

4.3 物探工作结果

为了能确切掌握吐鲁番盆地地下水盆构造和含水层构造的大致情况,本项目在盆地全区 204 地点实施了时间域瞬变电磁 (TEM) 测深法物探工作。

4.3.1 视电阻率构造

利用对观测数据的多层光滑反演解析求得的电阻率构造变化的有关结果分析了电阻率分布与地表地质的关系。为了探讨各个深度上电阻率的平面变化,绘制了 20、100、200、300、400 m 和 600 m 深度的电阻率等值线平面图和不同方向上的断面图。

从视电阻率的平面分别上可以清楚地看到在吐鲁番盆地内、北盆地和南盆地的地质环境差别很大。因为现存机井的平均深度为大约 70m 所以利用图 4.5 探讨 100m 深度的视电阻率构造变化。

a. 北盆地的电阻率构造平面分布特征

在 100 m 深度黄色~红色的 100 Ωm 以上的范围占全区的 6 成以上、反映具有高电阻率的砂砾层分布广泛。盆地中部的大河沿、七泉湖、柯柯亚及鄯善车站附近可见 300 Ωm 以上的高电阻率区,在连木沁至鄯善县城附近的地区可见 20 Ωm 以下的低电阻率带,可以认为反映粉砂等的细粒层、或第三系泥岩基底。

b. 南盆地的电阻率构造平面分布

在 100 m 深度,盆地中央部绝大范围相对上部电阻率值均可见增加趋势,在盆地东部一带的电阻率值为 20 Ωm 至 60 Ωm 左右、反映该深度同上部层的粉砂质土壤相比含有更多的粗粒砂质沉积物。南西部的高电阻率带比上部有扩大趋势,反映砂砾层在此深度分布较广。吐鲁番市北的火焰山前可见 100 Ωm 以上的高电阻率带,反映砂砾~砂的较粗粒层的分布情况。

4.3.2 有关成果的考察

a. 有关地质及地下水层与电阻率的关系

通过前述解析、基本掌握了本地区分布的第四系以及基底岩性的 TEM 测深法电阻率值特征,其结果如表 4.1 所示。

表 4.1 调查地区地质与 TEM 测深法电阻率值

电阻率值(Ωm)	主要分布范围	地质
300~1000以上	北盆地、南盆地南西部	干燥砂砾层
100~300	吐鲁番盆地全区	含水砂砾层、中生代基底岩
30~100	南盆地、北盆地东部	砂~粉砂层(含水层) 中生代基底岩
10~30	南盆地、北盆地东部	粉砂~粘土 第三纪泥岩基底
10以下	南盆地艾丁湖周边	粘土、盐化土壤

b. 有关含水层构造

在北盆地高电阻率的砂砾层延续到地下深部、地下水为单一自由含水层，水位最深处在地下约 300 m 或更深。水位高度由北向南从海拔 600 m 降至 300 m 左右、从地表的水位深度在火焰山北麓附近为 50 m 以内。从恰勒坎河以东的北盆地东部、可见从盆地北侧向南侧、显示高电阻率的砂砾层逐渐变薄、地下水层也由单一的自由地下水含水层过渡为多层含水层。

在南盆地、除南西部山前分布的砂砾冲洪积层、盆地全区主要由 10 Ωm 至最大 100 Ωm 的低电阻率背景砂砾~粉砂质粘土互层组成。可以认为，在低电阻率背景中的 30 Ωm 以上的略高电阻率带、反映了砂砾比率较高含水层位。下部承压含水层、在 SB 及 SBW 剖面比较明显、从地表深度为 200~300 m 间略有起伏变化、基本上连续分布。

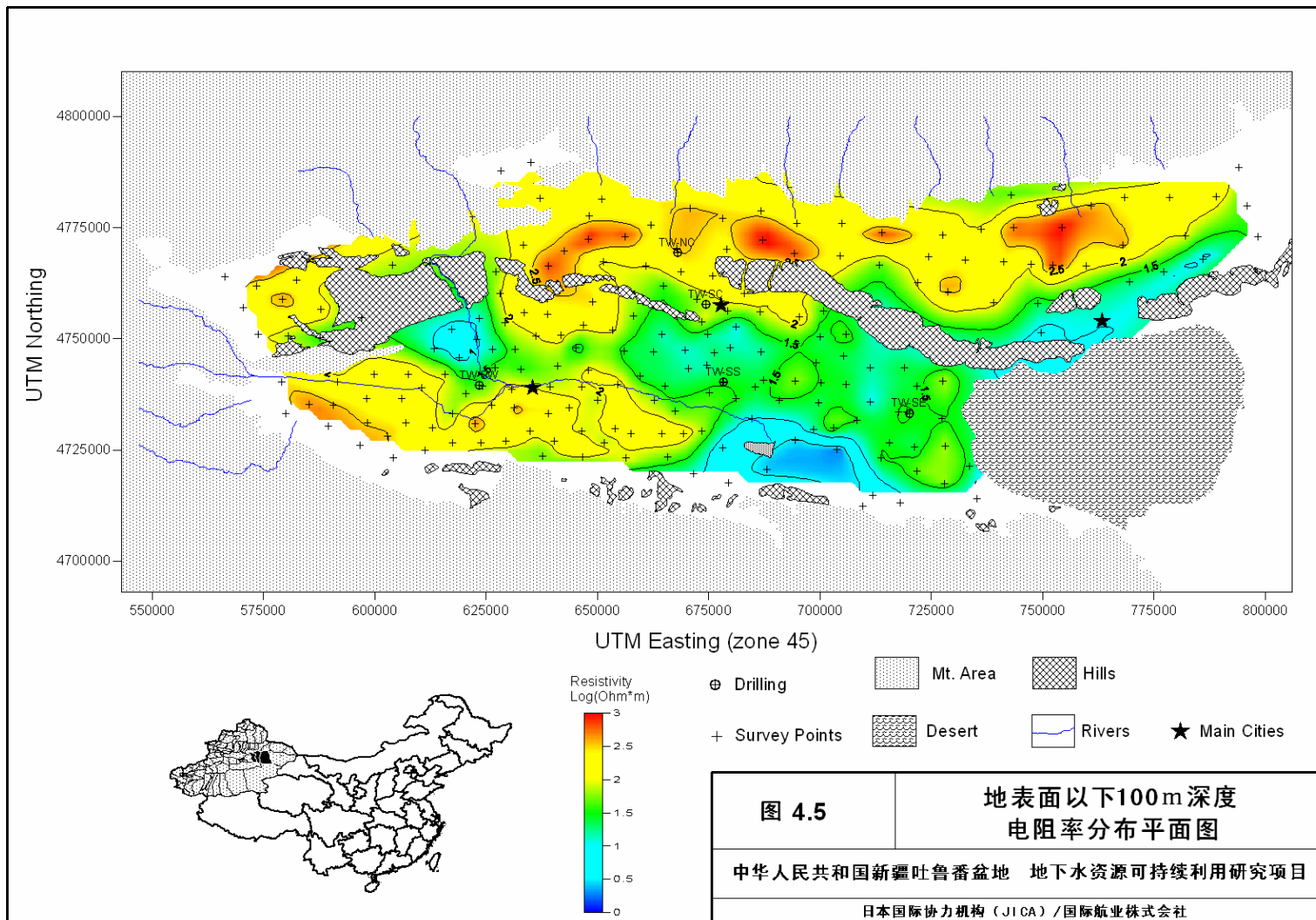
c. 有关基底深度

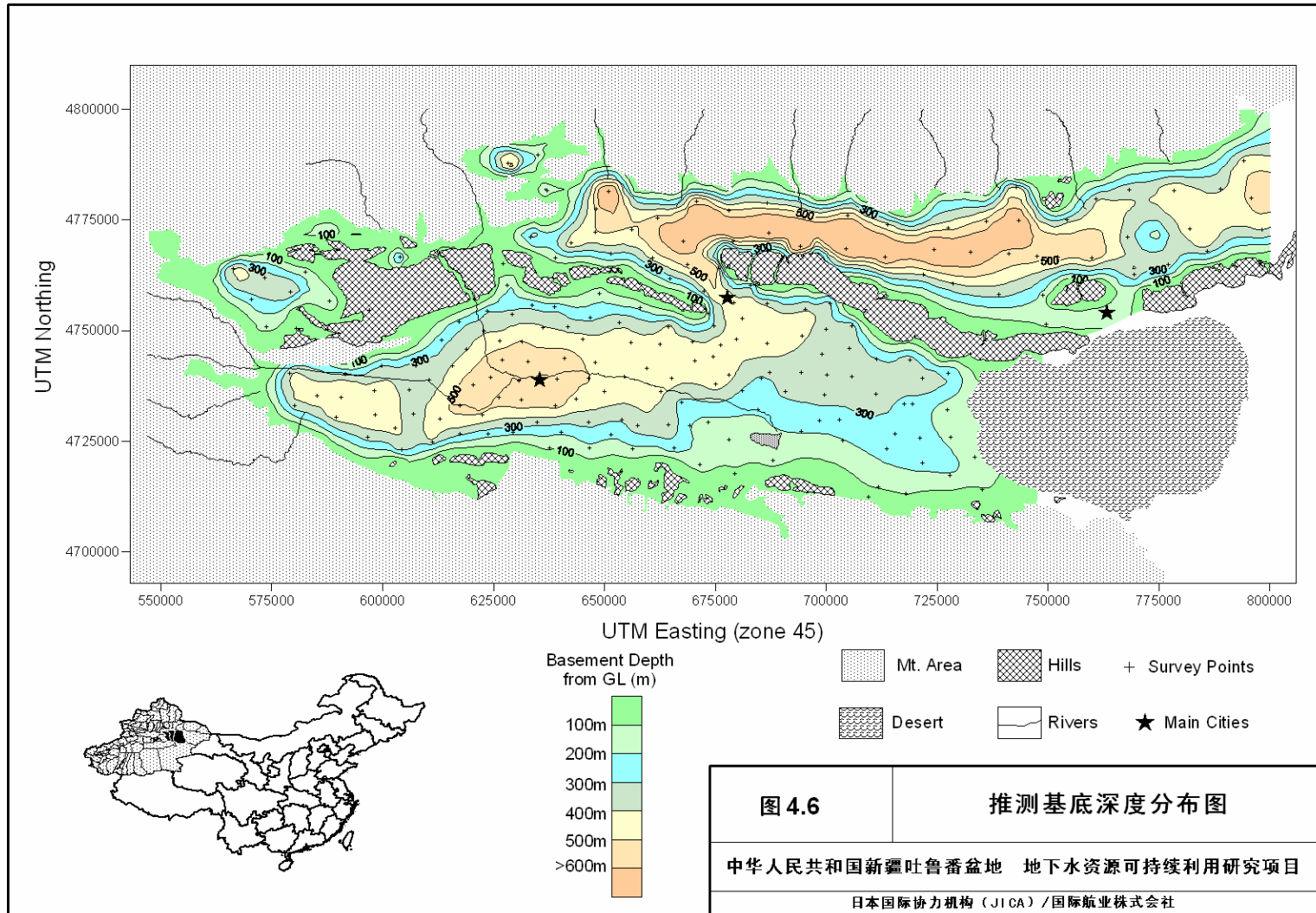
通过对前述的电阻率构造平面及剖面特征分析、并同既往的地质资料相对比、探讨了 TEM 电阻率构造所反映的基底深度的区域性分布特征。推测从地表的基底深度分布推测结果如图 4.6所示。

北盆地的基底以鄯善县城区~柯柯亚河一线为界东西两侧的基底构造有明显不同。西侧盆地基底深度基本在 400~600 m 以上、冲洪积扇的中心部位最深可达 1000 m 以上。在柯柯亚河以东、可见基底隆起后向东再次变深的趋势、第四纪层厚基本为 300~500 m。

南盆地的基底深度、从西向东有明显的变浅趋势。在包括吐鲁番市的火焰山盐山缺口处基底深度约为 400~500 m、此深度的分布由吐鲁番城区向托克逊县西部扩展延伸。根据既往资料表明南盆地西部以托克逊县为中心的地区基底深度可达深 700 m 以上，通过本次 TEM 电阻率构造可以间接地推测出深度在 500 m 以上的大致范围。在该地区显示 30~50 Ωm 电阻率的砂砾~粉砂互层的厚度可达 400 m、成为南盆地中地下水最丰富的地段。吐鲁番市~艾丁湖一线以东、基底深度大致为 400~200 m。南部的艾丁湖周边地区基底深度约为 100~200 m、是南盆地内最浅的地区。

4-10





4.4 钻探调查结果

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。

4.4.1 钻探地点和数量

钻探地点如图 4.7所示，在北盆地选择了 1 处，在南盆地选择了 4 处，共计 5 处。钻探地点是在把握已有钻孔资料的位置、精度等基础之上，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。其中，北盆地是在中部的 1 处挖掘了一个预计深度 400 m 的钻探孔。南盆地由于推测其地质状况复杂且被分成数个含水层单元，所以在 4 处各挖掘了一个考察深层含水层的钻探孔和考察浅层含水层的钻探孔。本调查所实施的钻探调查的数量归纳在表 4.2中。

表 4.2 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)	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
合计		5地点	9孔	1924.56 m

4.4.2 钻探柱状图

地质样本分成了岩心样本和粘土样本 2 个种类。岩心样本的采集原则上是深度每增加 10 m 采集 1 次 1 m 区间的岩心。地层为砂砾层而使岩心样本采集困难时，就采集了泥浆样本。粘土样本是在岩心样本采集点以外的钻探区间采集的，深度每增加 1 m 采集 1 次（图 4.8）。

4.4.3 物探测井

物探测井的实施是为了把握钻探孔内的地下地质物理特性，获得进行地层层相评估的基础资料。在 1 处进行 2 孔钻探的南盆地钻探点，在较深钻探孔（第 1 孔）实施了钻孔内测井。另外，在北盆地钻探点（TW-NC），在 TW-NC-1 钻孔处实施了孔内测井。

本调查进行的钻孔内测井分为 4 个种类：电阻率（普通电阻率）测井、侧向（横向电阻率）测井、自然电位测井和自然伽马测井。测井器材使用了中国产的“JGS-1 智能测

井系统”。测井方向为向下方向，使用电动绞车将探头下到钻孔内，每隔 0.1 m（下降速度 6 m/min）或 0.2 m（下降速度 12 m/min）进行测定。测定结果采用数字记录方式保存，用电脑转化为图表，并根据需要进行了数据处理。

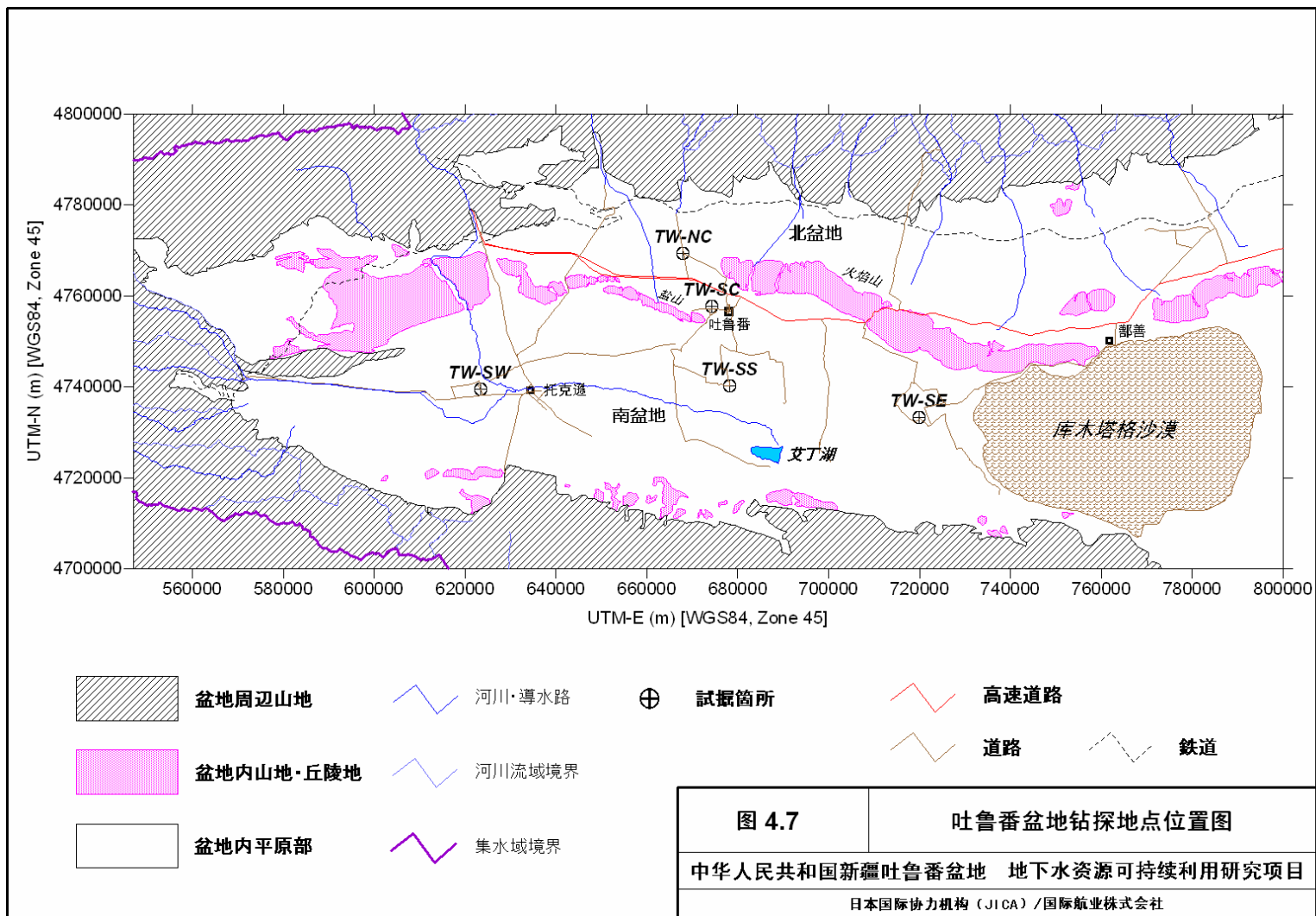
电阻率（普通电阻率）测井和侧向（横向电阻率）测井，是依照各自的电极配置法使电流流入地层，进而连续测定地层的电阻率。根据所得的电阻率值，可以把握地层的层相、地下水有无盐化等。自然电位测井是使用普通的电极配置法，连续测定钻孔内电极和地上电极间的电位差，通过连续记录自然电位的变化，可以推测地层的层相。自然伽马测井是测定地层中所含天然放射性元素所放射的自然伽马射线量，被用于推测地层的层相、进行地层对比等。

