

3.3 河流流量调查

吐鲁番盆地内平原地区的降水量非常少,年绝对降水量不足 300 mm,仅为蒸发量的 1~2 %左右,无助于形成水资源。吐鲁番盆地的水资源主要靠周边山区的降水以及雪融水汇聚成山区河流后,再流入盆地内而形成的。因此,正确掌握山区河流流量成为掌握吐鲁番盆地内水资源量的极为重要的因素。

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

综上,本次河流流量调查不仅对山区河流,而且对盆地内河流及水渠的流量开展了调查。河流地表水流量具有很强的季节变化性,大的方面可分为丰水期和枯水期。河流流量调查的次数极大地左右着调查结果的精确度。本次调查分别于丰水期和枯水期进行,共实施了两次。山区河流和平原地区河流流量的调查具体实施情况,详见表 3.3.1。

表 3.3.1 河流流量调查实施状况

县市	山区河流		盆地内河流·渠道				流量观测回数
			丰水期		枯水期		
	丰水期	枯水期	河流	渠道	河流	渠道	
托克逊	6	6	1×3	1×3	1×3	1×3	24
吐鲁番	5	5		2×3	3×3		25
鄯善	3	3		2×3		1×3	15
合计	14	14	3	15	12	6	64

3.3.1 山区河流调查

a. 调查地点的选定

山区河流调查的对象是发源于吐鲁番盆地北部以及西部的天山山脉的 14 条常年河。14 条河流和调查地点的分布,详见图 3.3.1和表 3.3.2。

选择山区河流调查地点的基本原则如下:在设有观测站的河流,选择已建或新建的观测站;在未设观测站的河流,则选择山地与冲积扇的交界处。此外,依据中国水文观测规范 GB50179-9《河流流量测验规范》,同时考虑尽量选择笔直和水流较为集中的河段等观测条件,最终选定了调查地点。

丰水期和枯水期的流量观测调查分别于 2004 年 7 月 25 日~7 月 31 日(共 7 天)、2004 年 11 月 20~11 月 25 日(共 6 天)实施。

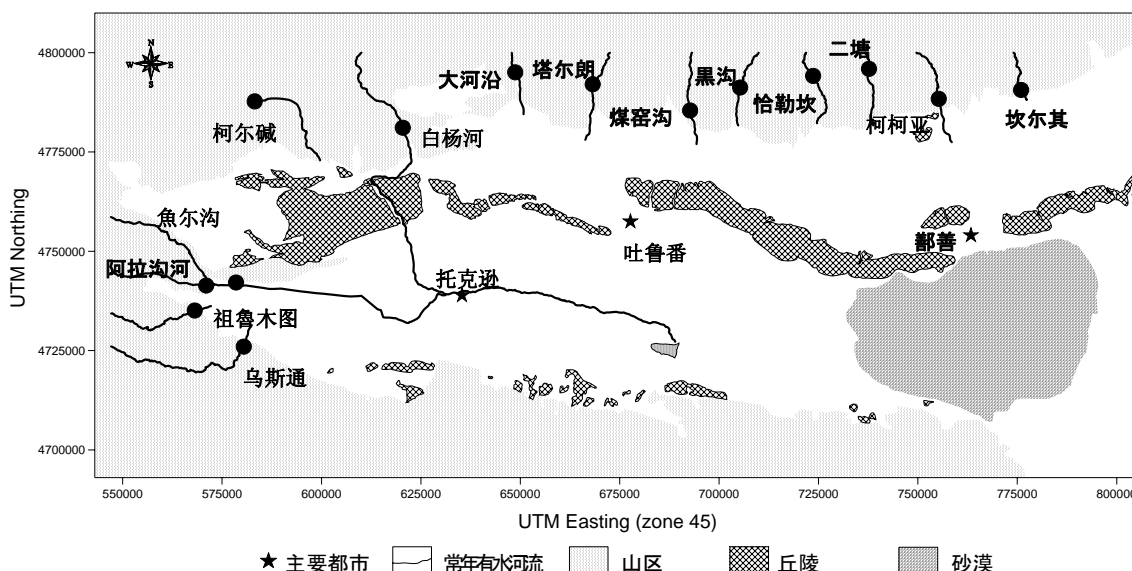


图 3.3.1 山区常年有水河流流量调查地点位置图

表 3.3.2 山区常年有水河流流量调查地点概要

县市	河流	观测地点名	坐标		海拔 标高(m)
			北纬	东经	
吐鲁番	煤窑沟	煤窑沟渠道观测站(二)	43°11'50"	89°22'19"	929
		煤窑沟渠道观测站(三)	43°11'50"	89°22'19"	929
	大河沿	221团取水闸大河沿水文观测站	43°17'37"	88°50'00"	1,464
	塔尔朗	塔尔朗渠道取水闸上流100 m	43°15'45"	89°04'21"	1,155
	黑沟	黑沟渠道取水闸上流100 m	43°14'45"	89°31'43"	1,467
	恰勒坎	胜金乡恰勒坎村(新设水文观测站)	43°16'01"	89°45'21"	2,000
托克逊	白杨河	白杨河出口	43°10'23"	88°28'55"	711
	阿拉沟	南山矿区阿拉沟水文观测站(二)	42°49'18"	87°52'07"	770
	鱼尔沟	南山矿区鱼尔沟道路桥之下	42°49'40"	87°57'38"	747
	柯尔碱	库加依镇亚尔其贝希村	43°14'16"	88°01'29"	1,528
	祖鲁木图	南山矿区祖鲁木图河口上流500 m	42°45'55"	87°49'57"	1,054
	乌斯通	南山矿区乌斯通沟渠道上流100 m	42°40'56"	87°58'55"	804
鄯善	柯柯亚	柯柯亚水库上流500 m	43°12'18"	90°08'31"	1,070
	二塘沟	托万买来二塘沟水文观测站	43°16'43"	89°55'46"	1,438
	坎尔其	坎尔其水库上流300 m	43°13'04"	90°23'51"	1,173

b. 调查内容及方法

河流流量的调查实施步骤如下:

- (1) 通过实地调查选择流量观测断面, 制定调查的实施方案。
- (2) 利用 GPS 技术测量观测地点的经纬度坐标。
- (3) 按照中国测量等级 4 的标准, 对河流断面流量进行测量。
- (4) 根据上述 GB50179-9《河流流量测验规范》, 运用流速仪法实施河流流量观测。
- (5) 进行实地水质分析。

本次河流流量调查的同时实施了实地水质分析。分析内容包括水温、电导度（EC）、pH 值、氧化还原电位（OPP）、铁（Fe）、锰（Mn）、氟（F）、硝酸离子（NO₃）、砷（As）、氨离子（NH₄）、大肠菌群及一般性细菌等共 12 类项目。在这些测量项目中，除电导度和 pH 值的测量选用了中国市场上出售的测量仪器外，其他项目的测量使用 JICA 调查团从日本携带的器材进行，包括现场分析工具包与配套元件、便携式测量器、试纸等。

图 3.3.2 显示在白杨河的丰水期和枯水期进行的两次观测时的河床断面。其他观测地点的河床断面详见附件资料。

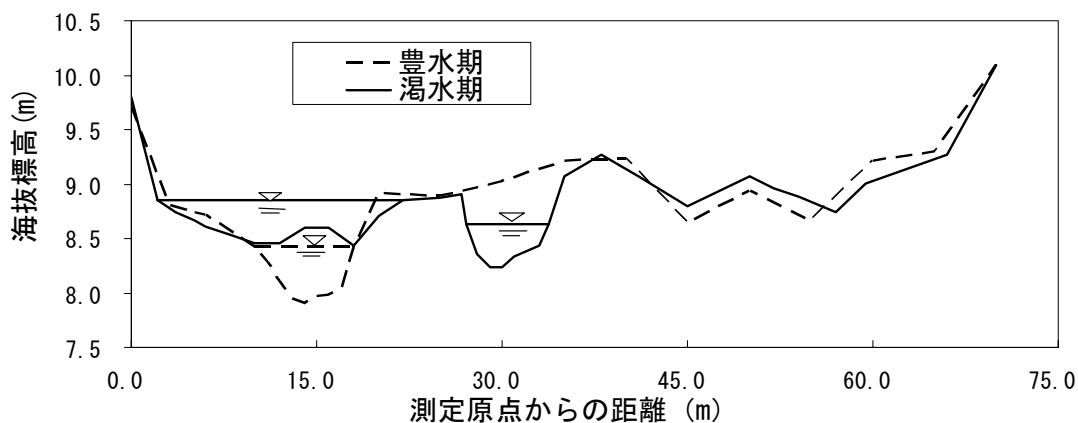


图 3.3.2 白杨河的河床断面

表 3.3.3 为白杨河丰水期的流量观测记录表，其他观测地点和观测期的观测记录表详见附件资料。

表 3.3.3 白杨河丰水期流量观测表

白杨河 测深、测速记载及流量计算表 (二) (畅流期流速仪法)																				
地理位置: E43° 10' 23" N89° 28' 55"										海拔高度: 711 m										
施测时间: 7月25日18时45分至25日19时10分 (平均: 25日18时58分)										天气: 阴			风向风力:			流向:				
流速仪牌号及公式: LS25-1 V=0.2558n+0.0080										检定或比测后使用小时数:					起点距计算公式:					
停表牌号: 上海钻石																				
垂线号数		起点距 (m)	水深或应用水深 (m)	流速位置		测速记录			流向偏角	流速 (m/s)				测深垂线间		水道断面面积 (m ²)		部分流量 (m ³ /s)		
测深	测速			相对	测点深 (m)	信号数	总转数	总历时 (s)		测点	流向改正后	系数	部分平均	平均水深 (m)	间距 (m)	测深垂线间	部分			
右水边		10.0	0.00																	
1	1	11.0	0.14	0.5	0.07	6	120	108		0.29		0.26	0.43	0.22	1.0	0.22	0.22	0.095		
2	2	12.0	0.31	0.6	0.19	12	240	104		0.60		0.60	0.81	0.40	1.0	0.40	0.40	0.324		
3	3	13.0	0.48	0.6	0.29	20	400	101		1.02		1.02	1.23	0.53	1.0	0.53	0.53	0.652		
4	4	14.0	0.58	0.6	0.35	28	560	100		1.44		1.44	1.14	0.54	1.0	0.54	0.54	0.616		
5	5	15.0	0.50	0.6	0.30	16	320	100		0.83		0.83	0.72	0.48	1.0	0.48	0.48	0.346		
6	6	16.0	0.46	0.6	0.28	12	240	101		0.62		0.62	0.72	0.42	1.0	0.42	0.42	0.302		
7	7	17.0	0.38	0.6	0.23	16	320	101		0.82		0.82	0.57	0.19	1.3	0.25	0.25	0.142		
左水边		18.3	0.00												8.3	2.91	2.91	2.490		
断面流量		2.49	m ³ /s	水面宽		8.3 m		糙率		水位记录		水尺名称		编号	水尺读数 (m)			零点高程 (m)	水位 (m)	
水道断面面积		2.91	m ²	平均水深		0.35 m		水位涨率		m/h		基本测流			始:	终:	平均:			
死水面积			m ²	最大水深		0.58 m		相应水位		m		比(辅)上			始:	终:	平均:			
平均流速		0.86	m/s	上下比降		m		相应水位		m		比(辅)下			始:	终:	平均:			
最大测点流		1.44	m/s	水面比降		×10 ⁻¹		垂线数		测点总数		7/7		比(辅)下			始:	终:	平均:	
渡河方法	涉水	测距方法: 量距		测深方法: 悬杆		流速仪悬吊方式: 悬杆		铅鱼重: 悬索直径:		仪器轴中心至铅鱼底距离:		借用断面的施测号数:		水位级:		总不确定度:		已定系数误差:		
施测: 马建强				计算: 孙长林				初校: 马建强												

c. 流量调查结果

表 3.3.4显示了山区河流所进行的两次流量观测的结果。

表 3.3.4 山区河流流量调查结果

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

当逐条对河流进行流量观测时，无法避免受到观测日之前的天气变化、观测时间等偶然因素的影响，依据一次观测结果难以进行河流流量的比较。但如在较短的观测期限内，将大量的流量观测结果结合在一起，则可以研究广泛区域的流出特征。

- 1) 将丰水期和枯水期的观测结果相结合进行各县（市）的比较，可以明显看出吐鲁番盆地的地表水资源量呈自西向东减少的趋势。
- 2) 按不同季节比较河流流量，可以看出枯水期的流量不到丰水期流量的 40%。其中，比较对象包括呈异常变化的白杨河和大河沿河。如将这两条河流除外，则枯水期流量仅为丰水期流量的 16.7%，可以看出流量随季节变化的波动之大。
- 3) 如果按照县（市）观察河流流量的季节变化，则除托克逊县的白杨河外，其他 5 条河流的枯水期流量约为丰水期流量的 42%，再除去吐鲁番市大河沿河，其他 4 条河流的该百分比为 6.7%；鄯善县境内 3 条河的也为 6.7%。托克逊县境内河流流量的枯、丰两期比值较大的原因受是受吐鲁番盆地外流入的阿拉沟河的影响较大，但即便不考虑这种影响，只比较吐鲁番盆地内形成的河流，该数值仍然较大，约为 31.4%。

d. 异常河流流量分析

本次调查以吐鲁番盆地内的 14 条常年河为对象，分别在丰水期和枯水期进行了两次流量观测调查。其中 12 条河流与吐鲁番盆地的气象和水文特征一致，丰水期的河流流量大于丰水期。但白杨河与大河沿河的流量变化却与之相反，枯水期的流量较大。

d.1 白杨河

在调查的 14 条常年河中，白杨河拥有最大的集水面积，为 2,423 平方公里。根据以往的调查结果，该河是吐鲁番盆地内流量最大的河流。不过，该河集水面积的大部分分布于吐鲁番盆地之外，位于乌鲁木齐市的辖区范围内。因此，白杨河的所有水权当然并不在吐鲁番地区。

在每年 3 至 10 月的灌溉期，位于白杨河上游流域的达坂城等地区，在此河流入吐鲁番盆地之前，从中取水 1 亿立方米左右。虽然其中部分可以回流到河流之中，但是难以推测其回流量和回流时期。

其结果是，丰水期流入吐鲁番盆地的流量很少，枯水期在吐鲁番盆地观测的流量超过了丰水期流量。

d.2 大河沿河

根据以往的资料，大河沿河的流量在吐鲁番盆地内继白杨河、阿拉沟河、柯柯亚河之后排行第 4。但是同白杨河一样，大河沿河并不是归吐鲁番盆地独有的河流，在其 724 平方公里的总流域面积之中，上游流域的 254 平方公里在乌鲁木齐市的辖区范围内。

由于推算大河沿河上游一带取水量所需资料不充分，因此难以掌握上游用水量所产生的影响。

另一方面，大河沿河由于有专用的水文观测站，因此 1996 年起至今的流量观测资料得以保存。如图 3.3.3 所示，大河沿河的月平均流量的峰值虽多出现在每年夏季的 7 至 8 月，但在实施本次调查的 2004 年，与 2001 年一样，冬季 11 月份的流量高于夏季 7 月份。此外，1998 年的月平均流量虽然在 8 月份出现峰值，但在同年的 10 月份又出现了一次峰值。

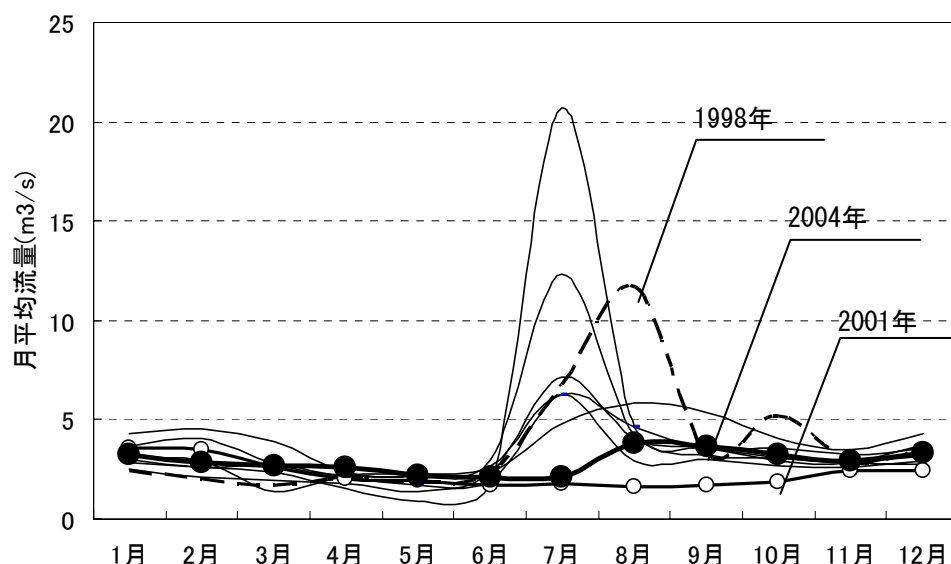


图 3.3.3 大河沿河 1996 年~2004 年的月单位平均流量

图 3.3.4 针对大河沿河长年的年平均流量，显示了 1996 年~2004 年的年流量变化情况。从图中不仅可以看出 2001 年与 2004 年这两个年份 11 月的流量超过了同年 7 月，还可以看出在 1996 年~2004 年的 9 年中，2001 年和 2004 年属于枯水年，即显示出枯水年和丰水年的年内流量变化类型不同。因此，今后需要进行相关调查，以探明其原因。

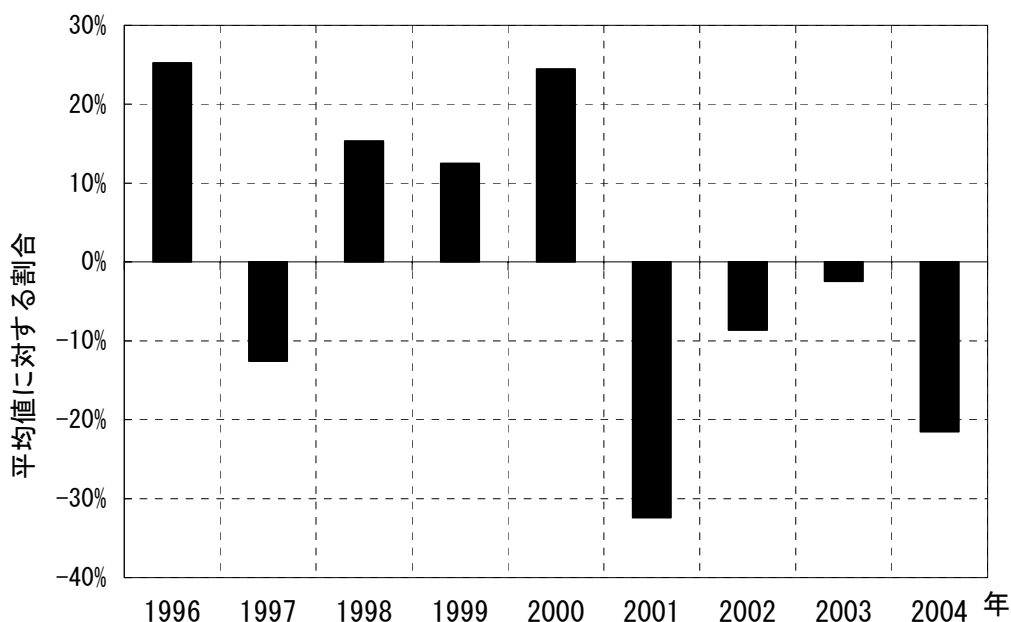


图 3.3.4 大河沿河的長年平均年流量和各年流量

3.3.2 平原地区的河流和水渠调查

a. 调查地点的选定和调查方法

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

研究吐鲁番盆地平原地区的河流分布特征，可以发现，源于山区的大部分河流当流入平原地区后，往往仅流经短短的数公里，河流的地表水就会逐渐渗入地下。能够作为水资源利用的、流入绿洲地带的河流只有位于盆地西部的白杨河和阿拉沟河（在托克逊汇流成为托克逊河）两条，盆地中部和东部的河流全部利用水渠被引入盆地。而阿拉沟河流入平原地区时有许多支流汇入，同时又有许多取水口进行分流，这样，很难在其流经途中选定长度足以充分掌握水量的河道。因此，在丰水期进行第 1 次流量调查时，仅选择了白杨河，其余 5 条均选择了水渠作为调查对象。

