

# 淡水鱼类水温区划的气候生态探讨

刘乃壮

郑美秀

(南京气象学院)

(宁化县气象局,福建省)

**提 要** 本文根据 24 个地点水温与气温的相关资料,建立了一组计算水温的区域模式。利用各地的气象资料,对我国东部 530 个地点的河水温度作了推算。以淡水鱼类不同温度生态型的生物学界限温度为指标,分别确定了暖水性鱼类的安全越冬北界和冷水性鱼类的安全度夏南界;并以 10°C 和 15°C 为指标,绘出了 4 条水积温等值线,据之将东部地区划分为 5 个鱼类生长的气候适应区。对鱼类养殖各气候区具有不同的生产意义。

**关键词** 水温,界限温度,气候区划

淡水鱼类养殖作为大农业的一部分,近年来在我国得到空前的发展。淡水鱼已成为人民日常生活和改善营养结构中必不可少的成分。怎样将增加产量和丰富品种、降低成本相结合,是淡水养殖面临的迫切课题。在不断地培育新品种和改进养殖技术的同时,如何充分发掘自然资源的潜在生产能力,应是大范围迅速增产节约的有效途径之一。而渔业区划的任务之一正是为了淡水养殖因地制宜的合理布局提供依据,借以发挥各种自然资源生产潜力。

近年来我国对渔业区划的研究,在全国性或省级等不同尺度,都进行了不少有意义的工作。已经从鱼类的自然种群分布、水产地理环境,或者从将自然条件与经济条件相结合的综合特征分析等不同角度展开,探明了一些规律和提出有益的建议<sup>[6,7,10]</sup>。然而,统观这些区划工作在渔业气候资源方面的分析,可以发现,它们往往仅是以列举出一些区域零星的大气气候资料,来说明各地鱼类生长的气候条件差异。而对鱼类直接生活其中的广大水域的贴身气候状况却缺乏系统的阐述,因而不可避免地使有关区划的思路明显偏向于受地理气候学或某些已知农业气候区划体系的影响,并且对淡水鱼类生活的气候环境只能给出某些定性的和模糊的区划分界。

尽管光、热、水和空气都是各种生物生长发育所共同需要的气候因子,然而,光因子部分通过太阳辐射对水体的热效应影响鱼类生活;空气因子则关键表现为水体的溶氧量和其它有害气体的溶量,它们均与水温有关<sup>[4,8,11]</sup>。因此,对于鱼类来说,水与热这两类因子的地理分布差异才是判别各地水产气候资源特征和进行区划的最基本依据。由于水是鱼类存在的前提,故此在一定水资源保证的条件下,以水温为代表的水体热量资源状况就成了决定鱼类安全分布与生长发育速度的主要气候条件;同时,水温还是影响水生植物与浮游生物进而决定水体初级生产力的重要因子<sup>[1]</sup>。人们已经日益认识到,充分而合理地发掘各地水域的鱼类生产力,促进淡水养殖的良性生态循环和在确定鱼苗投放、投饵、捕捞等作业的最佳技术上,科学地掌握水温的时空分布规律与时机是有益的。基于以上认识,

本文尝试直接运用水温资料对做为我国主要淡水养殖渔区的东部各地,进行了两个内容的气候区划,希望它能为人们对本质上不同于陆地生物的水产业自然资源的认识,寻求一条更能反映客观条件和养殖效益的表征方法。

## 思路与方法

进行水温气候区划,首先需要解决两个关键性工作:①系统地掌握所研究地域各点的水温资料。由于只有为数不多的水文观测站具有较系统的水温观测记录,所以必需寻求一种能间接地推算水温的通用方法。②给出主要鱼类生长发育的界限温度。

