

前 言

饲料在许多方面对动物生产有着重要的影响。一方面，饲料成本占动物生产总成本的70%，饲料质量控制是低成本日粮配合成败与否的一个关键，对畜牧生产企业的经济效益具有重要影响。另一方面，饲料品质控制的好坏直接影响动物的生产性能。同时，人们对饲料的品质与动物生产最终产品的质量和食品安全之间相关性的认识越来越清楚，因此，饲料品质的控制在现代化饲料生产和畜牧生产中的作用越来越重要。

那么，什么是饲料的品质呢？饲料品质的定义是“能提供足量的各种营养物质，并能使动物获得良好的饲用效果。”这意味着一种优质的饲料不仅拥有营养物质“量”的特征，而且有营养物质“质”的要求，因此，饲料品质不能仅用营养特征或营养价值来定义，还应包括其他的内容，如技术质量和安全质量。饲料的技术质量也就是饲料的物理特性，如颗粒饲料的大小和硬度、粉状饲料的细度和味道等，这些特性不仅影响动物的最佳采食量和生长表现，同时也要影响饲料厂和农场间的运输和操作。此外，饲料品质还要求保障对动物、环境和动物产品消费者的安全。因此，一些促生长剂和药物的使用受到了更多的法规甚至法律的约束和限制，以避免给人类健康造成不良影响。

所谓“饲料品质控制”，就是在饲料原料的采购、加工到成品包装等环节上，采用物理的、化学的和生物学的方法进行质量检测和控制在，以确保生产出合格的饲料。因此，饲料分析和检测是实现饲料品质控制的主要内容和在技术保障。

饲料检验就是通过人体感官或借助化学试剂和化验室的设备，客观地测定或评价饲料品质或其中特定成分的浓度以及质量特性。通过检测确定饲料原料（或产品）是否具有规定的营养成分或加工质量；同时，饲料中的有毒有害成分还不允许超过标准，这就能从根本上保证饲料产品的质量。因此，饲料检验无论对饲料生产厂还是对养殖场来说，都具有重要意义。

一个好的饲料品质控制方案应该能监控饲料在饲喂前的质量，而原料质量控制是饲料质量的根源，控制饲料原料的品质是预测全价料、浓缩料和预混料品质的关键，必须在原料采购时对原料进行严格的质量控制。而对饲料成品的分析不仅不能验证对原料的检测，而且能查出饲料生产过程中可能存在的问题。

在饲料品质控制时，对原料和饲料成品进行抽样的目标是获得被质疑的有代表性的样本。采样方法不当、样品处理不正确或分析错误等，都可能导致最终产生错误的结果。因此，应该掌握正确的取样方法和操作规程，以确保所采取的样

品确实具有代表性。

饲料常规成分分析是进行饲料原料和产品质量控制的最基本的方法，也是必须掌握的实验分析技术，对饲料进行化学分析主要是测定饲料的化学组成和各种营养成分的含量，是进行营养价值评定的基础。

感官检测或物理检测的方法可以给高风险原料提供非常有意义的信息。物理性状检验是指根据饲料的形态特征、物化特点鉴定饲料的质量或混杂物的方法，主要包括饲料感官鉴别、容重测定、浮选技术和显微镜检等方法。另外，也可以利用饲料特有的物理性状以及简单的化学方法对常用饲料原料的掺假进行鉴别。

饲料加工质量的衡量，除对成品的营养成分含量与配方的符合程度外，还应包括配合饲料粉碎粒度、混合均匀度、颗粒饲料粉化率和颗粒饲料硬度等指标。而在饲料企业中对检验室建设和实验室安全知识的掌握，应该非常有利于饲料品质监测工作的开展。

本书包含了七章内容：饲料检验的基本要求，饲料样品的采集、制备与保存，饲料物理性状检验，饲料常规成分分析，常用饲料原料掺假鉴别，饲料加工质量检测 and 饲料企业检验室的建设。本书的内容，不仅可以培养和训练学生掌握饲料分析的基本技能，满足研究/教学型大学本科生教学和培养的需要；而且贯穿了饲料企业对饲料品质控制的要求，因此是饲料和畜牧生产企业的技术人员的非常实用的参考书。

