

中国科学院
地理研究所资料室

登記日期

編 号

中国科学院治沙队1961年治沙科学研究总结会议

和田河且末河正常年迳流
量及迳流年内分配的
研究

水利和水文地质研究组

执笔人：李洪泽
芮朝抗（中国科学院治沙队）

一九六一年十二月·呼和浩特

— 1 —

和田河且末河正常年径流量及径流 年内分配的研究

和田河位于塔克拉玛干沙漠的南界，发源于崑崙山和喀拉崑崙山。和田河由喀拉喀什河和玉龙喀什河汇流形成，中下游经过塔克拉玛干大沙漠，洪水期河水可穿过塔克拉玛干沙漠汇入塔里木河。由于喀王两河流域地理位置一致，且均以高山冰雪融水为主要补给，所以将只着重研究喀拉喀什河。喀拉喀什河集水面积为1557平方公里，径流形成带在4000—5000米以上。

在这高度上，年降水量为100—150毫米，降水多以降雪为主。在5000—6000米高程以上降水完全以降雪为主。在3200—3500米高程以下，年降水量只有30—200毫米；该地带复盖着透水性很高的约黄土状亚沙土，降水差不多全贮蓄在亚沙土中。以后全被蒸发掉。

且末河（也称为车尔成河）位于塔克拉玛干沙漠东南界，发源于阿尔金山。高山年降水量很少，在山前站且末站年降水量只有10毫米左右。且末河几乎完全靠冰雪融水补给。

为了充分开发两河沿岸的荒地和改造利用沙漠，必须摸清水利资源。由于实测水文资料年限很短（3—5年），首先必须插补和延长径流系列，才能对正常年径流量和年内变化进行正确的分析研究。中国科学院新疆综合考察队和田专署水利局对和田河、且末河的径流量进行了一些研究。他们利用了和田站气温与喀王两河河道的流量关系，以及和田站约600毫米等压面的气温与两河的流量关系来推求两河的正常年径流量。即采用 $Q = f(t_{\text{高山}})$ 及 $Q = f(t_{\text{地压}})$ 来推求正常年径流量。他们的方法都没有考虑到高山降水和前期水量对径流的影响，因而他们所得的结果看来要偏小。对于且末河，他们只有采用一年的实测资料作为正常

值，显然是有偶然性的。为此，有必要来探讨更多的途径来确定和田河，且末河的年径流量，并进一步弄清其多年变化及年内变化。

(一) 年径流量的计算：

在喀拉喀什河有乌鲁瓦提水文站（有1956—1960年资料），五塔喀什河有帕什塔克水文站（有1956—1960年资料）；此外，在和同河还有和田气象站（有1942—1960年资料）。在且末河有且末水文气象站（有1957—1960年的水文资料及1933—1960年的气象资料）。以上这些水文、气象站都是分佈在山前地区，高山地区，在3700米高程上仅有赛图拉气象站（有1951—1960年资料）。这次的分析研究工作是建立在上述资料的基础上。由于和田站的气温资料1946—1951年7月份不太可靠而偏小，有些年份（1944, 45, 47, 51, 53）全年各月的气温不全。因此，在计算中未采用和田站1946—51年的资料。

1. 估算方法

高山正气温在一定程度上能够反映出积雪融化的强度，而积雪融化的强度也反映了径流的形成过程。赛图拉高山气象站与和田气象站的月平均气温有着密切的关系，其温度梯度10—3月为 $0.23^{\circ}\text{C}/100$ 米，4—9月为 $0.72^{\circ}\text{C}/100$ 米。所以，平原地区的气温可间接地反映出高山的气温，从而可以利用平原地区气象站的气温资料来插补水文资料。在插补过程中，还应考虑前期冰雪及高山降水等对径流的影响。下面将分别从研究气温与流量关系出发，的几种探讨正常年径流量的方法：

(1) 多年月平均流量和同期的月平均气温相关法。如果利用一年的月平均流量和月平均气温相关，则其相关的点子较散乱；这说明河川径流还受着其他因素的影响。利用多年月平均流量和同期的月平均气温相关，则关系较好。流量与气温的关系，在一年

