地表径流	3-36
3.4.1	基本资料	3-36
3.4.2	年径流的还原计算	3-37

3.4.3	资料的插补延长	3-37
3.4.4	年径流系列的代表性分析	3-41
3.4.5	年径流统计参数的确定	3-43
3.4.6	统计参数的稳定性分析	3-45
3.4.7	年径流的补给与组成	3-46
3.4.8	径流的地区分布及年内分配、年际变化.....	3-48
3.4.9	主要河流年径流量	3-51
3.4.10	地表水资源量计算	3-53
3.4.11	流出入区水量	3-55
3.4.12	各分区天然径流系列和地表水资源系列的建立.....	3-55
3.5	洪水影响范围解析	3-60
3.5.1	洪水的成因分析	3-60
3.5.2	洪水的种类以及特性	3-60
3.5.3	洪水的历史纪录	3-62
3.5.4	洪水灾害	3-63
3.5.5	洪水影响范围	3-64
3.6	盆地内蒸发消耗量解析	3-66
3.6.1	水面蒸发	3-66
3.6.2	陆面蒸发	3-70
4	水文地质构造	4-1
4.1	调查方法	4-1
4.2	地形与地质	4-2
4.2.1	地形	4-2
4.2.2	地质	4-4
4.2.3	第四纪地质	4-7
4.2.4	地质构造	4-7
4.3	物探工作结果	4-21
4.3.1	物探工作实施体制与工期	4-21
4.3.2	工作方法	4-21
4.3.3	TEM时间域瞬变电磁测深法的原理、观测仪器及解析方法	4-22
4.3.4	反演结果	4-23
4.3.5	视电阻率构造的平面分布特征	4-26
4.3.6	电阻率构造的剖面分布	4-27
4.3.7	有关成果的探讨	4-29
4.4	钻探调查结果	4-49
4.4.1	调查实施体制和工程	4-49
4.4.2	钻探地点和数量	4-49
4.4.3	钻探柱状图	4-50
4.4.4	物探测井	4-53
4.4.5	钻孔构造和地下水位	4-56
4.5	抽水试验结果	4-75
4.5.1	试验实施方法	4-75
4.5.2	试验分析方法	4-77
4.5.3	阶段抽水试验的分析结果	4-79
4.5.4	连续抽水试验·恢复试验的分析结果.....	4-82

4.5.5	新观测井的含水层系数	4-87
4.6	基底构造	4-108
4.6.1	深层部的基底构造	4-108
4.6.2	水文地质基底构造	4-109
4.7	水文地质和含水层单元	4-118
4.7.1	分析方法	4-118
4.7.2	钻探井的基本层序对比	4-118
4.7.3	根据基本断面分析基本层序	4-120
4.7.4	根据试掘结果进行水文地质划分和含水层单元认定.....	4-121
5	水资源利用状况调查	5-1
5.1	调查方法	5-1
5.1.1	调查对象的划分	5-1
5.1.2	收集资料	5-2
5.1.3	现场调查	5-2
5.1.4	调查实施单位以及调查实施时间	5-3
5.2	泉	5-5
5.2.1	泉的形成以及分布	5-5
5.2.2	泉流量	5-5
5.2.3	泉的访问调查结果	5-8
5.2.4	泉的水质	5-9
5.3	坎儿井	5-14
5.3.1	坎儿井的现状	5-14
5.3.2	坎儿井的水质	5-27
5.3.3	坎儿井的历史	5-30
5.4	水井	5-38
5.4.1	水井数	5-38
5.4.2	水井的抽水量	5-42
5.4.3	水井的使用与分类	5-49
5.4.4	井水的水质	5-52
5.4.5	水井的所有权	5-57
5.4.6	水井的深度和水位	5-58
5.4.7	水井的结构及相关设施	5-60
6	水质调查	6-1
6.1	调查方法	6-1
6.1.1	背景	6-1
6.1.2	调查对象·数量及实施期间	6-1
6.1.3	调查项目以及调查方法	6-2
6.2	地表水的水质	6-8
6.2.1	从山区流入的河流	6-8
6.2.2	盆地内的河流以及水渠	6-8
6.2.3	地表水的安全性评价	6-9
6.3	地下水的水质	6-13
6.3.1	泉	6-13

6.3.2	坎儿井	6-18
6.3.3	井 水	6-23
6.4	地下水质的区域分布	6-32
6.4.1	浅层地下水	6-32
6.4.2	深层地下水	6-32
6.4.3	根据新观测井的含水层的水质比较	6-33
6.5	水质调查的总结	6-42
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	7-5
7.2	原有观测井	7-8
7.2.1	吐鲁番市	7-8
7.2.2	鄯善县	7-8
7.2.3	托克逊县	7-8
7.3	JICA观测井	7-14
7.4	地下水位的平面分布	7-15
7.4.1	地下水位深度分布图	7-15
7.4.2	地下水位标高分布图	7-15
8	地表水资源量评价	8-1
8.1	评价方法	8-1
8.1.1	地表水资源的评价方法	8-1
8.1.2	地下水资源的评价方法	8-1
8.2	地表水资源量	8-2
8.2.1	流域分区地表水资源生成量	8-2
8.2.2	吐鲁番地区地表水的流出流入量	8-2
8.2.3	吐鲁番地区的河流径流量	8-3
8.2.4	地表径流水资源的特征	8-4
8.2.5	地表水资源量的评价	8-5
8.3	地表水利用现状	8-7
8.3.1	水 库	8-7
8.3.2	干 渠	8-9
8.3.3	地表水利用现状	8-11
8.3.4	地表水利用类型	8-13
8.4	地表水开发潜力评价	8-19
8.4.1	吐鲁番·鄯善7河流域	8-19
8.4.2	托克逊2河流域	8-19
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	地下水模型的应用方法	9-1

9.1.3	所使用的模拟解析程序和原理	9-2
9.1.4	地下水模型的建模方针	9-4
9.1.5	地下水模型的概要	9-8
9.2	地下水补给量的推计	9-10
9.2.1	吐鲁番盆地中地下水补给量的意义	9-10
9.2.2	吐鲁番盆地内河水的水循环和水收支	9-11
9.2.3	不同模型网格地下水补给量的基本推算方针	9-14
9.2.4	不同常年河水系的地下水补给量的推算方法	9-15
9.2.5	地下水补给量推算的目标	9-17
9.3	地下水抽水量的计算	9-30
9.3.1	地下水抽水量的基础资料	9-30
9.3.2	不同网格·不同标高的抽水量统计	9-30
9.3.3	地下水抽水量的统计结果	9-30
9.4	水文地质参数	9-39
9.4.1	地下水模拟所需参数	9-39
9.4.2	单位涌水量	9-40
9.4.3	透水量系数和渗透系数	9-42
9.4.4	贮水系数	9-48
9.5	广域三维模型	9-54
9.5.1	广域三维模型的结构	9-54
9.5.2	边界条件	9-55
9.5.3	模型的验证	9-59
9.6	断面二维模型	9-71
9.6.1	断面二维模型的结构	9-71
9.6.2	水文地质条件的模型化	9-72
9.6.3	补给量和抽水量的输入	9-73
9.6.4	断面模型的边界条件	9-74
9.6.5	断面模型的验证计算	9-76
9.7	局部三维模型	9-86
9.7.1	局部三维模型的构造	9-86
9.7.2	边界条件	9-88
9.7.3	补给量和抽水量	9-88
9.7.4	模型的验证	9-94
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	地表水资源的开发及区域分配	10-2
10.2.2	地下水资源的保护和适当利用	10-3
10.2.3	普及节水技术	10-4
10.2.4	保护生态环境	10-5
10.2.5	坎儿井的保护	10-6
10.2.6	地下水监测	10-7
10.3	计划的基本方针和目标	10-9

10.4	社会经济框架	10-13
10.4.1	人口	10-13
10.4.2	GDP (国内总产值)	10-16
10.4.3	灌溉面积	10-19
10.5	水资源需要预测	10-21
10.5.1	水资源需要预测的前提条件	10-21
10.5.2	水资源利用现状	10-22
10.5.3	各领域的水需要预测	10-33
10.6	容许抽水量和容许地下水位的概念	10-41
10.6.1	容许地下水位的概念和必要性	10-41
10.6.2	应用于地下水资源利用管理规划	10-42
10.6.3	容许地下水位的设定方法	10-42
10.6.4	综合规划的制定程序	10-44
10.7	容许地下水位的设定 (初案)	10-47
10.7.1	设定容许地下水位的前提条件	10-47
10.7.2	暂定容许地下水位	10-47
10.8	基于广域三维模式的预测	10-50
10.8.1	地下水抽水计划方案	10-50
10.8.2	与预测相关的基本因素	10-53
10.8.3	基本方案	10-54
10.8.4	各措施因素评估方案	10-55
10.8.5	引水项目的效果探讨	10-56
10.8.6	基于各种方案的预测	10-57
10.8.7	预测结果的分析和评价	10-64
10.8.8	容许抽水量 (可持续抽水量)	10-65
10.9	水资源利用管理施策和项目的展开	10-118
10.9.1	规划的基本目标	10-118
10.9.2	基本方针	10-118
10.9.3	实现目标的措施及其展开	10-122
10.9.4	节水对策工程	10-134
10.9.5	优先项目	10-137
10.9.6	规划的运营和维持管理	10-162
10.9.7	总项目费	10-167
10.10	项目评价	10-171
10.10.1	水利局的财务现状分析和评价	10-171
10.10.2	优先项目的财务以及社会经济评价	10-175
10.10.3	技术评价	10-194
10.10.4	环境影响评价	10-195
10.11	实施计划	10-209
10.11.1	推行节水措施	10-209
10.11.2	水源增强·保全	10-209
10.11.3	流域合作与成立协商会议	10-210
10.11.4	建设和完善法规制度	10-210
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 2.1.1	吐鲁番地区地形分区	2-1
表 2.1.2	吐鲁番地区气象要素统计表	2-2
表 2.1.3	1985-1995年10年主要气象要素平均值(托克逊)	2-2
表 2.1.4	1985-1995年10年主要气象要素平均值(鄯善北盆地)	2-2
表 2.1.5	1985-1995年10年主要气象要素平均值(鄯善南盆地)	2-2
表 2.2.1	吐鲁番地区的行政划分	2-8
表 2.2.2	吐鲁番地区的人口规模	2-8
表 2.2.3	面积以及人口密度(2003年)	2-8
表 2.2.4	民族构成(2003年)	2-9
表 2.2.5	分类人口统计(2003年)	2-9
表 2.2.6	吐鲁番地区过去的经济成长(%)	2-10
表 2.2.7	不同农业生产额构成比例的变化(%)	2-11
表 2.2.8	不同农业生产额的变化(万元)	2-11
表 2.2.9	2003年不同类别农业生产额(单位:万元)	2-11
表 3.2.1	选用站实测资料年数统计表	3-4
表 3.2.2	评价区选用站降水量插补情况一览表	3-4
表 3.2.3	代表站年降水量分段统计表	3-5
表 3.2.4	评价区选用站连续最大四个月降水量统计表	3-9
表 3.2.5	评价区主要选用站多年平均实测降水量四季分配表	3-11
表 3.2.6	选用站实测年降水量最大、最小统计表	3-12
表 3.2.7	调查区域中观测站年降水量变差系数表	3-13
表 3.2.8	各行政分区降水量表	3-13
表 3.2.9	各流域分区降水量表	3-14
表 3.2.10	托克逊两河河区不同标高降水量统计表	3-14
表 3.2.11	各分区降水系列代表站选用表	3-16
表 3.2.12	吐鲁番地区各流域分区降水时间序列表	3-17
表 3.2.13	评价区各流域分区不同保证率年降水量表	3-18
表 3.3.1	河流流量调查实施状况	3-20
表 3.3.2	山区常年有水河流流量调查地点概要	3-21
表 3.3.3	白杨河丰水期流量观测表	3-23
表 3.3.4	山区河流流量调查结果	3-24
表 3.3.5	平原区河流·渠道流量调查地点概要	3-27
表 3.3.6	平原区河流·渠道流量调查结果	3-28
表 3.3.7	流量损失率计算表	3-30
表 3.4.1	吐鲁番地区基本水文站一览表	3-36
表 3.4.2	吐鲁番地区专用水文站一览表	3-36
表 3.4.3	径流选用站基本情况一览表	3-37
表 3.4.4	吐鲁番地区径流选用站多年平均天然径流量插补订正一览表	3-40
表 3.4.5	评价区选用站年径流量长短系列统计参数比较表	3-45
表 3.4.6	代表河流流量成分分割结果	3-48
表 3.4.7	吐鲁番盆地内代表河流的年内变化分析结果	3-50
表 3.4.8	代表河流和计算对象河流的对应	3-51
表 3.4.9	吐鲁番地区主要河流年径流量特征值统计表	3-52
表 3.4.10	吐鲁番地区流域分区地表水资源量统计表	3-54
表 3.4.11	吐鲁番地区行政分区地表水资源量统计表	3-55

表 3.4.12	吐鲁番地区出、入区水量一览表	3-55
表 3.4.13	代表观测站的选择结果	3-56
表 3.4.14	不同行政区划代表观测站的选择结果	3-56
表 3.4.15	各流域分区地表水资源量系列表(10^8 m^3)	3-57
表 3.4.16	各行政区地表水资源量系列表(10^8 m^3)	3-58
表 3.5.1	吐鲁番盆地50 m ³ /s以上的河流流量纪录表(到2000年为止)	3-62
表 3.5.2	1980年~2000年21年的较大3次洪水流量一览	3-63
表 3.6.1	蒸发量资料收集状况及蒸发量换算结果	3-67
表 3.6.2	调查区域中蒸发能的年内变化	3-69
表 3.6.3	蒸发能的年际变化表	3-70
表 3.6.4	吐鲁番地区径流形成区陆面蒸发量(水资源分区)	3-71
表 3.6.5	吐鲁番地区径流形成区陆面蒸发量(行政分区)	3-71
表 3.6.6	潜水蒸发系数表	3-72
表 4.2.1	吐鲁番盆地地层表	4-6
表 4.2.2	构造简表	4-9
表 4.3.1	物探工作实施体制	4-21
表 4.3.2	物探工作调查工期表	4-21
表 4.3.3	物探工作内容	4-22
表 4.3.4	吐鲁番盆地第四系地层主要层相电阻率值(既往资料)	4-24
表 4.3.5	电阻率值的统计结果	4-25
表 4.3.6	调查地区地质与TEM测深法电阻率值	4-30
表 4.4.1	钻探调查实施体制	4-49
表 4.4.2	钻探调查日程	4-49
表 4.4.3	钻探场所及钻探钻孔深度	4-50
表 4.5.1	阶段抽水试验中各个阶段的地下水位测量时间间隔	4-75
表 4.5.2	连续抽水试验的地下水位测量时间间隔	4-76
表 4.5.3	恢复试验的地下水位测量时间间隔	4-76
表 4.5.4	JICA地下水观测井阶段抽水试验结果汇总表	4-96
表 4.5.5	JICA地下水观测井连续抽水试验·恢复试验结果汇总表	4-107
表 4.7.1	基于试掘调查结果的水文地质划分和含水层单元	4-121
表 5.1.1	水资源利用现状调查实施时间	5-4
表 5.2.1	类型1)泉的地点和流量一览	5-6
表 5.2.2	类型2)泉的地点和流量一览	5-6
表 5.2.3	不同县市泉流量合计表	5-7
表 5.2.4	不同县市泉利用量统计表	5-8
表 5.2.5	为了泉水利用的蓄水池设施	5-9
表 5.2.6	为泉水利用修建的水渠设施	5-9
表 5.2.7	泉水温的调查结果	5-10
表 5.2.8	泉的电导率(EC)的调查结果	5-11
表 5.2.9	高电导率的泉的含盐量与硫酸根离子浓度	5-12
表 5.3.1	现存坎儿井数及其流量	5-15
表 5.3.2	与调查年流量相比较时丰水年流量的增加量	5-16
表 5.3.3	与调查年流量相比较时枯水年流量的减少量	5-16
表 5.3.4	与调查期流量相比较时枯水期流量的增加量	5-17
表 5.3.5	吐鲁番盆地内坎儿井的丰水期分布	5-18
表 5.3.6	吐鲁番盆地内坎儿井的枯水期分布	5-19
表 5.3.7	吐鲁番盆地内坎儿井的农业利用率	5-19
表 5.3.8	吐鲁番盆地中不同目的坎儿井水源的利用量	5-20

