

海洋水温预报研究

专 集

赠阅 请交换
山东海洋学院图书馆

1979

出版说明

开展海洋水温预报,对于加强海防建设和发展海洋渔业生产,都具有十分重要的意义。为此,山东海洋学院、国家水产总局黄海水产研究所和东海水产研究所、以及山东省海洋水产研究所等四个单位成立了水文预报协作组,并进行了“渤黄东海近海区水温预报方法的研究”。这一研究课题主要面向海洋渔业生产,为渔情分析和渔情预报提供依据,从而实现科学捕鱼的目的。

我们于1974年开始搜集整理水文观测资料,1976年开展水温预报方法的研究。根据历史水温资料的实况,分别进行了纵向(多年同月时间序列)预报和横向(多年逐月时间序列)预报试验。采用的预报方法有:显著周期分离法、平稳时间序列法、多元回归分析法、经验正交分解法和判别分析法等。每种预报方法又分为多种方案进行对比试验,最后选取一种较优的方法作为发布预报的依据。预报海区和预报月份,主要根据我国海洋渔业生产的特点,选择每年春季渔汛和秋、冬季渔汛,按月发布主要渔汛期渔场区域的水温预报。从1976年秋开始,每年定期进行八个预报月份的中期水温预报,提供渔业生产单位和有关领导部门参考。

在这里应该特别提出的是,在我们开展水温预报研究工作中,由于得到了国家海洋局北海及东海分局的调查队和各沿海海洋水文站,中国科学院紫金山天文台、以及长江流域大通水文站和黄河流域利津水文站等单位的大力支持,按期及时给我们提供有关资料,使我们的水温预报研究和服务工作得以顺利进行,借此机会特向上述各单位表示诚挚的感谢。

海洋水温预报方法的研究,在我国开展较晚。随着生产实践的需要,从70年代才开始引起较大的注意。然而在浅海区,由于水温变化剧烈而复杂,如何探索出一条适合于我国近海区水温预报方法的途径,仍然困难很多。我们在全科学大会的鼓舞下,为了交流水温预报经验,汇报我们进行水温预报研究工作的初步成果,特决定出版这一期《海洋水温预报研究专集》,作为抛砖引玉,以期进一步推动今后的水温预报研究工作。

本专集的内容,除一篇简介国内外水温预报研究动态外,其他可归纳为三大类:一为采用统计方法进行近海水温预报中,有关预报量和因子资料序列处理方法的探讨;二为渤、黄、东海近海区水温预报方法及结果的分析;三为我们提出并采用的几种水温预报方法试验和预报方法探讨。

本专集的审编和定稿工作,根据四个单位水文预报协作组的商定,由山东海洋学院海洋系苏育嵩同志和国家水产总局黄海水产研究所邱道立同志承担。在编辑出版及制图工作中,得到国家水产总局黄海水产研究所霍世荣、王义忠同志的很大帮助,特致谢忱。

由于时间短促,缺乏经验和限于水平,文中错误和不当之处在所难免,请同志们提出批评指正。

1978年10月30日

目 录

预 报 资 料 处 理

海洋水温预报中水温预报量的整理方法及有关问题……………周诗甯(1)

海洋水温预报中影响因子的选择及组配方法的探讨……………方瑞生(9)

预报方法及结果分析

黄东海近海区表层水温纵向预报结果分析……………邱道立 刘树勋(22)

1977年秋冬季(10—12月)东海近海渔场底层水温预报分析……………韩士鑫 刘树勋(43)

1977年秋季渤海底层水温预报分析……………张元奎(56)

预 报 方 法 试 验

东海近海区表层水温横向预报试验……………苏育嵩等(63)

判别分析在东海水温预报中的试验……………李凤岐(78)

预 报 方 法 探 讨

考虑影响因子的经验正交预报方法的研究……………苏育嵩 苏志清(88)

经验正交分解法的基本原理及其在场预报中的应用……………苏育嵩 (104)

动 态

国内外水温预报工作概况……………沈积钧(117)

海洋水温预报中

水温预报量的整理方法及有关问题

周诗资

(国家水产总局黄海水产研究所)

海洋水温预报的方法很多。我们在渤海东海近海区开展水温预报主要采用概率统计预报方法,并以回归分析预报方法为主。这种方法是建立在后期水温的表现与前期影响因子有密切相关的基础上的。回归分析预报模式可以概括为:

$$y(t) = a_0 + a_1 x_1(t) + a_2 x_2(t) + \dots + a_n x_n(t),$$

式中 $y(t)$ 为 t 年的预报量; $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ 等是 t 年的前期影响因子; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ 等是回归系数,它们可根据历史水温预报量和影响因子之关系求解得到,在预报时表现为常数。有了这些回归系数和近期影响因子 $x_i(t+1)$,预报值 $y(t+1)$ 就确定下来了。因此,用回归分析方法做水温预报,关键是求出回归系数,历史水温预报量则是求回归系数不可缺少的条件之一。一般说来,在方法固定以后,用什么样的资料放进去,基本上就规定了将要得出来的结果。因此,要想取得良好的水温预报效果,设法提高历史水温预报量的质量是非常重要的。本文即重点讨论在近海区开展水温预报时,水温预报量的整理方法及其有关的一些问题。

