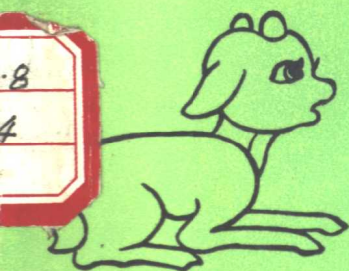
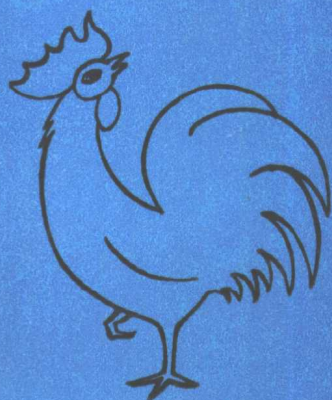


饲料生产精要

——添加剂预混料配制技术

吴天星 林顺华 编著



化学工业出版社

饲料生产精要

——添加剂预混料配制技术

吴天星 林顺华 编著

化学工业出版社

(京)新登字039号

内 容 提 要

全书内容主要分四部分: 添加剂预混料原料篇; 复合预混料配方设计篇; 预混料生产工艺和设备篇; 以及预混料产品检测技术和管理篇。

本书在完善的理论结构基础上, 对饲料添加剂预混料生产的前、中、后期都进行了具体的介绍。书中还列举了美国、瑞士和我国部分预混饲料工厂的实际情况和一些具体资料, 具有较高的参考价值。

供从事添加剂预混料生产、饲料加工、畜牧兽医业的工作者、以及农业、粮食和轻工院校的师生使用。

饲料生产精要

——添加剂预混料配制技术

吴天星 林顺华 编著

杨 胜 审校

责任编辑: 刘小苹

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

北京华生印刷厂印刷

北京华生印刷厂装订

开本787×1092_{1/16} 印张11.25 字数272千字

1993年9月第1版 1993年9月北京第1次印刷

印 数1—1,600

ISBN 7-5025-1184-9/TQ·684

定 价12.00元

序

饲料是发展畜牧业的关键。我国畜牧业的现代化必须走饲料工业化与科学化的道路。过去饲料科学只是家畜饲养的一个附属分支，如今已发展成为一门独立的专门学科。饲养畜禽必须遵照畜禽营养科学拟定的各种营养物质需要配制成配合饲料。饲料工业生产的产品必须多样化，既生产全价配合饲料，又须生产初级配合饲料、精料混合料、浓缩饲料及添加剂预混料。其中添加剂预混料是生产前面几项配合饲料的核心。有了这个核心，才能分别配制成前几种配合饲料。

添加剂预混料的主要组成部分是维生素、矿物质与微量元素与氨基酸。由于近代动物营养学、饲料科学、兽医学及其它有关科学的发展，饲料来源不断扩大，添加剂预混料的组成部分增添了许多新项目，例如（1）非蛋白氮化物（尿素等）成份；（2）动物保健药剂成份（包括驱虫剂、抗菌促生长剂）；（3）激素及酶制剂成份；（4）抗氧化剂与防霉剂等成份。本书2~10章对添加剂预混料的各类成份均分别作详细介绍，使读者对添加剂预混料各项组份的性质、作用与原理有明确的了解，以便在应用时增加科学性，减少盲目性。

添加剂预混料是饲料工业化的产品，因此本书第11章对预混合料产品的设计及工艺部分的各项注意事宜，也作了必要的阐述。例如，（1）设计的原则与方法；（2）设计维生素预混料应注意的问题；（3）设计矿物质、微量元素预混料应注意的问题；（4）设计复合预混料产品应注意的问题。这些组份之间（如各种维生素与矿物质、微量元素之间）有相互促进与相互制约的问题，各种必需氨基酸彼此间存在比例是否适当等问题，都必须加以分析。本章第六节还补充了“利用计算机设计添加剂预混料”的新内容。其次，为使预混料产品的设计顺利实施，对预混料生产的工艺技术、各项机械设备、贮藏技术管理及各项操作规程，本书第12章也作了必要的阐述。总之，本书对产前、产中到产后都作了必要的指导，配套成龙、便于应用。

本书第13章提出预混合饲料质量监测方法，以便政府有关部门对饲料添加剂预混料的产品及原料进行监测，以保证产品的优良质量、防止劣次产品的混入，保障消费者的利益。

此外，本书还介绍了美国、瑞士以及我国部分预混饲料工厂的实际情况，以供参考。

总之，本书既有理论，又有指导生产实际的价值，将对发展我国饲料工业、特别是饲料添加剂预混料工厂的生产，起到非常有益的指导作用。

杨诗兴
中国农科院兰州畜牧研究所
1992年12月

编写说明

随着养殖业和饲料工业的快速发展,全价配合饲料的需求量不断扩大,应用范围更加广泛。添加剂预混料是全价配合饲料的核心,其中原料选择、配方设计、生产工艺设计、设备选型和产品检测等技术是否合理,对预混料和全价料的生产关系重大。