表 5.3.9	坎儿井延长距离的调查结果	5-21
表 5.3.10	坎儿井竖井数的调查结果	5-21
表 5.3.11	坎儿井的竖井深以及与保护相关的调查结果	5-22
表 5.3.12	干枯了的坎儿井的调查结果	5-24
表 5.3.13	坎儿井的维护管理费的调查结果	5-25
表 5.3.14	最近实施的掏涝年的调查结果	5-27
表 5.3.15	坎儿井调查中的温度测定结果	5-28
表 5.3.16	坎儿井调查中的pH测定结果	5-28
表 5.3.17	坎儿井调查中电导率(EC)的测定结果	5-29
表 5.3.18	回答不好喝的坎儿井一览	5-30
表 5.3.19	过去10年中吐鲁番最大可能坎儿井流量计算结果	5-32
表 5.3.20	过去10年中吐鲁番不同乡坎儿井数量变化	5-33
表 5.4.1	从1950年开始不同乡每5年间隔所新打的水井数量	5-39
表 5.4.2	不同乡镇过去10年期间里水井数量变化	5-40
表 5.4.3	不同县市过去10年期间内新作成的水井和报废水井的统计	5-41
表 5.4.4	不同乡镇农业用水井管口流量统计	5-42
表 5.4.5	吐鲁番地区过去10年期间内农业用电消耗量变化	5-44
表 5.4.6	不同乡镇过去10年期间内水井抽水量统计结果	5-45
表 5.4.7	吐鲁番盆地中过去10年期间内地下水抽水量的月变化	5-47
表 5.4.8	2003年不同乡镇单位农地面积的地下水抽水量	5-49
表 5.4.9	根据利用目的对水井的分类	5-50
表 5.4.10	生活以及畜产用地下水统计结果	5-51
表 5.4.11	水井水温调查结果统计	5-52
表 5.4.12	水井水pH调查的结果	5-53
表 5.4.13	不同乡pH>8.5的样品数	5-53
表 5.4.14	吐鲁番水井水的电导率调查结果	5-54
表 5.4.15	不同深度硫酸根离子含量的统计	5-55
表 5.4.16	不同深度盐分浓度统计	5-55
表 5.4.17	有关水质感觉的调查结果	5-56
表 5.4.18	水质感觉不好样品的电导率	5-57
表 5.4.19	吐鲁番盆地中水井所有权统计	5-57
表 5.4.20	不同乡镇水井深度分布的统计结果	5-58
表 5.4.21	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	5-59
表 5.4.22	新打水井的深度变化	5-60
表 5.4.23	水井井管的材质分类统计	5-61
表 5.4.24	水井止水情况统计	5-62
表 5.4.25	水井水泵情况统计	5-62
表 5.4.26	水泵的动力类型统计	5-63
表 5.4.27	有关水井的蓄水箱·供水管以及泵房等的设置状况	5-63
表 6.1.1	新设观测井的采样实施期间	6-2
表 6.1.2	不同水源采样的数量一览	6-2
表 6.1.3	不同水源采样的实施期间	6-2
表 6.1.4	中国的饮用水水质标准和本调查的调查项目	6-3
表 6.1.5	室内分析用水质样品的固定方法	6-4
表 6.2.1	山区流入河流TDS分析结果	6-8
表 6.2.2	盆地内河流TDS和硫酸根离子的调查结果	6-9
表 6.2.3	第1次地表水水质调查中超标地点一览	6-9
表 6.2.4	第2次地表水水质调查中超标地点一览	6-12

表 6.3.1	第1次(丰水期)泉水质调查结果统计	6-16
表 6.3.2	第2次(枯水期)泉水质调查结果统计	6-17
表 6.3.3	不同县市泉水质调查中超标数统计	6-18
表 6.3.4	第1次(丰水期)坎儿井水质调查结果统计.....	6-19
表 6.3.5	第2次(枯水期)坎儿井水质调查结果统计.....	6-21
表 6.3.6	不同县市第1次坎儿井水质调查中超标数统计	6-22
表 6.3.7	丰水期和枯水期不同乡镇坎儿井TDS比较.....	6-22
表 6.3.8	丰水期和枯水期不同乡镇坎儿井水硫酸根离子含量比较	6-23
表 6.3.9	第1次(丰水期)坎儿井水质调查结果统计.....	6-24
表 6.3.10	第2次(枯水期)坎儿井水质调查结果统计.....	6-25
表 6.3.11	不同县市浅井水质调查中超标数统计	6-26
表 6.3.12	第1次(丰水期)深井水质调查结果统计.....	6-29
表 6.3.13	第2次(枯水期)深井水质调查结果统计.....	6-30
表 6.3.14	不同县市深井水质调查中超标数统计	6-31
表 6.4.1	深浅层含水层安全性比较(丰水期)	6-33
表 6.4.2	深浅层含水层安全性比较(枯水期)	6-33
表 6.4.3	利用新设观测井的进行深·浅层含水层的TDS比较.....	6-34
表 6.4.4	利用新设观测井的深·浅层含水层的硫酸根离子比较	6-34
表 7.1.1	吐鲁番市的原有地下水观测井	7-1
表 7.1.2	鄯善县的原有地下水观测井	7-1
表 7.1.3	托克逊县的原有地下水观测井	7-2
表 7.1.4	吐鲁番盆地地下水位观测井的观测期间	7-4
表 7.1.5	JICA观测井一览表.....	7-5
表 8.2.1	吐鲁番地区内生成的地表水资源量	8-2
表 8.2.2	吐鲁番地区的地表水流入量	8-3
表 8.2.3	吐鲁番盆地的水资源量及河流径流量	8-3
表 8.2.4	吐鲁番盆地内14条常年河的径流量	8-4
表 8.3.1	吐鲁番盆地水库一览	8-7
表 8.3.2	坎儿其、柯柯亚、红山水库最近3年的利用情状	8-8
表 8.3.3	干渠概要	8-9
表 8.3.4	吐鲁番盆地内水渠变化情状一览	8-10
表 8.3.5	吐鲁番盆地内干渠变化情状一览	8-10
表 8.3.6	托克逊县各乡镇的地表水利用量和引入量	8-11
表 8.3.7	吐鲁番市各乡镇的地表水利用量和引入量	8-12
表 8.3.8	鄯善县各乡镇的地表水利用量和引入量	8-13
表 8.4.1	大流域分区水资源量、河流径流量和现利用量	8-19
表 9.1.1	本项目中建立的地下水模拟模型	9-2
表 9.1.2	地下水模拟模型概要	9-9
表 9.2.1	不同月最大可能地下水补给量	9-18
表 9.2.2	不同月实际地下水补给量	9-24
表 9.3.1	吐鲁番盆地不同月的地下水抽水量	9-31
表 9.3.2	吐鲁番盆地中不同月地下水抽水量和补给量的收支	9-34
表 9.4.1	MODFLOW模拟所必需的基本参数	9-39
表 9.4.2	原有井的资料中的渗透系数值的统计分析结果	9-43
表 9.4.3	由原有井的资料计算的透水量系数值的统计分析结果	9-43
表 9.4.4	用Logan(1964)法计算的透水量系数值的统计分析结果	9-44
表 9.4.5	用推算方法计算的透水量系数值的比较	9-44
表 9.4.6	由Logan法透水量系数计算的横方向渗透系数的统计分析结果	9-47

表 9.4.7	含水层各层相的渗透系数初始输入值	9-47
表 9.4.8	贮水系数的实测值的统计分析结果	9-48
表 9.5.1	广域三维模型平面的各参数	9-54
表 9.5.2	流入吐鲁番盆地的地下水量计算结果 (1994~2003年)	9-61
表 9.5.3	通过广域三维模型的验证确定的水文地质参数	9-61
表 9.7.1	局部三维模型的各要素	9-86
表 10.2.1	吐鲁番地区中水资源利用量 (2003年)	10-2
表 10.2.2	不同县市农业用水状况 (2003年)	10-2
表 10.2.3	不同大流域水资源量、河流量和现状利用量	10-3
表 10.2.4	不同县市过去10年的机井抽水量	10-4
表 10.3.1	各地下水开发阶段所必须的管理手段	10-12
表 10.4.1	将来人口变化 (方案1)	10-13
表 10.4.2	将来人口变化 (方案2)	10-14
表 10.4.3	将来人口变化 (方案3)	10-14
表 10.4.4	吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化 (方案1)	10-15
表 10.4.5	吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化 (方案2)	10-15
表 10.4.6	吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化 (方案3)	10-15
表 10.4.7	吐鲁番地区2020年产业构成比率以及到2020年的平均成长率	10-16
表 10.4.8	吐鲁番地区GDP成长的3种方案	10-17
表 10.4.9	吐鲁番地区GDP成长3方案的比较	10-18
表 10.4.10	灌溉面积以及水需要量设定3方案的比较	10-19
表 10.4.11	主要年中吐鲁番地区灌溉总面积预测	10-20
表 10.5.1	为了水资源利用现状分析以及将来预测的区域划分	10-22
表 10.5.2	不同水源不同·区域水资源利用量	10-23
表 10.5.3	现状不同领域水资源利用量	10-23
表 10.5.4	将放流水去掉之后的不同领域现状水资源利用量	10-24
表 10.5.5	调查区域内城市部分的供水现状	10-24
表 10.5.6	调查区域中农村部实施集中供水的现状	10-25
表 10.5.7	不同预测分区的灌溉面积	10-27
表 10.5.8	不同区域的灌溉用水定额	10-27
表 10.5.9	不同区域的田间灌溉用水量	10-28
表 10.5.10	到2020年的生活用水定额设定	10-33
表 10.5.11	到2020年的生活用水量预测	10-33
表 10.5.12	到2020年的工业用水量预测	10-34
表 10.5.13	到2020年托克逊县灌溉用水量定额设定	10-35
表 10.5.14	到2020年吐鲁番市灌溉用水量定额设定	10-36
表 10.5.15	到2020年鄯善县北部灌溉用水量定额设定	10-36
表 10.5.16	到2020年鄯善县南部灌溉用水量定额设定	10-37
表 10.5.17	方案2(面积中)田间灌溉用水量	10-37
表 10.5.18	方案1(面积大)的田间灌溉用水量	10-37
表 10.5.19	田间用水量、实际用水量以及灌溉用水效率	10-38
表 10.5.20	到2020年为止的灌溉水利用率的设定结果	10-39
表 10.5.21	将来灌溉用水量预测结果	10-39
表 10.7.1	各地地下水涵养构成以及抽水量与涵养量的关系	10-48
表 10.7.2	容许地下水位 (初案)	10-49
表 10.8.1	预测年和河流流量数据利用年的对应表	10-51
表 10.8.2	带入广域三维模型中的农田面积分布	10-53
表 10.8.3	方案构成一览表	10-58

表 10.8.4	水收支预测（方案1；维持现状方案）	10-64
表 10.8.5	水收支预测（方案2；全规划实施方案）	10-64
表 10.8.6	水收支预测（方案3；最危机方案）	10-64
表 10.8.7	水收支预测（理想方案）	10-64
表 10.8.8	各方案条件下不同地区的评价	10-65
表 10.8.9	容许条件和容许抽水量	10-67
表 10.8.10	阶段的抽水量目标和削减率	10-68
表 10.8.11	容许抽水量时的水收支	10-68
表 10.9.1	节水灌溉实施地概要	10-124
表 10.9.2	节水灌溉问题点和对策	10-125
表 10.9.3	许可权限机关	10-130
表 10.9.4	农业灌溉用水（河流水）的水费设定及其变化	10-132
表 10.9.5	水资源费的设定	10-133
表 10.9.6	将来节水灌溉面积	10-134
表 10.9.7	节水量试算结果	10-135
表 10.9.8	不同地域别的许可容抽水量	10-135
表 10.9.9	鄯善县南部抽水量削减目标和贡献率（第1方案）	10-136
表 10.9.10	鄯善县南部抽水量最大削减可能量（第2案）	10-136
表 10.9.11	吐鲁番市中节水对策规划值和最小必要值（第1案）	10-137
表 10.9.12	吐鲁番市中节水灌溉设施投资最小化的抽水量削减规划（第2案）	10-137
表 10.9.13	阿拉沟水库各项指标	10-138
表 10.9.14	不同年度别建设工程费	10-139
表 10.9.15	阿拉沟水库建设施工工程表	10-140
表 10.9.16	大河沿水库各项指标	10-140
表 10.9.17	二塘沟水库各项指标	10-141
表 10.9.18	二塘沟水库建设工事工程表	10-142
表 10.9.19	现存干渠现状	10-144
表 10.9.20	现存引水渠建设费	10-146
表 10.9.21	阿拉沟水库建设的引水增加量	10-147
表 10.9.22	水渠形式对比表	10-148
表 10.9.23	新设引水渠概算工事费	10-148
表 10.9.24	盆地西部机井群开发概算工程费	10-151
表 10.9.25	农业节水相关实验项目	10-152
表 10.9.26	展示场的区分和面积构成	10-157
表 10.9.27	节水展示工程概算工程费	10-160
表 10.9.28	器材的采购内容	10-162
表 10.9.29	根据现存节水灌溉规划推算的项目费	10-168
表 10.9.30	重点节水对策方案的项目费	10-169
表 10.9.31	总项目费（水库建设+节水重点对策）	10-170
表 10.10.1	吐鲁番市水利局的资产保有状况（2002年）	10-171
表 10.10.2	吐鲁番市的农业用水费征收状况	10-171
表 10.10.3	吐鲁番市水利局予定的改定水单价一览	10-172
表 10.10.4	吐鲁番市的农业（支渠）用水改定费的计算根据	10-172
表 10.10.5	托克逊县水利局的资产保有状况（2002年）	10-173
表 10.10.6	托克逊县的水费征收状况	10-173
表 10.10.7	托克逊县的改定水费的计算根据	10-173
表 10.10.8	鄯善县水利局的资产保有状况（2002年）	10-174
表 10.10.9	鄯善县的水费征收状况	10-174

表 10.10.10	鄯善县的水费改定計画	10-174
表 10.10.11	鄯善县的改定水费的计算根据	10-175
表 10.10.12	想定投资分担	10-175
表 10.10.13	财务评价的前提条件（原案）	10-176
表 10.10.14	年事业运营费的计算根据	10-176
表 10.10.15	阿拉沟水库建设事业·原案·财务分析·财务内部收益率（FIRR） ..	10-177
表 10.10.16	投资额·利益变化的想定内容	10-178
表 10.10.17	建设成本负担额·需要变化对应的财务内部收益率	10-178
表 10.10.18	阿拉沟水库建设事业·原案·财务分析·财务内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析1=成本变化（增加10%）	10-179
表 10.10.19	阿拉沟水库建设事业·原案·财务分析·财务内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析2=成本变化（增加20%）	10-180
表 10.10.20	阿拉沟水库建设事业·原案·财务分析·财务内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析3=需要变化（减少10%）	10-181
表 10.10.21	阿拉沟水库建设事业·原案·财务分析·财务内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析4=需要变化（减少20%）	10-182
表 10.10.22	别案的投资分担	10-183
表 10.10.23	财务评价的前提条件（别案）	10-183
表 10.10.24	阿拉沟水库建设事业·别案·财务分析·财务内部收益率（FIRR） ..	10-184
表 10.10.25	经济评价的前提条件	10-185
表 10.10.26	费用（=C）计算根据	10-186
表 10.10.27	利益（=B）计算根据	10-186
表 10.10.28	阿拉沟水库建设事业·社会经济分析·经济内部收益率（EIRR）	10-188
表 10.10.29	投资额·利益变化的想定内容	10-189
表 10.10.30	投资额·利益变化对应的经济内部收益率	10-189
表 10.10.31	阿拉沟水库建设事业·社会经济分析·经济内部收益率（FIRR）·灵 敏度分析1=投资变化（增加10%）	10-190
表 10.10.32	阿拉沟水库建设事业·社会经济分析·经济内部收益率（FIRR）·感 度分析2=投资变化（增加20%）	10-191
表 10.10.33	阿拉沟水库建设事业·社会经济分析·经济内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析3=利益变化（减少10%）	10-192
表 10.10.34	阿拉沟水库建设事业·社会经济分析·经济内部收益率（FIRR）· 灵敏度分析4=利益变化（减少20%）	10-193
表 10.10.35	节水措施技术评价	10-194
表 10.10.36	综合规划环境影响概要	10-196
表 10.10.37	环境影响预测	10-199
表 10.10.38	减轻和防止影响的措施	10-200
表 10.10.39	建设前与建设后作物面积和工业产量对照表	10-201
表 10.10.40	实施盆地西部井群开发环境影响预测	10-203
表 10.10.41	详细的环境影响	10-204
表 10.10.42	防止、减轻对策	10-204
表 10.10.43	参加人员包括	10-207

