

# 黄河三门峡水库水的理化性质的研究\*

黄玉璠

(中国科学院动物研究所)

三门峡水库位于黄河中游下段包括山西、陕西和河南三省的部分地区,是我国目前最大水库之一。该水库之建成,除在拦洪、发电及灌溉等方面对国民经济有重大意义外,其渔业利用也是十分重要的。为给渔业利用提供科学依据,中国科学院动物研究所曾在蓄水前及蓄水后的库区内及附近有关水域进行了水生生物学的调查。本文为这次调查的一部分,着重讨论蓄水后第一年库水的理化性质。因受条件所限,材料搜集的还不够全面,这里仅提出一些初步资料,供有关方面及进一步研究时参考。

## 一、库区自然地理概况

水库位于大型山间盆地内,其东介以中条山,西临六盘山,南为秦岭,北抵龙门山。水库呈“U”形,坝址位于河南三门峡市。

黄河是水库的主要水源,它出龙门后自北而南,至潼关纳西来的渭河折向东流,经峡谷地带出三门峡大坝。黄河自龙门至潼关段除渭河、洛河外,尚有汾河、涑水河和濛水等支流流入;黄河自潼关至三门峡大坝间,北岸支流不多,南岸支流多而短,主要有潼河、红农澗和青龙澗河等。

水库地形大致可分成三区:水库之西北部是渭河下游冲积平原,土质肥沃,地势平缓,是水库主要浸没区;水库东北部为涑水盆地,内分布着盐池及盐渍化凹地,有盐池、硝池及伍姓湖等常年积水;水库东部从潼关至三门峡大坝间为峡谷地带。

库区气候,冬季干燥寒冷,夏季炎热多雨。年平均气温 $15^{\circ}\text{C}$ ,最低 $-15$ 至 $-20^{\circ}\text{C}$ (1月),最高 $46-48^{\circ}\text{C}$ (8月),年变幅度 $68^{\circ}\text{C}$ 。最大相对湿度 $70-80\%$ 。多年平均降雨量约500毫米,5—9月内降雨量占年雨量 $75\%$ 。最小流量一般出现在1月,4月由于上游地区积雪溶化而出现桃汛,5—6月枯水,8—9月为伏汛期。历年蒸发量 $975.3-2,131.0$ 毫米。黄河、渭河、汾河及洛河等河水浑浊,含砂量很高,如黄河龙门1957年平均含砂量 $26.9$ 公斤/公方。涑水河、潼河、红农澗河及青龙澗河等支流的含砂量较低,河水清澈见底。

据我们1959年调查,在潼关以北、以西的黄、洛、渭、汾及涑水河的总硬度、碱度和氯化物较高,其中涑水河尤为显著;在潼关以东黄河南岸支流潼河、红农澗河和青龙澗河上述诸因子则较低。各河流生物营养盐类和有机物质一般丰富,pH值一般在 $8.1-8.2$ 之间,涑水河pH值 $9.0$ (详见表1)。

\* 本文承沈嘉瑞、夏武平两位先生指导;黄河水利委员会三门峡水库管理局热情提供水文资料及部分调查用船;丁邦恩、贾文璧、周骅藩同志协助水质分析;叶滄江、陈扬春、康景贵、高家祥、李幼兰、颜京松和黄其良等同志参加了野外调查工作;图1由马书明同志绘制,特此志谢。

表 1 庫区黄河及其主要支流的水化学概况\*

項 目	黄 河 (龍門)	渭 河 (三河口)	洛 河 (三河口)	汾 河 (河津)	涑水河 (蒲州)	潼 河 (潼关)	紅农閿河 (灵宝)	青龙閿河 (陝县)
透明度(厘米)	3	5	2	3	30	水深 10 厘米 清澈見底	水深 50 厘米 清澈見底	水深 10 厘米 清澈見底
pH 值	8.1	8.2	8.2	8.0	9.0	8.1	8.1	8.2
总硬度(度)	10.1	11.8	18.8	16.0	35.7	8.1	10.9	8.8
碱度(毫克当量/升)	3.2	3.7	4.7	3.4	10.2	3.0	4.1	3.7
氯化物(毫克/升)	48.9	90.0	142.2	60.0	538.9	45.6	12.7	16.0
硝酸盐(毫克/升)	0.44	0.82	0.74	0.61	0.06	0.64	0.29	1.16
磷酸盐(毫克/升)	0.051	0.088	0.062	0.024	0.042	0.030	0.035	0.013
硅酸盐(毫克/升)	5.1	7.7	11.2	7.6	1.9	2.8	5.6	5.7
总鉄(毫克/升)	0.23	0.59	1.10	0.29	0.42	0.27	0.30	0.37
有机物(毫克 O <sub>2</sub> /升)	12.7	22.2	21.5	10.5	31.7	—	13.5	19.5