内的各月时期是不一样的，因而，可能得出几根关系曲线。这一方法基本上与新疆综合考察队及和田专署水利局所采用的方法相同，所不同的是他们采用了月平均流量和气温的相关关系来推求年径流量。

(2) 累积月平均流量与累积月平均正气温相关法。某月河川径流的形成是与前期的热量、水量有关的。从融雪过程中就可观测到这一现象。如果假设在气温转正后第一个月，在某温度作用下，融雪出水深度为 a ；第二个月在同一温度作用下的融雪出水深度为 b ；第三个月为 c ，则 $c > b > a$ 。其次，某个月的河川径流还受前一个月的河槽调蓄的影响，在当月气温作用下所形成的融雪出水并不完全在当月流出断面，而是以地下水的形式经更长的时间才能变为河川径流流出断面。此外，月末高山上融雪出水须要经过一定的集流时间才能流出断面，所以，在一个月的月末几天的气温作用下所形成的径流就不能在当月流出断面。如果不用累积的方法，那么这一部份流量在本月就无法考虑。为了能够真实地反映出径流形成的客观规律，考虑前期水量和槽蓄等影响，必须采用累积的办法。在气温转负后径流与气温间的关系就成为另一种形式。在这段时间内河川径流的补给主要以地下水补给为主，因此流量比较稳定。在气温转负后，可以采用月平均负气温与月平均流量相关或采用累积负气温与月平均流量相关的方法来插补径流资料。累积负气温与月平均流量间存在着较好的关系，累积负气温反映了河流结冰、封冻情况，河流的结冰时间愈大，冰层愈厚，在同一水位下流速受影响愈大，流量愈小。

(3) 水文季节累积月平均流量与累积月平均气温相关法。由于太阳的辐射强度在各个季节是不同的，气温有多年均的变化，因而对径流形成的影响在各个季节也不尽相同。所以可利用实测的水

文资料进行分析，根据径流在年内的变化情况，把水文年划分为春、夏、秋、冬四个季节：3—5月为春季枯水期，6—8月为夏季丰水期，9—11月为秋季平水期，12—2月为冬季封冰期。这样就能反映出不同季节气温与流量间的关系。不同降水年份的气温与流量间的关系也是不一样的，因而也必须分别考虑，即可分为丰水年、平水年与枯水年，分别绘出两者的关系，这样就考虑了高山降水对径流的影响。

二、正常年径流计算的结果。

(1) 多年月平均流量与多年月平均气温相关法。利用喀拉喀什河乌鲁瓦提站1956—1960年的实测月平均流量资料5年逐月平均与和田气象站同期的5年逐月平均气温相关点绘成图(1)。同理利用且末河且末站的多年月平均流量与且末气象站多年月平均气温点绘相关图，如图(2)。由于流量与气温间的关系在一年内的各个时期是不一样的，因此，在图(1)中得出1—7月及8—12月两关系线；在图(2)中得出5—9月及10—4月两关系线。有了图(1)及图(2)后，便可利用和田、且末气象站具有较长年份的多年逐月平均气温，分别在图(1)及图(2)上插补出所要推求的多年逐月平均流量资料。将所插补的多年逐月平均的流量平均后即得正常年径流(表1、2)。

经过计算得：喀拉喀什河乌鲁瓦提站正常年径流值为69.8秒立方米；玉龙喀什河为79.4秒立方米；利用与喀拉喀什河的年平均流量相关推求的和田河正常年径流为149秒立方米；且末河的正常年径流为15.2秒立方米(表3)。

(2) 累积月平均流量与累积年平均正气温相关。

利用喀拉喀什河乌鲁瓦提站1956—1960年的实测月平均流量资料5年逐月平均与和田气象站同期的5年逐月平均气温的相关点绘成图(1)。同理利用且末河且末站的多年月平均流量与且末气