图目录

	頁:
图 2.1.1 地形概略图	2-4
图 2.1.2 降水量分布图	2-5
图 2.1.3 河川位置图	2-6
图 2.1.4 地下水流动	2-7
图 3.2.1 调查区域中的气象·水文观测站位置图	3-3
图 3.2.2 吐鲁番气象站多年降雨量变化图	3-5
图 3.2.3 鄯善气象站多年降雨量变化图	3-6
图 3.2.4 吐鲁番气象站年降水量模比系数差积曲线图	3-7
图 3.2.5 鄯善气象站年降水量模比系数差积曲线图	3-7
图 3.2.6 吐鲁番气象站模比系数累积平均曲线图	3-8
图 3.2.7 鄯善气象站模比系数累积平均曲线图	3-8
图 3.2.8 降雨量和海拔标高之间的关系	3-9
图 3.2.9 各观测站降水量的季节分配	3-10
图 3.2.10 多年平均降水量等值线图	3-19
图 3.2.11 吐鲁番地区年降水量变化图	3-16
图 3.3.1 山区常年有水河流流量调查地点位置图	3-21
图 3.3.2 白杨河的河床断面	3-22
图 3.3.3 大河沿河1996年~2004年的月单位平均流量	3-25
图 3.3.4 大河沿河的長年平均年流量和各年流量	3-26
图 3.3.5 平原区河流·渠道流量调查地点位置图	3-27
图 3.3.6 现存水文观测站及新设水文观测站	3-31
图 3.3.7 新设水文观测站的平面布置图	3-32
图 3.3.8 新设水文观测站的观测小屋	3-32
图 3.3.9 新设水文观测站的观测桥	3-33
图 3.3.10 新水文观测站的H-Q曲线	3-35
图 3.3.11 新水文观测站的观测结果(2005年1月~6月)	3-35
图 3.4.1 煤窑沟观测站6-9月的流量和年流量的相关关系	3-38
图 3.4.2 开垦河7月流量和柯柯亚河流量的相关关系	3-38
图 3.4.3 阿拉沟水文观测站年流量变动率差积曲线	3-41
图 3.4.4 煤窑沟水文观测站年变动率差积曲线	3-41
图 3.4.5 柯柯亚水文观测站年流量变动率差积曲线	3-42
图 3.4.6 阿拉沟河年流量变动率累积平均曲线	3-42
图 3.4.7 煤窑沟年流量变动率累积平均曲线	3-43
图 3.4.8 柯柯亚年流量变动率累积平均曲线	3-43
图 3.4.9 柯柯亚河年流量概率曲线	3-44
图 3.4.10 阿拉沟河年流量概率曲线	3-45
图 3.4.11 煤窑沟河年流量概率曲线	3-45
图 3.4.12 阿拉沟站1988年日平流量过程线分割图	3-47
图 3.4.13 柯柯亚站1996年日平流量过程线分割图	3-47
图 3.4.14 煤窑沟站1992年日平流量过程线分割图	3-48
图 3.4.15 阿拉沟河月流量变化图	3-49
图 3.4.16 煤窑沟河月流量变化图	3-49
图 3.4.17 柯柯亚河月流量变化图	3-50
图 3.4.18 代表河流的年际流量变化	3-51
图 3.4.19 径流深分布图	3-59

图 3.4.20	吐鲁番地区的水文区分	3-54
图 3.5.1	洪水影响范围分布图	3-65
图 3.6.1	E601型蒸发器构造图	3-67
图 3.6.2	水面蒸发量等值线图	3-73
图 4.2.1	吐鲁番—哈密盆地周围地形概要图	4-10
图 4.2.2	吐鲁番盆地集水域地形概要图	4-11
图 4.2.3	吐鲁番盆地集水域主要河流分布图	4-12
图 4.2.4	吐鲁番盆地内地形等高线图	4-13
图 4.2.5	吐鲁番盆地地形断面图	4-14
图 4.2.6	吐鲁番盆地周围接峰面图·切谷面图	4-15
图 4.2.7	吐鲁番—哈密盆地周围地质断面图	4-16
图 4.2.8	吐鲁番盆地第四纪地质图	4-17
图 4.2.9	吐鲁番盆地第四纪地质断面图	4-18
图 4.2.10	吐鲁番盆地地质构造图	4-19
图 4.2.11	吐鲁番盆地周围地质构造演变史	4-20
图 4.3.1	物理探查实施地点位置图	4-32
图 4.3.2	TEM时间域瞬变电磁测深法的原理	4-23
图 4.3.3	TEM法反演解析结果(1)	4-33
图 4.3.4	TEM法反演解析结果(2)	4-34
图 4.3.5	TEM法反演解析结果分布图	4-35
图 4.3.6	地表面以下20 m的比电阻率构造分布图	4-36
图 4.3.7	地表面之下100 m的比电阻率构造分布图	4-37
图 4.3.8	地表面之下200 m的比电阻率构造分布图	4-38
图 4.3.9	地表面之下300 m的比电阻率构造分布图	4-39
图 4.3.10	地表面之下400 m的比电阻率构造分布图	4-40
图 4.3.11	地表面之下600 m的比电阻率构造分布图	4-41
图 4.3.12	NB-NB'测线的比电阻率构造断面分布图	4-42
图 4.3.13	NBE-NBE'测线的比电阻率构造断面分布图	4-43
图 4.3.14	NS-NS'测线的比电阻率构造断面分布图	4-44
图 4.3.15	SB-SB'测线的比电阻率构造断面分布图	4-45
图 4.3.16	SBE-SBE'测线的比电阻率构造断面分布图	4-46
图 4.3.17	SBW-SBW'测线的比电阻率构造断面分布图	4-47
图 4.3.18	推测基底深度分布图	4-48
图 4.4.1	吐鲁番盆地钻探地点位置图	4-59
图 4.4.2	TW-SE-1地点地质柱状图·观测井构造图	4-60
图 4.4.3	TW-SC-1地点地质柱状图·观测井构造图	4-61
图 4.4.4	TW-SS-1地点地质柱状图·观测井构造图	4-62
图 4.4.5	TW-SW-1地点地质柱状图·观测井构造图	4-63
图 4.4.6	TW-NC-1地点地质柱状图·观测井构造图	4-64
图 4.4.7	TW-SE-1物探测孔结果	4-65
图 4.4.8	TW-SC-1物探测孔结果	4-66
图 4.4.9	TW-SS-1物探测孔结果	4-67
图 4.4.10	TW-SW-1物探测孔结果	4-68
图 4.4.11	TW-NC-1物探测孔结果	4-69
图 4.4.12	TW-SE地点观测井构造图和地下水位	4-70
图 4.4.13	TW-SC地点观测井构造图和地下水位	4-71
图 4.4.14	TW-SS地点观测井构造图和地下水位	4-72
图 4.4.15	TW-SW地点观测井构造图和地下水位	4-73

图 4.4.16	TW-NC地点观测井构造图和地下水位	4-74
图 4.5.1	阶段抽水试验结果 (TW-SE-1)	4-88
图 4.5.2	阶段抽水试验结果 (TW-SE-2)	4-89
图 4.5.3	阶段抽水试验结果 (TW-SC-1)	4-90
图 4.5.4	阶段抽水试验结果 (TW-SC-2)	4-91
图 4.5.5	阶段抽水试验结果 (TW-SS-1)	4-92
图 4.5.6	阶段抽水试验结果 (TW-SS-2)	4-93
图 4.5.7	阶段抽水试验结果 (TW-SW-1)	4-94
图 4.5.8	阶段抽水试验结果 (TW-SW-2)	4-95
图 4.5.9	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SE-1)	4-97
图 4.5.10	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SE-2)	4-98
图 4.5.11	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SC-1)	4-99
图 4.5.12	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SC-2)	4-100
图 4.5.13	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SS-1)	4-101
图 4.5.14	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SS-2)	4-102
图 4.5.15	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SW-1)	4-103
图 4.5.16	连续抽水试验·恢复试验 (TW-SW-2)	4-104
图 4.5.17	连续抽水试验·恢复试验 (TW-NC-1)	4-105
图 4.5.18	连续抽水试验·恢复试验 (TW-NC-2)	4-106
图 4.6.1	吐-哈盆地的深部地质构造	4-112
图 4.6.2	吐鲁番盆地的主要地震断面图	4-113
图 4.6.3	吐鲁番盆地南缘·西缘地震断面图	4-114
图 4.6.4	利用现存资料绘制的第四系等层厚线图	4-115
图 4.6.5	水文地质基底上面的推测标高分布图	4-116
图 4.6.6	地形面形状和水文地质基底上面形状的比较	4-117
图 4.7.1	钻探井的基本层序对比 (南盆地东西方向)	4-123
图 4.7.2	钻探井的基本层序对比 (盆地中央南北方向)	4-124
图 4.7.3	南盆地东西断面的基本层序-层相对比	4-125
图 4.7.4	盆地中央部南北断面的基本层序-层相对比	4-126
图 5.1.1	吐鲁番盆地内的水循环	5-1
图 5.2.1	泉分布图	5-13
图 5.2.2	电导率(EC)和含盐量(TDS)的关系	5-10
图 5.2.3	电导率(EC)和硫酸根离子含量(SO ₄)的关系	5-11
图 5.3.1	坎儿井位置图	5-34
图 5.3.2	坎儿井的维护管理所需费用的累计曲线	5-26
图 5.3.3	到2004年为止的掏淤作业实施的间隔年	5-27
图 5.3.4	坎儿井水的电导率分布	5-35
图 5.3.5	坎儿井过去流量的计算程序	5-31
图 5.3.6	过去11年期间不同县市坎儿井流量变化	5-36
图 5.3.7	不同县市过去10年期间坎儿井条数变化	5-37
图 5.4.1	吐鲁番盆地内现状(2004年)利用可能的水井分布	5-38
图 5.4.2	吐鲁番盆地内水井数量的变化历史	5-40
图 5.4.3	吐鲁番盆地内水井的报废原因	5-41
图 5.4.4	不同县市灌溉用水井流量分布	5-43
图 5.4.5	不同乡不同月机井抽水量计算程序	5-64
图 5.4.6	2003年吐鲁番盆地中不同县市农业用电量	5-45
图 5.4.7	过去10年期间内吐鲁番盆地中地下水抽水量变化图	5-46
图 5.4.8	2003年吐鲁番盆地中不同月地下水抽水量变化	5-47

图 5.4.9	吐鲁番盆地中水井的利用目的区分	5-49
图 5.4.10	吐鲁番盆地中水井的利用目的区分	5-51
图 6.1.1	水质分析位置图（河流水）	6-5
图 6.1.2	水质分析位置图（浅层地下水）	6-6
图 6.1.3	水质分析位置图（深层地下水）	6-7
图 6.2.1	地表水的水质分析结果（3方成分图）	6-11
图 6.3.1	浅层地下水的水质主成分分布（丰水期）	6-14
图 6.3.2	浅层地下水的水质主成分分布（枯水期）	6-15
图 6.3.3	深层地下水的水质主成分分布（丰水期）	6-27
图 6.3.4	深层地下水的水质主成分分布（枯水期）	6-28
图 6.4.1	浅层含水层的TDS等值线图.....	6-35
图 6.4.2	浅层含水层的硫酸根离子分布图	6-36
图 6.4.3	浅层含水层的健康相关和有害物质分布图	6-37
图 6.4.4	深层地下水的TDS分布图.....	6-38
图 6.4.5	深层地下水的硫酸根离子分布图	6-39
图 6.4.6	深层地下水的健康相关和有害物质分布图	6-40
图 6.4.7	新设观测井中溶存物质（TDS）的比较.....	6-41
图 7.1.1	吐鲁番盆地现有的地下水观测井分布图	7-3
图 7.2.1	吐鲁番市长期地下水观测纪录	7-10
图 7.2.2	鄯善县长期地下水观测纪录	7-11
图 7.2.3	托克逊县长期地下水观测纪录	7-12
图 7.2.4	长期地下水观测井的地下水位变动记录	7-13
图 7.3.1	JICA观测井TW-SC-2的地下水位自记记录.....	7-14
图 7.4.1	地下水位深度分布图（2004年8月16日）	7-16
图 7.4.2	地下水位标高分布图（2004年8月16日）	7-17
图 8.2.1	4大流域划分	8-6
图 8.3.1	吐鲁番盆地中的水库位置	8-8
图 8.3.2	吐鲁番盆地中的干渠分布图	8-15
图 8.3.3	托克逊县内的河流水分配网	8-16
图 8.3.4	吐鲁番市内的河流水分配网	8-17
图 8.3.5	鄯善县内的河流水分配网	8-18
图 9.1.1	MODFLOW三维模型的网格划分	9-2
图 9.1.2	特征曲线法（MOC法）给出的粒子示踪概念图	9-4
图 9.1.3	MT3D和MT3DMS的粒子立体布置.....	9-4
图 9.1.4	简便的地下水盆模型化方法的图例	9-5
图 9.1.5	倾斜度较大地层的模型化所存在的问题点	9-6
图 9.1.6	断面二维模型中地层的模型化方法	9-7
图 9.2.1	吐鲁番地下水盆的流入模型图	9-10
图 9.2.2	流入盆地内的河流水的循环模式图	9-12
图 9.2.3	MODFLOW补给软件包中补给的给法.....	9-15
图 9.2.4	大河沿河水系的网格分布图制作图例	9-16
图 9.2.5	最大可能地下水补给量的逐月变化柱状图	9-18
图 9.2.6	最大可能地下水补给量分布图（2003年1月）	9-22
图 9.2.7	最大可能地下水补给量分布图（2003年7月）	9-23
图 9.2.8	最大可能地下水补给量和实际地下水补给量	9-24
图 9.2.9	实际地下水补给量分布图（2003年1月）	9-28
图 9.2.10	最大可能地下水补给量分布图（2003年7月）	9-29
图 9.3.1	吐鲁番盆地中地下水抽水量的时间系列变化	9-31

图 9.3.2	地下水抽水量和补给量的比较	9-34
图 9.3.3	2003年1月的地下水抽水量分布	9-38
图 9.3.4	2003年7月的地下水抽水量分布	9-38
图 9.4.1	利用现存钻孔资料计算的不同县市的单位涌水量分布	9-50
图 9.4.2	抽水量和水位下降量、单位涌水量之间的关系	9-51
图 9.4.3	在北盆地、南盆地中抽水量和水位下降、单位涌水量之间的关系	9-52
图 9.4.4	由稳定流法渗透系数推算的透水量系数和用Logan法演算的透水量系数的比较	9-45
图 9.4.5	由稳定流法渗透系数推算的透水量系数和单位涌水量之间的关系	9-46
图 9.4.6	由稳定流法渗透系数推算的透水量系数和单位涌水量的关系(双对数坐标)	9-46
图 9.4.7	在北盆地、南盆地中 T/Sc 系数和单位涌水量之间的关系	9-53
图 9.4.8	非稳定流状态下单位涌水量与贮水系数、透水量系数之间的关系	9-49
图 9.5.1	广域3维模型平面网格图	9-62
图 9.5.2	广域三维模型の断面构造	9-55
图 9.5.3	广域3维模型的上部构造	9-63
图 9.5.4	广域3维模型的下面构造	9-64
图 9.5.5	广域三维模型中固定水头边界的位置(第17层)	9-56
图 9.5.6	广域三维模型周围的一般水头边界(第22层)	9-57
图 9.5.7	广域三维模型第16层的一般水头边界	9-57
图 9.5.8	广域三维模型第3层的一般水头边界	9-58
图 9.5.9	广域三维模型第16层的排水边界	9-58
图 9.5.10	广域三维模型的地形分布和验证计算用初期水头分布(1994年1月)	9-65
图 9.5.11	用广域三维模型计算得到的地下水头分布(1)	9-66
图 9.5.12	用广域三维模型计算得到的地下水头分布(2)	9-67
图 9.5.13	用广域三维模型计算得到的水头下降量分布(1)	9-68
图 9.5.14	广域三维模型计算得到的水头下降量分布(2)	9-69
图 9.5.15	实测水头和计算水头的比较	9-70
图 9.6.1	断面二维模型的位置图	9-78
图 9.6.2	南盆地(W-E)断面二维模型构造图	9-79
图 9.6.3	盆地中央(S-N)断面二维模型构造图	9-80
图 9.6.4	南盆地(W-E)水文地质断面图	9-81
图 9.6.5	盆地中央部(S-N)水文地质断面图	9-82
图 9.6.6	南盆地(W-E)断面模型网格的层相划分	9-83
图 9.6.7	盆地中央部(S-N)断面水文地质模型区分如图	9-84
图 9.6.8	断面二维模型和广域三维模型的网格对应	9-73
图 9.6.9	断面二维模型内抽水量的分配方法	9-74
图 9.6.10	南北方向断面模型的边界条件	9-75
图 9.6.11	东西方向断面模型的边界条件	9-75
图 9.6.12	南北方向断面模型的验证计算结果	9-76
图 9.6.13	东西方向断面模型的验证计算结果	9-85
图 9.7.1	局部3维模型位置图	9-97
图 9.7.2	局部三维模型平面网格图	9-98
图 9.7.3	局部3维模型化区域的鸟瞰图	9-99
图 9.7.4	局部3维模型的平面条件图	9-100
图 9.7.5	局部三维模型的断面构造	9-87
图 9.7.6	局部3维模型的立体构造	9-101
图 9.7.7	局部三维模型的固定水头边界	9-88