\* 表中数据系 1959 年每季度調查一次的平均值。

庫区内地质以近代河流冲积层为主,由粉砂、細砂、粘土質砂、砂質粘土、黄土类土及卵石所組成。

## 二、工作情况和工作方法

根据自然条件特点,我們將水庫划分成如下 6 个区: 1. 黄河自由河道区——迴水末端以外的黄河干流(此次未作調查); 2. 北干流区(黄上游区)——黄河入庫起至独头以北。本区主要水源是黄河,另有涑水河汇入,保持一定的流速。水面寬約 5 公里,深約 5 米。断面定在独头,取 2 根垂綫; 3. 渭河自由河道区——迴水末端以外的渭河。断面定在渭南,取 1 根垂綫; 4. 渭河区(渭上游区)——水庫末端至东泉店之間。渭河为本区主要水源。水面寬約 5—10 公里,深約 5 米。断面設在这区的中点偏东的沙渠,布置垂綫 2 根; 5. 黄洛渭交汇区(中游区)——在陝西东泉店至山西独头綫以东至山西永乐以西的三角地带,黄、洛、渭三水在这区汇合。断面設在水面驟縮的潼关,它距独头断面約 9 公里,距沙渠断面約 18 公里,水面寬約 2 公里,深約 5—10 米,定 3 根垂綫; 6. 峡谷区(下游区)——永乐至三門峽大埧間,全长約 110 公里,寬約 2—6 公里,深約 20—50 米。在这区的中点偏西的楊家灣及近埧处史家灘各設 1 个断面和 2、3 根垂綫。于是,全庫区总共布設 6 个区、7 个断面、14 根垂綫(見图 1)。

三門峽水庫于 1960 年 9 月間正式蓄水,1961 年 3 月至 1962 年 2 月間,我們在上述 2 至 6 区內的 13 根垂綫上作了水化学及浮游生物的調查,因人力关系,其中除潼关断面是每月調查一次外,其余断面都是每季度进行一次調查,在 3、6、9 及 12 月間进行。限于交通条件,其中楊家灣断面仅于 3 月份調查一次,史家灘断面 6 月份資料亦缺,而且后者在 9 及 12 月两次調查时将断面上移約 7 公里至三門峽市的会兴鎮。此外,沙渠断面 12 月份也未調查。

还应当說明,三門峽水庫蓄水后第一年内水位变化很大(图 2),使我們划分的各区的情况产生較大的变化;在我們四次全面調查中,3 月份水面最大,符合我們划分的 6 个区,6、9 及 12 月間,由于水位下降,水面縮小,我們划分的北干区和渭河区实际上类似于

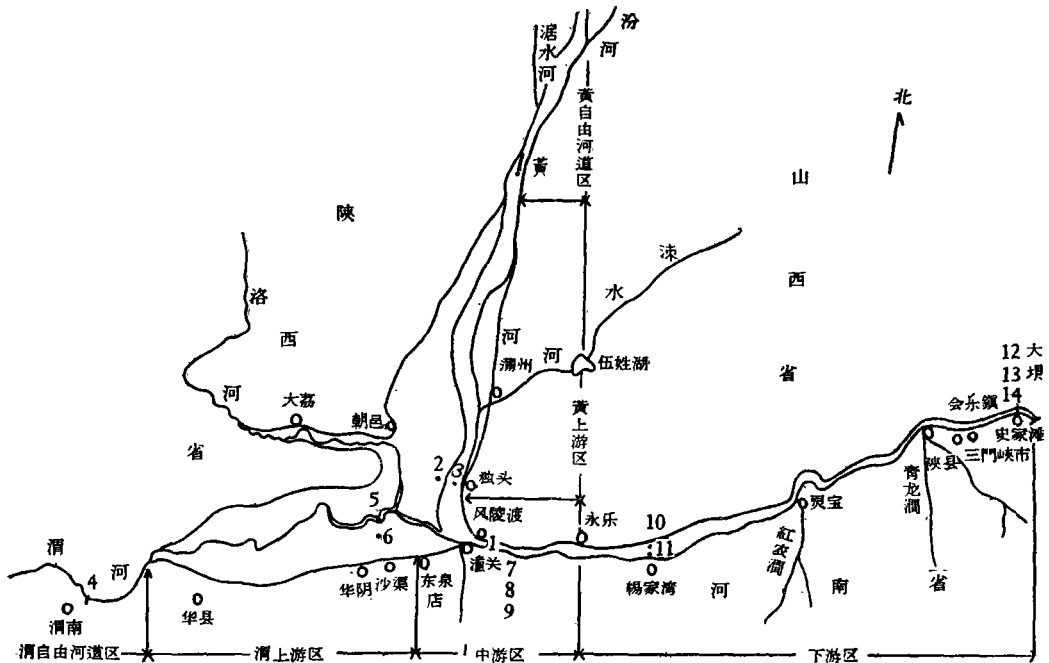


图 1 三門峽水庫及垂綫布設示意图(图中阿拉伯数字示垂綫編号)

Fig. 1 The diagrammatic drawing of the San-Men-Xia reservoir indicating the places where the water samples were collecting.