(1) 水温的推算 根据热量平衡的理论,通常各地的水体温度主要应决定于太阳辐射条件,并与当地的气温、水质、蒸发、水流的外部收支与内部对流、紊流等显热、潜热交换过程有关。即使已知太阳辐射随各地纬度与海拔高度等呈现的规律性变化,由于涉及各方面因子与过程的复杂性,现时尚难以通过热量平衡关系建立一种能较准确和实用的水温计算方程。国内外已有若干研究指出,水温与气温具有极显著的线性相关<sup>[2,7]</sup>,但是各研究者给出的由气温换算水温的方程却有很大的局限性。不同试验点的方程常数或系数相差甚大,致使他们的拟合方程没有普遍意义,难于用来估算任意未测地点的水体温度状况。然而,水体的基本热量平衡关系告诉我们,与气温变化的趋势相似,水温亦应随着纬度的推移,受日照时数、太阳入射角等的不同,而从南方到北方有规律地递减;并随着海拔高度的变化,从低处到高处水温逐渐降低。由此可见,气温、纬度和海拔高度均应与水温有函数关系。

本文在建立通用的计算水温气候模式上做了如下工作:①为了消除同一地点静水与流水的温度差异对相应统计工作的干扰,一律采用河流水温。②从水文资料中随机选择涉及不同纬度、不同海拔高度的24个水文站从1961年至1980年,计20年的水温观测记录,再依各水文测点的地理位置,取各相应点最近地方的气象站气温记录,分别对各对应点逐年逐月相同时段的气温平均值与水温平均值进行比较。考虑到大气系统和水体系统的温度变化都是大范围同步的,故此对两个相距不远的气象站与水文站的气温差异予以略去不计。③从分别统计24组测点逐月水温与气温的相关方程,并绘制点聚图时发现,我国东部各地的月平均温相关直线,因纬度与季节而异可归纳为两种类型:一类属衔接型(或称单线型),它们每一个地方全年各月的水温与气温的相关点处在一条直线上,低纬与中偏低纬度各地均为该型;另一类可称为分离型(或称复线型),它们的每一地方12个月的水温与气温聚合点分布在三条线段上,其中除了有一条是因为冬季水面结冰,水温不再随气温变化而呈水平状态的等值线(I<sub>Iw</sub>)外,在水体不结冻的鱼类活动期内,春季至夏初的升温阶段(I<sub>Is.su</sub>)与盛夏至秋季的降温阶段(I<sub>Isu.a</sub>)分别为两条线,二者具有不同的斜率与截距,如图1所示,中纬偏高和高纬度各地属之。因此,有必要分别建立水温的区域模式。④对上述两种类型各测点的水温—气温方程,引入地理纬度和海拔高度两个校正因子,经过反复验算与调整,最终建成了一组三元一次方程形式的估算水温( $T_w$ )算式,其通用模式为

$$T_w = [a + b(N - \alpha) + cH]T_A + [d + e(N - \alpha) + fH]$$

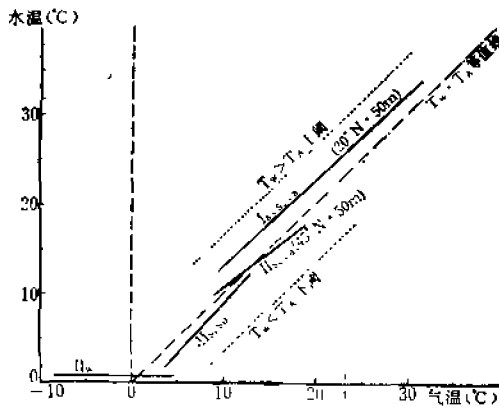


图 1 水温( $T_w$ )与气温( $T_A$ )线性相关图解

I——衔接型； II——分离型

s, su, a, w 按次序分别代表春夏秋冬四季。

Fig. 1 Diagram of some linear relations between hydrotemperature( $T_w$ ) and airtemperature ( $T_A$ )

I-continuous change type;

II-uncontinuous change type

s, su, a, w represent respectively spring, summer, autumn and winter.

式中 $T_A$ 为气温,  $N$ 为纬度,  $H$ 为海拔高度,  $\alpha$ 为纬度参数,  $a, b, c, d, e, f$ 为区域模式参数。现将模式的适用地域范围及其相应参数、方程统计学检验的相关系数分别列入表 1。应用该模式, 只需给出任意地点的气温、纬度和海拔高度数据, 即可算出当地河流的水温。由此可以运用遍布全国的气象站网地面观测资料, 求得大量空白地域的水温分布, 以供水温区划工作使用。在我们分析的样本中, 由于只有 4 个水文站为 1500 米以上的高海拔点, 对鱼类养殖意义不大, 故表 1 中未将高海拔水温模式的参数列入。本文的区划工作, 以上述方程的 I、II 两类参数共计算了 530 个点次的水温数据。