图 9.7.8	输入局部三维模型的实际地下水补给量	9-89
图 9.7.9	不同网格的实际地下水补给量 (2003年1月)	9-90
图 9.7.10	不同网格的实际地下水补给量 (2003年7月)	9-91
图 9.7.11	局部三维模型中输入的实际地下水补给量和抽水量	9-92
图 9.7.12	局部三维模型中输入的1994年7月的抽水量分布	9-93
图 9.7.13	局部三维模型中输入的2003年7月的抽水量分布	9-93
图 9.7.14	用局部三维模型计算的地下水头分布 (1)	9-102
图 9.7.15	用局部三维模型计算的地下水头分布 (2)	9-103
图 9.7.16	用局部三维模型计算的地下水头分布 (3)	9-104
图 9.7.17	用局部三维模型计算的水头下降量分布 (1)	9-105
图 9.7.18	用局部三维模型计算的水头下降量分布 (2)	9-106
图 9.7.19	用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)	9-94
图 10.1.1	吐鲁番盆地的现状水收支	10-1
图 10.3.1	伴随地下水开发的不良循环和在统合管理下的良性循环	10-10
图 10.3.2	各地下水开发阶段所必要的管理手段	10-11
图 10.4.1	3种方案中将来地区总人口变化	10-14
图 10.4.2	方案1中将来城市人口以及农村人口比例的变化	10-15
图 10.4.3	方案2中将来城市人口以及农村人口比例的变化	10-16
图 10.4.4	方案2中将来城市人口以及农村人口比例的变化	10-16
图 10.5.1	为了水需要预测的区域划分	10-29
图 10.5.2	不同水资源预测区的现状水资源利用量	10-30
图 10.5.3	不同领域水资源利用量	10-31
图 10.5.4	农村集中供水设施的供水定额分布度数	10-32
图 10.5.5	不同工业行业水资源利用量 (2003年)	10-26
图 10.5.6	不同工业行业用水定额 (2003年)	10-26
图 10.6.1	用哈丁法求容许抽水量	10-43
图 10.6.2	根据盐水化因子求容许抽水量	10-44
图 10.6.3	制定以地下水为中心的水资源开发利用·管理基本规划(综合规划)的过程	10-46
图 10.8.1	吐鲁番地域中水井抽水量和坎儿井流量的相关关系	10-52
图 10.8.2	水井抽水量以及坎儿井流量(模型的补给量文档)的计算程序	10-52
图 10.8.3	各预测计算方案条件下的不同预测区水井抽水量(2010年)	10-56
图 10.8.4	各预测计算方案条件下的不同预测区抽水量(2020年)	10-57
图 10.8.5	坎儿井保护区方案	10-66
图 10.8.6	计算地下水位分布(方案1;维持现状方案)(2020年12月、第17层·第18层)	10-69
图 10.8.7	计算地下水位分布(方案1;维持现状方案)(2020年水位与2003年水位之差)	10-70
图 10.8.8	计算水位分布(方案2;全规划实施方案)(2020年12月、第17层)	10-71
图 10.8.9	计算水位分布(方案2;全规划实施方案)(2020年12月、第18层)	10-72
图 10.8.10	算水位(方案2;全规划实施方案)(2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-73
图 10.8.11	计算水位分布(方案3;最危机方案)(2020年12月、第17层)	10-74
图 10.8.12	算水位分布(方案3;最危机方案)(2020年12月、第18层)	10-75
图 10.8.13	算水位(方案3;最危机方案)(2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-76
图 10.8.14	计算水位分布(方案4;农田面积不变方案)(2020年12月、第17层)	10-77
图 10.8.15	计算水位分布(方案4;农田面积不变方案)(2020年12月、第18层)	10-78

图 10.8.16	算水位 (方案4: 农田面积不变方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-79
图 10.8.17	算水位分布 (方案5; 农田面积增大方案) (2020年12月、第17层)	10-80
图 10.8.18	算水位分布 (方案5; 农田面积增大方案) (2020年12月、第18层)	10-81
图 10.8.19	算水位 (方案5: 农田面积增大方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-82
图 10.8.20	计算水位 (农田面积的评价) (比较2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-83
图 10.8.21	算水位分布 (方案6; 灌溉用水量定额不变方案) (2020年12月、第17层)	10-84
图 10.8.22	算水位分布 (方案6; 灌溉用水量定额不变方案) (2020年12月、第18层)	10-85
图 10.8.23	算水位 (方案6: 灌溉用水量定额不变方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-86
图 10.8.24	算水位分布 (方案7; 灌溉用水量定额规划值方案) (2020年12月、第17层)	10-87
图 10.8.25	算水位分布 (方案7; 灌溉用水量定额规划值方案) (2020年12月、第18层)	10-88
图 10.8.26	算水位 (方案7: 灌溉用水量定额规划值方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-89
图 10.8.27	计算水位 (灌溉用水量定额的评价) (比较2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-90
图 10.8.28	算水位分布 (方案8; 节水灌溉未实施方案) (2020年12月、第17层)	10-91
图 10.8.29	算水位分布 (方案8; 节水灌溉未实施方案) (2020年12月、第18层)	10-92
图 10.8.30	计算水位 (方案8: 节水灌溉未实施方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-93
图 10.8.31	算水位分布 (方案9; 节水灌溉规划值方案) (2020年12月、第17层)	10-94
图 10.8.32	算水位分布 (方案9; 节水灌溉规划值方案) (2020年12月、第18层)	10-95
图 10.8.33	算水位 (方案9: 节水灌溉规划值方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-96
图 10.8.34	算水位 (节水灌溉的评价) (比较2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-97
图 10.8.35	算水位分布 (方案10; 水资源利用效率维持现状方案) (2020年12月、第17层)	10-98
图 10.8.36	算水位分布 (方案10; 水资源利用效率维持现状方案) (2020年12月、第18层)	10-99
图 10.8.37	算水位 (方案10: 水资源利用效率维持现状方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-100
图 10.8.38	算水位分布 (方案11; 水资源利用效率规划值方案) (2020年12月、第17层)	10-101
图 10.8.39	算水位分布 (方案11; 水资源利用效率规划值方案) (2020年12月、第18层)	10-102
图 10.8.40	算水位 (方案11: 水资源利用效率规划值方案) (2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-103
图 10.8.41	计算水位 (水资源利用效率的评价) (比较2020年12月水位与2003年12月水位之差)	10-104
图 10.8.42	计算水位分布 (方案12; 托克逊县引水方案) (2020年12月、第17层)	10-105

图 10.8.43	计算水位分布（方案12；托克逊县引水方案）（2020年12月、第18层）	10-106
图 10.8.44	算水位（方案12；托克逊县引水方案）（2020年12月水位与2003年12月水位之差）	10-107
图 10.8.45	算水位分布（方案13；鄯善县引水方案）（2020年12月、第17层）	10-108
图 10.8.46	算地下水位分布（方案13；鄯善县引水方案）（2020年12月、第18层）	10-109
图 10.8.47	算水位（方案13；鄯善县引水方案）（2020年12月水位与2003年12月水位之差）	10-110
图 10.8.48	计算水位变动（2004年~2020年）	10-111
图 10.8.49	计算水位变动（现存观测井1-6、吐鲁番市；亚尔乡）	10-112
图 10.8.50	计算水位变动（现存观测井2-14、鄯善县；鲁克沁）	10-112
图 10.8.51	计算水位变动（现存观测井2-3、鄯善县；连木沁；坎儿井保护区）	10-113
图 10.8.52	计算水位变动（现存观测井3-2、托克逊县）	10-113
图 10.8.53	算水位分布（理想案）（2020年12月水位与2003年12月水位之差）	10-114
图 10.8.54	算水位分布（最理想方案）（2020年12月水位与2003年12月水位之差）	10-115
图 10.8.55	计算水位变动（理想案·最理想方案）（现存观测井2-14、鄯善县；达浪坎乡）	10-116
图 10.8.56	计算水位变动（理想案·最理想方案）（JICA观测井TWSE、鄯善县；达浪坎乡）	10-116
图 10.8.57	阶段的抽水量目标	10-117
图 10.9.1	综合规划的目标	10-118
图 10.9.2	水资源利用管理规划的概要	10-121
图 10.9.3	居民·行政·企业的作用分担	10-122
图 10.9.4	地下水信息栏（日本、熊本市）	10-129
图 10.9.5	吐鲁番盆地内水库建设规划	10-143
图 10.9.6	吐鲁番盆地引水渠现状图	10-145
图 10.9.7	中国的物价动向	10-146
图 10.9.8	吐鲁番盆地引水渠规划图	10-149
图 10.9.9	盆地西部机井群位置	10-151
图 10.9.10	机井群附近地下水头分布的比较（与方案1之比较、2020年12月）	10-151
图 10.9.11	展示场概要配置图	10-159
图 10.9.12	吐鲁番地区水利局组织图	10-166
图 10.9.13	吐鲁番地区水文水资源局组织图	10-167
图 10.11.1	水资源开发利用管理计划的实施计划草案	10-211
图 11.2.1	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，这已经成为影响持续开发地下水资源的合理综合规划制定的问题。

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 2005 年 8 月的大约 15 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。本报告书汇总了迄今为止的调查的进展情况。

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°16"~91°55"，北纬 41°12"~43°40"的范围之内，南北长约 240km，东西宽约为 300km，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)。

地形条件如表 2.1.1所示，可大致分为山区和平原（戈壁、沙漠、绿洲）。

表 2.1.1 吐鲁番地区地形分区

区分	山区	平原区			合计
		戈壁	沙漠	绿洲	
面积(km ²)	9,850	49,620	3,870	6,373	69,713
百分比(%)	14.13 %	71.18 %	5.55 %	9.14 %	100.00 %

出处：吐鲁番统计年鉴(2000)

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-154 m。在盆地内部，有名的《西游记》中描述的火焰山和盐山沿着东西方向延伸，火焰山的最高点为 851 m，山体的平均高度在 300~600 m 之间，它将盆地分为南北两部分。所以，吐鲁番盆地是由北部的博格达山、南部的觉洛塔格山和中部的火焰山这三座山和北盆地、南盆地这两个盆地所组成（图 2.1.1）。

就地形而言，火焰山北部地区（北盆地）是由天山水系冲积而成的冲积平原，标准海拔为 1200~300 m，从北向南，有 0.8~2 % 的倾斜度。火焰山南部地区（南盆地）是由火焰山水系所形成的冲积平原，南盆地的大部分标准海拔高度低于海平面，火焰山周围的地形大致是由起伏为 2 % 到中部 1 % 的地域所组成。艾丁湖周边 0.4 % 的起伏有所减弱，盆地内的标准高差达到 1400 m。

2.1.2 地质

北部以及西部的天山山脉主要是由石炭纪的地层构成，西部山地大范围的分布着侏罗纪时期的岩层。天山山脉的山麓部是由第三纪层和新三纪层所构成。第三纪层中零散分布有以基性岩类为主的侵入岩，还有一部分花岗岩的侵入岩。

盆地中心由东西向火焰山方向，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。

就盆地内平原而言，北部及南部山地的山麓是由冰河堆积物堆积而成的，另外，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。

2.1.3 气象

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为 16.6 mm，最大降雨量为 48.4 mm（1958 年），最小降雨量为 2.9 mm（1968 年）。另外，年平均蒸发量为 2,845 mm。山地及盆地的所有降雨量分布图由图 2.1.2 所示。气候上的特征是，四季明显，夏天热，冬天冷，春季的气温上升和秋季的气温下降都比较快。相对湿度是 40%~43%，是相当干燥的。另外，热量、日射量和日气温温差大（表 2.1.2~表 2.1.5）。

平均气温为 13.3~13.9℃，所记录的最高、最低温度分别是 49.6℃和-29.9℃。地面直射最高温度为 76.6℃，沙丘表面实测最高温度为 82.3℃。按夏季的日最高气温分类，热的天数(>30℃)有 108~161 天，酷热的天数(>35℃)有 44~121 天、极热的天数(>40℃)有 2~29 天。为此，吐鲁番地区素有“火洲”之称。吐鲁番地区风大，年平均达到 8 级（七级以上为台风）的风有 31 回，最大风速可达到 40 m/s，有“风库”之称。

表 2.1.2 吐鲁番地区气象要素统计表

	气温()		降水量 (mm)			蒸发量(mm)		平均日照時間	最高地表温度
	平均	极端	平均	最小	最大	平均	最大		
吐魯番	13.9	49.6	16.4	2.9	48.4	2838	3608	3049	76.6
鄯善	11.3	44.8	25.2	10.7	--	2727	3038	3112	--
托克逊	13.8	48	6.9	1.9	--	3723	4107	3054	75.8

表 2.1.3 1985-1995 年 10 年主要气象要素平均值（托克逊）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气温	-7.1	0.06	8.9	18.8	25.0	30.5	31.8	29.1	22.4	12.9	2.4	-5.5
蒸发量 mm	21.6	65.5	191	339	441	469	463	365	257	150	64.4	21.5
降水mm	0.5	0.05	0.71	0.11	2.07	1.65	3.27	1.37	1.21	1.52	0.05	0.45

表 2.1.4 1985-1995 年 10 年主要气象要素平均值（鄯善北盆地）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气温	-13.2	-2.7	6	14.9	23.4	27.5	29.5	27.6	21.3	11.4	1.5	-8.6
蒸发量 mm	23.9	52.5	154	280	392	433	444	381	256	148	62	25
降水mm	1.3	0.5	0.7	1.9	1.7	3.9	5.2	4.1	3.3	1.6	0.7	0.8

表 2.1.5 1985-1995 年 10 年主要气象要素平均值（鄯善南盆地）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气温	-8.8	0.4	9	17.9	26.3	29.6	32.1	29.8	23.7	13.6	4	-6.9
蒸发量 mm	19.9	51.1	163	297.8	411	470	482	390	247	130	51	19
降水mm	1.1	0.2	1.4	0.3	0.7	3.4	2.3	2.6	1.3	1.2	0.6	1

2.1.4 河流和坎儿井

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。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。河川的位置如图 2.1.3所示。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，从喀拉乌成山通过艾丁湖直接流入阿拉沟河，再由博格达山开始，其余的 13 条河流由此流出。阿拉沟河流域是本地区最大的集水区，由盆地西侧流入阿拉沟河和由北侧流入白杨河的年平均流量分别为 12,900 万 m³和 14,500 万 m³。14 条水系全部的年间流量合计可达到 91,710 万 m³。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。从天山山地山麓流出的水大部分渗入到地下，成为地下水，在火焰山北侧一带，形成泉水而涌出。

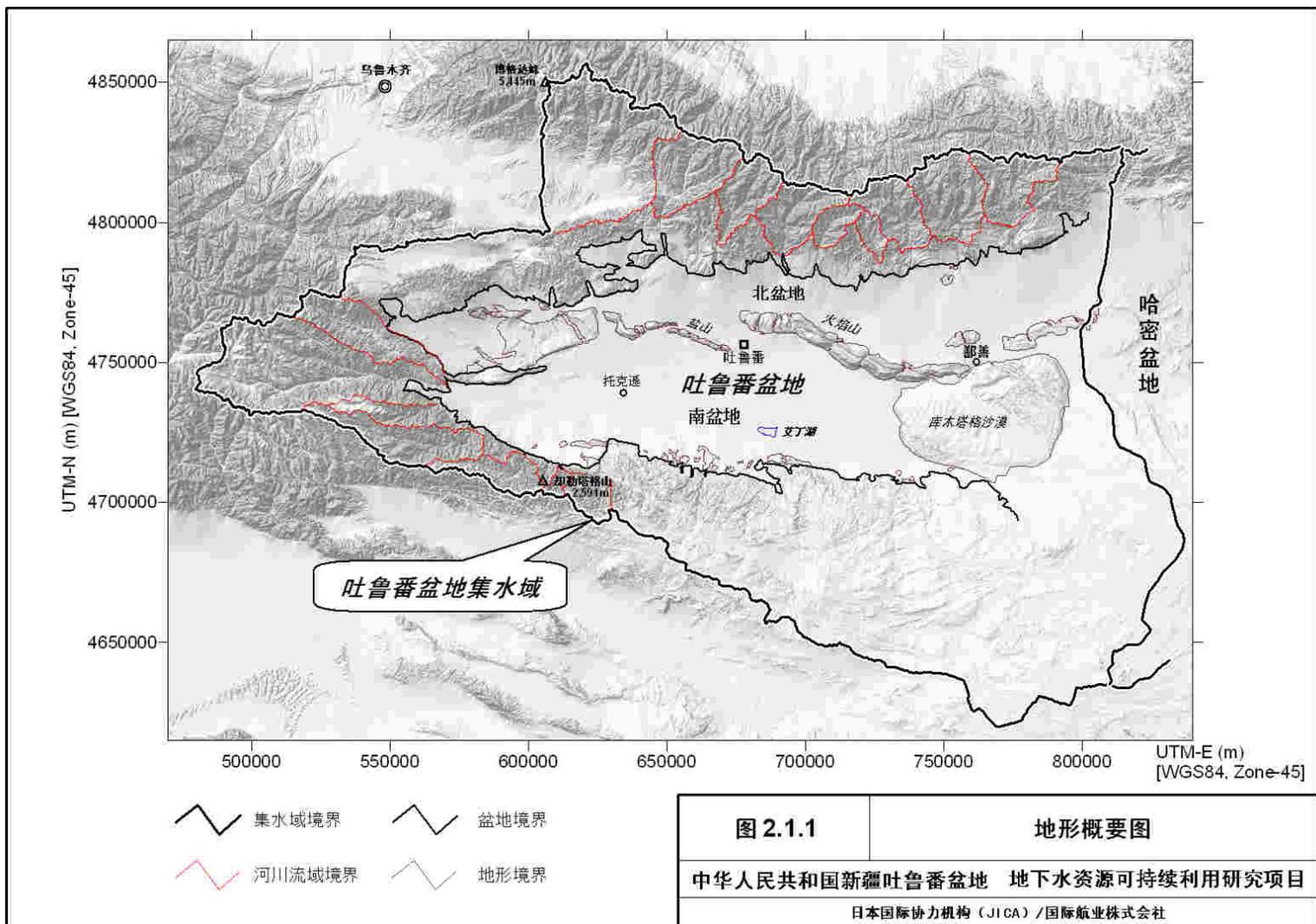
另外，就本地区的特征而言，历史上吐鲁番盆地的生活用水和农业用水就是从山麓部到平原部挖横穴式暗渠，利用坎尔井作为水源的。但是，从 1960 年开始因为地下水位的下降，流出量的减少发生了干枯，坎尔井由以前的 1400 条减少到现在的 400 条。