目前,我国许多预混料生产企业的设备简陋,工艺粗糙,多数配合饲料厂不具备生产添加剂预混料的工艺设备和生产技术。为了适应当前饲料工业迅速发展的形势和满足广大读者的要求,我们根据近几年的教学经验、科研成果和生产实践总结编写了本书。全书内容包括:添加剂预混料原料篇,详尽阐述了多种维生素、矿物质微量元素、氨基酸、抗生素、酶制剂及益生菌等100多种原料的化学特性、生物学特点和营养功能;复合预混料配方设计篇,探讨了复合预混料配方设计方法及应注意的几类问题,介绍了怎样利用计算机设计添加剂预混料;预混料生产工艺和设备篇,全面介绍了各道工序的生产技术和方法及设备选择等;预混料产品检测技术和管理篇,介绍各类元素的测试方法,产品质量标准的制定及全面质量管理等。

本书既有理论、又有实践,是广大从事添加剂预混料生产、饲料加工、畜牧兽医工作者的实用参考书,对于农业、粮食和轻工院校的广大师生也有一定的参考价值。

本书第1、2、4、5、6、7、8、9、10、11、13章由吴天星编写;第3、12章由林顺华编写。在本书的编写过程中,得到了中国农业科学院兰州畜牧研究所杨诗兴教授、北京农业大学杨胜教授的热心指导,另外北京康达营养保健工程研究所及吴桂林、郭建华、袁冠声等,对本书的出版给予了多方支持和帮助,在此一并致以衷心感谢。

由于我们水平所限,书中难免有欠妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编者

1992年12月

目 录

第一章 序论	1
第一节 添加剂预混料概念	1
第二节 添加剂预混料的组成、分类与要求	2
第三节 预混料生产的基本要求与特点	3
第四节 我国添加剂预混料工业概况	4
第二章 矿物质微量元素	5
第一节 铁 (Iron, Fe)	5
第二节 铜 (Copper, Cu)	7
第三节 锰 (Manganese, Mn)	8
第四节 锌 (Zinc, Zn)	9
第五节 钴 (Cobalt, Co)	10
第六节 碘 (Iodine, I)	11
第七节 硒 (Selenium, Se)	11
第三章 维生素	13
第一节 概述	13
第二节 维生素A	13
第三节 维生素D ₃	15
第四节 维生素E	16
第五节 维生素K ₃	17
第六节 维生素B ₁	18
第七节 维生素B ₂	19
第八节 维生素B ₆	19
第九节 维生素B ₁₂	20
第十节 生物素	21
第十一节 叶酸	22
第十二节 烟酸/烟酰胺	22
第十三节 泛酸	23
第十四节 胆碱	24
第十五节 维生素C	24
第十六节 其它类似维生素物质	25
第十七节 维生素的补充量	26
第十八节 维生素的稳定性与损失量	32
第四章 氨基酸	38
第一节 氨基酸的化学结构及其分类	38
第二节 氨基酸的营养基础	41
第三节 工业合成氨基酸及其类似物	44

第五章 有机酸与非蛋白氮	47
第一节 有机酸.....	47
第二节 非蛋白氮化合物.....	49
第六章 动物保健用药物添加剂	52
第一节 综述.....	52
第二节 驱虫性药物添加剂.....	52
第三节 抗球虫药物添加剂.....	54
第七章 抗菌生长饲料添加剂	62
第一节 概述.....	62
第二节 多肽类抗生素.....	62
第三节 大环内酯类抗生素.....	64
第四节 聚醚类抗生素.....	65
第五节 四环素类抗生素.....	66
第六节 合成抗生素及其相关药物.....	66
第七节 其它几种抗生素促生长剂.....	67
第八章 激素类和酶类饲料添加剂	68
第一节 激素类饲料添加剂.....	68
第二节 酶类饲料添加剂.....	69
第九章 值得开发应用的几类饲料添加剂	72
第一节 中草药饲料添加剂.....	72
第二节 活菌制剂.....	73
第三节 苯并二氮草类药物研究.....	76
第十章 改进饲料质量的添加剂	77
第一节 防止饲料中养份变性的添加剂.....	77
第二节 防结块、促粘结饲料添加剂.....	80
第三节 饲料调味剂.....	80
第四节 改善畜禽产品质量的饲料添加剂.....	84
第十一章 添加剂预混料产品设计	86
第一节 添加剂预混料产品设计的重要性.....	86
第二节 确定复合预混料中多种维生素用量.....	86
第三节 微量元素预混料设计原则.....	91
第四节 复合预混料产品设计要求.....	94
第五节 载体与稀释剂原料的选择.....	96
第六节 利用计算机设计添加剂预混料.....	98
第十二章 预混合饲料加工工艺与设备	104
第一节 预混合饲料生产常用设备.....	104
第二节 液体添加(吸附)工艺技术.....	121
第三节 矿物质微量元素的前处理工艺.....	124
第四节 预混合饲料加工工艺.....	126
第十三章 添加剂预混料检测与质量标准	136

