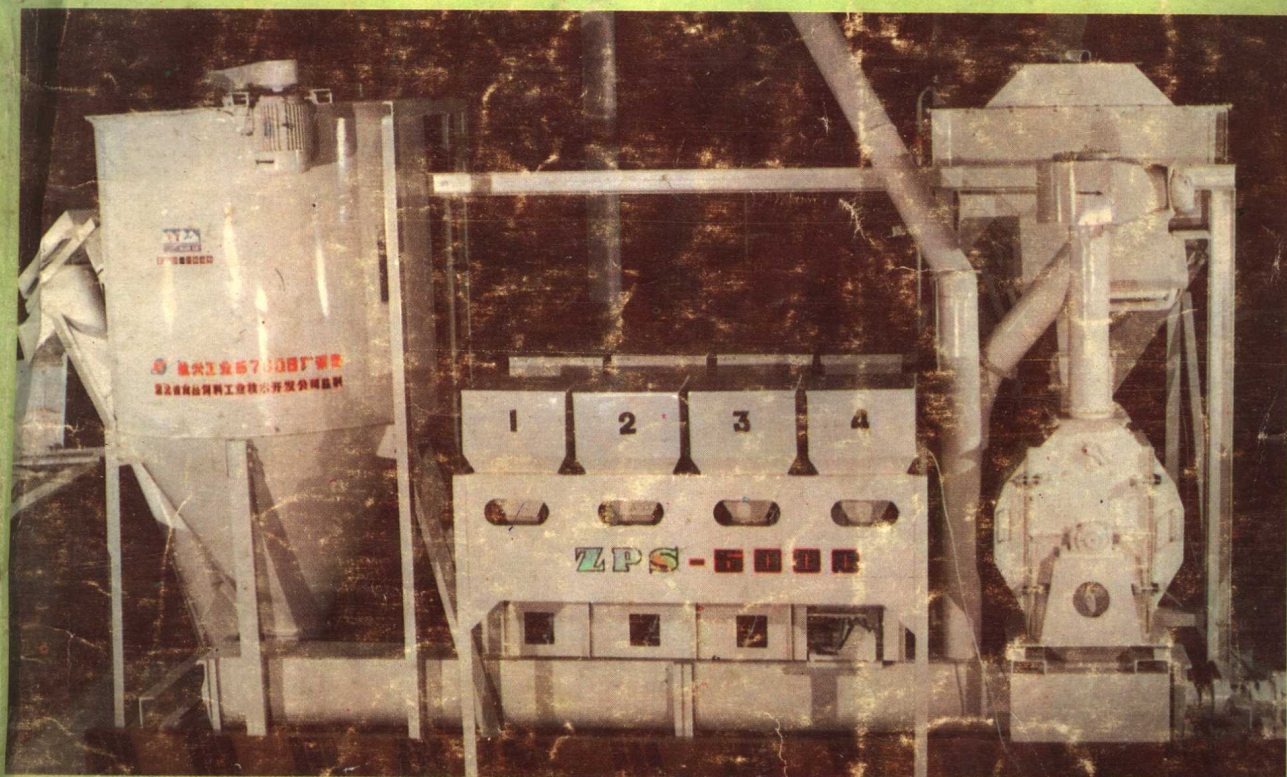


配合饲料机械

庞声海 饶应昌 等编著



农业出版社 北京·1989

配合饲料机械

庞声海 饶应昌 等编著

农业出版社

北京·1989

配 合 饲 料 机 械

庞声海 饶应昌 等编著

* * *

责任编辑 施文达

农业出版社出版发行 (北京朝阳区枣营路)

湖北省农科院科技杂志印刷厂印刷 (武汉武昌南湖)

787×1092毫米 1/16 印张: 28 插页4/16 字数: 717千字

1989年8月第1版 1989年8月武汉第1次印刷

印数 1-5000 定价10.10元

ISBN 7-109-01472-x / TH·78

KYW·32b颗粒压制机

溧阳粮油机械厂是商业部饲料机械定点厂,1976年开始生产颗粒饲料机械。KYW·32b是部优产品KYW·32 颗粒压制机的改型产品,特别适用于压制对虾饵料。主要特点:

1. 配置了STZG32×3 饵料调质器,使淀粉糊化度提高,颗粒在水中稳定性2—5h。
2. 改进了无级调速装置,性能更可靠,操作更简便。
3. 可配供微电脑控制系统,自动调整进料量和进汽量。

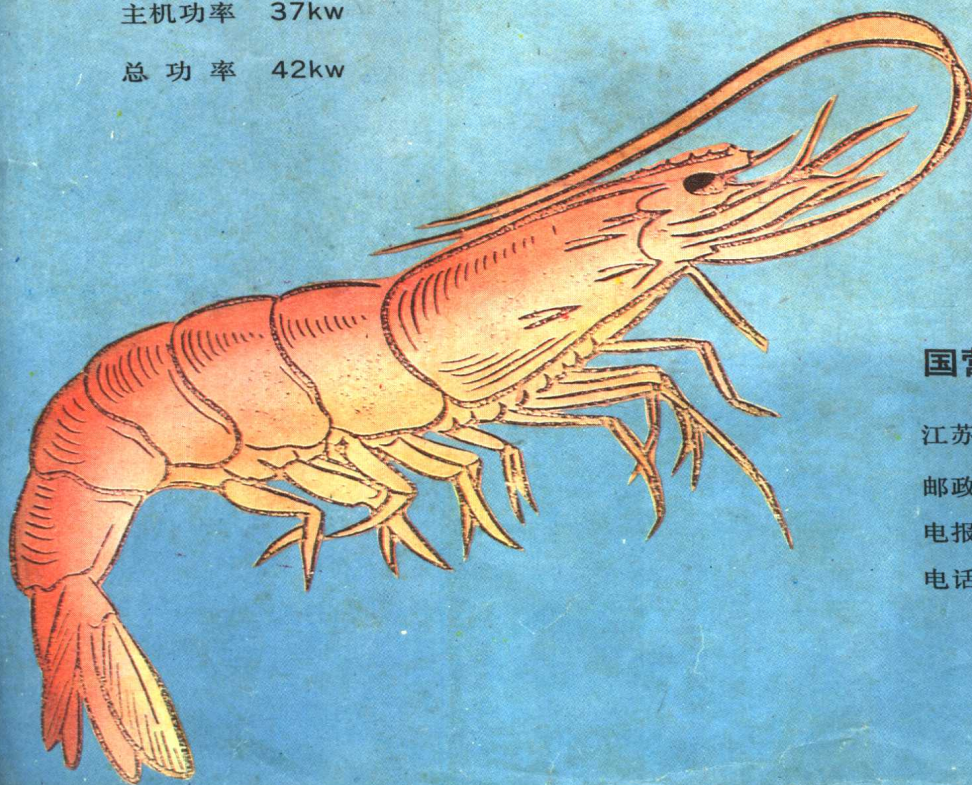
主要技术指标:

产 量 1~5 t/h

颗粒规格 $\phi 2 \sim \phi 8\text{mm}$

主机功率 37kw

总 功 率 42kw



国营溧阳粮油机械厂

江苏省溧阳县码头街225号

邮政编码 213300

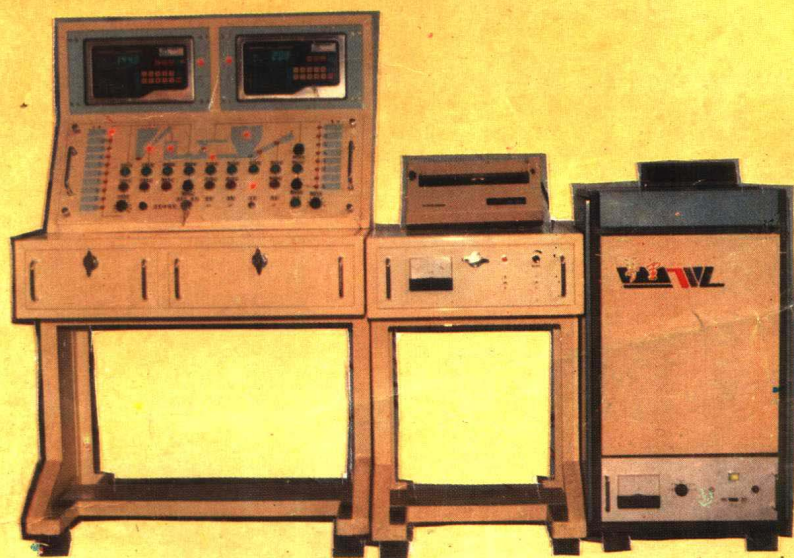
电报挂号 9037

电话: 2180 3787 2125

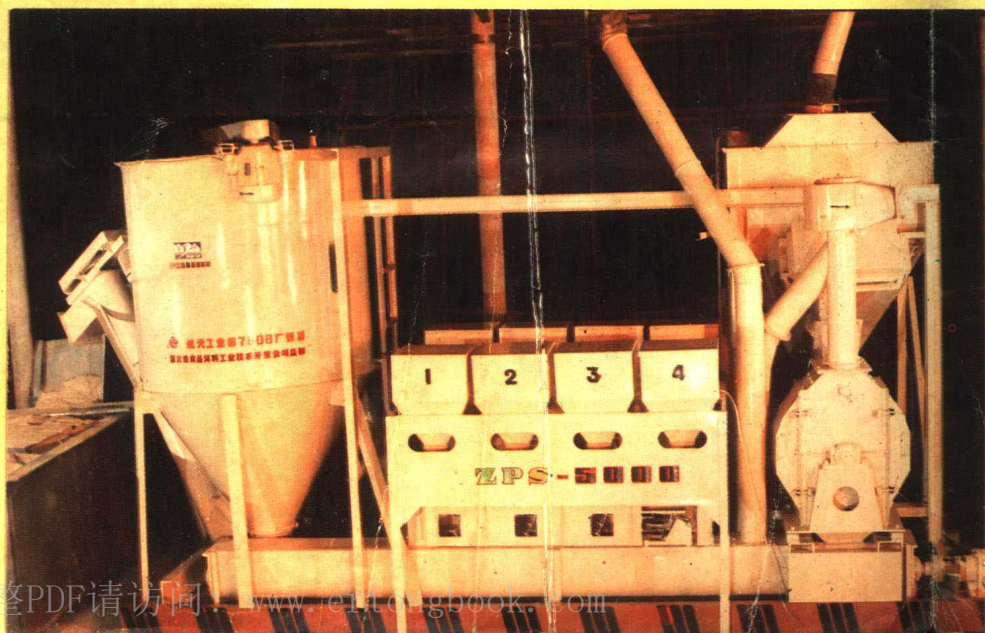
ZPS-5000型

自動配合飼料機

ZIDONGPEIHESILIAOJI



本机时产 5 吨粉状
配合饲料，10种主料和
8种微料由两套电子秤
分别称重。用电脑控制，
实现配料、进料、称重、
粉碎、混合、出料全部
自动化。



内 容 提 要

本书反映我国配合饲料机械设备技术当前需要与发展趋势、国内外先进科技成果和适用技术。全书十二章，包括饲料原料、接收与清理、料仓，以及粉碎、配料、混合、预混合、成形、饲草、输送搬运和包装、环保等机械装备，饲料工厂设计等。重点阐述配合饲料加工工艺，机械设备的构造、工作原理、设计计算、选型配套、使用维修等。