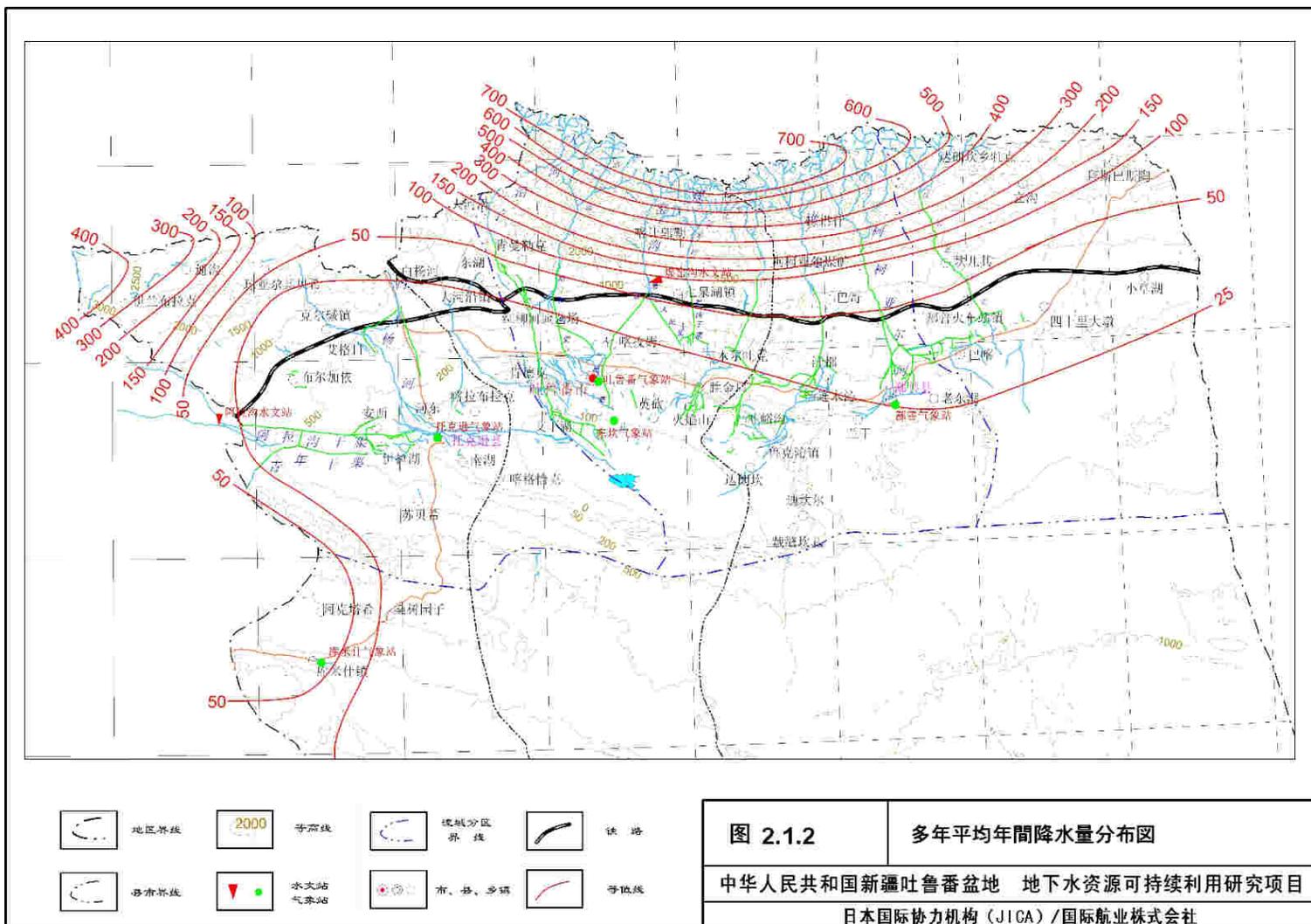
2.1.5 水理地质和地下水

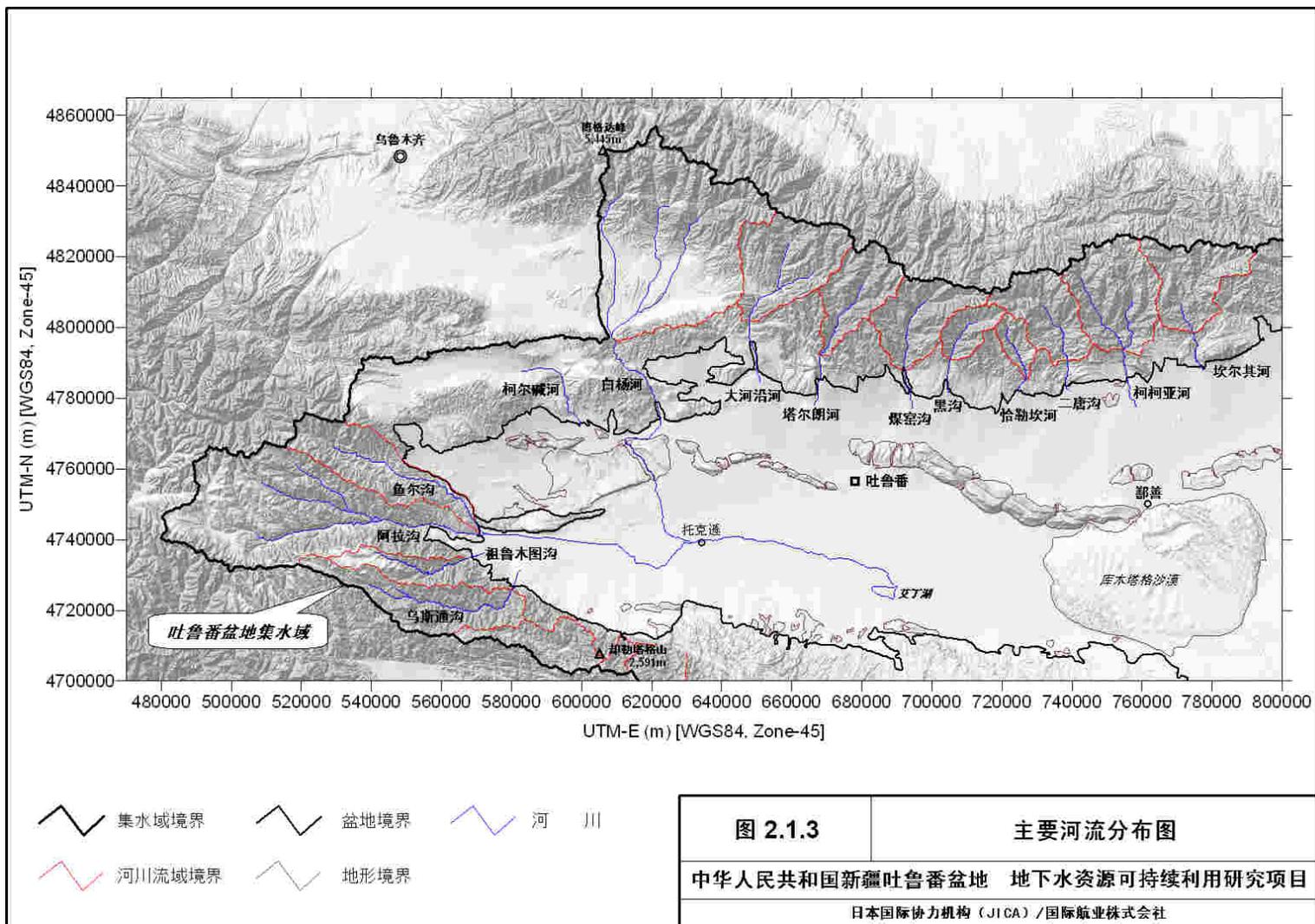
一般地，吐鲁番地区的山地构成以古生代~第三纪地层岩石为主，考虑到岩石不透水性的水理地质。周边山地流出的水渗入地下，积在北盆地和南盆地，第四纪层由带水层构成地下水盆。

盆地内的地下水由图 2.1.4所示。从北盆地流向南盆地。另外，南盆地地下水是从西向东流动的。构成火焰山的岩石主要为泥质岩类，所以地下水的流动规律是由地下水从北盆地内储流的天然地下水库所决定的。

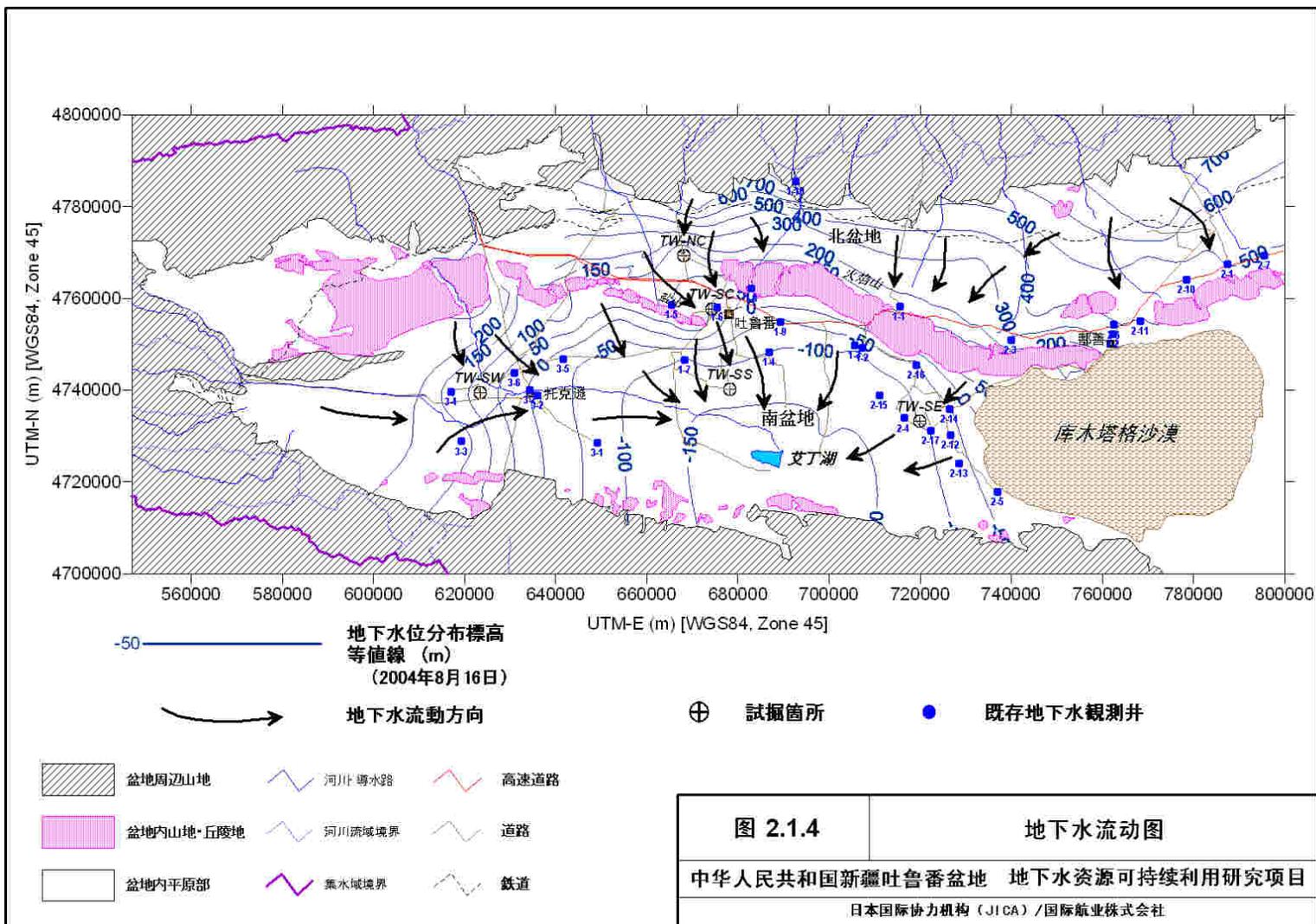
从 1965 年起，农业用水需求量的增大和地表水资源的季节变动相对应。吐鲁番盆地的井户建设有所进展，现在的井户总数达到 5000 户以上。另外，农业用水的利用量估计占地下水利用量的 7 倍。此外，就吐鲁番盆地近年石油生产而言，为了提高下降的油价，需要向地下注入一定的水量，为此，石油生产所用的地下水利用量也有所增加。







2-7



2.2 社会经济条件

2.2.1 行政区划

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，各市的下一级由街道办事处（城区）、乡镇（城区和农村）组成，在各镇、乡、村有各级镇政府、乡政府和村民委员会。另外，吐鲁番市含兵团（名称为 221 团）。乡镇级行政单位的分布如下表所示。

表 2.2.1 吐鲁番地区的行政划分

市（县）	街道办事处	乡·镇				社区	村
		镇	乡	民族乡	合计		
托克逊县	0	3	4	0	7	8	45
吐鲁番市	2	2	7	0	9	18	92
鄯善县	1	5	4	1	10	10	83
合计	3	10	15	1	26	36	220

出处：吐鲁番地区行政（吐鲁番地区统计局）

2.2.2 人口

a. 人口规模

2003 年吐鲁番地区的人口约 57 万人，占新疆维吾尔自治区人口总数的 3.0 %。另外，同一地区人口占中国总面积的比例的 0.04 %。

表 2.2.2 吐鲁番地区的人口规模

地区	总人口（万人）	相当于总人口（%）	相当于自治区人口（%）
中国全国	128,698	100.00	6654.7
新疆自治区	1,934	1.50	100.0
吐鲁番地区	57	0.04	3.0

出处：吐鲁番地区行政（吐鲁番地区统计局）

现在，吐鲁番地区一市两县的总人口数为 571,711 人，总住户 159,535 户，平均住户规模(571,711/159,535=)3.58 人/户。另外，2002~2003 年人口增长率为 0.86 %。2003 年的人口以市、县做对比。吐鲁番市占总人口的 44.6 % 还多，其次是鄯善县（36.6 %），托克逊县（18.9 %）。

表 2.2.3 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）

b. 民族构成

吐鲁番地区居民的民族如下表所示一样，由超过 10 个民族所构成。2003 年到现在，维吾尔族居多数，占人口总数的 69.9 %。其次，汉民族（23.3 %），回族（6.5 %）以上的 3 个民族占人口总数的 99.7 %，其他民族各占一小部分。另外，汉民族以外的少数民族（占）总人口数占比例的 76.7 %。

表 2.2.4 民族构成（2003 年）

	维	汉	哈	回	蒙	锡	俄	满	乌	其他	合计
托克逊县	82,751	17,245	178	7,508	10	0	0	28	0	48	107,768
吐鲁番市	180,474	54,211	27	19,341	82	26	48	162	8	521	254,900
鄯善县	136,594	61,603	36	10,352	56	2	19	142	3	236	209,043
合计	399,819	133,059	241	37,201	148	28	67	332	11	805	571,711
(%)	69.9%	23.3%	0.0%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	100.0%

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

c. 男女人口、城市人口、农业人口

吐鲁番地区的男女人口、城市人口、农业人口由以下的表所示，2003 年到现在，吐鲁番地区的性别比例中男性占 50.77 %。城市人口比例为 39.36 %，农业人口为 73.37 %。

表 2.2.5 分类人口统计（2003 年）

	男	女	城市	农村	农业	非农业	总人口
托克逊县	54,886	52,882	20,745	87,023	81,516	26,252	107,768
吐鲁番市	129,384	125,516	71,767	183,133	177,375	77,525	254,900
鄯善县	106,009	103,034	132,542	76,501	160,598	48,445	209,043
合计	290,279	281,432	225,054	346,657	419,489	152,222	571,711
(%)	50,77	49,23	39,36	60,64	73,37	26.63	100.00

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

2.2.3 经济

a. 经济规模

吐鲁番地区的经济规模在新疆维吾尔自治区的总生产额中(2003 年)约占 1,785 亿元，占全国总额的 1.6 %。其中，吐鲁番地区的总生产额约 83.4 亿元，占新疆维吾尔自治区总额的 4.0 %，这在新疆维吾尔自治区 15 个地区、自治州中规模名列第九位。

