

牲畜环境 原理

〔美〕M·L·埃斯梅 著



中国农业机械出版社

牲畜环境原理

〔美〕 M. L. 埃斯梅 著

王志培 宋 濂 刘凤江 译
段至诚 校

中国农业机械出版社

PRINCIPLES OF ANIMAL ENVIRONMENT

Textbook Edition

Merle L. Esmay

AVI Publishing Company INC. 1978

* * *

牲畜环境原理

〔美〕M.L. 埃斯梅 著

王志培 宋 濂 刘凤江 译

段至诚 校

*

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

国防工业出版社青年印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

*

850×1168 32开·10 14/16 印张·插页 1·285千字

1983年8月北京第一版·1983年8月北京第一次印刷

印数：0,001—2,500 定价：1.35 元

统一书号：15216·140

译 者 的 话

《牲畜环境原理》一书的作者是美国密执安州立大学农业工程系教授梅尔·埃斯梅。在过去的二十多年中,美国的畜牧业生产中出现了限制式饲养法,其优点是,可以较好地选择和控制在畜的育种;易于实现机械化,提高劳动生产率;易于为禽畜提供最佳的生长环境,提高畜产品(肉、蛋、奶)的产量。本书重点论述牲畜和环境之间的相互关系,并从理论上和实践上提出解决问题的一些途径。

我国从七十年代开始搞限制式禽畜饲养,近几年来,发展颇为迅速。但是,目前尚有许多理论问题和具体技术问题有待解决,其中,禽畜环境问题尚未被充分认识,对于环境设计我们也缺乏经验。本书提出的一些观点和实例对于禽畜舍的设计有一定的参考价值。

全书共分十六章,第一章至第五章由刘凤江同志翻译,第六章至第十二章由王志培同志翻译,第十三章至第十六章由宋濂同志翻译,段至诚同志负责全书的校订工作。由于我们水平有限,翻译中难免会出现各种问题甚至错误,恳请各方面人士给予指正。

本书可供禽畜舍建筑设计人员、畜牧饲养科技人员、畜牧机械设计人员、畜牧专业和畜牧机械专业师生参考。

译 者

一九八二年元月

教科书版前言

我很高兴本书已被全国各地的大专院校所采用。有人建议我将本书改写为教科书，我现在已经完成了这项工作。

能量储存是技术领域中的一项新事物。所以我在书中加入了一章，专门论述在畜舍中尽量减少石油燃料和其他自然能源消耗的原则和概念。

我本打算把书中所用的单位全部改为公制，但是在美国采暖制冷与空气调节工程师协会（ASHRAE）把空气湿度图表都改为公制以前，是不具备这种改变条件的。在附录中列出了一些单位换算表。我相信，它们对所有从事环境工程工作的人员会是有用的。

M.L.埃斯梅

1977.11

初 版 前 言

家畜和家禽的房舍结构对于其环境气候的改良起着重要的作用。在天气持续良好的地方饲养家畜和家禽，只需要一道围栏就够了。世界上只有很少的地方才具有这样的气候条件。

在世界上多数的温度带饲养牲畜时，都是既要防寒又要防热；而在亚热带和热带则需要防高温和防辐射。因而，关于设计有效的凉棚和封闭式的、隔热的和用机械通风的畜舍建筑的理论，就是十分重要的了。

为了强化饲养而选用高产禽畜品种，并饲以科学配合的平衡饲料，最好采用控制环境的办法，而且也可以做到经济合理。舍饲环境应该最适于禽畜遗传潜势的发展。

本书将使动物学这门学科和农业工程进一步地联系起来。对有良好生理学基础的动物学家和禽学家以及专业人员来说，本书中关于环境控制的物理学原理的章节是有价值的，虽然并不是所有的人对于全部分析过程都那么感兴趣。温度控制生理学的章节将为农业工程师提供关于家畜和家禽对环境因素的反应的基础知识。工程师们掌握了环境控制的物理学原则和分析方法，就能在改善禽、畜的气候环境方面有效地进行工作。

在每一章的末尾有例题。教师们还可以针对地区性的气候条件和新式的管理系统，提出补充问题以启发学生的兴趣。本书还附有两张空气湿度图，可在 $0\sim 120^{\circ}\text{F}$ 的范围内给出准确的解答。