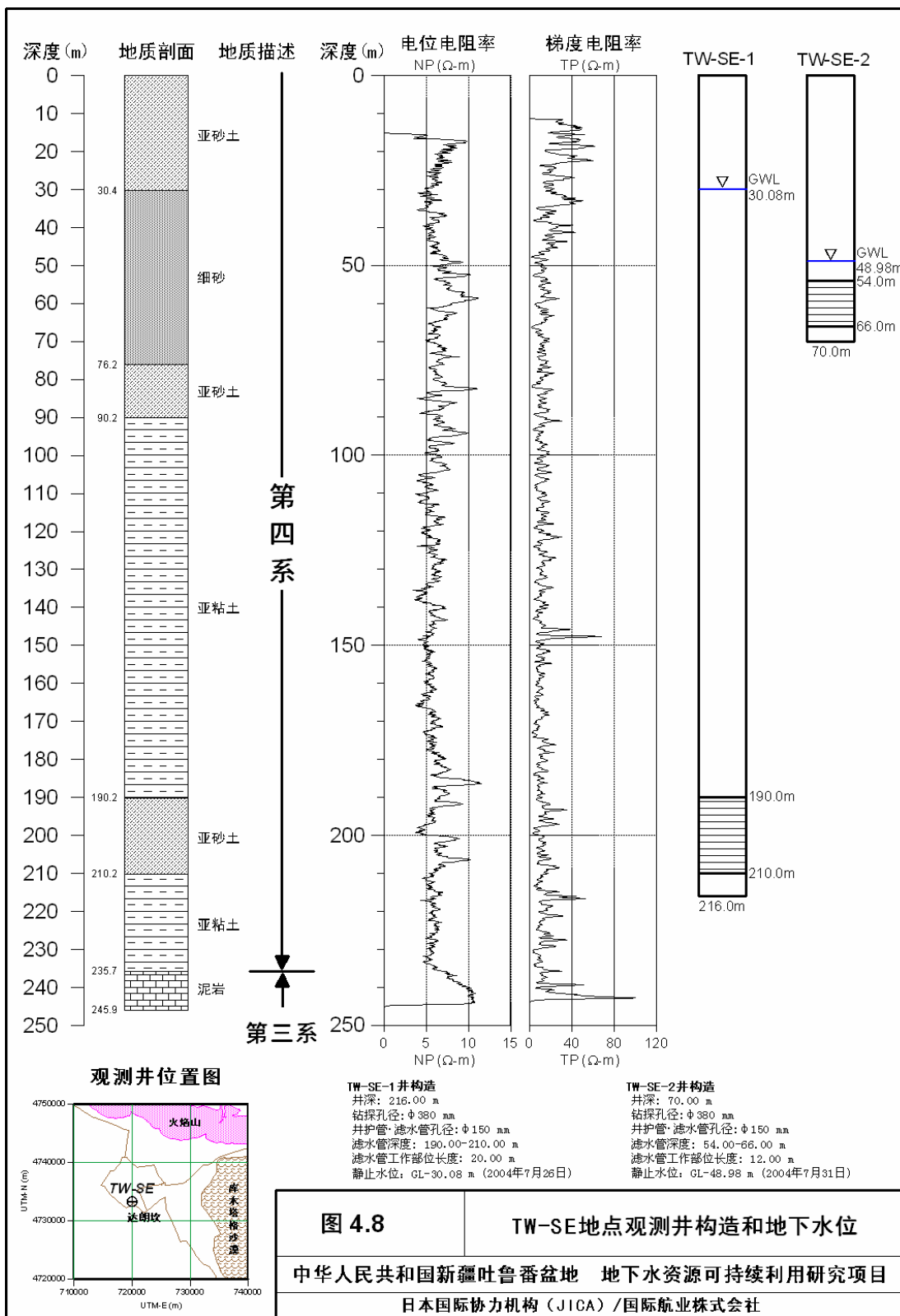
4.4.4 钻孔构造和地下水位

根据各钻探点的地下地质状况和钻孔内测井结果确定了钻孔构造，并考虑到要将钻孔建成地下水观测井。在进行了 1 点 2 钻孔钻探的南盆地钻探点，根据较深钻探孔（第 1 孔）的地质观察和钻孔内测井结果，在第 1 钻孔近傍确定了要挖掘的较浅钻探孔（第 2 孔）的钻孔深度和钻孔构造。

图 4.8 为钻孔柱状图和物探测井结果的一个例子，表现的是在鄯善县达朗坎的 TW-SE 钻探点得到的调查结果。在该地点钻孔在 236.7m 深度揭露了第三系泥岩，而当地的其他机井没有达到第三系基底的。

4-14





4.5 抽水试验结果

把本次调查所挖掘的钻探孔作为观测井改造完成后,为了把握含水层的性能,获得地下水模拟所必需的含水层常数,进行了抽水试验。并且,根据抽水试验的结果,还对观测井的效率进行了评估。

在共计 9 眼新观测井中,计划了阶段抽水试验、连续抽水试验、恢复试验共 3 种试验,但北盆地的 TW-NC-1 观测井由于地下水位极深无法进行抽水试验,因此进行了注水试验加以代替。

4.5.1 阶段抽水试验结果

本调查所设的地下水观测井中,除去不能进行试验的 TW-NC-1 观测井和具有很高承压水头、含水层损失系数显示负值的 TW-SW-1 观测井以外,进行了阶段抽水试验的 7 眼井的平均井效率的平均值为 85.46 %,最高值为 TW-SS-1 观测井的 97.12 %,最低值为 TW-SS-2 观测井的 67.60 %。平均井效率超出 90 %的观测井是 TW-SC-1、TW-SC-2、TW-SS-1、和 TW-SW-2 四眼井,可以认为这些井的井效率很高。一般认为,地下水生产井的井效率 70~90 %是平均值,平均井效率在此范围内的观测井是 TW-SE-1、TW-SE-2,这 2 眼井的井效率被认为属于一般。TW-SS-2 观测井的井效率为 67.60 %,被认为井效率稍低。

4.5.2 连续抽水试验·恢复试验的结果

在完成阶段抽水试验之后进行了连续抽水试验和恢复试验。作为其中之一,图 4.9 给出了 TW-SS-1 的解析结果。此外,北盆地的 TW-NC-1 观测井中,由于静水位分布在地表下 290 m 附近非常深的地方,因而未能进行连续试验和恢复试验,代而进行了注水试验和回复试验。利用各试验结果进行解析,求得了单位涌水量、导水系数、贮水系数等含水层系数。

4.5.3 新设观测井的含水层系数

在新观测井进行的抽水试验得到的含水层系数归纳在表 4.3 中。其中,导水系数的最大值为 427.0 m²/day,是在吐鲁番市西街的用于观测浅层含水层的 TW-SC-2 观测井得到的。另一方面,9 眼观测井中最小导水系数为 7.082 m²/day,得自于挖掘在南盆地南部深层含水层的 TW-SS-1 观测井。在南盆地,在共计 4 个观测点分别布设了 2 眼观测井,但其中深层含水层的导水系数比浅层含水层大的只有 TW-SE 观测点,其余观测点都是浅层含水层的导水系数更大。

渗透系数在 0.295~30.50 m/day 范围内,与导水系数相同,在南盆地除 TW-SE 观测点外都是浅层含水层显示更大数值。另外,北盆地只在 TW-NC-1 观测井得到了含水层系数,由于这一观测井在深度为 360~384 m 的北盆地中也是以较深部分为观测对象,所以以往调查所未探知的北盆地中部深处的含水层系数也通过本调查首次获得。所得的导水系数和渗透系数,与南盆地的深层含水层相比决不算大,反而偏低。另外,北盆地的中部到北部由于地下水位分布得非常深,所以比地下水面还浅的不饱和带的渗透系数无法通过抽水试验求出。

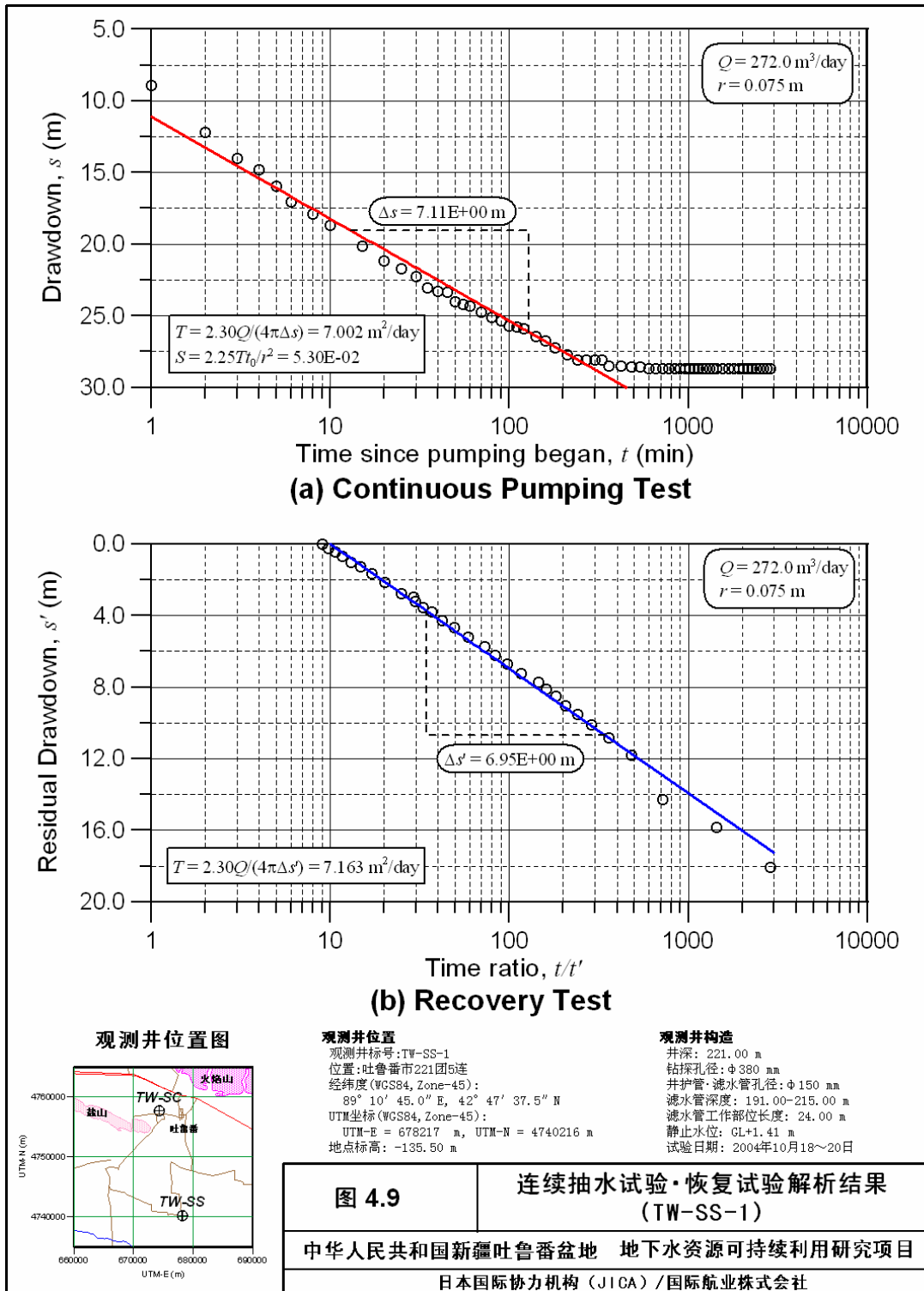


表 4.3 JICA 地下水観測井連続抽水試験・恢复試験結果汇总表

試掘地点名	観測井番号	掘削深度 (m)	井戸深度 (m)	スクリーン深度 (m)	スクリーン総延長 (m)	試験日 (Y/M/D)	静水位 (m)	連続抽水試験					回復試験	総合評価		備考	
								揚水量 (m ³ /day) Q	最終水位降下量 (m) s	比湧出量 (m ³ /day) Sc	透水量係数 (m ² /day)	貯留係数 S	透水量係数 (m ² /day)	透水量係数採用値 (m ² /day) T	スクリーン部透水量係数 (m ² /day) K		T/Sc 係数
TW-SE	TW-SE-1	245.9	216.0	190.0-210.0	20.0	2004/7/28	-30.08	194.0	10.50	18.48	48.83	6.84E-12	126.4	48.83	2.492	2.70	
	TW-SE-2	70.0	70.0	54.0-66.0	12.0	2004/7/31	-48.98	68.60	<10.06	8.89	-	-	11.81	11.81	0.964	1.81	水位異常低下のため連続試験解析不能
TW-SC	TW-SC-1	409.3	391.0	345.0-354.0 376.0-385.0	18.0	2004/9/10	-10.30	272.0	8.71	31.23	39.14	2.06E-05	43.95	41.48	2.904	1.33	
	TW-SC-2	130.0	130.0	110.0-124.0	14.0	2004/9/16	-20.40	256.6	1.01	254.1	341.90	8.63E-03	533.3	427.0	30.50	1.68	
TW-SS	TW-SS-1	253.4	221.0	191.0-215.0	24.0	2004/10/18	+1.41	272.0	28.18	9.65	7.002	5.30E-02	7.163	7.082	0.295	0.73	
	TW-SS-2	50.0	50.0	30.0-48.0	18.0	2004/10/26	-1.84	287.9	10.36	27.79	41.07	4.60E-05	50.85	45.58	2.532	1.64	
TW-SW	TW-SW-1	301.4	288.0	268.5-282.0	13.5	2005/1/8	+6.97	270.0	2.73	98.83	1157.10	4.06E-06	101.70	101.70	7.53	1.03	高い被圧水頭を有する自噴井であり連続試験に問題あり
	TW-SW-2	86.0	66.0	42.0-60.0	18.0	2004/12/4	-0.31	287.9	1.89	144.7	257.4	4.35E-06	246.7	262.0	14.56	1.81	
TW-NC	TW-NC-1	400.4	390.0	360.0-384.0	24.0	2004/11/3	-288.82	231.8	6.38	36.35	7.463	-	29.36	29.36	1.223	0.81	注水試験を実施

4.6 基底构造

为了探明吐鲁番盆地的地下水赋存量、地下水流动的状况等,有必要对吐鲁番地下水的基底构造尽可能正确地把握。所以根据最新的吐哈油田地质构造和地震探查方面的文献对吐鲁番盆地深部的基底构造进行了分析。以该分析结果和 TEM 法物理探查结果为基础,掌握了基底构造。另外,给出了吐鲁番盆地的地形标高和水文地质基底顶面的推测标高分布的 3 维现状。

正如前面已经记述的,本调查在吐鲁番盆地内实施了 TEM 法物探,根据物探所得到的电阻率构造绘制了水文地质基底深度分布图。还以 SRTM-3 地形标高数据为基础,由地面标高减去水文地质基底表面的分布深,计算来算出了水文地质基底表面的标高并绘制了如图 4.10所示的水文地质基底的标高分布图。

图 4.11是所制作的水文地质基底表面的推测标高分布图。在吐鲁番盆地,以往的调查曾制作过基底深分布图,但基底表面的标高分布图的制作本调查是第一次。根据此分布图,吐鲁番盆地的水文地质基底表面的标高,从南盆地的托克逊到吐鲁番市区南部的地区较低,为-500 m 以下。其中标高特别低在-550 m 以下的地区分布在托克逊市区附近和吐鲁番市区东南,最低标高为托克逊市区东边 S058 观测点附近的-587 m。

基底表面标高在 0 m 以下的地区不仅占据了南盆地的大部分,还经由吐鲁番市区附近进入了北盆地,再从此处向东延伸,到达吐鲁番市和鄯善县的交界附近。

也就是说,从基底表面的标高分布和形状看,南盆地地下水盆和北盆地地下水盆中间由火焰山和盐山间的基底深谷连接在一起,这个深谷在北盆地向东边延伸到很深处。

在艾丁湖东边约 20 km 处,标高-400 m 等高线有一处向南弯曲,以此处附近为界基底表面标高在东西方向上有落差,艾丁湖附近的基底标高比较高,由此推断在南北方向上存在断层等的构造线。

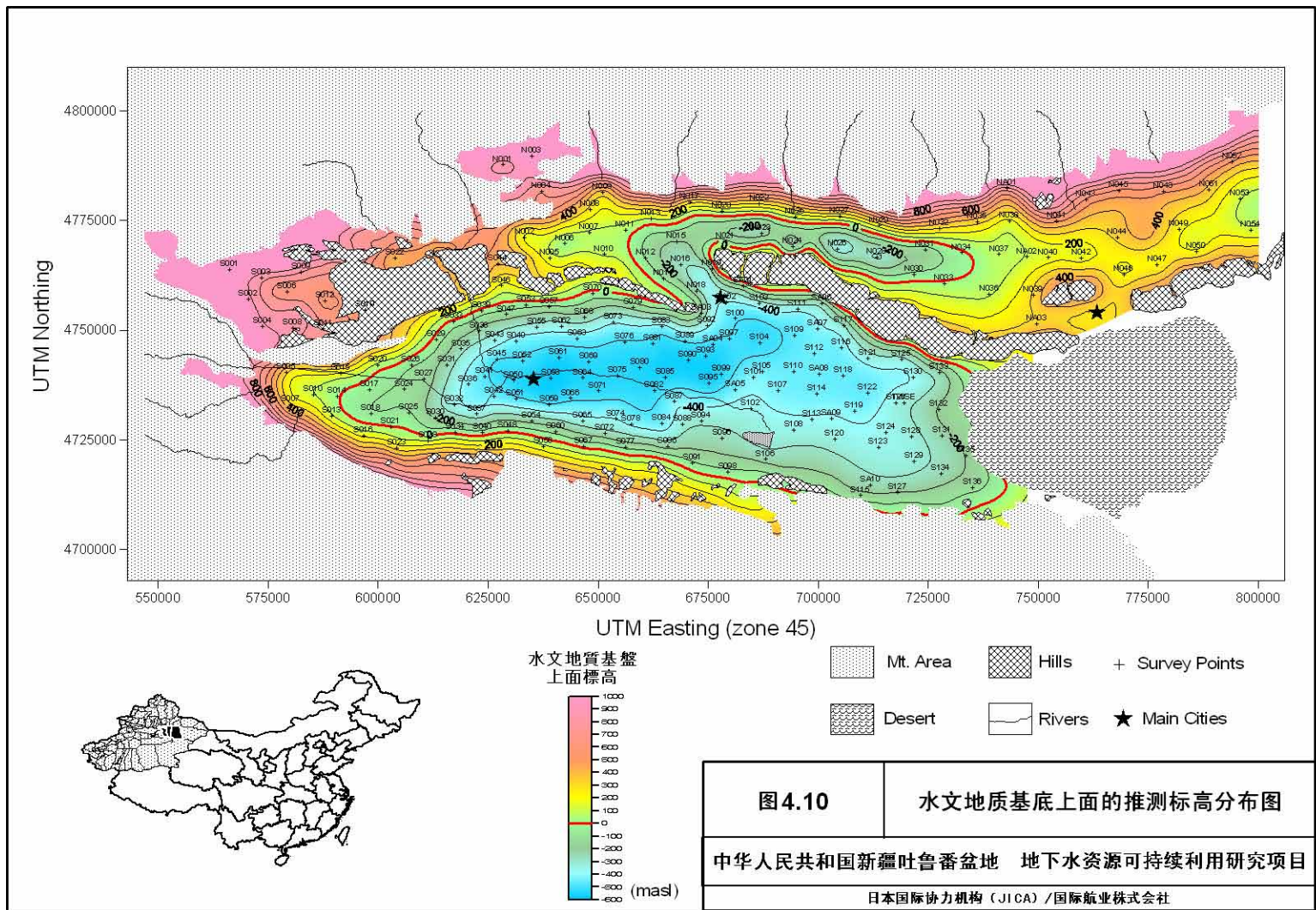
在北盆地,基底表面的谷区如前所述从吐鲁番市区北边向东延伸,西边的谷区不发达。在鄯善市区的东北部有一处基底表面标高上升到 250 m 附近,从水文地质基底构造的观点看,以此为界北盆地被分为东边的哈密盆地领域和西边的吐鲁番盆地领域。

