

热红外遥感用于陡河水库生态环境研究

濮静娟 董卫东 关燕宁

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

曲修霞

(唐山市环境监测中心 唐山 063000)

摘 要 由航空成像光谱仪热红外图象、红外辐射温度等遥感数据,和环境调查非遥感数据相结合,从水库水体热污染、悬浮物污染、库区内水草生长对水体散热影响等方面的生态环境因素分析,讨论作为唐山市饮用水水源地的陡河水库,其水质如何控制在《地面水环境质量》III类水质标准。确保2000年后唐山市居民有高质量的饮用水。

关键词 红外辐射温度,热污染,生态环境

陡河水库水体质量的好坏,不仅关系到唐山市地表水饮用标准,还会影响冷却水散热效能,故而对库水的质量需要监测。常规监测通常只能了解监测断面上污染状况,而采用航空热红外遥感能快速、准确地获得大面积温度图象,调查水体表面温度分布状况和面积,研究水体污染程度和时空变化规律,分析温度场和环境诸因素的关系。于1996年2月初,在风力小于3级的晴空天气里进行唐山市航空遥感飞行。机上使用71通道航空成像光谱仪的热红外8—11.7 μm 波段,分8个通道记录和红外辐射计点温度的数据记录;地面上采用两台瑞典公司制的AGA-Th80红外侧温仪,在飞行前(1月31日)和飞行同步(2月2日)进行地面辐射温度测量,共测量了31个点130个地物的辐射温度。在室内,重点对航空成像光谱仪热红外8个通道的原始数据做边缘辐射校正、正切校正、几何校正、大气辐射校正处理,以便图象数据反映的图象更接近地面实况。还用航线上机下红外辐射计点温度数据制成航线上测温分布图并整理地面测点辐射温度数据。该文拟由航空遥感数据和环境调查信息结合,讨论陡河水库生态环境。

1 唐山热红外成像光谱仪(TIMS)图象处理

该次获取的唐山地区TIMS数据在8—11.7 μm 光谱范围内细分为8个波段,各波段光谱范围和中心

波长如下:

波长编号	波长范围(μm)	中心波长(μm)
1	7.95—8.43	8.190
2	8.44—8.88	8.660
3	8.93—9.36	9.145
4	9.39—9.84	9.615
5	9.84—10.28	10.060
6	10.29—10.73	10.510
7	10.74—11.17	10.955
8	11.20—11.68	11.440

原始数据共有16个航带。

1.1 TIMS 图象预处理

在应用TIMS图象数据时,需对数据作边缘辐射校正、正切校正、几何校正、大气辐射校正处理,以便数据更接近地面实际情况。

正切校正

对任何一种扫描仪,都存在着由于扫描视场角而造成的图象畸变,即横向比例尺压缩。随着扫描视场角的加大,这些畸变也随之加大,且符合正切函数,称之为正切畸变。

设 $\Delta\theta$ 为瞬时视场角, h 为航高。图象象元为等间隔网格上的点,在扫描方向上图象网格宽度为 $h \times \Delta\theta$,从机下点开始计算,第 i 点网格与机下点的距离为 $i \times h \times \Delta\theta$ 。实际地面网格点与机下点的距离为 $h \times \tan(i \times \Delta\theta)$,我们按照网格宽度 $h \times \Delta\theta$ 对

