



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

农业气象学

(修订版)

段若溪 姜会飞 主编



气象出版社
China Meteorological Press

农业气象学

(修订版)

段若溪 姜会飞 主编



 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 提 要

本书是为高等农业院校相关专业所开设的“农业气象学”课程而编写的教材。全书分为大气、辐射、温度、水分、气压和风、天气及灾害性天气、气候、农业气候、农业小气候、农业和农村的气象服务等十章。本书内容着重阐述基本原理,介绍基本知识,同时能联系农业生产的实际情况。本书的第一版于2002年出版,使用十多年来受到广大师生的肯定,这本修订版广泛收集了第一版教材在使用过程中的反馈意见,并增添了近年来本学科发展的新内容。本书还可供地理、水文及其他相关专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

农业气象学/段若溪,姜会飞主编. —修订本.

北京:气象出版社,2013.8

ISBN 978-7-5029-5756-8

I. ①农… II. ①段… ②姜… III. ①农业气象-高等学校-教材 IV. ①S16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 186631 号

Nongye Qixiang Xue (Xiuding Ban)

农业气象学(修订版)

段若溪 姜会飞 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.qxcbs.com>

责任编辑:王元庆

封面设计:博雅思企划

印 刷:三河市鑫利来印装有限公司

开 本:720 mm×960 mm 1/16

字 数:350千字

版 次:2013年9月第2版

定 价:25.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:18

印 次:2015年3月第16次印刷

《农业气象学》(修订版)编写者

主 编 段若溪 姜会飞

副主编 (按姓氏笔画排序)

王春华 刘安国 孙彦坤 姚渝丽 蒋跃林

编 委 (按姓氏笔画排序)

王春华 田志会 孙彦坤 刘安国 江 敏

张亚红 陈志全 杨建松 郁家成 姜会飞

郝兴宇 钟克友 段若溪 姚渝丽 郭 巍

崔日鲜 蒋跃林

《农业气象学》(修订版)参编单位

(以单位笔画排序)

山西农业大学(郝兴宇)

中国农业大学(段若溪、姜会飞)

东北农业大学(孙彦坤)

北京农学院(田志会)

吉林农业大学(姚渝丽、郭巍)

华中农业大学(刘安国)

华南农业大学(钟克友)

宁夏大学(张亚红)

安徽农业大学(蒋跃林、郁家成)

青岛农业大学(崔日鲜)

贵州大学(杨建松)

湖南农业大学(陈志全)

福建农林大学(江敏)

新疆农业大学(王春华)

前 言

“面向 21 世纪课程教材”《农业气象学》第一版于 2002 年出版发行,在全国数十所高校使用了十多年。在此期间,从事农业气象教学和科研的一线教师曾多次召开教学研讨会,广泛收集教材在使用过程中的反馈意见。广大师生在教学实践过程中,对本书作了肯定,也提出了宝贵的修改建议。

本书首次出版后的十多年来,我国教学改革和国内外对农业气象学的理论研究和科技实践方面都取得了显著的进展,为了适应当前教改过程中“宽口径、厚基础”的人才培育需要,反映本学科的最新成就,教材编写组认为有必要在总结过去教学和实践经验的基础上,对原书内容进行精简、修改和更新。

在修订过程中,我们力求保持原教材的优点,并针对课程设置的目的是要求和在教学计划中本课程教学课时数减少的现实,进一步精选和更新内容、加强基础、突出重点,强调理论与实践相结合。

教材中有关大气、辐射、温度、水分、气压和风、天气及灾害性天气和气候等章节基本保持原教材编写结构。按从理论到实践的编写思路,先介绍气象要素的基本知识和基本定律,分析该要素的时空分布规律及其成因,再阐述该要素与农业生产的关系及其在农业实践中的具体应用。

为使教材内容更能反映最新研究进展和把握典型应用案例,也为使教材体系更为完整,本教材除了在第八章“农业气候”增加了“农业气候相似理论及其应用”一节和“农业小气候”独立成章外,为充分发挥 21 世纪的信息资源优势 and 把“十一五”期间取得的科技成果纳入教学内容中,本教材第十章“农业和农村的气象服务”,增加了应对气候变化的气象灾害风险管理的内容。