4.7 水文地质和含水层单元

以钻探调查结果为基础,南盆地东西方向和盆地中央部南北方向的基本断面进行了基本层序和层相的对比。根据收集到的既往的地质柱状图和本项目的钻探调查中的得到的柱状图,以连续性好的层相特征和视电阻率为标志,在南盆地将地下分布的第四系地层自上而下分为了 A 层、B 层和 C 层。

另一方面,本调查在北盆地虽然只进行了 1 处钻探调查,但根据已有调查结果可以知道,北盆地第四系基本由砾石层构成。因此,北盆地的水文地质划分比南盆地要单纯。

表 4.4给出了基于试掘调查结果的水文地质划分和含水层单元。图 4.12中给出了南盆地东西断面上的基本层序和层相的对比。



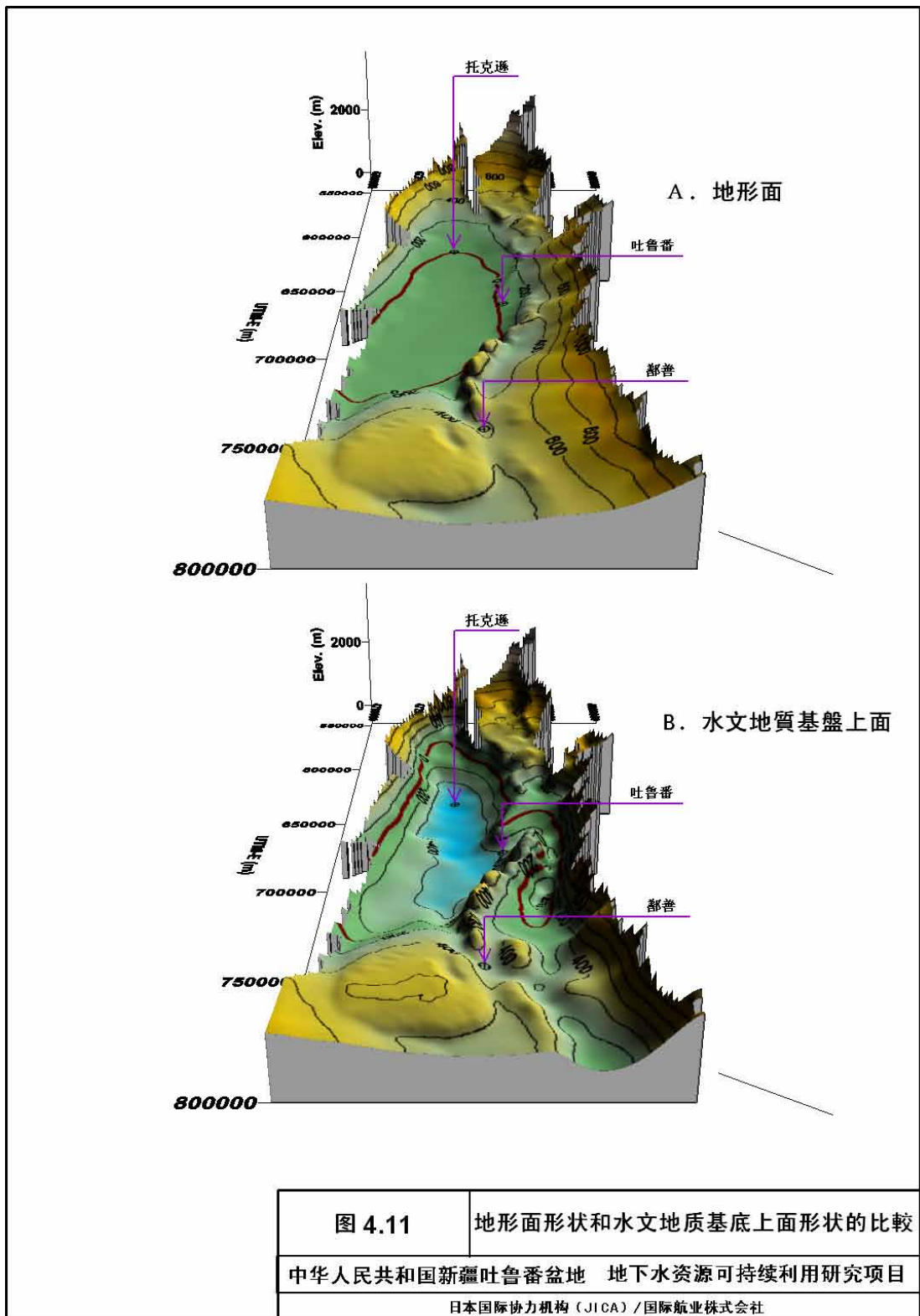
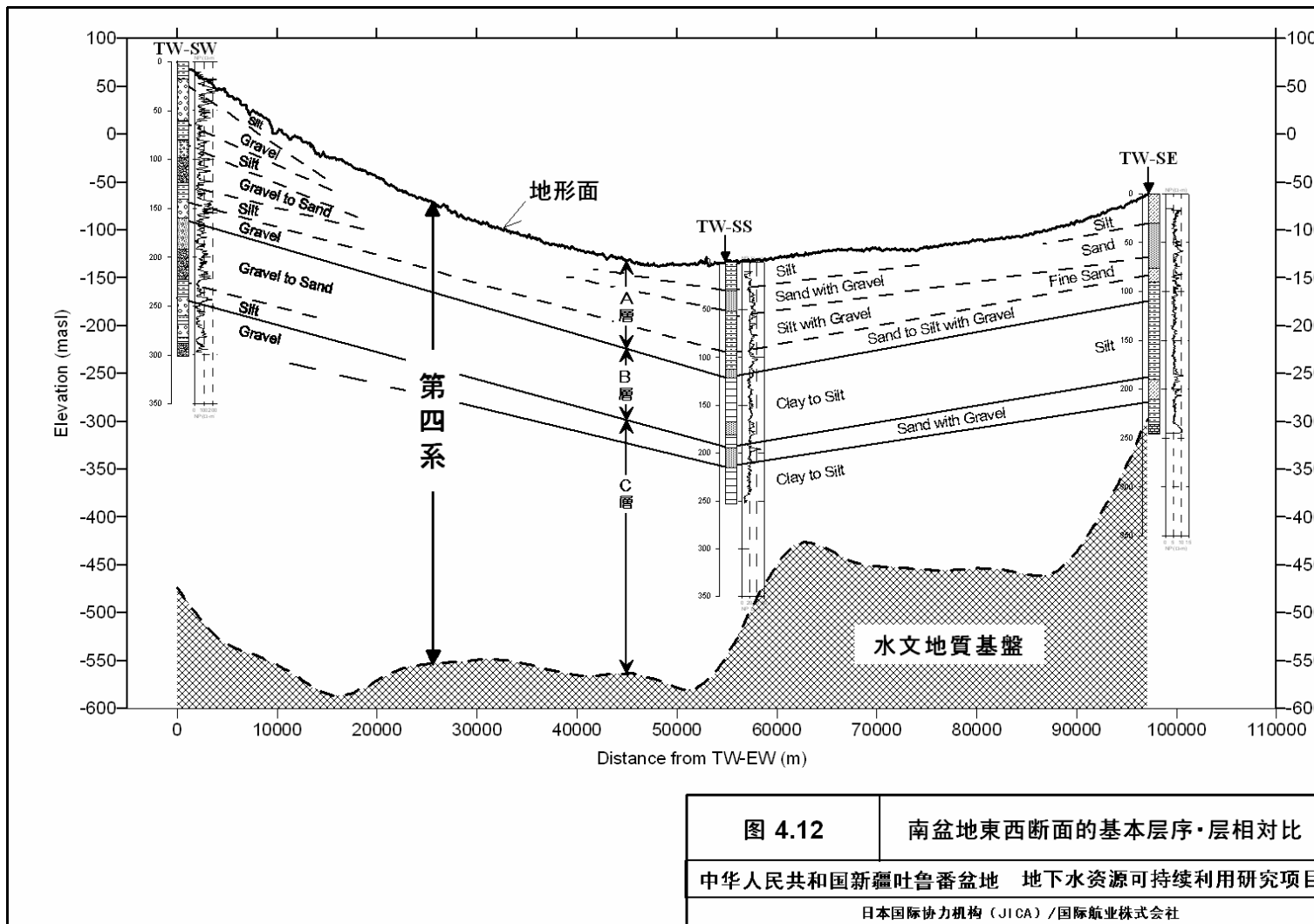


表 4.4 根据钻探调查结果进行的水文地质区分和含水层单元划分

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



5. 水资源利用状况调查

5 水资源利用状况调查

以泉水、坎儿井、机井和水库等大河水以外的水源为对象进行了现场的实测和访问调查。

5.1 泉

过去因为有泉水源，才形成了吐鲁番绿洲并延续至今。即使现今，在吐鲁番盆地的泉水周围和下游地区依然为绿洲分布区。泉水对维持吐鲁番绿洲的存续起到了非常重要的作用。

5.1.1 泉的形成以及分布

如（图 5.1）所示，吐鲁番盆地的泉大多分布在北部盆地，形成两条分布带。一条沿着山区和平原的交界地带，另一条沿着火焰山-盐山的北缘分布。泉的分布与其形成原因有着密切的联系，可分为两个主要形成原因。

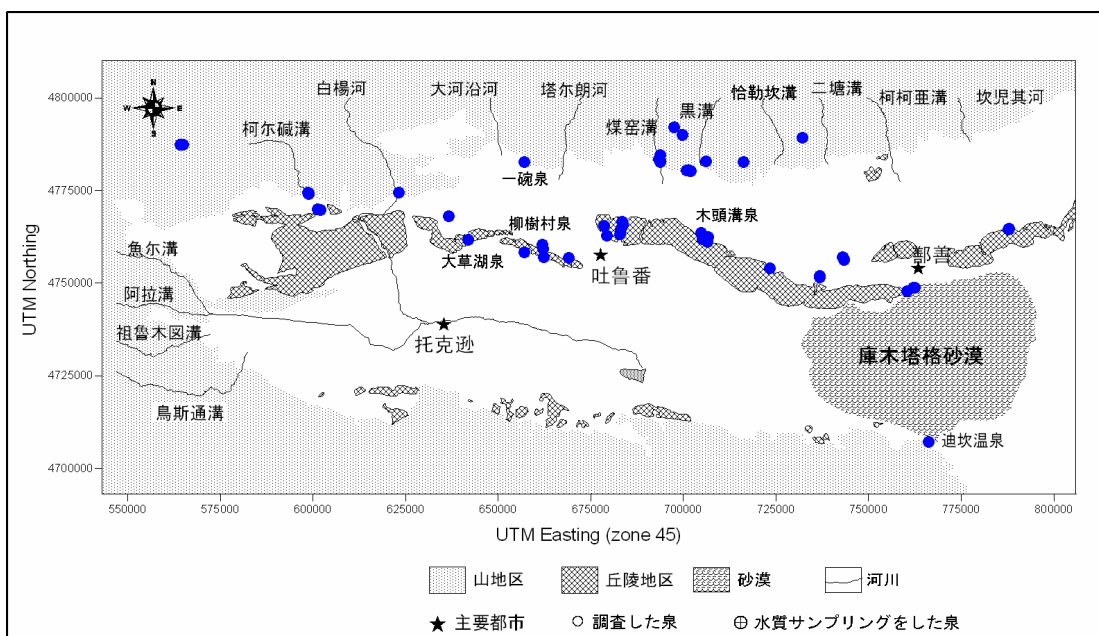


图 5.1 吐鲁番盆地内的泉水分布

a. 天山山脉南缘、吐鲁番盆地北界周边的下降泉天（类型 1）

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。如果在山区含水层与河流之间，存在难透水层和难透水的岩体时，由于地下水的流畅受阻，在流向河流之前，溢出地表形成泉。这个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。

b. 火焰山北缘的泉群（类型 2）

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，并且沿着北部盆地由北向南流动，在到达吐鲁番盆地的地下水消耗区域—艾丁湖时被南北盆

地间的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。在该盆地内平原区形成的大部分泉分布在吐鲁番市和鄯善县内。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，径流火焰山的水对南部盆地来说是非常珍贵的水资源。

5.1.2 泉流量

经调查确认项目区内现有泉水共 72 处¹。不同县市不同目的利用泉数和泉流量进行的统计结果汇总于表 5.1。

在全部的 72 处泉，流量约为 1.48 亿 m³，作为生活用水的只有一处，即吐鲁番市七泉湖镇的 4#泉，年流量约 8,515 m³；被用来以灌溉为目的的最多，3 个县市共计有 41 处泉，合计流量为 1.45 亿 m³，约占泉流量总数的 98 %。

以 72 处泉中流量大的泉为中心修建了引水渠。在吐鲁番盆地内，用于泉的引水渠长度约为 120 km，其相关泉的流量约为 9,700 万 m³，约占调查区域内泉流量总数的 65 %。

表 5.1 不同县市泉利用量统计表

县市	托克逊		吐鲁番		鄯善	
	处	年流量(m ³)	处	年流量(m ³)	处	年流量(m ³)
生活饮用			1	8,515		
灌溉以及生活饮用			6	7,843,634	2	255,284
农业灌溉	9	7,510,456	13	97,287,614	12	8,889,210
农业及林木灌溉			2	17,723,232		
畜牧			2	4,730		
林业灌溉			1	5,771,088		
旅游			20	1,247,536	4	1,301,365
合计	9	7,510,456	45	129,886,349	18	10,445,858

5.1.3 泉的水质

在水资源利用状况的实际调查过程中，在现场测定了水温、pH 和电导率(EC)。山区的下降区的平均温度为 13.5 °C，比平原区的泉的平均温度大约低 5 °C。其原因是由于山区的下降泉的补给源来自较深的含水层，属于变温带以下。与此相应的，由于平原区的泉的补给层位于变温带附近，所以在夏季的野外调查中，泉的水温较高。

本次调查中测定的各县市、各类型泉的电导率测量结果的统计值如表 5.2所示。

¹除了上述两种类型的泉之外，还有一处位于库木塔格沙漠的南端，它是通过吐鲁番盆地南部丘陵区地下水补给而形成的泉。此泉的水温与其他泉相同，大致在 15 摄氏度，被命名为迪坎温泉。泉的流量大约为 0.5 l/s，虽然不小，但水质极差，可溶性离子含量在(TDS)30 g/l 以上。不仅不可饮用，而且也不能用来灌溉。

表 5.2 泉的电导率(EC)的调查结果

单位:S/m

县市	温泉	山区下降泉			平原区泉		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
托克逊	--	72.4	10.7	34.0	--	--	--
吐鲁番	--	272.0	29.4	60.0	139.0	16.4	43.8
鄯善	3,140.0	--	--	--	403.0	10.6	88.6
合计	3,140.0	272.0	10.7	52.4	403.0	10.6	64.8

山区下降泉河平原区的泉的电导率在 10.6~400.0 S/m 之间变化, 这表明泉的水质变化幅度较大。特别是部分泉被测定出的电导率超过 104.4 S/m 和 116.2 S/m, 表明可能已经超过饮用水水质标准中规定的硫酸根离子和 TDS 的标准值。也就是, 吐鲁番盆地中泉的利用率虽然比较高, 但一部分由于 TDS 或者硫酸根离子超标, 所以不适宜引用。

山区下降泉的水质污染, 一般被认为与煤矿等的矿产开发有关。煤窑沟这个地名的中文意思为煤矿谷, 其附近已被确认有煤矿。

平原区的泉污染的原因一般被认为是由于作为补给源的含水层在盆地内经强烈的蒸发作用而盐分浓缩的结果。

5.2 坎儿井

坎儿井是与引水暗渠相联接而成的集水暗渠系统, 和泉一样自古以来对鲁番绿洲的形成以及存续发挥了重要的作用。过去, 坎儿井在吐鲁番地区是人工制作的唯一水利设施, 被叫做“吐鲁番生命的源泉”。但是, 从上个世纪 70 年代开始, 由于地下水的开发, 在吐鲁番盆地地下水资源利用量中, 坎儿井利用的比例显著减少, 而且多数坎儿井干涸, 坎儿井的存续成了问题。

5.2.1 坎儿井的现状

根据以往的调查结果, 到 2003 年为止吐鲁番盆地能够利用的坎儿井有 420 条。因此, 本次的坎儿井利用现状的实际调查是以上述 420 条坎儿井为中心展开。

a. 坎儿井的流量

通过 420 条坎儿井的调查, 发现有一部分已经干涸。本次(即 2004 年 9 月~10 月)调查可以利用的坎儿井如图 5.2 所示。本次对各乡镇坎儿井调查的结果如表 5.3 所示。

表 5.3 现存坎儿井数及其流量

县(市)	2003 年	2004 年	减少数	流量 (m ³ /s)
托克逊	50	43	7	1.57974
吐鲁番	261	195	66	3.33154
吐鲁番	109	93	16	2.72045
合计	420	331	89	7.63173

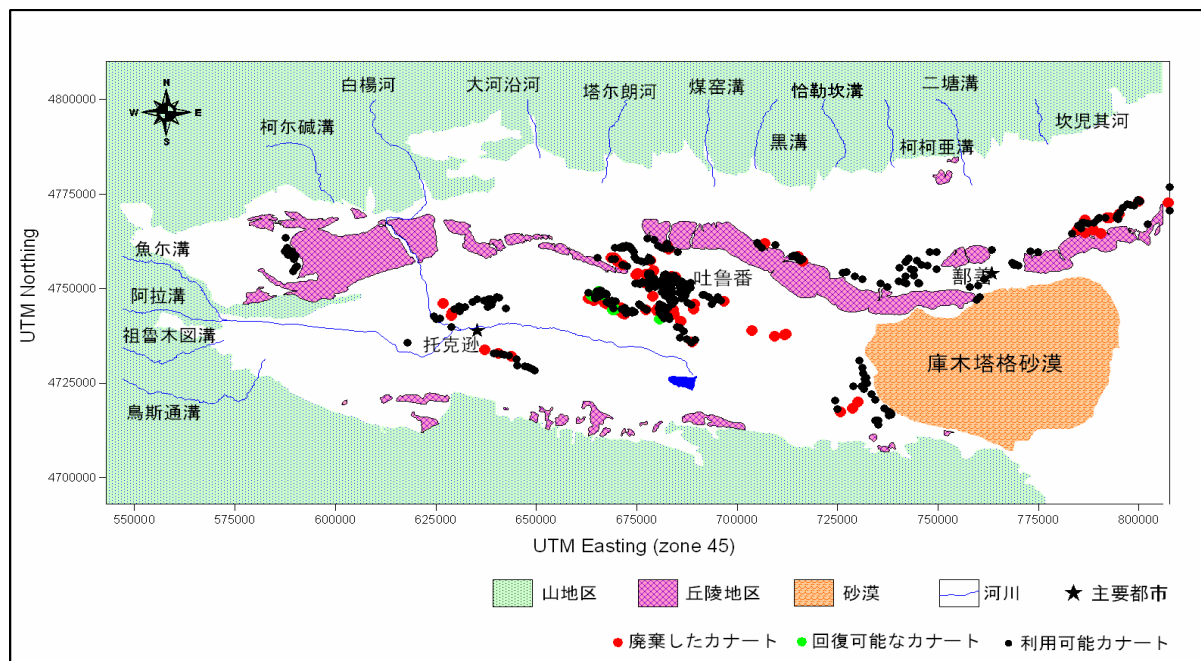


图 5.2 调查过的坎儿井的位置图

在 2004 年调查期间，吐鲁番盆地内有可以里侧流量的坎儿井有 331 条。在各县市中，吐鲁番市最多为 195 眼，托克逊县最少为 43 眼，其余的 93 眼是在鄯善县。流量也和坎儿井的数量一样，其顺序为：吐鲁番 3.33 m³/s、鄯善 2.72 m³/s、托克逊 1.58 m³/s。按年度换算的话每年分别是 1.05、0.85 和 0.50 亿 m³/年，总流量为 2.4 亿 m³。