本书可供从事饲料工程、粮油工程、农牧机械科研、教学、生产、设计的工程技术人员与大专院校师生参考。

前 言

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》,至今时间虽短,但取得了迅速发展与巨大成功。

1983年5月,我们在编写的《配合饲料机械学(讲义)》“序言”中写道:“饲料工业在我国是一个新兴的行业。实践证明,创建并发展饲料工业,对发展畜禽鱼养殖业,改良大农业内部结构,增产和节约谷物,增加农业产值,改善人民生活,都具有重要意义。”“预计在80年代,发展速度还将有适当增长。饲料工厂的纲领和规模将呈现多样化。营养比较全面的配合饲料比重会增大。除粉状饲料之外,还将生产各种颗粒饲料、饼块饲料、悬浮饲料、膨化饲料等,糖蜜添加、油脂喷涂技术将会应用投产。除各种配方的配混合饲料外,还将建立起一批浓缩饲料厂、预混合饲料厂及其它添加剂厂作为骨干,饲料资源工业也会有相应发展。总之,在饲料产品品种、质量与产量等方面,都会有长足的进步。”

现在,我国饲料工业已初具规模,并正在形成一个独立的工业行业。1987年全国饲料工业产值近百亿元,职工16万人,在全国38个工业部门中,饲料工业产值已居第24位。全国有配混合饲料厂1万多个,其中年班产万吨以上的170多个。年双班加工能力4000万吨,年产配混合饲料约2400万吨,其中配合饲料约占40%。饲料产品品种增多,猪、禽、牛、鱼、虾、经济动物和实验动物等的配合饲料都有生产。各种饲用维生素和氨基酸、矿物元素、驱虫剂、抗生素、防霉剂、生长素等添加剂产品,大都可以生产。饲料资源工业也正在开发产品,如单细胞蛋白饲料、蛋白饲料粉、脱毒棉菜籽饼粕粉、骨肉血鱼粉、维生素草粉和松叶粉等,不少已批量投放市场。为饲料工业提供各类加工、包装和贮运设备的饲料机械工业,经国家“六五”及“七五”计划攻关及引进国外成套设备,面貌也大为改观。现在一般可供应2万吨以下的配合饲料加工成套设备;80年代引进的国外配合饲料加工设备40多套、预混—浓缩设备20多套,在生产上开始起着某种先导作用。我国饲料工业的装备水平得到了有效的提高。

但处在成长期的我国饲料工业,面临我国经济改革浪潮与世界新技术革命的挑战,仍存在不少困难与急待解决的课题。谷物与蛋白质饲料原料的严重紧缺,要求加快饲料资源开发的速度,向高科技领域、向生产的深度与广度进军;技术装备的配套性、适用性、可靠性与先进性都还比较差,一些新兴的养殖业部门要求的配合饲料特种工艺与设备尚属空白,需要继续努力实现现代化、国产化、标准化和系列化;饲料添加剂生产缺少社会化的引导组织,产品质量、品种和成本等方面尚有大量工作要做;饲料工业部门的生产效率、经济与社会效益较低,需要从宏观控制、政策、企业内部技术改造与挖潜等方面综合治理;在创名优产品方面,不仅要继续筛选出饲料转化率高、经济效益好的全价配合饲料及添加预混料的配方,而且要讲究工艺设计、形成批量和降低成本、稳定质量,以增强其竞争能力,占领国内市场并逐步地适当地扩大出口。

“面对上述形势,饲料工业技术人员的培养问题,也已提到议事日程上来,并具有紧迫的性质。其中,配合饲料机械装备技术,是需要普及与提高的重要课目之一。”为此,我们编写了《配合饲料机械学(讲义)》。五年来,数以千计的读者对它给予热情的关注、帮助与鼓励,先后有百余个单位与个人寄来资料、提供宝贵的意见建议,希望本书尽快修订正式出版。可以说,本书今日得以崭新的面貌呈献给广大读者,是读者与作者长期共同努力的结晶。我们愿意借此机会,向一切支持过本书出版的朋友们表示衷心的感谢!

本书内容的选取，力求反映我国配合饲料机械技术发展的需要与水平，推广先进技术特别是适宜技术，遵循党和政府有关发展饲料工业的方针政策、法规标准。阐述的重点是配合饲料机械设备的一般构造、工作原理、理论与设计计算、选型使用等。具有一定的广度与深度，使读者既可窥见全貌又可举一反三。附有大量图表，书末附有主要参考文献目录，便于读者查阅。本书可作为大专院校饲料工程专业或农业机械类专业、各种饲料培训班的教材或参考书，也可供从事饲料工作的工程技术人员和工人阅读。

较之《讲义》，本书全部都重写过，约有三分之二章节内容有根本变化，以求更全面、新颖和实用。由11章扩充为12章，增加了“配合饲料原料及生产”和“预混合饲料生产”两章，“输送设备”一章完全重新改写为体现饲料厂特点的“搬运、输送和包装设备”一章，还有的章有分有合，都是为了更符合生产实际，体系更合理；阅读更方便。

本书由华中农业大学饲料工程教研室庞声海教授、饶应昌教授主编。编写人员有：华中农业大学庞声海（前言、第三、四、十章），饶应昌（第一、八、九、十一章），张华珍副教授（第六章），武汉粮食工业学院庄建桥讲师（第五章）。第二章由饶应昌、庞声海编写，第七章由商业部无锡粮食科研所王永昌高级工程师、金振玉高级工程师和庞声海编写，第十二章由武汉粮食工业学院副教授张伯高和饶应昌编写。大部分插图由方红描绘。