收稿日期:1997年2月26日;收到修改稿日期:1997年7月8日

图象的实际网格进行重采样。设重采样后图象网格点*i*对应原图象网格点*k*，有：

$$ih\Delta\theta = htan(k\Delta\theta)$$

求出 *k*：

$$k = \frac{\arctan(i\Delta\theta)}{\Delta\theta}$$

通常，*k* 不会落在网格点上，即 *k* 不是整数。可以求出 *i'* 满足：

$$i' \leq k \leq i' + 1$$

采用距离倒数插值求出 *k* 点的象元值：

$$DN(k) = DN(i')\frac{1}{k-i'} + DN(i'+1)\frac{1}{i'+1-k} \quad (1)$$

正切校正后的图象象元值 $DN(i') = DN(k)$ 。

边缘辐射校正

TIMS 是一种扫描仪器，其平面扫描镜以总扫描角达 90° 的角度扫描飞机下方左右两侧，由于扫描角度的变化及地面的起伏不平，使得其地面瞬时视场也发生变化，辐射穿过大气层到达传感器的距离发生变化，且地面又不是真正的朗伯体，因而常使得其航向两侧的辐射出现较亮或较暗的色调，需对其进行纠正。该研究采用了一种简便的校正方法，即假设各类地物象元随机分布，先对机下中间条带象元的灰度求均值，然后对沿飞行方向的每列象元的灰度求均值，以中间条带的列均值作为未畸变值，可求出边缘辐射差异。

设有图象矩阵：

$$A_{nm} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

沿飞行方向 *n*，每行 *m* 个象元，对图象每列求均值得到向量：

$$M = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{i1}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{i2}, \cdots, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{im} \right)$$

$$= (m1, m2, \cdots, mm)$$

M 反映了整个图象边缘辐射差异的平均趋势。我们以图象中机下点的辐射量为标准对其余各列象元进行归一化处理，得差值向量：

$$\Delta M = \left(m1 - m \cdot \frac{m}{2}, m2 - m \cdot \frac{m}{2}, \cdots, mm - \right.$$

$$\left. m \cdot \frac{m}{2} \right) = (\Delta m1, \Delta m2, \cdots, \Delta mm)$$

校正后的图象为：

$$A_m = \begin{bmatrix} a_{11} - \Delta m_1 & a_{12} - \Delta m_2 & \cdots & a_{1m} - \Delta m_m \\ a_{21} - \Delta m_1 & a_{22} - \Delta m_2 & \cdots & a_{2m} - \Delta m_m \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} - \Delta m_1 & a_{n2} - \Delta m_2 & \cdots & a_{nm} - \Delta m_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

几何校正

以地形图为底图，对 TIMS 图象作几何校正，以获得具有几何精度的 TIMS 图象。由于该次飞行所用的飞机稳定性较差，图象几何畸变严重，校正后图象稍有改观，但并不理想。

大气辐射校正

该次试验由于没有适时探空数据，我们采用了同步地面实测的定标方法。

1.2 TIMS 图象的定标处理

该次实验的定标处理以与飞行同步的地面实测温度方法进行。图象数据获取当天，我们在 3 条航带内分别选取温度相差较大的地物进行温度测定，先对图象同名点进行回归分析，得出回归系数，再对图象其余各象元点进行处理求出标定后的辐射能量值。

在陡河水库地区，我们选取了陡河电厂热循环水和坝顶沥青路面为定标点。由于循环水温度较高（可达 14℃），而沥青路面的温度较低（为 -0.3℃），其温度范围包含了飞行航带内的绝大多数地物的温度值，定标效果较好。为了减少误差，我们选取了循环水中段温度较高水体、循环水出口处水体和坝顶沥青路面 3 点进行回归处理。

根据普朗克方程：

得

$$L_j^{BB} = \frac{C_1}{\lambda_j^5 \pi \left[\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_j T}\right) - 1 \right]} \quad (3)$$

其中 L_j^{BB} 为黑体辐射能量 (Wm^{-3})； λ_j 为第 *j* 个通道的波长 (m)；*T* 为黑体温度 (K)； C_1 为第 1 辐射常数 = $3.74151 \times 10^{-16} (Wm^2)$ ； C_2 为第 2 辐射常数 = $0.0143879 (mK)$ 。

我们计算出 3 个定标点的辐射值（水体和坝顶沥青路面的发射率分别取 0.95 和 0.93），结果如下：

通 道	波长位 置(μm)	图象DN值			地面实测温度(℃)			辐射能车(Wm ⁻³ 10 ⁶)		
		水体1	水体2	路面	水体1	水体2	路面	水体1	水体2	路面
1	8.190	46.50	46.36	27.25				6.63879	6.85526	4.97250
2	8.660	39.79	39.71	24.25				7.01449	7.23078	5.33894
3	9.145	47.43	48.00	27.75				7.27562	7.48813	5.62018
4	9.615	50.29	50.64	28.85	13.0	14.5	-0.3	7.41848	7.62469	5.80469
5	10.060	43.86	43.71	24.70				7.46693	7.66547	5.90733
6	10.510	50.21	50.79	27.70				7.44325	7.63290	5.94865
7	10.955	49.93	49.86	27.90				7.36035	7.54051	5.93660
8	11.440	48.57	48.36	28.15				7.21597	7.38541	5.87356