坎儿井的流量与全年来自山区河流的流量(9.566 亿 m³)和泉的涌水量(1.478 亿 m³)相比较，分别相当于各自的 25 % 和 162.8 %，也是项目区内重要的水资源。

本次实施野外调查的 2004 年为枯水年。而且实测期间，即 2004 年 9 月中旬至 10 月中旬的一个月当中，正好是农业用水高峰期刚结束，地下水位持续下降之后尚未恢复的时期。因此调查结果可能是年内坎儿井的流量变化中流量较小时期的流量。

因为受到本调查年水文条件和调查实施前地下水利用条件的影响，实际测量的 420 条坎儿井中，有 35 条虽然尚未干枯，但因为水流而无法进行流量测量。可以认为这些坎儿井到了非灌溉期地下水的抽水大部分停止时还有恢复流水的可能。在访问调查中也得到了现在是坎儿井的枯水期，丰水期时会有水流的回答。

一年当中，由于补给量和使用量等因素的变化，影响着地下水位的升降和坎儿井流量的变化。吐鲁番盆地内的地下水位的年变化分在盆地内的也不是各地都一样。

调查结果表明坎儿井的丰水期相对集中分布在 11 月至 3 月的非灌溉期。与之相对坎儿井枯水期有集中于灌溉期的 5 月至 9 月的趋势。

b. 坎儿井的使用量

吐鲁番盆地中的坎儿井水源主要用于农业（灌溉、畜牧业）和日常生活。其中农业使用量最大为 2.16 亿 m³ 在，约占全部坎儿井流量的 90 %。在农业使用量当中，用于 5,800 ha 以上面积农地的灌溉以及 6.4 万只羊和大约 9,000 头牛等家畜的饮水。生活用水包括饮用水和洗涮用水，供水人口约为 51,000，约占吐鲁番地区人口总数的大约 10 %。

c. 坎儿井的构造

吐鲁番盆地中被利用的坎儿井的平均延长距离为 3.4 km。各县市稍有差别，吐鲁番市最长，其长度为 3.6 km，鄯善县和托克逊县分别是 3.1 和 3.0 km。盆地内最长的坎儿井位于恰特喀勒乡，其长度为 12 km。与此相对应最短的位于鄯善县的辟展乡，其长度仅为 60 m。

1 条坎儿井的附近可以打 5-700 眼的竖井，因为不仅随坎儿井长度变化、也随深度变化。吐鲁番盆地内的坎儿井平均竖井数为 45 眼/1km，即竖井的平均间隔约为 22 m。

将吐鲁番盆地竖井深度进行平均的话，最上端的竖井的平均深度为 45.4 m，可想而知坎儿井的修建是多么的困难。另外，大多数的竖井都加有井盖。

d. 坎儿井的干涸和废弃的原因

被废弃了的坎儿井的主要原因是由于出水量极端减少或因断流而不能使用。在本次调查访问的 420 条坎儿井中，有 87 条干涸。其中 74 条因为完全没有流量而且难以恢复。除此之外，还有数条由于暗渠坍塌和土沙堆积而废弃。

e. 坎儿井的维护与管理

坎儿井是与水利用历史和吐鲁番人民生活历史息息相关的重要文物。为了保护坎儿井不受抽取地下水水位下降的影响，吐鲁番政府规定在坎儿井的上游以及坎儿井两侧 400 m 的范围内不准打新的抽水井，以及在坎儿井的上游不准修建土坝等坎儿井的保护措施。

另外，为了保持坎儿井的水量，需要不停的进行维护与管理。被保护的坎儿井大多每年都进行一次检查和扩充。维护管理的主要内容是疏浚暗渠沉积的土沙，还将上游的竖井延长一眼或两眼，以扩大集水范围。进行一次的疏浚、扩张、延长所需的费用差异很大，从不足 1,000 元到 10 万元人民币。

尽管坎儿井最好每年进行至少一次疏浚等维护管理活动，但也有些村庄由于其相关费用太高而不能每年进行。在访问调查中了解到，一部分已经放弃了坎儿井如果能够保证修复费用的话，还有重新出水的可能。

5.2.2 坎儿井的水质

坎儿井是重要的水源，不仅是用来灌溉，同时也作为饮用水被广泛的使用，但是对坎儿井的水质是否适合于饮用迄今为止调查很少。在本次的调查中，对能够实测的所有坎儿井进行了水温、pH 和电导率项目的测定。

水温的变化幅度比较大，从比平均气温还高的 33.5 °C 到相当于常温带的 12.4 °C，平均为 16.8 °C。pH 是中国饮用水水质标准的项目，规定的标准值为 6.5~8.5。吐鲁番盆地内坎儿井的水，有数处的 pH 值超过了 8.5。整体来看坎儿井的水碱性略强。

电导率的变化幅度较大，其值为 6.3 S/m~1,088.0 S/m，吐鲁番盆地的平均值为 128.8 S/m，已超过了危险指标的 104.4（根据与硫酸根离子浓度的相关关系确定）和 116.2 S/m（根据与 TDS 的相关关系确定）。因此认为吐鲁番盆地内有大约 40%的坎儿井水不宜作为饮用水来利用。

5.2.3 坎儿井流量的历年变化

通过综合有关坎儿井的所有调查结果进行分析推算出 1994 年至 2004 年的 11 年间，吐鲁番盆地的坎儿井流量从 $14.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (4.4 亿 $\text{m}^3/\text{年}$) 减少到 $7.63 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.4 亿 $\text{m}^3/\text{年}$)，大约减少了一半。

示的流程算出截至 2003 年干涸的坎儿井流量。首先根据坎儿井的干枯年选择参加各计算年间算的坎儿井，纳入计算对象年的坎儿井如果没有流量资料则将该坎儿井所在乡的坎儿井平均流量赋予该坎儿井。年减少量从 1,110 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 降至 2,900 万 $\text{m}^3/\text{年}$ ，平均减少约 2,000 万 $\text{m}^3/\text{年}$ 。特别是鄯善市的达浪乡，1994 年的流量为 $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ (4,800 万 $\text{m}^3/\text{年}$)，但是到了 1990 年代后期急剧减少，到 2001 年全部消失。

1994 年吐鲁番盆地有坎儿井 586 条，过去 10 年期间内以每年 10 条到 40 条的速度减少，平均每年减少 25.5 条。

5.3 水井

到上个世纪 50 年代，在吐鲁番盆地除坎儿井以外，没有一般意义上的水井。在吐鲁番盆地最古老的水井是 1954 年在吐鲁番市三堡乡挖掘的深度为 60 m 的水井，该井在 2001 年已被废弃。现在吐鲁番盆地利用的水井数量超过了 5,000 眼，抽水量超过了 6 亿 $\text{m}^3/\text{年}$ ，成为诸水源中利用量最多的水源。

5.3.1 水井数

a. 现有水井数

在对各乡进行调查之前首先访问了与水井的挖掘、利用、管理有关的局、电管局等，同时已有的与水井和农业用电量相关的资料，并且在各村对村长就有关调查的目的进行了说明后，请村长带路到各水井的现场。即达到了对水管局记录的所有水井和各村村长及水井管理者所了解的全部水井进行实测调查和对全部资料进行收集的目的。其结果为几乎所有的乡、镇实际调查的水井数都多于已有记录的水井数。

本次调查不拘限于水井利用状况，即使是废弃了的水井如果没有被埋掉的话，都到现场进行访问，已确定其位置和测定水位。包括废弃的水井，

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 眼吐鲁番盆地内各县市可利用的水井数分布如图 5.3 所示。

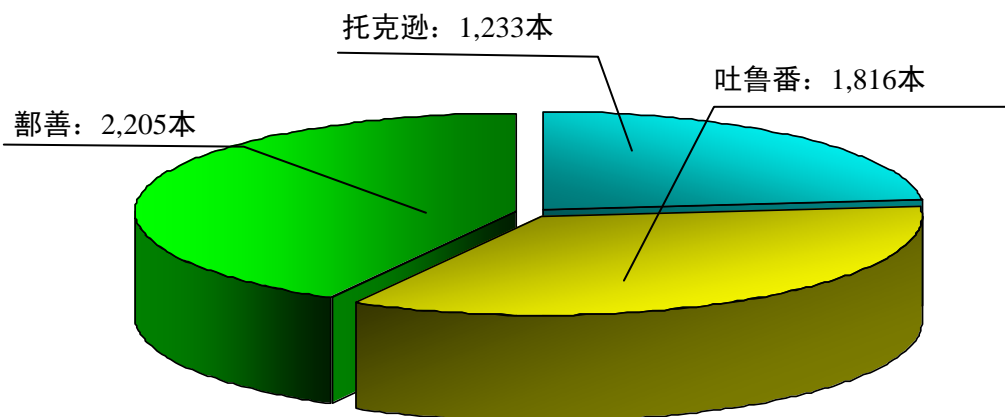


图 5.3 吐鲁番盆地内现状(2004 年)利用可能的水井分布

b. 水井数的变化历史

鲁番盆地内成井数量的变化历史如表 5.4所示。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。但是，从 2000 年开始增加速度比 1990 年代后半期慢。

表 5.4 从 1950 年开始不同乡每 5 年间隔所新打的水井数量

县市	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	合计
托克逊	0	3	5	22	76	121	177	227	278	325	176	1,410
吐鲁番	1	1	5	18	75	117	125	243	357	673	321	1,936
鄯善	0	0	1	38	85	72	116	118	322	893	648	2,293
合计	1	4	11	78	236	310	418	588	957	1,891	1,145	5,639

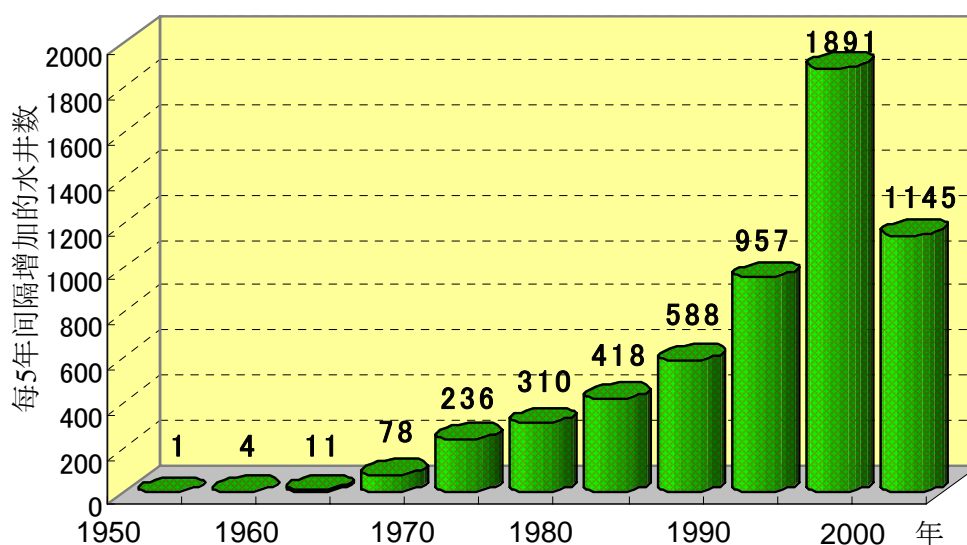


图 5.4 吐鲁番盆地内水井数量的变化历史

从 2003 年开始在过去的 10 年间，每年各县市可利用的水井数量如表 5.5 所示。

表 5.5 不同县市过去 10 年期间里水井数量变化

县市	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
托克逊	882	955	1,008	1,088	1,139	1,179	1,212	1,224	1,230	1,262	1,233
吐鲁番	982	1,074	1,189	1,324	1,471	1,639	1,707	1,765	1,820	1,769	1,816
鄯善	759	877	1,046	1,262	1,421	1,606	1,753	1,889	2,012	2,131	2,205
合计	2,632	2,906	3,243	3,674	4,031	4,424	4,672	4,878	5,062	5,162	5,254

5.3.2 水井的抽水量

本次调查使用管口流速计对所有可以进行抽水的水井流量进行了流量测定。实施了流量测定的水井数是 4,701 眼，约占可利用水井数 5,254 眼的 90 %。但是，为了正确的把握出水量，最好是在每个水井上安装流量计。在吐鲁番盆地除了与油田相关的一部分井外，其它井几乎都没有安装流量计。

对于没有安装流量计的水井，为了掌握其出水量，通过管口流量与所用的抽水时间相乘的方法来求得。因为大部分的水井安装着电泵，抽水时消耗电力并且需要交付电费。而以耗电量除以水井泵的功率即可求出该水井的抽水时间。因此以现场测得的管口流速和访问调查以及现场确认等得到的泵的功率特征资料为基础，与电管所为中心从各相关单位收集到的农业用电量等资料相结合，按乡为单位算出了各个月份水井的出水量计算中对无法测定管口流量和水泵功率不明的水井利用以乡为单位的平均值进行补插。另外，工业和生活用水井，特别是石油工业等的用水大户部门，用水量计测定的用水量资料齐全，所以直接利用流量计记录的抽水资料进行了统计

a. 过去 10 年期间的抽水量

过去 10 年间（1994 年至 2003 年），对灌溉和工业、生活用水从水井抽取的水量以及自流井的流量分别计算后，按县市进行了合计，其结果见表 5.6。

表 5.6 不同县市过去 10 年期间内水井抽水量统计结果

单位：百万 m³/年

县市	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
托克逊	69.6	75.0	64.8	85.3	84.9	93.0	80.3	141.4	89.9	91.4
吐鲁番	118.5	134.6	152.6	173.9	198.0	209.7	217.8	261.5	213.0	224.6
鄯善	128.1	152.0	187.4	216.0	247.0	284.6	285.8	336.4	323.1	325.5
合计	316.2	361.6	404.8	475.2	529.9	587.3	584.0	739.3	626.1	641.6

在过去 10 年间，吐鲁番全地区的地下水抽取量几乎增加了一倍。特别是 2001 年适逢枯水年，所以机井抽水量猛增。在吐鲁番地区托克逊县的取水量增加速度比其他县市小，按年平均计算，每年增长 1 % 至 3 %。吐鲁番市的增长率比托克逊快，10 年期间的地下水抽取量增加了 40 %。鄯善县过去 10 年间的地下水抽取量的增长幅度最大，全县整体增长了 1.5 倍以上。特别是县内的迪坎乡、吐峪沟乡和达浪坎乡的增长量分别是 2.6 倍、2.8 倍和 4.4 倍。而且，由于达浪坎的机井抽取量迅速增加，结果导致过去可使用的坎儿井也全部干涸。各县市过去 10 年间的地下水抽取量见图 5.5 所示。吐鲁番盆地全体的抽水量变化如图 5.6 所示。

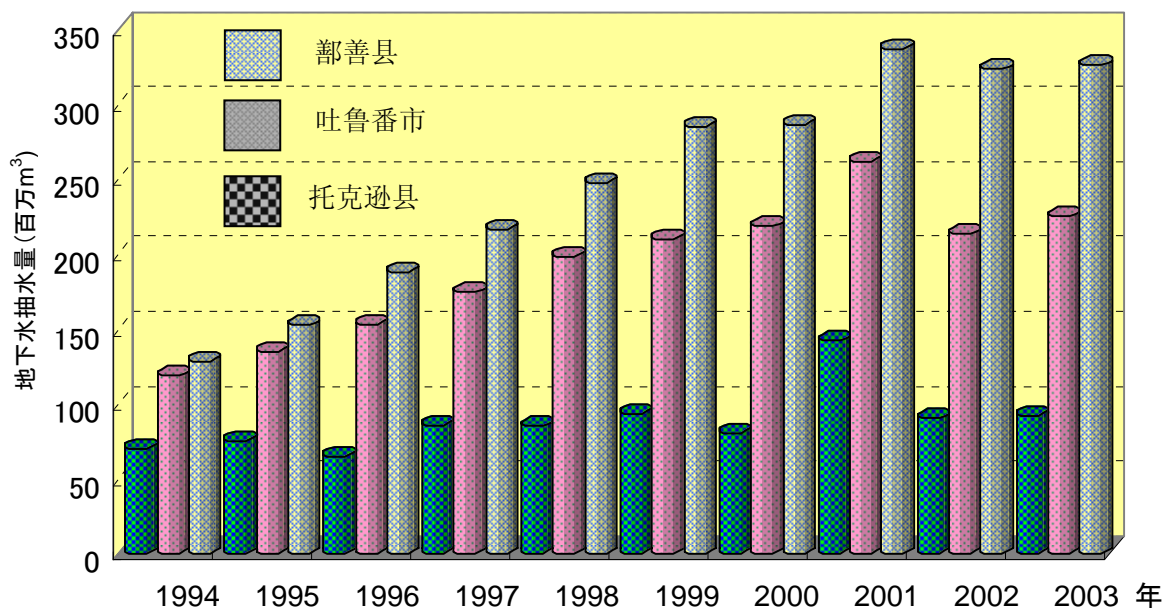


图 5.5 过去 10 年期间内不同县市地下水抽水量变化图

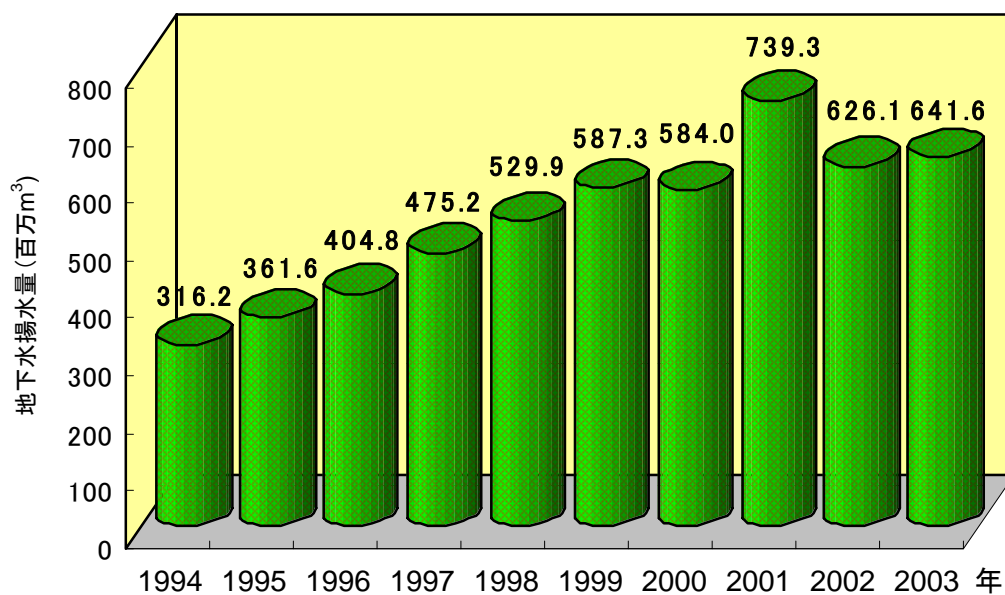


图 5.6 过去 10 年期间内吐鲁番盆地中地下水抽水量变化图

b. 抽取量的季节变化

2003 年地下水抽取量的月变化如图 5.7 所示。在非灌溉期的 12 月至第二年的 2 月，地下水的抽取量由于是从自流井或工业及生活用水等利用方式与季节关系不大的水井中抽取的，并且抽取量相对较小，只有 2 百万 m^3 /月，也比较稳定。进入灌溉期，井水的抽取量迅猛增长，从数千万 m^3 增加至 1 亿 m^3 。

