

广东地面的蒸发、水量平衡与气候学 灌溉定额

黄 潤 本

(地质地理系)

一、前 言

蒸发过程是水分循环中的主要组成部分之一；由于水转变为水汽状态时需要耗费相当多的热量，所以蒸发过程同样是热量交换的主要因素。也就是说，蒸发的一些特征值，建立了下垫面与大气之间热量交换过程及水分交换过程的直接联系。А.А.格里哥里耶夫(Григорьев)指出[1]：“地理环境(陆地)的结构和发展按带、地带、亚地带变化的依据，首先是热量的变化(最重要的能量因子)，水量的变化，热量与水量对比关系的变化”，因此，蒸发的研究，是研究自然地理地带性规律的基本问题之一。

在水文工作中，需要确定蒸发对于人工或天然有限水体的水文情况和对于逕流的影响。在农林生产、水土保持和利用，以及其他与国民经济有效发展密切相关的各个方面，也需要获得蒸发的数据，直接为生产实践服务。

拥有丰富热量资源的广东地区，由于有季节性的干旱，获得高额而稳定收获量的决定性因素之一是地面的水分条件。蒸发数据既是地面水分消耗多少的指标，因而研究广东地面的蒸发，从而设法改善地面的水分条件，充分利用热量资源，就有重大的实际意义。

在本文中，首先讨论广东地面蒸发的全年分布和季节分布情况；其次，采用蒸发数据结合降水资料分析广东地面的水量平衡；再次，根据蒸发力(可能蒸发量)与实际蒸发量(以下简称为蒸发量)的差值，论述广东地区按年和按季节的气候学灌溉定额，这些数据可以作为确定植物水分消耗定额的参考，特别是作为农田灌溉需水量的直接指标，它又具有比一般干燥指数(蒸发力与降水之比)或湿润指数(降水与蒸发力之比)能更具体地和准确地表征地面湿润情况的优点，因而也是很好的湿润条件的指标。

二、蒸发量的分布

根据气象台站热量平衡的观测，可以精确地获得蒸发量的数据，但是由于目前具有热量平衡观测的台站寥寥无几，且观测时期短暂，未能作地理分布的广泛应用。因此，就必须借助于气候学的计算方法，根据其他气象要素的观测资料来决定蒸发量。

大家知道,对于多年平均值的水量平衡方程式,具有非常简单的形式:

$$x = y + z \quad (1)$$

式中 x 为降水量, y 为逕流深, z 为蒸发量。由于蒸发量与降水量或逕流深存在着一定的联系,因此有些学者根据大量的资料,作出流域多年平均蒸发量的公式,最有名的是 P.施拉别尔 (Schreiber) 公式:

$$z = x \left(1 - e^{-\frac{z_0}{x}} \right) \quad (2)$$

及稍后发表的 Д.М.奥里捷克甫 (Ольдеков) 公式:

$$z = z_0 \operatorname{th} \frac{x}{z_0} \quad (3)$$

(2) 和 (3) 式中的 z_0 为蒸发力。

М.И.布德科 (Будько) 认为 (2) 和 (3) 式与实际情况相比,嫌有不足和太过的毛病,乃将 (2) 和 (3) 式取几何平均而提出以下的公式 [2]:

$$z = \sqrt{z_0 \operatorname{th} \frac{x}{z_0} \cdot x \left(1 - \operatorname{ch} \frac{z_0}{x} + \operatorname{sh} \frac{z_0}{x} \right)} \quad (4)$$

其后, Н.А.巴格罗夫 (Багров) 在上述公式的物理基础上,根据基本假定形式

$$x = \int_0^z \frac{dz}{1 - \left(\frac{z}{z_0} \right)^n} \quad (5)$$

进行了陆面蒸发量的推算 [3], 式中参变数 n 表示流域表面的逕流情况; 但该式只有在极少数情况下能够进行积分, 积分后的公式也是相当复杂, 且仅当 $n = 1$ 及 2 时才能求得 z 对于 x 及 z_0 的显函数, 这样在实际应用上就带来了很大的困难。刘振兴曾将 Н.А.巴格罗夫的假定形式改成如下形式 [4]:

$$x = \int_0^z \frac{dz}{\left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^{\frac{1}{n}}} \quad (6)$$