第一节 添加剂预混料原料的检测	136
第二节 添加剂复合预混料质量检测技术	145
第三节 添加剂预混料质量标准	153
附录1 维生素常用单位及换算	154
附录2 常用矿物质饲料添加剂中的元素含量	155
附录3 各种禽畜对矿物质的最高耐受量	156
附录4 标准筛规格表	157
附录5 农业部批准使用的饲料药物添加剂品种及使用规定	158
附录6 1985年以来,外商在大陆登记注册的饲料添加剂和添加药目录	161
附录7 部分畜禽的饲养标准	166
参考文献	170

第一章 序 论

第一节 添加剂预混合饲料概念

饲料添加剂是“为提高饲料利用率，保证或改善饲料品质，促进饲养动物生产，保障饲养动物健康而掺入饲料的少量或微量的营养性或非营养性物质”。

随着生物化学、动物营养的深入研究，不断揭示出动物所必需的微量成份及与饲料加工有关的添加物质，它们的种类繁多、性质各异，用量又极少，很难直接用于饲料中。生产实践、科学研究证明，应将饲料添加剂作为原料，选择合适的载体，采用一定的工艺，生产出各类预混合饲料，再用于配合饲料中。

添加剂预混合饲料是“一种或多种饲料添加剂与载体或稀释剂按一定比例配制的均匀混合物”，又可简称预混料。预混料在饲料中的使用量通常 $\leq 1\%$ ，有时甚至在1吨饲料中仅加1.0千克。它们不含大量蛋白质。

料精（也叫基本混合料）是“由大多数微量原料、钙、磷、食盐等矿剂和添加剂组成”。料精在饲料中的使用量通常为2—5%。它们含有一部分蛋白质原料，如鱼粉和大豆粕。通常与谷物、蛋白质原料一起配合使用。

浓缩饲料是“由料精和比例平衡的蛋白质原料组成”。一般是和谷物以及其它原料一起加入饲料中，加入量为10—20%，达到平衡全价饲料的要求。

显而易见，添加剂预混料是全价配合饲料的核心原料，也是提高饲料营养平衡、保证饲料质量、提高饲料有效成份利用率的关键部分。预混合饲料在饲料加工中所处的位置及在配合饲料各级产品中的使用比例如图1-1。