自由河道区的水体,真正的水庫仅仅是在潼关至三門峽大壩間的峡谷区内。

在上述規定時間內,在各断面的垂綫上搜集了 81 个水样,作了全面的水文化学分析。水样用改良的采水瓶在水面以下 0.5、2.5、5.0、10.0、20.0 及 30.0 米处搜集。

水温用水温計測定;透明度用薩氏盘測定。

氧的測定用 Winkler 氏法;游离二氧化碳用氫氧化鈉滴定法;pH 值用色阶比色法測定。以上諸因子的測定工作均在當場进行。

溶解有机物用高錳酸盐法。

总鉄用氯酸鉀氧化法;鉍盐用直接鈉化法;亚硝酸盐用对氨基苯磺酸比色法;硝酸盐用酚二磺酸法;磷酸盐用氯化亚錫法;硅酸盐用鉬酸盐法。

总硬度及鈣离子用脫利隆法;碱度用盐酸滴定法;氯化物用硝酸銀法;硫酸盐用氯化鉍法;鎂、鉀 + 鈉及重碳酸盐系計算值。

以上分析方法,詳見“淡水养殖水化学”<sup>[8]</sup>和“大陆水的化学分析”<sup>[5]</sup>两书。

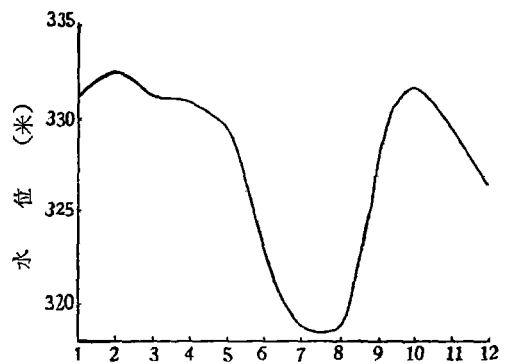


图 2 1961 年三門峽水庫史家灘断面水位的逐月变化  
Fig. 2 The monthly changes of the water level at Shi-Jia-Tan station of the reservoir in 1961.

### 三、庫水的理化性質

1. 水温 水庫蓄水以后,水温的周年变动幅度較小。据水文站資料,史家灘断面在蓄

水前月平均水温为 2.0—25.0℃, 年差幅度 23℃; 蓄水后月平均水温为 4.8 (2 月)—27.0℃ (8 月), 差幅 22.2℃, 较蓄水前小 0.8℃。可能其中还受年度变化的影响, 致其差异并不算大。

分析各个断面各个季节的水温资料(图 3), 我们可以看到, 在水浅的上游部分水温的

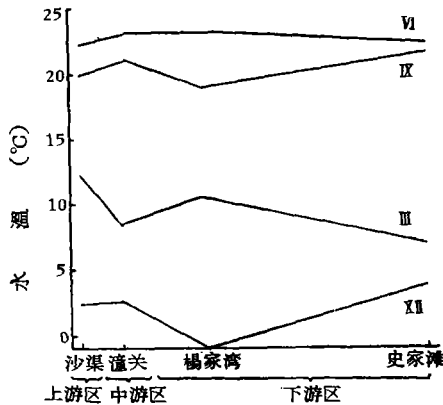


图 3 1961 年各季节三门峡水库各区表层平均水温(据水文站各月下旬上午 8 时表层平均水温, 图中罗马数字示月份)

Fig. 3 The average temperatures of the surface waters in different regions of the reservoir in different seasons, 1961.

季节变动幅度大于水深的下游部分。春季间, 上游水温高于下游水温, 如 3 月下旬上午 8 时沙渠断面表层平均水温 10.9℃, 史家滩断面仅达 7.0℃。夏季间各断面上水温相当一致, 6 月下旬上午 8 时表层平均水温均在 22.0—22.2℃ 之间, 下游略低。秋季间, 各断面上的水温状况和春季相反, 其中以上游区低于下游区, 如 9 月下旬上午 8 时沙渠断面平均水温 18.9℃, 而史家滩断面则尚在 21.8℃。冬季间, 下游水温继续高过上游, 史家滩断面 12 月下旬上午 8 时平均水温 4.0℃, 据水文站观测, 冬季不结冰, 同期沙渠断面平均水温 2.2℃, 在 1—2 月间曾有薄冰出现。由此推想, 水深的下游区部分可能为鱼类越冬提供良好条件。

从我们 3、9 及 12 月 3 次观测资料所见, 三门峡水库水温的垂直差异不甚显著(如表 2)。

表 2 三门峡水库史家滩断面水温的垂直分布

水深(水面以下, 米)	0.5	2.5	5.0	10.0	20.0	30.0
测定时间						
3 月 23 日 10 时	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1	6.1
9 月 20 日 11 时	23.5	23.0	22.5	22.0	22.0	—
12 月 14 日 11 时	5.5	5.5	5.8	—	—	—

**2. 透明度** 水库蓄水后几天内, 由于流速减缓, 水中泥沙大量沉淀, 原来是稠浊的浑水迅速地变为蓝绿色的清水, 透明度因之增大。但在水库的不同区域情况不同。据水文站资料, 水库蓄水后, 水的含沙量是从上游至下游逐渐地递减的, 如 1961 年 3 月, 独头断面平均含沙量 6.75 公斤/公方, 4 月 25 日潼关断面平均含沙量降到 0.085 公斤/公方, 同期下游的杨家湾和史家滩断面已降到用普通方法测定不出的微量了。和含沙量有密切联系的透明度, 在各断面上的变化情况是与此相伴随的; 以 3 月份的资料看, 透明度是从上游至下游逐渐增大, 杨家湾断面最大达 160 厘米, 但到大坝前又稍为下降(图 4)。在库周几米内的沿岸带, 由于水浅, 在风浪的影响下, 底泥易于上翻, 水较浑浊, 透明度较中央部分为小。如 1961 年 3 月 23 日史家滩断面右岸的透明度为 105 厘米, 中央部分则达 120 厘米。以上现象和一般水库的情况是一致的<sup>[3,9]</sup>。