吐鲁番地区人均生产额约 14,652 元（2003 年），中国全国的平均生产额（9,030 元），新疆维吾尔自治区平均生产额（9,700 元）。另外，就该数字而言，吐鲁番地区在新疆维吾尔自治区 15 个地区之中、继乌鲁木齐市、克拉玛依市、巴音郭楞蒙古自治州之后的排在第四位。

b. 过去的经济增长

就吐鲁番地区过去的经济增长情况、主要经济指标而言，5 年计划期每年的经济情况

由下表所示，1980 年有所下降，但从总体来说，经济发展是呈增长趋势的，今后的一段时期之内也会按这种增长的趋势来发展。另外，近年来就九五计划而言，耕地面积、作物生产、棉花生产呈现负增长。另一方面，瓜类生产的增长趋势比较受瞩目。

表 2.2.6 吐鲁番地区过去的经济成长 (%)

指 标	[六五]期间 1981-1985	[七五]期间 1986-1990	[八五]期间 1991-1995	[九五]期间 1995-2000
地区生产总值	9.6	12.1	16.5	6.9
农业生产总值	5.0	11.6	8.7	5.2
工业生产总值	16.7	19.3	19.8	6.9
财政收入	14.8	24.5	16.0	19.1
农民平均纯收入	21.6	18.4	14.2	7.2
非农民平均收入	10.8	14.3	24.1	13.4
人口	1.5	1.9	2.1	1.0
耕地面积	-1.3	-0.3	0.2	-7.4
粮食生产	-7.7	9.7	5.4	-0.3
葡萄生产	9.9	31.1	13.0	8.1
瓜类生产	12.6	6.1	-14.6	42.7
棉花生产	5.5	14.6	9.1	-9.8
消费品销售额	18.1	14.3	14.8	2.4

出处：吐鲁番地区行政（吐鲁番地区统计局）

c. 近年的经济状况

到 1970 年，吐鲁番地区经济以农业及农业生产加工业为中心的绿洲经济模式所维持。其后，1980 年靠工业的发展。现在靠石油、天然气、煤炭、化工、铁矿、食品、纺织、皮革、建筑材料等多种工业体系所支撑。

2003 年到现在，地区总生产额为 85 亿 9,698 万元，其中农业（含有服务性行业）为 16 亿 3,699 万元（19.0%），工业（含有服务性行业）为 68 亿 7,183 万元（79.9%）。从 2000 到 2002 年每年的总生产额增长率依次为 19.1%、3.2%、16.9%。

d. 农 业

在吐鲁番地区，第一产业主要以作物栽培业、畜牧业为主，林业、渔业为辅。2003 年农业总生产额为 16 亿 3,966 万元，比前年上升了 17.6% (2002 年：13 亿 9,163 万元)。

就下表而言，1990 年农产品生产总额占畜产总额的 12.9%，之后，一直呈上升的趋势。通过 2003 年增长了 22.4% 的数据来看，农业呈发展趋势。相反，作物栽培跟同期相比，所占比例从 85.8% 下降到 74.1%。总之，近年来，就作物栽培同畜牧业相比较而言，倾向于畜牧业的发展。

表 2.2.7 不同农业生产额构成比例的变化 (%)

年	总值	粮食	畜产	林业	渔业	服务业
1990	100.0	85.8	12.9	1.3	0.1	
1995	100.0	85.1	14.3	0.5	0.2	
2000	100.0	83.9	15.7	0.3	0.2	
2001	100.0	81.4	18.0	0.4	0.2	
2002	100.0	77.7	20.5	1.6	0.2	
2003	100.0	74.1	22.4	1.3	0.1	2.1

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

但是，作物栽培生产额并没有减少，如下表所示，作物栽培生产额近年仍继续呈现增长趋势。

表 2.2.8 不同农业生产额的变化 (万元)

年	总值	粮食	畜产	林业	渔业	服务业
1990	45,935.0	39,400.5	5,904.2	611.7	18.6	
1995	112,086.3	95,352.1	15,990.9	532.7	210.7	
2000	130,960.2	109,805.6	20,521.8	434.4	198.4	
2001	135,849.4	110,631.7	24,414.2	566.7	236.8	
2002	139,163.0	108,154.0	28,484.3	2,277.1	247.6	
2003	163,698.8	121,316.5	36,670.5	2,113.0	209.6	3,389.2

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

2003 年主要产品的生产额以下表为例。

表 2.2.9 2003 年不同类别农业生产额(单位：万元)

项目	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	合计
农业生产总额	33,123.2	69,642.9	60,932.8	163,698.9
1.作物栽培生产总额	20,409.0	53,916.8	46,990.8	121,316.6
(1) 粮食	5,253.4	3,220.3	2,481.0	10,954.7
1) 小麦	2,463.4	962.4	1,030.0	4,455.7
2) 高粱	1,804.5	1,102.2	893.3	3,800.0
(2) 棉花	7,096.4	6,459.6	4,754.5	18,310.4
(3) 植物油脂作物	289.7	43.5		333.1
(4) 蔬菜	1,652.4	4,673.9	2,250.0	8,576.3
(5) 瓜类	952.2	3,719.9	7,716.0	12,388.1
(6) 孜然(调味品类)	2,526.4	1,945.6	16.8	4,488.8
(7) 桑.水果	2,062.7	33,500.7	29,590.5	65,153.9
葡萄	1,518.4	33,402.7	29,479.1	64,400.3
其他	544.3	98.0	111.4	753.7
(8)其他作物	576.0	353.4	182.0	1,111.4
2.畜产业总生产值	11,170.7	13,173.5	12,326.3	36,670.5

项目	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	合计
(1) 家畜	10,774.4	12,939.2	11,287.4	35,001.0
1) 牛	3,562.0	720.0	1,695.6	5,977.6
2) 羊	5,311.3	10,220.0	8,194.0	23,725.3
3) 其他食用家畜	90.5	225.0	748.0	1,063.5
4) 乳制品	1,202.5	1,052.5	305.0	2,560.0
5) 毛织物	608.1	721.8	344.8	1,674.6
(2) 猪	58.0	85.0	241.9	384.9
(3) 家禽	299.3	119.9	737.0	1,156.2
(4) 其他家畜及其产品	39.0	29.4	60.0	128.4
3.林业年生产额	399.7	920.5	792.8	2,113.0
(1) 材木 (人工林)	365.4	892.5	709.7	1,967.7
(2) 木工制品		10.0	75.0	85.0
(3) 材木 (村级以下)	34.3	18.0	8.1	60.3
4.渔业总生产额	40.8	151.9	16.9	209.6
5.农林水畜产服务业总生产额	1,103.0	1,480.2	806.0	3,389.2
(1) 农业	859.0	1,388.2	756.0	3,003.2
(2) 畜牧业	240.0	92.0	50.0	382.0
(3) 林业	2.0			2.0
(4) 渔业	2.0			2.0

出处：吐鲁番统计年鉴（吐鲁番地区统计局）

e. 工业

近年来，吐鲁番地区以工业、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68亿7,138万元，与前年相比，上升了19.2%（2002年：57亿6,413万元）。

就乡以上的自治体而言，从轻工业和重工业的比重来看，轻工业是4亿3,156.3万元（6.7%），重工业是60亿3,664.9万元（93.3%），重工业经济占有绝对的优势。但是，在生产额上，轻工业近年来一直以8%~10%的速度持续增长。

工业分类的主要内容有：原炭加工（161.31万吨）、原油加工（235.01万吨）、酒类（8,785吨）、罐头（274吨）、发电（4,258万千瓦）、硫化铁（20,288吨）、天然气（12亿3,443万m³）、水泥（31.77万吨）、花岗岩板材（1,417,398m²）、纺纱棉纱。特别是花岗岩板材在2000年到2003年之间，以惊人的速度增长了17.3倍。

3. 水文调查

3 水文调查

3.1 调查方法

水文调查分为：以降雨量为中心的气象条件分析、河流流量调查、河流流量分析、洪水影响范围分析和蒸发量分析。

3.1.1 气象资料的收集和分析

在调查区域现存的气象资料中，以与水资源的形式和水资源的消耗密切相关的降雨量、蒸发量、气温等为主收集气象资料，在准确掌握吐鲁番地区气象条件的同时，将所收集的资料作为水文分析的基础资料

3.1.2 河流流量观测

河流流量的调查对象分为山区河流和盆地河流。山区河流的流量调查目的是掌握流入吐鲁番盆地内的河流径流流量，而该径流是位于调查地区内的天山山脉作为水资源涵养地，其降水和雪融水汇聚而成。迄今已对位于该调查地区北部和西部的 14 条常年河，分别在丰水期和枯水期进行了两次山区河流流量调查。在已设有观测站的河流，选择现有的观测点作为流量观测地点，而在未设观测站的河流，则选择山地与扇状冲积地带的交界处作为流量观测地点。

同样，对盆地河流流量的调查，也分别在丰水期和枯水期各实施了 1 次。吐鲁番盆地内的天然河流很少，因此为输送地表水修建了许多水渠。鉴于此，调查的对象并不局限于天然河流，还包括了水渠。第 1 次调查选择了 6 条河流和水渠，在每条河流和水渠的上、中、下游分设 3 个断面测量流量，以掌握沿流向方向河流与水渠的地表水在各测量断面间的渗漏量。

在该调查地区内，现有的水文观测站较少，因此很难准确掌握地表水流量。针对这一问题，新建了 1 处水文观测站，以便实施连续流量观测。

3.1.3 河流流量分析

对盆地内外各水文观测站的观测结果进行了收集和整理，按照《地表水资源调查和统计分析技术细则》、《全国山洪灾害防治规划降雨区划技术细则》、《全国水资源综合规划技术细则》等中国的相关规范标准和规定，在对流量时间序列进行了插补、延长等处理的基础上，绘制了本调查地区径流量等值线图，由此求得了 14 条主要河流在最近十年内流量。

3.1.4 洪水影响范围分析

在收集现有的洪水相关资料的基础上，进行了实地调查和访问调查。在掌握以往洪水的发生及受灾情况的基础上，对洪水的特征进行了分类，并探讨了洪水特征随区域的变化情况，绘制出了洪水影响地区分布图。

3.1.5 盆地内蒸发损耗量分析

收集了吐鲁番盆地内外的与蒸发量有关的观测数据和试验结果，根据收集的成果和气象与河流流量的分析结果，绘制了吐鲁番盆地内部的蒸发能等值线分布图。进一步探讨了吐鲁番地区蒸发分布的各地区特征，其中根据试验结果，研究了绿洲地区的蒸发量与植被、灌溉用水及地下水水位深度之间的关系。

3.2 气象资料的收集和解析

3.2.1 基本资料及插补

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，最短的为二唐沟水文站，只有 3 年的资料。气象水文观测站的位置如图 3.2.1 所示。

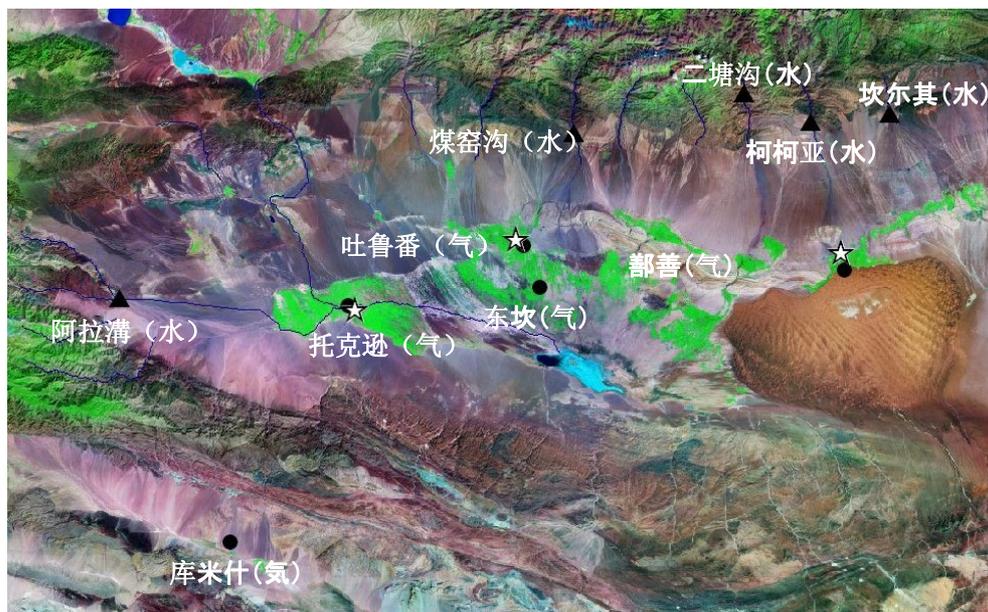


图 3.2.1 调查区域中的气象·水文观测站位置图

根据中国水利部 1981 年制定的「地表水资源调查及统计分析技术细则」（以下记为「细则」）、按照以下条件进行了观测站的选定。

- 1) 资料质量较好
- 2) 系列较长
- 3) 面上分布均匀
- 4) 能反映地形变化的站点

经过综合比较分析、筛选，最后确定 9 处选用站，具有实测资料 330 站年作为分析计算的依据点，其中，气象站 6 处，占选用站的 66.7 %，水文站 3 处，占选用站的 33.3 %。（表 3.2.1）

表 3.2.1 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	
五工区	89°15.30'	43°17.01'	1,708	1966~69、1972~	降水

为使各选用站资料达到 1956~2000 年的同步系列，对选用雨量站的缺测月、年降水量进行了插补延长。插补方法如下：

- (1) 缺测月降水量采用邻近水文站或气象站同期降水量相关插补，个别月份因相关关系不好者采用历年同期平均值代替，以获取全年资料。
- (2) 年降水量缺测的站，采用相邻站年降水量相关插补，其相关系数一般在 0.8 以上。

采用以上方法插补资料延长共计 28 站年，占总站年数的 8.5 %，可见，其资料连续性较好，具有较好使用价值。

选用站降水量插补情况见表 3.2.2。

表 3.2.2 评价区选用站降水量插补情况一览表

观测站	相关因子	插补年	插补方程式	相关系数
托克逊	吐鲁番气象站年降水量	1956 年、1957 年	$Y=0.4058 \cdot X+0.9446$	0.6531
	本站 6—10 月降水量	1958 年	$Y=1.0061 \cdot X+1.4934$	0.994
库米什	吐鲁番气象站年降水量	1956 年	$Y=14.665 \cdot X+0.4773$	0.6837
东坎	本站 4—12 月降水量	1957 年	$Y=0.9904 \cdot X+2.4363$	0.9106
	吐鲁番气象站年降水量	1956 年、 1967-1973 年	$Y=0.6312 \cdot X+5.8899$	0.8179
阿拉沟河 水文观测站	本站年降水量多年均值	1956 年		
	本站 7—12 月降水量	1959 年	$Y=1.0025 \cdot X+17.42$	0.8466
煤窑沟 水文观测站	吐鲁番气象站年降水量	1956 年、 1959-1960 年、 1965 年、 1968-1970 年、 1973-1978 年	$Y=1.4397 \cdot X+43.359$	0.7372

3.2.2 系列代表性分析

a. 丰枯分析

吐鲁番地形特殊，为使所选代表站在区域分布上具有代表性，本次分析采用的水文、气象资料为 1956~2000 年同步系列，为考证 45 年的降水系列代表性，根据资料情况选择区域内资料系列最长的吐鲁番气象站、鄯善气象站作为代表站对其年降水量进行系列代表性分析。

对代表站年降水系列，以每 10 年为一个时段，统计各时段平均年降水量与多年平均降水量的比值，列于表 3.2.3。

表 3.2.3 代表站年降水量分段统计表

		52~60 (9年)	61~70 (10年)	71~80 (10年)	81~90 (10年)	91~2000 (10年)	多年平均 降水量
吐鲁番	10年平均 (mm)	21.0	12.6	16.2	15.9	14.5	15.9 (1952~ 2000年)
	与多年平均 的比较(%)	32.1	-20.8	1.9	0.0	-8.8	
鄯善	10年平均 (mm)		24.3	24.8	29.4	28.5	26.9 (1956~ 2000年)
	与多年平均 的比较(%)		-9.7	-7.8	9.3	5.9	