上式在 n 为任何数值时都可以积分, 且取得的公式非常简单。这样, 在不同的自然地理条件下, 取用不同的计算蒸发量公式, 就可能比前述的那些公式有更多的优点; 遗憾的是, 目前还缺乏实际资料的验证。本文计算广东地面的蒸发量选择了 (4) 式, 因为朱岗崑曾采用了这个式进行全国范围内蒸发量的计算 [5], 其结果是颇能令人满意的。

计算蒸发量公式中的 z_0 值, 最合理的方法是热量平衡法⁽⁶⁾, 此法同时解热量平衡方程、下垫面和大气间的热通量以及水分通量方程, 所以是一个综合的方法。广东各地的 z_0 值已根据这个方法作过计算, 并已有专文发表⁽⁷⁾。

图 1—5 就是根据公式 (4) 计算的结果, 各图分别代表广东地面全年及各季节蒸发量的分布情况^①。

① 计算所根据的测站有 26 个, 其中过半测站的记录在 5 年以上。

地面的湿润条件,对蒸发有很大的影响,在土壤中有足够水量时,蒸发量的大小基本上决定于地面的热量。从全年蒸发量分布图(图1)看到,海南岛东部是广东地面蒸发量最大的地区,这里全年蒸发量可多达900毫米以上,就是因为这一个地区水量充足、热量资源十分丰富的缘故。海南岛西部地区虽然热量资源与东部地区不相伯仲,但蒸发量却是全广东最小的地区,可少至600毫米以下,突出地显示了这一地区水分与热量之间不相适应的情况。在广东的大陆部分,年蒸发量大致自北向南随着热量的递增而相应地增长;从北江韶关地区迤南以迄珠江三角洲,年中蒸发量比其东、西方向相邻地区有较显著的突出,反映了这些地区的水湿条件也较其相邻地区为佳。雷州半岛是广东大陆部分热量资源最丰裕的地区,但相应的年蒸发量的增长则显然是较少的,也大致反映了这一地区水分与热量之间有些不相适应的情况。

春季锋面活动频繁,在锋面常驻的各江上游一带,雨水丰盈,因此春季各江上游的热量虽比不上南部各地多,但蒸发量却是彼此不相上下的(图2)。各江上游春季蒸发量在220毫米左右,沿海蒸发量最多的地区在230毫米之谱;钦廉地区及东江中游徂东至梅江谷地上游地区,春季蒸发量在210毫米或在200毫米以下,是广东大陆部分春季蒸发量最少的地区。海南岛东部为全广东春季蒸发量最大的地区,约达250毫米,西部则为全广东春季蒸发量最小的地区,可少至90毫米,反映西部地区春旱现象相当严重。

夏季海洋气流鼎盛,全省水量充足,热量的分布较为均匀,所以夏季各地蒸发量的分布(图3)也是比较均匀的。在粤北连阳、乐昌北部一带蒸发量在250毫米左右,这一数值向南缓慢地递增,至沿海一带最长达330毫米(珠江口及其附近)。海南岛夏季南部的蒸发量显然少于北部,南部在270毫米左右,向北一路递增,最后增至300毫米以上,这是由于盛夏期间本区经常在印度热低压向东伸展的南海低压槽控制之下,多西南风,海南岛北部地区由于西南风越过五指山而来有焚风现象,以致北部地区所获得的热量超出南部地区,因而在土壤水量充足的条件下,蒸发量也就比南部地区大了。

秋季海洋气团已日趋式微,大陆高压势力则逐渐伸张,水分的获得主要为台风带来的降水,因此秋季受台风影响最多的海南岛及沿海地区,雨泽较多,同时也由于这些地区热量较为丰富,因而蒸发量都比较大(图4);特别是海南岛东部,秋季蒸发量仍可达260毫米以上,沿海地区大致在180—200毫米之间,在珠江口及其附近则可达220—240毫米。自沿海往北,蒸发量一路递减,北江上游少至140毫米,东江及韩江上游则少至120毫米。