透明度的季节变动情况各区不同: 在上、中游区, 透明度主要受水文因素的直接影

响,变化很大,如潼关断面,在高水位的3、10月間透明度达到10—60厘米,而在低水位的6、7、8及12月則降低到蓄水前水平——2—4厘米;下游区含沙量低,其变化也相对地小,水中浮游生物、微生物及有机物质等可能是影响透明度变化的主要因素,这区透明度以水温較低的3、12月較大,达到120—145厘米,9月份則較小,只有73厘米。

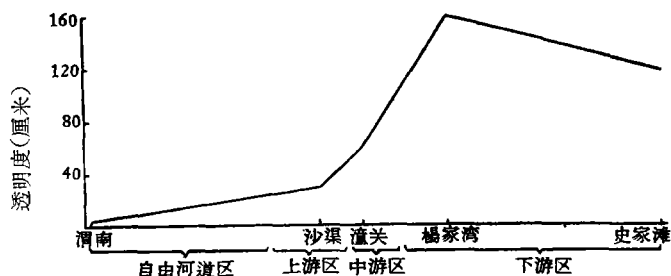


图4 1961年3月三門峽水庫各区水的透明度

Fig. 4 The transparency (cm.) of the water in different regions of the reservoir in March, 1961.

透明度的增大,对于浮游生物、特别是依赖于光线进行光合作用的綠色藻类的发展提供了最基本的条件。

**3. 溶解氧、游离二氧化碳和氢离子浓度** 就我們各季度在水庫各区域的調查材料看,水庫的溶解氧含量丰富,变动范围:表层(水面以下5米內)为6.3—12.3毫克/升,合饱和度为56.4—94.9%;底层(水面以下10米外)为5.0—7.5毫克/升,合饱和度为74.9—60.4%。

在我們調查期間,整个水庫游离二氧化碳变动范围在0—5.3毫克/升之間,底层略多于表层,上游一般高于下游,在3月份的調查中,下游区游离二氧化碳曾无法测出。这主要可能与浮游植物的光合作用有关。

氢离子浓度(pH值)的变动范围不大;pH值表层为7.9—8.4,底层为7.9—8.3,水质弱碱性。

**4. 溶解有机物质** 水庫蓄水后,溶解有机物质的含量在3.8—39.7毫克 $O_2$ /升之間,在高水位的3月份中,其含量較蓄水前有一定程度的增加(表3)。

表3 1961年三門峽水庫溶解有机物质(毫克 $O_2$ /升)

区与断面	自由河道区	上游区		中游区	下游区		
	渭南断面	沙渠断面	独头断面	潼关断面	楊家灣断面	史家灘断面	
3月	表层	15.0	36.4	—	10.9—14.6	7.3—14.6	7.3—21.8
	底层	—	—	—	—	7.3—39.7	14.6—29.1
6月	表层	15.3	15.3	12.4—13.1	13.1—13.8	—	—
	底层	—	—	—	—	—	—
9月	表层	9.2	3.8	14.6—15.3	15.7—17.2	—	4.6—11.5
	底层	—	—	—	—	—	8.4—
12月	表层	9.7—10.5	—	13.7	10.5—15.4	—	6.5—12.5
	底层	—	—	—	—	—	—

分析3月份各断面的資料,可以看到各区間的溶解有机物质存在显著差异:其中,自由河道区的含量較低,如渭南断面約为15毫克 $O_2$ /升;庫水进入上游区后,淹没区内植物的腐敗及其它有机物质的溶入,耗氧量显著增加,此时沙渠断面达到36.4毫克 $O_2$ /升;至

中、下游区时,表层耗氧量减少到7.3—21.8毫克 $O_2$ /升,底层稍多,在7.3—39.7毫克 $O_2$ /升。这可能是几乎没有流速的下游区部分有机物质沉淀的结果。有机物质的这种分布现象,可能也是溶氧量分布差异的一个影响因素。但在6、9及12月间,由于库区水面缩小,有机物质的上述分布特点就不明显,而且含量下降到相当于蓄水前水平。

**5. 生物营养物质** 库水中铵盐的含量一般较微,各次调查的结果,其变动范围多在0—0.12毫克/升之间,一般和蓄水前相当,唯下游区减少。在季节变动上,以春季(3月)的含量较少,一般均无法测出;冬季含量较多,如潼关断面12月、2月间达到0.11—0.82毫克/升。整个水库中亚硝酸盐含量变动在0—0.023毫克/升之间,通常为0—0.008毫克/升,相当于蓄水前和一般未被污染的天然水域的含量。

三门峡水库硝酸盐含量,在上、中游区比较丰富,大致和蓄水前河流相当,但在下游区则有所下降,在高水位的3月份中,这个现象更为明显。硝酸盐是浮游植物重要的营养物质,其含量随浮游植物数量的变化而变化,关系比较密切。如图5及表4所见,3月间在