一、水温预报量的选择及确定

在海洋水温预报中,水温预报量和原始水温实测资料并不完全相同。因为在海洋上,受各种条件的限制,资料的取得比陆地上要困难得多,观测方式和手段也有很大的差别。尽管近来随着观测仪器和技术的进步,获得资料的手段开始多样化,除了船舶调查观测外,还可以设置海洋浮标站以及用飞机和卫星进行观测,并能获得较长时间的连续观测资料。但是就历史的水温资料来说,多数是由船舶非定时定点或非定点观测取得的。特别我国近海的数据更是如此。近海区深度小,水温变化激烈和复杂,日变化和逐日变化均较大。直接用这种非同步的实测资料,进行站与站、年与年之间的对比,显然是不适宜的。用它来说明海况分布的特点和寻找其多年变化规律,效果也是不理想的。进行水温预报时不能直接用这种原始水温实测资料作为预报量,必须经过适当的处理,尽可能消除由于观测日期和时间不一致引起的误差,使之成为具有准同步性质。预报量彼此之间在时间上应该具有相对的同一性,而影响因子和它配对时亦应有对应性。

在水温预报中,预报的内容可以是多样性的。如何选择预报量是水温预报的重要前提,它关系到预报是否实用和好用的问题。预报量可以是单个变量或者组合,在时间形式上,可以是代表一个时刻的值,或者是某段时间的平均值;在空间形式上,可以是单

站的,或者是代表某个海区的平均状况。预报量到底取什么样的形式,必须根据预报服务对象的需要,并结合预报海区的历史水温资料 and 与之相对应的影响因子资料状况,以及预报海区的水文特点和拟采用的预报方法等方面,进行综合的考虑后选定。不考虑这些情况,盲目地选定,就会造成:或者工作量过大,不便建立预报模式;或者得到无实际用处的预报结果。为此,我们在渤海东海近海开展水温预报时,对水温预报量作了如下的选择。

(一) 取固定预报站位和预报日期

历史水温观测资料是整理水温预报量的基础,从气候学的观点来看,为了避免单次观测引起的误差,往往把预报量从时间上整理成月(旬)平均,从地点上整理成方区平均。但是根据我们目前已有的预报区内水温资料来看,既不完整又不系统,具体到某一半度方区,同年同月的观测资料,突出地表现为观测次数多少不一,参差不齐,甚至缺测。况且我国近海区深度小,水温变化受太阳辐射和潮汐、海流、径流等动力因素以及地形的影响非常明显,因而表现出水温的地理分布复杂,日变化和逐日变化均较大。在这种观测次数稀缺不均,水温的时空分布和变动均较复杂的情况下,如求方区月(旬)平均值作为预报量,其代表性将受到极大影响,难以完整地反映实际海况。个别海域甚至会出现严重失真现象,同时,不能完全满足统计学的要求,而且进行预报检验也不方便。据我们了解,已有的历史方区月(旬)平均值不少亦是由内插外延修匀求得的,即使是目前发布的月(旬)平均资料也难免上述缺陷。为此我们决定不采用方区月(旬)平均值作预报量。我们考虑到历史水温观测资料和今后继续取得的水温资料的实际情况,并从渔业生产的要求以及便于预报检验出发,确定采取固定站位、固定日期的预报量应较合理。即从历史观测序列中,找出资料比较集中的固定站位作为预报站,对观测日期不一,拟采用合理的方法加以订正到同一日期,如统一订正到每月一日(月初值)及每月15日(月中值)的水温值作为预报量。同时根据水温逐日差值,还可以推算出预报日前后日期的水温值。在渔业生产上,应用起来更显得方便。

(二) 纵向预报和横向预报的预报量区别

海洋水温变化有明显的周期现象。如果我们以前期连续月观测资料预报未来月份的水温,称之为横向预报。为保证精度,它的历史序列要求连续,长度要足够大。这种条件在东海近海区只有少数测站能勉强满足要求。我们曾用平稳时间序列方法进行过东海区个别测站的水温横向预报试验。但这种方法因受历史资料的限制,无法进行全面预报。纵向预报是以多年同月同期水温值做序列进行预报。它不需要有连续的逐月观测资料,只要求预报月份的观测资料有足够的年数,和相应的影响因子。为保证其精度,一般要求序列长度应有30年以上。从我国近海区的历史水温资料情况看,有的月份观测资料很少,不能满足纵向预报方法的要求,但有的月份如渔汛期的月份,观测资料较多较全,仍有可能采用纵向方法进行预报,以解决渔业生产上的急需。目前,我们在渤海东海近海区开展水温预报所采用的阶段回归挑选法,判别分析法都是属于纵向预报的类型,经验正交分解法也以采用纵向预报为主。

(三) 双月距平值的应用

按照统计预报方法的要求,用纵向方法做预报时,历史预报量的序列必须有30个以

上。也就是说用单月资料做预报,必须有30年以上的资料。在我国近海区,历史水温观测资料,纵向序列一般仍不能满足这个条件,大多数预报站只有十几年的资料,故用单月资料进行纵向预报就受到了限制。为了克服这一点,使在现有资料的基础上,既可预报,而序列长度又基本上能满足预报方法的要求,我们采用了一种双月距平值预报法。即每年同时采用前后相连两个月的资料作为预报量。为了解前后月份温度高低的正常差异,此时用做预报量的值必须是各自的水温月距平值。把多年的前月距平值和多年的后月距平值连接起来作为一个整体序列。并以同样对应时距配上该年的前、后月的相应影响因子进行预报。很显然,它的序列长度比单月序列增加了一倍。这样对我国近海区测站历史观测资料纵向序列短的问题就基本上解决了。但是应该指出,在历史观测资料的序列有足够长时,用单月距平序列预报比双月距平序列预报效果好。因为单月距平序列预报,时间相对集中,求预报量和影响因子的相关系数无疑合适一些。在使用双月距平值预报时,应该注意的是,这两个月份必须同时处在增温期或降温期之内。

(四) 预报要符合服务对象的需要

水温预报主要为国防和生产服务。目前我们在渤海东海开展的水温预报主要是为海洋渔业生产服务的。因此,在整理预报量时,对于预报时间、预报海区范围以及预报水层等方面均从满足渔业生产的需要来考虑。