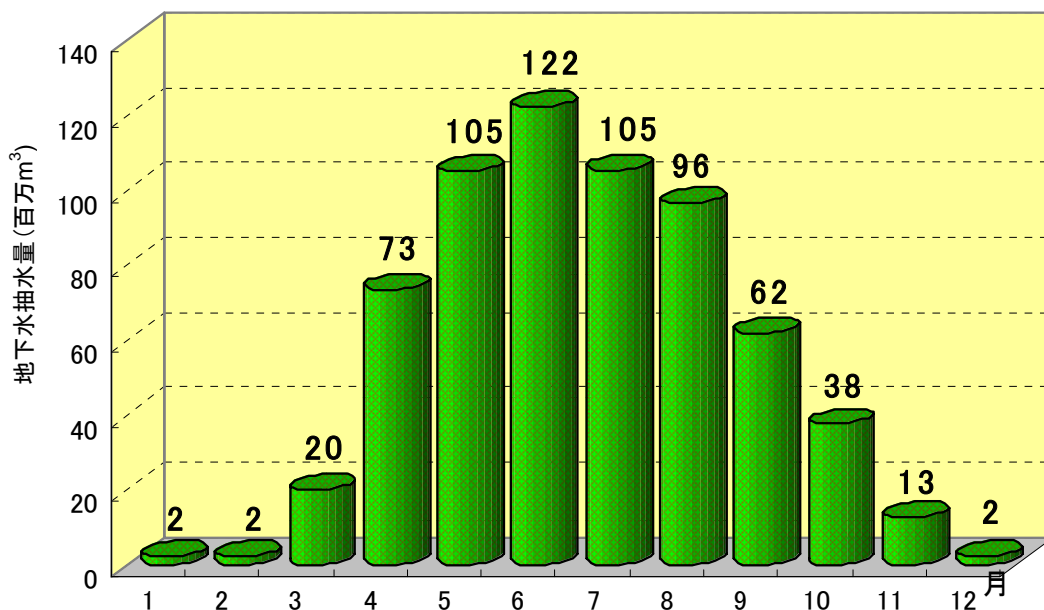


图 5.7 2003 年吐鲁番盆地中不同月地下水抽水量变化

c. 灌溉用水的抽取强度

以 2004 年统计年鉴记载的农地面积为基准，将单位农灌面积的地下水抽取量进行统计的结果如表 5.7 所示。

从县市来看，吐克逊县的地下水灌溉强度比较低，每亩 500m³ 多一点，可认为这是因为托克逊县的河流地表水资源比较丰富的原因。而吐鲁番市与鄯善县每亩的地下水抽取量超过了 1,700m³，数量相当大。

表 5.7 2003 年项目区内单位农地面积的地下水抽水量

县市	乡镇	灌溉抽水量	耕地面积(ha)
托克逊	91.4	11,836	515
吐鲁番	210.96	8,168	1,722
鄯善	297.02	11,050	1,792
合计	599.43	31,054	1,287

以乡为单位来看地下水的抽水强度的话，每亩的地下水抽取量在 290m³ 至 3,790m³ 之间变化，其差距大约有 10 倍左右。其中最大值出自鄯善县的迪坎乡。迪坎乡在吐鲁番盆地由于地下水位下降、造成水生植物干枯、沙漠化严重，是实施了生态环境恶化而移民的地区。

5.3.3 水井的使用与分类

a. 根据利用目的对水井的分类

表 5.8 是以访问调查的结果为基准，根据水井的使用目的分类后，又按县市进行统计得出的结果。

表 5.8 根据利用目的对水井的分类

单位: 本

县市	乡镇	农业	生活	工业	畜产	他	兼用
托克逊	1,072	37	18	0	64	42	1,233
吐鲁番	1,661	70	2	2	6	75	1,816
鄯善	2,050	41	24	2	4	81	2,202
合计	4,783	148	44	4	74	198	5,251

在调查中, 有 5,251 眼水井的使用目的项目得到了回答, 其中专门用于农业灌溉的水井有 4,783 眼, 占整体的 91 %。其次是兼用水井, 共 198 眼, 大约占 4 %, 多利用目的水井的大部分也是 80 % 以上用于灌溉, 10 % 至 20 % 用于生活用水。农灌专用与多用水井加起来, 以农灌水井为主的水井在吐鲁番盆地占 95 %。生活用水专用水井有 48 眼, 占全部水井的 3 %。属于其它分类的水井包括用林业绿化灌溉的水井和养鱼池等的水井。

b. 生活用水的供给

包括多用水井, 吐鲁番盆地内用于生活用水的水井超过 300 眼。专门用于生活用水和畜产用的抽水量统计结果和 2004 年吐鲁番年鉴中记录的有关 2003 年各县市人口与家禽等的统计结果见表 5.9。吐鲁番盆地共有人口 53 万, 生活用水全部或部分抽取井水的有 27 万 8 千人, 超过了全人口的一半。

表 5.9 生活以及畜产用地下水量统计结果

人口单位: 人; 羊和牛的单位: 头

县市	供水人口	人口	供水(%)	羊	牛
托克逊	41,551	107,227	38.8	1,154	490
吐鲁番	130,625	260,900	51.2	50,706	5,097
鄯善	105,983	203,921	63.0	40,221	5,950
合计	278,159	572,048	52.4	92,081	11,537

※ 石油产业有关人口未能收录于统计年鉴中、所以未纳入本表。

5.3.4 井水的水质

水温的变化幅度大, 其范围在 8.2℃~31.7℃ 之间, 平均值为 17℃ 左右。pH 值最大的水井在鄯善县迪坎乡, 其值为 9.1。吐鲁番盆地整体 pH 的平均值为 7.7, 略偏碱性。

中国的水质标准所规定的有关 pH 值的标准值为 6.5~8.5。在全部的 4,643 个被测定的水质样品种, 超过饮用水标准值上限的样品有 78 个, 约占 1.7 %, 多集中在托克逊县和吐鲁番市。

整体来看水井的电导率高, 即使以乡为单位平均, 超过 116.2 S/m 的乡、镇有 11 个以上。11 个乡镇之中大部分的 EC 平均值都很高, 在 300.0~900.0 S/m。从地区分布上来看, 托克逊县的电导率值比较低, 全县平均在 100.0 S/cm 以下。与此相对应的吐鲁番市和鄯善县电导率的平均值较高, 几乎均接近 170.0 S/m。

与硫酸根离子和盐分浓度的水质标准相对应的电导率的参考值分别是 104.4 和 116.2 S/m, 如果用其分析该地区的水质的话, 托克逊县有 25%~30% 的水井不合格, 吐鲁番市和鄯善不合格的水井数超过 50%。

本项目中包括有钻探调查, 同一地点从深层含水层和浅层含水层分别取样分析, 其结

果表明深层含水层的水质要优于浅层含水层的水质。别是吐鲁番市南部和鄯善县的达浪坎乡等浅层地下水水质极差的地区，从深层含水层仍可取得较好水质的地下水，深浅层含水层之间的水质变化显著。

本次调查的水井按深度划分为三段，其各段的深度分别设定为<100 m、100~160 m和>160 m。对各深度段中超过与硫酸根离子水质标准相关的电导率参考值 104.4 S/m 和盐分浓度水质标准值相关连的电导率参考值 116.2 S/m 样品数的比例进行了比较。第 1 段与第 2 段区别不大，两者水质都不很好。但第 3 段，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。

5.3.5 水井的所有权

吐鲁番盆地大部分的水井，特别是农业灌溉用水井，多数都是以村或过去以生产队为单位的农业生产组织挖掘的。其它，还有为了城市共水和各政府有关的机关、部门的需要挖掘的水井和以石油相关企业为中心的各企业所打的水井。表 5.10 表示的是按各乡水井的所有权进行分类的结果。现在，个人挖掘的水井也呈现出很强的增长势头。

表 5.10 吐鲁番盆地中水井所有权统计

县市	国	集体	学校	企业	个人
托克逊	86	1,004	3	8	314
吐鲁番	75	1,320	0	2	517
鄯善	42	1,824	4	30	398
合计	202	4,148	7	40	1,229

5.3.6 水井的深度和水位

水井的深度与水井的水质有关，含水层的利用与保护方面都很重要。表 5.11 是各乡水井深度的统计结果。水井的深度主要集中在 50~100 m 之间，但 150m 以上到 300 m 之间深度的水井也占了 1 成以上。

表 5.11 水井深度分布的统计结果

县市	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	>350
托克逊	105	796	46	212	62	6	2	0
吐鲁番	42	605	954	169	29	6	3	1
鄯善	166	1,073	925	27	2	4	5	0
合计	313	2,474	1,925	408	93	16	10	1

在本次调查中对成井时的水位也进行了调查，并将其结果和本次调查实测得到的地下水位汇总于表 5.12。将目前的地下水水位与成井时的地下水水位相比较，吐鲁番盆地内的 3 县市地下水位均呈现出明显的下降趋势。各县市的下降量为：托克逊县约下降大约 5 m、吐鲁番市下降接近 10 m、鄯善县下降量超过了 10 m。

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

县市	现状地下水位 (m)	下降量 (m)
托克逊	10.9	5.3
吐鲁番	31.8	9.3
鄯善	35	11.9
平均	28.9	9.1

对过去十年间新挖掘水井时的平均深度进行了统计,得知过去十年间新挖掘的水井深度没有增加的趋势。

5.3.7 水井的结构及相关设施

a. 管 材

吐鲁番盆地由于费用等方面的原因,抽水井的井管使用着各种材料。其中用水泥管做井管的井最多,约占 79 %。水泥管开孔率小,如果从含水层汇水的角度来看,效率不好,其结果是耗电量增大。此外有 PVC 管、木材和砖砌等。

b. 有无止水

水质不好的地区特别是不同含水层之间水质有差异的地区,为了防止含水层间的污染扩大,止水非常重要。但是在农业灌溉用水井的 4,897 眼中,实施止水作业的只有 8 眼,仅占 0.16 %。对于水质问题大的吐鲁番盆地,这样的状况非常令人担忧。

c. 水泵的类型和动力

如果没有自流井,安装抽水泵是有必要的。因为农业灌溉用水井较多,几乎所有的井都安装有深水泵。

6. 水质调查

6 水质调查

6.1 调查方法

6.1.1 调查对象·数量及实施期间

水质调查分为如下 3 种类型和水源而实施。

- 1) 地表水：主要为河流和水渠
- 2) 浅层地下水：坎儿井、泉水及浅水井
- 3) 深层地下水：深井
- 4) 观测井：现存观测井、新观测井

按水源分类的取样的数量和实施期间汇总于表 6.1和表 6.2之中。

表 6.1 不同水源采样的数量一览

调查对象	数量
河流(水渠)	30+31=61
坎儿井	63+69=132
泉	32×2=64
现存一般井	51+52=103
现存观测井	31×2=62
新设观测井	4×2+7×3=29
合计	451

表 6.2 不同水源的采样时间

水源	第1次采样	第2次采样
地表水	2004/07/25~2004/08/09	2004/11/20~2004/12/09
泉	2004/10/01~2004/10/03	2005/01/05~2005/01/11
井	2004/09/25~2004/10/03	2005/01/14~2005/01/27
坎儿井	2004/10/16~2004/10/29	2005/01/06~2005/01/30

另外，5 处 9 眼新观测井的采样从 2004 年 8 月到 2005 年 9 月进行了 5 次。

6.1.2 调查项目

本项目的水质调查为了明确掌握地下水以及地表水的水质的真实情况，通过与饮用水标准及灌溉用水水质标准的比较来评价作为饮用水的安全性和灌溉用的水质合适性，同时为了从水质组成探讨地表水和地下水的交流关系以及地下水流动性机理而实施。根据调查目的、中国的相关水质标准、地下水调查中需要的基本水质项目以及以前的调查，报告中有问题的水质项目进行了选择分析项目的选择。选择的项目和中国的饮用水水质标准合在一起，以表 6.3表示，为 28 个项目。

表 6.3 中国的饮用水水质标准和本调查的调查项目

中国饮用水水质标准（1985年8月）		本调查的分析项目
项目	标准值(mg/l)	
色	无色、15度以内	--
浑浊度	3度以内	--
味	无	--
悬浮物	无	--
pH	6.5—8.5	◎※
硬度(CaCO ₃ 计算)	450	◎
铁	0.3	◎※
锰	0.1	◎※
铜	1.0	--
锌	1.0	◎
苯酚	0.002	◎
阴置合成洗剂	0.3	--
硫酸根置	250	◎
氯化物	250	◎
溶解性总固体	1000	◎
氟化物	1.0	◎※
氰化物	0.05	--
砷	0.05	◎※
硒	0.01	--
水银	0.001	◎
镉	0.01	◎
铬	0.05	--
铅	0.05	◎
银	0.05	--
硝酸态氮	20	◎※
苯并(α)萘	0.01μg/l	--
DDT	1.0μg/lμg/l	--
六六六	5.0μg/l	--
细菌总数	100	◎※
大肠菌	3	◎※
游离氯置	0.05	--
α	0.1	--
β	1	--
水温	--	◎※
氧化还原电位	--	◎※
电导度	--	◎※
钠	--	◎
钙	--	◎
镁	--	◎
钾	--	◎
COD	--	◎
游离碳酸	--	◎
碳酸置	--	◎
重碳酸置	--	◎
亚硝酸置	--	◎
氨置	--	◎※
项目数	35	28

※：室内分析和现场测定中都实施的项目。

6.2 地表水的水质

6.2.1 从山区流入的河流

流入河流的水质类型是重碳酸钙型 (参照图 6.1)。经常被利用作为水质综合指标的可溶物质含量(盐分、TDS)整体而言处于较低水平,为 100-600 mg/l,从丰水期和枯水期的变动来看,丰水期流入河流的 TDS 在 100-500 mg/l 的范围内变化,平均为 288 mg/l,枯水期的 TDS 略微偏高,在 260-600 mg/l 的范围内变化,平均 391 mg/l。丰水期内山区融雪水以及降雨的直接流入是河流流量的主要来源,而枯水期融雪量和降水量减少所以来自河流流量中地下水的补给量比较多。

6.2.2 盆地内的河流以及水渠

以盆地内的泉水作为源泉的河流以及水渠的水质和山区河流的水质明显不同(图 6.1)。水质类型主要是硫酸钙型, TDS 亦比较高,在 440-3,190mg/l 的范围内变化,一半以上的调查地点超过了饮用水水质标准 (1,000 mg/l)。另外,在测定的下流断面的 TDS 比上游断面表面有明显增高的倾向。表示了这些河流在流动途中,接受了 TDS 较高的地下水的补给。

如果 TDS 浓度高主要是由于硫酸根离子等成分的话,其水质对健康的影响便不可忽视。盆地内 3 条河流之中只有连木沁河水质良好,其余的两条河流木头沟和吐峪沟的硫酸根离子含量很高,为饮用水标准值的 1.4 倍~4 倍,所以不适合于饮用。

6.2.3 地表水的安全性评价

以中国饮用水水质标准作为依据对河水水质调查进行评价,超过水质标准的项目在山区河流中限定于铁(Fe)和锰(Mn)。由盆地内的泉水而生成和补给的河流超过饮用水水质标准的项目较多,除铁、锰之外,还包括可溶性物质(TDS)、钠(Na)、氯(Cl)、硫酸根离子(SO₄)和硬度(用 HCO₃ 计算)等 5 项。顺带而言,第 2 次河流及水渠水质调查选择的 31 个地点中,有 21 个地点的水中大肠杆菌数量超过中国水质标准。

6.3 地下水的水质

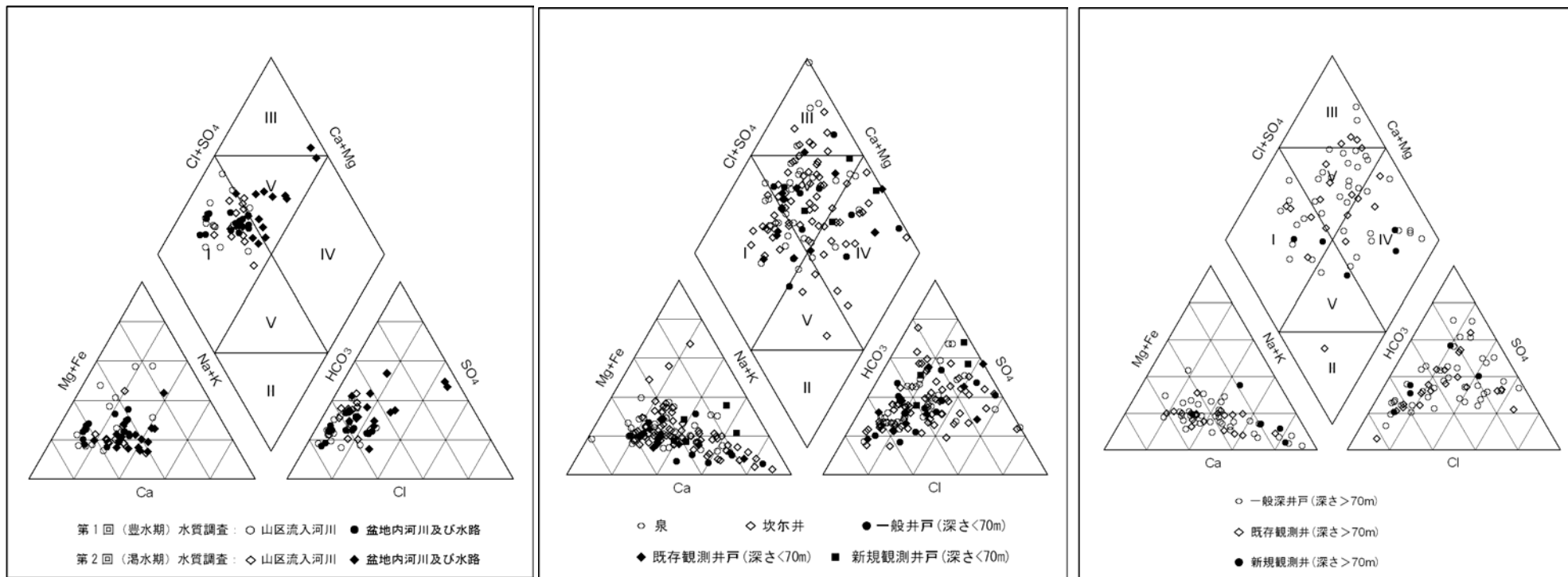
6.3.1 泉

a. 泉水的水质

如图 6.1所示泉水的水质类型相对离散较大,从重碳酸型钙到硫酸钠型都有。但看不到泉水水质在丰枯水期的变化。像吐鲁番一样的干燥地区,如果地下水位较浅,则土壤的蒸发量增大、土壤中的盐浓度有增加趋向。因此,形成了以艾丁湖为中心的盐分浓度高的地下水水质分带。泉水也同样,在补给区域的含水层较浅,地下水流较缓的地区,在漫长的地质历史中,因为蒸发作用而使盐分被聚集,造成水质恶化。