本书在编写时曾引用了多方面的资料和数据，其中大多数是取自近十年至十五年间的关于环境研究的成果。特向提供了资料的研究者们致以谢意。

还有许多人在本书编写过程中给予鼓励、提供绘图和数据，进行部分或全部复阅等多方面的帮助。有一班农业工程系的学生采

用了本书的试印本为教材，提出了许多建设性的意见。其中的一部分人是：

T.E.Bond 博士，美国农业部农业工程师

Robert Ringer 博士，密执安州立大学家禽科学系，禽类生理学家

Carl W.Hall博士，密执安州立大学农业工程系教授，系主任

Robert Yeck博士，美国农业部农业工程师

Howard Zindel博士，密执安州立大学家禽科学系教授，系主任

William Roper先生，密执安州立大学农业工程系研究生助教

Lea Tsall女士，密执安州立大学农业工程系研究生助教

William Carver先生，密执安州立大学农业工程系制图室负责人

Jerome C.R.Li博士，俄勒岗州立大学统计学系荣誉教授

目 录

教科书版前言

初版前言

第一章 牲畜及其环境	1
第二章 动物的体内平衡	16
第三章 动物的恒温	29
第四章 湿度的测定	47
第五章 环境温度对热和物质传递的影响	63
第六章 湿度及其对牲畜的影响	80
第七章 牲畜的对流失热	93
第八章 牲畜的辐射失热	107
第九章 炎热气候下的辐射防护	121
第十章 家禽及其环境	150
第十一章 建筑物中的热传递和水蒸汽的渗透	178
第十二章 畜舍和禽舍内热量和水蒸汽的产生	198
第十三章 畜舍和禽舍的通风换气	215
第十四章 环境控制与气候	237
第十五章 气流型式	252
第十六章 节能原则	266
附 录	297

第一章 牲畜及其环境

世界上只有极少数地区在一年四季都能为家畜提供最优的自然气候条件，而美国则根本没有这样的地方。野生动物和禽类得以生存下来，是因为它们能四处活动并选择舒适的环境。但是自从人类开始驯养野生动物和鸟类以来，就逐渐地限制了这些动物选择最优环境的自由。人类希望在气候条件并不十分理想的地区也能饲养家畜和家禽。

农业工程师应该和动物学家和畜牧业生产者密切合作，设计经济合理的畜舍建筑物和环境控制系统。这样设计出来的畜舍结构在生理学家看来也许并不是尽善尽美，但却更符合实际需要，符合经济原则而使生产有利可图。

农学家们认为，环境对于畜禽的遗传表现是极重要的影响因素。农学家们关心的是：（1）在某一特定环境中能生产多少牛奶、蛋品或纤维？（2）增产的收益能否补偿为改变环境而花费的成本？（3）如果现在的环境条件不合乎理想，需要做哪些改变，改变到什么程度？（4）畜禽是否有时间来适应气候条件？

（5）畜禽在一个理想的或最优环境中的遗传潜势是什么？（6）畜禽的生活状态和气候之间究竟有多少联系？

为了回答这些问题，需要了解：（1）牲畜对环境做出反应的生理学基础，（2）环境的物理条件及其对于牲畜向环境失热或得热的影响。农业工程师如果懂得一些生理学原则并掌握了环境因素的详细资料，就能设计一种人工控制环境的畜舍。控制的程度既要有利于家畜的生长需要，又要经济合算。

一、牲畜环境因素

牲畜或禽类的环境就是影响其进化、生态反应及其生长的所

有外界条件的总称。按字义来讲，所谓环境就是畜舍设备等周围事物。这些可能都是重要的因素。但是从广义来说，常把牲畜的环境因素分为物理因素、社会因素和热的因素三大类。物理因素是指空间、光线、声音、压力和设备等这样一些内容。社会因素包括每一鸡笼或畜栏中家禽或家畜的头数、生活活动及禽、畜的强弱等级。热因素是指温度、相对湿度、空气运动和辐射等和热的传递有关的因素。本书主要讨论热因素的控制及其对于牲畜本身的生热与失热的调节和平衡的影响。

二、恒 温 性

家畜是恒温动物，它们通过生热和失热的平衡来保持稳定的体温。体温变化的范围不过只有几度。生理学家关心牲畜生热的生理机制，而工程师则应该关心和了解气候因素对牲畜失热的影响。

在任何情况下，牲畜周围的环境都会影响它和该环境之间的热交换总量，因此就会影响牲畜为保持体热平衡所必须进行的生理调节。如环境并不完全符合牲畜的“舒适范围”，它就要做相当大的调节。因而，牲畜如处在某种热应力之下，则必将在其生长、生产能力和健康方面反映出来。