鱼类在海洋中的分布,由于各自的生理要求不同,以及受环境因子的制约,各有自己的洄游分布规律,分别在不同时间和海区形成良好的捕捞作业渔汛及渔场。目前我国在渤海东海主要捕捞作业对象,上层鱼类有鲈鱼、鲹鱼和鳓鱼等,每年4、5、6月从东海深水区,向东海近海和黄海洄游产卵和索饵。底层鱼虾类有带鱼、大黄鱼、马面鲀、对虾等,它们春季的渔汛期也集中在4、5、6,秋冬季渔汛期则在10月至次年的1月,主要渔场分布在浙江和江苏近海,对虾主要分布在渤海,每年秋季(9、10、11月)是主要捕捞季节。由于海洋中鱼虾的洄游分布与水温有着密切的关系,因而水温是分析渔情和发布渔情预报的重要指标。准确地预报好上述渔汛期和渔场海区的水温分布,对于正确地判断渔期,掌握中心渔场,合理安排生产,指导现场作业,争取渔业生产丰收,具有十分重要的意义。另一方面,我国近海渔场区,历史上渔汛期的调查资料较多,对于我们开展水温预报创造了比较有利的条件。

预报海洋水温,理想情况是把整个水体的温度都能预报出来。但是目前因受种种条件的限制还办不到。如果只进行单站预报,则无实际应用意义,对渔业生产起不到应有的作用。同时用场预报方法时,也要求是多站的。因此我们整理了多站的预报量,以达到发表、底层大面水温预报的目的。

二、预报量的具体整理方法

我们在渤海东海开展水温预报,整理预报量的具体办法和步骤是:

(一) 收集历史水温观测资料

历史水温观测资料是进行水温预报的基础。一般在确定预报方法和预报量整理方式之前,就应着手对预报海区的历史资料进行收集。资料的收集,应力求全面系统,把预

报海区范围内的国内外资料尽可能收集到手。在国内我们基本上收集了各水产单位和海洋系统的观测资料,国外的收集了日本、朝鲜以及国际合作黑潮调查的有关资料。资料收集好以后,应对这些资料进行总的研究分析,并决定采用整理统计的方法。

(二) 对历史水温资料进行初步统计

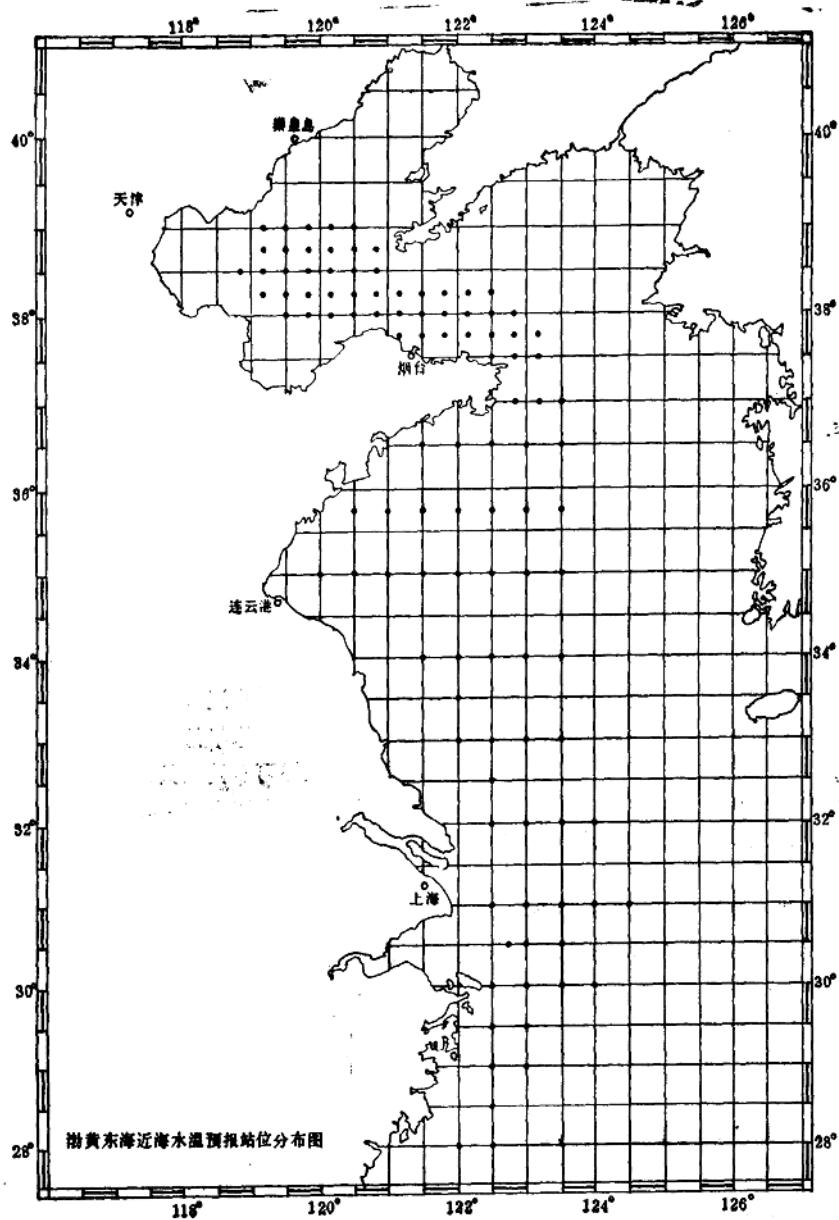
从各单位收集来的历史水温资料比较杂乱,直接整理预报量有困难,有必要把收集来的历史水温资料先按方区分月进行统计。方区的划分是视资料情况及预报的需要而定。我们采用的是经纬度各半度的方区,和渔业生产的渔区划分一致。统计时是将不同年份的同月观测资料,统统填在同一方区的统计表中。填写的内容包括:方区号、月份、观测年份及日期,观测站位、水深以及各水层的水温值等。由于我们是取固定站(不取方区平均值)进行预报,所以应在方区统计的基础上,在同一方区、同一月份的测站中找出观测年份多的(即历史资料多的)测站作为预报站。至于预报站数的多少及其分布,以能反映出预报海区水温分布特点为准,适当地照顾站位配置相对均衡。一般在水温变化大的海区,预报站要适当多设。我们在渤海东海近海区共选取了107个预报站,其分布见站位图。其他未选上的测站暂不进行预报量的整理。对于选定预报站的水温值应另列一统计表,这就是我们求预报量真正要用到的原始水温观测资料。