分别对 8 个通道进行线形回归, 得出回归方程如下:

通道	回 归 方 程
1	$y = -25.8019 + 1.06957E-005x$
2	$y = -21.5492 + 8.59864E-006x$
3	$y = -34.9119 + 1.11811E-005x$
4	$y = -43.1611 + 1.24359E-005x$
5	$y = -42.4612 + 1.13906E-005x$
6	$y = -56.347 + 1.41614E-005x$
7	$y = -57.315 + 1.43794E-005x$
8	$y = -54.5302 + 1.40987E-005x$

根据此回归方程, 可将其它各象元的 DN 值标定为辐射能量值, 为温度图象(图 1)的提取提供基础。

1.3 温度图象的生成

TIMS 主要包含温度信息。温度信息在分析环境质量和对城市进行污染分析等方面有重要作用。一种方法是利用模式发射率方法计算得出“真实”地面温度; 第 2 种方法是利用主成分分析(PCA 或 K-L 变换)来产生地面温度趋势图象。主成分分析法由于简便快捷, 在分析温度趋势和无定标数据的情况下是非常实用的。

模式温度计算法

这是由 Kahle 等提出的一种方法, 这种方法的一个重要特点是假定 11.0—12.0μm 左右波长区域地物的发射率为常数。其依据是 Vincent 等(1975)对 26 种火山硅酸盐岩石的发射率进行测定表明在 11.75μm 左右, 其中 25 种大致为 0.956 ± 0.0008 常数。其它许多矿物在此波长区发射率一般也较高, 故此假定有一定的合理性(尤其是硅酸盐成分含量较高地区), 但也不免会带有误差。把某一波段(第 8 波段)发射率设为一常数, 然后, 按普朗克公式就可求出温度, 从而可以产生温度图象, 如数据经过地面布靶定标, 则能反演其“绝对大小”的温度。

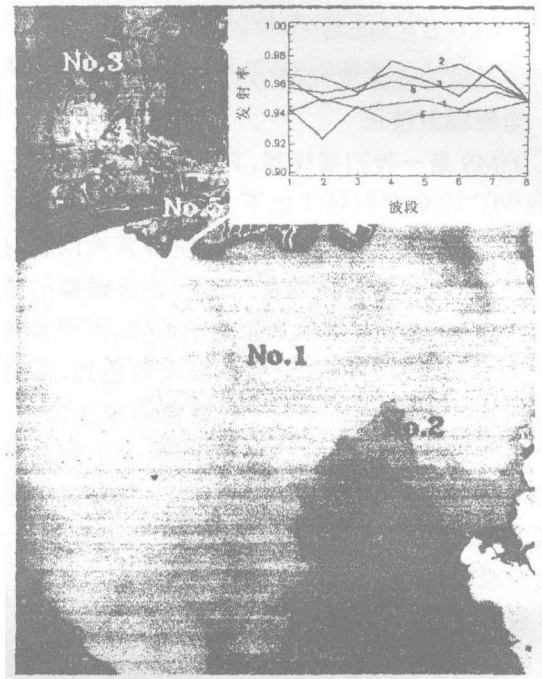


图 1 陡河水库的航空成像光谱仪热红外图象 (1996年2月2日)

Fig.1 The aerial TIMS image of Douhe reservoir (1996.2.2)

注: No.1: 水体, No.2: 有水草的水体, No.3: 农庄, No.4: 农田, Mo.5: 坝顶沥青路面

根据前述定标得到的陡河地区的辐射能量值, 将普朗克方程变换如下:

$$T(K) = \frac{C_2}{\lambda_j \ln \left(\frac{\epsilon_j C_1}{\lambda_j^5 L_j \pi} + 1 \right)} \quad (4)$$