由于我们水平与力量有限，编写不当、疏漏谬误之处在所难免，敬希读者批评指出，以便再版时修正。

编著者

1988年11月于武昌狮子山

华中农业大学

目 录

前 言	(1)
第一章 配合饲料的原料与生产	(1)
第一节 饲料与营养	(1)
第二节 配合饲料的原料	(9)
第三节 配合饲料的配制	()
第四节 配合饲料生产工艺流程	(31)
第二章 原料的接收与清理设备	(34)
第一节 原料的接收设备与工艺	(34)
第二节 除杂分离筛	(37)
第三节 去石除铁设备	(43)
第三章 料 仓	(51)
第一节 料仓内的料流	(51)
第二节 仓体结构	(55)
第三节 防拱与破拱措施	(60)
第四节 料位指示器	(65)
第四章 饲料粉碎机械	(68)
第一节 对粉碎工艺的要求	(68)
第二节 粉碎原理与方法	(77)
第三节 锤片式粉碎机的构造与工作	(81)
第四节 锤片式粉碎机的设计	(94)
第五节 常用锤片式粉碎机	(104)
第六节 齿爪式粉碎机	(108)
第七节 对辊式粉碎机与碎饼机	(111)
第八节 特种粉碎机	(118)
第九节 粉碎机的试验	(122)
第五章 配料装置	(128)
第一节 概 述	(128)
第二节 台秤与字盘秤	(129)
第三节 电子配料秤	(135)
第四节 多种配料秤	(144)
第五节 给料器	(148)
第六节 容积式配料装置	(151)
第七节 配料工艺流程	(154)
第六章 饲料混合机	(157)
第一节 概 述	(157)
第二节 分批卧式环带混合机	(160)
第三节 分批立式混合机	(169)
第四节 分批混合机的其它类型	(176)
第五节 连续卧式混合机	(179)

第六节	混合机的混合质量	(183)
第七节	保证混合质量的措施	(189)
第七章	预混合饲料生产	(192)
第一节	生产特点与生产前的准备	(192)
第二节	预混合饲料生产工艺与设备	(196)
第三节	预混合料贮藏与技术管理	(212)
第四节	预混合饲料厂生产工艺简介	(219)
第八章	饲料成形机械与设备	(227)
第一节	概 述	(227)
第二节	成形机械	(231)
第三节	成形后处理设备	(259)
第四节	成形质量标准与测定	(270)
第九章	输送、搬运与包装机械	(276)
第一节	连续输送机械	(276)
第二节	溜槽、溜管与溜管分配器	(295)
第三节	装卸搬运机械	(302)
第四节	饲料包装机械	(306)
第五节	散装饲料运输车	(310)
第十章	饲草加工机械	(313)
第一节	青绿饲料加工机械	(313)
第二节	饲草切碎机	(321)
第三节	饲草加工处理机械	(342)
第十一章	饲料生产的环境保护	(353)
第一节	噪声的防治	(363)
第二节	吸尘与除尘	(375)
第三节	防止粉尘爆炸	(381)
第十二章	饲料工厂的设计	(395)
第一节	概 述	(395)
第二节	饲料厂可行性研究	(396)
第三节	厂址选择与工厂总平面图设计	(399)
第四节	饲料厂的工艺设计	(403)
第五节	饲料厂的工艺流程实例	(416)
第六节	提高饲料车间的工作效率	(427)
附录 1	饲料原料及成品的容重	(436)
附录 2	饲料原料及成品的休止角与含水量	(437)
主要参考文献		(437)

第一章 配合饲料的原料与生产

第一节 饲料与营养

一、动物体内的物质

畜禽鱼在生命活动过程中，新陈代谢作用贯串于始终。因此，它们必须不断地从体外摄取适当的物质以供给能量、构成体组织以及调节生理机能。这种从外界摄取的满足上述要求的营养物质称之为饲料。所谓动物营养即为动物食物转变为自身体组织和活动的各种化学反应和生理过程的总称，包括各种营养物质的采食、消化和吸收，以无用元素和代谢废物排出。在动物体内，碳、氢、氧、氮四种元素的含量最大，占有元素含量的91%以上。这些元素基本上是以蛋白质、脂肪、碳水化合物等有机化合物形式参与动物体内的组成和代谢活动。

物质按在动物体内所起的主要作用，可分为四类：

1. 结构物质 它们是组成动物机体的基本物质，在机体内具有特定的机能作用，因此也称机能物质。结构物质主要包括蛋白质、矿物质及其它起机能作用的物质（如某些糖类）。最特别的是这些物质在细胞组成中的数量、质量与比例都遵循着严格的“规定”，不能有明显的变化。否则，将导致新陈代谢的紊乱、生命活动的异常。这些物质同样以稳定的数量、质量和比例存在于动物体中。其绝对数量因动物的年龄、体重不同有所差异，但它们之间的比例与质量是保持不变的。例如，不同体重猪（8~100公斤）的脱脂干物质：蛋白质含量为82.4~84.3%，而矿物质所占比例为15.7~16.7%。

2. 贮藏物质 它是指从生理上讲暂时不被利用而贮藏在专门的组织中（如脂肪组织、肝脏等）的物质。它与结构物质的根本区别，在于它不是机能细胞的组成部分。这类物质中虽也含有蛋白质，但为量很少，碳水化合物的贮藏量也不会超过体重的1%，而主要的、大量的的是体脂。作为贮藏物质的脂肪在体内的变化幅度较大，其增长幅度与动物年龄有关，随着动物年龄的增长而增多。例如猪的体脂随体重8、30、100公斤而体脂相应约为体重的6%、24%和36%。