枯水期进行第 2 次流量调查时，由于此时期大都无需农业灌溉用水，加之为防止冬季水渠结冰，一部分水渠已被截流，因此，在盆地西部选择与第 1 次流量调查相同的地点进行流量观测，而在盆地中部和东部的部分地区，将第 1 次流量调查的水渠，换成了火焰山北侧的由泉水来补给水源的盆地内河流。

第 2 次流量调查的河流、水渠以及调查地点的详细位置，详见图 3.3.5 和表 3.3.5。

调查方法与山区河流的流量观测方法相同。

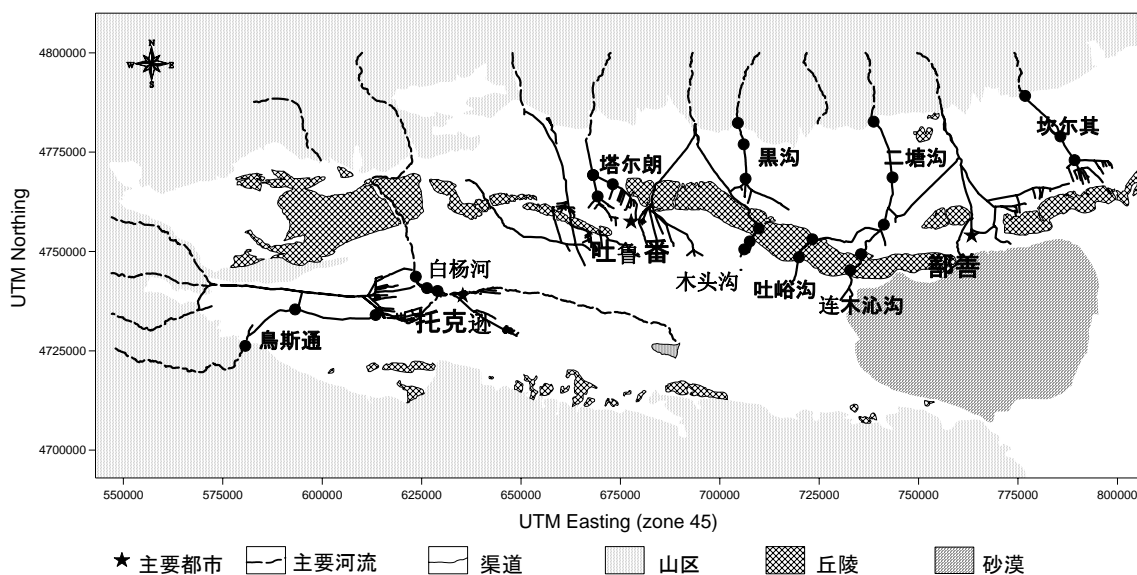


图 3.3.5 平原区河流·渠道流量调查地点位置图

表 3.3.5 平原区河流·渠道流量调查地点概要

河流·渠道	丰水期调查	枯水期调查	距前断面的km数	断面位置	东经	北纬	海拔标高(m)
白杨河	○	○		上流	88°30'42"	42°50'08"	72
	○	○	4	中流	88°32'43"	42°48'33"	30
	○	○	2.7	下流	88°34'40"	42°48'08"	17
塔尔朗渠	○	×		上流(东)	89°03'49"	43°03'30"	411
	○	×	5.4	下流(东)	89°07'28"	43°02'07"	282
	○	×		上流(南)	89°03'49"	43°03'30"	408
	○	×	5.4	下流(南)	89°04'30"	43°00'31"	178
黑沟渠	○	×		上流	89°30'48"	43°09'41"	1,090
	○	×	5.5	中流	89°31'56"	43°07'03"	793
	○	×	8.6	下流	89°32'05"	43°02'22"	365
乌斯通渠	○	○		上流	87°59'04"	42°41'04"	808
	○	○	15.5	中流	88°08'20"	42°45'56"	412
	○	○	20.3	下流	88°23'10"	42°45'01"	166
二塘沟渠	○	○		上流	89°55'53"	43°09'22"	1,104
	○	○	14.8	中流	89°59'17"	43°01'53"	666
	○	○	12	下流	89°57'47"	42°55'19"	383
坎尔其渠	○	×		上流	90°24'25"	43°12'16"	1,151
	○	×	13.5	中流	90°30'39"	43°06'34"	750
	○	×	6.9	下流	90°33'05"	43°03'16"	571
木头沟	×	○		上流	89°34'14"	42°55'33"	23
	×	○	3.9	中流	89°31'54"	42°54'12"	-26
	×	○	2.4	下流	89°31'11"	42°54'07"	-39
吐峪沟	×	○		上流	89°44'09"	42°54'32"	213
	×	○	5.6	下流	89°41'29"	42°51'28"	59
连木沁沟	×	○		上流	89°52'58"	42°51'37"	199
	×	○	4.8	下流	89°50'52"	42°49'29"	115

b. 平原地区的流量调查结果

平原地区河流和水渠的流量调查结果如表 3.3.6所示。断面观测按照从上游至下游，沿着径流的流向依次进行，因此可以认为观测结果受水面蒸发的影响较小；还可以认为各断面之间的流量差大部分是由于径流沿途向地下渗透，或接受地下水补给形成的。在丰水期和枯水期分别实施了两次流量观测的 9 条河流和水渠中，所有被调查水渠的沿途水量损失均已得到确认；被调查的 4 条河流中的一半，即白杨河和连木沁沟下游流量大于上游。

表 3.3.6 平原区河流·渠道流量调查结果

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

c. 平原地区地下水对河流的水源补给

白杨河的调查地点设在吐鲁番盆地西部托克逊县郭勒布依乡和夏乡的绿洲地带。调查地周边的白杨河流域一带地下水水位较浅。本次调查另行实施了水资源利用状况调查，其结果显示：在农业用水高峰期刚刚结束的 9 月份，由于大量的地下水作为农业灌溉用水而被抽取，地下水水位处于较低的时期。选择井深不足 50 m 的较浅竖井进行观测，发现位于上游的郭勒布依乡的地下水水位在 1.2 m~15.8 m 之间，平均为 7.8 m；位于下游的夏乡则在 0.95~2.18 m 之间，平均为 1.5 m。

另外，从照片 3.3.1中可以看出，河床深地表。



照片 3.3.1 白杨河的河床断面

河流水位若高于地下水水位，则沿水流路径产生流量损失；反之，则地下水向河流排放，河流流量沿水流路径增加。白杨河因为流经地下水水位较浅地区，其河道深陷于地面之下，于是，流经盆地内绿洲地带时，接受地下水的补给，沿途流量不仅没有损失，反而增加。上游断面与下游断面之间，径流水与地下水的流入流出量基本持平，断面间的流量变化很小，几乎可以忽略不计。而中游断面和下游断面之间，地下水向河流的流入量显著，平均达 $0.15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ （枯水期） $\sim 0.17 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ （丰水期），若以天为单位进行当量换算，相当于 1 公里长的直线距离内，每天地下水向河流的流入量约达 1.3 万立方米至 1.45 万立方米。

另一条流量损失为负值的河流是连木沁沟。该河流与丰水期进行的第 1 次调查所选定的河流和水渠不同，并未与源自山区的河流直接相连，而是与火焰山北部的涌泉相汇，穿越火焰山，沿山谷流入吐鲁番盆地，属盆地内河流。从这一角度来看，该河应被视为吐鲁番盆地内丘陵地带的河流，而不是平原地区河流。

连木沁沟上下游的观测断面，分别设在火焰山北侧山谷的流入口和南侧山谷的流出口。由于属于山谷地貌，因此连木沁沟的水位低于两岸的地下水水位，能够接纳地下水的流入。另一方面，蓄积于河床两侧冲积物中的潜流水，由于流失和蒸发而逐渐消耗，在接受两岸地下水补给的同时接纳连木沁沟的涵养。根据本次调查结果，可以推测出连木沁沟沿途径流水与地下水之间复杂的补给关系或流出关系，从整体来看，河流接受地下水的补给，沿途流量增加。观测断面之间的地下水流入河流的补给水量每天约为 1.33 万立方米。

d. 河流和水渠在平原地区的流量损失

以 4 条河流为对象实施了两次平原地区河流和水渠流量观测调查。调查结果显示，白杨河和连木沁沟在观测区段内，接受地下水补给，沿途没有流量损失。地貌与地质条件与连木沁沟相似的吐峪沟的流量损失极小，与位于火焰山北侧的上游断面相比，位于火焰山南部的下游断面的河流流量减少 $0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

木头沟属于盆地内丘陵地带的河流，此河由火焰山北侧的涌泉汇流而成。上中游断面间不到 4 公里的直线距离内，沿途的流量损失达 $0.272 \text{ m}^3/\text{s}$ ；此河穿越火焰山后在位于盆地南部的中下游断面间 2.4 公里的短距离内，其流量损失达到 $0.173 \text{ m}^3/\text{s}$ 。上中游断面间和中下游断面间的流量损失率均约为 33 %。

平原地区被观测流量的 5 条水渠的沿途流量损失均得以确认。这些水渠均是为了利用地表水而兴修的，为了便于灌排水，水渠所处的海拔均高于农田等用水目的地的海拔，因此无法接纳地下水的水源补给。沿水渠所产生的流量损失，特别是因渗入地下而造成的流量损失，不能武断地认为这些流量损失“只会降低地表水的利用效率”，而从涵养地下水、保持坎儿井水量、维持本地区水资源量的均衡等角度出发，这些损失具有积极影响。

在讨论水渠流量损失的利害之前，应掌握其损失量。根据本次调查结果，现总结如下：

- 1) 水渠流量损失的最大值为 $0.154 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ，在丰水期于二塘沟水渠观测而得，与水渠流量的比值约为 25 %。
- 2) 水渠的流量损失与流量密切相关，流量极小的水渠，其流量损失当然也小，因此本次调查中省略了对最小流量损失的研究。
- 3) 水渠流量损失的平均值为 $0.026 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ，但数值偏差很大，标准偏差值为 $0.045 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ 。
- 4) 如按地区（市县）研究流量损失之差，则可以看出流量损失值具有自西向东逐渐增大的趋势。各地区的平均值为：托克逊县（乌斯通水渠）为 $0.00583 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ；吐鲁番市（塔尔朗水渠和黑沟水渠）为 $0.035 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ 、鄯善县（坎尔其水渠和二塘水渠）为 $0.040 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ 。
- 5) 水渠的绝对损失量（地下渗透量）在水资源的计算中虽很重要，但在水渠评价中应用了损失量与水渠流量之比，即水渠损失率。其结果详见表 3.3.7。

表 3.3.7 流量损失率计算表

河流·渠道	渠道形式	调查期	流量(m^3/s)			平均流量损失率 (%/km)	
			上流	中流	下流	上-中流间	中-下流间
塔尔朗渠道	干砌石	I		1.87	1.4	--	4.65
	浆砌石	I		1.13	0.824	--	5.01
黑沟渠道	混凝土	I	0.937	0.926	0.914	0.21	0.15
乌斯通渠道	干砌石	I	0.838	0.579	0.572	1.99	0.22
		II	0.219	0.155	0.155	1.89	0.00
二塘沟渠道	浆砌石	I	7.47	7.21	5.36	0.24	2.14
		II	0.173	0.164	0.136	0.35	1.42
坎尔其渠道	浆砌石	I	0.878	0.685	0.61	1.63	1.59

吐鲁番盆地内的干支渠大多采用浆砌石法修建而成，也有一些用干砌石和混凝土修建的水渠。其中，混凝土水渠每公里的流量损失率最小，大致为 0.15 %~0.21 %，若按距离平均，则在 0.17 %左右。

干砌石水渠和浆砌石水渠之间几乎看不到流量损失率之差。而水渠之间或观测断面之间的差却很明显。除塔尔朗水渠外，平均流量损失率约为 0~2 %。

3.3.3 建设新的水文观测站

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

a. 新设水文观测站的设置地点

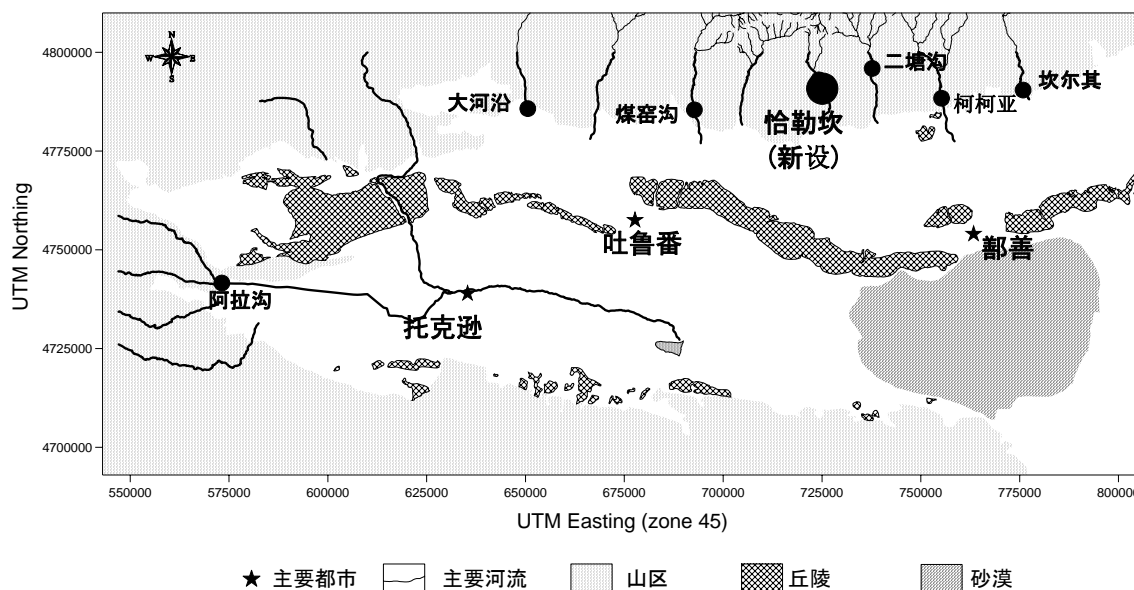


图 3.3.6 现存水文观测站及新设水文观测站

b. 新水文观测站的设计

按照中国水文观测现行标准 SL233-1999《水利水电建设工程验收规程》的要求，进行了新水文观测站——恰勒坎水文观测站的设计工作。

新水文观测站的布局结构如下所列：

- 1) 水准点：1 处基本水准点和 2 处临时水准点。
- 2) 水位标尺：新水文观测站设置 3 个观测断面，每个断面放置 4 个水位标尺，共计放置 12 个。
- 3) 保护标志板：书有“国家水文观测设施、破坏违法”字样的标志板。
- 4) 计量仪器室（观测棚）：安放自动水位计、雨量计、太阳能电池板等观测装置的小屋。
- 5) 自动水位计测井和引水管。
- 6) 观测桥：钢结构观测桥。