(三) 同期水温预报量的确定

站位确定之后,时间也应力求划一。我们求渤海东海区的同期水温预报量,采用了两种方法,从水温年变化过程曲线上读取为主,以水温逐日差订正为辅。

若预报站各月的水温观测资料比较齐全,水温变化又比较有规律,可以用坐标方格纸将预报站每年各月的水温观测值,按比例以点或不同的符号填在相应观测日期的相应位置上,然后以圆滑的曲线将各点连接起来,就得到预报站的水温年变化过程曲线。从曲线上就可以读出所需日期的水温值,即要求的水温预报量。我们取的是月初(1日)值和月中(15日)值。绘制过程曲线图,主要有两种形式:一是把具有同类型水温变化的几个预报站的过程曲线绘制在同一张图上;二是把同一预报站的多年过程曲线绘在同一张图上。一般说来,同一海区中同类型站的水温变化趋势应具有相似性,而同一站各年的水温变化趋势和规律也应基本一致。在实际应用时,这两种绘法各有长处。连接和圆滑年变化过程曲线,原则上应尊重实测值,但也应考虑海区的水温变化规律,对那些不合理的极值允许做适当的修改。如何判明极值的真伪,是预报量整理的重要环节。对预报海区的海况特点具有丰富的实践经验,及善于对各年、各站进行对比,是判明极值是否合理的重要条件。由于短期特殊天气条件(如寒潮、台风等)的作用,可以引起海区水温在短期内发生激烈的跳动,观测记录下来就可能形成极值,这种极值是客观实际的反映。但这种情况一旦发生,它不可能只在一站反映出来,一般至少要在若干个站有所反映,因此用上述的第一种形式绘制的过程曲线可以进一步确认这种极值是合理的,而用第二种形式绘制的过程曲线,则可能表现为不合理的。这时用第一种形式绘制的过程曲线显然更能提供较好的判断。遇到上述情况,在整理预报量资料时,我们一般均予以考虑。

在一般的情况下,过程曲线能客观地反映出水温随时间的变化规律。但是,某些年份如观测水温的月份太少,往往无法绘制水温年变化过程曲线,或者我们作的是纵向预



报,只预报一年中的某一两个月的水温,其他缺测月份不预报,这一两个月又处在比较稳定的增温或降温期,此时我们可以用多年平均或当年的水温逐日差订正法求得同期水温预报量。

多年平均水温逐日差订正法的步骤是:

(1) 先按下式分别求出前后月份的多年平均观测日期($\bar{D}$)和平均水温($\bar{T}$),

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N} \text{ 及 } \bar{T} = \frac{\sum T}{N},$$

式中D代表观测日期, T代表水温, N代表年数。

(2) 求前后两月之间的多年平均水温逐日差(ΔT):

$$\Delta T = \frac{\bar{T}_2 - \bar{T}_1}{(30 - \bar{n}_1) + \bar{D}_2},$$

式中下标1, 2分别代表前月和后月。

(3) 根据当年的实际观测日期(D)和实测水温(T_D)及多年平均水温逐日差(ΔT);就可算出当年规定日期(d)的水温(T_d):

$$T_d = T_D + \Delta T(d - D).$$

T_d 水温值就是我们所要求的同期水温预报量。

利用多年平均水温逐日差订正水温值,是把水温的变化过程看成是线性稳定的,而实际上各个时期的变化是不一样的。为了提高预报量的质量,使其更能反映客观实际,应尽可能多分几个时段求水温逐日差值,而取所在时段的逐日差值或取所包含的各个时段的逐日差值的累加值进行订正,求出所需的同期水温预报量。这样可以避免绝对平均化,和消除其他不相关时段对它的影响。另外,利用多年平均逐日差订正水温,不可避免地掩盖了各年水温变化的不同特点。为能更好地体现各具体年份的水温特点,在条件许可时,应采用各具体年份的水温逐日差订正为好。这样可以消除其他年份的不相关影响。但是,要用当年逐日差订正水温,在订正期间,必须有两个以上的实测水温值。要把时段分得更细,要求的实测值要更多。若不具备这种条件,就只好用多年平均逐日差值来订正。

为了进一步检验从水温年变化过程曲线上读得的或以逐日差订正得到的单站同期水温预报量是否合理和符合客观情况,还应将这些初步整理出来的同期水温预报量,绘成平面分布图,检查分布趋势,及各年互相比,如出现特殊的极值,要进行认真地分析,找出产生极值的原因,对不合理的要进行修正,使之符合预报海区的海况分布规律。这种经过时间与空间对比后确定的固定站位同期水温值,就是我们在预报时所要用的预报量。