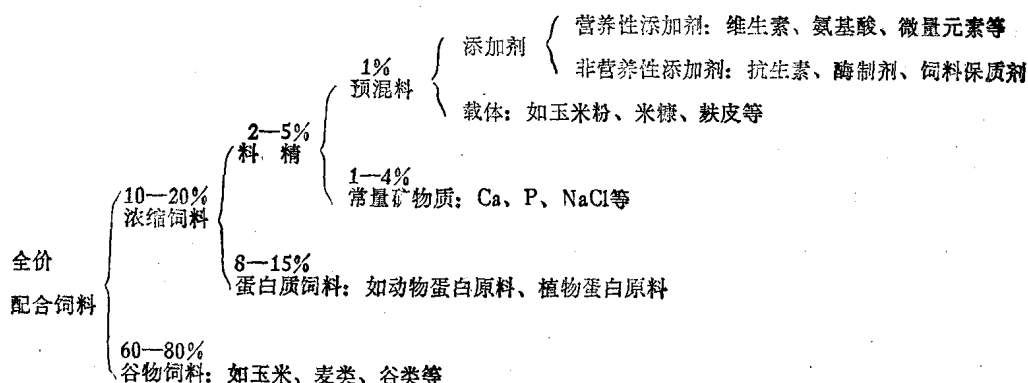


图1-1 各级饲料关系示意图

预混的目的是为了能将添加量很小的微量原料——维生素、微量元素、药物、酶制剂和其它化合物安全而精确地添加进饲料中。生产和提供预混料的基本原因如下：

1. 通过“载体”来“载带”及稀释剂逐步稀释的方法，保证微量成份均匀混合于饲料中。

2. 由于预混料中已含有所有的微量原料，所以就避免了称量不同微量原料的麻烦，便于普通饲料厂使用。

3. 由一家有特殊设备和具有训练有素的加工技术人员生产预混料，可为许多饲料厂服

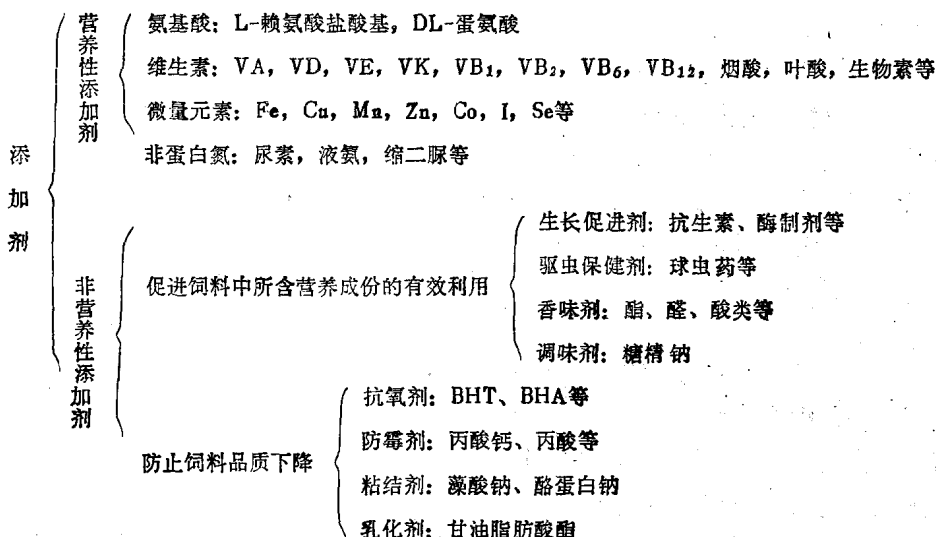
务，这样避免饲料厂内贮存许多微量原料，提高了微量原料存货的周转率。

4. 在制造预混料过程中，通过载体、稀释剂、抗氧化剂、防结块剂等的使用，可解决或改善添加剂原料之间的酸碱性不一致、返潮结块及其它稳定性差的不足。

第二节 添加剂预混料的组成、分类与要求

一、添加剂种类与要求

添加剂种类繁多，按照使用功能可分为下列几类：



在选择与使用各类饲料添加剂，配制预混料时，必须考虑下列要求：

1. 使用的抗生素和药物类，必须是经过政府有关部门批准的，并按规定的使用量及使用阶段进行添加。

2. 选用的添加剂原料中有毒有害成份应符合国家卫生标准的规定。

二、预混料的种类与要求

预混合饲料厂生产的预混料有几十种，甚至上百种不同产品。

1. 按添加剂组成种类分：

单一品种预混料：由一类添加剂组成的预混料，如多种维生素预混料、多种微量元素预混料；由一个品种添加剂组成的，如维生素B₁₂预混料（1%），碘预混料（1—5%），硒预混料（1%）等。

复合预混料：由二类或二类以上的添加剂组成的，如维生素、微量元素、抗生素组成的复合预混料。

2. 按使用渠道分为三类：

一类是由药物或维生素公司生产的单一原料和一种载体混合在一起的单一预混料，这是一种高浓度的商品性预混料。

另一类是预混合饲料厂或较大的配合饲料厂，按照配方的要求，将各种微量添加剂的纯品或高浓度预混料进行稀释，预先制成厂内二次预混料，然后再直接参加配料。这种中间产品，在预混厂内是多见的，或者制成一定规格的商品性预混料，出售给其它饲料厂或有混合条件的饲养户使用。

再一类是定制性预混料，也叫客户预混料，这是按用户提出的配方和规格生产的一种中间产品高浓度预混料或复合预混料。

3. 按使用对象分类，有猪用预混料、禽用预混料、对虾、鱼类预混料等。

配制预混料时，除添加剂外，还有载体和工艺等技术方面，所以应做到：

(1) 产品配方设计合理，必须与基础日粮相配套，以平衡全价日粮，满足动物需要。

(2) 严格控制各工序，使产品均匀混合。

(3) 稳定性良好，便于贮存加工。

(4) 浓度适宜，便于用户使用。

(5) 产品说明尽可能详尽，注明是否加有药物、药物名、用量等。

第三节 预混料生产的基本要求与特点

复合预混料在全价配合饲料中起补充营养成份、提高有效成份利用率及改善其质量等作用，含有多种组份如维生素、矿物微量元素、氨基酸、防霉剂、抗氧化剂、防结块剂、抗生素等。在生产上，同配合饲料相比，原料品种多，成份复杂，用量相差悬殊，因此具有一定特殊性。其生产的基本要求简要如下：

1. 必须保护产品中活性成份的活性 微量组份原料多来自化工和医药行业，从选购、接收原料起便应注意其理化和生物学特性，在贮存、预处理、加工过程中，一方面要设法保护其活性，另一方面要避免不同组份、产品间的交叉污染。如维生素的贮存温度、湿度条件，维生素和微量矿物元素之间的影响，尤其是氯化胆碱易吸湿返潮，硫酸亚铁($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)和硫酸锌($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)易使维生素A和维生素D等变性，烟酸和泛酸钙会发生化学反应等，要求选择适合的原料和加工方法。