已知 λ_j , 设 ϵ_j 为 0.95, 即可求出温度图象。

主成分分析法

这是基于 TIMS 数据主要是温度信息占有优

势, 根据斯蒂芬-玻尔兹曼定理: 得

$$L_B = \int_0^{\infty} L_{\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1}{\lambda^5} \left(\frac{C_2}{e^{\lambda T}} - 1 \right) = \sigma T^4 \quad (5)$$

热红外图象信息主要为温度信息, 而 PCA 有去相关性和数据空间维数压缩的作用, 其第 1 主成分蕴含了图象信息的绝大部分。因此第 1 主成分(PC 1)在热红外图象数据中主要蕴含温度信息, 可把(PC1)作为温度图象。

2 陡河水库生态环境现状

陡河水库自 1956 年修建以来, 就作为唐山市唯一的地表水饮用水源地。水库的主要功能是对陡河的天然径流量起到拦蓄、控制调节作用, 为城市生活、工农业供水, 同时还兼有旅游等。由于唐山市工农业发展很快, 用水量与日剧增, 1981 年以来, 水库基本上不放水, 除汛期有部分下泄水外, 陡河入海水量为零。

目前, 陡河水库水质除 pH 值外, 其它指标均符合《地面水环境质量》GB3838—88 III 类水质标准。但水库水质仍受到许多污染源的潜在威胁, 主要表现在:

- (1) 库区周围工业污染源直接或间接向水库排放工业废水;
- (2) 暴雨径流携带大量的污染物进入水库;
- (3) 陡河水库水体存在着富营养化及热污染问题。

3 陡河水库的热污染

陡河水库是陡河电厂的主要冷却水水源。陡河电厂所需要的循环水量可达 $147.7 \times 10^4 \text{m}^3 / \text{d}$, 流经发电设备后水温升高 $6-8^\circ\text{C}$, 在水库内与冷水对流, 自然冷却, 最后又从取水口抽回循环使用。但就电厂来说, 排出的热水虽然温度高, 但 24 小时内的温度变

化不大。无论白天、夜间都是高温水体, 由排出口向外, 热水流呈条带状逐渐扩散开, 温度逐渐降低。

1981 年陡河电厂利用库水冷却发电机组, 每天有 22 个流量热水排入库, 形成热污染。据测定, 陡电建厂前多年平均水温范围是 $12.6-13.5^\circ\text{C}$, 而 1979 年、1980 年平均水温为 15.7°C 。在电厂热排水出口较大的区域内, 形成热水区。这两、三年的 7、8 月热水区最高水温可达 34°C 以上。1981 年最高水温为 38°C 。从 1982 年、1983 年库内水温分布和变化(表 1)来看, 一般是水库中心水温最高, 陡电附近的水温也较高, 热污染明显, 超过了鱼类适宜水温 $10-15^\circ\text{C}$ 。

从 1996 年 1 月 31 日和 2 月 2 日在陡河水库范围内的测点温度(表 2)分析。水库坝下近滩地水温无论是 1 月 31 日的还是 2 月 2 日的都是 6.6°C , 比较稳定。由 2 月 2 日的热红外图象(图 1)和机上红外辐射计测的航带上点温度数据(大约每 70m 一个测点)分布看(图 2), 在风速为 $1-2 \text{m/s}$, 风向为 SW、WSW 的风作用下, 热水流顺排水渠方向呈条带状向 ES 突进与扩散。在第 4 航带水域中水温最高达 9.56°C , 由它向西水温迅速递减, 每 400m 下降 7.37°C ; 而向东水温则递减缓慢, 每 400m 下降 1.2°C ; 由排水渠出口水温 13°C , 往北 400m 水温降为 6°C 左右。

从陡河水库地区发射率信息分析, 在成像光谱仪热红外 8 个通道上, 水体、有水草的水体, 农庄砖瓦房、耕地和坝顶沥青路面等地物的发射率, 在热红外 1—7 通道上均呈波状起伏。不同的是有污物的水体发射率偏高, 坝顶沥青路面发射率偏低(图 1)。