(四) 缺测预报量的增补方法

当预报海区资料不多,缺乏完整性系统性的情况下,部分预报站某些年份或月份因缺测资料而无法直接整理出预报量,而使各预报站的预报量序列各年参差不齐。在进行海区大面积多站水温预报时,为了节省时间和提高效率,尽可能把年份序列相同的预报站进行编组,然后分组上机计算,组数力求越少越好。这样对缺测的预报量就应想办法增补。下面是我们采用的几种弥补缺测预报量的方法:

1、过程曲线顺延法

在比较有规律的稳定增温或降温期，前后月份都有观测资料，而缺少中间月份的资料，可以按过程曲线趋势延伸，通过缺测月顺接起来，这时缺测月的水温值，就可以从顺接的曲线上读得。若缺测月是在某几个连续观测月之前或之后，则可按过程曲线的趋势作适当的外延，并从外延的曲线上读出缺测月的水温值。进行过程曲线顺延时，应参照同一海区同类型的测站或本测站其他年份的变化趋势进行顺延。当缺测月份处于水温变化的峰值或谷值期，用顺延法增补就较困难，可靠性也较差，此时应该考虑采用其他方法增补。

2、逐日差订正法

当预报站的水温无法绘制年变化过程曲线时，可以按就近日期的水温实测值，用逐日差订正法求得规定日期的预报量。订正方法已在上边详述。

3、平面分布图内插法

如果预报海区内大部分预报站的预报量都已整理出来，而其中有个别站缺值时，可以将已有的同期水温预报量绘成平面分布图，然后根据分布趋势进行内插，求出缺值站的预报量。

4、地理差订正法

当某个预报站缺某年水温值而又无法用上述几种方法弥补时，可考虑用地理差订正法进行弥补。它是以缺测站的水温（ T ）和邻近站的水温（ t ），在历史上有较好的正相关或负相关为依据。方法是先求出两站之间多年（ N ）的平均水温差：

$$\Delta T = \frac{\sum(T-t)}{N},$$

然后根据该邻近站当年（增补年）的水温（ t ）加上两站多年平均水温差（ ΔT ），即可求出缺测站的当年水温（ T ）：

$$T = t + \Delta T.$$

用上述几种增补方法得到的预报量是否可靠应予检验，方法是将增补值填入到该站的年变化过程曲线上或平面分布图上，看其趋势是否符合正常的变化规律，如果明显地偏离原来的变化趋势，说明增补值并不合理，应重新考虑。

三、水温预报量质量的探讨及评价

作为水温预报的预报量，应像实测水温资料一样，正确反映规定日期的水温。但实际上很难做到这一点。由于受海洋条件的限制，目前海洋调查观测，多是由单船逐站观测的，连续观测的资料非常少。这些资料不仅观测日期不一致，观测时间亦不一致。要从这些资料中整理出同期水温预报量而不带误差，显然是十分困难的。我们上面介绍的预报量整理方法是不够完善的。在浅海区水温的日变化和逐日变化均较大，且不同季节亦不一样。我们在整理预报量的过程中，没有进行水温日较差订正。同时从圆滑的年变化过程曲线上，或者以水温逐日差订正法求得月初（1日），月中（15日）水温预报量时，也是把这个时期的水温变化看成是一种稳定的增温或降温过程。这样整理出来的预

报量难免是接近于平均状况,而难以反映出短期的或特殊的变化特点。此外,观测定位不准以及读数和仪器引起的观测误差,使观测资料质量下降,也可以使整理出来的水温预报量与预报站的实际水温不符。

为提高预报量的质量,设法降低或尽力排除上述误差的影响是十分必要的。在浅海区,当水温的日变化平均距平接近或超过年较差平均距平时,必须进行水温的日变化订正,否则预报是毫无意义的。为减少水温短期波动的误差,应考虑缩短调查观测的时距,增加观测次数。最好增设浮标站,以取得代表性站的连续观测资料。在目前船测的条件下,也应保证观测的质量,做到定位准确,观测精度达到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内。若历史观测资料质量没有保证,用再好的整理方法也无法提高预报量的质量。另外,增加预报量的序列长度,它可以使质量较差的预报量在预报中降低影响,而起到提高整个预报效果的作用。

在整理资料中,往往会遇到由于短期特殊天气过程而引起的水温异常变化,从而出现极值。如何对待这种极值问题,值得提出商榷。如果不考虑它,必然造成忽略了该年出现水温特殊变化的特点。如果考虑它,则在中期水温预报中,对于短期影响因子一般无法考虑,由此而引起的水温异常变化也难以作出预报,在此情况下,如考虑极值有可能反而对其他年份预报量造成普遍的不良影响,特别在资料序列短少时更是如此。这里对于极值的含义,以及在什么情况下决定是否考虑极值的问题,值得今后作进一步的深入探讨。

我们在渤海东海近海区用上述方法共整理出107个预报站的水温预报量,序列长度多的有18年,少的14年。取双月水温距平预报量的序列长度则是上述年数的两倍。预报海区为渤海中部、烟威外海、黄海中南部和东海北部近海。其中黄海中南部分两组上机计算。预报海区水温的最大年较差,表层是 $3\sim 6^{\circ}\text{C}$,底层是 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$,比日较差大。逐日差为 $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 。我们从1976年下半年开始进行预报,每年预报八个月份。从预报结果看出,表层预报的总体均绝差在 1°C 左右,底层预报的总体均绝差在 0.7°C 左右,预报分布图的趋势大部分与实测图基本一致。因此可以认为,只要预报方法适合海区的特点,因子又选配得当,对目前已有的比较杂乱、不系统不完整的观测资料,采用以上方法整理水温预报量进行水温预报,基本上是可行的。至于如何进一步提高预报精度的问题,从预报量这方面来看今后仍有许多工作要做。