三、畜舍的设计依据

1. 畜舍的功能

判断一所畜舍是否合理的基本条件，是看它能否改变或改善环境使之有利于舍内的家畜或家禽。要达到最低限度的控制，畜舍只要能缓和极端气候的影响，从而降低舍内畜禽所承受的高峰“应力”就行了。最大限度的控制则包括对全部四种热的因素的控制。图1.1中的曲线说明了环境温度对畜禽产品生产量的影响，这可能是四种影响因素中最重要的一种。图1.1中的曲线特别突

出地表明了高温对于牲畜的生产能力的重要影响。

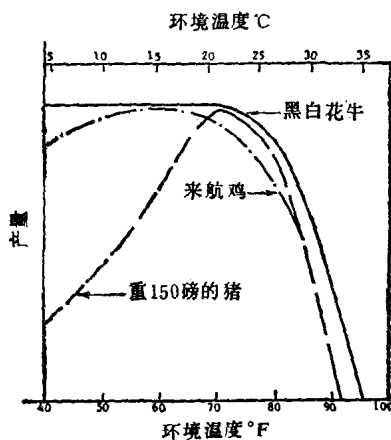


图 1.1 环境温度对牲畜生产能力趋势的影响

2. 牲畜的生产能力

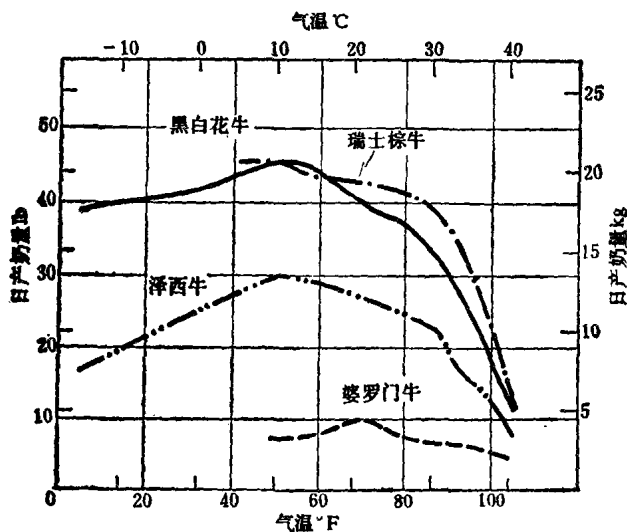


图 1.2 空气温度对乳牛产奶量的影响
(试验条件为空气相对湿度约50%，保持恒温)

图 1.2 定量地表明受温度影响的产奶量趋势。在密苏里州哥伦比亚的环境与饲料试验室进行的研究中，除了气温之外，所有其他的环境变量都受到控制。在恒高温之下，产奶量受到了严重的影响。在低温之下，泽西牛的产奶量下降最多。

尽管气温是最经常考虑到的影响牲畜的环境因素，但却不能因此而认为其他因素不重要。例如，图 1.3 表明了高湿度和高气温使牛奶产量降低的情况。对辐射和空气运动所进行的研究也说明了这些环境因素的重要性。这些内容将在后面的章节中讨论。

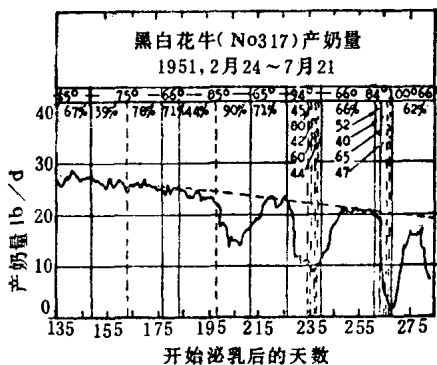


图 1.3 湿度对产奶量的影响

实线表明一头典型奶牛的反应，虚线代表估计的产奶量的正常下降

3. 牲畜的生热

牲畜的生长或其产品的生产量是农学家最关心的问题。可是在环境的研究工作中，却经常用牲畜或禽类的代谢生热[⊖]作为主要的可测指标。图 1.4 表明气温和奶牛生热量之间的负线性关系。在这一温度范围内，生热量比牛奶产量更为一贯地始终受到温度这一环境因素的影响。在某些比较激烈的气候条件下，在尚未达到某一累积的“应力”界限之前，畜产品的产量和牲畜的生长通常是不受环境因素影响的。因此，生热与气候条件的物理学定律有更直接的关系。