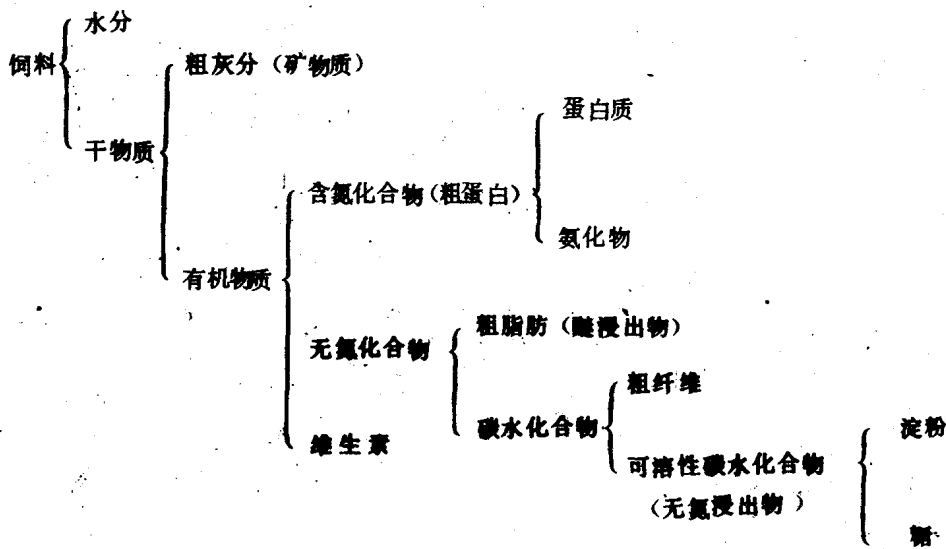
3. 能量物质 动物每时每刻在进行着新陈代谢，因而必须要有能量的供应和消耗。提供能量营养物质主要来自饲料中的碳水化合物，其次是脂肪。蛋白质只有在碳水化合物和脂肪所提供的能量不能满足动物能量消耗，或者是蛋白质喂的过多时才作为供能物质。在饲养上要尽量避免，因蛋白质较昂贵，用它作供能物质是不合算的。

4. 活性物质 它是动物体内存在数量最少的物质，常以毫克计量。它们既不是结构物质，也不是能量物质，而是动物生命不可缺少的物质。没有活性物质参与生命活动的调节和催化，则复杂的生命活动过程就不能进行；缺乏它们，生命活动发生异常，产生病态。动物所需的活性物质种类很多，主要是维生素、一些微量元素，某些蛋白质和脂肪酸也都具有活性物质的作用。

二、饲料中的营养物质

从生产角度讲，凡能形成畜产品的物质就是营养物质。为了与动物体成分统一和便于化

学分析及计算，对饲料的物质作如下营养成分的分类：



根据以上分类，可以得出通常所说的六种养分：水、蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素。

(一) 水 各种饲料均含有水分，其含量差异很大，多者可达95%，少者仅含5%。一般情况下，动物体内所需水主要靠饮水。动物体内水分的含量，随动物年龄不同而异；初生动物体含有75—80%的水分，但肥育动物的水分含量可下降到50%左右，一般为体重的70%左右。水是动物体一切细胞和组织的必需成分。剥夺动物的饮水要比剥夺动物的食物死得要快。研究表明，动物消耗了体内所有的脂肪和一半左右的蛋白质仍然能活下去，而只要损失体内水分10%左右，动物便会死去。可见，水分对动物体生理作用的重要性。如果产蛋鸡饮水供应不足，可使产蛋量下降30%，并在25—30天内不能恢复正常。这是因为构成动物体的无数细胞含有大量的水分，细胞的正常新陈代谢及各种生物化学反应都是在有水的条件下才能正常进行；水又是各种营养物质溶剂和运输工具，体内的废物也要通过水把它排去；动物体的形成以及各个组织、器官的运动也要水起润滑作用，并且在调节体温、适应外界气候和环境的变化等方面都起着重要的作用。

(二) 蛋白质 蛋白质主要由碳、氢、氧、氮四种元素组成，有时也含有微量硫、磷、铁等元素。饲料中含氮物质总称为粗蛋白质，它由纯蛋白质（简称蛋白质）与氨化物两部分组成。氨化物包括有胺、游离氨基酸、胺盐等物质。纯蛋白质仅由氨基酸所构成。组成蛋白质的氨基酸有赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸等20余种。它主要成分由氨基（ NH_2 ）和有机酸（ $\text{R} \cdot \text{COOH}$ ）所合成，故称氨基酸。

蛋白质是动物体的基本结构物质。动物体的一切组织诸如肌肉、神经、皮肤、毛发、结缔组织、内脏、蹄甲等，都是以蛋白质作为组成的原料。同时，在整个生命代谢活动中也必须要有蛋白质参加。动物体的生命维持、生产、生长、繁殖都需要蛋白质。因此，蛋白质是一切生命的基础，在动物体的特殊生命作用是不可取代的。

动物食入饲料蛋白质后，在体内将其消化，分解成游离氨基酸，再根据自身需要，将各种氨基酸按特定的比例合成体蛋白。当饲料中提供的各种氨基酸的种类、数量、比例恰好与

动物所需相一致时，这便是理想的氨基酸平衡。

动物所需的、但在动物体内不能自身合成或合成速度极慢而必须从饲料中提供的氨基酸称为必需氨基酸。各类动物的必需氨基酸种类有所差异。除反刍动物外，非反刍动物共同需要的必需氨基酸有下列8种：亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸。猪的必需氨基酸有11种；鸡有12种（加上甘氨酸）。其中以赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸是饲料中含量与动物需要量相差甚大，最影响平衡的必需氨基酸称为限制氨基酸。此外，组氨酸、精氨酸对于幼畜是必需的；甘氨酸对于家禽特别是幼雏也是必需的。光氨酸与酪氨酸虽是非必需氨基酸，但由于它们的采用，可以降低畜禽对蛋氨酸、苯丙氨酸的需求量，因而称它们为半必需氨基酸。

凡在动物体内彼此可以相互转变或可以从非蛋白质的其它营养物质转化变成的氨基酸，称为非必需氨基酸。

动物对蛋白质的需要实质上是对各种氨基酸的需要。动物的蛋白质营养不仅要求各种氨基酸齐全，而且还要求各种氨基酸之间有一定的数量、比例，才能组成动物体蛋白质。因此，用饲料向动物供应蛋白质，既要考虑数量又要考虑蛋白质本身的质量，而首要的是考虑氨基酸的平衡。如果动物采食的饲料中蛋白质含量不足，则会引起动物体内蛋白质代谢出现负平衡（即由体内排出的蛋白质质量大于食入的蛋白质含量），体重减轻，生产率降低，品质下降，影响动物繁殖。但饲料中蛋白质过多，对动物同样有不良影响，不仅造成浪费，而且长期饲喂过多的蛋白质，将引起机体代谢紊乱，甚至造成蛋白质中毒。如果在饲料中加入所缺乏的氨基酸并使它们之间比例恰当，就能明显地提高生物学价值，增加饲料报酬。