2. 工艺流程要简短 预混合饲料生产车间的工艺设计主要应考虑准确配料与均匀混合，工艺流程应简短，减少物料提升与输送次数以减少分级及交叉污染机会。

3. 配料精度要求高 微量组份的用量很少，其安全量和可能致毒量相差不大，要求配料系统的静态误差和动态误差小。在工艺上宜选择多级稀释、分组配料，保证称量准确。

4. 混合均匀度要求高 微量成份中，有的用量极微，如硒在配合饲料中用量为0.15—0.3 ppm，在1%预混料中用量为15—30 ppm，为了能使其均匀分布于预混料和饲料产品中，一方面要求硒原料和载体原料具有足够细的粒度(≤ 30 微米)，另一方面，要求选用高效、低残留、高混合均匀度的混合机，设计出合理的混合工艺。

5. 包装要求高 在贮存中，预混料中的某些微量组份会逐渐变化，失去活性，要求包装材料有利于贮存。

6. 设备要求有防腐蚀性 预混料中某些组份，如硫酸盐类原料，对设备有腐蚀性，要求粉碎机、混合机等工作表面具有防腐蚀能力。

7. 完善检测系统 生产预混料的企业，要求具有完善的检测系统，对原料质量和产品均要进行入厂检测和出厂检验。在这方面，我国预混料生产企业和国外生产厂的差距较大。

8. 劳动保护要求高 预混料中某些原料对人体健康有一定的影响，如亚硒酸钠和抗生素等，故应有专人负责生产、添加，并配备安全防护用具。

9. 成品销售要快 预混料产品保质期较短，要求生产后尽早销售给用户，如果贮存时间超过保质期，建议有一定的补救办法，如请用户添加某些易变性的成份，但要求做很多调

查研究。

第四节 我国添加剂预混料工业概况

我国饲料工业自70年代末起步,1984年12月国务院发布《1984—2000年全国饲料工业发展纲要》(试行草案)后,饲料原料、饲料添加剂、饲料加工和饲料机械等都取得了迅速发展。目前,全国已有饲料加工企业6200多个,年双班生产能力4600万吨。饲料产量由1980年的100万吨迅速增加到1991年3492万吨,年增长率达34.46%。由70年代的单一混合料发展到以配合饲料为主,到1991年全价配合饲料达到72%。

随着饲料工业的发展,我国在添加剂预混料的研究、生产和推广使用方面取得了很大的进展。80年代引进的国外配合饲料加工设备40多套,预混-浓缩饲料设备20多套。“八五”期间,在预混料配方和加工工艺方面的研究取得了突破。目前已测定出我国大多数饲料原料的氨基酸含量,可消化氨基酸的含量,常量、微量矿物元素含量,维生素含量,在研究必需氨基酸之间相互关系、矿物微量元素之间相互关系、维生素与矿物微量元素之间相互关系方面取得了突破。十几年来,我国自行研究制定的动物饲养标准、最低营养需要量和安全裕量,为发展我国添加剂预混料及全价配合饲料工业提供了科学依据。在选择预混料最佳载体、微量元素预混料的最佳稀释剂、极微量成份的最佳添加工艺,提高维生素的保存率,降低微量配料秤的配料误差和混合机的混合均匀度变异系数,硫酸盐预处理工艺,以及微量活性成分的配伍禁忌、防止微量成份损失,防止分级等方面均有所突破,研制出粗破机、超微粉碎机、矿物盐烘干机、微量配料秤及小包装打包机等等,为我国预混合饲料工业化生产提供了先进的成套的生产工艺和设备。

另一方面,各种营养和非营养性添加剂得到开发利用,添加剂预混料的新产品不断出现。目前我国已有年产3000吨和1000吨赖氨酸厂各一座,年产1万吨的蛋氨酸厂已经投产。年产5000吨的盐霉素厂一座,自行生产杆菌肽锌,饲用金霉素、喹乙醇等,其它如抗球虫药、硫酸多粘菌素E、莫能霉素等的研制和工艺已接近国际水平。维生素D₃、维生素E中间体——三甲基苯醌、烟酸、烟酰胺的制取工艺基本完善。一些新型饲料添加剂如免疫强壮剂、中草药添加剂、饲用复合酶制剂也研制成功。今后,在添加剂预混料产品质量、品种、成本及引导添加剂生产的社会化组织等方面尚有大量工作要做。饲用微生物添加剂,饲用复合酶制剂、维生素免疫促生长剂、饲用抗生素、中草药添加剂、饲料诱食剂、氨基酸及微量元素络合物等生产和应用有待进一步研究推广。

为了保证添加剂预混料的产品质量,在制订质量标准、建立质量监测体系和发展饲料专业教育等方面也采取了许多措施。

今后应继续筛选出饲料转化率高、经济效益好的添加剂预混料配方,研究预混料生产工艺和设备,加强预混料生产企业人员的技术培训,完善质量监测方法,增强其竞争能力,占领国内市场并逐步适当扩大出口,加快我国添加剂预混料-浓缩饲料工业的发展。