象站多年月平均气温点绘相关图，如图(2)。由于流昂与气温之间的关係在一年内的各个时期是不一样的，因此，在图(1)中得出1~7月及8~12月两关係线，在图(2)中得出5~9月及10~4月两关係线。有了图(1)及图(2)后，便可利用和图，且末气象站具有较长年份的多年逐月平均气温，分别在图(1)及图(2)上插补出所要推求的多年逐月平均流昂资料。将所插补的多年逐月的平均流昂平均后即为止常年逐流(表102)。

经过计算得喀拉喀什河乌鲁瓦提站止常年逐流值为69.8秒立米，玉龙喀什河为99.4秒立米(利用与喀拉喀什河的年平均流昂相关推求的，表3)，和图河的正常年逐流为149.2秒立米；且末河的正常年逐流为15.2秒立米。

(2) 累积月平均流昂与累积月平均正气温相关

由气象资料可以看出，高山气温是4月开始转正，10月开始转负。因此，由融雪所形成的逐流是以5月份进行累积至9月份为止，气温也是同期累积。以喀拉喀什河乌鲁瓦提站，且末河且末站的57~60年实测流昂资料进行累积，然后分别与和图、且末气象站的同期累积气温点绘相关图。在枯水期乌鲁瓦提站利用年平均正气温与平均流昂相关，得1~4月及10~12月两根关係曲线这是因为10~12月流昂受槽蓄影响的结果(图3、4、5)；且末站利用累积月平均负气温与月平均流昂相关，得出10~4月一根关係曲线，这是因为流域面积小，槽蓄影响不太显著的结果(图6)。

利用实测的流昂资料点绘 $\Sigma Q \sim \Sigma T$ 之后，用和图站1942~1956年的气温及且末站1953~1956年的气温分别逐年进行累积，并分别在图(3、4、5、6)上查出累积月平均流昂。各月的月平均流昂，可用下式求之：

$$Q_n = \Sigma Q_n - \Sigma Q_{n-1}$$

式中 Q_n ：某月的月平均流昂以秒立米表示。

ΣQ_i : 累积至某月的平均流量以秒立米表示。

ΣQ_{i-1} : 累积至某一月前的月平均流量以秒立米表示。

经计算得: 喀拉喀什河正常年径流为 69.5 秒立米 (表 4), 玉龙喀什河正常年径流为 76.4 秒立米, 和田河正常年径流为 145.9 秒立米; 且末河正常年径流为 15.2 秒立米。

(3) 按水文季节累积月平均流量与累积月平均气温相关:

根据已划分的水文季节累积喀拉喀什河乌鲁瓦提站和且末河、且末站 1957~1960 年春、夏、秋三个季节的实测流量资料, 以及和田及且末气象站春、夏、秋、冬四个季节月平均气温, 并按不同的降水年份绘两者的关系曲线。(参图 8) 在冬季, 上述二河均是採用累积月平均负气温与月平均流量相关, 而不是与累积月平均流量相关。

得到图 8 后, 可利用和田站 1942~1956 年的气温及且末站 1953~1956 年的气温按上述方法累积后, 分别在图 7 及图 8 查出历年逐月的月平均流量或累积月平均流量。在推求过程中首先确定所插补的年份中哪一年是丰水年, 哪一年是中水年或枯水年, 这样所推求的年平均流量才能考虑到降水对径流的影响。一般可根据调查访问, 对某年份的水文情况作一个定性的判断。如在推求喀拉喀什河的正常年径流时, 确定 1946 年与 1956 年为丰水年, 因为这两年的气温较高, 而和田专署水利局也认为 1956 年是洪水年。这样就能在不同的关系曲线上求出结果。所查出的结果是累积月平均流量, 若求得某个月的流量就须要进行换算 (表 5.6)。

以喀拉喀什河为例, 求 1956 年 5 月的月平均流量, 1956 年 3~5 月的累积平均气温为 48.6°C 3~4 月为 26.1°C , 该年为丰水年, 在图 (7) 3~5 月丰水年的曲线上查得 3~5 月的累积平均流量为 132 秒立米, 3~4 月为 68.8 秒立米。则 5 月份的月平均流量为 $Q_5 = \Sigma Q_5 - \Sigma Q_4 = 132 - 68.8 = 63.2$ 秒立米。同理便可推求