冬季水分的获得,主要为冷气流南下时在冷锋上的降水,因此在冷锋影响较多的各江上游一带,虽然热量比南部地区为逊,但蒸发量却比南部地区为大(图5)。各江上游冬季蒸发量一般在100毫米以上,这一数值向南递减,在沿海一带多数为70—80毫米。海南岛东部,由于东北季风掠过海面而来,含水汽相当多,经过地形的抬高作用,冬季亦可获得相当多的降水,而本区冬季热量依然不少,因而蒸发量可大至120毫米以上,为全省冬季蒸发量最大的地区;海南岛西部冬季蒸发量小至40毫米,仅相当于东部地区的 $\frac{1}{3}$,其苦旱程度可想而知。

三、水量平衡

对于多年平均的情况来说,降水量、蒸发量和逕流深为组成水量平衡的三要素,其方程式有如(1)式所示。根据广东各地的降水量减去本文所计算的蒸发量,即得逕流深($y = x - z$),从而绘制平均逕流深分布图;如再根据各地逕流深与降水量的比值($\gamma = \frac{y}{x}$),亦可绘制逕流系数分布图。本文只讨论逕流深,逕流系数从略。

首先,我们来简略地讨论一下广东各地多年平均降水量。从图6上可以看出^①,降水最多是在山地迎风坡的地区,这些地区是:海南岛五指山东坡,北江中上游山地边缘地带,粤东莲花山及粤西大云雾山、天露山、十万大山等山脉的东南坡,年降水量都超过2000毫米;台风最常侵袭的地区,降水也很丰富,如钦州湾沿岸虽为低平的台地,降水也在2000毫米以上。降水最少是背风坡雨影区,以海南岛西部为典型,这是由于年中盛行气流在五指山东坡已发生大量降水,使空气中水分含量大大减少,气流越过五指山后,在山的西坡因下沉而发生焚风现象,就更使空气离开饱和程度相当远,难于使水汽凝结而降水,因此这一地区年降水量可少于1200毫米,为广东最少雨的地区。

图7是按照水量平衡方法计算数据绘成的多年平均逕流深分布图,这个图与图6(降水量)及图1(蒸发量)构成广东水量平衡三大基本要素。不难看出,年逕流深的分布与年降水量的分布情况是很一致的,在前述的几个多雨地区的年逕流深都在1000毫米或在1200毫米以上,尤以海南岛东部加积地区达1700毫米以上为最大;少雨的梅江谷地、雷州半岛及海南岛西部地区,年逕流深都不足800毫米,尤以雷州半岛南部及海南岛西部地区,仅为600毫米甚至在600毫米以下。如把逕流深的毫米数以31.5除之,即可换算为以单位公升/秒/公里²计的年平均逕流模数,那末图7亦可代表逕流模数的分布。例如,逕流深1000毫米等值线相当于逕流模数31.8公升/秒/公里²,800毫米等值线相当于25.4公升/秒/公里²。

四、气候学灌溉定额

由于蒸发力(可能蒸发)可以代表植物的蒸腾与充分湿润土壤表面的蒸发的总和,而蒸发量可以表示植物在它的发育时期中可能利用的土壤水分自然储藏量的特征的,因此取蒸发力与蒸发量之间的差值,就可以作为对农作物进行灌溉的气候学定额。计算灌溉定额要涉及许多问题,它不仅决定于气候条件,而且还决定于土壤水的地下水位、土壤耕作质量、土壤特性、土壤结构和作物品种,以及农业技术水平和灌溉方法等等,所以气候学灌溉定额与实际灌溉定额是有区别的。根据苏联的资料,在土库曼、乌兹别克等共和国春小麦生长期气候学灌溉定额,平均比实际定额(包括灌溉系统的水分损失在内)小1.5—2倍,这个数值就是白白浪费掉的水分,在利用人工降雨进行灌溉时,这