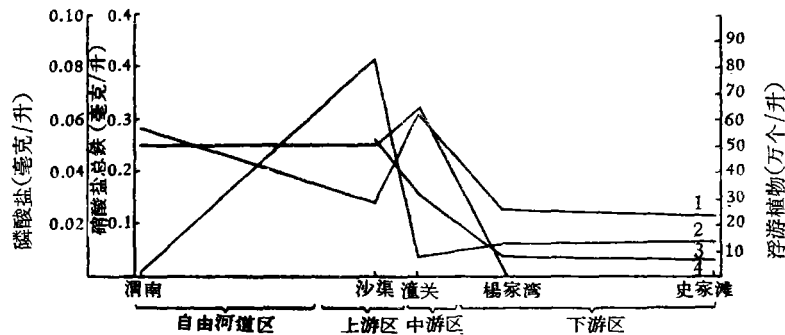


图5 1961年3月三门峡水库各区表层水的生物营养盐类和浮游植物  
1—硝酸盐; 2—浮游植物; 3—总铁; 4—磷酸盐。

Fig. 5 The dissolved nutrient salts (mg/L) and phytoplanktons (ten thousand in number per liter) of the surface waters in different regions of the reservoir in March, 1961.  
1—Nitriates; 2—Phytoplanktons; 3—Total irons; 4—Phosphates.

表4 1961年三门峡水库表层硝酸盐平均含量(毫克/升)

区与断面	自由河道区	上游区		中游区	下游区	
	渭南断面	沙渠断面	独头断面	潼关断面	杨家湾断面	史家滩断面
3月	0.28	0.14	0.56	0.31	0.14	0.12
6月	0.18	0.20	0.27	0.28	—	—
9月	0.56	0.50	—	0.36	—	0.22
12月	0.61	—	0.42	0.58	—	0.27

自由河道区渭南断面硝酸盐含量0.28毫克/升,进入上游区沙渠断面后,由于浮游植物数量的增加而下降到0.14毫克/升,到中游区潼关断面,由于汇合了硝酸盐含量丰富的黄河(独头断面每升含0.56毫克)来水,致其含量升高到0.31毫克/升,到水库下游区,又随浮游植物的继续消耗而含量下降到0.12—0.14毫克/升。

硝酸盐含量的垂直分布颇为均匀(表5)。但季节差异较大;春季较低,冬季较高。在水库的上、中游区,由于水位涨落的影响,使这一成分的季节变动情况较为复杂,在1961

表 5 三門峽水庫史家灘断面硝酸盐的垂直分布(毫克/升)

水 深 (水面以下,米)	0.5	2.5	5.0	10.0	20.0	30.0
3 月 23 日	0.12	0.12	0.14	0.14	0.12	0.12
9 月 20 日	0.22	0.34	0.26	0.28	0.29	—
12 月 14 日	0.27	0.55	0.35	—	—	—

年 3 月至 1962 年 2 月这个时期中,其含量似乎是逐渐升高的(图 6)。

水庫中磷酸盐的含量在 0.000—0.120 毫克/升之間。其水平和垂直分布情况大致与硝酸盐类似;自由河道区至中游区的含量比較丰富,情况与蓄水前相当,下游区的含量显著減低,在 3 月份的調查中,甚至完全沒有(表 6 及图 5)。磷酸盐的垂直分布,一般也比较均匀(表 7)。

从表 6 中可見,下游区磷酸盐量以 3 月份最低,9、12 月較高,这主要是与浮游植物的消耗有关。在水庫的上、中游区,影响磷酸盐含量季节变化的因子較为复杂,其中水位的涨落可能是比較主要的影响因素。如潼关断面,在高水位的 3—5 月及 10—12 月間,由于水清,浮游植物数量增加而磷酸盐含量下降,而在低水位的 6—7 月及 1—2 月間,水很渾浊,浮游植物数量減少而磷酸盐含量升高(图 6)。

庫水总鉄量在 0.03—0.47 毫克/升范围内,上、中游区多而下游区少(表 8)。垂直分布均匀,如 3 月份史家灘断面在水面以下 0.5 米至 30.0 米之內含量均在 0.03—0.04

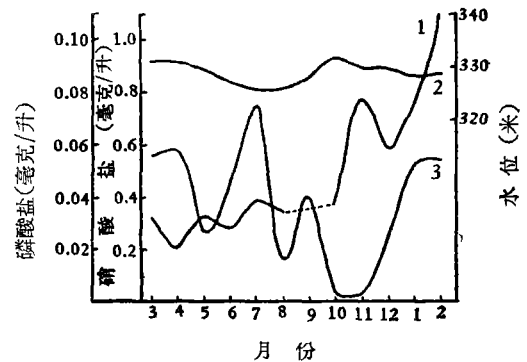


图 6 三門峽水庫潼关断面硝酸盐、磷酸盐和  
水位的逐月变化  
1—硝酸盐; 2—水位; 3—磷酸盐。

Fig. 6 The monthly changes of the dissolved nitrites ( $\text{NO}_2^-$ mg/L.) phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ mg/L.) and water level of the reservoir at Tong-Guan station from March, 1961 to February, 1962.  
1-Nitrites; 2-Water level; 3-Phosphates.