（三）脂肪 脂肪由碳、氢、氧三种元素所组成。根据其结构的不同，可分为真脂肪（又称单纯脂肪）与类脂肪两大类。真脂肪由脂肪酸与甘油结合而成；类脂肪由脂肪酸、甘油及其它含氮物质等结合而成。用乙醚浸泡饲料所得的醚浸出物（除脂肪外尚有其它溶于乙醚的有机物——叶绿素、胡萝卜素、有机酸及其它化合物等），总称为粗脂肪或醚浸出物。

饲料中脂肪含量差异较大，高者在10%以上，低的不到1%。如未榨油的米糠含脂肪达12%，根茎类饲料其含量均在1%以下。

脂肪在动物体内的营养功能主要有：

1. 脂肪是构成动物体组织的重要成分 动物体的各种器官和组织如神经、肌肉、骨骼、血液、乳及卵中均含有一定的脂肪。自然脂肪是畜产品的组成成分：家畜的乳汁中约含1.6--6.8%，肉品中约含16--29%，一个鸡蛋中约含5克。

2. 饲料脂肪是动物热能来源的原料 饲料脂肪被动物吸收后氧化生热，1克脂肪可以产生9大卡的热量。当脂肪多余时也可转化为体脂肪贮存。饲料脂肪可为幼畜提供必需脂肪酸，它对幼畜具有重要作用，而且它们不能在家畜体内合成，必须由饲料来提供，因而称为必需脂肪酸。

3. 脂肪是脂溶性维生素的溶剂 饲料中的脂溶性维生素A、D、E、K，被畜禽采食后，必须溶于脂肪中才能被动物体消化、吸收和利用。在缺乏脂肪的情况下，维生素A、D、E、K不被溶解，因而发生脂溶性维生素的代谢障碍，出现维生素A、D、E、K的营养缺乏症。

4. 脂肪的其它功能 在畜禽体内脂肪还是一种绝缘物质，能防止热的散失，具有保蓄体温的功能。此外，脂肪在畜禽体内填塞在器官的周围，具有保护器官的作用。

（四）碳水化合物 碳水化合物是碳、氧、氢形成的化合物，约占植物性饲料总干物质重量的3/4。它是动物所需能量的主要来源。但在动物体内，碳水化合物的含量甚少，主要以

糖原的形式存在于动物的肝和肌肉中。

碳水化合物可分为无氮浸出物和粗纤维两大类。从化学结构上，碳水化合物又可分为单糖、双糖和多糖类。

粗纤维由纤维素、半纤维素及镶嵌物质（木质素、角质等）所组成，是植物细胞壁的主要成分。而动物则不含这种成分的，它几乎不被动物消化液所消化，只能在消化道内的微生物群共同作用下才有部分被消化吸收。饲料中的粗纤维含量与养分消化率之间呈负相关。饲料中粗纤维含量越高，这种饲料的营养价值就越低。这是因为不仅它本身难于被动物消化，并且能使其它饲料营养物质不能很好地在动物体内吸收，随之一同排出体外，使饲料营养物质消化率大大下降，甚至为负数，这是人为的浪费。但在畜禽的日粮中，如果粗纤维极微或完全不给，则不但不能提高畜禽对饲料营养物质的消化率，反而会造成畜禽消化机能障碍，采食量明显下降，食欲不佳。实践证明，粗纤维不能一点不要，但要有一个限度。对生长肥育猪，饲料粗纤维含量最高不超过 8 %。

植物的粗纤维含量随着植物的生长阶段不同而异。植物幼嫩时，粗纤维的含量低，愈到生长后期，粗纤维中木质素的含量愈增加。植物由于部位的不同，粗纤维的含量也不相同，一般是植物的茎部含量最多，叶部含量少，果实和块根则更少。各种饲料中粗纤维的含量列入表 1—1。

表 1—1 各种饲料中粗纤维含量（%）

饲料种类	茎秆类	青干草类	糠麸类	籽实类	多汁饲料
粗纤维含量（%）	26—48	23—36	10—29	2—9	1—2

饲料有机物质中的无氮化合物除去脂肪及粗纤维外，总称为无氮浸出物，又称可溶性碳水化合物。它包括单糖、双糖和多糖类（淀粉）等物质。单糖主要存在于植物的果实中，一般饲料中含量很少；双糖在甜菜中含量丰富；淀粉是植物的贮备物质，大量贮存在种子、果实及根茎中。玉米和高粱籽实中约含 70 % 的淀粉，鲜马铃薯中含有 15—20 %。在一般的植物性饲料中，均含有较多的无氮浸出物，但以禾本科植物的籽实和根茎类饲料含量最多。饲料中无氮浸出物的含量列入表 1—2。

表 1—2 几种饲料中无氮浸出物的含量（%）

饲料种类	禾本科植物 籽实	豆科植物 籽实	糠麸类	禾本科 干草	油饼类
无氮浸出物含量	60—70	30—35	47—61	40—50	29—33

无氮浸出物的成分较复杂，通常情况下不进行测定分析，仅根据饲料中其它营养成分测定结果从总干物质减去而得。

无氮浸出物在畜禽体内仅少量存在。主要形态为血液中的葡萄糖、肝和肌肉中的糖元和乳中的乳糖。

碳水化合物在畜禽体内的营养功能有：

1. 碳水化合物在动物体内是热能的主要来源 畜禽为了生存及生命活动，需要进行一系列的运动（动物运动、体内各器官的正常活动——心脏跳动、肺的呼吸、胃肠的蠕动及血液

循环等)，这些活动均需要热能的供应，而这些热能的来源主要靠碳水化合物特别是无氮浸出物如淀粉所提供。1克可消化碳水化合物可提供约4千卡的热量。

2. 碳水化合物是形成动物体组织所不可缺少的成分 例如，五碳糖是细胞核酸的组成成分，葡萄糖是血液中血糖的成分，半乳糖与类脂肪是神经组织的必须物质。

3. 乳用家畜需要碳水化合物 乳用家畜在泌乳期内，除需要用含淀粉较多的饲料以合成乳中的乳糖外，还需要有一部分碳水化合物饲料，供作乳脂肪的合成。

4. 碳水化合物的转化功能 饲料碳水化合物在供应动物活动所需的热能之外，其多余部分肥育家畜可以把它转变为体脂肪，提高增重，改善肉的品质；也可以转变成肝中的肝糖元和肌肉的肌糖元，贮备起来，以备不时之需。