① 图6所根据的测站记录有144个,其中记录达20年以上的有17站,10年以上的有27站。

種損耗可降低20—25%[8]。

採用氣候學灌溉定額這個指標以說明地面的濕潤情況也非常適當[9]。蒸發差原則上與道庫恰耶夫—維索茨基(Докучаев—Высоцкий)指數[7]沒有不同,但它有更多的優點,因為它能把植物的水分狀況直接與水文氣象條件聯繫起來。當濕潤情況最適當,即蒸發等於蒸發力時,植物細胞的水分供給在生長期的一定階段達到最大值,這時氣孔器官完全張開,碳素的同化作用過程進行得最強烈;當蒸發量小於蒸發力時,氣孔完全地或只是部分地張開着,這就使得由空氣進入時二氧化碳減少,而二氧化碳是形成植物組織有機體所必需的。因此,蒸發差和植物體的總質量有着相關關係,因而也和收穫量密切相關[10]。

為了能更好地為生產服務,本文中將蒸發差這個氣候學灌溉定額以毫米為單位的數據改為公方/市,圖8—12分別為廣東全年及各季節的氣候學灌溉定額的分布。從圖8可以看到,全年氣候學灌溉定額自北向南遞增,也就是說,年中農作物所需灌溉水量,南部地區要比北部地區多,這是由於北部的熱量收入比不上南部多,蒸發力較小,而北部地面年中獲得水分也不少,蒸發量相當可觀,因而蒸發差較南部為小。在廣東的大陸部分,北江上游瀘、武二水流域一帶,全年氣候學灌溉定額在55公方/市左右,是廣東全省灌溉需水量最少的地區;沿海的兩陽地區,年中水分較充足,分布也較均勻,定額為65公方/市左右,則是沿海一帶定額最小的地區;雷州半島及北海一帶地區,熱量豐富,蒸發力大,但水濕條件較遜,是沿海定額最大的地區,達95—105公方/市。海南島東部與西部定額數值甚為懸殊,東部水濕條件好,蒸發量大,可小於95公方/市,西部情況相反,定額可大至195公方/市,是全廣東定額最大的地區。

各季節氣候學灌溉定額的分布,有相當大的差別。各江上游一帶,春季為全年最多雨的季節,蒸發量很大,地面獲得的熱量又遜於以南地區,蒸發力顯著地較小,因而這一帶是廣東春季氣候學灌溉定額最小的地區(圖9),尤以北江上游瀘、武二水流域一帶為最小,僅為5公方/市左右;雖然一般認為在土壤充分濕潤條件下蒸發量應等於蒸發力[10、11、12、13],但是由於在廣大面積上空氣濕度較大,因而在充分濕潤條件下的蒸發量也可以經常比蒸發力為小[14],因此北江上游春季這樣小的氣候學灌溉定額,可以認為是水分完全滿足需要,不需進行灌溉。欽州灣沿岸、雷州半島及海南島等地區,春旱現象顯著,春季氣候學灌溉定額都在20公方/市以上,海南島西部尤為干旱,定額可多達85公方/市以上。

夏季(圖10),各地水分分布均勻,氣候學灌溉定額彼此差別不大,其中以梅江谷地中部、湛江地區、海南島加積及其附近地區定額在20公方/市以上為最大,十萬大山東南坡下面的江平地區定額最小,僅有5公方/市左右。這些差別,是和熱量多少(決定蒸發力)、地形上的向風背風(影響水分的獲得)有直接的關係。

秋季(圖11),海南島地區雖然蒸發力較廣東大陸部分大,但由於秋季獲得台風雨澤最多,因而蒸發量也較大,所以秋季氣候學灌溉定額為全廣東最小的地區,尤以島的中部和東部均小於10公方/市,海口一帶定額雖為全島之冠,也不過20公方/市。在廣東大陸部分,東江及韓江上游一帶,秋季獲得台風雨澤較少(尤以梅江谷地受陰那山脈的

屏障作用最大), 蒸发量小, 而蒸发力又比邻区大, 因而定额是广东大陆部分最大的地区, 在40公方/亩以上; 北江上游浈武二水流域一带, 秋季雨水虽较少, 但因位置偏北, 热量条件较逊, 因而蒸发力也较小, 所以这一带定额仅为25公方/亩左右, 与沿海大部分地区相埒。