表 6 1961 年三門峽水庫表层磷酸盐的平均含量(毫克/升)

区与断面	自由河道区	上 游 区		中 游 区	下 游 区	
	渭南断面	沙渠断面	独头断面	潼关断面	楊家灣断面	史家灘断面
3 月	0.050	0.050	0.120	0.060	0.000	0.000
6 月	0.064	0.064	0.070	0.039	—	—
9 月	0.012	0.015	0.041	0.040	—	0.025
12 月	0.032	—	0.041	0.015	—	0.025

表 7 三門峽水庫史家灘断面磷酸盐的垂直分布(毫克/升)

水 深 (水面以下,米)	0.5	2.5	5.0	10.0	20.0	30.0
3 月	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9 月	0.025	0.040	0.017	0.024	0.035	—
12 月	0.026	0.022	0.027	—	—	—

表 8 1961 年三門峽水庫表层的总铁含量(毫克/升)

区与断面	自由河道区	上 游 区		中 游 区	下 游 区	
	渭南断面	沙渠断面	独头断面	潼关断面	楊家湾断面	史家滩断面
3 月	—	0.26	0.47	0.16	0.04	0.03
6 月	0.18	0.18	0.09	0.10	—	—
9 月	0.16	0.08	0.31	0.19	—	0.12
12 月	—	—	—	—	—	0.05

毫克/升之間。

三門峽水庫硅酸盐量十分丰富,整个水庫全年变动在 3.3—7.3 毫克/升之間。

**6. 主要离子** 三門峽水庫中鉀、鈉、鈣、鎂、重碳酸根、硫酸根及氯等主要离子含量均較丰富,其总量在 301.5—523.3 毫克/升之間,属于中等矿化度水域。离子組成,阴离子中以重碳酸根( $\text{HCO}_3^-$ )为最多,阳离子中以鈣( $\text{Ca}^{++}$ )占多数,而且一般是  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--}$ ,按 O. A. 阿列金分类法应属于重碳酸盐类鈣組二型水(用符号  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  表示)。但也有少数是  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$  的,即属于重碳酸盐类鈣組一型水(用符号  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  表示)<sup>[6]</sup>。

在水庫的不同区段,主要离子总量及其組成情况是有所差异的。从 3 月份資料看,在水庫的上、中游区水的离子总量較高,多在 470 毫克/升以上,其中的渭南及沙渠断面水属  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  型;下游区的总量則較低,只在 420 毫克/升以內,是  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  型。据推想,矿化度較低的紅农澗河和青龙澗河等的汇入,可能是这区离子被冲淡和組成改变的一个原因。

从潼关断面逐月分析資料看,枯水的 3 月及 1—2 月間离子总量最高,达到 487.1—523.3 毫克/升之間,其离子組成为  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  型;桃汛期(4 月間)离子总量最低,只有 301.5 毫克/升;伏汛期(7—10 月)也較低,但較 4 月为高,在 308.0—445.2 毫克/升之間,离子組成为  $\text{C}_I^{\text{Ca}}$  型(表 9)。冬季河流主要仰給于溶解质比較丰富的地下水源,因而矿化度提高。在积雪层下,土壤冻结,故融化之水形成桃汛时其矿化度較大。雨水也使矿化度降低,但在形成地表径流时,所溶解的盐类則較雪水为多<sup>[7]</sup>。

表 9 1961—1962 年三門峽水庫潼关断面主要离子量(毫克/升)及水化学类型的逐月变化

取样月日	22/III	27/IV	15/V	16/VI	18/VII	9/VIII	18/IX	27/X	24/XI	15/XII	20/I	15/II
离子总量	488.9	301.5	—	344.2	308.1	308.0	403.5	445.2	331.7	428.8	487.1	523.3
阳 离 子	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	87.2	49.1	—	41.0	1.2	31.4	63.8	87.6	39.7	53.8	88.5
	$\text{Ca}^{++}$	42.6	26.6	35.5	32.6	31.7	39.0	37.3	38.1	35.0	45.5	57.0
	$\text{Mg}^{++}$	15.5	12.7	13.3	20.0	36.8	15.6	15.6	13.2	16.5	20.9	16.9
阴 离 子	$\text{HCO}_3^-$	223.1	131.3	131.3	175.8	168.0	147.6	180.3	165.6	183.0	207.0	238.1
	$\text{Cl}^-$	57.1	40.0	41.9	33.0	28.6	32.9	36.2	78.2	33.6	42.7	65.1
	$\text{SO}_4^{--}$	63.4	41.8	—	41.8	41.8	41.2	70.3	62.5	23.9	59.3	78.5
水化学类型	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$	$\text{C}_I^{\text{Ca}}$

#### 四、三門峽水庫蓄水前后水化学的比較

水庫的水化学特征在不同的区段和時間而有很大的差别,因此,蓄水前后水化学的变



化情况难以籠統地作出比較，我們仅取潼关和史家滩两个断面 3 月份材料和蓄水前相近地点和月份进行粗略的对比，結果見表 10。

表 10 三門峽水庫蓄水前后若干水化学特征比較

項 目	蓄 水 前		蓄 水 后	
	潼 关 1960.4.6.	陝 县 1960.4.27.	潼 关 1961.3.22.	史 家 滩 1961.3.23.
透明度(厘米)	4	4	60	120
pH 值	7.9	7.8	8.1	8.3
总硬度(度)	10.8	10.9	9.5	9.8
Ca <sup>++</sup> (毫克/升)	41.3	47.1	42.6	39.0
Mg <sup>++</sup> (毫克/升)	21.1	18.7	15.5	18.9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (毫克/升)	192.5	200.0	223.1	202.3
Cl <sup>-</sup> (毫克/升)	54.1	54.5	57.1	38.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (毫克/升)	0.78	0.61	0.31	0.12
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (毫克/升)	0.065	0.070	0.064	0.000
Fe (毫克/升)	0.30	0.29	0.16	0.03
SiO <sub>2</sub> (毫克/升)	5.1	4.8	4.5	5.5