海洋水温预报中影响因子的选择及组配方法的探讨

方 瑞 生

(国家水产总局东海水产研究所)

众所周知,一个海区或某一观测站的水温变化完全取决于该处海水的热收支。影响海水热收支的原因较多,例如大气环流形势、风、云、气温、海流等因子。研究海水温度预报,就是要弄清这些因子与水温之间的关系。

由于我们预报海区主要是浅海,地处热温两带,水温变化剧烈,气候也各具特殊性。因此,除了要遵循水温预报工作中的一些共性的规律之外,更重要的是必须发现我国浅海水温变化与分布的特殊性,以便抓住主要矛盾,有的放矢地选配好影响海洋水温变化的主要因子。

影响水温变化的因子较多,但如果把全部可能的影响因子都引入预报方程参加筛选,这样不仅涉及到工作量大,而且也不一定能达到预期的效果。因此对因子的选择与组合作是一项很重要的课题。在水温预报中,预报的成败,固然与资料的数量、质量以及预报方法本身有关,而因子的选择和组合也是决定预报效果优劣的重要环节。在其他条件确定之后,如果在因子选择和组合上能处理得当,将可提高预报精确度。

本文对水温预报中涉及到因子的选择与组合问题进行探讨。预报过程中的计算,统一采用阶段回归挑选法。

一、影响因子的选择与组合

所谓因子的选择是指人工选择,它是因子组合的前提,而因子组合则是因子选择的补充,在实际应用中,两者经常结合进行。

(一) 因子选择与组合应注意的事项

1. 考虑因子的物理意义

回归分析预报法是建立在影响因子与预报量间的因果关系和相关关系的基础上,因此熟悉预报海区的海况特征,对预报中因子的选择与组合将起指导的作用。例如预报海区的流系与风场在各个季节的消长状况及其对预报海区水温的影响范围和大小,以及预报海区的地理特征等等都需有一定的了解。只有这样,才能从物理含意出发,有的放矢地寻找一些相关性较好的可能影响因子。这样做不仅可以避免盲目组配过多的因子,增加计算工作量,而且当其中某些因子引入预报方程之后,便于从物理意义上解释预报量与影响因子之间的关系。

2. 考虑因子的超前时距

相关分析要求因子与预报量必须一一对应,同时为了预报目的,因子必须超前于预

报量进行配对。不同因子其超前时距可以各不相同,其中最短的超前时距则为预报期。为了使预报能预期发出,务必在预报期之前保证能收集到所有影响因子的资料。否则,即使该因子相关性很好也无济于事。为此,有必要建立因子的定期供应制度。

3. 避免使用依赖于预报的因子

使用预报的因子是中长期预报中可能应用的方法之一,它可以使因子的超前时距大大缩短,但对于历史序列较短的中期预报,为了避免使用依赖于预报的因子而引起的误差,应尽可能取用因子的实测值。

(二) 影响因子的类型及其资料的选取

几年来在预报中所用因子,根据物理性质的不同,大致有以下这些物理量:水温、气温、风、气压、径流、太阳黑子相对数、日照、降水等。

1. 水温

有黑潮区域的表层水温、预报站本身的前期实测水温,以及沿岸海洋水文气象台站的水温。

选取黑潮区水温作为影响因子,其目的是由于来自太平洋热带海域的黑潮暖流,从台湾东侧经东海再入太平洋,其所携带的水量与热量相当可观,这支具高温高盐的黑潮暖流必将对我国浅海的热状况施加影响,特别是从台湾北部北上的台湾暖流与进入黄海的黄海暖流,这二个分支的消长盛衰对黄、东海水温的变化更有显著的影响。

在预报过程中,我们选取黑潮通过东海区的主体部分,及其北上分支对马暖流流域的某些代表性站位的表层水温值,站位分布位置如图1。为方便起见,统称为黑潮区水温。

这一资料来源,从历年气象传真图的表层旬、月水温图中,通过内插取得表层旬、月平均水温值。

预报站的前期水温,根据该预报站历年逐月现场观测的资料、通过绘制年变化过程曲线而读取统一日期(月初、月中)的水温值。

海洋水文气象台站的水温,选取的台站有厦门、长江口的引水船、小麦岛、成山头、烟台、北隍城、龙口、秦皇岛、大连等。取直接观测的月平均水温。

2. 气温

取上述海洋水文气象台站的地面气温,及预报海区沿岸气象台站(上海、青岛、北京、大连、长春、台北、冲绳等)的地面及700毫巴高空的气温。海上高空(850毫巴)气温是从每天08时的天气图上取值,分别有两个取值点:一是代表黄海预报区的高空点($35^{\circ}00'N$, $123^{\circ}00'E$),另一是代表东海预报区的高空点($30^{\circ}00'N$, $124^{\circ}00'E$),经统计得出旬、月平均高空气温值。