4 陡河水库库区悬浮物等污染

陡河是唐山市唯一较大的河流, 它纵贯全市, 为唐山市工农业生产提供了水源。同时大量工业

表 1 唐山市陡河水库 1982、1983 年水温分布

Table 1 The water temperature distribution of Douhe Reservoir in Tong Shan

水温 $^\circ\text{C}$ 监测断面	时间	1982 年				1983 年			
		3 月	5 月	8 月	10 月	3 月	5 月	8 月	10 月
水库东入口		7.5	15.5	32.0	22.0	8.0	23.0	34.5	12.2
水库西入口		6.0	18.0	28.0	23.0	9.0	32.5	34.5	17.5
陡电附近		13.0	19.0	32.0	27.0	8.5	23.0	34.0	19.0
水库中心		23.5	20.0	39.5	24.0	11.0	23.0	35.0	26.0
水库出口		9.5	19.5	31.0	14.0	9.4	22.0	35.0	17.5

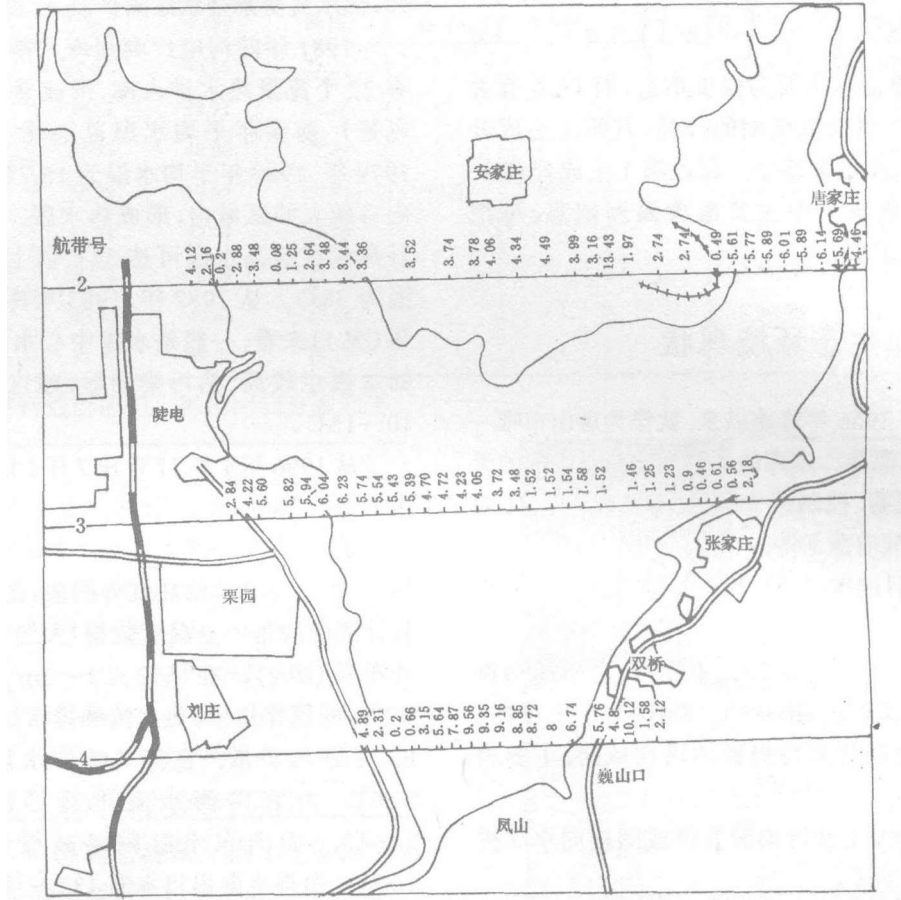


图 2 陡河水库库区航线上测温分布图(机上红外辐射计测)

Fig.2 The temperature distribution map in the airline of Dou He reservoir (measured in airborne infrared radiometer)