新水文观测站的布局平面图详见图 3.3.7。

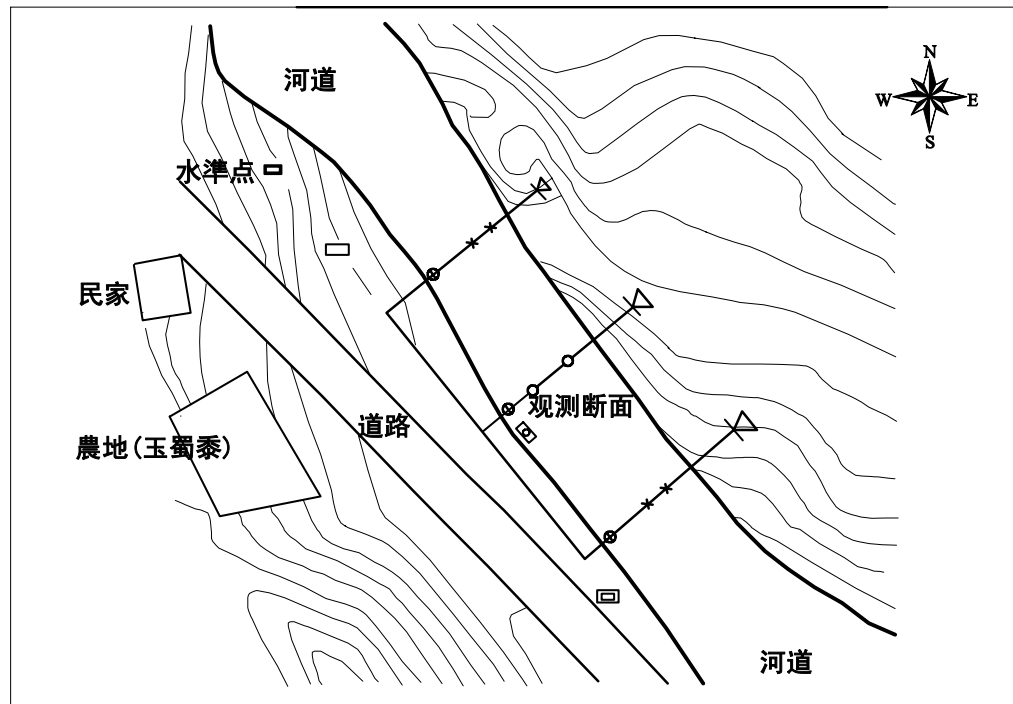


图 3.3.7 新设水文观测站的平面布置图

新水文观测站的观测棚、观测桥的平面图详见图 3.3.8和图 3.3.9。

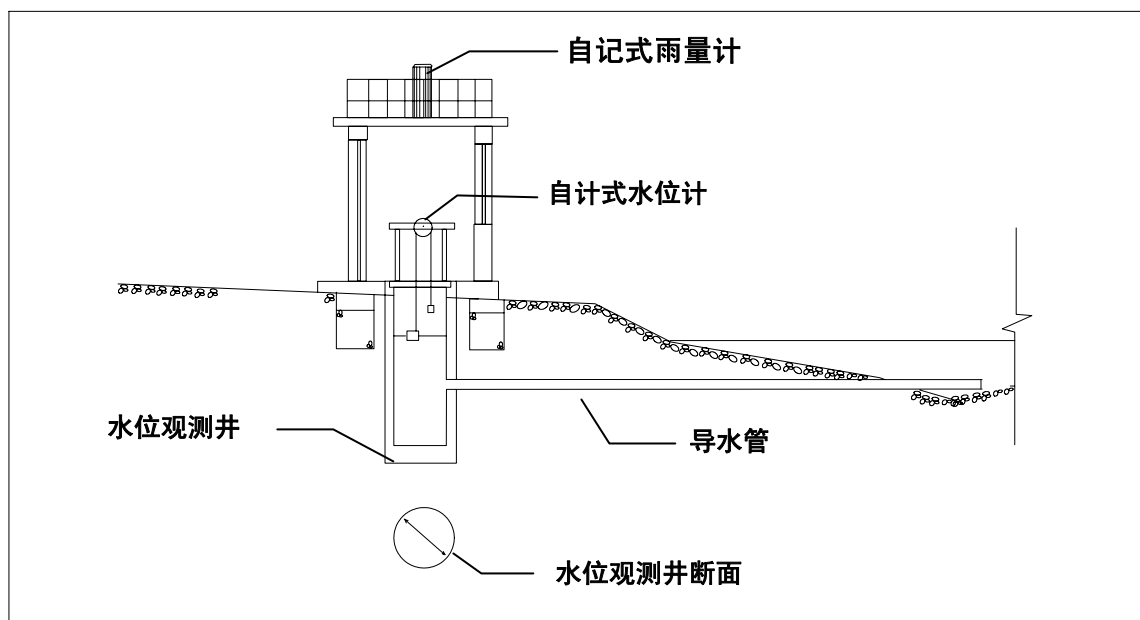


图 3.3.8 新设水文观测站的观测小屋

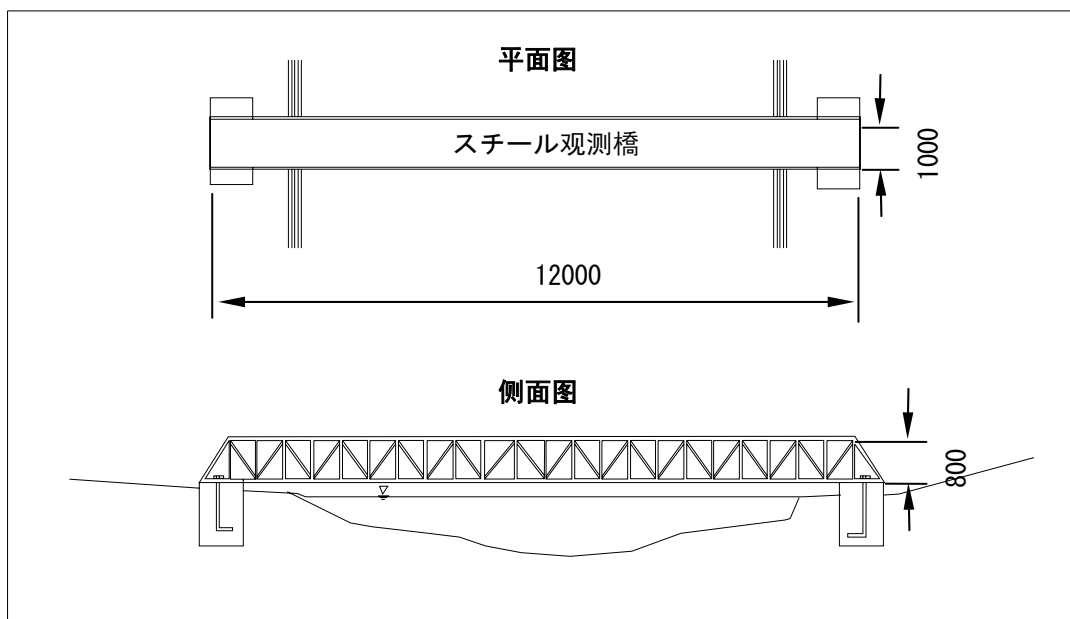


图 3.3.9 新设水文观测站的观测桥

照片 3.3.2和照片 3.3.3显示了新水文观测站的建设现场和竣工后的外观。



照片 3.3.2 新设水文观测站的建设现场



照片 3.3.3 新设水文观测站的建設完成时的状况

新建水文观测站为全自动水文观测站，其中设置的自动雨量计和自动水位计，按照中国水文观测标准——GBJ138-90《水位观测规范》和 SL21-90《降水量观测标准》的要求设置。

c. 新水文观测站的观测结果

新水文观测站的观测从 2005 年 1 月 1 日开始。

到本报告书编制时（2005 年 7 月）为止的半年期间内，利用新水文观测站进行了雨量和流量的连续观测。流量观测根据中国的流量观测有关规定，通过观测水层内设置的自记式水位计对河流观测断面进行水位的连续观测。将观测到的水位变化结果代入水位流量曲线中，计算出河流的流量。

自记水位观测计的设定条件为，水位变化在 1cm 之内时，每天进行 2 次记录，水位变化超过 1cm 时，随时记录。

为了求得 H~Q（水位流量）曲线，从 1 月到 6 月的半年期间中进行了 28 次河流流量观测。根据这些观测结果绘制的 H~Q 曲线如图 3.3.10 所示。

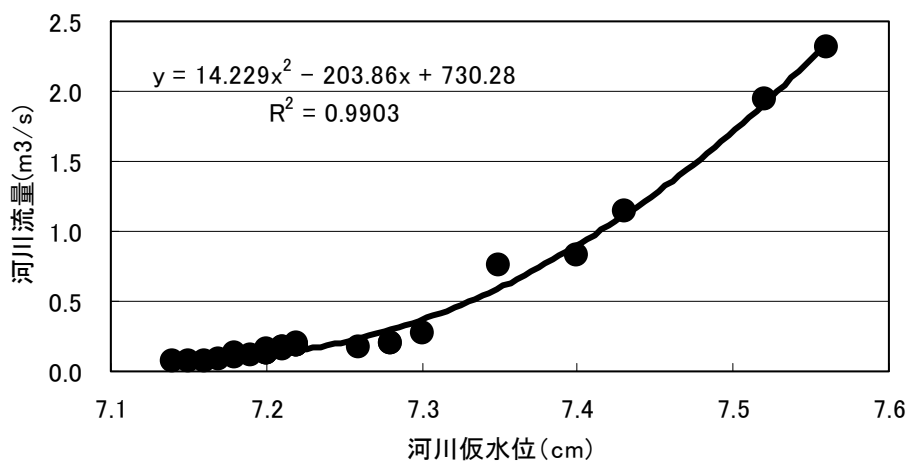


图 3.3.10 新水文观测站的 H-Q 曲线

1 月到 6 月的降雨量观测结果和河流流量观测结果如图 3.3.11所示。

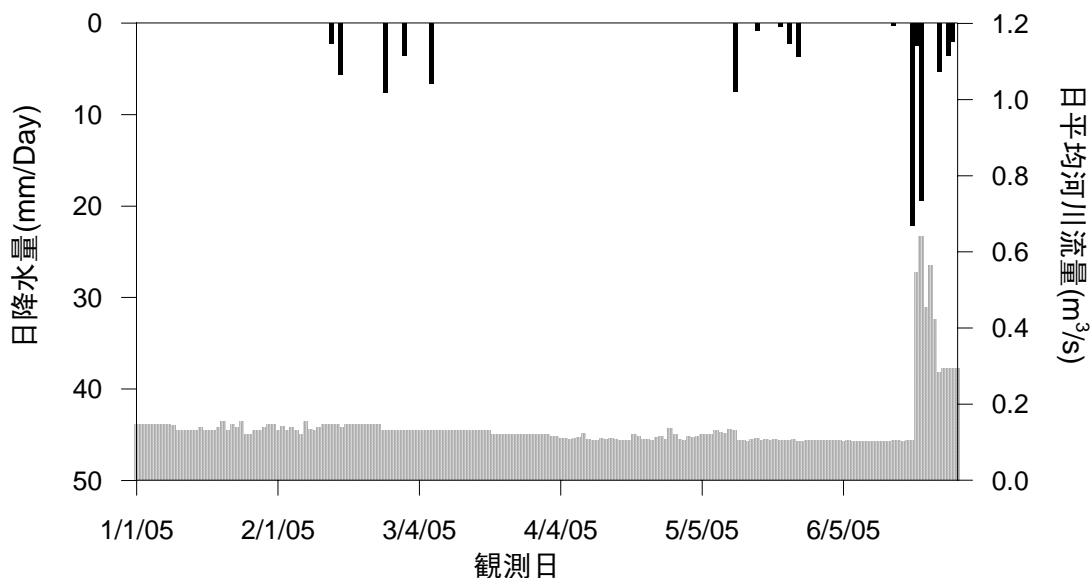


图 3.3.11 新水文观测站的观测结果(2005 年 1 月~6 月)

1 月到 5 月之间, 在新水文观测站的设立地点——恰勒坎河领域内没有超过 10mm/日的降雨, 累计降雨量也很小, 所以河流水呈减少倾向。但是因为恰勒坎河是典型的地下水补给型的河流, 所以在冬季——春季的枯水期流量仍不干枯, 维持大约 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ (大约 $8,640\text{m}^3/\text{日}$) 的流量。6 月进入雨季之后, 随着降水量的增加, 河流量增加, 平均可达 $0.546\text{m}^3/\text{s}$ (大约 $4,873\text{m}^3/\text{日}$), 观测到的最大流量在 6 月 21 日 18 时开始的数 10 分钟之内, 流量达到了 $2.34\text{m}^3/\text{s}$ 。

3.4 地表径流

3.4.1 基本资料

吐鲁番地区设立的国家水文站网密度相对较稀，仅为三处，分别为煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站，其基本概况见表 3.4.1。

表 3.4.1 吐鲁番地区基本水文站一览表

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

为满足国民经济和社会发展的需要，吐鲁番地区先后设立了部分专用水文站，开展流量间测和巡测，弥补了国家基本水文站网之不足。专用站基本概况见表 3.4.2。

表 3.4.2 吐鲁番地区专用水文站一览表

河名	站名	地理坐标		测站高程 (m)	资料年限	备注
二塘沟	托万买来	89°56.01'	43°11.07'	1450	1956~1957	基本站
	出山口	89°57.04'	43°17.2'	1150	1992~至今	专用站
大河沿河	大河沿	88°50.03'	43°17.6'	1550	1957	基本站
					1986.6~ 1991.3	巡测
					1995.9~ 1997.9	专用站
坎尔其河	坎尔其	90°23.89'	43°13.07'	1300	1992~至今	专用站
恰勒坎沟	恰勒坎沟	89°46.13'	43°16.24'	1900	1995.9~ 1997.9	巡测
黑沟	黑沟	89°32.09'	43°15.03'	1450	1995.9~ 1997.9	巡测
塔尔朗河	塔尔朗	89°04.11'	43°16.09'	1200	1998~2003	巡测
鱼尔沟	鱼尔沟	87°53.02'	42°50.07'	800	1986~1989	巡测

本次评价收集到的吐鲁番地区径流资料站点为九站，柯柯亚、坎尔其、托万买来、煤窑沟、塔尔朗、峡口、大河沿、阿拉沟、鱼尔沟，实测共 153 站年。其中，白杨河峡口站资料为乌鲁木齐水文勘测局设立的巡测站，站前渗漏损失较大，仅作为入区水量控制站，绘制径流深等值线时，重点参考上游支流控制站高崖子、黑沟、阿克苏等站巡测资料（由乌鲁木齐水文勘测局提供）。由于吐鲁番地区多数站为 90 年代中后期设站观测，实测资料年数较短，代表性较差，另收集周边资料较好的开垦河站、黄水沟站作为选用的参证站，用以对短期实测资料的修正或插补延长。评价区选用径流站点为 11 站，总站年数为 243 站年，选用站基本情况见表 3.4.3。参证站开垦河站，位于与柯柯亚河源

头相对应的天山北坡，北来水汽及西北来水汽对两河同一源头的中高山区降水影响较为一致，1956年设站，且有1957~2000年完整的月年径流系列资料，主要用于插补柯柯亚年径流系列资料；黄水沟站位于吐鲁番地区以西的天山南坡中部，1955年设站，有1956~2000年完整的月年径流系列资料，由于源头与阿拉沟源头距离较近，西来水汽强弱是主要影响这一山带中高山区降水的重要因素，年径流与阿拉沟有较密切的相关性，与白杨河、煤窑沟有一定的同步性，因此作为吐鲁番地区西部河流的参证站。

表 3.4.3 径流选用站基本情况一览表

资料年数（年）	站数	占总站数（%）
≤10	4	36.3
11~20	3	27.3
21~30	0	0
31~40	1	9.1
≥40	3	27.3

从评价区9个站的资料情况分析，由于部分短期资料站为流量巡测站，如塔尔朗、峡口、大河沿、鱼尔沟，资料精度受一定限制；而阿拉沟、煤窑沟、柯柯亚站严格按照国家水文测验和资料整编规范的技术要求工作，资料精度较高，可作为本次地表水资源评价的主要站点。

3.4.2 年径流的还原计算

吐鲁番地区设立的水文站一般均处于各河流出山口处，山区为径流的主要形成区，出山口处成为径流形成、散失的分界带；出山口以上人类活动相对较少，以游牧民放牧为主，耕地和种植活动只限于坡地和河漫滩地带，水量净消耗较少；对吐鲁番地区两条大的入境河流—阿拉沟、白杨河，只以其入境控制断面为计算断面，不考虑其上游水量消耗。因此本报告不予水量还原的计算。

3.4.3 资料的插补延长

对各站实测系列内缺测或短系列资料的插补，采用如下方法：

- 1) 数站个别年份非汛期缺测月径流资料者，以本站汛期径流量与年径流量建立相关优先进行插补；如煤窑沟有汛期实测资料对年径流量的插补。见图 3.4.1。

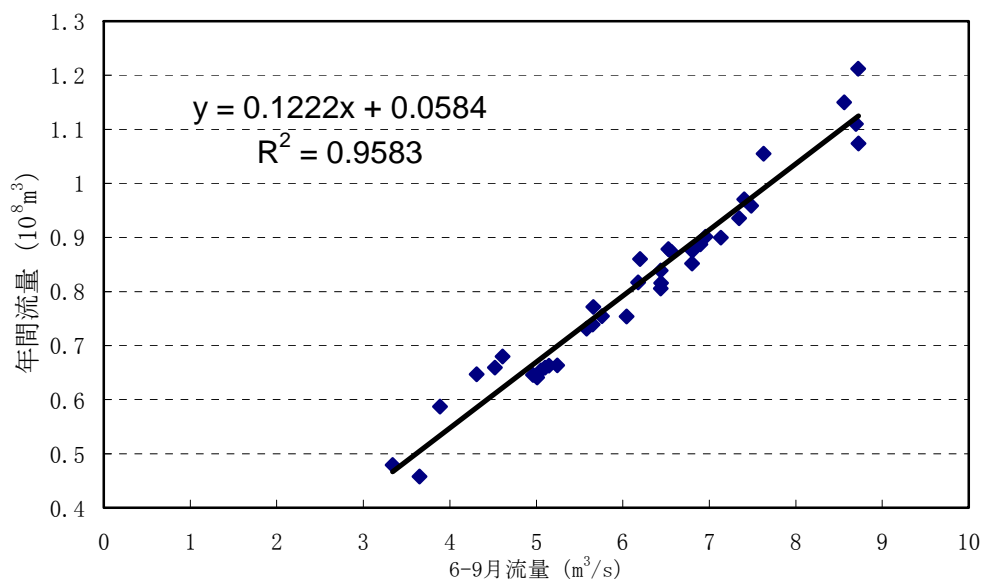


图 3.4.1 煤窑沟观测站 6-9 月的流量和年流量的相关关系

- 2) 流成因和流域下垫面条件相似的河流建立相关关系，进行年径流的插补；如利用开垦河开垦站 7 月平均流量对柯柯亚河柯柯亚站年径流量进行插补。见图 3.4.2。

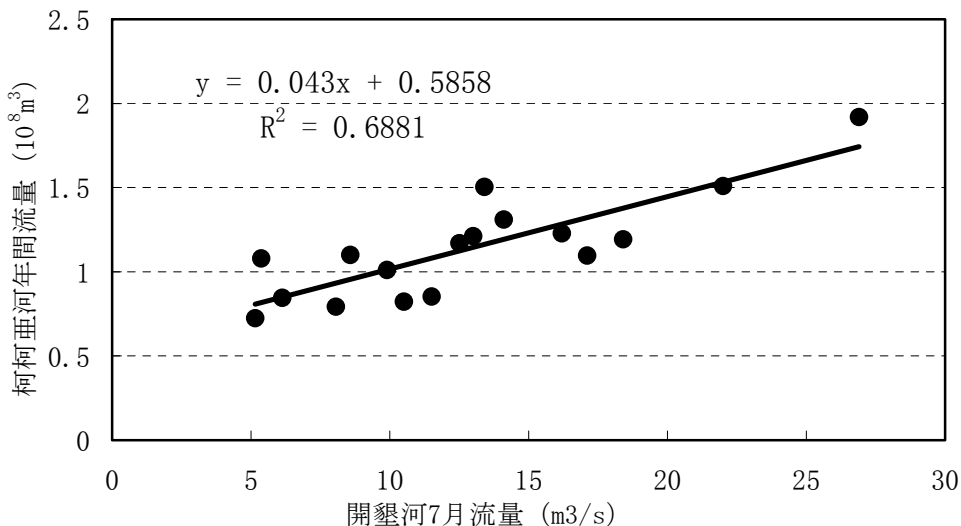


图 3.4.2 开垦河 7 月流量和柯柯亚河流量的相关关系

- 3) 对径流系列较短、难以建立相关插补者，采用水文比拟法（见 1981 年 8 月水利部下发的《地表水资源调查和统计分析技术细则》中规定的“统计参数的确定”方法对多年平均径流量进行修正。按上述《技术细则》要求插补延长的系

列年数不应超过实测系列年数，因吐鲁番地区径流资料缺少较多，对径流实测系列少于 15 年的站点，不按相关方程插补延长，而是采用同步实测径流系列相关系数较高的参证站对短系列站采用水文比拟法进行均值的修正。参证站仍选用年径流量相关系数较高者（这些站包括坎尔其、二塘沟、塔尔朗、大河沿、峡口）。

- 4) 对测站断面迁址距离不远、迁移前后两者集水面积相差不超过规范规定的要求时，迁移前后资料合并统计。单站径流系列统一采用 1956~2000 径流系列。

吐鲁番地区及周边径流选用站多年平均天然径流量插补方法及结果见表 3.4.4。表中▲表示采用水文比拟法进行的均值修正。经插补后的各站径流资料精度及系列的连续性有了较大的提高，对推求 1956~2000 年系列年径流参数其可靠性相对较好。