第二章 矿物质微量元素

动物营养学研究证实，动物必需的矿物质微量元素如铁、铜、锰、锌、钴、碘、硒等，存在于动物肌肉、内脏、血液的蛋白质及消化液中，具有调解体组织的胶质性、膨化性、渗透性、穿透性及各种化学反应，保持身体的恒定和肌肉或神经的兴奋，促进酶激活、解毒等重要生理功能（如表2-1）。

动物必需的微量元素需要量虽低，却不可缺少。随着集约化养殖业的发展，动物对微量元素需要量与基础饲料中微量元素提供量差距较大，故一般情况下，需要使用含微量元素的饲料添加物。这种添加物提供形式，主要有三类产品，首先是无机盐类产品，如硫酸亚铁、硫酸锰、硫酸铜等；为了提高微量元素的吸收率，使用了简单有机酸盐类产品（如柠檬酸铁）和微量元素-氨基酸螯合物（如氨基酸铁）。后者也叫蛋白微素精。索爱萍（1992年）等使用蛋氨酸螯合锰试验证实，肉鸡对Mn-Met中的锰比 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 中的锰的生物利用率高25%，日粮中添加Mn-Met的锰60ppm可得到与用 $MnSO_4 \cdot H_2O$ 的锰120ppm或150ppm相近的饲养效果。

选择各种微量元素添加物时，必须考虑它们的生物利用性、稳定性、物理性质和铅、镉、汞、砷等重金属含量等。

表2-1 微量矿物质与酵素之相关性

(1)组织构成要素（蛋白质为主）之合成与破坏		D.羧化酶（Carboxylase）：	Mg, Mn, Zn
A. d-肽酶（Peptidases）：	Mn, Co, Fe, Zn, Mg	E.丙酮酸脱氢酶（Pyruvic acid dehydrogenase）：	
B.精氨酸酶（Arginase）：	Mn, Co, Ni, Ca, V		Mg, Mn
C. iso-枸橼酸脱氢酶（Citric acid dehydrogenase）：	Mn, Mg	F.磷酸酶（Phosphatases）：	Mg
(2)热能转换（氧化—还原）		G.酒油酶（Zymase（yeast））：	Mn
A.血红蛋白（Hemoglobin）：	Fe	H.碳酸脱水酶（Carbonic acid anhydrase）：	Zn
血青蛋白（Hemocyanin）：	Cu	I.磷脂氧化酶（Phospholipid oxidase）：	V
呼吸酶（Respiratory Enzyme）：	Fe	J.脂肪酶（Lipase）：	Ca, Mn
细胞色素（Cytochromes）：	Fe, Mn	(3)解毒反应	
过氧化物酶（Peroxidase）：	Fe, Mn	A.酪氨酸酶（Tyrosinase）：	Cu
过氧化氢酶（Catalase）：	Fe	B.多酚氧化酶（Polyphenoloxidase）：	Cu
氧化酶（Oxidases）：	Cu	C.二胺氧化酶（Diamino-oxydase）：	Co
B.磷酸盐转换（Phosphate transfer）：	Mg, Mn	(4)神经刺激之传达	
C.烯醇酶（Enolase）：	Mg, Mn, Zn	A.胆碱脂酶（Cholinesterase）：	Mn, Mg, Ca, Ba

第一节 铁（Iron, Fe）

一、营养功能及缺乏症

动物体内铁约有60—70%存在于血红素中，约20%铁和蛋白质结合形成铁蛋白，贮存于

肝、脾、骨髓中；其余铁存在于细胞色素酶及多种氧化酶中，在呼吸过程中起重要作用。畜禽中以乳猪最易因铁不足而引起营养性贫血。

二、铁源生物利用率

铁的添加物有硫酸亚铁、碳酸亚铁、磷酸高铁、三氯化铁、柠檬酸铁铵、苏氨酸铁等，它们的生物利用率如表2-2。

表2-2 各种铁源之相对生物利用率

	鸡与鼠① (%)	猪 ② (%)	反刍动物③ (%)
硫酸亚铁(七水盐)	100	100	100
硫酸亚铁(一水盐)	100	92	—
无水硫酸亚铁	100	—	—
氯化亚铁(Ferrous chloride)	98	—	—
硫酸亚铁铵	99	—	—
柠檬酸铁铵	107	100	—
柠檬酸铁胆碱	102	140	—
甘油磷酸铁(Ferric glycerophosphate)	93	—	—
硫酸铁(Ferric sulfate)	83	—	—
柠檬酸铁(Ferric citrate)	73	100	—
氯化铁(Ferric chloride)	44	100	80
焦磷酸铁(Ferric pyrophosphate)	45	—	—
正磷酸铁(Ferric orthophosphate)	14	—	—
多磷酸铁(Ferric polyphosphate)	—	97	—
还原铁(Reduced iron)	37	33—70	—
焦磷酸铁钠(Sodium iron pyrophosphate)	14	70	—
氧化铁(Ferric oxide)	4	—	10
碳酸亚铁(Ferrous carbonates)	2—6	0—74	60
右旋糖酐铁(Iron dextran)	—	100	100