从表 10 的初步比較中，我們可以看到如下几个情况：

第一，蓄水后，在水庫的不同区域，水的透明度是不同程度地增大着；其中，潼关断面增到 60 厘米，为蓄水前的 15 倍，史家滩断面增到 120 厘米，为蓄水前的 30 倍。

第二，蓄水后，随着水质的澄清、水中綠色藻类增加（潼关断面蓄水后浮游植物总量达到 79,775 个/升，約为蓄水前的 14 倍；史家滩断面达到 141,000 个/升，約为蓄水前的 20 倍），光合作用加强，較多地消耗了水中的游离二氧化碳及氮、磷、鉄等生物营养物质，使庫水中有关因子的含量較蓄水前为低。其中游离二氧化碳仅微量以至完全不存在，与此有关的氫离子浓度就随之稍有降低，表现在 pH 值的升高。这个变化以下游区的史家滩断面更为明显。

庫水中氮、磷、鉄等含量的下降亦以下游区为甚。如硝酸盐，潼关断面只降到蓄水前的 40%，史家滩断面則降到蓄水前的 20%；磷酸盐，在潼关断面几乎看不到有降低，但在史家滩断面則猛降到零；总鉄，潼关断面降到蓄水前的 50%，史家滩断面降到蓄水前的 10%。至于庫水中硅酸盐的含量十分丰富，其蓄水前后的变化并不明显。

第三，三門峽水庫主要离子（如 Ca<sup>++</sup>、Mg<sup>++</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及 Cl<sup>-</sup>）含量較高，在蓄水前后的比較中看不出有显著的变化。

### 五、三門峽水庫水化学特征和其他水庫的比較

我們以三門峽水庫中游区潼关断面的水化学材料和永定河官厅水庫、北京十三陵水庫、长江流域长寿湖水庫和鴨綠江水丰水庫进行初步的比較后（表 11），可以看到这个水庫水化学的某些特点。

黃、渭河水的含沙量之高是举世聞名的，但在构成水庫后，三門峽水庫的透明度却因泥沙的沉淀而增大到一般水庫的水平。

表 11 三門峽水庫若干水化学特征和其它水庫的比較

項 目	三門峽水庫 (潼关) 1961.3.22.	官厅水庫 (中央) 1958.8.11.	十三陵水庫 (全庫区) 1959.3.	长寿湖水庫 (全庫区) 1955.5.16.	水丰水庫 (金城里) 1958.6.12.
透明度(厘米)	60	—	—300	65—147	25
pH 值	8.1—8.2	8.2	7.9—8.0	8.2—8.4	7.2—7.9
有机物(毫克/升)	10.9—14.6	14.7—19.5	12.5—42.4	8.0—12.0	18.3—27.9
硝酸盐(毫克/升)	0.31—0.35	0.31	0.02—0.18	0.10	0.37—0.50
磷酸盐(毫克/升)	0.050—0.064	0.024	0.009—0.189	0.010	0.003—0.004
总鉄(毫克/升)	0.10—0.16	0.05(Fe <sup>+++</sup> )	0.05—1.25	0.003—0.004	0.021—0.023
硅酸盐(毫克/升)	4.0—4.5	4.6—5.0	2.5—5.8	—	4.6—5.3
氯化物(毫克/升)	57.1	—	6.8—12.9	4.5—6.3	3.0—3.5
总硬度(度)	9.1—9.5	7.4—9.1	5.3—7.8	4.1—6.7	2.2—2.3

从表 11 中可以看到,三門峽水庫的 pH 值、有机物质、生物营养盐类(氮、磷、硅等)和总硬度、氯化物等化学成分的状况和官厅水庫极为相近,但一般較长寿湖水庫、水丰水庫为高,也高于山洪型的北京十三陵水庫。这主要是与水庫所处地区的自然地理条件有关。黄、渭河乃流經可溶性盐类丰富的黄土高原,而且气候干燥蒸发量較大,使水中溶解較多的盐类;同时,由于黄、渭河水泥沙含量很高,水中浮游植物数量极少,河水中的营养盐类遭到的消耗可能較少。丰富的生物营养盐类有利于浮游植物的发展,丰富的重碳酸盐对氫离子浓度的变动也起良好的緩冲作用。这里也必需指出,三門峽水庫下游区的氮、磷、鉄等生物营养盐类的含量較低,只相当或低于一般水庫。这大概是由于这个水庫的下游区比較狹长,少量的营养盐类被浮游植物的不断消耗而含量減少。