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

河名	地理位置		集水面积 (km ²)	实测系列			延长系列开垦、白吉三站			参证站	修正系列		Cv	Cs/Cv	多年平均 径流量 (10 ⁸ m ³)
	东经	北纬		年份	年数	多年平均 径流量	相关因子	插补方程	相关 系数		同步 年数	修正 系数			
柯柯亚河	90°08.48'	43°12.49'	707	1981~1997	17	1.147	本站5~12月平均流量	y=0.2064x+0.056	0.995			0.30	4	1.117	
							开垦站7月平均流量	y=0.043x+0.5858	0.830						
坎尔其河	90°23.89'	43°13.07'	548	1992~2000	9	0.2866	柯柯亚年径流量	y=0.2779x-0.0191	0.804	柯柯亚	6	1.11	0.25	0.2892 ▲	
二塘沟	89°57.04'	43°17.02'	344	1992~2003	12	0.8386	煤窑沟年径流量	y=0.9648x+0.0206	0.944	煤窑沟	12	0.94		0.7900 ▲	
煤窑沟	89°24.35'	43°10.86'	481	1956~1958	39	0.8119	本站6~9月平均流量	y=0.1222x+0.0584	0.979				0.22	2.5	0.8083
				1961~1967			1958~1978年英雄桥 开垦、白吉三站合成 年径流量	y=0.154x+0.0693	0.935						
				1969~1971											
				1976、1978~ 2003											
塔尔朗河	89°04.11'	43°16.09'	443	1998~2003	6	0.8050	煤窑沟年径流量	y=0.7099+0.1732	0.911	煤窑沟	6	0.96		0.7728 ▲	
大河沿河	88°50.03'	43°17.6'	724	1956、1996~ 2003	9	1.065	煤窑沟年径流量	y=0.472e ^{0.9574x}	0.811	煤窑沟	9	0.97		1.035 ▲	
白杨河	88°29.36'	43°10.53'	2423	1957~1958 1979~1987	12	1.237	黄水沟年径流量	y=0.264x+0.6232	0.858	黄水沟	12	1.1		1.355 ▲	
阿拉沟	87°52.11'	42°48.09'	1842	1957、	45	1.320	本站7~9月平均流量	y=0.1026x+0.4156	0.972			0.35	3	1.275	
				1960~2003			黄水沟站年径流量	y=0.3678x+0.2315	0.902						
鱼尔沟	87°53.02'	42°50.07'	628	1986~1989	4	0.4604	阿拉沟年径流量	y=0.274x +0.1619	0.855					0.4522 (等值 线图量算值)	

3.4.4 年径流系列的代表性分析

a. 多年年径流模比系数差积曲线分析

年径流系列的代表性分析以评价区内三条实测系列较长河流的控制站煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站为例，进行多年年径流模比系数差积曲线分析，参见图 3.4.3、图 3.4.4、图 3.4.5。

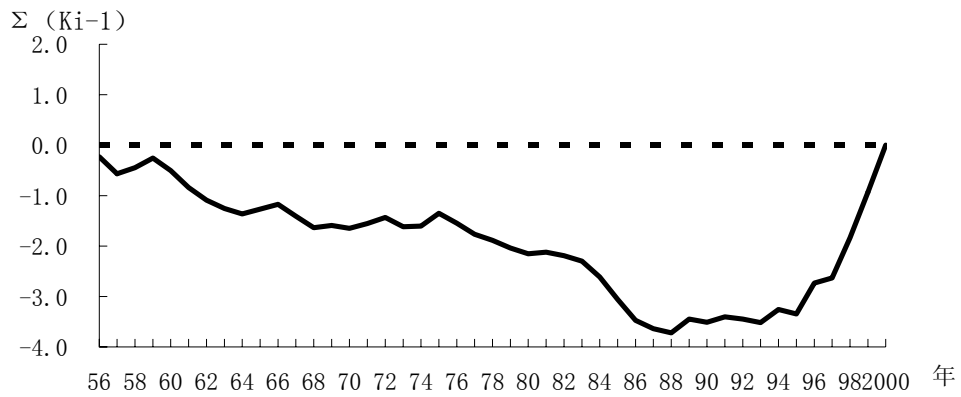


图 3.4.3 阿拉沟水文观测站年流量变动率差积曲线

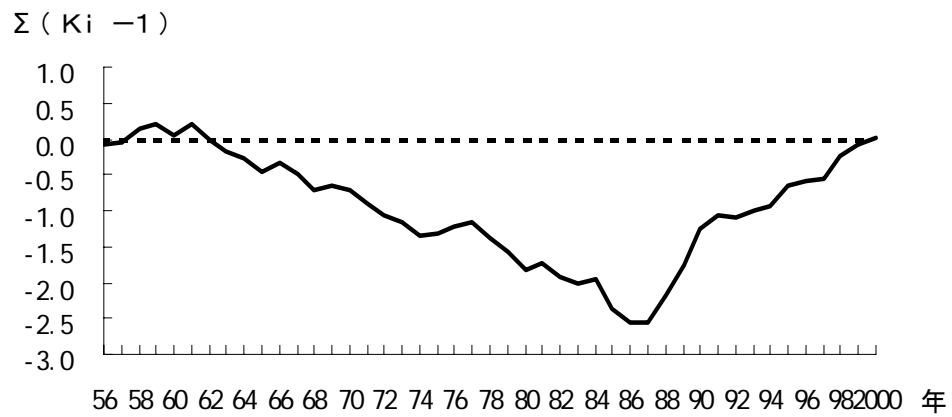


图 3.4.4 煤窑沟水文观测站年变动率差积曲线

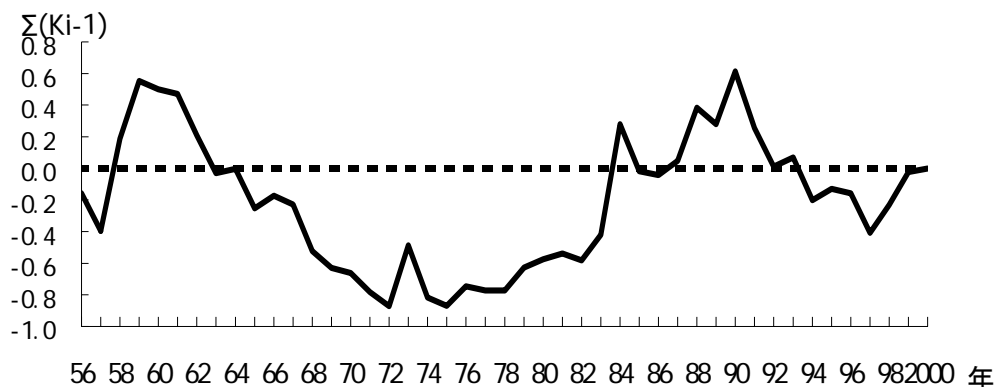


图 3.4.5 柯柯亚水文观测站年流量变动率差积曲线

图中可见，阿拉沟站、煤窑沟站年径流量的多年变化以长周期为主，阿拉沟站 1956~1988 年为 33 年的枯水段，1989~1993 年为平水段，1994 年~2000 年为丰水段。煤窑沟站 1956~1962 年为平水时段，1963~1987 年为 25 年枯水段，1988 年~2000 年为丰水段。从差积曲线分析，1956~2000 年系列虽包含了丰、平、枯时段，但因 2000 年以后丰水期未结束，对总体的代表性略显不够，需更长时段系列说明。

柯柯亚站年径流的多年变化以短周期为主；1957~1959 年为丰水段，1960~1972 年为枯水段，1973~1978 年为平水段，1979~1990 年为丰水段，1991~1997 年为枯水段，1998~2000 年为丰水段。从差积曲线分析，1956~2000 年系列已包含了多个丰、平、枯时段，系列代表性较好。

b. 年径流量模比系数累积平均曲线分析

煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站年径流量模比系数累积平均曲线分别见图 3.4.6、图 3.4.7、图 3.4.8。

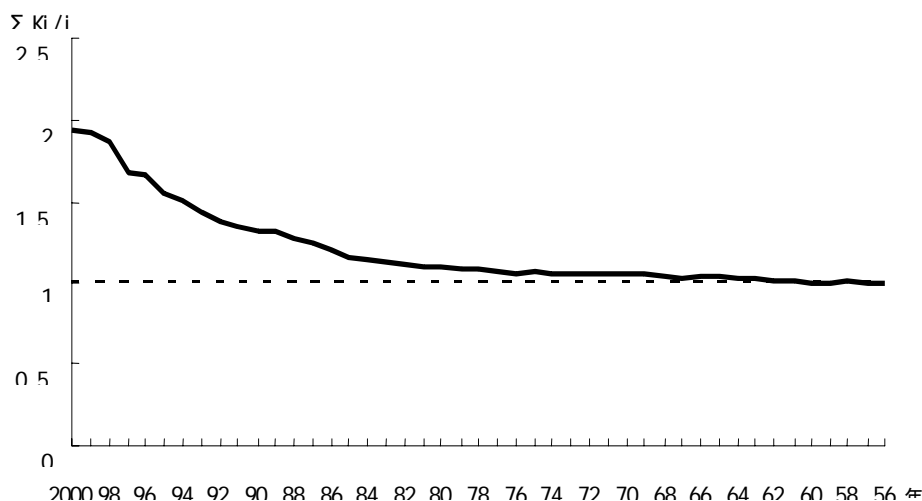


图 3.4.6 阿拉沟河年流量变动率累积平均曲线

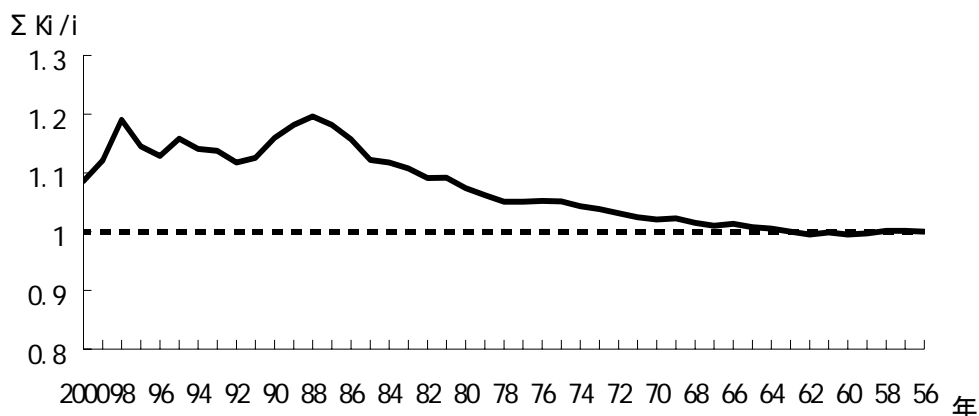


图 3.4.7 煤窑沟年流量变动率累积平均曲线



图 3.4.8 柯柯亚年流量变动率累积平均曲线

从三站年径流量模比系数累积平均曲线分析，煤窑沟站、柯柯亚站当资料系列达 40 年时，曲线趋势已达到 1；阿拉沟站当资料系列达 45 年时才接近 1，说明 1956~2000 年年径流系列的代表性相对较好。

3.4.5 年径流统计参数的确定

a. 均值的确定

对年径流具有长系列资料而言，均值一律采用 1956~2000 年系列的算术平均值。对短系列资料而言，采用水文比拟法用参证站修正短系列均值（见 1981 年 8 月水利部下发的《地表水资源调查和统计分析技术细则》），修正多年平均径流量公式如下：

$$W_{\text{长}} = \frac{W_{\text{参长}}}{W_{\text{参短}}} W_{\text{短}}$$

式中：W_长为修正后的均值；

W_短为年径流短系列均值；

W_{参长}为参证站 1956~2000 年系列均值；

W_{参短}为参证站与短系列年径流同步系列均值。

对于多站修正的系列均值加以分析，选择较为合理的修正系数和参证站，如白杨河峡
口站多年均值的确定。

由于评价区多为短期巡测资料，有一定的误差，对于修正系数对均值影响过大的河流
采用实测系列均值与径流深等值线图量算值综合确定。如鱼尔沟，其 4 年实测径流量均
值为 $0.4624 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，若用阿拉沟等站 1956~2000 年系列均值同期修正，水量偏大，等
值线明显偏离周边站径流系数，违反区域性规律；而径流深等值线的绘制既要考虑实测
值，又要与周边各站实测平衡后的等值线趋势相一致。因此鱼尔沟站不采用均值修正而
采用考虑到实测值的等值线图量算值，等值线图量算值为 $0.4522 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

b. 河流流量概率曲线

河流流量的概率分布对于制定水资源开发规划很重要。推算河流流量概率分布的方法
有指数分布法、一般化极值分布法、皮尔逊 III 型分布法、岩井法、石原·高瀬法、母
数积率法等多种方法。其中在「全国山洪灾害防治规划降雨区划技术细则（试行）」（全
国山洪灾害防治规划领导小组办公室，2004 年 1 月）等规定和规程中规定采用皮尔逊
III 型分布法，所以，再本项目中采用皮尔逊 III 型分布法对河流流量的概率分布进行探
讨。其结果如图 3.4.9、图 3.4.10和图 3.4.11所示。

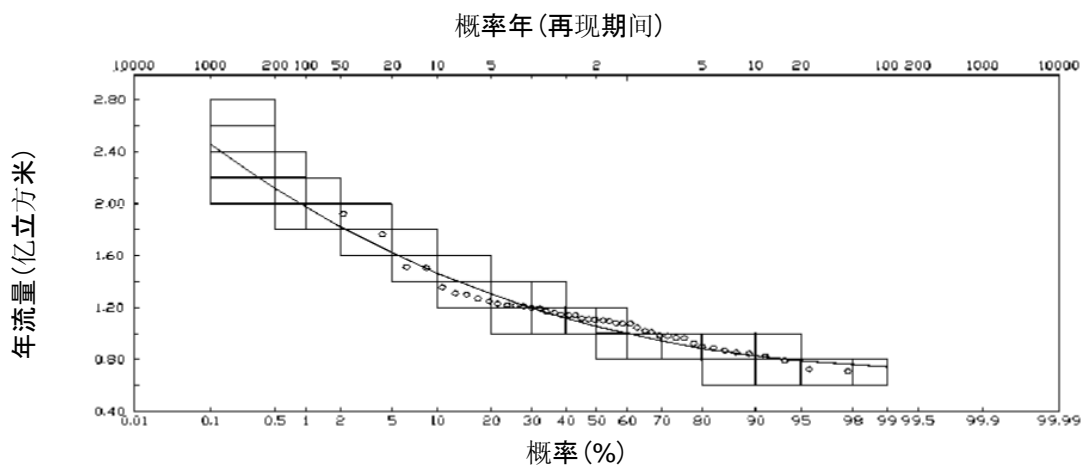


图 3.4.9 柯柯亚河年流量概率曲线

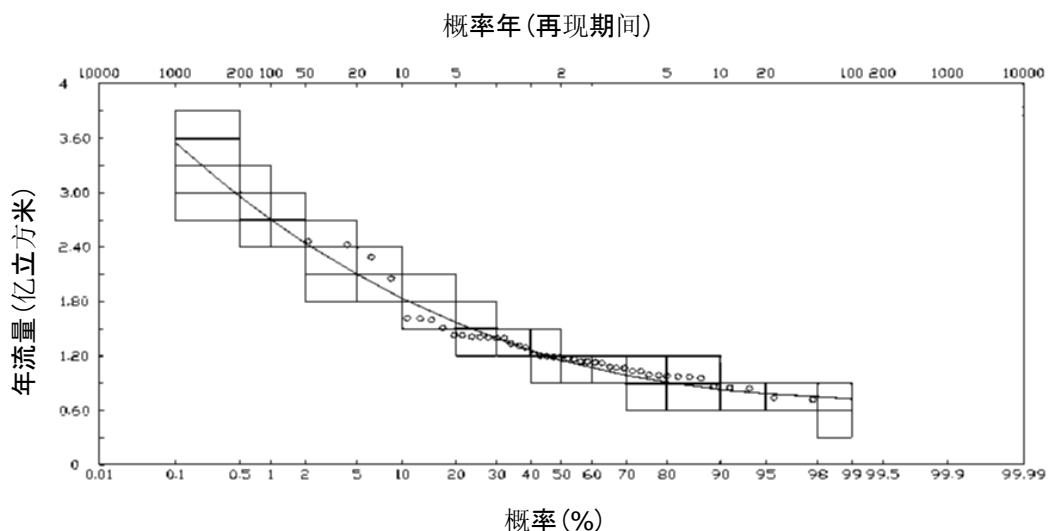


图 3.4.10 阿拉沟河年流量概率曲线

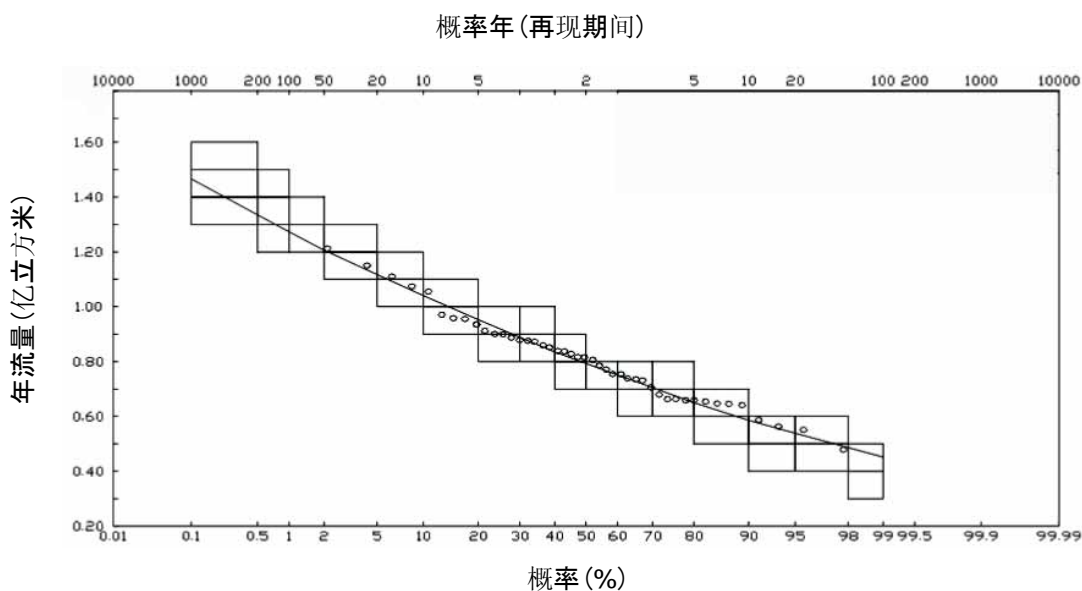


图 3.4.11 煤窑沟河年流量概率曲线

3.4.6 统计参数的稳定性分析

通过对煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站年径流不同时段参数变化对其稳定性作一分析。见表 3.4.5。

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

站名	起迄年份	年数	时段平均径流量 ($10^8 m^3$)	$\frac{\bar{W}_{短} - \bar{W}_{长}}{\bar{W}_{长}}$ (%)	Cv	$\frac{Cv_{短} - Cv_{长}}{Cv_{长}}$ (%)
阿拉沟	1986~2000	15	1.535	20.4	0.35	12.9
	1981~2000	20	1.413	10.8	0.37	19.4
	1976~2000	25	1.344	5.4	0.36	16.1
	1971~2000	30	1.346	5.5	0.33	6.5