在教学课时数压缩和教材内容增加的情况下,为提高教学效果和实践指导价值,教材写法上注重启发式。以第八章的“农业气候相似理论及其应用”为例,先从生产实践中要进行生物引种的实践需求出发,提出问题——把某一物种引种到哪些地方更容易成功呢?于是便提出了“农业气候相似理论”——即把某一物种引种到与现产地气候环境相似的地方,引种成功的可能性最大。这种基本理论的介绍方法就是启发式教学,是培养学生思考问题、分析问题到解决问题的教学方法的具体体现。有了

基本的理论和思想,面对复杂的农业气象条件,如何由浅入深,把复杂的问题简单化,让同学们更容易理解和把握主要矛盾呢?即面对复杂多样的农业气候条件——生物在不同的生育阶段对光、热、水等气象要素有着不同的需求,究竟应该选择哪些气象因子进行相似性比较呢?通过农业气象条件对产量和品质的影响分析,进一步阐述了应该选择比较作物生长关键时期的关键因子。那么,怎么评判这些被选因子是否相似呢?接下来运用农业气象统计学的原理和方法,提出了进行农业气候相似距离计算的方法和相似程度判断的具体指标。农业气候相似理论和方法都明确和清晰之后,就要把这一理论和方法应用到生物引种的实践中去,同时进一步拓展其应用空间,论述该理论在未来农业气象应用领域的发展方向,并指出应用中要注意的问题。

这种由浅入深、从生产实践的需求出发产生理论,并运用理论指导实践的教材内容和教材编写方法,不仅便于课堂教师的教授和学生对知识的理解和掌握,而且也便于非课堂教学中相关人员的自学。

本教材主要作为农业院校非农业气象专业的教科书,也可供农业气象、地理、水文等其他有关专业及各级农、林、牧、渔等生产和管理部门的技术和管理人员参考。

在教材编写过程中,全体编委和审稿专家对编写大纲和教材内容进行了广泛交流,同时得到气象出版社和各编委所在单位的支持和帮助,在此一并表示感谢。此外,对教材中所引用的国内外教材、专著及科技期刊的资料和图片的作者表示诚挚的谢意,参考文献中如有遗漏和错误敬请见谅。

尽管我们力求全面系统地介绍农业气象学的基本概念和基本知识的同时,尽可能反映最新的研究进展,但一方面学科发展日新月异,另一方面编者水平有限,所以在内容上尚难尽人意。此外,文字、图表等方面虽几经核校审定,仍难免会有一些错误,敬请读者谅解。同时,也望读者将对本书的意见和建议反馈给我们,以便在本书重印和再版时予以修改。

编 者

2013年2月

专用名词及符号

A	土壤温波振幅	Amplitude of soil temperature wave
A	科里奥利力 (地转偏向力)	Coriolis force
A	有效积温	Effective accumulated temperature
a	吸收率	Absorptivity
a	膨胀系数	Coefficient of expansion
a	大气透明系数	Atmospheric transmission coefficient
B(%)	土壤湿度	Soil moisture
C	光速	Speed of light (3×10^8 m/s)
C	热容	Heat capacity
$\bar{C}$	惯性离心力	Centrifugal force
C_p	空气质量定压热容	Massic heat capacity of air at constant pressure
C_v	质量定容热容	Massic heat capacity of air at constant volume
C_m	土壤质量热容	Heat capacity of soil at constant mass
C_{vs}	土壤定容热容	Heat capacity of soil at constant volume
D	渗漏量	Percolation deep drainage
D	土壤衰减深度	Soil damping depth
$D_{\text{日}}$	土壤日衰减深度	Diurnal soil damping depth
$D_{\text{年}}$	土壤年衰减深度	Annual soil damping depth
d	饱和差	Saturation deficit
E	能量通量密度	Energy flux density
E	水分蒸发(蒸腾)率	Evaporation rate
Ei	爱因斯坦 (6.02×10^{23} 光子数)	Einstein
ET	水汽蒸散率	Evapotranspiration
ET_a	实际蒸散率	Actual evapotranspiration