在饲养畜禽中，若饲料碳水化合物供应过低，不能满足畜禽维持生活的需要时，它们为了保持正常的生命活动，就开始动用体内贮备物质，首先是糖元和体脂肪。若还不足，则挪用蛋白质代替碳水化合物，以解决所需要的热能。在此情况下，畜禽出现消瘦和体重减轻的现象。

(五) 饲料中的矿物质(灰分) 饲料中的矿物质(或称无机盐)，主要成分是钾、钠、钙、镁、硫、硅、磷、铁及其它元素。

通常豆科植物的钙、磷比禾本科植物多，但钾、钠低于禾本科植物。植物的不同部位，矿物质的含量不同：一般植物茎叶的矿物质含量较高，谷实饲料及其加工副产品的含磷量比含钙量高。

饲料中矿物质的测定方法是：将饲料样品的有机物质的主要元素(如碳、氢、氮等)在高温下(560—600℃)烧灼后被氧化而逸失，所剩残渣总称为“粗灰分”，减去无营养的杂质，即为纯灰分。

饲料中所含的矿物质元素都能在畜禽机体的各种器官组织中找到。现已查明，为生命活动所必需的矿物质元素有钙、磷、钾、氯、硫、镁、铁、铜、碘、锌、锰、钴、钼、硒和锶等。这些矿物质元素在畜禽体内虽然含量甚少，但如机体内完全缺乏某些元素时，可使畜禽致死；如一种元素的过量，又可能引起机体内代谢的紊乱。主要矿物质元素的生理功能及其缺乏症列入表1—3。

(六) 维生素 维生素是维持畜禽正常生理机能所必需的低分子有机化合物。畜禽对维生素的需要量极微，但对畜禽体内代谢过程来说是不可缺少的成分。如果缺乏它，就会造成新陈代谢不能顺利进行，发生障碍甚至中毒，从而表现各种疾病。各种维生素均由碳、氢、氧组成，个别的还含有一种或几种矿物元素。除少数几种维生素可在动物体内合成外，一般均需由饲料中供给。

现已发现维生素20余种，根据溶解性质可分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类。

1. 脂溶性维生素 它包括维生素A、D、E、K。

(1) 维生素A 维生素A只存在于动物体内及其产品中。植物性饲料完全不含维生素A，但含有维生素A的母体—— α 、 β 、 γ 胡萝卜素。一个 β 胡萝卜素分子可转化为两个维生素A分子，而一个 α 、 γ 胡萝卜素则只能转化为一个维生素A分子。多汁幼嫩青饲料和胡萝卜含维生素最多；南瓜和黄心甘薯中也含有较多数量的类胡萝卜素；糠秆、甜菜及禾谷类籽实(黄玉米除外)均为胡萝卜素贫乏的饲料。

维生素A在动物体内具有多种生理作用。畜禽因维生素A不足而出现症状达50余种，但当长期摄入过量或突然摄入过量，又可能引起畜禽的中毒。

表 1—3 矿物质元素的生理功能及其缺乏症

元 素	生 理 功 能	缺 乏 的 症 状
钙 (Ca)	组成骨骼, 维持骨骼、蛋壳、奶的合成, 是肌肉活动及神经机能的必需物质, 血的凝结	佝偻病
钾 (K)	肌肉、血球等的组成部分, 酶的稳定剂	食欲不振, 异食癖
钠 (Na)	渗透压及 pH 的调节剂, 神经机能, 酶的稳定剂	食欲不振, 异食癖, 毛粗, 踉跄步伐
镁 (Mg)	神经机能, 酶基质活化	四肢痉挛, 甚至死亡
磷 (P)	组成及维持骨骼, 新陈代谢能的转移, 细胞核酸的组成	佝偻病, 异食癖, 食欲不振
硫 (S)	几种氨基酸的成分	流涎过度, 虚弱, 食欲不振, 异食癖, 消瘦
铁 (Fe)	红血球组成成分, 参与 O_2 和 CO_2 的运输 细胞色素系统、过氧化物酶的组成成分, 参与生物呼吸及生物氧化过程	幼畜贫血, 血中血红蛋白水平下降, 食欲不良, 皮肤和粘膜苍白, 腹泻, 精神萎靡
锌 (Zn)	碳酸酐酶, 碱性磷酸酶, 胰凝乳蛋白酶和若干脱氢酶的组成成分	皮肤不全角化, 贫血, 肝脾肿大, 生长停滞, 生殖器官及第二性征发育不全
锰 (Mn)	磷酸酶和其它多种酶的激活剂	骨骼发育不良, 畸形, 生殖器官发育不良或退化, 性机能紊乱产仔少, 死亡率高
铜 (Cu)	细胞色素氧化酶, 过氧化氢酶, 酪氨酸酶和抗坏血酸氧化酶的组成成分或活性激活剂, 对血红蛋白的形成有重要作用	幼畜贫血, 行动姿势异常, 食欲减退, 毛粗糙, 骨质松, 精神萎靡, 轻度腹泻
碘 (I)	甲状腺素的原料, 与生长繁殖有关, 控制代谢速度	甲状腺肿大, 仔猪皮厚, 脱毛, 骨架短小, 全身肿胀, 死胎等
钴 (Co)	B_{12} 的成分和磷酸葡萄糖变位酶和精氨酸酶类的激活剂, 与蛋白质、碳水化合物代谢有关	贫血, 精神萎靡, 幼畜生长停滞, 成畜消瘦, 母畜流产等
硒 (Se)	抗氧化作用, 对酶系统起催化作用, 谷胱甘肽过氧化酶的主要成分, 促进维生素 E 的吸收	营养性肝坏死, 白肌病, 生长停滞, 雏鸡渗出性素质病, 母畜繁殖机能紊乱、死胎等