(2) 不同类型水体的水温换算 淡水水域包括着江河、湖泊、水库、池塘等种类的水体。从热量平衡的角度看, 它们基本上可以分为与相邻水体之间经常有热量交

换的流水和不存在相邻水体热量交换问题的静水两种类型。系统地对比从水文部门抄录的不同地方 12 组湖库水温与河流水温的资料, 并逐月计算这两类水体的水温差值, 可以

表 1 由气温计算水温的气候模式与参数

Table 1 Types of climatic equation counted hydrotemperature from airtemperature and equation's parameters

类型	有效时间 (月)	地理条件 (纬度单位°, 高度单位m)	模 式 参 数						统计量		
			a	a	b	c	d	e	f	相关系数	水文站数
I	1~12	$N \leq 25^\circ$ $25^\circ < N \leq 30^\circ$ , 且 $H < 1500m$ ; $30^\circ < N \leq 37^\circ$ , 且 $H < 1000m$	20	0.9592	0.0068	$1.25 \times 10^{-4}$	3.29	0.0065	0.00401	0.9817	8
			40	0.3903	0.0454	$5.4 \times 10^{-4}$	5.69	0.5956	$6.73 \times 10^{-4}$	—	12
II	11~3	$N > 37^\circ$ , $H < 1000m$	40	0.3903	0.0454	$5.4 \times 10^{-4}$	5.69	0.5956	$6.73 \times 10^{-4}$	—	12
	4~6	$37^\circ < N < 45^\circ$ , $H < 1000m$	40	0.8159	0.03	$2 \times 10^{-4}$	3.57	-2.21	-0.0056	0.9884	9
	7~10	$N \geq 45^\circ$	50	1.2556	0.0124	$-6.72 \times 10^{-4}$	-3.3	-0.1031	$4.69 \times 10^{-3}$	0.9911	3
	7~10	$37^\circ < N < 45^\circ$ $H < 1000m$	40	0.8582	0.04	$1.22 \times 10^{-4}$	-2.7	0.4832	-0.0027	0.9840	9
		$N \geq 45^\circ$	50	0.9431	0.0235	$-5.07 \times 10^{-5}$	2.8	0.042	$-4.1 \times 10^{-3}$	0.9010	3

发现,在冬季,静水的水温比流水偏高,而夏季则趋势相反。故此可以取不同季节两类水体的水温差经验值,做为由一种水体水温求知另一种水体水温的换算系数,如表2所示。

表2 河流(R)与湖泊(L)的水温换算系数( $\Delta T$ )  
Table 2 Replaced coefficient of hydrotemperature ( $\Delta T$ )  
about river (R) and lake (L)

月 份	$\Delta T_{R-L}(\text{℃})$
12, 1, 2	1.0~+3.0
3, 4, 11	-1.0~+1.0
5, 6, 9, 10	0~-2.0
7, 8	-1.0~-3.0

(3) 淡水鱼类的温度生态型与生长界限温度指标 淡水鱼类是冷血动物,其体温与一系列生理活动均与水温的高低有密切关系<sup>[12]</sup>。因各种鱼类对温度要求的差别,通常分为暖水性、温水性和冷水性三种温度生态型。我国主要淡水养殖鱼类生存与生长的界限水温可简要地列于表3。从中可见,三种生态型鱼类的生存极限温度、适宜生长温度和最适温度有明显的级差,这些界限温度可以做为判别水温气候对鱼类生长适宜度的指标。温水性鱼类属广温性,在我国分布的范围广,数量多。我国最南省分海南岛的最高旬平均水温不过31℃左右,远未达到温水性鱼类的生存上限温度;我国北方冬季千里冰封,但大型水体上层的深厚冰层具有保温作用,使底层水温能保持在0℃以上,为温水性鱼类的安全越冬创造条件。因此,温水性鱼类的生存可遍及全国,但是从生产的角度看,有一个需要确定利于产生较高经济效益的最适生长的气候区问题。暖水性鱼类对低温较敏感,主要适于南方热带、亚热带气候养殖,生存的下限水温为10℃,向北引种在自然环境下存在着安全越冬的气候问题;反之,冷水性鱼类不耐高温,生存的上限水温仅为25℃,往南引种将因高温危害而不能安全度夏。因此,可以分别以10℃和25℃水温作为淡水鱼类温度生态型分布的气候指标。表3已给出,15℃水温值既是温水性鱼类摄食增重较快的生长温度始点,也是冷水性鱼类最适生长的始点温度,同时,它还大致接近于暖水性鱼类秋冬季的安全越冬温度和春季的摄食增重始温;10℃值亦有一定的生物学临界意义,它既是温水