站名	起迄年份	年数	时段平均径流量 (10 ⁸ m ³)	$\frac{\overline{W}_{短} - \overline{W}_{长}}{\overline{W}_{长}}$ (%)	Cv	$\frac{Cv_{短} - Cv_{长}}{Cv_{长}}$ (%)
	1966~2000	35	1.322	3.6	0.32	3.2
	1961~2000	40	1.291	1.3	0.32	3.2
	1956~2000	45	1.275	0.0	0.31	0.0
柯柯亚	1986~2000	15	1.130	0.1	0.22	-8.3
	1981~2000	20	1.161	2.9	0.25	4.2
	1976~2000	25	1.168	3.5	0.22	-8.3
	1971~2000	30	1.154	2.2	0.23	-4.2
	1966~2000	35	1.137	0.7	0.22	-8.3
	1961~2000	40	1.115	-1.3	0.22	-8.3
	1956~2000	45	1.129	0.0	0.24	0.0
煤窑沟	1986~2000	15	0.9356	15.7	0.17	-15.0
	1981~2000	20	0.8826	9.2	0.20	0.0
	1976~2000	25	0.8509	5.2	0.21	5.0
	1971~2000	30	0.8282	2.4	0.21	5.0
	1966~2000	35	0.8192	1.3	0.21	5.0
	1961~2000	40	0.8075	-0.1	0.20	0.0
	1956~2000	45	0.8086	0.0	0.20	0.0

表中看出，阿拉沟站年径流的时段均值 40 年基本稳定，Cv 值 40 年仍不稳定；柯柯亚站年径流时段均值 35 年已达到稳定，而 Cv 值 40 年仍变化较大，无收敛趋势；煤窑沟站年径流时段均值 35 年已达稳定，收敛趋势明显，而 Cv 值 40 年才趋于稳定。

3.4.7 年径流的补给与组成

a. 径流补给

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

年内四季各河流的径流补给也有各自特点。冬季一般干旱少雨，大多数年份冬季五个月（11~3 月）降水量只占年降水量的不足 10%，各河流仅靠地下水补给，水量相对较小；至冬末春初，按退水规律，各河流地下水补给逐渐减少到最低程度，部分河流甚至可出现河干断流；开春以后，低、中山带积雪先后消融，河流水量逐渐增加，加之山区降水的比前期增加，会形成一定规模的春汛，但受制于气温和降水补给的多因素影响，各河流春汛极不稳定，开始时间也或早或晚；在 5~9 月炎热夏季期间，中高山区的融雪水和降雨均达到年内的高峰季节，河流水量相对丰沛，二塘沟以西河流由于冰川补给水量比重较多，年内最大四个月径流量出现在 6~9 月，二塘沟以东河流由于基本无冰川补给，年内最大四个月径流量出现在 5~8 月，入秋以后，山区的融雪水和降雨逐步减少，各河流主要依赖山区地下水的补给，河源冰川补给水量较多的河流，如阿拉沟、白杨河水量相对稳定，而以夏季降雨补给为主的河流冬季水量不稳定。

b. 径流组成

径流组成以三站与多年平均径流量相近的年份为典型年进行分析。

采用直线分割法对阿拉沟 1988 年、柯柯亚站 1996 年、煤窑沟站 1992 年逐日日平均流量过程线进行分割，三站典型年径流分割图分别见图 3.4.12、图 3.4.13、图 3.4.14 和表 3.4.6。

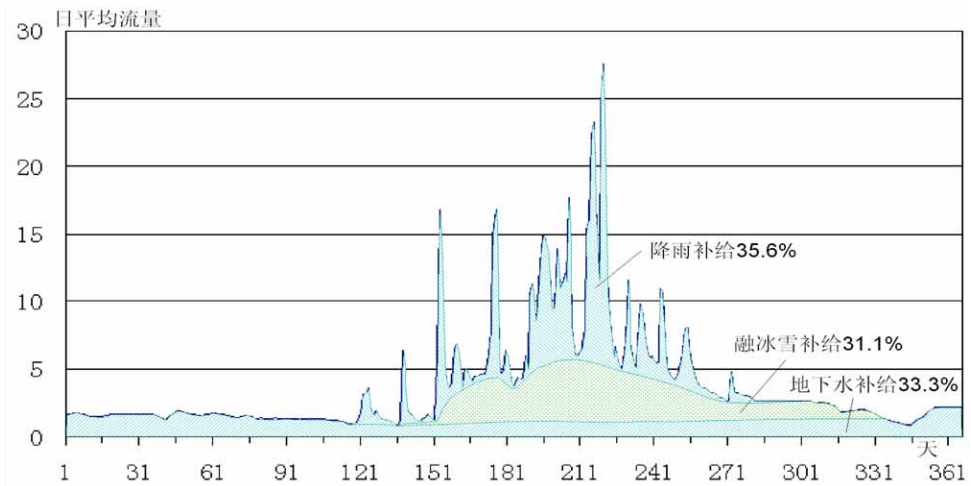


图 3.4.12 阿拉沟站 1988 年日平流量过程线分割图

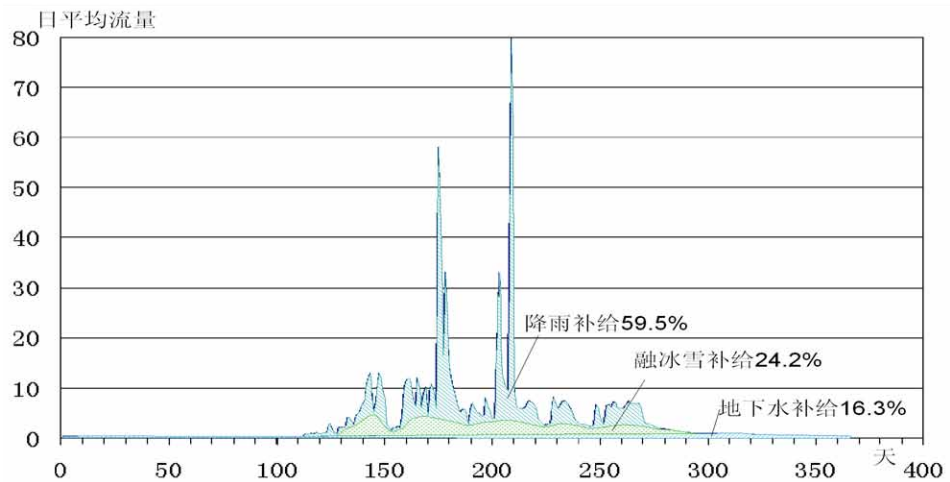


图 3.4.13 柯柯亚站 1996 年日平流量过程线分割图

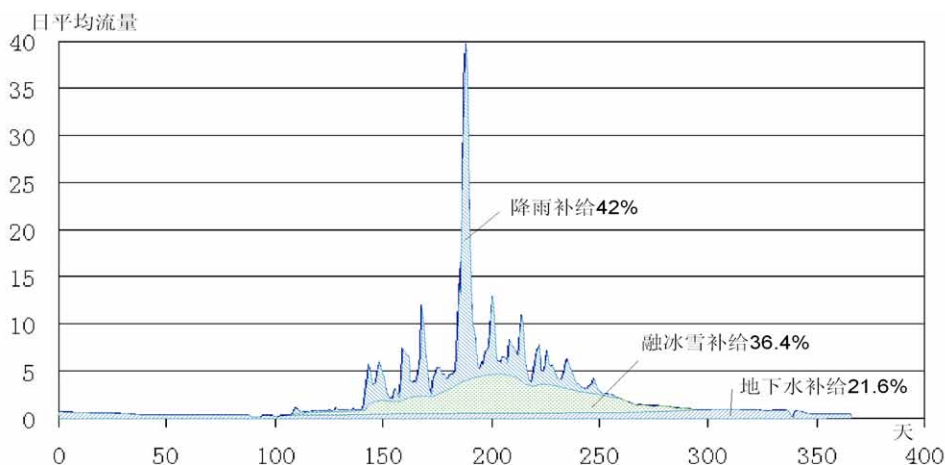


图 3.4.14 煤窑沟站 1992 年日平流量过程线分割图

表 3.4.6 代表河流流量成分分割结果

单位：%

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

3.4.8 径流的地区分布及年内分配、年际变化

a. 径流的地区分布

吐鲁番地区地表径流的地区分布具有明显特征，地表径流集中于吐鲁番盆地的西部的艾丁湖流域。托克逊县地表水资源比较贫乏，地表径流主要来自巴州和乌鲁木齐市。吐鲁番盆地内最大的河流白杨河、阿拉沟以及鱼尔沟的流量虽然占盆地内河流流量的大约一半，但其流量的大部分产生于盆地以外的巴音郭楞蒙古自治州和乌鲁木齐市。

吐鲁番市、鄯善县为主要境内产流区。大河沿河、塔尔朗、黑沟河、煤窑沟、二塘沟、柯柯亚河、坎尔其河等七河的地表径流量占全地区地表总径流量的 52.4%。阿拉沟、鱼尔沟、白杨河入区水量占全地区地表总径流量的 31.8%，全地区地表产水量占地表总径流量的 63.6%。

由此可见，吐鲁番地区的地表径流的地区分布是极不均匀的，西部地表径流量虽大，但由于产权的归属，为吐鲁番地区所用的地表水可利用量将大打折扣；北部为产流的集中区域，年径流量大于 1 亿立方米的河流有两条：大河沿河和柯柯亚河，年径流量介于 0.7~0.8 亿立方米的河流有三条：塔尔朗、煤窑沟、二塘沟；坎尔其河以东区域产流量极少，多以暴雨洪流出现；吐鲁番地区南部库木塔格荒漠区几乎不产流。

地表径流的这种分布规律是于吐鲁番盆地的气候及地形特征密切相关的，吐鲁番盆地的东面、南面均为低矮丘陵和荒漠地带，缺少产生地表径流的地形条件，加之这些区域降水量极少，也不具备产生地表径流的物质条件，因此这些区域成为吐鲁番地区地表水资源的贫乏区就不足为怪了。

地表径流地区分布的另一个显著特征是径流的垂直地带性分布规律，表现在径流深随着高程的增加而增加，这主要是山区降水随着高程的增加呈现递增规律，从而决定径流

的垂直地带规律，这与新疆河流的特性是完全吻合。

吐鲁番地区河流受盆地极干旱气候影响的一个重要特征是在前山带地表水渗漏严重，地表水以潜流方式迅速转化为地下水。

b. 径流的年内分配

相对而言吐鲁番地区河流年径流的年内变化较大，以三条实测系列较长河流的控制站煤窑沟站、阿拉沟站、柯柯亚站为例进行多年平均年径流年内分配的分析。3条河流的月流量变化如图 3.4.15~图 3.4.17所示。多年平均最大月流量和最小月之比较汇总于表 3.4.7。

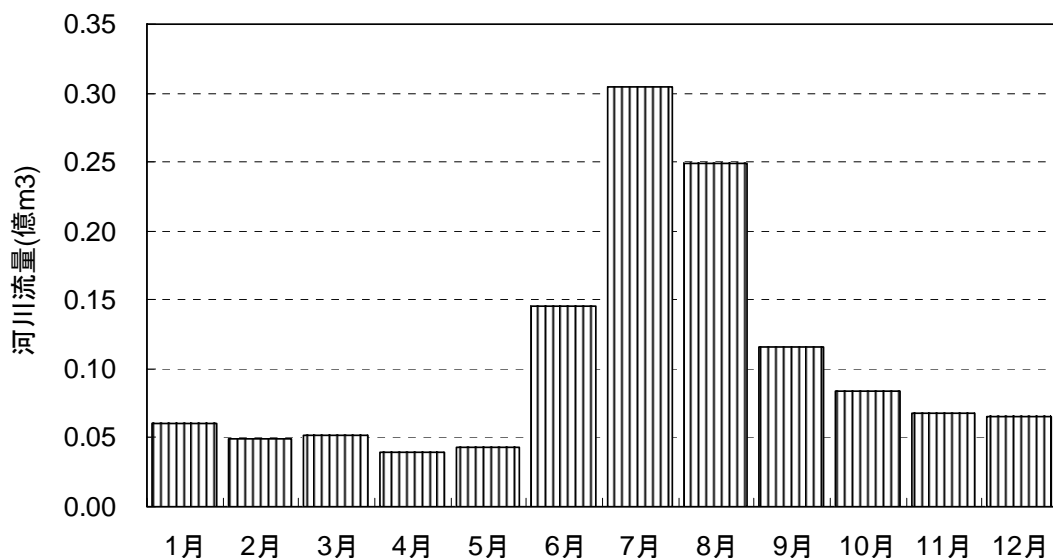


图 3.4.15 阿拉沟河月流量变化图

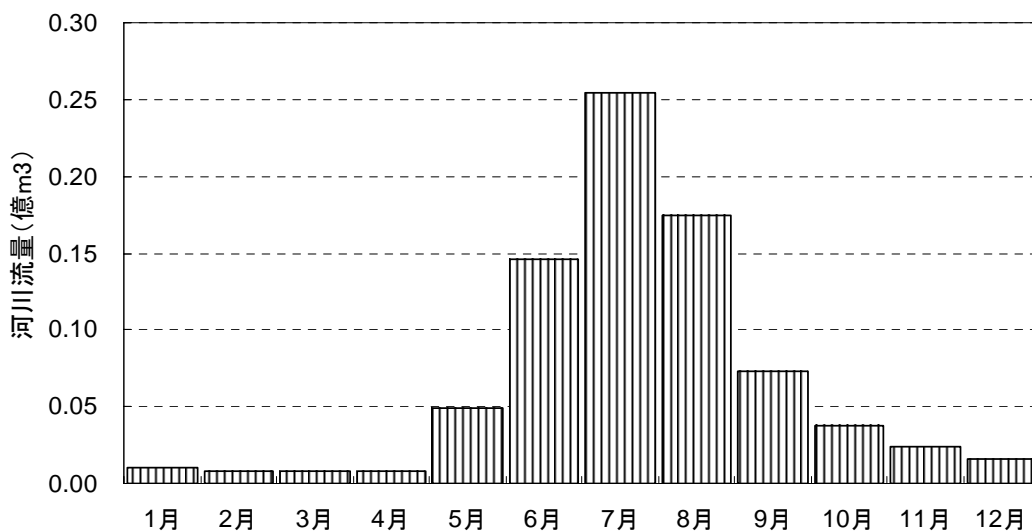


图 3.4.16 煤窑沟河月流量变化图

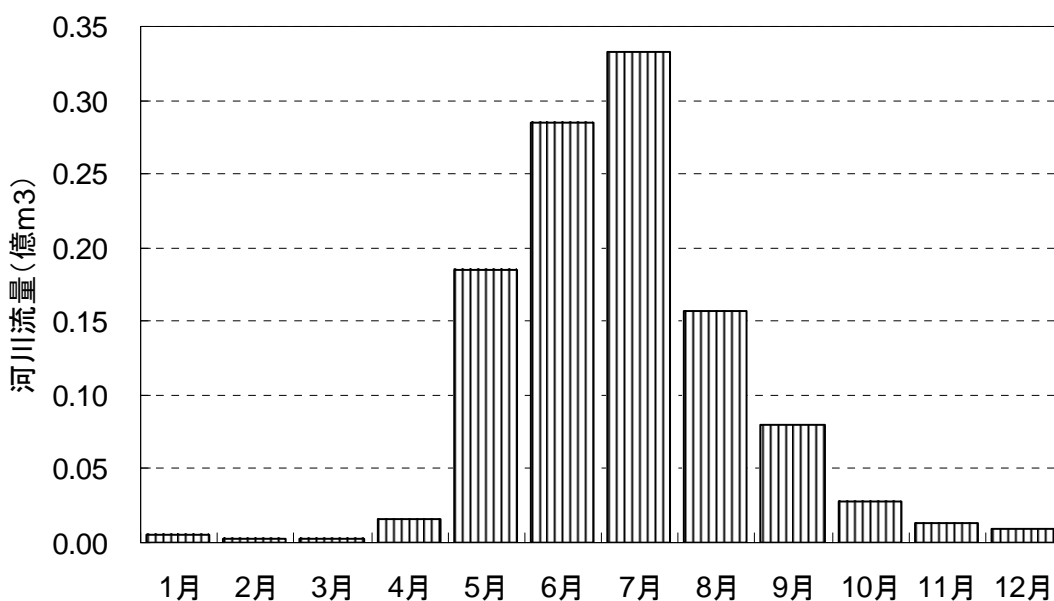


图 3.4.17 柯柯亚河月流量变化图

表 3.4.7 吐鲁番盆地内代表河流的年内变化分析结果

流量单位: 万 m³

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

注: %为对年流量的比例。

c. 径流的年际变化

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

以上三条河流最大水年与最小水年径流的倍比在 2.5~3.4 之间; 多年最大模比系数 Kmax 介于 1.3~1.93 之间, 最小模比系数 Kmin 介于 0.5~0.7 之间, 也就是说最丰水年径流量不超过正常径流量的 2.0 倍, 最枯水年径流量也不小于正常径流量的一半。三条河年径流量多年变化过程见图 3.4.18。

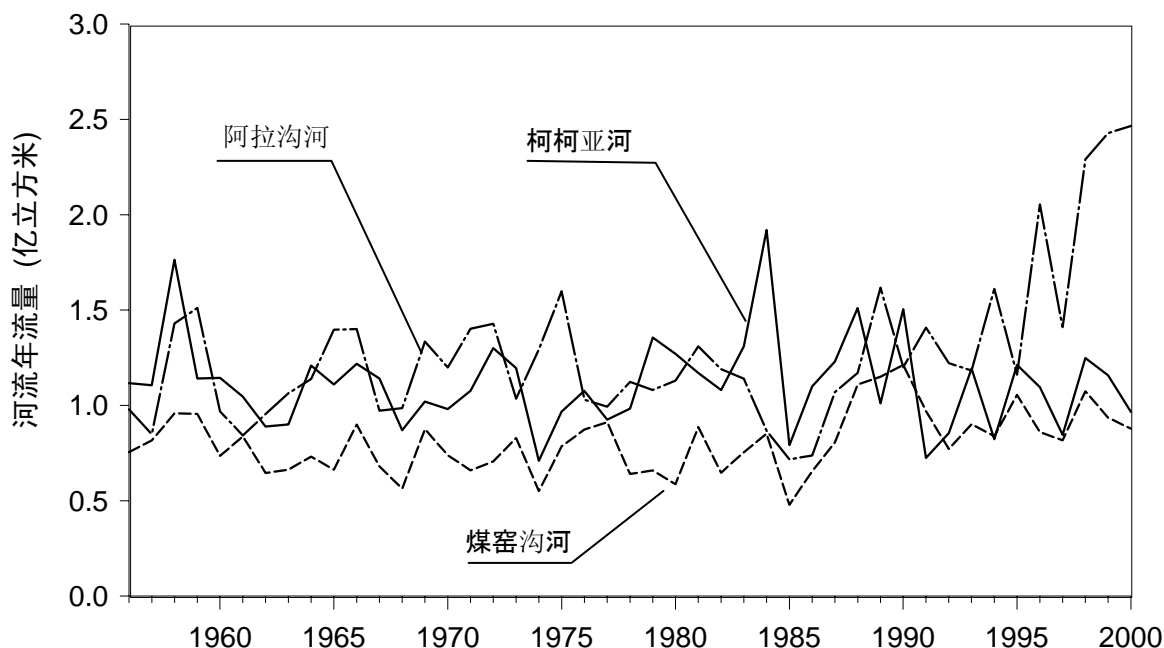


图 3.4.18 代表河流的年际流量变化

3.4.9 主要河历年径流量

根据以上对实测径流系列的插补展延，对吐鲁番地区 14 条主要河历年径流量特征值及不同保证率下的年径流量进行统计和汇总，其结果见表 3.4.9。短期资料站不同保证率下的年径流量计算选用相关系数较高的参证站的年径流量 K_p （不同保证率年径流量模比系数）值。代表河流和计算对象河流之对应关系见表 3.4.8。