表 3.2.3是将吐鲁番气象站、鄯善气象站历年降水量资料按 10 年划分为一个时段，各时段平均降水量与多年平均降水量比较，可以看出吐鲁番站 50 年代、70 年代处于丰水期，60 年代、90 年代处于枯水期，80 年代处于平水期；鄯善站 60 年代、70 年代处于枯水期，而 80 年代、90 年代处于丰水期。选用站降水量变化趋势经历了丰~枯~丰的交替过程。虽然同在吐鲁番盆地内，但各地的丰枯分布并非完全一致。

b. 年间变化分析

图 3.2.2和图 3.2.3为代表站的雨量变化图。

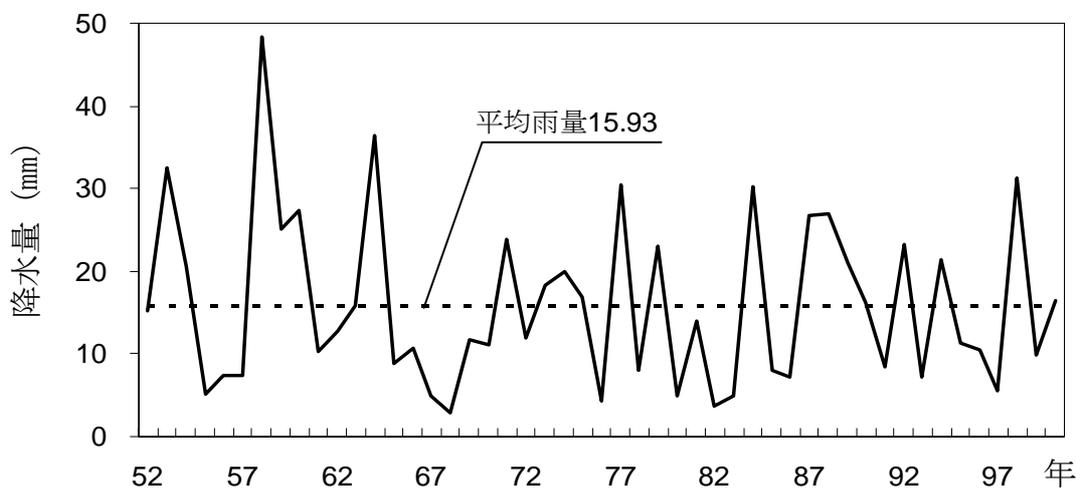


图 3.2.2 吐鲁番气象站多年降雨量变化图

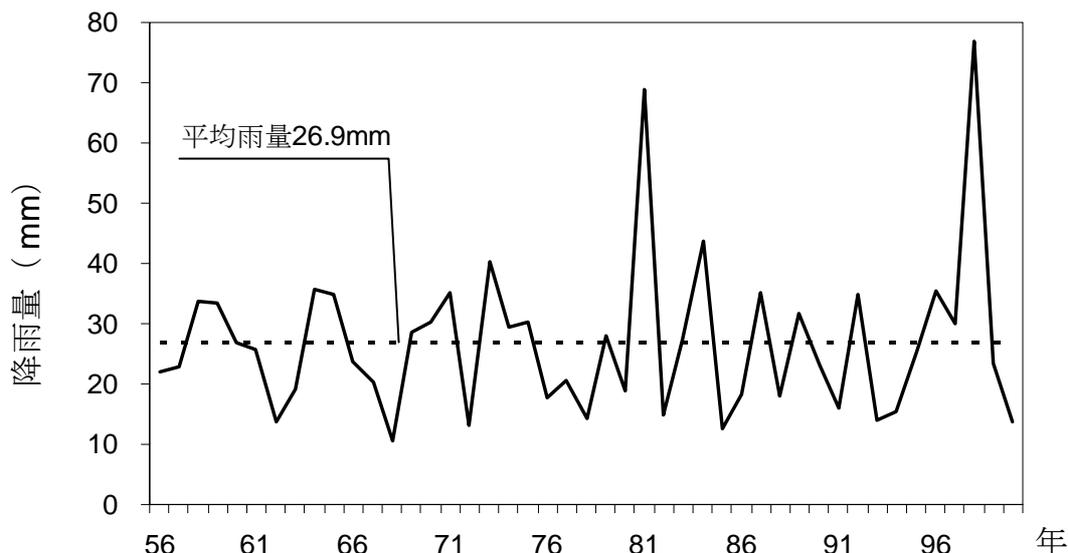


图 3.2.3 鄯善气象站多年降雨量变化图

根据「细则」规定、绘制了各代表站长系列之年降水量变化图及模比系数差积曲线，模比系数差积曲线相对比较直观，可以反映各站降水量的年际变化情况。

模比系数是指某一时段内的各年降水量值分别与多年平均降水量值之比。

$$\text{即: } Ki = \frac{Xi}{\bar{X}}$$

Xi —某一时段内的某年降水量 (mm)

\bar{X} —多年平均降水量 (mm)

选择系列相对较长的吐鲁番站、鄯善站作为代表站，绘制通过绘制模比系数差积曲线，吐鲁番站、鄯善站年降水量变化图及模比系数差积曲线见图 3.2.4~图 3.2.5。

图中看出，45 年系列中各代表站都至少包含有一个或一个以上明显的丰枯变化过程：吐鲁番站 1952~1954 年、1957~1964 年为丰水期；1955~1956 年、1965~1970 年为枯水期；1971~2000 年降水量在均值上下波动。鄯善站 1958~1979 年、1985~1995 年为一枯水过程，枯水段长 33 年，但这一过程中还包含有丰枯小周期，1980~1984 年、1995~1998 年为一丰水过程，丰水段长 9 年，经分析可以得出 1956~2000 年系列年际变化比较大。

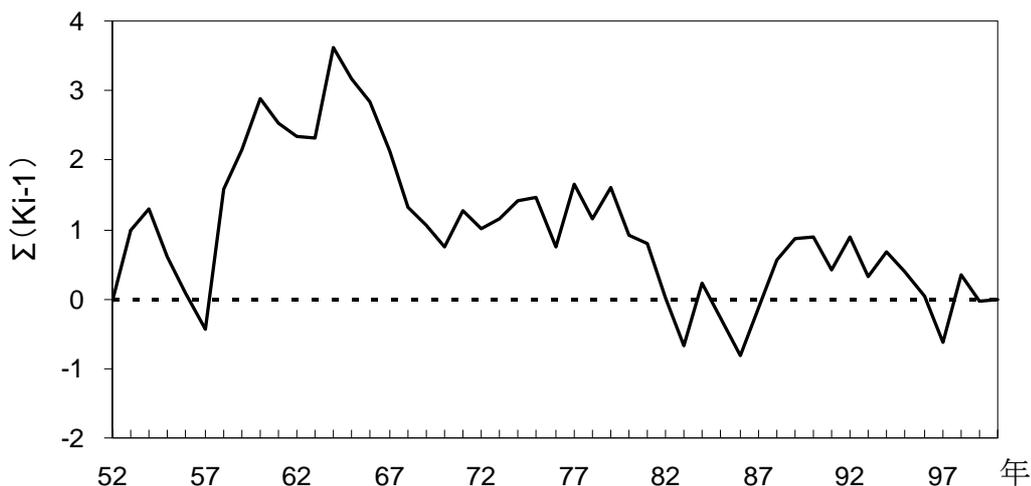


图 3.2.4 吐鲁番气象站年降水量模比系数差积曲线图

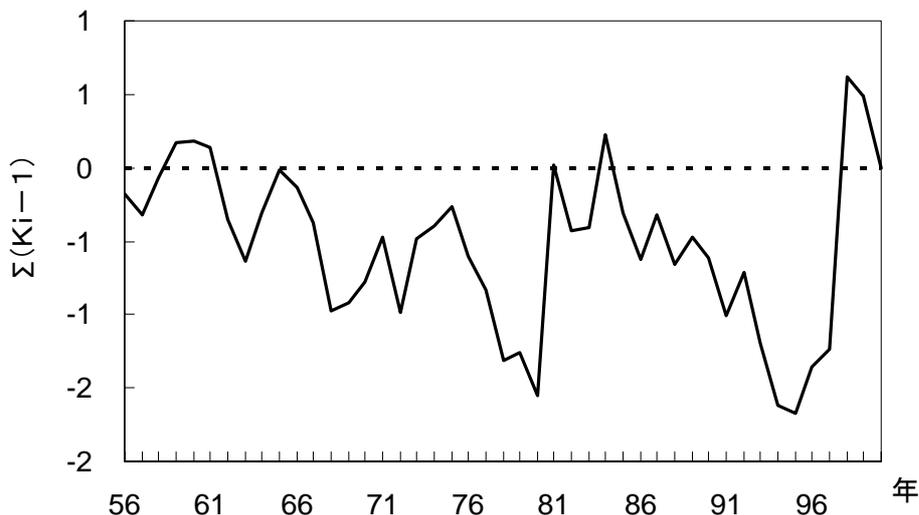


图 3.2.5 鄯善气象站年降水量模比系数差积曲线图

c. 安定性分析

统计参数的稳定性分析,是基于长系列统计参数比短系列统计参数的代表性相对较好这一基本假定,即长系列统计参数更接近于总体,故以长系列统计参数为标准来检验短系列资料的代表性。

降水系列的均值随观测年限的增长而渐趋稳定。为分析代表站年降水稳定历时,绘制吐鲁番气象站、鄯善气象站降水模比系数累积平均过程线,即从 2000 年起逆时序向前计算累积平均模比系数值,绘制其历时过程线见图 3.2.6和图 3.2.7。

吐鲁番站降水自 2000 年向前累积至 1958 年均值才逐渐趋近于 1,说明其收敛性相对较差些,其年降水量多年平均值的稳定历时要 43 年。鄯善站降水自 2000 年向前累积至 1966 年变化较小,均值趋向相对稳定,其稳定历时要 35 年。

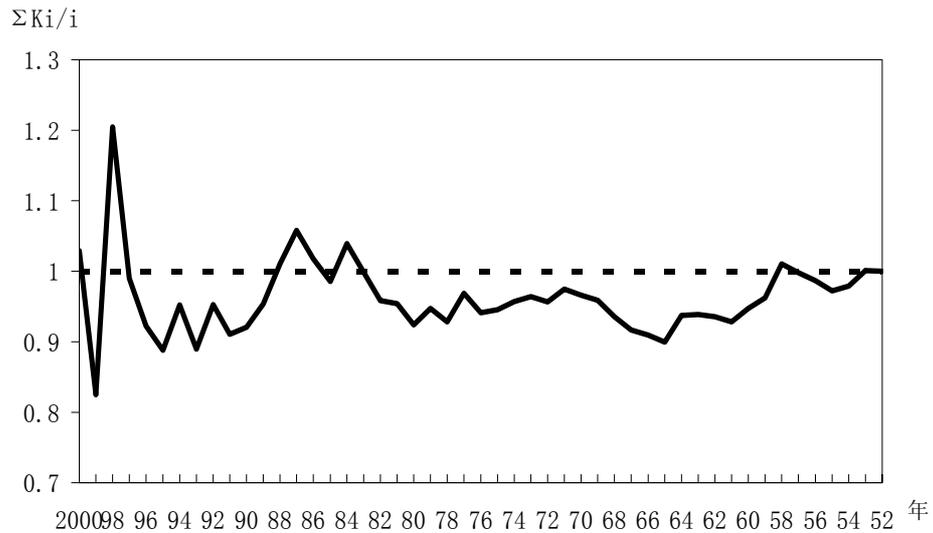


图 3.2.6 吐鲁番气象站模比系数累积平均曲线图



图 3.2.7 鄯善气象站模比系数累积平均曲线图

d. 降水量地区别分布

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，最高海拔 4300 米，最低-150 米，梯度变化很大，在干旱气候条件下的研究区具有明显地区分布规律，年降水量随海拔高度的升高而增大。现以选用站高程与平均降水量进行降水随高程的变化分析。各站年降水量变化在 7.6~169.9 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 3.2.8。

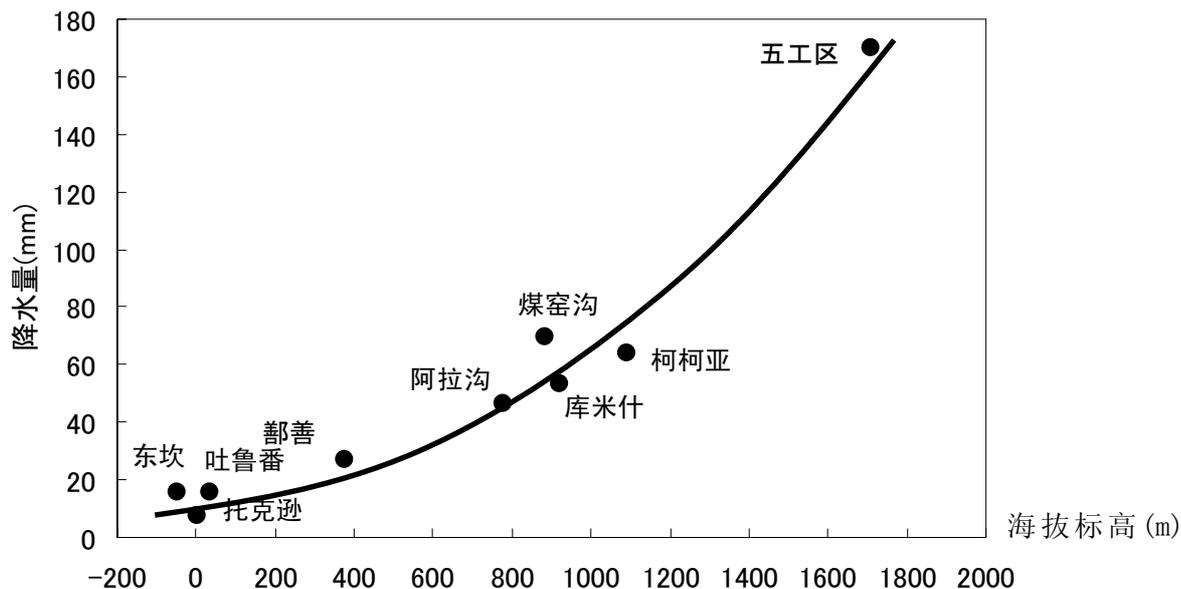


图 3.2.8 降雨量和海拔标高之间的关系

3.2.3 降水量的年内分配及年际变化

a. 降水量的年内分配

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 %，集中程度较高，主要出现在 6~9 月。阿拉沟站连续最大四个月占年降水量最大为 83.6 %，最小吐鲁番站为 58.0 %。各站连续最大四个月降水量统计见表 3.2.4。

表 3.2.4 评价区选用站连续最大四个月降水量统计表

代表站	连续最大四个月降水量 (mm)	占年降水量 (%)	出现月份
吐鲁番站 (气)	9.2	58.0	6~9
鄯善站 (气)	16.2	60.5	6~9
托克逊站 (气)	5.7	74.3	6~9
库米什站 (气)	40.8	76.4	6~9
东坎站 (气)	9.5	59.0	6~9
阿拉沟站	38.7	83.6	6~9
煤窑沟站	45.8	64.1	6~9
柯柯亚尔站	49.2	75.4	6~9
五工区 (气)	124.6	79.5	6~9

本流域降水量主要集中于夏季，春、秋、冬三季所占比重很小。其降水量四季分配情况是：阿拉沟站夏季占 70 % 以上，煤窑沟站、托克逊站、库米什站、柯柯亚尔站夏季占到 55 %~68 %，吐鲁番站、鄯善站占到 49 %；春、秋两季各站降水量占年降水量的除托克逊站春季占 8.5 %，秋季占 19.3 % 外，其余各站两季占到年降水量的 15 % 左右。冬季相对占的小些。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 月份为主，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。最大月与最小月降水量之比，阿拉沟站最大为 97.4，柯柯亚尔站次之为 64.1，最小煤窑沟站为 7.3，最大月和最小月降水相差悬殊，年内分配不均匀，评价区内降水量四季分配情况见表 3.2.5和图 3.2.9。