表3 我国主要淡水鱼类生长的界限水温(℃)  
Table 3 Boundary temperatures (℃) of growth of major freshwater  
fishes in China

生态型	代表性鱼种	生存范围		适宜范围		最适范围	
		下限	上限	下限	上限	下限	上限
暖水性	罗非鱼、鲮	12	45	14	38	22	35
温水性	青鱼、草鱼、鲢、鳙	0	35	15	30	20	28
冷水性	虹鳟、鲑	2	25	8	22	14	18

性鱼类春季开始摄食增重和秋冬季进入休眠状态的界限温度，又是冷水性鱼类适宜生长的始点温度。故此，区划工作又分别以 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的水积温作为鱼类不同有效生长的热量资源指标。

## 结果和讨论

鱼类水温气候区划的主要目的在于了解不同地方鱼类直接生长环境的气候适宜度和对养殖生产有效的热量资源蕴藏量，以便于生产者兼顾充分利用自然资源物丰价廉之利和保障鱼类的生存安全，以相对的较低投入取得较高的产出率，实现产量与效益同步增长。因而水温区划可以做为淡水养殖制定大尺度水域开发、养殖布局和因地制宜技术模式总体策略的有益参考。淡水鱼类养殖的水温气候区划可以从安全生长的地域范围、性成熟速度的区域差异、个体生长的热量资源以及有效生长季长度等不同方面展开。本次研究进行了以下两方面的工作：

(一) 不同生态型鱼类养殖的安全水温区划 由于鱼类为多年生习性，需要水体提供安全越冬与度夏的气候保障，才能持续地生存与繁衍下去，获得充分的个体生长发育和群体的世代演替。因此，在自然水域的大规模养殖，需要明确安全水温的临界区线。只有在安全区域以内才能提高鱼类新品种定向引种和推广的成功率，加快发展速度。由于暖水性鱼类和冷水性鱼类均属狭温性，安全水温区划特别与这两类鱼的生产发展有关。根据前述水温区域模式算出的各地水温和表 3 给出的鱼类界限水温，今年最冷旬平均水温 $10^{\circ}\text{C}$ 为暖水性鱼类的生存北界，则该等值线在我国，东自浙江省温州，经过赣州、郴州、贵阳，西至云南省西部的碧江，大致波动于 $26^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 之间。但是在四川省内，受四周山地屏障对冷空气的阻隔，盆地中部的乐山——泸州——重庆——成都一圈，存在着一条同值等温线，圈内是冬季暖水区，亦有利于暖水性鱼类越冬，如图 2 所示。

冷水性鱼类不耐高温，全年最热旬平均水温 $25^{\circ}\text{C}$ 为其生存上限，则 $25^{\circ}\text{C}$ 等值线的走向，东自河北省沧州、石家庄，向南折至新乡，又西拐至运城、商县、汉中，再南至四川省的雅安、西昌的一条曲线，是为冷水性鱼类安全度夏的南界。实际上这条等值线从华北向西南是沿着太行山脉——秦岭山脉——邛崃山脉的山麓行进的。一般说来，该线以南冷水性鱼类在自然水体中不易生长良好，除非是在局部较高海拔的湖泊或深水库等冷性大水体中。