历年逐月的月平均流量和正常年径流。

经过计算得：塔拉喀什河的正常年径流为69.5秒立米。且末河的正常年径流为14.9秒立米。

上述三种方法求得结果都比较接近，并且精度较高，各方案的误差都不超过10%，这就说明所得的结果是比较满意的。塔拉喀什河的正常年径流利用第一法求得为69.8秒立米，精度为96%；第二法求得为69.5秒立米，精度为95%；第三法求得为69.5秒立米，精度为96.8%。且末河的正常年径流，利用第一法求得为15.2秒立米，精度为98%；第二法求得为15.1秒立米，精度为96%；第三法求得为15.4秒立米，精度为94.64%。根据以上计算正常年径流塔拉喀什河采用70秒立米，玉龙喀什河采用72.4秒立米；和田河采用14.94秒立米；且末河采用15.0秒立米。（中国科学院新疆综合考察队求云和田河径流总量为39亿立米（新疆水利厅求云塔拉喀什河的正常年径流是58.9秒立米，玉龙喀什河是63.5秒立米，且末河为15.0秒立米。）

第一法较为简便，但推求某一年的平均径流时误差可能较大而且不能推求出具体的年份的逐月平均流量。只能求得多年的平均值。第二法优于第一法，能够根据具体年份的气温资料推求逐月的月平均流量。利用累积的方法能够较客观地反映径流形成过程中前期热势、水势及蓄蓄等影响。其缺点是计算比较复杂。第三法除了具有第二法的优点外，最大的优点是能够较客观地反映降水对径流的影响。如果有较多的实测资料，可以更真实地根据丰、平、枯水年分别制作关系曲线，从而进行必要的插补。其缺点也是计算比较复杂。以上三种方法都是初步的探讨，还需应用更多河流的实测资料来加以验证。

3. 年变差係数的确定

径流的年变差系数 (C_r) 表示历年径流的变化情况。 C_r 值

大，说明连流年间变化剧烈； C_v 值小，表示连流年间变化平缓。 C_v 值的大小将影响多年调节库容的大小。 C_v 值的计算可由下式表示：

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad \text{--- (1)}$$

$$\text{或：} C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad \text{--- (2)}$$

资料十五年以下用(1)式，十五年以上用(2)式。

式中： K_i ：各年之连流的变率。（ $K_i = \frac{Q_i}{Q_0}$ ， Q_i 为年连流量； Q_0 为正常年连流量。）

n ：为资料的年限。

经过计算得：塔拉喀什河 $C_v = 0.14$ ；玉龙喀什河 $C_v = 0.18$ ；和田河 $C_v = 0.15$ ；且末河 $C_v = 0.05$ 。由计算结果可看出，和田河和且末河的连流多年变化是不大的，因而水库可以不必进行多年调节。

(二) 连流年内变化

连流年内分配的不均匀性，有很多表示方法，除了应用连流年内月分配百分比（表8；9，10）及一年内最大，最小流量百分比表示外，还可利用连流分配不均匀系数表示。

$$C_L = V/W, \quad C_L^0 = \frac{\sum C_L}{n}$$

C_L —连流不均匀系数（ C_L^0 为多年平均值）；

V —某年达到完全调节所需的库容。

W —某年的年连流总量；

n —资料年限。

经过计算得：塔拉喀什河 $C_L^0 = 0.48$ ；玉龙喀什河 $C_L^0 = 0.57$ ；且末河 $C_L^0 = 0.28$ 。

C_L 不仅说明径流在年内的不均匀性，而且还表示水库完全年调节所需要的库容：

$$V_p = C_L W_p$$

V_p —某一设计频率的库容；

W_p —某一设计频率的径流总量；

C_L 值愈大， C_L 所需的完全年调节库容亦大。

(三) 结束语

1. 本报告是在新疆综合考察队及和田专署水利局工作的基础上，进一步探讨了推称正常年径流的方法。这些方法改变了气温、前期热量和水量、降雨以及槽蓄量对径流形式的影响，所得的精度比较高。