⊖ 代谢生热是食物的化学能转化为热能的结果。——原注

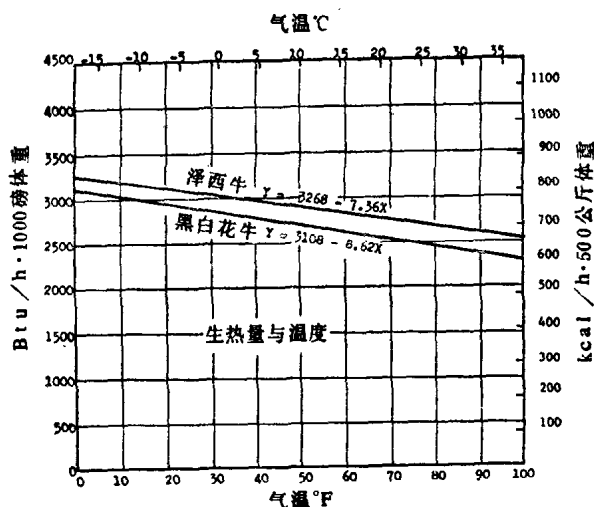


图 1.4 在不同的环境温度中成熟奶牛的代谢生热量
(相对湿度为55~70%)

4. 畜舍设计

建筑物要达到的环境控制等级应根据牲畜理想的周围环境和保护它们不受自然气候伤害的需要来确定。到目前为止，对各类家禽和牲畜来说，都没有完全规定的最优环境标准。即使规定了理论上的最优环境条件的标准，还可能由于经济上的考虑而降低环境控制的等级。建筑物和设备以及经营管理的成本和生产利润相比的经济性如何，决定着环境控制的等级。当牲畜的遗传潜能增加并更科学地采用定量喂料和管理方法时，环境控制的等级则必定提高。

5. 空气交换

限制在一个封闭环境中的牲畜，必然会使该封闭环境中氧的含量减少，二氧化碳和水蒸汽的含量增加。此外还有暖气、粪尿中产生的氨和饲料与垫草中夹带的灰尘微粒。这一切都改变着环境中的空气成分。为了达到最大生产率所需要的最优环境，应该有充足的空气交换，以便把达到有害程度的水蒸汽、氨、二氧化碳、灰尘和空气中的微生物都排除出去。

在低温气候条件下，空气交换要求补充热量，以便保持所需要的均匀的舍内环境温度。牲畜或禽类发出的热可由畜舍结构的隔热设施保持在舍内，并利用这种热来为全部或部分通风空气加温。空气交换可用恒温控制的机械式风扇来进行调节。

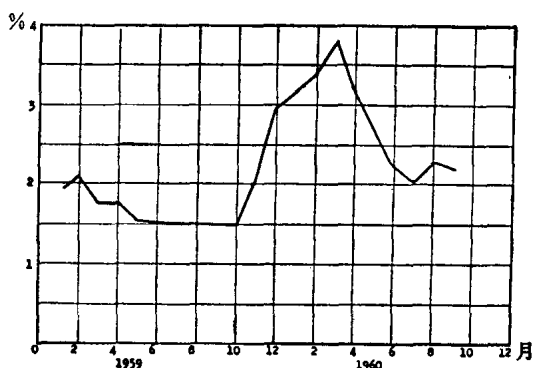


图 1.5 肉鸡淘汰率

经过加工并经联邦政府家禽检查的全部肉鸡总重量的百分比

在建造和隔热设施不合适的畜舍中，管理人员在寒冷的天气总想把畜舍紧紧地关闭，牺牲充分的空气交换来保存热量。美国南方肉鸡的淘汰率[⊖]表明了气候和畜舍之间的一种关系。1959年的最低淘汰率出现于5月到10月底。1959年秋季起，淘汰率从2%持续地增加达到1960年3月的高峰值3.8%，在此期间南方各州的部分地区遭到严寒和暴风雪的袭击。美国家禽检查资料表明，秋季生产的肉鸡较重，因为在秋季饲料的转换率较高。然而在这些寒冷的月份里，淘汰率也增加。在温暖的天气，生产的肉鸡较轻，但是淘汰率也较低。这些资料突出地表明了畜舍不完善带来的影响，因而需要有较好的环境控制。