冬季气候学灌溉定额(图12), 大致愈往北愈减, 愈往南愈增。各江上游一带, 冬季冷锋过境时可获得较多的降水, 地面较为湿润, 由于气温较低、蒸发力较小, 因而定额一般小于10公方/亩; 沿海一带, 水湿条件较逊, 热力较多、蒸发力较大, 定额达20—25公方/亩; 海南岛东岸东北季风的向风坡地区, 冬季水湿条件很好, 定额可小于20公方/亩, 但西岸处于背风坡, 水湿条件甚逊, 而冬季蒸发力仍相当可观, 因而定额可大至50公方/亩, 为全省冬季定额最大的地区, 这里冬旱的程度仅次于春季。

五、尾 語

本文将广东地区的蒸发、水量平衡和气候学灌溉定额作了单独的与综合的论述, 所提供的资料是多年平均的, 个别年份的情况当然可能有相当大的出入。希望有关方面注意本研究项目的实际应用, 随时与作者联系, 俾使研究成果及时得到改进和提高, 能更好地为生产服务。

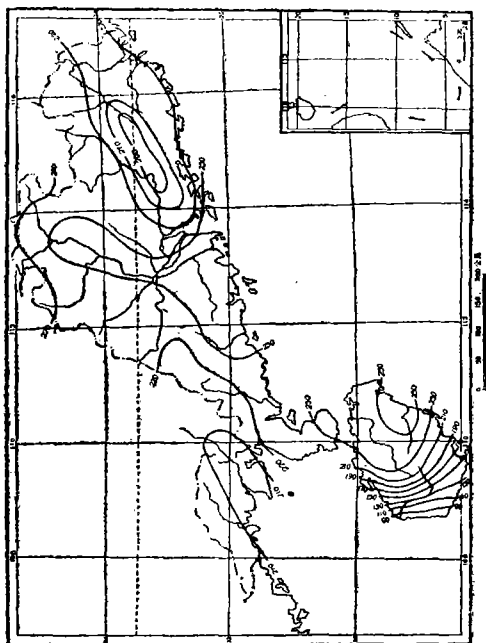


圖2.春季蒸发量(毫米)

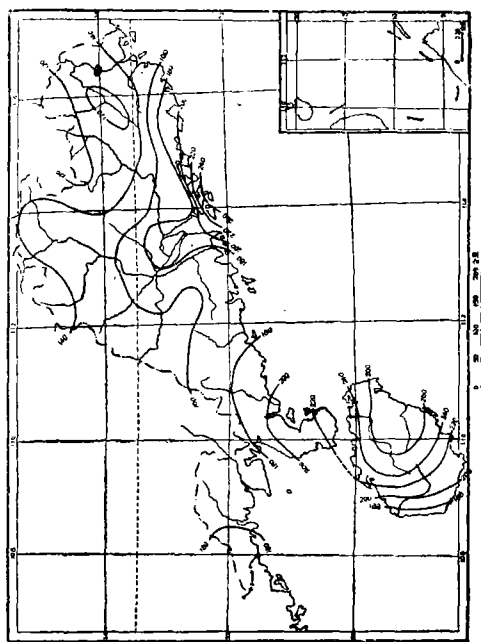


圖1.秋季蒸发量(毫米)

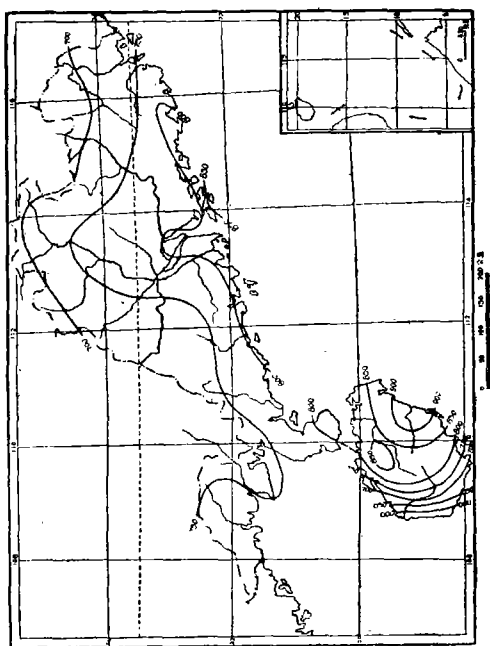


圖1.年蒸发量(毫米)