3. 风

选取上述预报海区沿岸海洋水文气象台站风的月统计资料,通过统计组合获得南向风和北向风。

4. 气压

分单站气压和组合气压场。单站气压是从天气图上录取上述选定的气象台站的地面及700毫巴高空的气压值,组合气压场是利用气压场形式,通过统计组合算出付热带高压

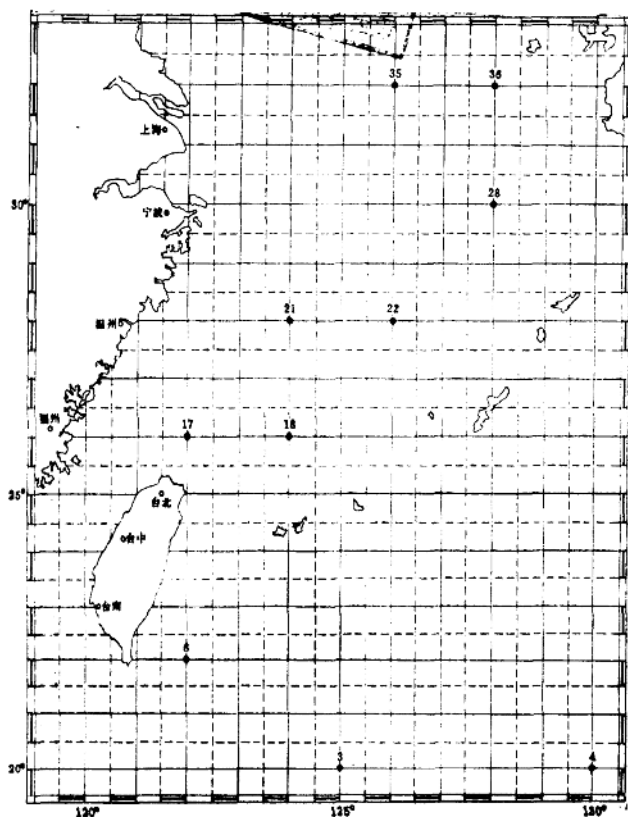


图1 黑潮区水温站位分布

强度指数*和气流强度指标值。对东海和黄海预报区的气流强度指标值分别各取北分量和东分量，且分成旬、月平均值。

5. 径流

黄河及长江径流对黄、东海近海的海况影响最大，黄河径流对黄海预报区影响大，长江径流对黄、东海预报区均有影响。夏季长江流量增大，向东可影响到 128° — 129° E，秋、冬季在偏北风作用下，入海后形成冲淡水沿江浙近岸南下直到台湾海峡。我们分别选取大通和利津二个水文站的月平均径流量资料代表长江径流及黄河径流。

6. 太阳黑子相对数

资料取于中国科学院紫金山天文台，取用太阳黑子相对数的月平均值。

7. 日照和降水

分别取上海、青岛、烟台气象台的月平均日照量和月平均降水量。

* 此资料取自上海中心气象台。

(三) 因子组合的必要性

因子组合之所以必要, 不仅仅是由于因子个数不足, 更重要的是有时取用直接因子, 往往与水温的相关性不够显著, 而使用组合的因子与水温的相关性可能较好, 所以需要直接因子进行某种形式的组合, 从而获得不同物理意义的新因子, 从下例中即可看出:

采用黑潮区10个站的单站8月平均表层水温做为直接因子, 以及由这10个直接因子之间的差值组合(共45个)与10、11月表、底层水温的月初、月中值做为预报量(共有80个站次)*进行单相关计算的结果为: 在10个直接因子中有4个因子被选上, 占40%, 选上次数为6次, 占直接因子的60%; 而在45个组合因子中, 有25个因子被选上, 占56%, 选上次数为74次, 为组合因子的164%。由此可见, 组合因子的被选率及重选率大大超过直接因子。此外, 在45个组合因子中, 有一个因子 T_{4-6} , (下标表示黑潮4号站与6号站表层水温差值, 下同)的选上次数达22次。这就是说, 通过组合的许多因子, 往往可以得到较佳的因子。

再从单相关系数的大小亦可看出组合因子比直接因子好。如在80个站次中, 选上74个组合因子的平均单相关系数为0.507, 其中最好的因子是 T_{4-6} , 单相关系数为0.741; 而选上6个直接因子的平均单相关系数为0.437, 最好的是 T_3 (黑潮3号站表层水温), 其相关系数为0.586。

由上述得知, 在水温预报中, 作为影响的因子, 不仅仅取自于直接观测的物理量, 还需要由直接观测的物理量, 经过各种不同形式的组合构成新的物理量作为可能的影响因子, 以提高因子的入选率。

(四) 因子的组合形式

因子的组合, 在本预报中所用到的有物理组合和统计组合两种。

1. 物理组合

(1) 对某种物理量在同一时期, 取不同地点的差值, 能够反映该类物理量的水平梯度或垂直梯度的变化状况。例如因子 T_{22-21}^x 表示黑潮区10月份22号站与21号站表层平均水温差值。从差值的大小大致可了解到历年在这个时期该位置热平流的强弱变化情况。又如预报10、11月份水温时, 引水船气温与东海区高空气温的差值作组合因子, 它反映了预报海区高空与地面气温的垂直梯度变化。

(2) 对某种物理量在同一地点, 取不同时期的差值, 它表征该物理量的时间变化率。例如预报10、11月份水温时, 用黑潮区35号站的冬季各月表面水温总和(这里指该地点的前一年12月至当年1、2月的水温之和), 与当年该点的8月表层水温的差值作因子, 差值的大小可以反映该地点从冬季到夏季增温季节历年的增温率变化。

(3) 预报站本身的前期水温, 它表征该预报站前期的热含量状态。

(4) 取同一因子不同时期的和。例如黄海气流指标北分量, 采用8月下旬与9月上旬求和的组合。

* 指东海区20个预报站的表、底层水温, 分别按月初(1日)、月中(15日)取值, 得80个预报量。

2. 统计组合

在海洋水温预报中, 往往要考虑大气环流形势的演变对水温变化的影响, 而大气环流形势一般是由气压场的分布与变化来体现。风情变化在某种程度上也能体现大气环流形势, 但由于气压场和风的资料都是二维量, 作为预报因子引入预报方程前应进行统计组合。