6. 气候改良

⊖ 自1959年1月1日起在州与州之间发运的禽类都须在加工厂受到联邦政府一级的检查。——原注

在炎热和酷寒的气候中都有许多方法来控制或改变牲畜和家禽生长的热环境。下表总结了改良小气候的各种方法。

遮凉设施

定向

位于阴凉处

建筑材料降温

涂以白漆

洒水

周围环境的安排

覆盖草坪

附近建筑物和物体的安排

对禽类和牲畜直接喷水降温

洒水机或喷雾器

供牲畜打滚的水坑

部分封闭式畜舍

定向

防风篱

敞开式畜舍

以部分墙壁作为辐射防护屏

舍内空气流通

蒸发降温

建立集粪池

封闭式畜舍

定向

建筑材料及隔热设施

畜禽所处的位置

利用水

机械通风

蒸发降温

机械式空气调节

四、能量的转化

牲畜所需要的热量来自它所消耗的饲料。饲料在牲畜体内经过代谢作用，其化学能就转化为热能。

能的定义常被说成是作功的能力。能有以下几种状态：潜能、动能、热能、电能和辐射能。功的定义是已知力与其作用距离的乘积，有机械功、电功和渗透功等不同种类的功。

关于能和能的利用，可以分为三个历史阶段：（1）使用火以前的时期，（2）使用火和利用化学能的时期，（3）核能时期。在后一个时期，通过使用示踪同位素和电子显微镜，对新陈代谢过程的研究起了很大的促进作用。

1. 太阳能

生产粮食必须利用太阳能。绿色植物的光合作用和牲畜对饲料的氧化作用产生供作功用的能，组成了生物能量循环(图1.6)。这种生物能量循环的总和远远地超过了所有人造机器所完成的能量转化。活细胞的能量转化系统也远比任何人造机器更为有效。

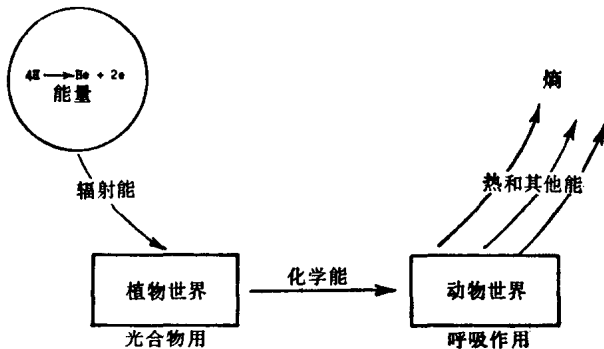


图 1.6 生物世界的能量流程图

2. 生物能学

生物能学的定义是研究活生物体间的能量转化的科学。活细

胞中有非常有效的、近乎奇迹的转化能量的元件。这些元件以分子形式存在，主要由酶组成。这是一种特殊的蛋白质，能够催化细胞内特殊的化学反应。

生物世界的能量转化有三个阶段：（1）光合作用，借助绿色细胞内的叶绿素把辐射能转化成化学能。再用这种化学能把二氧化碳和水变成碳水化合物和其他食物分子。（2）通过新陈代谢把碳水化合物和其他食物分子转化成一种更有用的能。（3）细胞用食物氧化所产生的能或在其自身内做功，或对其四周的环境做功。这些功包括肌肉收缩的机械功，渗透功、电功或牲畜生长的化学功。

3. 热力学

活的生物体对于能的利用和转化是按照热力学的基本原理进行的。各种形式的能在牲畜体内都可以定量地转化为热，能量守恒第一定律由此而得到了证实。然而，生物有机体不是热机，因为它们产生的热是一种终端产物而不是动力。热力学的第二个基本定律是，宇宙中所有的原子和分子都趋向于达到能量值最小的最无规律的状态。这种现象叫做熵。因此，保持生物的复杂机能需要很多的能量。

除去人们熟悉的内燃机和发电机之外，现代技术还需要多种新的能量转换方式。目前正在设计直接提供电力的太阳能电池。热电转换器能够直接把电能转换成热能，反之亦然。此外，还在研制燃料电池，把化学能转换成电能。活的微生物体正为现代的工程师们提供能量转换新方法的模式和概念以及计算和联络系统的设计概念。这一新的领域有时称为仿生学。至今为止，世界上还没有一种完善的、便宜而有效的海水淡化方法，可是所有的活细胞都在其细胞膜中装备着具有这种功能的“分子装置”。同样，象在肌肉中那样把化学能直接转换成机械能的办法，在现代技术中则几乎未能得到仿用。

在一般热力学的能量交换中，必须知道压力、容积、温度、成分和焓的初始的和最终的宏观特性。生物能的交换过程虽然复