表2 陡河水库范围内地面辐射温度数据

Table 2 The ground rediation temperature data in the area of Douhe Reservoir

测温日期	测温地点	测温时间	目标物	均温 ₁	均温 ₂	均温	备注
1月31日	电厂排热水渠	10:16	热水 _A	14.4	14.6	14.5	距C点50m
		10:20	热水 _B	14.5	14.5	14.5	距C点150m
		10:35	热水 _C	13.0	13.0	13.0	排热水渠入水库口
		10:38	干沙滩	-1.5	-1.2	-1.4	C点陆上沙滩
	水库坝下滩地	10:45	水面 ₁	6.5	6.7	6.6	水面 ₁ 和水面 ₂ 相距5m
		10:46	水面 ₂	6.4	6.1	6.3	
		10:49	黄沙滩	-1.8	-1.7	-1.8	
		10:51	干草地	3.5	3.5	3.5	枯黄干草
		10:54	烧过的草地	5.1	6.8	6.0	烧黑的干草迹地
2月2日	水库坝下滩地	10:15	水面	6.5	6.7	6.6	
		10:17	黄沙滩	0.5	0.2	0.35	
		10:19	干草地	3.5	3.3	3.4	
		10:23	坝顶路面	-0.3	-0.3	-0.3	

废水和生活污水,大多数未经处理,直接、间接地排入陡河,造成了陡河的污染。自 1974 年开始对陡河水质进行监测,沿河设 13 个监测断面,其中有 5 个监测断面分布在陡河水库,它们是水库东入口、水库西入口、水库中心、陡电附近和水库出口。每年 3、5、8、10 月监测,共 4 次。

1980 年旱情严重,为确保陡电发电用水,自 1981 年 1 月 23 日起将荆各庄矿井水(工业废水),经过陡河一段沉降,排入水库。而 1982 年旱情持续发展,汛期仍无水入库,至 1982 年底时水库蓄水量

仅为 8×10^6 t,期间共调入水库 41×10^6 t 水。水库水量由于自然蒸发大量减少,上游无水稀释,水库又不放水,污染物越积越多,造成油类和悬浮物超过地面水水质标准。pH 值也超标。

从 1982 年、1983 年的陡河水库水质常规监测数据(表 3)分析¹⁾。氨氮、氰化物、汞、砷、六价铬都未检出。只是化学耗氧量在 1982 年 5 月水库东入口 864.08mg/l, 8 月在陡电附近 97.8mg/l, 为不正常外,多数是小于 5mg/l; 溶解氧只在 1982 年 8 月水库西入口为 0.5mg/l 外,其它月份均符合标

表3 唐山市陡河水库水质常规监测数据
Table 3 The conrentional monitoring data of water quality of Douhe Reservoir in Tangshan

测量断面	水库东入口	水库西入口	水库中心	陡电附近	水库出口	水库东入口	水库西入口	水库中心	陡电附近	水库出口
1982年 3月					5月					
水温	7.5	6.0	13.0	23.5	9.5	15.5	18.0	19.0	20.0	19.5
pH	8.4	8.5	8.49	8.45	8.15	8.50	8.49	8.4	8.5	8.4
悬浮物	15.4	6.4	4.8	17.0	13.0	14.2	11.6	20.6	16.0	19.4
溶解氧	12.36	12.96	11.80	10.84	10.80	8.8	8.44	8.36	8.60	8.30
COD	1.00	0.90	0.86	0.64	1.63	864.08	3.12	3.38	2.40	3.19
油类	0.08	0.08	0.28	1.32	0.20	Δ	0.64	0.20	1.04	0.08
1982年 8月					10月					
水温	32	28	32	39.5	31	22	23	27	24	14
pH	8.6	8.6	8.65	8.6	8.7	8.7	8.4	8.59	8.5	8.6
悬浮物	26.0	24.8	22.2	27.8	25.4	12.4	18.0	22.6	30.4	16.4
溶解氧	8.46	0.50	6.1	6.56	7.50	9.4	7.24	9.5	7.84	9.62
COD	4.67	5.25	4.26	97.8	5.41	3.45	3.66	3.68	3.78	3.28
油类	0.39	0.08	Δ	Δ	0.79	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
1983年 3月					5月					
水温	8.0	9.0	8.5	11.0	9.4	23.0	32.5	23.0	23.0	22.0
pH	8.4	8.52	8.57	8.57	8.35	8.45	8.50	8.50	8.50	8.19
悬浮物	3.0	4.0	1.2	3.2	15.2	31.2	3.4	6.2	4.6	3.4
溶解氧	13.8	12.6	13.3	12.2	12.6	9.54	9.74	9.34	9.54	9.14
COD	2.42	2.32	2.38	2.56	5.86	3.46	3.50	3.28	3.36	3.07
油类	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
1983年 8月					10月					
水温	34.5	34.5	34.0	35.0	35.0	12.2	17.5	19	26	17.5
pH	8.6	8.6	8.6	8.7	8.7	8.33	7.49	8.00	8.15	7.88
悬浮物	12.8	6.0	4.4	16.6	3.0	15.2	33.0	30.4	38.6	25.8
溶解氧	7.00	7.20	7.12	7.40	7.40	10.00	8.40	8.26	7.54	8.20
COD	3.53	3.06	3.20	3.24	3.57	5.42	4.92	5.78	4.84	5.58
油类	0.31	0.60	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	0.25	1.6	Δ