(二) 鱼类生长的水体热量资源区划 用高于某生物学阈值的水积温量来判别各地对鱼类生长有效的水体热量资源。从低纬度到高纬度，以水温区域模式算出的各地水温进一步算出各地的水积温为准，可以绘得 4 条不同温量的水温等值线：①东自福建省泉州、沿南岭山脉南麓西行，经韶关、广西省河池、贵州省兴义，至云南省的东川、保山，为年蕴藏 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 水积温 7500 度·日区线；②东自江苏省南通，经南京、蚌埠、信阳、老河口、十堰、汉中，西至四川省的绵阳、雅安、渡口一线，为年蕴藏 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 水积温 4,700 度·日区线；③东自河北省的秦皇岛至北京，是年蕴藏 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 水积温 3,000 度·日区线，考虑到往西登上黄土高原受海拔影响较大，该线未向西继续推算；④大致沿大兴安岭的西麓，自黑龙江省盘古河，向西南经过内蒙古的海拉尔、伊尔施、集宁，西至临河的一线，年蕴藏 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 水

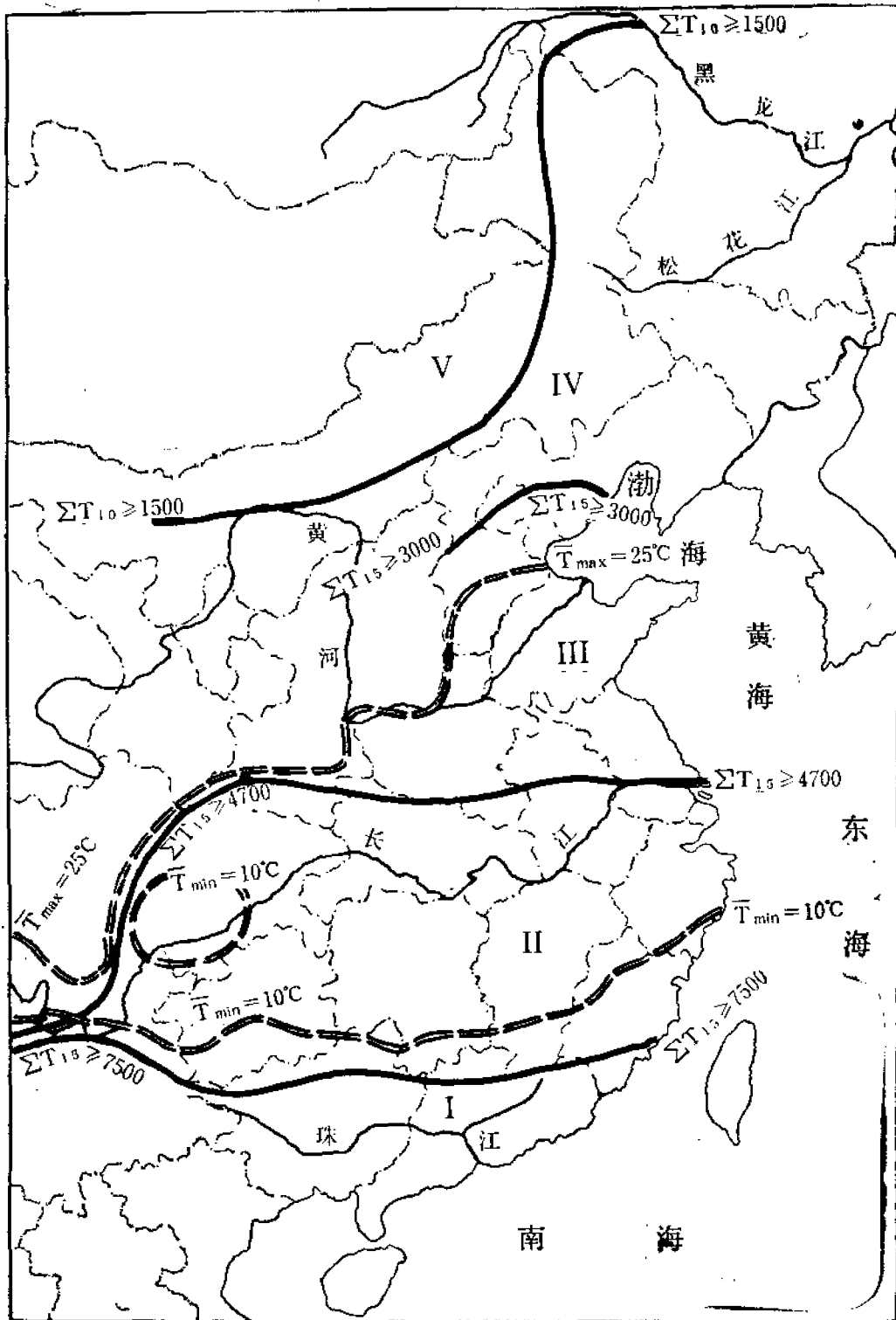


图2 中国东部淡水鱼类温生态型分布与生长的水温区划 I-V 为不同水温资源的区号

Fig. 2 Hydrotemperature regionalization for distribution and for growth of freshwater fishes in the eastern China. The ordiner numbers from I to V represent respectively the Num. of division possessed different hydrotemperature resources

积温只有 1500 度·日。由上述 4 条线将我国东部分割成为 5 个具有不同热量资源的鱼类生长区,它们对淡水鱼类的养殖具有不同的气候适宜性,详细评价列入表 4 之中。

## 结 论

1. 由于各地的水温与气温之间普遍具有较好的相关性,可以建立通用的相关模式,但是,不同地域的模式参数不同。据此可以由各地的气温推算当地自然水体的温度及其年变化。

2. 我国大陆多数地区的水体具有丰富的热量资源,适于淡水鱼类养殖。但是,从南到北各地水体的有效热量蕴藏量相差甚大,海南岛的 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 年水积温达到 10,100 度·日的高值,而黑龙江省的漠河 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年水积温不足 1,500 度·日。故此,各地养殖生产鱼类的最适宜种类与养殖技术应该有所区别。

表 4 中国东部自然水域的年水积温区划及其热量资源对淡水鱼类生长的影响