ET_p	潜在蒸散率	Potential evapotranspiration
e	单个光子能量	Quantum energy
e	水汽压	Water vapor pressure
e_a	实际水汽压	Actual water vapor pressure
e_s	饱和水汽压	Saturation water vapor pressure
e_{SL}	叶温下饱和水汽压	Saturation water vapor pressure of leaf
e_{sw}	湿球温度饱和水汽压	Saturation water vapor pressure of wet bulb
F	力	Force
G	土壤热通量密度	Soil heat flux density
$\vec{G}$	(水平)气压梯度力	Air pressure-gradient force
g	重力加速度(9.8 m/s^2)	Gravitational acceleration
H	感热通量密度	Sensible heat flux density
h	普朗克常数 ($6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)	Planck's constant
h	土层厚度	Soil thickness
$h_\odot$	太阳高度角	Solar elevation angle
K	波尔兹曼常数 ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)	Boltzmann constant
K	作物植被消光系数	Crop canopy extinction coefficient
K	热扩散率	Thermal diffusivity
K	大陆度	Continentality
K_T	植物蒸腾系数	Transpiration coefficient
k	摩擦系数	Friction coefficient
L	叶面积指数	Leaf area index
L	蒸发(蒸腾)潜热	Latent heat of evaporation
L_s	凝华潜热	Latent heat of sublimation
LE	潜热通量密度	Latent heat flux density
M	大气质量	Air mass
M_w	水汽摩尔质量(18 g/mol)	Molecular weight of water
m	大气质量数	Air-mass number
P	大气压	Atmospheric pressure
P_0	海平面气压	Sea level atmospheric pressure
PAR	光合有效辐射	Photosynthetically active radiation
PI	降水及/或灌溉量	Precipitation and/or irrigation

R	普适气体常数 8.31 J/(mol · K)	Gas constant
R	摩擦力	Friction force
R_n	净辐射	Net radiation
R_s	太阳总辐射	Solar radiation
R_{Ld}	大气辐射	Long-wave radiation (down)
R_{Lu}	地面辐射	Long-wave radiation (up)
R_{sb}	太阳直接辐射	Direct beam solar radiation
R_{sc}	太阳常数(1367 W/m ²)	Solar constant
R_{sd}	太阳散射辐射	Diffuse solar radiation
RH	相对湿度	Relative humidity
RO	降水径流量	Runoff
r	反射率	Reflectivity
r	曲率半径	Radius of curvature
r_c	农田植被阻抗	Canopy resistance
r_H	热量输送阻抗	Resistance for heat transfer
r_t	水汽输送总阻抗 [$r_t = r_m + r_s + r_b + r_a$, 分别代表叶肉(mesophyll)、 气孔(stomatal)、片流边界层(boundary layer) 和大气(air)阻抗(resistance)]	Total resistance for water vapor transfer
S	温度-饱和水汽压 曲线斜率	Slope of the saturation vapor pressure curve
T, t	温度	Temperature (K, °C)
t_a	空气温度	Air temperature
t_d	露点温度	Dew point temperature
t_w	湿球温度	Wet bulb temperature
t_L	叶面温度	Leaf temperature
t	时间	Time
t	透射率	Transmissivity
U	光能利用率	Efficiency utilization of light
U_w	水分利用率	Water use efficiency
u	水平风速	Horizontal wind speed
V	速度(矢量)	Velocity
W	土壤贮水量	Soil water storage

W_m	作物干物重	Crop standing dry mass
Y	活动积温	Active accumulated temperature
Y_d	单位面积收获的干物重	Dry yield per-unit area
Z	高度、深度	Vertical distance
α	短波反射率(反照率)	Short wave reflectivity (albedo)
β	鲍恩比	Bowen ratio (H/LE)
γ	测湿常数	Psychrometric constant
γ	气温直减率	Lapse rate of air temperature
γ_d	干绝热直减率	Dry adiabatic lapse rate
γ_m	湿绝热直减率	Moist adiabatic lapse rate
δ	太阳赤纬	Solar declination
ϵ	发射率	Surface emissivity
λ	波长	Wavelength
λ	热导率	Thermal conductivity
ν	电磁波频率	Frequency of electromagnetic radiation
ρ	密度	Density
ρ_a	空气密度	Air density
ρ_s	土壤容重	Soil density
ρ_w	绝对湿度(水汽密度)	Water vapor density
σ	斯蒂芬-波尔兹曼常数 [$5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$]	Stefan-Boltzmann constant
τ	振荡周期	Period of oscillation
φ	纬度	Latitude
ω	(温波曲线)角频率	Angular frequency
ω	地转角速度	Angular velocity