Δ 未检出 水温单位为℃ 悬浮物、溶解氧、COD、油类等单位为mg/l

准;悬浮物在 30mg/l 以下,仅有两次检出大于 30mg/l;油类污染在 1982 年 3、5、8 月均有检出超标,最高检出值在陡电附近为 1.32mg/l,1983 年则在 8、10 月各有两断面检出,最高检出值在陡电附近,为 1.6mg/l。pH 值略超标。溶解氧含量随水温升高而降低,这抑制了养殖渔业发展。由这两年水质监测数据可说明 80 年代初陡河水库水质基本上良好,属于轻污染。

目前,陡河水库库区周围工业污染源仍有直接或间接向水库排放工业废水,污染库水。这些废水主要来自陡河电厂、滦县南平庄罐头厂、杨公庄镀锌厂、西营陶瓷厂和向引还入陡输水渠排的废水。例如陡电李家峪贮灰场位于陡河水库之上不远的区域内,其渗透水直接入水库,渗出水中的氟浓度和 pH 值均已超过国家地表水 II 类水质标准。非点源污染源主要来自水库控制流域范围内的农田,由暴雨径流携带来的污染物。根据暴雨径流与污染负荷相关关系测算,汛期非点源污染负荷入水库量见表 4。所以限制库区周围工业污染物排放和库区进行绿化等水土保持治理,一定能进一步改善库区水质。

表 4 非点源汛期污染负荷入库量测算结果

Table 4 The results of non-spot source pollution material into reservoir in flood period

径流量 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	总固体量 (t)	总磷 (t)	无机氮 (t)	六六六 (kg)	备注
2763	20737	12.09	27.03	1.849	

5 陡河水库内水草对散热的影响

众所周知任何物体接收太阳辐射后,则温度升高,而停止接收太阳辐射后,温度则下降,这是一个温度日周期规律,只是不同物体这种温度升降的速度和幅度不同而已。水体由于本身热容量大,比辐射率高,所以昼夜温度变化幅度最小。水体与一般物体相比,白天升温慢,温度较周围地物低;夜间散热也慢,温度较周围地物高。陡河水库里有草生长的水体和无水草的水体,它们昼夜温度的变化可见 1983 年 8 月在陡河水库实测的辐射温度日变化曲线^[1]。

夏季,有水草生长的水域,白天(10—18 点)升温,最高温度达 28.1℃,高于正常水体温度 6—7℃;

夜间(0—8 点),温度下降也较快,最低温度只有 17℃,低于库区无水草水域温度 3—4℃。其原因是水草加快了水体热传导速度,成为水体温度升降速度加快的媒介。这在白天热红外图象上清楚地显示水草密度越大,温度越高,密度越小,温度越低;夜间热红外图象上的显示则相反。

李承尊曾对 1984 年夏季陡河水库的热红外图象进行面积统计,结果表明水库水面面积为 9.08km²,有水草的水域面积为 3.96km²。在夏季有水草的水域,白天温度很高,平均高于正常水温 5—6℃,不能起散热作用。实际上 1984 年夏季整个水域在中午时分只有 56.4% 的有效散热面积。

水草还阻碍水的流动,使流速大大下降。经过测量,无水草区水的最大流速达 30.79cm/s^[2];水草区水的流速几乎为零。于是水草生长大大降低了热水的扩散和对流速度,从而降低了水域散热能力。