表 3.4.8 代表河流和计算对象河流的对应

代表河流	计算对象河流
柯柯亚	坎尔其
煤窑沟	二塘沟、塔尔朗、大河沿、恰勒坎、黑沟
阿拉沟河	鱼尔沟、祖鲁木图、乌斯通
黄水沟	白杨河、柯尔碱

表 3.4.9 吐鲁番地区主要河流年径流量特征值统计表

序号	河名	控制断面	地理位置		集水面积 (km ²)	多年平均径流量 (10 ⁸ m ³)	Cv	Cs/Cv	不同保证率下的年径流量 (10 ⁸ m ³)			
			东经	北纬					20%	50%	75%	95%
1	坎尔其河	坎尔其水文站	90°23.89'	43°13.07'	548	0.2892	0.24	5.5	0.3389	0.2744	0.2382	0.206
2	柯柯亚河	柯柯亚水文站	90°08.48'	43°12.49'	707	1.117	0.24	5.5	1.309	1.060	0.9199	0.7958
3	二塘沟	托万买来	89°56.1'	43°11.07'	344	0.7900	0.22	2	0.9313	0.7773	0.6669	0.5275
	二塘沟	出山口	89°57.04'	43°17.2'	501	0.8235	0.22	2	0.9708	0.8102	0.6951	0.5498
4	恰勒坎河	恰勒坎	89°46.13'	43°16.24'	100	0.0890	0.22	2	0.1049	0.0876	0.0751	0.0594
5	黑沟河	黑沟渠引水口	89°32.09'	43°15.03'	185	0.3300	0.22	2	0.3890	0.3247	0.2786	0.2203
6	煤窑沟	煤窑沟水文站	89°24.35'	43°10.86'	481	0.8083	0.22	2	0.9529	0.7953	0.6823	0.5397
7	塔尔朗河	塔尔朗渠引水口	89°04.11'	43°16.09'	443	0.7728	0.22	2	0.9110	0.7604	0.6523	0.516
8	大河沿河	团场引水口	88°50.03'	43°17.6'	724	1.035	0.22	2	1.22	1.018	0.8737	0.6911
9	白杨河	峡口水文站	88°28.93'	43°10.17'	2423	1.355	0.42	5.5	1.670	1.161	0.9629	0.8731
10	柯尔碱沟	出山口	88°01.03'	43°14.12'	646	0.2057	0.42	5.5	0.2535	0.1762	0.1462	0.1325
11	鱼尔沟	沟口	87°53.02'	42°50.07'	628	0.4522	0.34	4.5	0.5575	0.4146	0.3396	0.2801
12	阿拉沟	阿拉沟水文站	87°52.11'	42°48.09'	1842	1.257	0.34	4.5	1.572	1.169	0.9574	0.7897
	阿拉沟	汇合口	87°54.76'	42°49.02'	2503	1.709	0.34	4.5	2.107	1.567	1.283	1.059
13	祖鲁木图沟	沟口	87°50.37'	42°46.11'	257	0.0486	0.34	4.5	0.0599	0.0446	0.0365	0.0301
14	乌斯通沟	乌斯通沟引水口	87°59.35'	42°40.68'	617	0.1392	0.34	4.5	0.1716	0.1276	0.1045	0.0862

3.4.10 地表水资源量计算

地表水资源量通常指河流、湖泊、水库、冰川等地表水体的动态水量，其定量特征为河流径流量。

a. 计算方法

根据《全国水资源综合规划技术大纲》（2002年8月）、《黄河流域(片)水资源综合规划技术细则》（2003年1月）和新疆的实际情况，地表水资源量计算方法采用以下原则进行：

- 1) 有水文站的河流，按实测径流还原后的系列推求多年平均年径流量，再加上未控制区域依据年径流等值线图量算的产水量，即为该河区多年平均年径流量。
- 2) 无水文测站控制的山洪沟和区域，只要山区有产水产流面积者，均用年径流等值线图量算其径流量。
- 3) 当行政区界线与流域天然界线一致时，该河区河流径流量即为本河区内由降水形成的地表水资源量（含非控制区水量）；当行政区界线与流域界线不一致时，该河区地表水资源量应从本河区河流总径流量中扣除（加上）本河区外（内）来（出）水量。

b. 径流深等值线的绘制

吐鲁番地区地表水资源量算，依据水利部黄河水利委员会2003年1月编制的《黄河流域(片)水资源综合规划技术细则》，并利用Mapinfo软件在1:25万电子地图上点绘径流深等值线图。通过实测资料控制站水量换算成流域平均径流深值，标在流域重心处，根据天山南坡径流深与高程的关系绘制径流深等值线，等值线绘制符合以下原则：

- 1) 不能与等高线、降水等值线大角度交叉；
- 2) 根据产流规律，检查不同带（高山、中山、低山、平原）径流系数的合理性（即检查产流系数是否符合该山带高程的径流规律）；
- 3) 实行实测水量单站多年平均径流量平衡量算误差 $< \pm 5\%$ 以内。

径流深等值线图对地表水资源量的计算和验证十分重要。本项目调查根据中国2002年制定的「全国水资源综合规划技术细则」进行了径流深等值线图的绘制。首先对调查区域中水文观测站的流量测量结果进行还原处理，然后将其结果分配于对应的流域面积，以求得该流域径流深。为了绘制径流深等值线图，将各流域的径流深值标在地图上的该流域的重心点，以各点的径流深值为基础，考虑天山山脉的延伸方向，绘制径流深等值线图（图3.4.19）。

c. 流域分区地表水资源量计算

根据吐鲁番盆地的形成特征，如图3.4.20所示，将吐鲁番盆地分为4个计算单元，其中包括了在行政区划中属于吐鲁番地区的南部沙漠和丘陵区域。

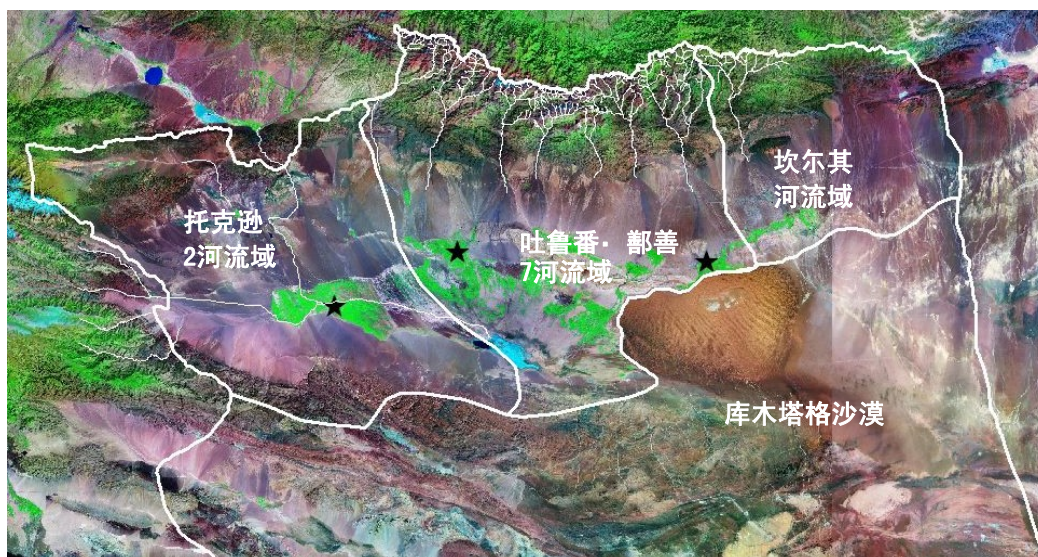


图 3.4.20 吐鲁番地区的水文区分

$$\begin{aligned} \text{地表水资源量} &= \text{控制区实测水量总和} \\ &\quad - \text{控制区入区水量} \\ &\quad + \text{非控制区等值线图量算水量} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地表总径流量} &= \text{控制区实测水量总和} \\ &\quad + \text{非控制区等值线图量算水量} \\ &\quad + \text{非控制区入区水量} \end{aligned}$$

对于各个计算单元分别采用下式计算，计算结果汇总于表 3.4.10之中。

表 3.4.10 吐鲁番地区流域分区地表水资源量统计表

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

d. 行政分区地表水资源量计算

根据用 2003 年实行的「中国第二次水资源规划水资源评价计算」中要求，以流域为基础算出的地表水资源量需要分配于该流域包括的各行政区。吐鲁番地区分县（市）地表水资源量根据以下方法进行了计算，并将其结果汇总于表 3.4.11。

$$\begin{aligned} \text{地表水资源量} &= \text{该行政区内测定的河流流量} \\ &\quad - \text{该行政区外的流入水量} \end{aligned}$$

+ 该行政区内没有水文观测站的河流和溪谷的推测水量

$$\text{地表水流量} = \text{该行政区内的地表水资源量} + \text{该行政区外的流入水量}$$

表 3.4.11 吐鲁番地区行政分区地表水资源量统计表

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

3.4.11 流出入区水量

虽然从调查区域外部的流入水量较大，但是都集中在吐鲁番盆地西侧的阿拉沟河（包括支流川的鱼尔沟河，祖鲁木图河和乌斯通河），白的杨河和大的河沿河流域中。

从调查区域的流出水量很小，仅在乌鲁木齐河流域的支流板房沟上流有 67.5 平方公里的产水面积。全部分布于托克逊县内，流出量为大约 $7.86 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，最后进入乌鲁木齐市。

调查区域中的流出入水量汇总于表 3.4.12 之中。

表 3.4.12 吐鲁番地区出、入区水量一览表

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

3.4.12 各分区天然径流系列和地表水资源系列的建立

把握地表水量的变化历史对于调查区域水资源利用现状的分析及今后规划的制定很重要，所以运用代表站系列缩放法分别建立了各分区天然径流系列和地表水资源系列。基本公式为：

$$W_{i\text{区}} = W_{i\text{站}} \times W_{\text{区}} / W_{\text{站}}$$

上式中：

$W_{i\text{区}}$ —分区逐年年径流总量 (10⁸m³)；

$W_{\text{区}}$ —分区多年平均年径流总量 (10^8m^3) ;

$W_{\text{i 站}}$ —代表站逐年年径流总量 (10^8m^3) ;

$W_{\text{站}}$ —代表站多年平均年径流总量 (10^8m^3) 。

为了进行流域区分而选定的代表观测站如表 3.4.13所示。

表 3.4.13 代表观测站的选择结果

计算流域区分	选择的代表水文观测站
托克逊 2 河流域	阿拉沟
吐·鄯 7 河流域	煤窑沟和柯柯亚 2 站的合成值
坎尔其河流域	柯柯亚
库木塔格沙漠	阿拉沟

采用与不同流域区分的地表水流量计算相同的方法、进行了不同行政区划地表水流量时系列的计算。为了进行各行政区划(县市)计算而选定的代表水文观测站如表 3.4.14 所示。

表 3.4.14 不同行政区划代表观测站的选择结果

县市	选择的代表水文观测站
托克逊县	阿拉沟
吐鲁番市	煤窑沟
鄯善县	煤窑沟和柯柯亚 2 站的合成值

不同流域和不同行政区划的地表水流量计算结果汇总于表 3.4.15和表 3.4.16之中。

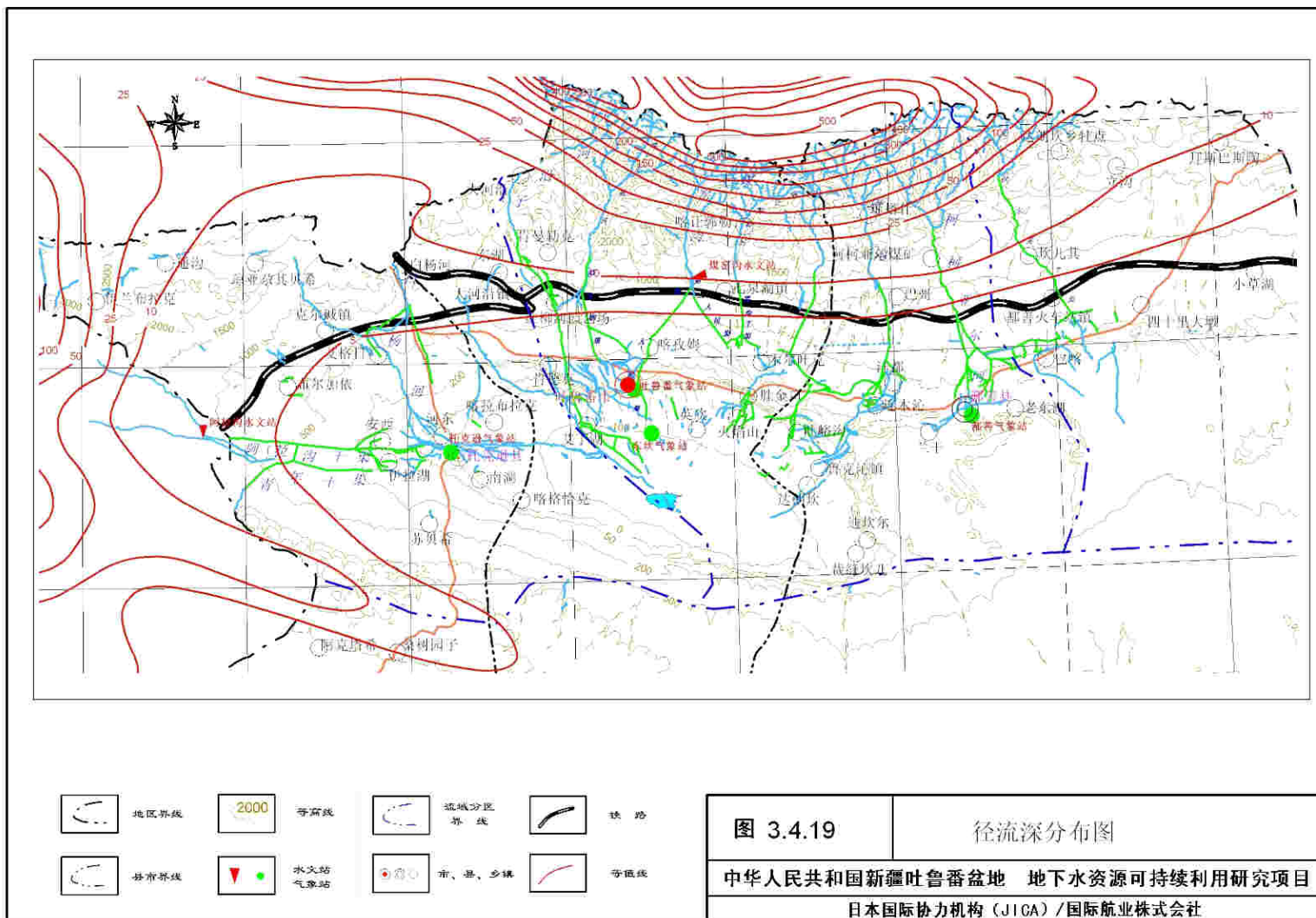
表 3.4.15 各流域分区地表水资源量系列表(10^8m^3)

年份	托克逊两河区	托克逊两河区	吐鄯七河区	坎尔其河区	库木塔格荒漠区
1956	0.5116	3.204	4.737	0.5454	0.0406
1957	0.4439	2.780	4.865	0.5401	0.0353
1958	0.7471	4.679	6.891	0.8613	0.0593
1959	0.7895	4.944	5.305	0.5569	0.0627
1960	0.5059	3.168	4.759	0.5590	0.0402
1961	0.4403	2.757	4.767	0.5107	0.0350
1962	0.4989	3.125	3.883	0.4338	0.0396
1963	0.5559	3.482	3.957	0.4395	0.0441
1964	0.5946	3.724	4.912	0.5905	0.0472
1965	0.7299	4.571	4.489	0.5422	0.0580
1966	0.7315	4.581	5.359	0.5947	0.0581
1967	0.5079	3.181	4.607	0.5569	0.0403
1968	0.5149	3.225	3.629	0.4248	0.0409
1969	0.6975	4.368	4.798	0.4981	0.0554
1970	0.6264	3.923	4.353	0.4790	0.0497
1971	0.7325	4.588	4.392	0.5254	0.0582
1972	0.7461	4.673	5.076	0.6346	0.0592
1973	0.5408	3.387	5.127	0.5842	0.0429
1974	0.6755	4.231	3.192	0.3467	0.0536
1975	0.8354	5.232	4.436	0.4725	0.0663
1976	0.5381	3.370	4.933	0.5254	0.0427
1977	0.5188	3.249	4.650	0.4517	0.0412
1978	0.5867	3.675	4.111	0.4802	0.0466
1979	0.5648	3.537	5.099	0.6619	0.0449
1980	0.5904	3.698	4.701	0.6202	0.0469
1981	0.6844	4.287	5.206	0.5713	0.0544
1982	0.6217	3.894	4.371	0.5273	0.0494
1983	0.5956	3.730	5.224	0.6396	0.0473
1984	0.4530	2.837	7.016	0.9375	0.0360
1985	0.3746	2.346	3.217	0.3867	0.0297
1986	0.3851	2.412	4.439	0.5371	0.0306
1987	0.5590	3.501	5.153	0.6006	0.0444
1988	0.6113	3.828	6.631	0.7373	0.0485
1989	0.8453	5.294	5.470	0.4936	0.0671
1990	0.6275	3.930	6.874	0.7344	0.0498
1991	0.7356	4.607	4.291	0.3539	0.0584
1992	0.6385	3.999	4.115	0.4171	0.0507
1993	0.6181	3.871	5.300	0.5825	0.0491
1994	0.8417	5.271	4.207	0.4018	0.0668
1995	0.6066	3.799	5.740	0.5923	0.0482
1996	1.0731	6.721	4.951	0.5351	0.0852
1997	0.7367	4.614	4.207	0.4127	0.0585
1998	1.1964	7.493	5.877	0.6094	0.0950
1999	1.2685	7.945	5.298	0.5653	0.1007
2000	1.2879	8.066	4.665	0.4712	0.1023
多年平均	0.6663	4.173	4.873	0.5454	0.0529

表 3.4.16 各行政区地表水资源量系列表(10⁸m³)