①摘自Fritz等, 1970及Miller, 1983。

②、③摘自Miller, 1983及O'Dell等, 1979。

三、硫酸亚铁(Ferrous sulfate)

别名：绿矾，铁矾

分子式： $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 分子量：278.01

①产品简述：硫酸亚铁由硫酸与废铁屑反应而得；或从钢铁酸洗废硫酸和钛白粉（硫酸法）生产中钛铁矿酸浸液中回收。

②成份：根据GB8252-87，其技术要求如表2-3。

③性质：天蓝色或绿色结晶。比重1.98。热至56.6℃由七水物转变为四水物，64.4℃又转化为一水物，300℃成无水物。在干燥空气中易风化，在潮湿空气中易氧化成棕黄色的碱式硫酸铁。溶于水，微溶于醇。

④主要生产厂：包头市第三化工厂、吉化公司联合化工厂、南京油脂化工厂、济宁第二

表2-3 项目和指标

项 目	指 标	项 目	指 标
硫酸亚铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) % $\geq$	98.0	重金属 (以Pb计) % $\leq$	0.002
硫酸亚铁 (以Fe计) % $\geq$	19.68	水不溶物 % $\leq$	0.2
砷 (As) % $\leq$	0.0002	细度 (通过W=28微米试验筛) % $\geq$	95

化工厂、新郑化工厂、上海钛白粉厂、北京首都钢铁公司以及各地硫酸法生产钛白粉的工厂。钢铁厂的硫酸酸洗车间等均有回收，上海地区年回收达三万吨以上。

第二节 铜 (Copper, Cu)

一、营养功能及缺乏症

动物体内含铜量不高，但分布颇广，多存于肌肉中，肝脏、骨髓也不少。铜是细胞色素氧化酶、酪氨酸酶 (Tyrosinase) 的重要成份之一。血铜与 α -球蛋白结合成血浆铜蓝蛋白。铜蓝蛋白可保护组织不受氧的毒害。铜对血红蛋白卟啉核的形成很重要，是铁吸收后参与血红蛋白形成的必需成份。实践证明，在猪饲料中高浓度铜 (100—250ppm) 尚有明显的促生长的功能，并可防治肠炎和霉菌病，与抗生素相似。铜与许多抗生素并用，其效果相加，不会互相抵消。

动物体内缺铜，会造成贫血和铁吸收受阻。可表现为生长障碍、骨畸形、毛色变淡、产蛋量下降，羔羊因脊髓和脑的病变而运动失调引起摇摆病、出血或胚胎死亡。

饲料中加铜过高，动物肝中铜积累，对人的食用不利。另一方面，大量铜会被排出，通过粪尿污染环境和土壤，令人担心，建议综合考虑，适量添加。

二、铜源生物利用率

在铜源中，硫酸铜、氧化铜、氯化铜、碳酸铜均有效，但亚硫酸铜则无促生长效果。目前多使用硫酸铜。

三、硫酸铜 (Copper Sulfate)

别名：蓝矾、胆矾、蓝石、铜矾

分子式： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

分子量：249.68

①产品简述：硫酸铜由铜氧化焙烧成氧化铜，再与硫酸作用，经澄清、结晶、过滤而得。

②成份：根据国际标准GB8249-87，其技术要求如表2-4。

表2-4 硫酸铜技术指标

项 目	指 标	项 目	指 标
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ % $\geq$	98.5	砷 (As) % $\leq$	0.0005
Cu % $\geq$	25.0	重金属 (Pb) % $\leq$	0.001
水不溶物 % $\leq$	0.2	细度 (W=800微米试验筛) % $\geq$	95

③性质：深蓝色块状大结晶或蓝色结晶粉末。有毒。无臭。有金属涩味。比重为2.284。溶于水及氨水，微溶于甲醇，不溶于无水乙醇，水溶液呈弱酸性反应。加热至45℃失去二个结晶水，至110℃失去四个结晶水，至250℃以上则失去全部水，变成白色无水硫酸铜。继续加热则分解成CuO·SO₂和O₂。

④应用：杂质及游离硫酸含量不可太高，长期贮存易产生结块现象。铜会促进不稳定脂肪之氧化而造成酸败，同时破坏维生素，配制时应注意。本品操作时应避免眼、皮肤的接触及吸入体内。

⑤主要生产厂：上海勤工化学厂、上海冶炼厂、上海东海化工厂、吉林化学工业公司联合化工厂、浙江兰溪县化工厂、广东汕头市化学厂、甘肃白银化学试剂厂、徐州化肥厂和北京化工厂。