该次成象光谱仪热红外图象表明,高温水体分布的范围与 1984 年热红外图象的排放热水高温区范围大致相同^[2],其东侧边界与高温茂密水草区界相仿。从经济效益分析,要求电厂排放的热水与抽取的冷水温差越大,冷却效果越好,而水草对电厂冷却水的散热效能有很大的影响,故而有必要对库区水草进行清理,以提高水库散热能力,还应该经常对水草生长蔓延情况进行监测。

6 陡河水库生态环境评价

按环境功能划分,陡河水库及上游和引滦入唐输水渠的环境功能是唐山市城市饮用水水源地。在 2000 年以前要达到《地面水环境质量》GB3838—88III 类水质标准。在已确定陡河污染治理“上保、中治、下用”的总体方案中,“上保”即是建立水源地保护区,确保饮用水源地的功能。

陡河水库 5 个断面常规监测数据表明,近年来污染状况有所改善,各种污染因子的指标有的未检出或检出值很低,水质良好。陡河水库水质目前基本上满足饮用水水源功能的要求。但是,水库富养程度处于中等水平,为饮用水水源富营养水平最低允许限。为此,要求 2000 年前水库水质控制在 III 类水质标准,必须建立饮用水水源保护区,加以保护。

陡河水库全水面和引还入陡输水渠划定为一级水源保护区水域范围,执行《饮用水水源保护区污染

1) 唐山市环保监测中心:唐山市环境质量报告。

防治管理规定》中有关一级保护区的规定。区内禁止工业污染源通过直接的方式向水库排放废水, 停止水面观光、游泳, 限制网箱养鱼, 经常清理库内水草等。不论在输水期或非输水期, 引还入陡输水渠均需执行此规定。

陡河水库控制流域及坝下一定范围和引还入陡输水渠沿岸一定范围为一级水源保护区陆域范围。陡河水库控制流域包括管河(龙湾河)集水域、泉水河集水域, 以及库区周围(山地、坡面)集水域。在水源保护区内, 除严格执行《饮用水水源保护区污染防治管理规定》外, 结合陡河水库及其控制流域的实际情况, 尚需采取如下相应的配套措施, 以保证水源地符合规定标准。

(1) 对陡河水库控制流域进行小流域综合治理。营造沿岸防护林、绿化荒山, 在山间冲沟、小溪内修建挡水的堤坝等, 尽量减少水土流失;

(2) 在泉水河、管河(龙湾河)修建前置沉沙地

(或库、塘), 以截留或减缓初次径流进入水库的泥沙和氮、磷负荷;

(3) 水库周边的工业污染源要积极改革生产工艺, 加强生产管理, 回收有用物质, 做好污水处理, 实现一水多用的重复或循环用水。

参 考 文 献

- [1] 李承尊. 从热红外图象上分析水草对冷却水体温度的影响. 遥感地质, 1988, (2).
- [2] 李承尊. 陡河电厂冷却水航空遥感应用研究. 环境遥感, 1987, 2(4).

作 者 简 介

濮静娟, 女, 生于 1939 年 2 月 3 日, 1961 年毕业于北京大学地质地理系, 现为中国科学院遥感应用研究所研究员。主要从事地理制图、遥感地学应用方面研究, 已发表论文 40 余篇, 出版译著、主编(含合作)的书籍 5 本。

Study on the Ecological Environment of Douhe Reservoir

Pu Jingjuan Dong Weidong Guan Yanning

(Institute of Remote Sensing Applications CAS 100101)

Qu Xiuxia

(Environmental Monitoring Center of Tangshan City 063000)

Abstract According to the remote sensing data of thermal infrared image taken by aerial imaging spectrometer, and the environment investigation data of the Douhe reservoir, we analysed the ecological environment factors which include the heat pollution of the water, the pollution of suspended material, the influence of heat radiating resulted by the growth of water plants in the reservoir. Based on that, we discussed how to control the water quality in order to make the Douhe reservoir to be the drinking water resource area for the Tangshan city, and ensure that the people of this city can use high quality drinking water from there.

Key words Infrared radiation temperature, Heat pollution, Ecological environment.