年 份	托克逊县 地表水资源 量(10 ⁸ m ³)	托克逊县 地表总径流 量(10 ⁸ m ³)	吐鲁番市 地表总径流 量(10 ⁸ m ³)	鄯善县 地表总径流 量(10 ⁸ m ³)	全评价区 地表水资源 量(10 ⁸ m ³)	全评价区 地表总径流 量(10 ⁸ m ³)
1956	0.4813	3.174	2.728	2.516	5.725	8.417
1957	0.4177	2.754	2.950	2.584	5.951	8.288
1958	0.7029	4.635	3.466	3.660	7.828	11.76
1959	0.7428	4.898	3.454	2.818	7.015	11.17
1960	0.4760	3.139	2.658	2.527	5.662	8.325
1961	0.4142	2.732	3.027	2.532	5.973	8.290
1962	0.4694	3.095	2.335	2.062	4.866	7.492
1963	0.5230	3.449	2.397	2.101	5.021	7.947
1964	0.5594	3.689	2.644	2.609	5.812	8.942
1965	0.6867	4.529	2.397	2.384	5.467	9.309
1966	0.6882	4.538	3.251	2.846	6.786	10.636
1967	0.4779	3.151	2.457	2.447	5.382	8.056
1968	0.4845	3.195	2.038	1.927	4.449	7.160
1969	0.6562	4.328	3.165	2.548	6.369	10.041
1970	0.5894	3.887	2.671	2.312	5.573	8.870
1971	0.6892	4.545	2.383	2.333	5.405	9.261
1972	0.7020	4.629	2.553	2.696	5.951	9.878
1973	0.5088	3.355	2.997	2.723	6.229	9.075
1974	0.6356	4.191	1.992	1.695	4.323	7.878
1975	0.7860	5.183	2.838	2.356	5.981	10.378
1976	0.5063	3.339	3.156	2.620	6.282	9.115
1977	0.4881	3.219	3.298	2.470	6.256	8.987
1978	0.5520	3.640	2.316	2.183	5.051	8.140
1979	0.5314	3.504	2.383	2.708	5.622	8.595
1980	0.5555	3.663	2.122	2.496	5.174	8.281
1981	0.6440	4.246	3.207	2.765	6.615	10.22
1982	0.5850	3.857	2.339	2.321	5.245	8.518
1983	0.5604	3.695	2.726	2.774	6.061	9.196
1984	0.4262	2.810	3.080	3.726	7.232	9.617
1985	0.3525	2.324	1.732	1.708	3.793	5.764
1986	0.3623	2.389	2.364	2.358	5.084	7.111
1987	0.5260	3.469	2.914	2.737	6.176	9.119
1988	0.5751	3.793	4.013	3.522	8.110	11.33
1989	0.7954	5.245	4.157	2.905	7.857	12.31
1990	0.5904	3.893	4.381	3.651	8.623	11.93
1991	0.6921	4.564	3.509	2.279	6.480	10.35
1992	0.6007	3.961	2.789	2.185	5.575	8.936
1993	0.5815	3.835	3.257	2.815	6.654	9.907
1994	0.7919	5.222	3.033	2.234	6.059	10.49
1995	0.5707	3.763	3.814	3.049	7.433	10.63
1996	1.0097	6.658	3.109	2.629	6.748	12.396
1997	0.6931	4.571	2.953	2.234	5.881	9.758
1998	1.1257	7.423	3.883	3.121	8.129	14.43
1999	1.1935	7.871	3.381	2.814	7.389	14.07
2000	1.2117	7.991	3.174	2.478	6.864	13.64
多年平均	0.6269	4.134	2.922	2.588	6.137	9.644

3-59



3.5 洪水影响范围解析

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

3.5.1 洪水的成因分析

在吐鲁番盆地河流流量是由冰河的融雪水、山区的降雨以及地下水补给的。其中，地下水补给量变化幅度较小，不构成引起洪水的原因。

融雪水形成的流量变化与气温变化密切相关。冬季气温低，融雪量少，为在海拔标高较高区域的积雪量增加期。吐鲁番地区春季较短，气温从寒冷期急剧上升，同时因为山区的雪线处于1年中最低的位置，所以融雪量剧增引起河流量增加。虽然概率较小，但有时也能形成洪灾。在调查区域里，春季洪水灾害局限于托克逊县，在吐鲁番市和鄯善县没有春季洪水灾害的纪录。

调查区域中洪水的主要原因是夏季的集中降雨。正如吐鲁番地区61次大雨的资料所示，91.8%的大雨属于山区的局部降雨，而覆盖全区的大雨只占3.3%。比如，1987年7月29日在5工区（海拔标高1,708 m）观测到的降雨量为51.9 mm，占该站当年降水量164 mm的32%。

3.5.2 洪水的种类以及特性

根据洪水的成因，可以对吐鲁番盆地内不同流域的洪水进行分类。

a. 吐鲁番市和鄯善县

在行政区划中属于吐鲁番市的范围里有5条常年有水河流，习惯上称之为吐鲁番5河流域。同样鄯善县的行政区划和河流流域和并在一起被称之为鄯善县3河流域。吐鲁番5河流域与鄯善县3河流域的洪水发生特征相似，可以分为局部性暴雨型洪水和区域性洪水。

a.1 局部性暴雨型洪水

作为典型的例子有1981年7月19日的洪水。当天在20时~21时的大约1个小时之内，葡萄沟附近的降水量为25.1 mm，相当于多年平均年降水量的大约2倍。由于这场暴雨，附近木头沟里的洪峰流量达到213 m³/s，引起了很大的损害。

a.2 区域性洪水

1984年6月21日在鄯善县范围内比较广阔的区域里发生了大雨，在几个气象观测站里都记录到了相当于年降雨量大约30%的雨量。结果在鄯善3河流域中发生了洪水，亚柯柯河、二塘沟河和坎尔其河的洪峰流量分别为174 m³/s、18 m³/s和153 m³/s。

1984年7月11日在柯柯亚河流域中发生了1950年以来最大的洪水，洪峰流量为268 m³/s。同时，在天山的对面（北侧）也记录到了50年来的最大洪水。

夏季的大雨形成的洪水有河流流量的急剧上升和短期内恢复的特征。虽然持续时间

短，但破坏性很强，容易造成较大的损害。

b. 托克逊 2 河流域

托克逊县“两河”流域的洪水类型洪水成因，可分为三种类型洪水：

b.1 暴雨洪水

当流域内的中、低山区出现持续性降水和较大雨强的局地暴雨时，流域形成超渗产流，从而发生暴雨洪水。洪水多发生在每年的 6~8 月份之间，主要集中在 7 月份。此类洪水的主要特征与吐鲁番市和鄯善县的暴雨洪水相同，具有陡涨陡落，过程单一，峰型尖瘦，历时短，峰高量小，无明显日变化，突发性强，来势迅猛，破坏性极大等特征。

在托克逊县“两河”流域的洪水中大部分洪水为暴雨洪水。如 1996 年 7 月 18 日以来，以博格达峰中心的天山南北坡出现大范围降雨，降水量约在 80~100 mm。由于“两河”流域山区和上游区域连降暴雨，致使“两河”流域发生罕见的特大洪水。据阿拉沟水文站观测，7 月 18 日 8 时 00 分起河道开始涨水，于当日 14 时 54 分形成第一次洪峰，洪峰流量为 164 m³/s，；7 月 19 日 12 时 30 分河道再次涨水，于当日 20 日 6 时 24 分形成最大洪峰，洪峰流量为 490 m³/s，最大一次降水量达 14.6 mm。此次洪水持续时间大约三天左右，持续时间之长，实属罕见。同时，白杨河（峡口）和阿拉沟支流鱼尔沟、祖鲁木图沟等也相继发生特大洪水（无实测资料）。据调查峡口最大洪峰流量为 638 m³/s，祖鲁木图沟为 90.6 m³/s 鱼尔沟沟口处为 89.4 m³/s。

b.2 冰雪消融洪水

冰雪消融洪水是流域内季节性积雪和高山区冰川在气温迅速和持续回升的作用下，导致大范围迅速消融而形成的洪水。此类洪水的出现时间和规模主要取决于流域积雪面积、积雪深度、气温回升速度、热量交换条件等因素，一般主要发生在每年的 4~5 月份之间。冰雪消融洪水主要特征是过程平缓，历时较长，洪峰不大，洪量不小，与升温过程关系密切，具有明显的日变化，形成一日一峰一谷的多峰过程，峰谷历时基本相同。

由于该区域冰川面积很小，故此类洪水很少发生。如阿拉沟站 1980 年 8 月 22 日洪水，洪峰流量 37.3 m³/s，整个洪水洪水过程共 180 小时。洪水发生前无降雨过程，但 8 月 15 日~20 日连续升温，最高气温达 32.5℃，洪水涨率为 1.58 m³/s。此次洪水为典型的冰雪融水洪水。

b.3 雨雪混合型洪水

雨雪混合型洪水是暴雨洪水与冰雪消融洪水叠加而形成的洪水。此类洪水在本区域较为少见，通常多发生在流域内具有冰川和永久性积雪的河流上，发生时间一般在每年的 6~8 月份之间。雨雪混合型洪水因组合不同而兼有暴雨洪水和冰雪消融洪水的特征，它又可分为两种，一种是消融洪水涨峰过程叠加暴雨洪水；另一类是消融洪水退水过程叠加暴雨洪水。雨雪混合型洪水的主要特征是前期有数日高温过程，后期遇降水天气，洪水历时长，峰高量大，在有规律的日变化过程上叠加了降雨洪峰，危险性极大，最具威胁性。

如阿拉沟水文站 1996 年 7 月 20 日洪水即为混合型洪水，7 月 5 日~19 日发生明显的升温过程，10 日和 6 日最高气温达 35.6℃，出现两次，7 月 18 日起降雨，到 20 日最大一日降水量达 11.3 mm，其他各河流也都有不同程度涨水。升温和降水过程产生峰高量大洪峰流量，并连续出现两次洪峰，阿拉沟水文站最大洪峰流量达 490 m³/s，洪水历时

三天左右，造成中下游极其严重的水毁损失

3.5.3 洪水的历史纪录

从既往的水文观测站的流量记录中抽出流量大于 50 m³/s 的流量纪录，列于表 3.5.1 之中对洪水的发生状况进行了探讨。

表 3.5.1 吐鲁番盆地 50 m³/s 以上的河流流量纪录表(到 2000 年为止)

年	阿拉沟		峡口(白杨河)		煤窑沟		柯柯亚	
	最大流量 (m ³ /s)	月/日	最大流量 (m ³ /s)	月/日	最大流 量(m ³ /s)	月/日	最大流量 (m ³ /s)	月/日
1957	69.2	7/22	62	7/22	175	7/21		
1958	82	7/17	120	7/17	188	7/18		
1959	92.3	8/9						
1961					126	8/7		
1962	86.9	7/11			71.3	8/4		
1964	76.2	8/5						
1965	66.8	7/13						
1966	51.6	8/11			98.5	7/26		
1968	66.4	7/2						
1969	234	6/26						
1970	74.2	7/25			115	7/25		
1971	96.4	7/8						
1972	56	7/31						
1974	55.3	8/28						
1975	88.9	7/4						
1976	62.2	6/25			54.2	8/2		
1979			82.6	7/27				
1980							84.9	5/28
1981			89.9	7/11	161	7/3	103	7/6
1982							115	5/23
1983					54.9	7/26	103	6/30
1984							268	7/11
1986	59	6/29	53	6/29			194	6/29
1987	131	7/27	272	7/27	181	7/27	176	6/3
1988	168	6/24					153	6/24
1989	81.3	7/19			51.6	6/30	104	6/30
1990			120	7/24	92.4	7/23	76.9	7/23
1991	93.3	7/15			157	8/10	190	8/10
1992	78.2	7/4			60.2	7/5	135	7/5
1993	57.5	7/27			169	7/18	86	7/19
1994	222	7/15	173	7/15	83.5	7/14	98.3	6/10
1995	68.1	8/14			81.7	7/17	89.7	7/20
1996	490	7/20	638	7/20	151	7/20	187	7/26
1997	137	6/24	58.8	6/24	167	7/12	85	7/12
1998	321	8/12	60.8	8/12	168	8/13		
1999	148	7/17	111	7/17	50.3	7/9		
2000	230	7/18			110	7/3		

因为柯柯亚水文站设立于 1980 年，所以没有到 1979 年为止的洪水记录。但是从 1980 年到 1997 年的 18 年之中每年都有大于 50 m³/s 的流量纪录，占在到 2000 年为止的 21 年分析期间的 85 %，可以说是吐鲁番盆地里洪水发生危险性最大的流域。另一方面，表中所列 4 条河流中，柯柯亚河的多年平均流量排序第 3，仅相当于盆地内最大河流白杨河多年平均流量的大约 2/3，但洪水发生次数却多于白杨河。

从 1980 年~2000 年 21 年洪水记录的分析中可以看出，吐鲁番盆地内各地同时发生的洪水有 4 次，分别为 1987、1994、1996 和 1997 年，占分析期间的大约 1/5。与之相对盆地内每年都有洪水发生，但多为局部的暴雨洪水。

1980 年~2000 年 21 年各河流域较大 3 次洪水的流量汇总于表 3.5.2。大洪水较多集中于吐鲁番盆地西部的托克逊县里。与之相对，在东部的鄯善县虽然洪水发生的频度较高，但洪水流量比西部偏小。

表 3.5.2 1980 年~2000 年 21 年的较大 3 次洪水流量一览

单位: m³/s

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

除了设有水文观测站的洪水记录以外，对流量不甚清楚的河流发生的洪水也进行了调查。

1996 年 6 月 26 日在煤窑沟里发生了特大洪水，虽然没有洪水流量的记录，但根据 1970 年吐鲁番水文局进行的洪水发生状况调查，推定洪水时的洪峰流量为 494 m³/s。

1987 年 7 月 27 日以大河沿河流域为中心发生了连续 30 个小时的降雨并引发了洪水。同样根据事后的调查推定当时的洪峰流量为煤窑沟河 720 m³/s，塔尔朗河 633 m³/s。

1981 年 7 月 19 日在葡萄沟附近发生了 50 分钟以内降雨 25.1 mm 的暴雨，引起 311 m³/s 的洪水流量，造成了很大的损失。

虽然在吐鲁番盆地中还有很多如上所述没有流量观测记录的较大型洪水，但因同时缺少事后的洪水调查，所以从本次探讨中省略。

3.5.4 洪水灾害

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

1981 年 7 月 19 日 20~21 时，吐鲁番的葡萄沟 50 分钟降水 25.1 mm，约是当地多年平均年降水量的 2 倍。木头沟相应发生一次毁坏性很大的暴雨洪水，其洪峰流量可达 213 m³/s，冲毁沟内小水电站、兰新铁路此段路基被冲毁，经济损失 40 余万元。

1986 年 5 月 20 日托克逊县甘沟内降大雨来洪水，冲毁托克逊托台乡的小麦、棉花 100 亩，毁机井 1 眼，渠道被毁。

1988 年 8 月 11 日托克逊县乃克沟来洪水（沟内有 1.5~1.7 m 的水头），造成博斯坦乡小排子，农科站等处受灾，冲毁 53 间房屋，11 处羊圈，淹没菜地 19 亩，葡萄 24 亩，棉花 50 亩，高粱 15 亩，瓜 6 亩，牧草 10 亩，冲走煤碳 8 吨，淹机井 1 眼，冲毁渠道 5 公里。在沟内拉运麻黄素草的 7 辆拖拉机被冲坏，汽车 2 辆冲走。

1990年7月11日托克逊县库米什镇降雨达12小时，发生特大洪灾，97户民房被淹，其中倒塌52间，冲毁高粱296亩，瓜475亩，菜275亩，棉花105亩，苜蓿110亩，葵花81亩，果树500棵。冲毁防洪土坝14.5 km，渡槽一座，机井5眼，渠道1 km，公路25公里。经济损失150多万元。

1996年托克逊发生特大洪水，冲毁了阿拉沟水文观测站。

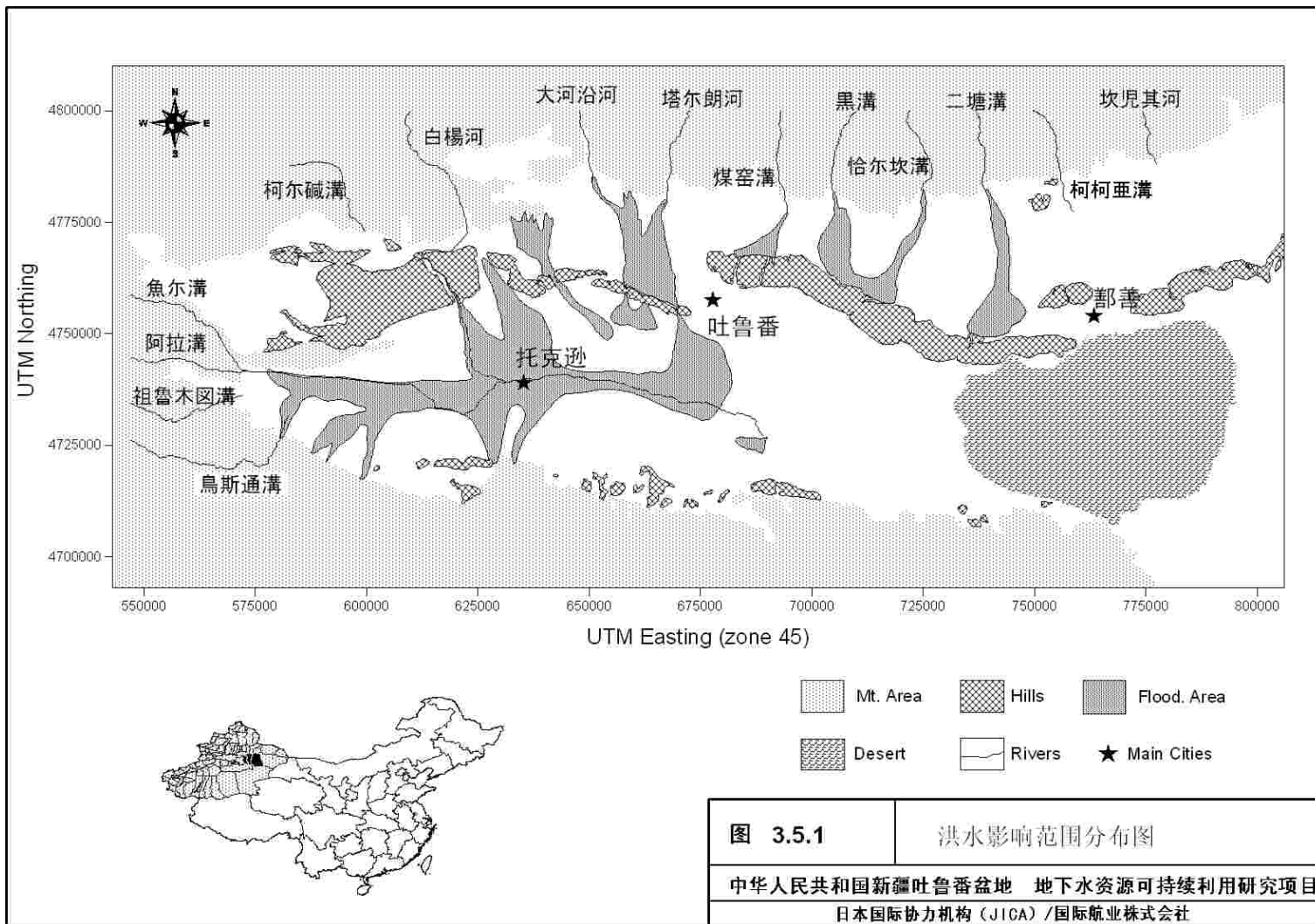
3.5.5 洪水影响范围

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

对于洪水而言，无论为了防灾还是为了利用都有必要掌握洪水的影响范围。而迄今为止的洪水调查几乎全部集中于绿洲区域内的洪水损害结果的调查，能够用以作为参考确定洪水影响区域的资料甚少。所以，在本项目的洪水影响范围图（图 3.5.1）的绘制之中确定了以下4点工作原则：