目 录

前 言	(I)
专用名词及符号	(V)
绪 论	(1)
第一章 大 气	(11)
第一节 大气的组成和垂直结构	(12)
第二节 大气污染	(18)
第三节 大气与农业	(28)
第二章 辐 射	(31)
第一节 辐射的基本知识	(31)
第二节 太阳辐射	(36)
第三节 地面和大气辐射	(44)
第四节 辐射与农业	(50)
第三章 温 度	(56)
第一节 土壤温度	(56)
第二节 大气温度	(65)
第三节 温度与农业	(74)
第四章 水 分	(83)
第一节 大气湿度	(83)
第二节 蒸发与蒸腾	(90)
第三节 水汽凝结与大气降水	(98)
第四节 水分与农业	(105)
第五章 气压和风	(110)
第一节 气压和气压场	(110)
第二节 空气的水平运动	(119)

第三节	大气环流·····	(126)
第四节	风与农业·····	(132)
第六章	天气及灾害性天气·····	(136)
第一节	气团和锋·····	(137)
第二节	气旋和反气旋·····	(144)
第三节	常见高空天气系统·····	(149)
第四节	天气预报·····	(152)
第五节	灾害性天气·····	(156)
第七章	气候·····	(162)
第一节	气候形成因素·····	(162)
第二节	气候带与气候型·····	(168)
第三节	气候变化·····	(174)
第四节	中国气候·····	(182)
第八章	农业气候·····	(187)
第一节	农业气候资源·····	(187)
第二节	农业气象灾害·····	(193)
第三节	农业气候相似理论及其应用·····	(206)
第九章	农业小气候·····	(215)
第一节	农业小气候特点·····	(215)
第二节	农业小气候要素的人工调控·····	(222)
第三节	类型农业小气候及其开发利用·····	(235)
第十章	农业和农村的气象服务·····	(250)
第一节	农业气象业务服务·····	(250)
第二节	农村气象灾害防御·····	(257)
第三节	应对气候变化的农业风险管理·····	(262)
参考文献	·····	(267)
附录 1	不同纬度的可照时数表·····	(269)
附录 2	太阳赤纬·····	(271)
附录 3	中纬度地区每月 15 日的日出日没时刻·····	(272)
附录 4	实际水汽压 e_a (hPa) 查取露点温度 t_d (°C)·····	(273)
附录 5	中国各地气温、降水量和日照时数的标准气候值 (1981—2010 年)·····	(274)

绪 论

一、农业气象学的理论基础和研究方法

1. 大气和大气科学

农业气象学(Agrometeorology)是研究农业生产与环境气象条件相互关系和作用的学科,由农业科学与大气科学交叉、渗透形成。学习农业气象学首先需要了解大气与大气科学的基本概念。

大气(Atmosphere)是包围地球的空气的总称,是地球上一切生命赖以生存的重要的物质与环境条件。

气象是大气各种物理、化学状态和现象的统称。气象学(Meteorology)是研究气象变化特征和规律的科学,是农业气象学的基础之一。Meteorology 一词源自古希腊文,由 meteoroes(上空的)和 logos(推理)构成。

大气科学(Atmospheric science)是研究大气各种物理、化学现象及其演变规律,以及如何利用这些规律为人类服务的一门科学。现代大气科学大大扩充了传统气象学的界限,研究对象不仅有覆盖整个地球的大气圈,还包括大气圈与水圈、岩土圈、生物圈等其他圈层之间的复杂关系和相互作用。现代大气科学吸收了大量雷达、卫星遥感、计算机模拟和数值计算等现代信息技术,在发展国民经济、提高人民生活质量和保护生态环境等方面发挥着越来越大的作用。