第三节 锰 (Manganese, Mn)

一、营养功能与缺乏症

锰遍布动物全身，有25%在骨骼中。它参与形成硫酸粘多糖软骨素，是软骨必需成份。锰是许多酶的辅因子，是丙酮酸羧化酶的组成部分。锰对动物的代谢和繁殖起着重要作用。

缺锰时，家畜生长受阻，骨骼畸形，生殖机能异常，产奶少，胎儿弱且运动失调，家禽缺锰时可见骨短粗症（跛行，腿短而弯曲，关节肿大）或溜腱症。试验证实，家禽日粮中应有100—120ppm的锰含量。

二、锰源生物利用率

不同锰源生物利用率不同，如表2-5。

表2-5 各种锰源之相对生物利用率

锰 源	家 禽	猪	反刍动物
MnSO ₄ ·H ₂ O (reagent)	100	100	100
MnSO ₄ ·2H ₂ O	高 (100)	—	—
MnSO ₄ ·4H ₂ O	高 (100)	—	—
MnCl ₂ ·2H ₂ O	高 (100)	—	100
MnCl ₂ ·4H ₂ O	高 (100)	—	—
MnCO ₃	高 (90)	100	—
KMnO ₄	高 (90)	—	—
MnO	高 (90)	100	—
MnO ₂	高 (80)	—	—
水锰矿 (Manganite) (MnO)	高 (80)	—	—
软锰矿 (Pyrolusite) (MnO ₂)	低 (40)	—	—
菱锰矿 (Rhodochrosite) (MnCO ₃)	低 (0)	—	—

注：同属碳酸锰，菱锰矿 (Rhodochrosite) 之效果差不多，此乃因其所含不纯物较高，物理化学结构不同所致。

三、硫酸锰 (Manganese Sulfate)

别名：硫酸亚锰

分子式: $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

分子量: 169.01

①产品简述: 以一氧化锰用硫酸酸解成对苯二酚副产回收制得硫酸锰。

②成份: GB8253-87规定了饲料级硫酸锰的技术指标及含量, 如表2-6。

表2-6 饲料级硫酸锰技术指标

项 目	指 标	项 目	指 标
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \% \geq$	98.0	重金属(以Pb计) $\% \leq$	0.0015
Mn $\% \geq$	31.8	水不溶物 $\% \leq$	0.05
砷(As) $\% \leq$	0.0005	细度(通过W=2.50 μm 试验筛) $\% \geq$	95

③性质: 白色带粉红色粉末状结晶, 无臭, 味微苦。比重2.95。易溶于水, 不溶于乙醇。加热至200°C以上开始失去结晶水, 500°C变为无水盐, 700°C以上开始分解, 放出三氧化硫, 最后变为四氧化三锰。1150°C完全分解。

④品质判断与应用: 本品水中溶解性高低可简易判断出品质优劣。高温多湿环境下, 贮存太久会有结块现象。

⑤主要生产厂: 目前生产饲料级硫酸锰的有湖南长沙化工厂、北京化工厂、广西化工研究所、重庆川庆化工厂、天津试剂五厂、武汉洪山区青菱化工厂、广州延安化工厂、广西平果硫酸锰厂、云南蒙自化工厂、贵州遵义红旗化工厂等。

第四节 锌 (Zinc, Zn)

一、营养功能与缺乏症

锌广泛分布于动物整个机体, 以肌肉、毛发、公畜生殖液和眼的脉络膜上皮中含量较高。它是多种酶(碳酸酐酶和碱性磷酸酶等)和激素(胰岛素)的重要组份。锌对机体内蛋白质、碳水化合物和脂肪的新陈代谢非常重要, 是维持毛发生长、皮肤健康和组织修补之必需元素。

缺乏锌时, 动物表现为生长停滞和上皮细胞代谢异常。猪日粮锌不足造成食欲差, 生长慢, 皮肤有似疥癣的损伤、排出深色的渗出物、腹泻、呕吐、严重者死亡。雏鸡缺锌造成生长受阻、腿骨短粗, 肘关节肿大, 皮肤有鳞片屑, 尤其在脚上; 羽毛蓬乱; 饲料利用率差。

通常日粮中添加100—150ppm锌, 以防止①饲料中钙偏高, ②饲料中铜250ppm可能中毒, ③饲料中含较高植酸(与锌结合, 影响利用率)等造成的不良后果。

二、锌源生物利用率

不同锌源如硫酸锌、氧化锌、氨基酸螯合锌等的生物利用率不同, 如表2-7。

表2-7为不同锌源对鸡相对生物利用率。

三、硫酸锌 (Zinc Sulfate)

别名: 锌矾、皓矾

分子式: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

分子量: 287.54

①产品简述: 将锌屑或氧化锌经硫酸酸解后, 滤过该液, 除去氧化过的铁、锰等沉淀