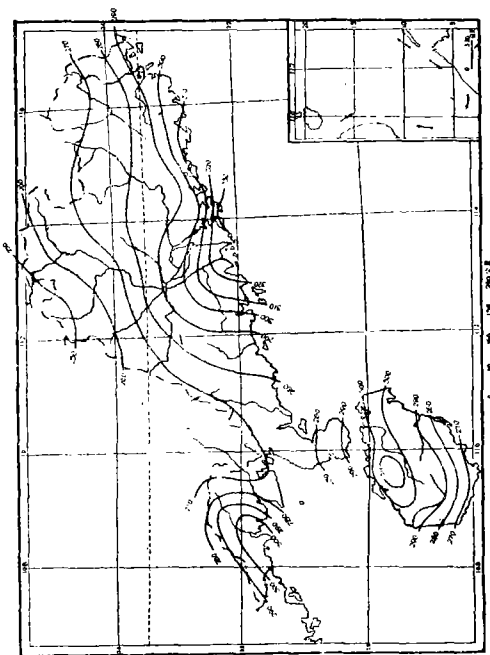


圖3.夏季蒸发量(毫米)

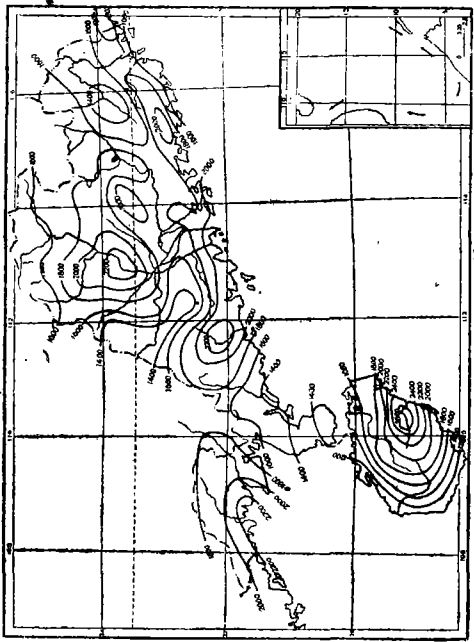


图 6. 年降水量 (毫米)

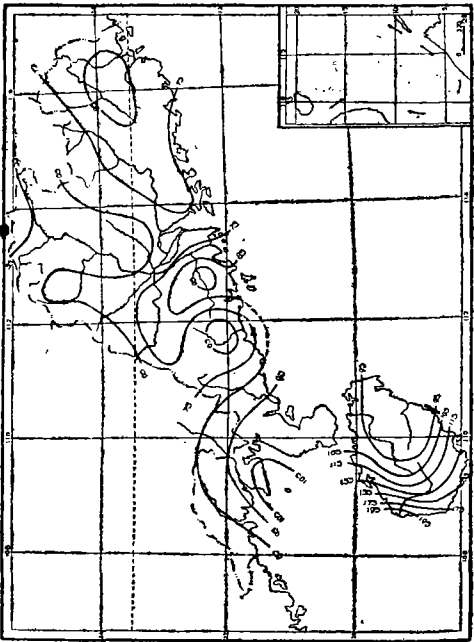


图 8. 年气候学灌溉定额 (公方/亩)

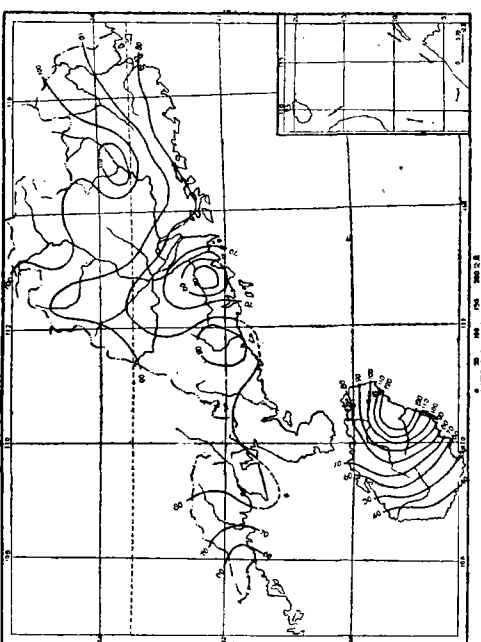


图 2. 冬季蒸发量 (毫米)