- 1) 水影响范围的探讨以吐鲁番盆地内的主要河流为中心进行。
- 2) 访问调查和现存的洪水灾害记录中可以确定的洪灾区域为中心进行。
- 3) 绿洲区域以外，迄今为止未实施过相关调查的区域，通过对古河道和地形等相关因子的综合分析推定。
- 4) 然过去经历过洪水灾害，但是由于后来的水库建设等措施，洪水的影响已经可以得到完全控制的区域不画入本洪水影响范围之中。

3-65



3.6 盆地内蒸发消耗量解析

在吐鲁番盆地水资源的补给项是由降水和区域外的流入而构成，与之相对，水资源的消耗项除了很少的流出之外，几乎全部由盆地内的蒸发而构成。因此，把握盆地内水资源的蒸发特征对水收支平衡计算和制定今后的水开发利用规划都十分重要。在本项目中，就水面蒸发和陆面蒸发分别进行了探讨。

3.6.1 水面蒸发

水面蒸发能是反映当地蒸发能力的指标，通常在气象观测站和水文观测站进行观测，既是有关天气的基本信息，也是水文解析的基础资料。水面蒸发能主要受气温、湿度、风速、辐射等气象因素的综合影响，不同纬度、不同地形条件，其水面蒸发量也不同。

a. 基本资料和蒸发量的换算

本次对吐鲁番地区蒸发消耗量解析部分共收集了吐鲁番地区蒸发资料站点为 12 处，其中气象观测站 7 处，为吐鲁番、五工区、东砍、鄯善、托克逊、库米什和奎先达板，水文观测站 5 处，为柯柯亚、坎尔其、托万买来、煤窑沟和阿拉沟。气象站大多设在平原城镇区，而水文站设在河流出口处。

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，最短的为坎尔其和托万买来水文站，只有 3 年的实测资料，由于研究区域观测站点缺少，虽然资料观测时间短，也予以选用，作为绘制等值线时的参考点。实测蒸发量数据系列合计为 268 站年。

确定水面蒸发量的主要方法是用 $\phi 20$ 观测值，然后折算成水体水面蒸发量，由于蒸发皿本身体积小、水深、仪器结构、安装形式和材料不同，周围环境的热力条件和动力条件之间的关系，与天然水体不同，一般蒸发皿所测的蒸发值比天然大水体的蒸发量大。根据水利部黄河水利委员会《黄河流域(片)水资源综合规划技术细则》(2003 年 1 月)规定，表示及利用蒸发量数据时，需要将蒸发量换算为 E 601 型蒸发器的蒸发量。

研究区域只有煤窑站有 2 年和水均衡场有 6 个月的 $\phi 20$ 和 E601 型同期对比观测蒸发资料，这两站的观测时间短，得出的结果难以反映整个研究区的折算系数。在吐鲁番地区的邻近区域有开垦河站，头道沟站，英雄桥站，博斯腾湖站也同期对比观测 $\phi 20$ 和 E601 型蒸发，计算得出折算系数为 0.58。吐鲁番地区 12 处蒸发点用此折算系数。E 601 型蒸发器的构造如图 3.6.1 所示，吐鲁番地区蒸发量的观测值和换算值汇总于表 3.6.1。

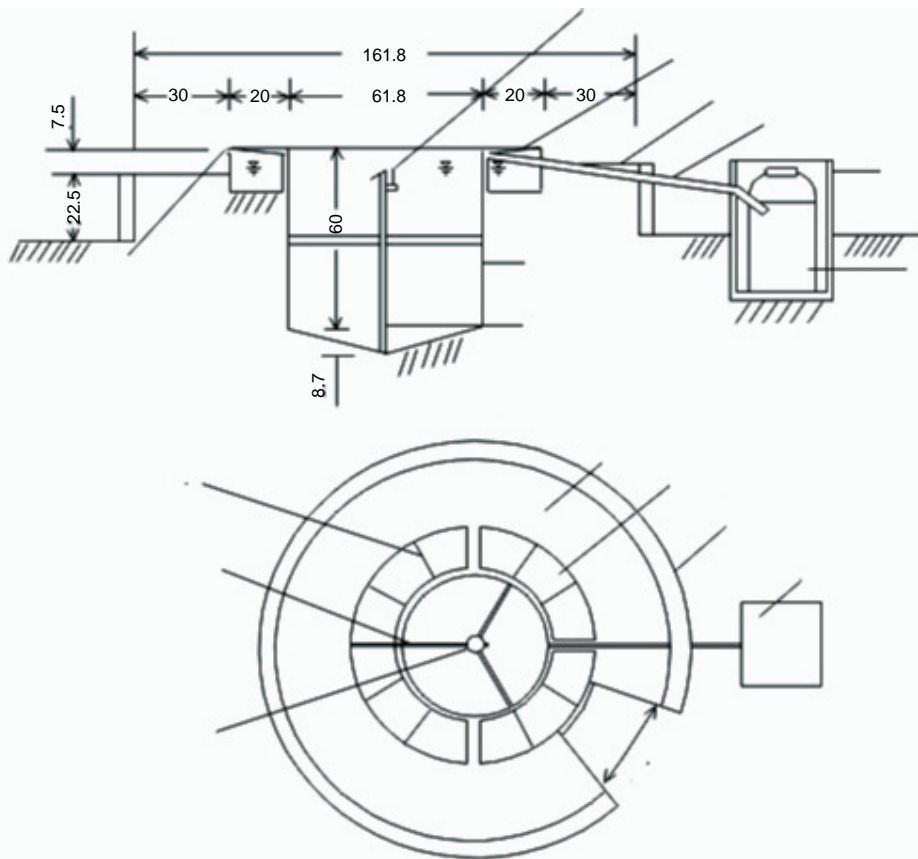


图 3.6.1 E601 型蒸发器构造图

表 3.6.1 蒸发量资料收集状况及蒸发量换算结果

	观测站	东经	北纬	观测年数	观测装置	φ20 蒸发量	E601型的换算量
1	吐鲁番	89°12'23"	42°56'03"	49	φ20	2,716.3	1,575.5
2	煤窑沟※	89°24.35'	43°10.86'	21	φ20	2,102.3	1,219.4
3	五工区	89°15'18"	43°17'06"	9	φ20	2,074.8	1,203.4
4	东坎	89°15'21"	42°50'08"	29	φ20	3,012.3	1,747.1
5	鄯善	90°14'05"	42°51'13"	46	φ20	2,632.1	1,526.6
6	柯柯亚※	90°08.48'	43°12.49'	18	φ20	2,683.4	1,556.4
7	坎尔其※	90°23.89'	43°13.07'	3	φ20	2,192.2	1,271.5
8	托万买里※	89°56'06"	43°18'04"	3	φ20	2,074.0	1,202.9
9	托克逊	88°38'11"	42°48'07"	43	φ20	3,356.2	1,946.6
10	库米什	88°13'24"	42°14'19"	21	φ20	3,041.7	1,764.2
11	奎先达板	86°54.09'	42°54'13"	4	φ20	1,962	1,138.0
12	阿拉沟※	87°52.11'	42°48.09'	22	φ20	2,223.4	1,289.6

※：水文观测站

b. 水面蒸发量的地区分布

水面蒸发量的地区分布主要受气温和湿度等气象因素的影响，一般低温和高湿区水面蒸发量小，高温和干燥区水面蒸发量大。因此水面蒸发量在地区上的分布有很大的差异。

其分布规律与降水量相反，与气温的变化规律基本相同。

根据各选用站换算成 E601 型蒸发器的水面蒸发量绘出了水面蒸发量等值线图（见图 3.6.2）由图可以看出，吐鲁番地区水面蒸发量变幅较大，最低值小于 800 mm，最大值大于 2,000 mm。吐鲁番地区北部，即天山山脉东部博格达峰南侧山区蒸发量在 800-1,400 mm 之间，在兰新铁路以南到艾丁湖一带水面蒸发量在 1400-1,800 mm 之间，吐鲁番地区南部觉罗塔克山、库鲁克塔格、帕尔冈塔格区没有水面蒸发观测站点，根据水面蒸发等值线分析，水面蒸发量大于 1,800 mm。

c. 水面蒸发量的年内及年变化

c.1 蒸发能的年内变化

吐鲁番地区的主要气候特征是干燥、高温、多风属独特的温暖带干旱荒漠气候。水面蒸发量的年内变化主要受日照、气温、风力、水气压、湿度等因素的影响。

为了分析研究吐鲁番地区的水面蒸发量的年内变化特征，选用吐鲁番地区 12 个站作为代表站进行分析（见表 3.6.2）。最大四个月水面蒸发量都出现在 5-8 月份，占年水面蒸发量的 59.2-64.0 %。在四季中夏季（6-8 月）气温高，蒸发量也大，占年水面蒸发量的 43-49 %。春季（3-5 月）多风，水面蒸发量就大于秋季，冬季气温低，水面蒸发量最小。

月最大水面蒸发量出现在 6 月或 7 月，占年蒸发量的 14-18 %。月最小水面蒸发量出现在 1 月或 12 月，占年蒸发量的 0.7%~1.7 %。

表 3.6.2 调查区域中蒸发能的年内变化

观测站	标高	多年平均蒸发能 (mm)												不同季节蒸发能				最大四 个月蒸 发能	年平均 蒸发能
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	春季	夏季	秋季	冬季		
柯柯亚	1,140	12.9	26.3	81.7	157.4	236.3	259.7	258.3	237.7	158.9	84.4	31.7	11.1	475.4	755.7	275.0	50.3	992.0	1,556
托万买里	1,500	16.5	27.6	55.7	143.7	195.0	197.9	168.8	150.5	120.0	78.5	32.4	16.5	394.4	517.1	230.8	60.6	712.1	1,202
坎尔其	1,300	14.0	24.7	48.8	120.1	187.6	207.4	206.7	196.9	137.8	77.3	34.3	16.0	356.5	610.9	249.4	54.7	798.5	1,271
鄯善	378	13.6	30.6	88.8	161.1	226.1	249.4	255.3	218.5	148.1	85.5	35.3	14.3	476.0	723.2	268.9	58.5	949.3	1,526
吐鲁番	35	11.3	29.8	94.8	171.7	238.6	271.1	274.2	225.2	143.4	74.9	29.3	11.0	505.1	770.5	247.6	52.2	1009.1	1,575
煤窑沟	1,400	12.0	25.2	63.1	125.3	186.3	202.6	199.5	176.3	119.8	67.4	29.4	12.3	374.8	578.5	216.7	49.5	764.8	1,219
东坎	-49	13.1	34.2	104.0	192.6	270.7	296.2	291.5	236.3	166.0	92.5	36.7	13.5	567.3	824.0	295.2	60.7	1094.8	1,747
五工区	1,708	20.5	24.8	72.1	114.6	171.3	169.8	185.0	188.5	124.0	77.4	35.2	20.2	358.0	543.2	236.6	65.6	714.6	1,203
阿拉沟	882	10.6	25.6	70.3	134.8	194.4	206.2	210.3	187.7	132.6	76.0	29.7	11.4	399.4	604.2	238.4	47.6	798.5	1,289
托克逊	1	13.7	39.5	125.3	223.2	298.2	319.5	324.8	261.9	178.8	104.1	44.0	13.6	646.6	906.3	326.9	66.7	1204.4	1,946
库米什	922	14.2	31.1	91.3	179.9	260.1	276.4	286.3	266.5	194.4	107.1	41.6	15.3	531.3	829.2	343.1	60.6	1089.3	1,764

c.2 蒸发能的年变化

由于吐鲁番地区影响水面蒸发量的气温、湿度、风力、日照等气象因素年际变化不大，所以水面蒸发量的年际变化也不大。为分析水面蒸发量的年际变化，选用了吐鲁番地区 5 个观测年限较长，资料代表性好的观测站进行统计分析（见表 3.6.3）。从表可以看出水面蒸发量极值比在 1.37-2.03 之间。变差系数 Cv 在 0.09-0.18 之间。说明吐鲁番地区水面蒸发量年际变化比较稳定。

表 3.6.3 蒸发能的年际变化表

站名	多年平均水面蒸发量 (mm)	Cv	最大		最小		极值比
			年蒸发量 (mm)	发生年份	年蒸发量 (mm)	发生年份	
吐克逊气象	3356.2	0.14	4107.2	1961	2279.0	1998	1.80
阿拉沟	2223.3	0.18	3162.7	1999	1561.2	1988	2.03
吐鲁番气象	2716.3	0.12	3608.2	1956	2284.0	1952	1.58
煤窑沟	2099.8	0.10	2446.5	1980	1781.3	1994	1.37
鄯善气象	2632.1	0.09	3092.2	1959	2109.0	1984	1.47

3.6.2 陆面蒸发

水面蒸发或者成为蒸发能是指有充分的水源补给能够保证水面蒸发时的最大可能蒸发量，通常条件下的河流和湖泊池塘的水面的蒸发量即可考虑为蒸发能。但是，在陆地条件下，除了水面以外有土壤和岩石覆盖的部分。通常从土壤中的蒸发量小于蒸发能。在湿润区或供水较充分的地区，陆面蒸发量与水面蒸发相差较少，但是在干燥区域，由于土壤水分补给不足，实际的土面蒸发和蒸发能之间可以有数倍甚至数 10 倍的差距。

水面以外的陆地的蒸发量除了气候条件之外，还受构成陆地的岩质、土质，或者土壤的粒径、构造的等复杂因素的影响。通常通过实验而不是理论式来求得。调查区域内保存有 1989 年 10 月~1992 年 5 月土面蒸发量实测结果。根据这些结果和水收支平衡的原理对吐鲁番盆地的陆面蒸发量进行了探讨。

为了方便起见，根据水量平衡原理，利用降水，径流加以计算，按径流的产生，运转、消散特征将吐鲁番地区分成三个大区域，分别对其陆面蒸发量进行了探讨：

- 1) 山区径流形成区（海拔 1,000 米以上的径流形成区）
- 2) 平原径流运转区（北部海拔 1000 米以下，库木塔格荒漠区以上地区）
- 3) 盆地无流区（库木塔格荒漠区）

a. 山区径流形成区

由于吐鲁番地区山区径流形成区没有陆面蒸发观测站，因此根据水量平衡原理，用多年平均降水量等值线与多年平均年径流深等值线图重叠在一起，找出交叉点的降水量与径流量用水量用以下平衡方程式求解多年平均陆面蒸发量：

$$\bar{E} = \bar{P} - \bar{R}$$

式中：

\bar{E} 为陆面蒸发量

\bar{P} 为降水量

\bar{R} 为径流深

虽然应该在以上水收支式的右侧加上地下水渗入量的项，但是因为相关资料不足，同时根据既往的调查、研究结果中的计算值和推测值可以认为降水的地下的渗入量较少，所以从上式中省略了。该项省略的结果为以上式进行计算得出的结果会比实际的蒸发量略大。计算结果按不同流域和不同行政区划分别汇总于表 3.6.4和表 3.6.5之中。

表 3.6.4 吐鲁番地区径流形成区陆面蒸发量（水资源分区）

四级流域区 名称	总面积 (km ²)	1000米以上面积 (km ²)	陆面蒸发量 (mm)
托克逊两河河区	9688	3449	86.4
吐、鄯七河河区	12838	4414	259.6
坎尔其河区	8035	2485	173.9
合计	30561	10348	181.3

表 3.6.5 吐鲁番地区径流形成区陆面蒸发量（行政区）

四级流域区 名称	总面积 (km ²)	1000米以上面积 (km ²)	陆面蒸发量 (mm)
托克逊	14318	2902	93.5
吐鲁番	15480	3360	214.3
鄯善	36941	4086	216.4
合计	66739	10348	181.3

b. 平原水资源消耗区

平原区域在吐鲁番盆地属于水资源消耗区。但是，平原区域还进一步可以分为有河流水、泉水等各种形式水源补给的区域和几乎没有地表水补给的区域。

吐鲁番地区南部的觉罗塔克山，库鲁克塔格山，帕尔风塔格山区域降水量稀少，又无径流形成，在水资源分区时被划为荒漠区，该区降水量基本等于蒸发量，根据水量平衡方程 $P = R$ 求得陆面蒸发量为 13.7 mm。

吐鲁番盆地内能够得到河流补给的区域为各主要河流的流域。此外沿着火焰山涌出的泉水也成为一部分平原区的地表水供给源。进而，通过灌溉设施和水渠等水利设施使得一些在自然条件下几乎没有地表水供给的地区得到了地表水的供给，成为以农田为主的绿洲。在绿洲区域所有水资源最终都经蒸发而消耗，但是土壤表面的蒸发量并各地均匀，而是随植物分布和地下水的深浅等变化。所以，为了探讨这种以灌溉为主要方式的供水区域的陆面蒸发量，需要分别探讨植物分布和地下水等因素的影响。

b.1 无植被区

根据《新疆吐鲁番水均衡试验场潜水蒸发入渗模拟试验总结报告》的结论，随潜水埋深的增大而蒸发量减小，当潜水位增大到一定深度时，潜水蒸发量取于零，这一深度即为潜水蒸发极限深度。据次吐鲁番地区潜水埋深大于 5.5 米时，潜水蒸发量取于零，根据潜水蒸发等值线图潜水埋深大于 5.5 米处降水量等于陆面蒸发量。潜水埋深小于 5.5

米处水面蒸发量乘以潜水蒸发系数得陆面蒸发量。潜水蒸发系数根据《新疆吐鲁番水均衡试验场潜水蒸发入渗模拟试验总结报告》的结论见表 3.6.6。

表 3.6.6 潜水蒸发系数表

潜水埋深	0.5米	1.0米	2.0米	4.0米	5.5米
潜水蒸发系数	0.164	0.111	0.042	0.023	0.012

b.2 植被区

潜水埋深大于 5.5 米时（4—10 月）陆面蒸发量根据以下公式计算

$$E_{陆} = P + R - D$$

式中：

$E_{陆}$ 为陆面蒸发量

P 为平均降水量

R 为灌溉水量

D 为回渗量

回渗量根据经验常以灌溉用水量和降落渗入系数的积来求得。根据新疆吐鲁番水均衡试验场的实验结果，吐鲁番盆地灌溉用水的渗入系数值为 0.2449。

地下水位小于 5.5m 时，可以根据以下水均衡式计算陆面蒸发量。

$$E_{陆} = P + R + -D$$

式中：

$E_{陆}$ 为陆面蒸发量

P 为平均降水量

R 为灌水量

$E_{地下水}$ 为潜水蒸发量

D 为回渗量

顺带说明，植被区的陆面蒸发量的推定方法要以有植物和灌溉水为前提条件，每年的 11 月到第 2 年 3 月，即没有植物生长又没有灌溉用水时，农田的陆面蒸发量和无植被区的陆面蒸发量的计算方法相同。

3-73