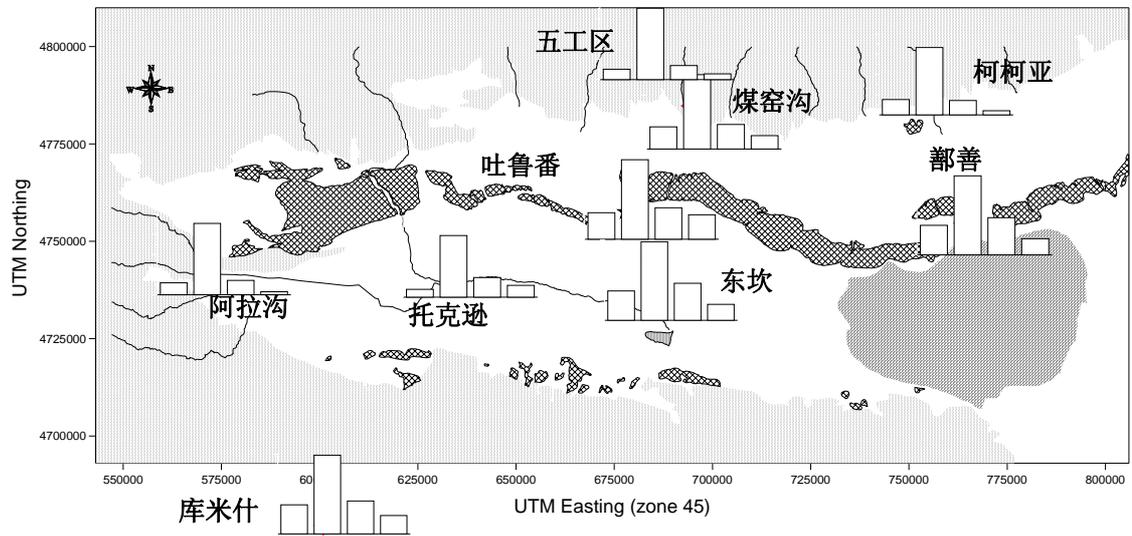


图 3.2.9 各观测站降水量的季节分配

表 3.2.5 评价区主要选用站多年平均实测降水量四季分配表

站名	名称	春季 (3~5月)	夏季 (6~8月)	秋季 (9~11月)	冬季 (12~2月)	年降水量 (mm)	历年平均各月 最大最小降水量(mm)		最大月 / 最小月
							最大月	最小月	
吐鲁番站 (气)	降水量 (mm)	2.6	7.8	3.1	2.4	15.9	3.2	0.3	9.7
	(%)	16.4	49.3	19.5	15.1	100			
鄯善站 (气)	降水量 (mm)	4.9	13.1	6.2	2.7	26.9	5.1	0.5	11.0
	(%)	18.2	48.7	22.9	9.9	100			
托克逊站 (气)	降水量 (mm)	0.6	4.7	1.5	0.9	7.7	1.9	0.0	
	(%)	7.8	61.0	19.5	11.7	100			
库米什站 (气)	降水量 (mm)	7.6	36.1	8.1	1.6	53.4	16.5	0.4	41.5
	(%)	14.2	67.6	15.2	3.0	100			
东坎站 (气)	降水量 (mm)	2.9	7.9	3.3	1.9	16.0	2.9	0.2	16.6
	(%)	18.3	49.5	20.7	11.6	100			
阿拉沟站	降水量 (mm)	5.5	32.7	6.6	1.4	46.2	12.7	0.1	97.4
	(%)	11.9	70.8	14.3	3.0	100			
煤窑沟站	降水量 (mm)	11.8	39.4	13.1	7.1	71.4	15.0	2.1	7.3
	(%)	16.5	55.2	18.3	10.0	100			
柯柯亚尔站	降水量 (mm)	9.9	43.4	9.3	2.7	65.3	16.6	0.3	64.1
	(%)	15.2	66.5	14.2	4.1	100			
五工区 (气)	降水量 (mm)	16.0	110.3	21.6	8.9	156.8	47.5	1.9	25
	(%)	10.2	70.3	13.8	5.7	100			

b. 降水量的年际变动

b.1 最大 / 最小年間降雨量

降水量年际变化以最大与最小年降水量之比及多年降水的 Cv 值进行分析。

降水量的年际变化幅度用最大与最小年降水量之比来表征。从选用站最大年与最小年降水量统计分析，各站降水量年际变化较大，丰、枯悬殊。其最大年降水量比最小年降水量多 25~170 mm，最大年降水量为最小年降水量的 3~51 倍；最大年降水为多年均值的 1.6~3.4 倍；最小年降水量为多年均值的 0.065~0.398 倍。分析选用站实测年降水量最大与最小统计见表 3.2.6。

表 3.2.6 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(n)	多年平均	最大年降	出现年份	最小年	出现年份	最大年与最	最大 /	最大/多年	最小/多年
		降水量	水量		降水量		小年差值	最小	均值	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

b.2 变差系数 Cv

用年变差系数 Cv 也可表征降水量的多年变化。根据《地表水资源调查和统计分析技术细则》Cv 值只选择长系列资料进行计算，一般以不少于 20 年连续系列为宜（五工区站缺测两年，选用邻站及周边站进行相关，其相关关系不能满足使用要求，为使系列连续五工区缺测年用多年均值替代；柯柯亚尔站据 17 年资料计算 Cv）。吐鲁番地区选用站年变差系数 Cv 值在 0.33~0.92 之间，见表 3.2.7。

Cv 为表示相对离散度的指标,通过以下公式求得。

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \times 100\%$$

这里：

n: 标本数（观测年数）

x: 各年降水量

从表 3.2.7中可以看出 Cv 与多年平均雨量之间大致呈反比例关系，即海拔高度高，降雨量偏大的测站的平均年际降雨量变化幅度较小。

表 3.2.7 调查区域中观测站年降水量变差系数表

观测站	Cv	多年平均降水量(mm)	海拔标高(m)
阿拉沟	0.33	46.2	777.3
五工区	0.36	156.8	1,708
煤窑沟	0.44	71.4	882
库米什	0.49	53.4	922
鄯善	0.52	26.9	378
东坎	0.53	16.4	-49
柯柯亚	0.62	65.3	1,090
吐鲁番	0.75	15.9	35
托克逊	0.92	7.7	1

3.2.4 水文区分

由于受水汽来源、地理位置、地形等因素的影响，陆地上的降水各地是不相同的。依据一定数量的实测点据，参照地形、山脉走向、地带性规律，将降水量大致相同的各点连接起来绘制的降水量等值线图。

勾绘等值线时，既要考虑各测站的统计数据，又不能完全拘泥于个别点据，以避免等值线过于曲折或产生许多小的高、低值中心和造成与当地地理、气候因素不相匹配的不合理现象。要考虑降水量随地面高程变化的相应关系，但也不应将等值线完全按等高线的走向勾绘；等值线必须与大尺度地形分水岭走向大体一致，切忌横穿山岭。并对等值线的分布、走向、弯曲情况及高值区、低值区的位置进行合理性检查，将本次绘制的等值线图与以往编制的有关图件进行对照，以论证本次工作成果合理性。

一方面可供了解降水量的地区分布情况，同时为无降水观测站的地区提供大致的降水量级，本次分析为了处理降雨在流域面积上的不均匀分布，将流域等高线划分为若干单元。划分原则：依据吐鲁番特殊地形，以海拔 1000 米为界线把吐鲁番分为山地、平原两大地貌单元分别计算降水量，山区等高线比较密集，以等高距 500 米为级分带，平原盆地等高线比较稀疏以 200 米为级，600 米以下等高线比较顺直以 100 划分将整个地区按不同的级差把流域按高程分成了若干带，并可计算出各标高带及等值线图所包围的任何一个流域区或地区的降水总量。

根据吐鲁番年降水量等值线图（图 3.2.10），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。吐鲁番地区各行政分区降水量、各流域分区降水量及流域内不同标高带降水量成果见表 3.2.8~表 3.2.10。

表 3.2.8 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 3.2.9 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

表 3.2.10 -1 托克逊两河河区不同标高降水量统计表

流域区分	标高区分	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
托克逊 2河流域	>4000m	4	0.0132	358.2
	3500~4000m	25	0.0871	346.1
	3000~3500m	42	0.1335	316.5
	2500~3000m	341	1.023	300.4
	2000~2500m	793	1.216	153.3
	1500~2000m	1,186	0.6499	54.8
	1000~1500m	1,380	0.3495	25.3
	800~1000m	681	0.1072	15.7
	600~800m	962	0.1227	12.8
	500~600m	540	0.0675	12.5
	400~500m	605	0.0757	12.5
	300~400m	511	0.0638	12.5
	200~300m	565	0.0706	12.5
	100~200m	569	0.0711	12.5
	50~100m	281	0.0351	12.5
	0~50m	253	0.0317	12.5
	-50~0m	285	0.0357	12.5
	-100~-50m	380	0.0475	12.5
-150~-100m	286	0.0358	12.5	
小計	9,688	4.236	43.7	

表 3.2.10 -2 吐、鄯七河河区不同标高降水量统计表

流域区分	标高区分	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
吐鲁番·鄯善 7河流域	4000m以上	18	0.1076	592.6
	3500~4000m	396	2.368	597.8
	3000~3500m	802	4.387	546.7
	2500~3000m	810	3.350	413.7
	2000~2500m	833	2.474	296.9
	1500~2000m	788	1.554	197.1
	1000~1500m	995	0.9181	92.2
	800~1000m	582	0.3483	59.9
	600~800m	790	0.2910	36.8
	500~600m	1,354	0.2452	18.1
	400~500m	1,197	0.2571	21.5

流域区分	标高区分	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
	300~400m	898	0.1718	19.1
	200~300m	615	0.0903	14.7
	100~200m	378	0.0472	12.5
	50~100m	261	0.0327	12.5
	0~50m	177	0.0221	12.5
	-50~0m	532	0.0665	12.5
	-100~-50m	655	0.0818	12.5
	-150~-100m	756	0.0946	12.5
	小計	12,838	16.91	131.7

表 3.2.10 -3 坎儿其河河区不同标高降水量统计表

流域区分	标高区分	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
坎儿其河河区	>4000m			
	3500~4000m	2	0.0112	543.8
	3000~3500m	122	0.5800	474.4
	2500~3000m	358	1.287	360.0
	2000~2500m	434	1.050	242.0
	1500~2000m	613	0.8897	145.1
	1000~1500m	945	0.6475	68.5
	800~1000m	542	0.2430	44.9
	600~800m	1217	0.2972	24.4
	500~600m	992	0.2481	25.0
	400~500m	905	0.2137	23.6
	300~400m	1,032	0.1796	17.4
	200~300m	825	0.1031	12.5
	100~200m	48	0.0061	12.5
小計	8,035	5.756	71.6	

表 3.2.10 -4 库木塔格荒漠区不同标高降水量统计表

流域区分	标高区分	面积 (km ²)	降水量 (10 ⁸ m ³)	降水深 (mm)
庫木塔格沙漠区	2000~2500m	76	0.0384	50.5
	1500~2000m	2,467	0.5470	22.2
	1000~1500m	20,870	2.781	13.3
	800~1000m	8,253	1.040	12.6
	600~800m	3,441	0.4301	12.5
	500~600m	443	0.0554	12.5
	400~500m	287	0.0358	12.5
	300~400m	163	0.0204	12.5
	200~300m	129	0.0162	12.5
	100~200m	48	0.0061	12.5
	小計	36,178	4.970	13.7

3.2.5 降水时间序列的建立

为推求 1956~2000 年全流域和各分区逐年降水量系列，在四个流域内分别选用本区域或相邻区域内系列长、代表性好的雨量资料，逐年降水量相加，然后采用比值法建立各分区降水时间序列，其计算公式为：

$$Pi_{\text{区}} = Pi_{\text{站}} \times \frac{\bar{P}_{\text{区}}}{\bar{P}_{\text{站}}}$$

$Pi_{\text{区}}$ - 分区逐年年降水量 (10^8m^3) ;

$Pi_{\text{站}}$ - 代表站逐年年降水量 (mm) ;

$\bar{P}_{\text{区}}$ - 分区多年平均降水量 (10^8m^3) ;

$\bar{P}_{\text{站}}$ - 代表站多年平均降水量 (mm) ;

各分区选用的代表站见表 3.2.11

表 3.2.11 各分区降水系列代表站选用表

四级流域区	选用代表站
托克逊2河河区	托克逊气象站、阿拉沟站
吐、鄯7河河区	吐鲁番气象站、煤窑沟站、东坎气象站
坎尔其河区	鄯善气象站
库木塔格荒漠区	库米什气象站

各分区降水时间序列见表 3.2.12。吐鲁番地区全区年降水量变化见。

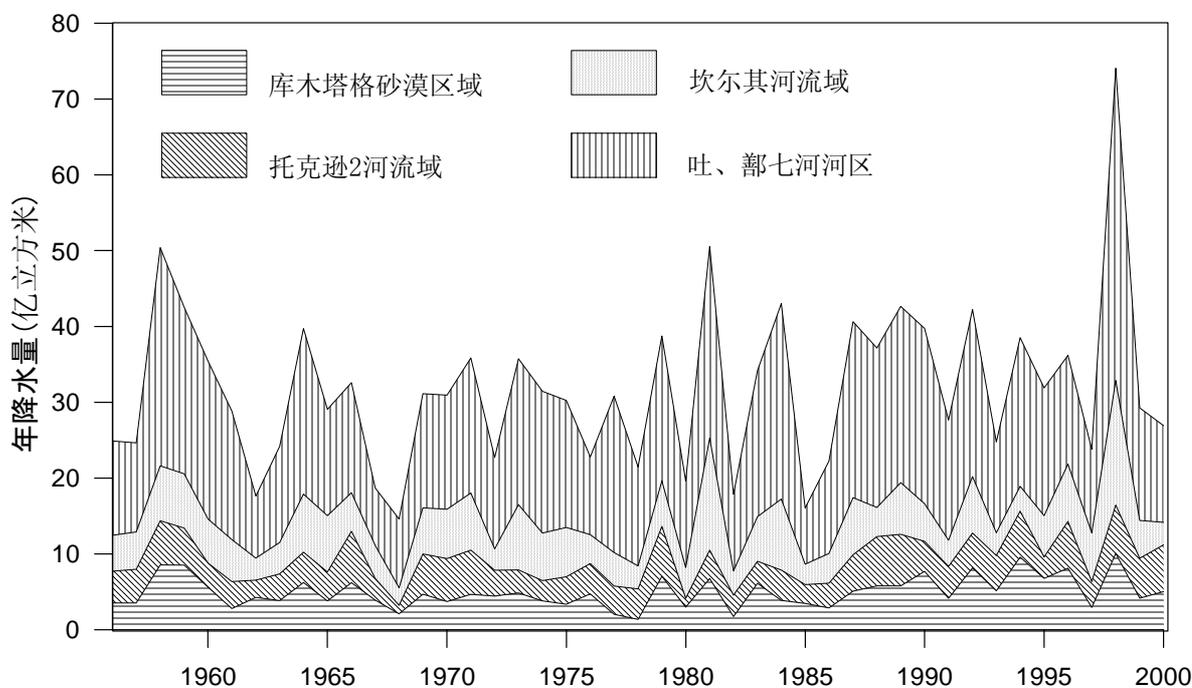


图 3.2.11 吐鲁番地区年降水量变化图

表 3.2.12 吐鲁番地区各流域分区降水时间序列表

单位: 10^8m^3

计算年	托克逊2河流域	吐鲁番·鄯善河流域	坎尔其河流域	库木塔格沙漠区	调查区域全体
1956	4.181	12.45	4.736	3.535	24.90
1957	4.436	11.74	4.928	3.535	24.64
1958	5.840	28.80	7.221	8.544	50.41
1959	4.898	21.98	7.135	8.517	42.53
1960	3.180	20.85	5.786	5.622	35.44
1961	3.548	16.96	5.528	2.802	28.84
1962	2.250	8.203	2.914	4.277	17.64
1963	3.517	12.70	4.114	3.859	24.19
1964	4.029	21.84	7.650	6.207	39.73
1965	3.816	14.02	7.457	3.785	29.08
1966	6.793	14.52	5.100	6.188	32.60
1967	2.844	7.581	4.350	3.906	18.68
1968	1.137	9.081	2.293	2.087	14.60
1969	5.289	15.03	6.107	4.694	31.12
1970	5.660	15.04	6.514	3.720	30.93
1971	5.832	17.80	7.543	4.667	35.84
1972	3.407	12.04	2.828	4.435	22.71
1973	3.039	19.25	8.614	4.852	35.76
1974	2.679	18.68	6.278	3.794	31.43
1975	3.630	16.77	6.493	3.358	30.25
1976	4.005	10.28	3.793	4.731	22.81
1977	3.733	20.63	4.436	2.022	30.82
1978	4.042	13.03	3.043	1.345	21.46
1979	6.560	19.10	6.021	7.060	38.74
1980	1.157	11.41	4.071	2.978	19.62
1981	3.740	25.27	14.79	6.754	50.55
1982	2.851	10.10	3.193	1.726	17.87
1983	2.902	19.28	5.893	6.114	34.19
1984	3.987	25.80	9.385	3.869	43.04
1985	2.483	7.412	2.700	3.460	16.06
1986	3.256	12.21	3.900	2.885	22.25
1987	4.822	23.21	7.521	5.075	40.63
1988	6.508	21.02	3.836	5.789	37.15
1989	6.821	23.24	6.814	5.771	42.65
1990	3.974	23.12	4.971	7.682	39.75
1991	4.211	15.88	3.450	4.128	27.67
1992	4.588	22.02	7.457	8.155	42.22
1993	4.657	11.96	3.021	5.121	24.76
1994	6.069	19.60	3.300	9.565	38.53
1995	2.830	16.84	5.464	6.763	31.90
1996	6.148	14.35	7.564	8.127	36.19
1997	3.421	11.05	6.407	2.941	23.82
1998	6.398	41.16	16.46	10.04	74.06
1999	5.272	14.85	4.993	4.147	29.26
2000	6.182	12.77	2.957	5.019	26.93
多年平均	4.236	16.91	5.756	4.970	31.87

3.2.6 各流域分区不同保证率降水量计算

对求得的流域区降水量系列进行频率分析计算，均值采用 1956~2000 年算术平均值，变差系数 C_v 及歪度之比 C_s/C_v 比值运用最小二乘法原理适线优选确定，并推求得不同保证率的年降水量。

歪度 C_s 定义如下

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n - 3)C_v^3}$$

这里：

K_i 为年降水量的变动率

N 为观测时系列长度

C_v 为变差系数

评价区各流域分区不同保证率年降水量见表 3.2.13。

表 3.2.13 评价区各流域分区不同保证率年降水量表

单位： $10^8 m^3$

流域	面积 (km^2)	平均年 降雨量	C_v	C_s / C_v	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

3-19