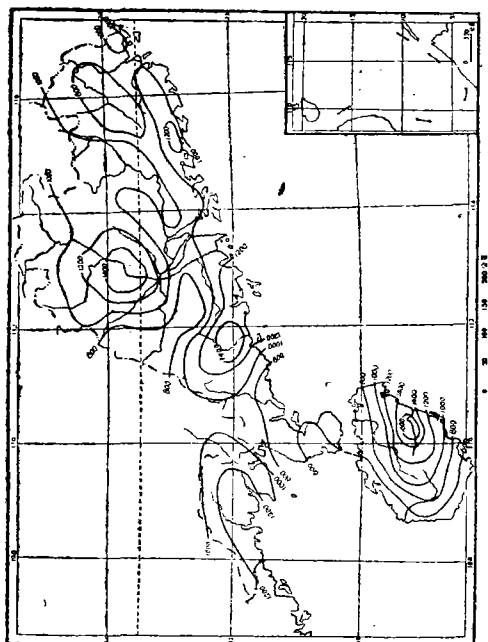


图 7. 年逕流深 (毫米)

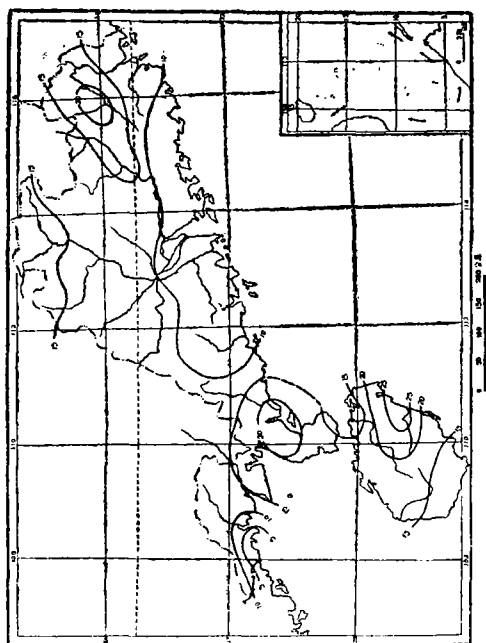


图10 夏季气候学灌溉定额(公方/亩)

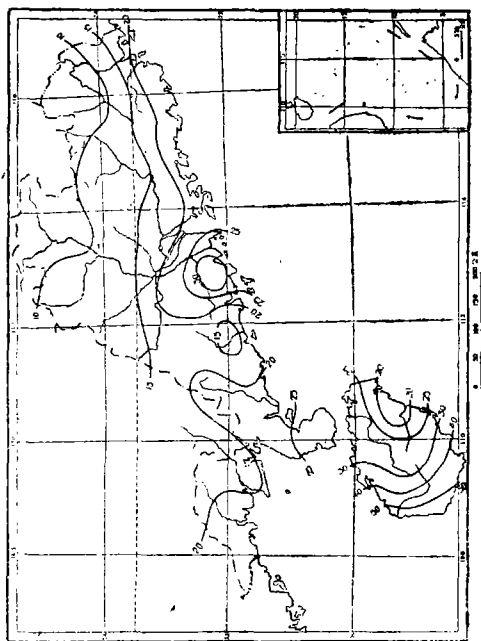


图12 冬季气候学灌溉定额(公方/亩)