在泉水的水质恶化了的条件下,泉水补给的河流的水质也要恶化,所以盆地内河流的水质和流入河流的水质之间存在有很大区别。

6-4



地表水

浅层地下水 (枯水期)

深层地下水 (枯水期)

图 6.1 地表水和地下水水质组成

b. 泉水的安全性的评价

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。

吐鲁番盆地的泉水样品中虽然有超过中国饮用水水质标准中关于氟的设定值的样品，但其氟含量低于 WHO 的推荐值(1.5 mg/l)，所以可以认为问题不大。在吐鲁番盆地的泉水中查出 139 mg/l 的硝酸态氮，明显的不适合饮用。在吐鲁番还查出了铅浓度高出中国水质标准值 (0.05 mg/l) 的水样，所以该样品所代表的泉水不能作为饮用水。有 1 处泉水水样提取出苯酚含量为 0.027 mg/l (丰水期)，超过标准值 10 倍以上，因而不适合饮用。

分县市将超过中国饮用水水质标准的项目数和样品数进行整理利于之表 6.4中。泉水的水质在吐鲁番盆地内存在由西向东问题逐渐增加的倾向。

表 6.4 不同县市泉水质调查中超标数统计

县市	样品数		有超标项目的样品数			超过项目数	
	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	平均(%)	丰水期	枯水期
托克逊	5	5	1	1	20%	1	1
吐鲁番	20	20	7	7	35%	21	20
鄯善	7	7	4	3	50%	24	15
全体	32	32	12	11	36%	46	36

6.3.2 坎儿井

a. 坎儿井的水质类型

如图 6.1所示，与泉水比较，坎儿井水的水质类型变化更多。坎儿井是通过暗渠系统汇集和输送浅层地下水的设施，所以坎儿井的水质受到集水区域和送水途中的地下水水质的影响。这意味着能将坎儿井的水质当作是坎儿井的集水和送水区域的浅层地下水的水质的代表来考虑。

b. 坎儿井的安全性的评价

坎儿井超过中国饮用水水质标准的项目包括矿化度、钠、氯、氟、硫酸根离子、硬度、硝酸态和氮、砷和苯酚。和泉水不同的是未查出铅项目超过水质标准的样品。也就是说，可以认为在吐鲁番盆地内的铅污染范围较小。

但是，虽然没有超过中国的饮用水水质标准，如果以 WHO、日本以及欧美各国已经采用的砷的相关标准值 0.01 mg/l 进行衡量的话，第 1 次采集的 63 个样品（丰水期）中有 36 个大约为采样数的一半超过了该标准值。第 2 次采集的 69 个样品（丰枯水期）中有 15 个、大约为采样数的 1/4 弱超过了该标准值。

将坎儿井的水质调查中超标的项目数和样品数分县市汇总后列于表 6.5。与泉水调查的结果类似，托克逊县水质问题比较小。而在吐鲁番市和鄯善县的调查中超过一半的坎儿井中存在硫酸根离子或砷的问题，所以将其作为饮用水利用时必须充分注意。

表 6.5 不同县市第 1 次坎儿井水质调查中超标数统计

调查时期	样品数		有超标项目的样品数			超标项目数	
	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	平均(%)	丰水期	枯水期
托克逊	8	10	5	8	72%	5	8
吐鲁番	29	31	28	28	93%	61(20)	72
鄯善	26	28	20	26	85%	38(16)	50
全 体	63	69	53	62	87%	104(36)	130

6.3.3 井水

a. 浅井水的水质和安全性评价

在这里浅井是指井的深度在 70 m 以内的井。水质类型多为硫酸-钙型和硫酸-钠型，重碳酸-钙型比较少（图 6.1）。

在浅井水质中有问题的项目为可溶物质、钠、氯、氟、硫酸根离子、硬度、铁和锰等 8 项。其中氟含量虽然略高于中国水质标准 1 mg/l, 但未超过 WHO 的水质标准 1.5 mg/l, 所以可以认为不存在较大健康方面的影响。有的水井中硫酸根离子含量为 1,070 mg/l, 成为浅层地下水水质方面最大的问题。

整理过浅井的水质评价结果如表 6.6 所示。从有问题的井的分布来看，托克逊县约为 60%、吐鲁番市约为 73%、鄯善县约为 87%。其中最严重的问题是硫酸根离子超标，托克逊县、吐鲁番市、鄯善县分别为 30%、36%、46%。

表 6.6 不同县市浅井水质调查中超标数统计

调查时期	样品数		有超标项目的样品数			超标项目数	
	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	平均(%)	丰水期	枯水期
托克逊	9	11	3(3)	9(3)	60%	12	25
吐鲁番	5	6	2(1)	6(3)	73%	6	19
鄯善	6	9	6(3)	7(4)	87%	17	28
全 体	20	26	11	22	72%	35	72

注：括号内为硫酸根离子的超标样品数。

b. 深井水的水质和安全性评价

在这里深井指深度超过 70 m 的井。深井的水质类型也多变，有重碳酸-钙、硫酸-钙、硫酸-钠等类型存在，以硫酸-钙型的比较多。硫酸-钙型或硫酸-钠型的地下水表明是在地下水形成之后收到了较强蒸发浓缩的影响或是经过了较长的滞留时间。在一些特例的条件下，比如由于矿床的影响，在滞留时间短的地下水中硫酸根离子也会成为阴离子中主成分。虽然在吐鲁番盆地已经发现了一些矿床，但可以推断其影响相对较小，水质的形成主要是受蒸发和逗留时间的影响。

超过饮用水水质标准的项目包括 pH、可溶性物质、钠、氯、氟、硫酸、硬度、铁、锰、砷和苯酚。其中有的井水硫酸根离子达到 2,180 mg/l（丰水期）和 2,340 mg/l（枯水期）。

按县市分别整理深井的水质调查中超标样品数和超标项目数后列于表 6.7。从有问题深井分布来看，托克逊县大约为 61%、吐鲁番市大约为 65%、鄯善县大约为 59%。从问题最为严重的硫酸根离子超标数来看，托克逊县、吐鲁番市、鄯善县分别为 40%、30%和 25%。

表 6.7 不同县市深井水质调查中超标数统计

调查时期	样品数		有超过项目的样品数			超过项目数	
	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	平均(%)	丰水期	枯水期
托克逊	15	13	6(6)	11(5)	61%	33	36
吐鲁番	30	27	17(12)	20(5)	65%	55	56
鄯善	25	26	11(8)	19(5)	59%	35	50
全 体	70	66	34(26)	50(15)	62%	123	142

注：括号内为硫酸根离子超标的样品数。

6.4 地下水质的区域分布

6.4.1 浅层地下水和深层地下水的硫酸离子分布

图 6.2为浅层含水层（从深度 70m 以下的水井取水）的硫酸根离子分布图。以中国饮用水水质标准值(250 mg/l)为界线，区分安全区域和危险区域。硫酸根离子的分布和 TDS 的分布看有相当的一致性，表明随着蒸发和地下水的逗留时间的增大，地下水的盐分浓度(TDS)增大的同时硫酸根离子浓度也随之增大。

图 6.3为深层含水层（从深度 70 m 以上的水井取水）的硫酸根离子分布图。与浅层地下水的分布类型同样表示，以艾丁湖为中心的区域中 TDS 和硫酸根离子明显偏高。

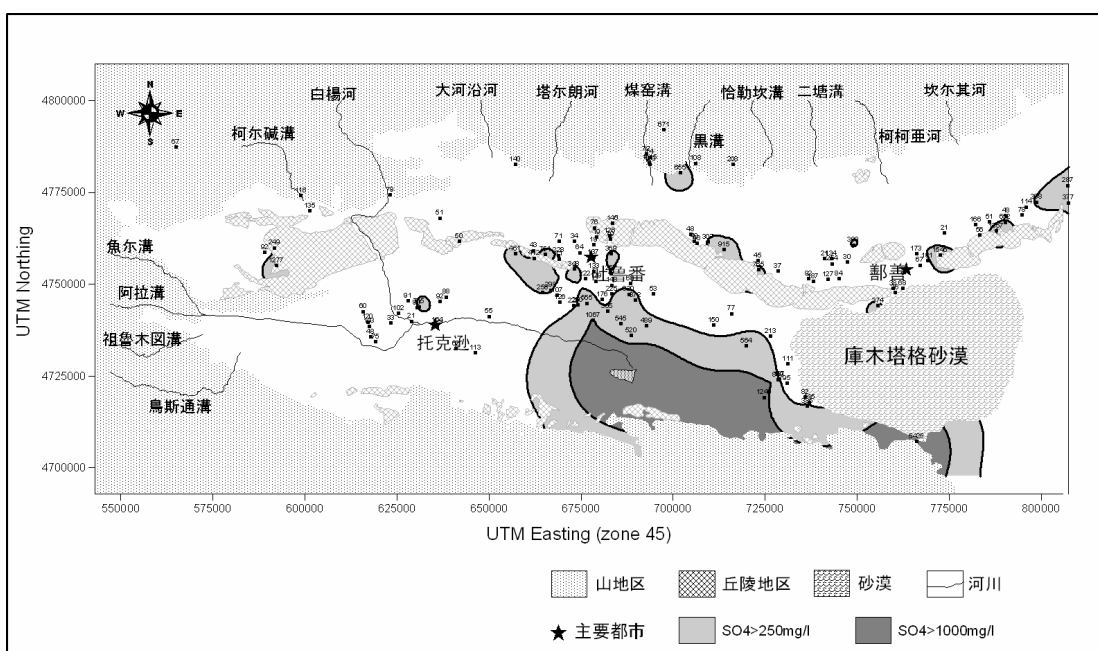


图 6.2 浅层含水层的硫酸根离子分布图

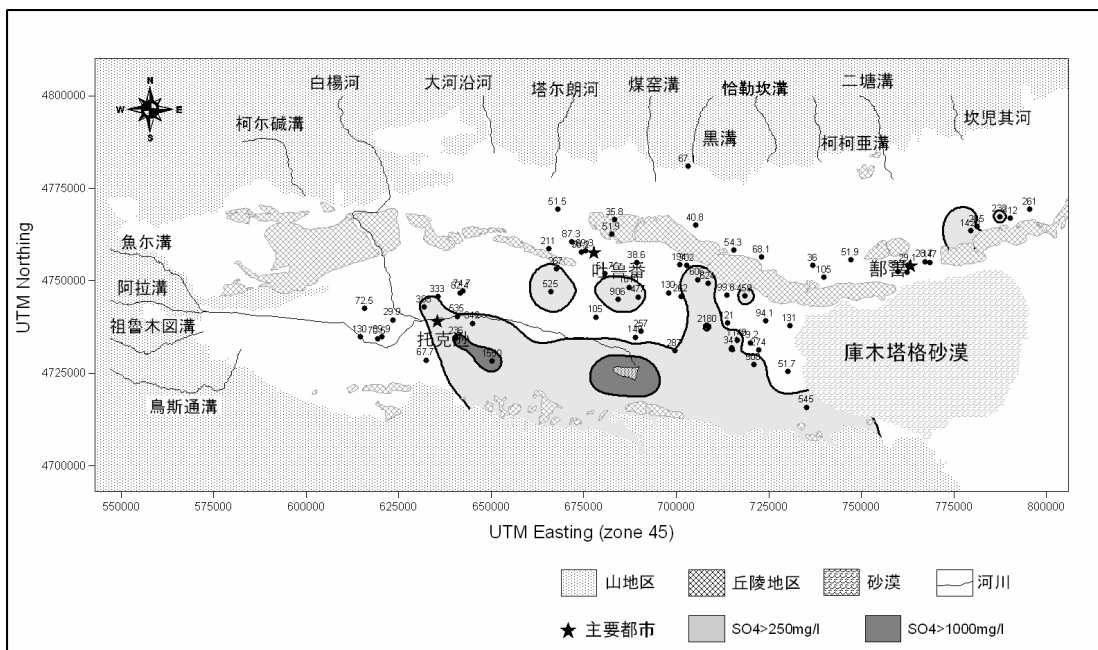


图 6.3 深层地下水的硫酸根离子分布图

表 6.8和表 6.9反映的是深层含水层中有水质方面问题的地点和浅层含水层中同类地点的比较结果。在丰水期，深、浅含水层中分别在健康方面存在或大或小问题的样品数分别所占 46 %和大约 56 %。与丰水期比较，枯水期水质存在问题的地点所占比例有所减少，而且与浅层含水层相比，深层含水层的水质的季节变化较大。特别是在项目区中问题最大的 TDS 和硫酸根离子，枯水期超过率仅为丰水期超过率的 60%。可以推断其原因之一是由于丰水期水井中水位因抽水而下降，几乎没有进行止水措施的水井中浅层含水层的水容易较多地混入井中。

表 6.8 深浅层含水层安全性比较（丰水期）

问题样品平均、最大值单位: mg/l

项目	标准值	浅层含水层(65/116地点)				深层含水层(32/70地点)			
		问题地点数	问题样品平均	最大值	问题地点比例	问题地点数	问题样品平均	最大值	问题地点比例
TDS	1000	32	2,862	30,340	27.6%	29	1,869	4,330	41.4%
SO ₄	250	34	807	5,620	29.3%	29	635	2,180	41.4%
As	0.05(0.01※)	36	0.012	0.03	31.0%	3	0.01	0.01	4.3%
F	1	11	1.34	3.4	9.5%	3	1.84	4	4.3%
Phenol	0.002	5	0.009	0.03	4.3%	5	0.009	0.02	7.1%
NO ₃ -N	20	3	58	139	2.6%	--	--	--	--
Mn	0.1	2	0.2	0.3	1.7%	2	0.28	0.28	2.9%
Pb	0.05	1	0.1	0.1	0.9%	--	--	--	--

表 6.9 深浅层含水层安全性比较（枯水期）

问题样品平均、最大值单位：mg/l

项目	标准值	浅层含水层(65/116地点)				深层含水层(32/70地点)			
		问题地点数	问题样品平均	最大值	问题地点比例	问题地点数	问题样品平均	最大值	问题地点比例
TDS	1000	29	2,837	19,400	23.8%	18	1,839	4,810	25.0%
SO ₄	250	34	790	5,230	27.9%	17	656	2,340	23.6%
As	0.05(0.01※)	(15)	0.012	0.02	12.2%	0	--	--	0.0%
F	1	9	1.49	2.28	7.4%	1	2.2	2.2	1.4%
Phenol	0.002	2	0.077	0.082	1.6%	1	0.02	0.02	1.4%
NO ₃ -N	20	4	51.0	67.8	3.3%	1	54.2	54.2	1.4%
Mn	0.1	3	0.48	0.84	2.5%	4	1.0	2.6	5.6%
Pb	0.05	--	--	--	--	--	--	--	--

6.4.2 根据新设观测井的含水层的水质比较

通常在带井之后需要在井管与井壁之间充填粘土或者水泥等用以止水。但是，吐鲁番盆地现在利用的普通水井中很少在成井时进行了止水处理。而且即便是深井，其取水用滤管的位置也并非限制于井底而是分布于各个不同深度。所以，即使从深井采取的样品，也不能断言完全代表深层含水层的水质，只能用作参考值来考虑。在本项目的钻探调查中，设立了9眼地下水观测井。新设观测井的设置时，以地层和含水层分布为依据，分别进行了止水。所以，利用本调查中新设的地下水观测井可以区别深层含水层和浅层含水层的水质。

在分别设置了深、浅层含水层观测井的4个地点深层含水层(深度200 m- 380 m)的TDS值都低于300 mg/l。而浅层含水层(50 m-120 m)的TDS值因地区的不同而不同。在西北部分的TWSW和TWSC，与深层含水层之间的差比较小，在南部和东部的TWSS和TWSE，浅层含水层的TDS比深层含水层大数倍。硫酸根离子含量在浅层含水层可达到深层含水层对应结果的数倍到10倍，超过了水质标准。

6.5 水质调查的总结

吐鲁番盆地内水资源的水质分布及其变化特征可以整理如下。

- 1) 为盆地内水资源主要补给源的山区流入河流具有良好的水质，饮用前需要进行杀菌消毒，对于灌溉目的则可以直接利用。
- 2) 盆地内的泉水形成的河流的水质随泉水水质变化，与山区的流入河流有很大的差异。调查的3条盆地内河流之中、有2条河流水质差，不适合饮用。
- 3) 下水的水质分布特性清楚，北盆地的大部分地区水质较好，南盆地TDS以及硫酸根离子较高的地区以艾丁湖为中心分布。关于水质及相关问题，鄯善县水质问题较多，托克逊县问题较少。
- 4) 下水里超过饮用水标准值的并与健康相关的无机和有机物项目包括可溶性物质(TDS)、硫酸(SO₄)、砷(As、WHO标准)、氟(F)、硝酸态氮(NO₃-N)、苯酚、锰(Mn)和铅(Pb)。其中问题大、分布广的是TDS、SO₄和As。
- 5) 下水里超过饮用水标准的但与健康无关的项目包括铁(Fe)，氯(Cl)，硬度(以CO₃计算)等，许多地点地下水中铁含量较高，在部分地区已经不是个别地点而形成高铁区域。

- 6) 层含水层和浅层含水层的水质结果比较，用70 m深度划分时，TDS、硫酸根离子以及其他影响健康的项目没有表现出明显的差异。但从在砷项目看深层含水层比浅层含水层安全。
- 7) 新观测井的结果来看，200 m深的含水层水质和河水的水质是一样好，即使在浅层含水层的TDS和硫酸根离子含量较高的地点仍可以从深层含水层得到水质好的地下水。

7. 地下水位调查

7 地下水位调查

地下水位，既是表示地下水盆中贮水量变化的重要数据，同时也是掌握地下水流动方向、流速等的基本数据。因此，地下水位最好是在尽可能多的地点分含水层进行长期的观测。这种地下水位观测数据，既作为地下水管理的基本资料使用，同时也用作地下水模拟的验证资料。

本调查在对吐鲁番盆地原有地下水观测资料进行收集整理、分析的同时，在新设的地下水观测井开始了地下水位连续观测。

7.1 调查方法

7.1.1 原有观测井

吐鲁番盆地在吐鲁番地区水利局的领导和监督下，由县、市的水利局进行了地下水位的长期观测。其中，一直到现在仍在继续进行观测的地下水观测井，吐鲁番市 10 眼、鄯善县 15 眼、托克逊县 7 眼，共计 32 眼。这些原有观测井的位置分布图见图 7.1。