Table 4 Cumulative hydrotemperature (per year) division and their influences on growth of freshwater fishes in the eastern China

区 号	年水积温(∑T <sub>15</sub> 度·日)	热量资源对鱼类生长的影响
I	7,500~10,100	积温量极丰,利于暖水性鱼类安全生长与提高效益。温水性鱼类摄食期长,无明显越冬期,但夏季水温偏高。
II	4,700~7,500	积温量丰富,暖水性鱼类可以自然生长,但难以安全越冬。温水性鱼类生长速度快,效益高,需警惕夏季高水温的不良作用。
III	3,000~4,700	积温量较丰,不利暖水性鱼类自然生长。温水性鱼类能安全生长,生长季较长。北缘属冷水性鱼类生长过渡区。
IV	1,500~3,000	积温量较少,温水性鱼类生长较慢,生长季偏短,年生长量较低。冷水性鱼类生长良好。
V	<1,500	积温量不足,不利于温水性鱼类生长。冷水性鱼类生长发育速度迟缓,年生长量低,生产周期长。

注:第 IV、V 区的年水积温 1500 值是以大于或等于 10℃ 为准。

3. 暖水性鱼类在我国自然养殖,存在着安全生长的气候北界,河流水温以温州——郴州——碧江一线为准。由于湖、库等静水水体的冬季水温比河水偏高,它们的养殖北界比上述线向北偏移。

4. 冷水性鱼类在我国养殖存在着夏季安全生长的气候南界,河流水温以沧州——石家庄——新乡——运城——商县——汉中——雅安——西昌的连接线为准,因湖、库的夏季水温比河流偏低,它们的南界比上述线偏南。

5. 以水积温判别各地热量资源对鱼类生长的气候适宜性,我国养殖最广的以四大家鱼为主的温水性鱼类,在南通——蚌埠——老河口——汉中——雅安——渡口的连接线以南,有利于快速生长和较高的经济效益。

## 参 考 文 献

- 【1】大连水产学院主编,1985. 淡水生物学(下册),22~37. 农业出版社(京)。

- [2] 王明德等,1986。淡水养鱼,57~60。辽宁科技出版社(沈阳)。
- [3] 内嶋善兵卫(方 爽译),1988。农林、水产与气象,169~204。重庆出版社。
- [4] 江苏省水产局主编,1985。实用淡水养鱼技术,76~80。农业出版社。
- [5] 刘乃壮,1990。气象科学技术在水产养殖中的应用。水产养殖,总(32):26~28。
- [6] 李思忠,1981。中国淡水鱼类的分布区划。科学出版社(京)。
- [7] 李荣生,1985。中国水产地理。农业出版社。
- [8] 宋丽莉,1988。影响对虾养殖的主要气象因子初探。气象,14(7):46~48。
- [9] 周海荣,1986。渔业生产的气候条件分析。中国气象,(8):18~20。
- [10] 夏世福主编,1988。中国渔业区划。浙江科技出版社(杭州)。
- [11] 惠顿, F. W. (中国水产科学院东海水产研究所等译)。水产养殖工程,58~103。农业出版社。<sup>1</sup>
- [12] 童蓁亮,1988。鱼类生理学,283~292。科学出版社。