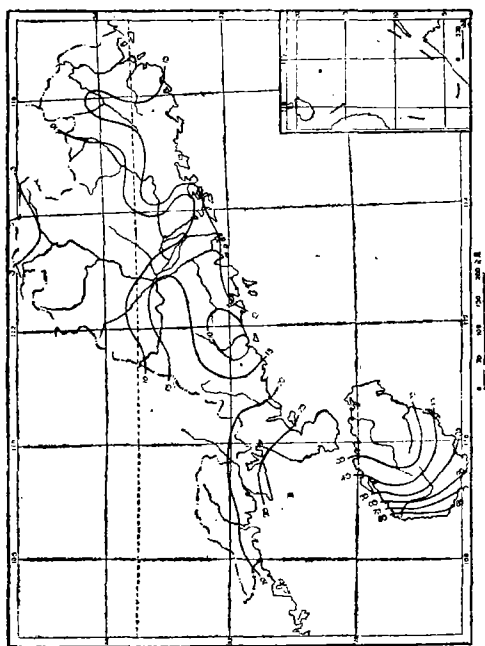


图9 春季气候学灌溉定额(公方/亩)

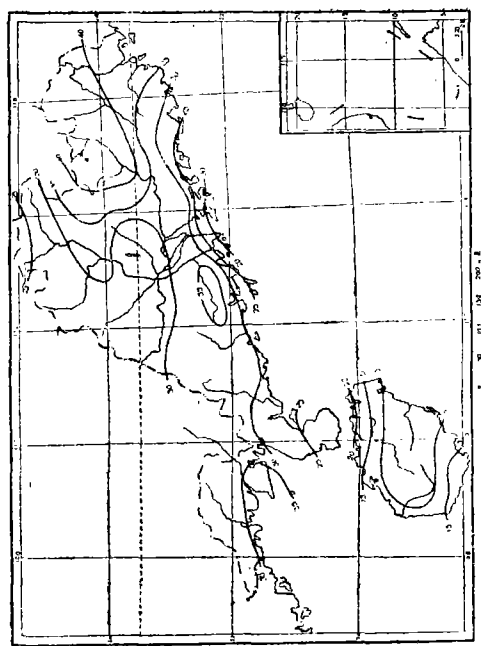


图11 秋季气候学灌溉定额(公方/亩)

参 考 文 献

- [1] Григорьев А.А., Географическая зональность и некоторые ее закономерности, Изв. АН СССР, Сер. геогр. No.5, 1956(譯文见于地理譯报, 1957年第1期)。
- [2] М.И.布德科, 自然条件下的蒸发, 科学出版社, 1958。
- [3] Багров Н.А., О среднем многолетнем испарении с поверхности суши, Метеорология и гидрология, No.10, 1953。
- [4] 刘振兴, 論陆面蒸发量的計算, 气象学报, 27卷4期, 1956。
- [5] 朱崗崑, 中国各流域水量平衡的初步分析, 气象学报, 28卷1期, 1957。
- [6] Будыко М.И., Тепловой баланс земной поверхности, Гимиз.Л.1956。
- [7] 黃潤本, 广东地面的湿润条件, 中山大学学报, 自然科学版, 1959年第4期。
- [8] Серякова Л.П., Определение испаряемости и расчёты норм орошения, Изв. АН СССР, сер.геогр. No.6, 1957(譯文见于气象学譯报, 5卷5期, 1958)。
- [9] Савина С.С., Гидрометеорологический показатель засухи, Изв.АН СССР, сер.геогр. No. 4, 1957(譯文见于地理譯报, 1958年第2期)。
- [10] Будаговский А.И., Основные закономерности испарения в степной зоне, Изв.АН СССР, сер.геогр. No.3, 1956(譯文见于气象学譯报, 5卷5期, 1958)。
- [11] Алпатьев А.М., Влагооборот культурных растений, Гимиз.Л.1954。
- [12] Будыко М.И., Об определении испарения с поверхности суши, метеорология и гидрология, No. 1, 1955。
- [13] Савина С.С., Связь между испарением и испаряемостью при достаточном увлажнении почвы, метеорология и гидрология, No.10, 1957(譯文见于气象学譯报, 5卷5期, 1958)。
- [14] Погосян Х.П.等, 苏联干旱地区改造自然计划所引起的气候变化, 科学出版社, 1958。