本调查对这些原有观测井过去的地下水位测定记录进行了收集整理。在本调查实施前，原有观测井的地下水测定每月只进行 3 次，而且存在欠测时期多等问题，所以本调查通过再委托形式对原有观测井的地下水位进行了每月 4 次测定。另外，吐鲁番盆地除现存的 32 眼之外，已经中止观测或废弃的观测井有 32 眼。本调查对这些旧观测井的地下水位记录也进行了收集整理。

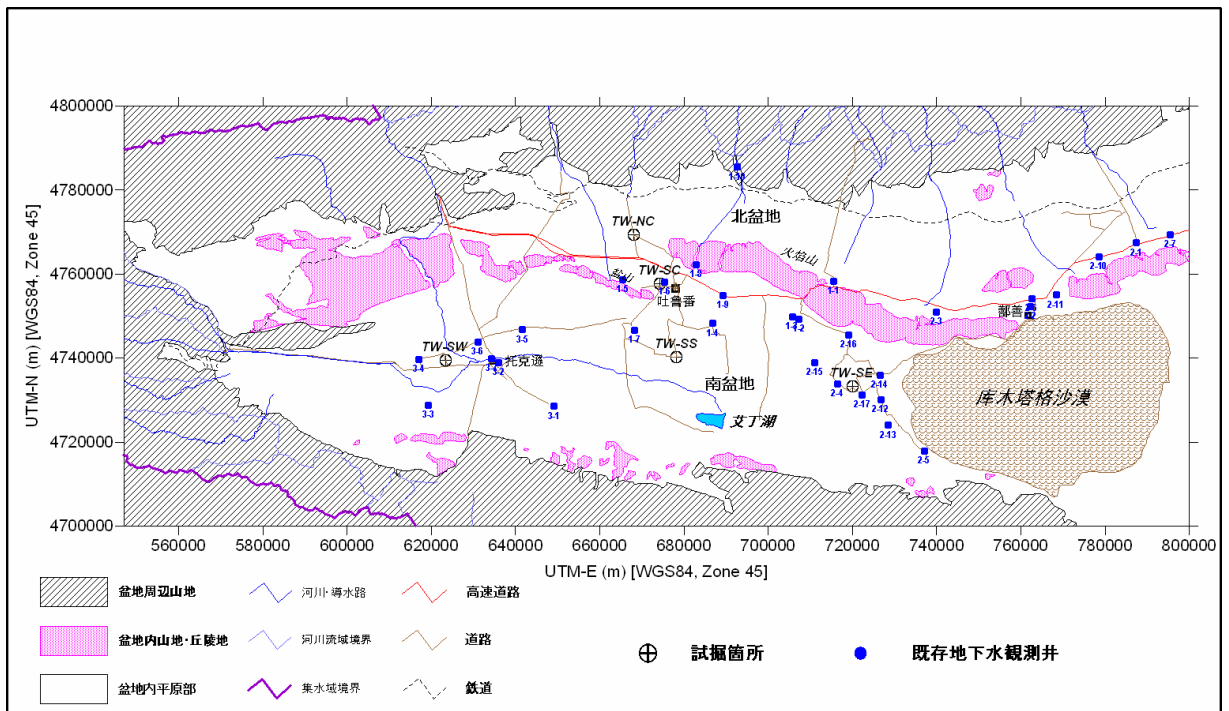


图 7.1 吐鲁番盆地现有的地下水观测井分布图

7.1.2 JICA观测井

本调查在吐鲁番盆地的南盆地 4 处、北盆地 1 处共计 5 处进行了调查，布设了共计 9

眼新地下水观测井。其中，在南盆地的试掘点，为了对浅层地下水和深层地下水分别进行地下水位和水质的观测，在每 1 处布置了 2 眼观测井（参照表 7.1）。

表 7.1 JICA 观测井一览表

试掘地点名	观测井番号	掘削深度 (m)	井戸深度 (m)	スクリーン深度 (m)	スクリーン総延長 (m)
TW-SE	TW-SE-1	245.9	216.0	190.0-210.0	20.0
	TW-SE-2	70.0	70.0	54.0-66.0	12.0
TW-SC	TW-SC-1	409.3	391.0	345.0-354.0 376.0-385.0	18.0
	TW-SC-2	130.0	130.0	110.0-124.0	14.0
TW-SS	TW-SS-1	253.4	221.0	191.0-215.0	24.0
	TW-SS-2	50.0	50.0	30.0-48.0	18.0
TW-SW	TW-SW-1	301.4	288.0	268.5-282.0	13.5
	TW-SW-2	66.0	66.0	42.0-60.0	18.0
TW-NC	TW-NC-1	400.4	390.0	360.0-384.0	24.0

a. 水位测定方法

9 眼 JICA 观测井中，设在南盆地南部的 TW-SS-1 观测井和西部的 TW-SW-1 观测井属于自喷井，承压地下水头比观测井的管头还要高。另一方面，设在北盆地中部的 TW-NC-1 观测井，挖掘时的地下水位位于地表下约 290 m 处极深的位置。所以，对 JICA 观测井最后决定用下面 3 种方法进行地下水位的观测。

(1) 自记水位计观测

在上述 3 眼观测井之外的 6 眼观测井中，设置了中国宝鸡河山水资源智能仪器研究所生产的 SJY-3 型自记水位计。

(2) 自喷井的水位观测

在 TW-SS-1 观测井和 TW-SW-1 观测井，在挖掘之后立即有地下水自喷，无法使用自记水位计进行地下水观测，因而对套管的管头进行了密封，由此处竖立观测水位用的管子，对水头进行了测定。

(3) 手动水位观测

设在北盆地的 TW-NC-1 观测井，地下水位位于地表下约 290 m 极深处，中国国内没有可以测定如此大深度地下水位的自记水位计。所以，本调查团最后决定委托转包行业

制作可以测定如此大深度地下水位的手动式水位计,以 2 天 1 次的间隔以手动形式对地下水位进行测定。

JICA 观测井在今后很长时间内,都将成为对吐鲁番地下水盆的地下水位进行连续测定的重要观测井,所以观测井和观测器材的保护很重要。如上面所说的那样,对 TW-SS-1 和 TW-SW-1 观测井设置了观测棚,又设置了水位观测装置,此外观测井则设置了图 7.2 照片所示的观测箱。



图 7.2 JICA 观测井的保护箱 (TW-SC 观测井)

7.2 原有观测井

吐鲁番盆地的长期地下水观测,在鄯善县最早开始于 1986 年 1 月,之后吐鲁番市从 1987 年 10 月,托克逊县从 1988 年 1 月开始了长期观测。

7.2.1 吐鲁番市

吐鲁番市从 1987 年末开始到现在一直进行地下水位测定的观测井有 3 眼。考察这 3 眼井的地下水变动发现,地下水位在地表下 20~28 m 的范围内变动。尽管长期看比较稳定,2000 年以后地下水位逐渐下降。尽管 2000 年和 2001 年冬季地下水大幅上升,但 2001 年夏季水位大幅下降,第二年即 2002 年也是水位一直持续偏低。2003 年地下水位一直很高,但 2004 年夏季水位大幅下降。

7.2.2 鄯善县

在鄯善县,多个观测井都是从 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观测到,1996 年以后地下水位年年下降,2004 年夏季水位下降异常。2004 年夏季地下水位下降到地表下 45 m 深处附近。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。

另一方面,在鄯善县市区到鄯善县东部之间的北盆地南缘,也是从 19 世纪 90 年代后半期水位开始下降,2000 年以后下降趋势一直明显。在这个地区,过去 10 年间地下水位下降了 5~10 m。

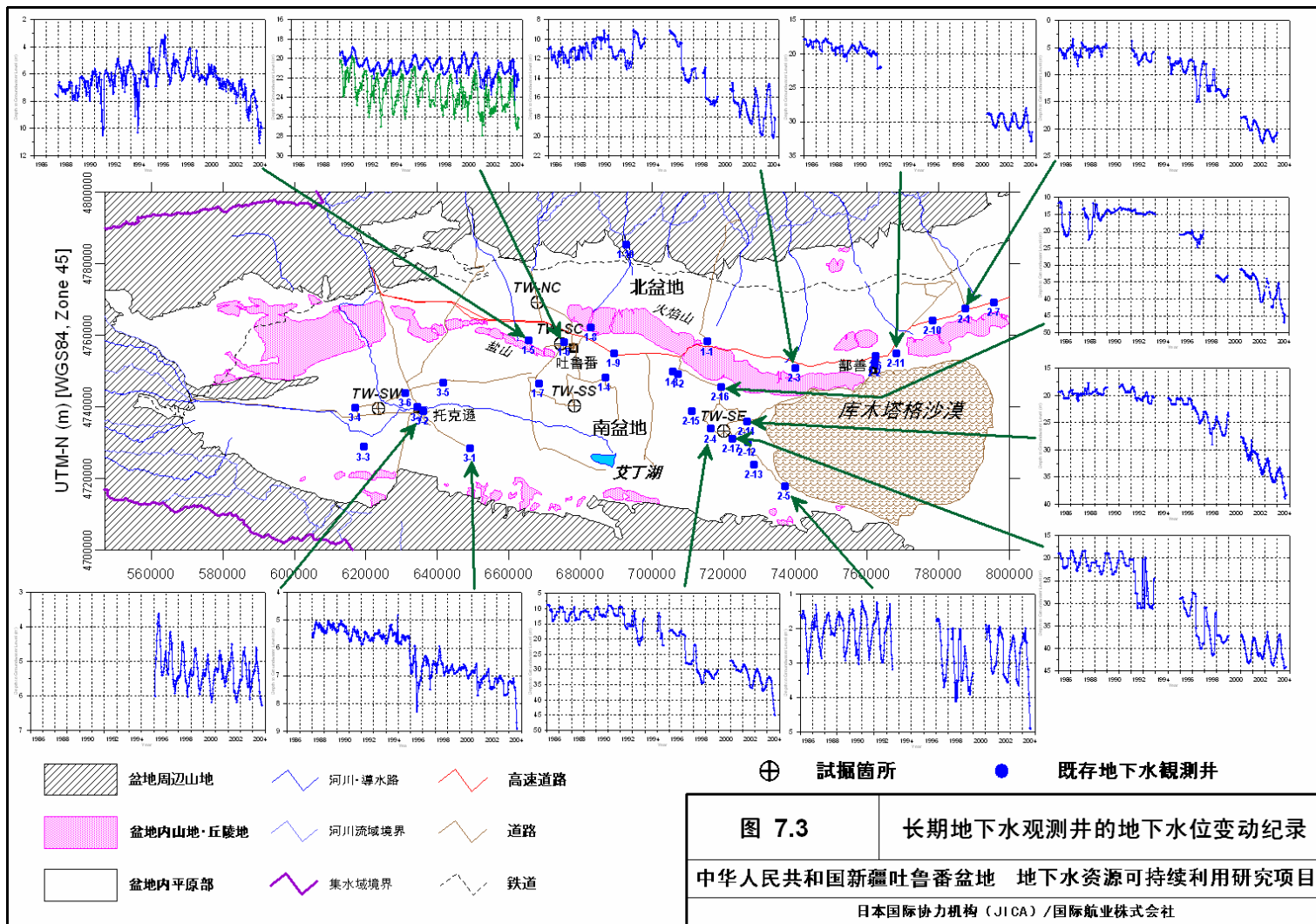
7.2.3 托克逊县

考察托克逊县的长期地下水位变动发现，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。II-3-1 观测井在 1995 年之前地下水位在深度 6 m 以内，但 1996 年以后达到近 10 年内水位下降了约 1~3 m。

位于托克逊市区更上游的 II-3-3、II-3-4 观测井地下水位变动幅度达 4 m 左右，而且与 2003 年夏季相比，2004 年夏季水位下降了 2~3 m。

图 7.3 表示吐鲁番盆地中相对较长时间实施了观测的主要地下水位观测井的地下水位变动记录。

7-5



7.3 JICA 观测井

本调查设置的 JICA 观测井在建成和扬水试验结束之后，开始了地下水位观测。观测开始时间，最早是从 2004 年 11 月开始。

图 7.4给出了吐鲁番市区近郊的 TW-SC-2 观测井由自记水位计记录的地下水位变动记录。这个观测井在 2004 年 9 月进行扬水试验时，观测到了估计是受到周围原有井扬水影响的水位变动，但 2004 年 12 月开始的自记水位计观测开始后，没有出现那种变动。

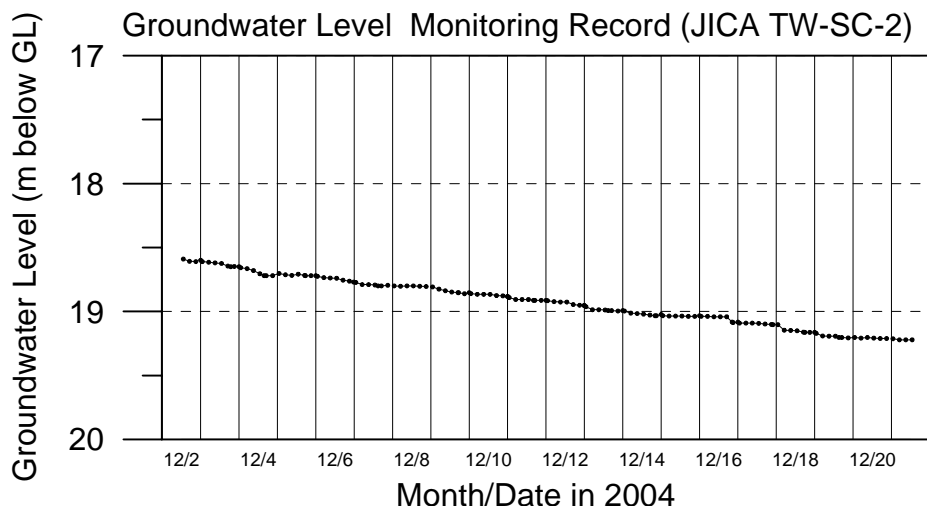


图 7.4 JICA 观测井 TW-SC-2 的地下水位自记记录

7.4 地下水位的平面分布

7.4.1 地下水位深度分布图

图 7.5是根据原有观测井的地下水位测定结果制作而成的地下水位深度分布图。根据此图，南盆地从南向北地表面到地下水位之间的深度逐渐变大，火焰山南缘的地下水面深度在 40 m 以上。特别是在鄯善县西南部的达朗坎地区，地下水位深度达 40 m 以上的部分很多，在火焰山附近的吐峪沟附近深至 70 m。

在北盆地的地形面向北逐渐上升，而地下水面以比地形面更缓的坡度缓缓上升，所以地下水位分布深度从北盆地中部开始在北部变大。

7.4.2 地下水位标高分布图

图 7.6是根据原有观测井的地下水位测定结果制作而成的地下水位标高分布图。南盆地以艾丁湖为中心地下水位标高低至-150 m 以下，从此处开始地下水位标高等值线呈同心圆状分布。因此，在南盆地地下水向着艾丁湖附近的地下水位标高下降区流动。

地下水位标高从吐鲁番市区附近向北盆地变得更高，但与地形面标高的坡度比，地下水面标高的坡度较小。

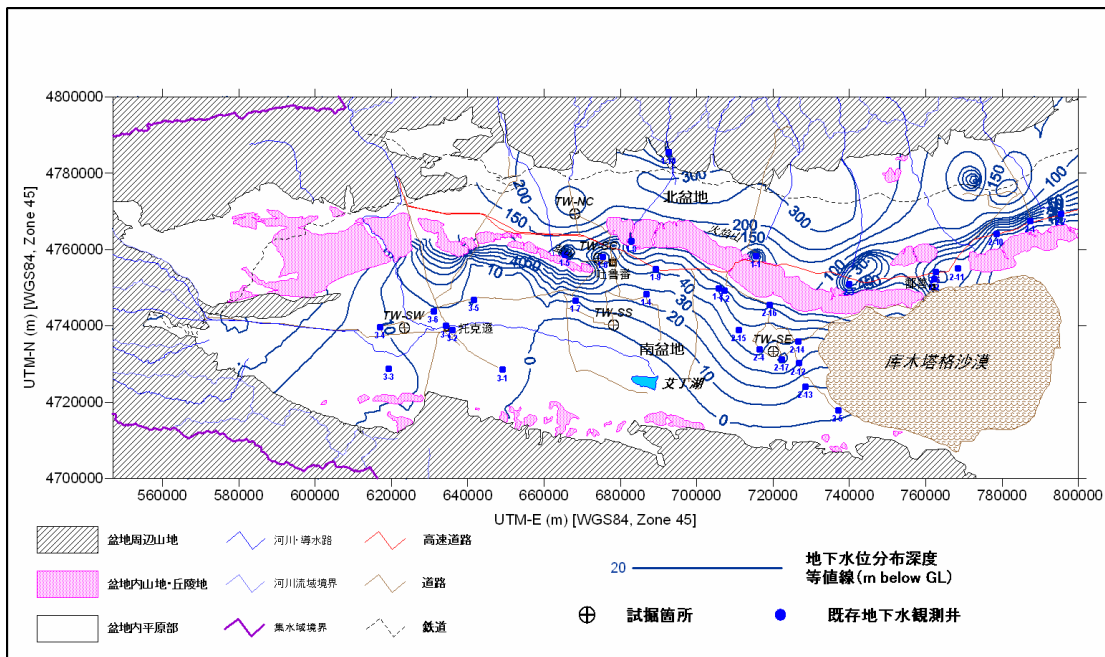


图 7.5 地下水位深度分布图 (2004 年 8 月 16 日)

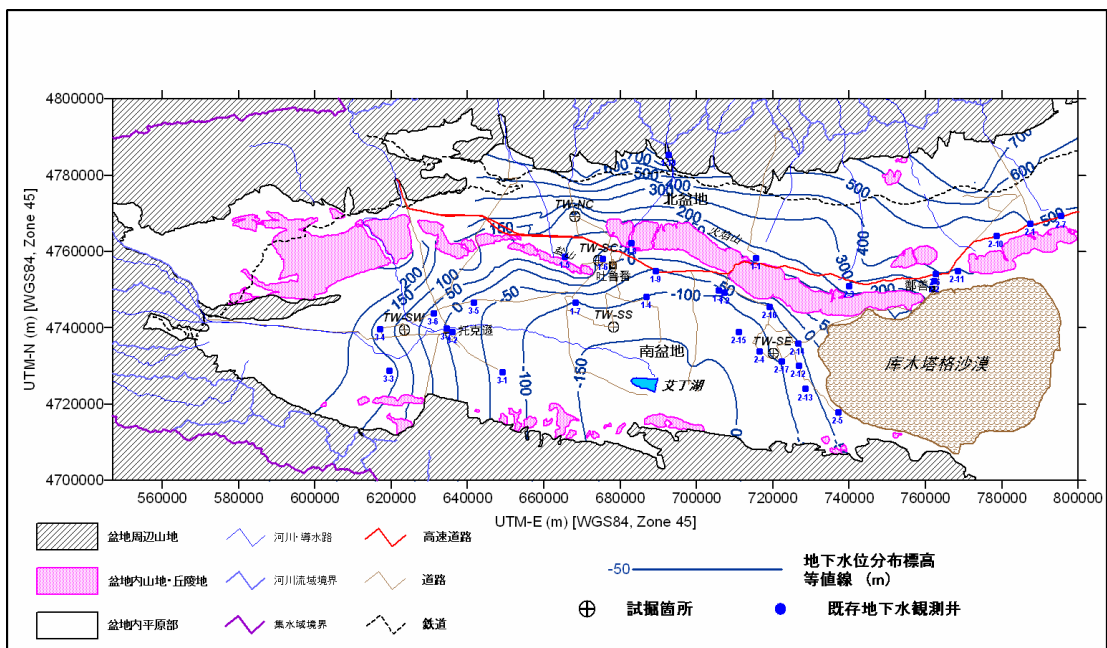


图 7.6 地下水位标高分布图 (2004 年 8 月 16 日)