对于以冰雪为主要补给来源的河流，也可试用报告中的方法来估称其正常年径流量。

2. 根据计算，喀拉喀什河的正常年径流量为 22 亿立方米，玉龙喀什河为 25 亿立方米，和田河为 47 亿立方米，且末河为 4.7 亿立方米；

3. 由于和田河、且末河多以冰雪补给，年径流量是在多年间的变化不大。和田河 C_v 值为 0.15，且末河 C_v 值为 0.05。这说明在该地区水库不需要进行多年调节；

4. 和田河、且末河径流在年内分配极不均匀。如喀拉喀什河夏季的径流占年径流的 74%，且末河则占 45%。为了充分利用水利资源，扩大灌溉面积，必须在适当的地点修建多年调节水库。

表(1) 喀拉喀什河多年月平均流量
(根据1942~1960年和田站气象资料插补得)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
各月平均流量 (秒立米)	9.1	10.0	11.6	19.4	42.7	85.0	28.7	24.8	69.5	25.3	19.0	10.3
正常年总流	69.8秒立米 (总流量 = 22.0亿立米)											

表(2) 且末河多年月平均流量
(根据1954~1960年且末站气象资料插补得)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
各月平均流量 (秒立米)	4.3	6.5	12.4	24.2	22.5	22.0	35.9	24.1	6.8	10.5	2.5	12.1
正常年总流	15.2秒立米 (总流量 = 4.88亿立米)											

表(3) 用喀河查得玉河流量数据表

年份	1942	1943	1944	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
站名											
喀河流量	65.3	62.3	62.4	82.0	63.0	62.9	93.0	64.2	63.9	75.7	70.1
玉河流量	73.6	70.5	70.6	94.0	71.2	71.1	112.5	71.1	75.0	85.4	78.2
正常年总流	79.4秒立米 (年总流量 = 25亿立米)										

注：以下各表凡有注(*)者为延长资料

表(4) 塔拉喀什河年径流(塔里木月平均
流量与累积月平均气温相关求得)

年 份	5~7月	10	11	12	1	2	3	4	年平均 流量 (秒立米)
1942	698	24.5	13.1	11.3	9.9	9.0	13.0	20.8	65.3*
1943	655	20.7	12.4	12.0	9.7	9.3	11.4	17.1	62.3*
1944	656	21.0	13.2	11.0	8.6	9.2	11.6	18.5	62.4*
1953	890	21.0	13.5	11.7	8.7	9.6	11.9	18.5	62.0*
1954	654	22.0	13.7	11.5	8.5	9.1	11.2	26.8	63.0*
1955	656	25.8	13.4	12.5	8.6	9.4	11.8	16.0	62.9*
1956	1005	32.0	20.5	11.6	14.2	9.7	8.9	55.0	93.0
1957	667	23.6	14.4	13.5	8.0	6.6	12.3	18.6	63.2
1958	662	19.7	11.6	13.7	9.2	11.0	12.1	22.9	63.9
1959	782	43.5	13.2	11.1	9.1	11.0	11.9	18.2	75.7
1960	742	21.4	14.7	9.8	11.5	10.1	9.7	14.4	70.1
正常年流量	69.5 秒立米 (总流量 = 21.9 亿立米)								

表(5) 喀拉喀什河干流月平均流量 (按水文季
节累积月平均流量与累积月平均流量相关求得)