## 結 語

1. 三門峽水庫蓄水以后,透明度显著增大。下游区的透明度最大,达到 160 厘米。
2. 周年月平均水温在 1.6—27.0°C 之間,下游区温差幅度小于上、中游区,冬季不結冰。在我們調查期間(3、9 及 12 月)水温垂直分布十分均匀。
3. 庫水清新,溶解氧充沛;全年表层溶解氧量在 6.3—12.3 毫克/升之間,合飽和度 56.4—94.9%,底层变动在 5.0—7.5 毫克/升范围內,合飽和度为 60.4—74.9%。游离二氧化碳除了下游区 3 月份沒有测出外,余均或多或少地存在着。pH 值在 7.9—8.3 之間,水质弱碱性。
4. 溶解有机物质一般丰富,耗氧量变动在 3.8—39.7 毫克/升之間,底层略多于表层。
5. 庫水中生物营养盐类一般丰富,其中除下游区 3 月間缺磷之外,其余各区在整个生物生长期間均有出現,其含量在:硝酸盐 0.12—0.61 毫克/升;磷酸盐 0—0.12 毫克/升;总鉄 0.03—0.47 毫克/升;硅酸盐 3.3—7.3 毫克/升。上述物质在水庫下游区的含量較上、中游区及蓄水前河流为低,垂直分布均匀,季节变动明显,除总鉄以外,一般以春、夏季較低,秋、冬季較高。
6. 庫水总硬度在 6.7—12.9° 之間,属于微硬水类型。鉀、鈉、鈣、鎂、重碳酸根、硫酸根及氯等主要离子比較丰富,其总量在 300—520 毫克/升之間,属于中等矿化水。依照 O. A. 阿列金的分类,庫水属重碳酸盐类鈣組一型(C<sub>1</sub><sup>Ca</sup>)与二型(C<sub>2</sub><sup>Ca</sup>)。水的离子总量亦

隨季節而變動，桃汛、洪汛較低，枯水期和冬季較高，表示離子組成的水化學類型亦有所變化。

7. 三門峽水庫水質良好，肥沃度相當於或超過國內一些其他水庫，大致相當於富營養型湖泊范畴。

### 参 考 文 献

- [1] 王乾麟、戈敏生、王士达、刘荃瑞、张丽生、陈錫涛，1959。官厅水庫、白沙水庫及金盆浴鯉水庫的水生生物学和漁業利用的意見。水生生物学集刊 1:79—90。
- [2] 王乾麟、陈受忠、柯薰陶，1959。長寿湖水庫的調查。水生生物学集刊 1:92—96。
- [3] 沈嘉瑞、王春元、崔道元、庄临之、林振涛，1963。鴨綠江水丰水庫水文学和水生生物学的研究。太平洋西部漁業研究委员会第四次全体會議論文集。
- [4] 張世义、王耀先、王恩义、戴爱云、李厚隆、蔡榮权、王文滨，1962。北京十三陵水庫(1958—1959)漁業生物学調查研究報告。太平洋西部漁業研究委员会第五次全体會議論文集。
- [5] 阿列金 O. A., 1957。大陸水的化学分析。地質出版社。
- [6] 阿列金 O. A., 1958。水化学。水利电力出版社。
- [7] 施成熙，1959。陆地水文学(上册)。科学出版社。
- [8] 徐墨耕、任云峯，1957。淡水养殖水化学。上海科学技术出版社。
- [9] Дзюбан, В. П., Н. А. Дзюбан, 1959. Некоторые черты гидрологического и гидрохимического режима Цимлянского водохранилища в маловодный 1954г. Тр. Инст. Биол. водохранилища, АН СССР 1 (4): 48—68.

## THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE WATER IN SAN-MEN-XIA RESERVOIR

HUANG YU-YAO

(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

San-Men-Xia reservoir is situated at the middle reaches of the Yellow River and at the border region of Shansi, Shensi and Honan provinces. It is one of the largest reservoirs so far built in China, occupying an area over 1,500 square kilometer with a maximum depth over 50 meters. It was filled in September, 1960. Our investigations were carried out once quarterly (except at the Tong-Guan station, where the surveys were made monthly) during the period from March, 1961, to February, 1962, at 13 points (fig. 1). The results of the investigations on the physical and chemical properties of the water are as follow:

The transparency of water was rapidly and remarkably increased after the reservoir was filled. The maximum transparency reached up to 160 cm in the lower part of the reservoir, where it was only 4 cm before filling.

The water temperature ranged between wide limits, with 1.6°C in February and 27.0°C in August. The water temperature in the upper part of the reservoir varied more widely than that of the lower part, but not being remarkably different between the surface and bottom water at any time in our investigations.

The dissolved oxygen was generally rich: On the surface, it ranged between 6.3 and 12.3 mg/L (degree of saturation 56.4—90.4%); and at the bottom, 5.0—7.5 mg/L (degree of saturation 60.4—74.9%). The free carbon dioxide is generally low, it was from 0 to 5.3 mg/L. The pH values ranged between 7.9—8.3.

The dissolved organic matter ranged between 3.8 and 39.7 mg/L, the content at the bottom layer was higher than on the surface.

The dissolved nutrient salts are comparatively rich, but quite variable in contents:  $\text{NO}_3^-$ , 0.12—0.61 mg/L;  $\text{PO}_4^{3-}$ , 0—0.12 mg/L; Fe, 0.03—0.47 mg/L;  $\text{SiO}_2$ , 3.3—7.3 mg/L. These salt contents of the lower part of the reservoir were remarkably lower than that of the upper part, particularly before the reservoir was filled. All the salts were very homogeneously distributed in the water from surface layer to the bottom, usually lower in spring and summer, and higher in autumn and winter.

The hardness of water was 6.7°—12.9°. The  $\text{K}^+$ + $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ , and  $\text{Cl}^-$  were considerably high in amount, ranging from 300 to 520 mg/L. According to Aleking's classification, the water of San-Men-Xia Reservoir belongs to the type of " $\text{C}_I^{\text{Ca}}$ " or " $\text{C}_{II}^{\text{Ca}}$ ".