(2) 维生素 D 目前已发现的有十种不同形式的维生素 D。其中主要以 D_2 (麦骨化醇) 和 D_3 (胆骨化醇) 对畜禽有营养意义。在一般饲料中是不存在的, 经过阳光晒制的干草、干菜和枯树叶均含有大量的维生素 D。

在正常情况下, 钙、磷的比例恰当, 则维生素 D 需要量就可降低。否则, 就要注意维生素 D 的补充, 特别是在高密度、高生产性能的现代化饲养条件下, 尤应注意。但过量摄入维生素 D 对畜禽机体有害, 可使大量钙从骨组织中转移出来并沉积于动脉管壁、关节、肾小管中, 血钙浓度提高, 生长停滞。

(3) 维生素 E 维生素 E 是一组具有生物学活性的化学结构, 近似酚类化合物。畜禽体内的维生素 E 主要作为生物催化剂。

维生素 E 在饲料中分布很广泛。禾谷类籽实每千克干物质含量为 10~40mg。以干物质计算, 青饲料中维生素 E 含量比禾谷类籽实高 10 倍以上。蛋白质饲料一般均缺乏维生素 E。饲

料中维生素E含量随着贮存时间的延长而不断减少：籽实饲料在一般条件下保存6个月，维生素E约损失30~50%。

(4) 维生素K 维生素K主要以K₁、K₂、K₃形式存在。K₁（叶绿醌）在植物中形成，K₂（甲基苯醌）由动物的肠道微生物合成，K₃（甲萘醌）系人工合成。常温时维生素K稳定，在日光下暴露易被破坏。

从饲料中的含量来看，青饲料中富于维生素K₁，以甘蓝叶和苜蓿草粉中含量较高，分别每Kg含K₁约30mg和18~25mg。籽实和块根茎饲料每Kg干物质中维生素K₁的含量低于1mg。动物性蛋白质饲料，以血粉为例，每Kg约含K₂2~5mg。

在正常情况下，只有家禽发生维生素K不足症，而反刍家畜和猪不发生维生素E不足症。

2. 水溶性维生素 属于水溶性维生素的有维生素B族和维生素C。

(1) 维生素B₁（硫胺素） 维生素B₁的分子结构含有硫和氨基，故称硫胺素。硫胺素为许多细胞酶的辅酶，参与碳水化合物、脂肪和蛋白质的代谢过程。

在大多数的常用饲料中硫胺素均很丰富，特别是禾谷类籽实的加工副产品以及饲用酵母中每千克含量可达7~16mg。植物性蛋白质饲料每千克约含3~9mg，但块根茎饲料中含量较少。在正常情况下，猪、禽都不缺乏，而雏鸡则很容易患这种维生素缺乏症。

(2) 维生素B₂（核黄素） 维生素B₂在畜禽体内是不可缺少的一种成分，其水溶液呈黄绿色荧光，易被紫外线、碱和重金属破坏。

各种青绿植物、酵母菌、真菌及许多细菌均能合成核黄素。苜蓿草粉中每千克含有13.5mg；酵母含量最高，每千克约含27.3mg；植物性蛋白质饲料每千克为3~6mg。常用的禾谷类饲料和块根茎饲料核黄素特别缺乏，不足1~2mg。所以，以谷实饲料为主的猪禽应注意核黄素的补充。一般是低温需要量高，高温需要量减少。

(3) 维生素B₃（泛酸） 泛酸作为辅酶A的组成部分存在于活细胞中，参与碳水化合物、脂肪和蛋白质的代谢。

泛酸遍布于植物性饲料中，以糠麸和植物性蛋白质饲料含量最丰富，每千克可达16~43mg。禾谷类籽实含量亦较多，每千克约6~12mg。块根茎饲料中含量较低，每千克仅2mg。

(4) 维生素B₅（烟酸） 烟酸是各种维生素中最稳定，化学结构最简单的一种。它具有促进机体中氧化作用，并为皮肤和消化器官的正常机能所必需。

烟酸多在青绿饲料、花生饼，特别饲用酵母中含量丰富（每千克含400mg）。禾谷类籽实饲料及其加工副产品也含有相当数量的烟酸（大麦、小麦麸每千克分别含量61、200mg）。但玉米、小麦、大麦、稻谷等谷物中的大部分烟酸（50~90%）呈结合状态，利用率很低。动物性饲料是烟酸的良好供给源，血粉和鱼粉中每千克含60mg。

(5) 维生素B₆（吡哆醇） 维生素B₆有B₆醇、B₆醛和B₆胺三种形式。它们在动植物体内可以相互转变，活性相同。维生素B₆主要存在于酵母、糠麸及植物性蛋白质饲料中，动物性饲料和块根茎饲料中则相对贫乏；籽实饲料含量中等，每千克约3mg。常用的基础饲料，一般均能满足畜禽对维生素B₆的需要量。

(6) 生物素 生物素分子由尿素、噻吩和戊酸构成。在饲料中常和赖氨酸相结合。常温时比较稳定。

生物素广泛存在于所有含蛋白质的饲料中，青绿饲料中含量也很丰富。家禽对禾谷类籽实中生物素的利用率不高，大麦中的生物素利用率最低，只利用1/3左右。生物素的需要量对猪每千克饲料中应含55~220μg，对家禽为110~330μg。家禽对禾谷籽实中的生物素含量