大气科学的主要分支有大气探测学、气候学、天气学、动力气象学、大气物理学、大气化学、应用气象学等。

天气和气候是大气科学的两个基本概念。天气是以气象要素值和天气现象表征的瞬时或较短时期的大气状况。天气学(Synoptic meteorology)是研究天气形成和演变规律的一门学科,包括天气系统、天气形势和天气现象形成演变规律及分析预报方法。气候则指一个地区多年的大气状况,包括平均状况和极端状况,通过各种气象要素的统计量来表示。气候学(Climatology)是研究气候的形成、分布、变化规律及其与人类活动的相互关系的一门学科。

小气候指局部环境由于下垫面影响形成的贴地气层和土壤上层的气候,其特点表现为小气候现象,小气候学(Microclimatology)就是研究这种现象的一门学科,农业小气候学(Agro-microclimatology)是农业气象学的重要理论基础之一。

天气学、气候学和小气候学都是气象学或大气科学的重要分支领域,也是学习和研究农业气象学必须掌握的理论基础知识。

2. 农学和生物科学

农业气象学是一门交叉学科,农学和生物科学是其学科基础。在生物科学中需要了解基础生物学、植物学、动物学、昆虫学、微生物学、植物生理学、动物生理学和生态学的基本知识,在农业科学中应了解基础农学、耕作学、农业生物学、农业生态学、园艺学、畜牧学、水产学、林学、农业工程学、动植物保护、农业系统工程学、农业经济学等方面的知识。此外,还应了解一些农业地质学、农业土壤学、农业水文学等地学知识。

生物气象学(Biometeorology)是研究生物圈与大气圈两大圈层相互关系的一门交叉学科,其中研究农业生物(包括农作物、林木、牲畜、鱼类、农用微生物等)与大气圈相互关系的农业生物气象学(Agro-biometeorology)构成了农业气象学的又一重要理论基础。

从农业科学的角度,农业气象学与农业生物学、农业物理学、农业化学、农业数学等学科一样,被认为是农业基础学科之一。研究农业生物及生产过程与气象条件的关系,可以为育种、栽培、饲养、动植物保护、机械作业和其他生产经营活动提供科学的依据。

从大气科学的角度,农业气象学属应用气象学的分支学科之一,也是气象为国民经济服务的重点领域。农业应用气象学(Appliedagrometeorology)是大气科学的理论与方法在农业中的应用,是农业气象学的主要方法论之一。

二、农业生产与气象条件的关系

农业生产过程主要是在自然条件下进行的,气候和土壤条件是最基本、最重要的自然环境和资源因素。而土壤的形成、水热状况和微生物活动等,在很大程度上又受气候条件的制约。可以说,农业是对环境气象条件最为敏感和依赖性最强的产业。不仅气象灾害给农业造成巨大损失,全球气候变化对未来农业可持续发展也带来巨大的影响。

1. 大气提供了农业生物的重要生存环境和物质、能量基础

农业生产的对象是植物、动物、微生物等生命有机体,其生长发育和一切生命活动都离不开温度、水分、光照、气体成分、气流等气象要素。特别是绿色植物光合作用

的基本原料和能源都主要来自大气环境,农业动物和农用微生物的物质能量转换过程又都建立在消耗和分解绿色植物的基础上。

2. 大气提供了可供农业生产利用的气候资源

农业生物顺利完成生长发育或完成预定农事活动都需要一定的物质基础、能量积累或有利环境,其中有利的天气条件可称为农业气候资源。严重不利的大气环境条件往往形成农业气象灾害,是导致农业生产波动的最主要原因。

3. 天气条件还对农业设施和农业生产活动的全过程产生影响

天气条件还对温室、畜舍、仓库等农业设施的小气候及生产性能产生影响,对农机作业、化肥和农药等生产资料的使用效率,以及农产品加工、运输、贮藏等产后活动有很大影响。

4. 天气还影响着农业生产的宏观生态环境和其他自然资源

土壤、植被、水体等其他环境系统的形成演变很大程度上受到大气环境的影响和制约,土地、水资源、生物等其他自然资源的数量、质量及其与气候资源的相互配置关系到农业生产类型分布和经济效益,特别是人类活动产生的温室效应导致的全球气候变化及其应对措施直接关系到人类社会、经济的可持续发展。