(1) 北向风和南向风 对水文气象台站每月观测风的统计资料中, 将风速和风频进行如下统计组合得北向风和南向风。

北向风: 从16个方位中取出北向的5个方位, 即NE、NNE、N、NNW、NW的风速分别与该方位所对应的频率, 求乘积累加作为北向风(W_N), 其表达式为:

$$W_N = \sum_{NE}^{NW} V_N F_N,$$

式中 V_N 表示北向5个方位的风速, F_N 表示北向的5个方位所对应的风频率。

南向风: 从16个方位中取出南向的5个方位, 即SE、SSE、S、SSW、SW的风速, 分别与所对应的频率求乘积累加, 作为南向风(W_S), 其表达式为:

$$W_S = \sum_{SE}^{SW} V_S F_S,$$

式中 V_S 表示南向5个方位的风速, F_S 表示南向5个方位所对应的风频率。

(2) 气流强度指标 为了考虑东、黄海区的水温预报, 对预报海区850毫巴的高空选取一个比预报海区面积稍大的方框气压场, 方框范围为 $25^{\circ}00'N \sim 40^{\circ}00'N$, $115^{\circ}00'E \sim 130^{\circ}00'E$, 并在方框内选取两点: $35^{\circ}00'N, 123^{\circ}00'E$ 及 $30^{\circ}00'N, 124^{\circ}00'E$ 分别代表黄海区 and 东海区的中心点(如图2)。

n 为气压梯度方向(由高压区指向低压区), 在其右方 90° 则为气流方向。决定气流强度的大小是以通过该方框的等压线数目来计算(一条等压线为一个单位长度, 其长度可以任意), 例如通过方框等压线数目有7条, 则 l 就有7个单位长。显然, 通过方框的等压线数目愈多, l 就愈大, 表示大气环流对该区的作用愈强烈, 对预报区的水温来说, 其影响就愈显著。对所得的气流强度(l)再投影于地理坐标上, 气流强度(l)与地理坐标轴的交角为 α , 则 l 对地理坐标轴的投影的北分量(J_N)和东分量(J_E)应分别为:

$$J_N = l \cos \alpha;$$

及

$$J_E = l \sin \alpha,$$

J 为气团转移矢量, 也称气流强度指标。

把每天08时的 J_N 、 J_E 分别进行累加并取平均值, 则得平均气流强度指标值。

$$\bar{J}_N = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m l_i \cos \alpha_i, \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

及

$$\bar{J}_E = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m l_i \sin \alpha_i,$$

上式中 m 为天数。求气流强度指标值时, 应注意以下几点:

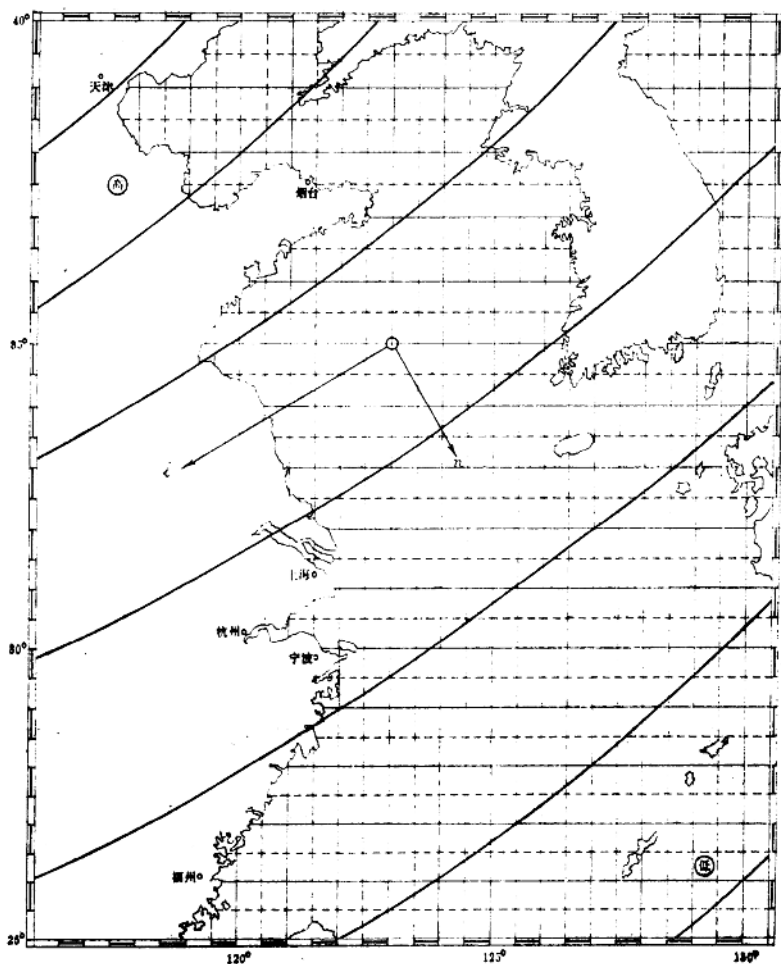


图2 气流强度指标示意图

(a) 决定气流强度 l 的方框大小，是气流强度指标法的关键之一，方框太大，将会把其他地区的天气形势也包括进去，干扰了预报海区天气形势与海况的实际关系。方框太小，便体现不出大气环流对预报海区海况的影响。近几年来我们在黄、东海近海区的水温预报中，计算气流指标值所选用上述范围的方框，从初步分析来看，基本上适用于东海预报区，对黄海预报区来说最好再往北延伸，而对渤海则不适用。

(b) 气压场高度的选取与预报期有密切关系，在一般情况下，气压场高度与预报期的长短成正比。在我们所做的中期水温预报中，取自850毫巴的天气图，但对700毫巴和500毫巴也应进行试验，取地面天气图不太合适，因为干扰太大。

(c) 在方框内录取 l 和 α 时，同一等压值只能算一个单位，方框边缘的等压线按内插估算至0.5； α 以 10° 为单位，当 α 无法确定（如等压线呈马鞍形）时，应令 $l=0$ 。