## A CLIMATO-ECOLOGICAL APPROACH OF HYDROTEMPERATURE DIVISION FOR FRESHWATER FISHES

Liu Naizhuang

Zheng Meixiu

(Nanjing Institute of Meteorology)

(Meteorological Office of Ninghua County, Fujian Province)

**ABSTRACT** Some researches of the fishery regionalization in China are of certain practical significance for reasonably utilizing the natural condition. Up to now, nevertheless, these analysis of division about the climatic condition were only some scattered datum of air-climate, but a systematic elaboration on the hydro-climate for living fish directly is in lack. This paper based on 24 groups of relation between the hydrotemperature and the airtemperature, a equation that it may calculate the hydrotemperature in different regions are proposed. This equation includes three factors—airtemperature, latitude and altitude. The hydrotemperature ( $T_A$ ) is given by

$$TW = [a + b(N - \alpha) + cH]T_A + [d + e(N - \alpha) + fH]$$

where  $T_A$ —airtemperature;  $N$ —latitude;  $H$ —altitude;  $\alpha$ —parameter of latitude; these letters of  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  and  $f$  are different equation's parameters. Based on the diagram of some linear relations between the hydrotemperature and the airtemperature, two types of climatic equation are distinguished. One of them is the continuous change type for month average of hydrotemperature in a year, and another is the uncontinuous change type.

Using each airtemperature datum we have estimated the hydrotemperature of rivers at 530 locations in the eastern China. After that, on the ground of the biological boundary temperatures of freshwater fishes with various therm-ecotypes, a northern limit for warm-water fishes over winter safely and a southern limit for cold-water fishes over summer safely are determined respectively. The limit of for-

下接第 26 页 (continued on page 26)



imum of inclining moment throughout the hauling procedure should be carefully chosen, which occurs at the end of purse line hauling stage.

**KEYWORDS** purse seiner, net hauling, realtime records, analysis

上接第8页(continued from page 8)

The spawning season started from the middle of May to the end of October. There were two spawning peak in a year, i. e. the end of May and early October, while the matured sexual cells discharged in batches. Temperature was the most important factor for influencing the maturation of the gonad and the spawning period of the clam. A hermaphrodite specimen was discovered and examined.

**KEYWORDS** *Paphia undulate*, sex gonad, reproductive cycle

上接第16页(continued from pag 16)

mer is defined to connect with Wenzhou, Chenzhou and Bijiang, but the latter is drawn a line from Cangzhou, Shijiazhuang, Xinxiang, Yuncheng, Shangxian, Hanzhong, Ya'an up to Xichang. In addition, 4 esotherms of cumulative hydrotemperature which take 10°C and 15°C as the biological criterias are given, it divide the eastern China into 5 climately adaptative regions for the growth of freshwater fishes. Each climatic region have the different value for to cultivative fishery. The climatic adaptability of fishes for growth can defined by the division of cumulative hydrotemperature. Among them, these temperate-water fishes of China grow quickly and may give some better benefits in the south of the esotherm of  $\Sigma T_{15} \geq 4700$  degree-day.

**KEYWORDS** hydrotemperature, boundary temperature, climatic regionalization

### 本期勘误

年 卷 期 页(图、表)	误	正
1991 15 1 18 (图1)	动滑轮与传感器悬挂点之间距在图中用“1”。	应为“ $l$ ”。
23 (图6)	图中遗漏 $\overline{CD}$ 和 $\overline{ND}$ 连线的交点符号为“D”, $\overline{CD}$ , $\overline{DN}$ 的夹角符号为“ $\phi$ ”。	分别加“D”, “ $\phi$ ”符号。