年 月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均 流量 (秒立米)
1942	9.5	11.3	10.0	25.0	30.0	95.0	270	225	57.5	27.0	10.0	10.7	69.0*
43	6.3	5.8	8.0	22.0	31.0	70.0	265	245	58.0	22.5	2.5	11.4	56.5*
44	6.2	5.8	8.0	10.5	32.0	70.0	265	225	55.0	23.0	7.0	11.7	60.0*
1946	9.1	11.8	11.0	57.0	67.0	110	300	345	57.5	23.0	17.0	9.9	87.0*
47	6.3	6.4	12.5	26.0	31.5	75.0	250	235	60.0	21.5	28.5	11.1	39.5*
48	10.2	12.0	7.0	25.0	27.5	70.0	225	250	57.0	23.0	23.5	12.0	53.4*
49	8.1	10.0	6.0	24.5	27.0	70.0	245	245	57.0	22.5	8.0	11.3	61.5*
50	8.9	7.2	7.0	21.0	30.0	75.0	255	235	56.0	20.0	5.0	9.1	61.0*
51	8.3	12.4	4.0	29.5	30.0	70.0	260	235	53.0	27.5	17.5	11.3	63.3*
1953	7.2	9.0	9.5	23.0	35.5	90.0	285	245	65.5	19.0	15.5	9.8	67.8*
54	5.1	4.8	6.5	28.0	31.0	75.0	255	245	57.5	24.5	16.0	8.4	63.7*
55	4.7	5.0	9.0	20.0	30.5	80.0	255	250	58.0	27.5	28.0	14.2	70.0*
56	14.2	7.7	8.9	55.0	63.2	130	405	350	61.5	32.0	20.5	11.6	96.5*
57	8.0	6.6	12.3	18.6	35.0	87.8	286	206	54.3	23.6	12.4	13.5	64.3*
58	9.2	11.0	12.1	22.9	27.2	81.5	270	230	66.9	19.7	11.6	13.7	63.9*
59	9.1	11.0	11.9	18.2	33.5	118	241	235	154	43.5	15.2	11.1	75.5*
60	11.5	10.1	9.7	14.4	36.4	86.1	272	287	66.5	21.4	14.7	9.8	70.1*
平均	8.3	8.6	9.1	26.0	35.6	86.5	274	250	65.5	25.0	15.0	10.9	67.4
%	1.0	1.0	1.1	3.3	4.4	10.6	33.7	30.7	8.1	3.1	1.8	1.2	100
季 %	3.2			8.8			75			13			

表 16) 且末河年逐流

(按水文节季累积月平均与累积月平均流量相关分析)

年份 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均 流量 (厘米)
1953						21.0	33.0	29.0	2.0	23.0	2.5	5.7	
54	3.9	3.9	10.5	18.5	21.3	21.0	30.0	29.0	2.5	16.0	4.5	4.3	13.8
55	3.8	3.8	13.0	15.0	24.0	21.0	31.0	30.0	2.0	23.0	2.5	13.0	15.2
56	4.4	4.1	12.0	19.0	25.0	20.0	33.0	30.0	2.0	23.0	2.0	4.0	14.9
57	4.3	4.4	10.5	12.7	20.0	16.4	35.8	26.6	12.3	10.8	9.2	9.5	13.7
58	4.4	9.0	16.5	27.0	23.5	21.4	33.2	31.6	1.5	4.0	4.6	10.6	15.7
59	4.0	3.7	12.0	36.0	17.6	27.8	46.4	8.1	1.9	3.8	3.6	9.5	14.6
60	4.3	8.2	15.3	21.4	28.6	18.7	22.0	24.2	11.5	13.7	12.5	7.2	15.7
平均	4.2	5.3	12.8	21.3	22.9	20.9	33.0	25.6	4.8	12.1	5.6	8.3	14.9
月 %	2.4	3.0	7.2	12.1	12.9	11.8	18.7	14.5	2.7	6.8	3.2	4.7	100
季 %	10.1			32.2			45.0			12.7			100