8. 地表水资源量评价

8 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。4大流域的划分如图8.1所示。此次地表水资源评价分这4大流域进行。

8.1.1 流域分区地表水资源生成量

在水文分析中,参考周围地区的径流量调查结果,根据吐鲁番盆地内河流的实测结果,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。可以根据已有水文测站的观测资料获得,要获得季节河的流量通常利用径流量分布图。利用此图,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)。

在吐鲁番地区,盆地内的降雨量均被蒸发消耗,所以地表水资源的形成是在盆地周围的山区。山区分布着众多的河流,既有比较大的常年河,也有小的季节河。常年河的流量归纳了吐鲁番地区行政区划范围内生成的水资源量。

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

按大流域分区看,吐鲁番盆地内生成的水资源量的分布很不均匀。吐鲁番·鄯善7河流域包括流量生成区和平原区的流域总流域面积为约1.3万平方公里,只占整个吐鲁番流域的约19%,但地表水资源量为约4.9亿立方米/年,占吐鲁番地区地表水生成量(6.13亿立方米/年)的约79%。面积为约3.6万万平方公里的广大的库木塔格沙漠、丘陵地区仅占吐鲁番地区地表水资源生成量的0.9%。

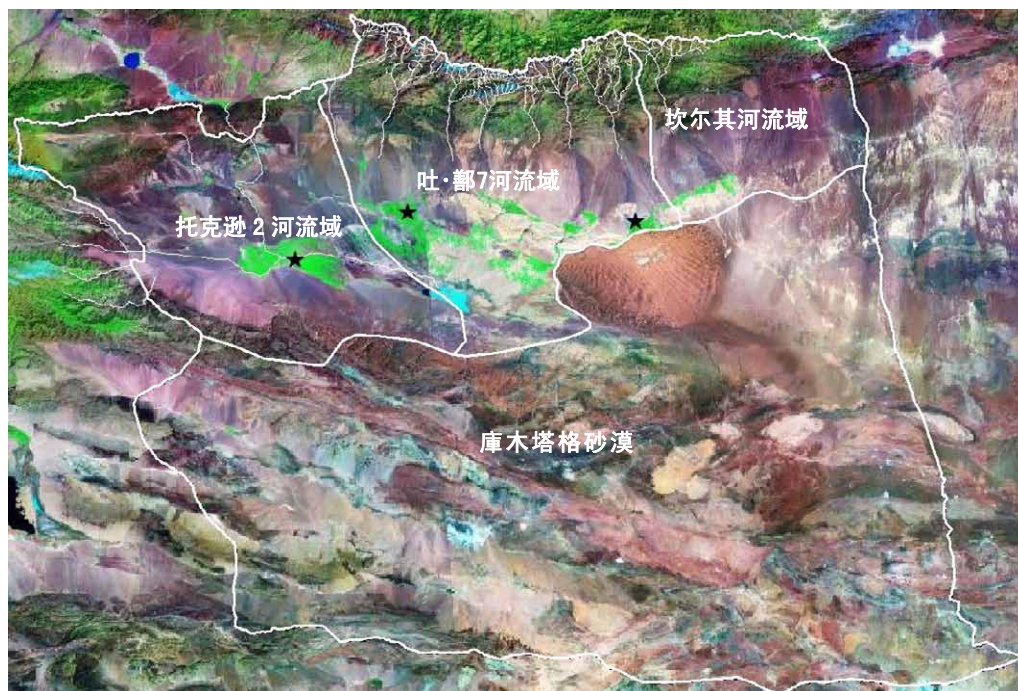


图 8.1 4 吐鲁番地区大流域划分

8.1.2 吐鲁番地区地表水的流出流入量

河流流域与行政区划并不一定完全一致，所以产生行政区划间的地表水流出流入量。吐鲁番地区的流入量见表 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 (10^8m^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	

从各河流的流入水量看，白杨河和阿拉沟河的流入水量占吐鲁番地区流入水量总量的 75 %。从流入地表水量的地区分布看，基本局限于（约 93 %）西部的托克逊 2 河流域，东部地区完全没有流入水量。

流入水量的水利权为该水量形成的行政区域所有。因此，夏季的丰水期及农业用水最多的灌溉期白杨河的径流量较少，冬季的枯水期反而径流量大。

8.1.3 吐鲁番地区的河流径流量

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

水资源量的约 8 成都在吐鲁番·鄯善 7 河流域生成，而河流径流量的分析表明，托克逊 2 河流域的单位面积的河流径流量超过吐鲁番·鄯善 7 河流域。吐鲁番地区的常年河有 14 条，这 14 条河流的径流量统计见表 8.4。

表 8.4 吐鲁番盆地内 14 条常年河的径流量

大流域 区分	河流名	集水面积	平均流量	不同保证率的年流量 (10 ⁸ m ³)			
		(km ²)	(10 ⁸ m ³ /年)	20%	50%	75%	95%
托克逊 2河流域	白杨河	2,423	1.36	1.67	1.16	0.96	0.87
	柯尔碱沟	646	0.21	0.25	0.18	0.15	0.13
	鱼尔沟	628	0.45	0.56	0.41	0.34	0.28
	阿拉沟	2,503	1.26	1.57	1.17	0.96	0.79
	祖鲁木图沟	257	0.05	0.06	0.04	0.04	0.03
	乌斯通沟	617	0.14	0.17	0.13	0.10	0.09
	小计	7,074	3.91	4.82	3.49	2.87	2.46
吐·鄯7河 流域	柯柯亚河	707	1.12	1.31	1.06	0.92	0.80
	二塘沟	501	0.82	0.97	0.81	0.70	0.55
	恰勒坎河	100	0.09	0.10	0.09	0.08	0.06
	黑河	185	0.33	0.39	0.32	0.28	0.22
	煤窑沟	481	0.81	0.95	0.80	0.68	0.54
	塔尔朗河	443	0.77	0.91	0.76	0.65	0.52
	大河沿河	724	1.04	1.22	1.02	0.87	0.69
	小计	3,141	4.98	5.86	4.86	4.18	3.37
坎尔其河 流域	坎尔其河	548	0.29	0.34	0.27	0.24	0.21
合计		10,763	8.723	10.47	8.22	6.97	5.78

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。

8.2.1 水库

吐鲁番盆地的 14 条常年河流中的有 3 条河上建有水库。平原区内也在 11 处建了水库，但容量小。吐鲁番盆地内 20 万立方米以上水库的统计见表 8.5，水库的位置见图 8.2。

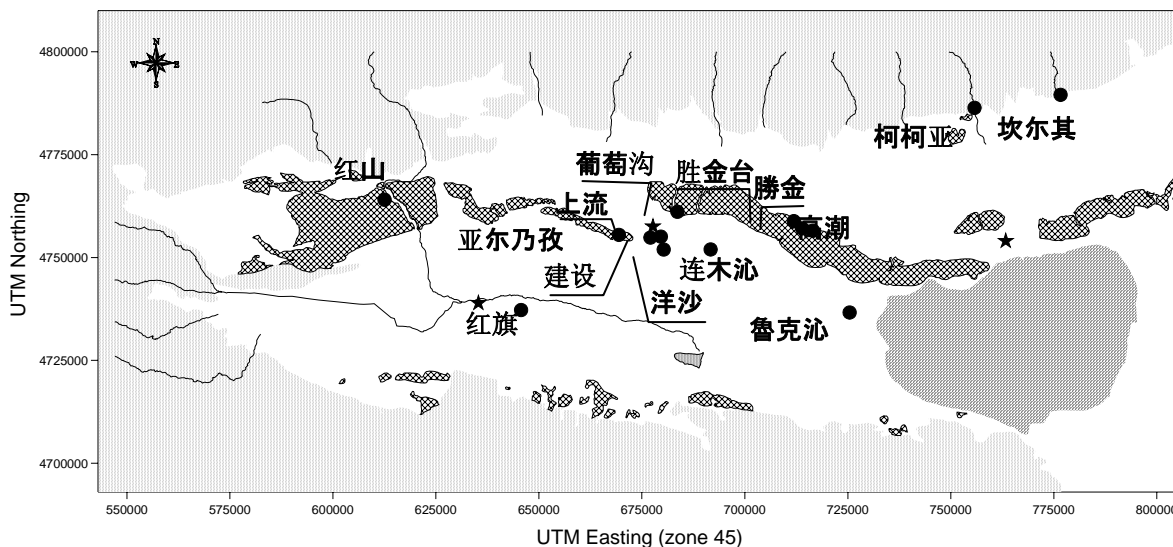


图 8.2 吐鲁番盆地中的水库位置

表 8.5 吐鲁番盆地水库一览

容量单位：万立方米

水库名	东经	北纬	分类	设计容量	建设年	备注
红山	88°22.87'	43°01.24'	注入式	5,300	1980	死水位
坎尔其	90°24.32'	43°12.47'	拦截式	1,180	2002	
柯柯亚	90°08.83'	43°11.20'	拦截式	1,052	1985	
亚尔乃孜	89°04.58'	42°56.00'	平原	463	1998	死水位
葡萄沟	89°15.13'	42°58.83'	平原	250	1976	死水位
胜金	89°37.27'	42°56.19'	平原	141	1953	枯竭
红旗	88°46.85'	42°46.43'	平原	139	1967	死水位
胜金台	89°35.85'	43°05.16'	平原	89.7	1959	枯竭
洋沙	89°14.35'	43°08.86'	平原	70	1976	枯竭
上流	89°17.35'	43°03.86'	平原	70	1976	枯竭
鲁克沁	89°45.27'	42°44.95'	平原	60	1962	死水位
高潮	89°31.35'	43°03.86'	平原	30	1976	枯竭
连木沁	89°69.24'	43°53.77'	平原	30	1961	死水位
建设	89°18.35'	43°03.86'	平原	20	1976	死水位

对吐鲁番盆地的河流地表水利用产生较大影响的水库是中型的山区水库柯柯亚、坎儿其和红山水库。其中坎儿其水库最新，2002 年建成。但是，对河流径流量的利用率只有 60 %，显示水库功能没有充分发挥。柯柯亚水库在吐鲁番盆地的水库中可以说利用率最高。

红山水库不是拦截式，而是注入式。就是说，每年秋冬时几乎没有农业用水的时期，

将白杨河的河水注入水库，在第二年的灌溉期放水，以弥补农业用水的不足。夏季几乎没有河水从白杨河注入，所以以1年为单位比较水库的利用量和河流水量时，利用率低至约26%。

8.2.2 干渠

吐鲁番盆地内14条常年河上都建了水库或干渠。干渠的分布图见图8.3，干渠概要见表8.6。

干渠的利用时间多在3月~11月之间冬季不利用干渠的原因有两个。首先第1，冬季河流水量较小，在到达干渠之前就渗透到了地下。第2，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。

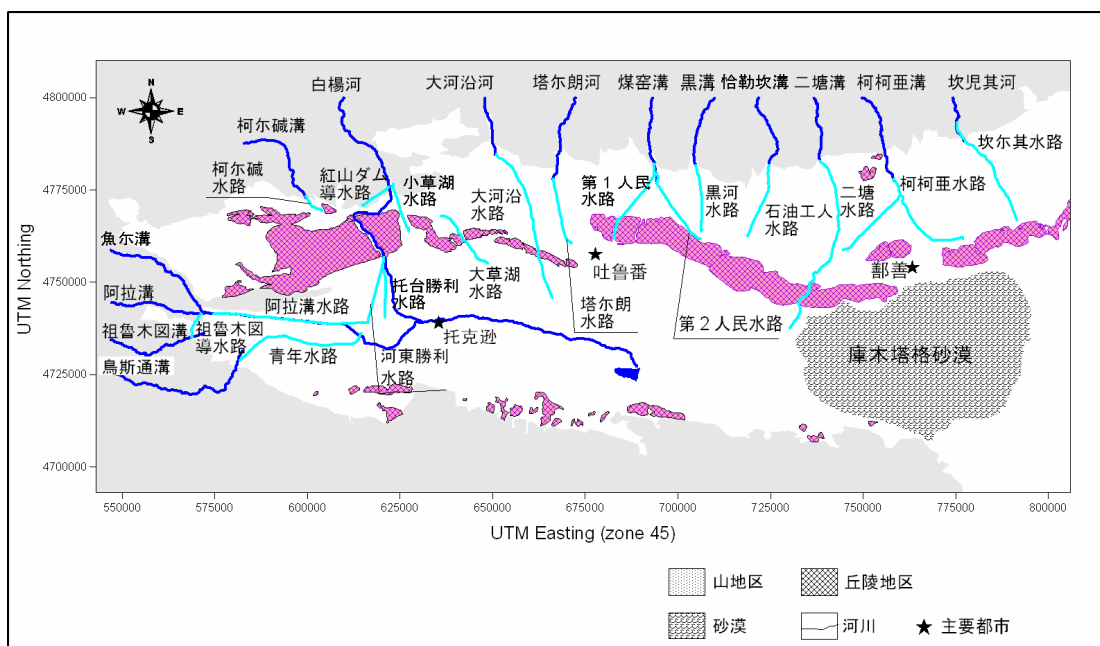


图 8.3 吐鲁番盆地内干渠分布图

表 8.6 干渠概要

干渠名	取水河流	水源河流量	引水量 (万m ³)	引水率 (%)
青年干渠	乌斯通河	1,392	800	57.5
阿拉沟总干渠	阿拉沟	22,098	11,336	51.3
柯尔碱渠	柯尔碱沟	2,057	823	40
白杨河渠	白杨河	13,550	9797	72.3
红星渠	大河沿河	10,350	5,061	48.9
塔尔朗渠	塔尔朗河	7,728	5,356	69.3
人民渠	煤窑沟	8,083	6,749	83.5
黑沟渠	黑沟河	3,300	2,112	64
石油工人渠	恰勒坎河	890	828	93
二塘沟渠	二塘沟	8,235	7,733	93.9
柯柯亚渠	柯柯亚河	11,170	10,578	94.7
坎尔其渠	坎尔其河	2,892	2,892	100

※：阿拉沟干渠用于引阿拉沟河、鱼尔沟、祖鲁木图沟3条河的河水。

在吐鲁番盆地,水利设施的完善开始于19世纪50年代开始的取水闸、干渠等的建设,持续到19世纪70年代,19世纪80年代之后,将建设重点从新取水闸、干渠和支渠等的建设转向现有水渠的维护和提高衬砌率。2000年水渠总长为5,197 km,衬砌率为80%。

衬砌以浆砌石为主,也有干砌石、混凝土渠等方式。根据流量观测调查的结果,混凝土水渠的渗漏量最小,每1 km的流量损失率为0.15~0.21%。另一方面,在干砌石水渠和浆砌石水渠二者之间,几乎看不出流量损失率的差别,二者都是每1 km的流量损失率在0~2%之间。

8.2.3 地表水利用现状

2001年开始,按照新疆乌鲁木齐自治区的水资源管理政策,在吐鲁番地区实施了以农户为单位的供水管理(供水到户)。所谓以农户为单位的供水管理,就是将用水管理贯彻到终端用户,是按照各农户的农地面积对水量进行分配,并征收水费的管理方法。这个管理办法以地表水为对象彻底实施,而地下水由于电费等的成本高,所以很多地区都不征收水费,实质上被排除在此管理方法之外。实施终端用水管理,各农户就要根据实际用水量缴费,所以对水量测定就会用心检查。因此,用水量的测定比以往以乡镇为单位的管理方法更严格,为掌握地表水利用量创造了良好的条件。

吐鲁番盆地的地表水利用的类型可以分为3种。

a. 类型1: 水库调节 → 水渠引水 → 利用

以这种类型利用地表水的部分是已建山区水库的坎儿其河、柯柯亚河再加上白杨河。由于有水库,冬季—非灌溉期的河流水量储存在水库中,可以增加第二年春季和夏季灌溉期的可用水量。另外,用水库蓄水时,水面的蒸发量与潜热相等,与河流地表水向地下浸透时相比,可能有水资源净损失量变大的缺点。

b. 类型 2: 取水闸 → 明渠引水 → 利用

坎儿其、柯柯亚河和白杨河以外的主要河流大都采用这种类型。在夏季的丰水期和灌溉用水期适于方便且有效地利用河流地表水资源,但在储存秋冬季的非灌溉期河水量以缓和春季水资源不足方面不太合适。而且,没有调节洪水期洪水流量的功能,所以即使在夏季也不能实现河水的完全利用。另一方面,这种方法与利用水库相比,水面的蒸发量较小。

c. 类型 3: 水库 → 水管送水 → 利用

在吐鲁番盆地用这种形式利用地表水的,只有为从坎儿其水库确保铁道用水而建的 1 条小规模水渠。这种类型可以防止送水途中的无效蒸发和水渠的渗透,可以相应提高水资源的利用效率。但是,要用这种形式送水,需要满足河水含沙土量较小的条件,还有管线建设比明渠成本高的问题。

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 亿立方米,包括流入水量在内的河流径流量为 9.6 亿立方米。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 亿立方米。现利用量为大约 6.4 亿立方米、约占全地区可利用量的 74 %。

表 8.7 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 %

坎儿其河流域位于鄯善县,通过新近建设的水库已经可以控制所有地表径流水资源,不可能再进一步开发。

8.3.1 吐鲁番·鄯善7河流域

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 亿立方米中,已经开发约 4 亿立方米。该流域内可继续开发的地表水资源量除大河沿河以外,几乎没有了。虽然在大河沿河和二塘沟河都有水库建设的设想,但前者需要与流域外用水地区进行调整,后者二塘沟河的利用率已经超过 90 %,所以水库建设以防洪为主要目的。

8.3.2 托克逊2河流域

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 亿立方

米。未开发的河流水量中白杨河为约 4,000 万立方米，阿拉沟河为约 6,700 亿立方米。白杨河和阿拉沟河的河流径流量大部分都是流入水形成，但在白杨河的上游地区各种用水都很多，所以夏季水量大幅减少，而阿拉沟河的上游由于用水部门较少，所以河流径流量几乎都为吐鲁番地区所利用。吐鲁番盆地中的白杨河流域已经建有一座注入式水库，将冬季的剩余水注入进去对利用情状进行调节。而对于阿拉沟河已经制定了水库建设计划。对于阿拉沟水库建设，如何使其在吐鲁番地区合理地发挥作用，需要今后进一步探讨。