5. 农业生产活动对大气环境的影响

大规模垦荒、植树造林、水利工程等人类活动对局地大气环境产生各种影响,稻田和饲养的反刍动物是一种温室气体—— CH_4 的主要来源,但种植业又可吸收 CO_2 、减低温室气体浓度。局地农业措施也会对周围小气候环境产生一定影响。

总之,天气条件是影响农业生产最活跃的因素,农业生产的对象是生命有机体并且主要是在露天条件下进行,决定了农业生产是受天气环境条件影响最大的产业部门。同时,农业生产活动对周围的大气环境也会产生一定影响。

三、农业气象学的研究对象与任务

农业气象学主要研究农业生产系统与天气环境系统的相互关系和相互作用,包括农业生物过程及生产过程与天气条件的关系,受天气条件制约的农业问题及解决途径,农业设施、农业生物群体、农业生产技术措施对周边天气和微天气环境的影响及调控途径等。

农业系统包括农业生物、农业设施、农业生产活动与农业生态环境四个子系统,其中农业生物又包括作物、林草、花卉、畜禽、昆虫、水生生物和微生物等;农业设施包括农田、温室、畜舍、农业机械、水利工程、仓库等;农业生产活动包括栽培、养殖、农机作业、产品加工、运输、贮藏、销售等;农业生态环境包括天气环境、水环境、土壤环境

和生物环境。

农业气象学的研究内容与主要任务：

(1)农业气象监测 包括仪器研制、站网设置、观测和监测方法等,是农业气象的基础工作。除获取常规气象观测资料外,还要根据农业生产的需要设计土壤水分、温室气体含量、农业物候、农业气象灾害、农田及设施小气候等农业气象观测项目和应用航天、航空遥感探测技术。

(2)农业气候资源的开发、利用与保护 光、热、水、风能和二氧化碳等气象要素是重要的农业自然资源,研究其时空变化规律和开发、利用、保护对策与技术,可以为农业各产业、种植制度、作物和品种的合理布局,以及土地、水、生物等其他农业自然资源的优化配置和高效利用提供依据。研究地形气候及气候资源的分布规律,对于山区开发和生态环境建设具有特殊的重要意义。

(3)农业小气候利用与调节 研究农田、林地、水域、微地形和温室、畜舍、仓库等人工设施的小气候规律及调控措施,研究风障、林带、薄膜、耕作、灌溉、保墒增温剂等人为措施的小气候效应,可以为农业生物的生长发育和生产活动创造有利的环境条件,兼顾高产、优质、高效、安全和生态环保。

(4)农业气象减灾与生态环境建设 包括研究旱、涝、风、雹、冷、冻、热等农业气象灾害的发生机制、时空分布规律、危害指标、减灾对策与措施,研究生态脆弱和严重退化地区的灾害特征、气候资源与其他自然资源的配置状况及生态环境建设的途径。

(5)农业和农村气象信息服务 农业气象业务服务体系和农村气象灾害防御体系是气象部门服务“三农”的平台。农业气象业务服务领域已形成包括农业气象情报、作物产量预报、农业气象灾害监测预警与评估、生态气象监测评估、农用天气预报等系列服务;农村气象灾害防御以气象灾害监测预警网为基础,服务方式除书面形式外,还通过电视、广播、电话、手机、互联网等形式传递。目前各地气象部门将地面观测与遥感探测相结合,普遍建立了高效率的农业和农村气象信息服务系统。

(6)农业气象基础理论研究 包括作物产量形成的农业气象基础、气候生产潜力、土壤-植物-大气连续体(SPAC)水分运动规律和高效利用途径、边界层物质传输与能量转化过程及模式等。

(7)应对气候变化的农业对策 气候变化对农业生物与生产的影响机制,农业源温室气体的产生机制、分布现状与减排措施,农业生产吸收温室气体的潜力与实现途径,农业生物与农业生产对于气候变化的适应能力与对策和农业气候灾害的风险管理等。

农业气象的研究过程通常分为资料获取、资料处理和资料分析三个阶段。资料获取方法包括调查考察、田间试验、人工模拟农业气象条件等,通常要进行农业生物或设施状况和环境气象要素二者的平行观测。资料处理包括审核、订正和数学加工