表(17) 塔拉塔什河迳流量的年内月分配

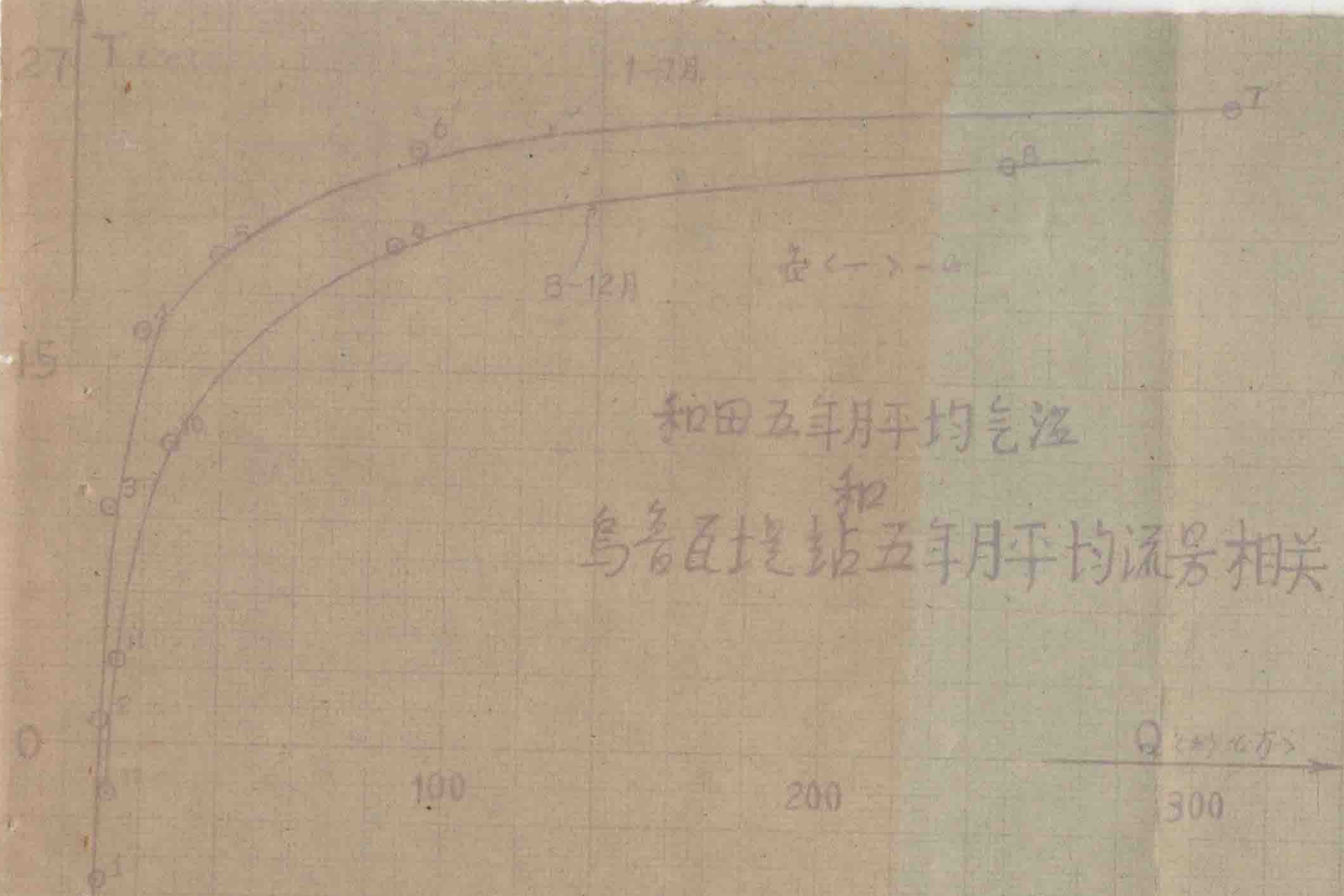
月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
多年平均月 流量(秒立米)	9.1	12.0	4.6	19.4	42.7	85.0	287	248	695	25.3	19.0	10.3
%	1.09	1.20	1.39	2.32	5.0	10.15	34.27	29.6	8.30	3.20	2.27	1.20

表(18) 且末河迳流量的年内月分配

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
多年平均月 流量(秒立米)	4.2	5.3	12.8	21.3	22.9	20.7	33.0	25.6	4.8	17.1	5.6	8.3
%	2.4	3.0	7.2	12.1	12.9	11.8	18.7	14.5	2.7	6.8	3.2	4.7

表(19) 塔拉塔什河及且末河各季节迳流量佔年迳流量的百分比

河 名	春 季	夏 季	秋 季	冬 季
塔拉塔什河	8.7	74.0	13.8	3.5
且 末 河	32.2	45.0	12.7	10.1



和田五年月平均气温
和
乌鲁克提站五年月平均流量相关