本书由华中农业大学彭健教授任主编，负责全书的内容筹划和安排以及绪论和全书各章节的修改和定稿。其他各章作者分别为：第一章，四川农业大学吴彩梅实验师；第二章，吉林农业大学杨连玉副教授；第三章，华中农业大学齐智利副教授；第四章，华中农业大学齐智利副教授、王艳青副教授以及西藏农牧学院刘锁珠副教授；第五章，华中农业大学马立保副教授；第六章，湖南农业大学沈维军副教授；第七章，华中农业大学齐德生教授。

在定稿过程中，华中农业大学齐德生教授进行了认真的审阅并提出了修改意见；华中农业大学理学院陈长水教授、钱辉跃高级实验师提出了宝贵意见，对此深表感谢！限于编者水平，错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2008年5月

目 录

前言

第一章 饲料检验的基本要求	1
第一节 溶液的浓度及试剂规格	1
第二节 常用实验设备与仪器	11
第三节 实验数据的处理和分析	16
小结	29
思考题	29
第二章 饲料样品的采集、制备与保存	31
第一节 样品的采集	31
第二节 样品的制备	39
第三节 样品的保存	43
小结	43
思考题	44
第三章 饲料物理性状检验	45
第一节 饲料质量的感官鉴定	45
第二节 饲料容重的测定	49
第三节 饲料的浮选检测	52
第四节 饲料的显微镜检测	54
小结	60
思考题	61
第四章 饲料常规成分分析	62
第一节 水分的测定	62
第二节 粗蛋白质的测定	64
第三节 粗脂肪的测定	68
第四节 粗纤维的测定	71
附 中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维的测定	73
第五节 粗灰分的测定	76
第六节 无氮浸出物的计算	78
第七节 钙的测定	78
附 乙二胺四乙酸二钠络合滴定快速测定钙	80

第八节 总磷的测定——分光光度法	82
附 饲料级磷酸氢钙中磷的测定	84
第九节 水溶性氯化物的测定	85
附 水溶性氯化物快速测定方法	87
第十节 饲料燃烧热的测定	88
小结	94
思考题	94
第五章 常用饲料原料掺假鉴别	95
第一节 常用能量饲料掺假鉴别	95
第二节 常用蛋白质饲料掺假鉴别	98
第三节 氨基酸添加剂原料掺假鉴别	102
小结	104
思考题	104
第六章 饲料加工质量检测	105
第一节 配合饲料粉碎粒度的测定方法	105
第二节 配合饲料混合均匀度的测定方法	106
第三节 颗粒饲料粉化率的测定方法	112
第四节 颗粒饲料硬度的测定方法	114
小结	115
思考题	115
第七章 饲料企业检验室的建设	116
第一节 饲料企业检验室建设	116
第二节 实验室安全知识	121
小结	129
思考题	129
主要参考文献	130

第一章 饲料检验的基本要求

饲料检验就是通过人体感官或借助化学试剂和化验室的设备，客观地测定或评价饲料品质或其中特定成分的浓度或质量特性。通过检测确定饲料原料（或产品）是否具有规定的营养成分或符合规定的加工质量；同时，饲料中的有毒有害成分则不应超过标准，能从根本上保证饲料产品的质量。因此，饲料检验无论对饲料生产厂还是对养殖场来说，都具有重要意义。饲料检验是一项严肃、认真地工作。本章将从饲料检验常用溶液、常用仪器、数据处理、饲料检验实验室的安全等方面介绍饲料检验的基本要求。

第一节 溶液的浓度及试剂规格

一、饲料检验常用化学试剂及规格

（一）常用化学试剂的规格

1. 我国化学试剂规格的划分

我国的化学试剂规格基本上按纯度（杂质含量的多少）划分，共有高纯、光谱纯、基准、分光纯、优级纯、分析纯和化学纯 7 种。国家和相关主管部门颁布的质量指标主要包括优级纯、分级纯和化学纯 3 种。

（1）优级纯（guaranteed reagent, GR），又称一级品或保证试剂，纯度 $\geq 99.8\%$ ，这种试剂纯度最高，杂质含量最低，适合于重要精密的分析工作和科学研究工作，使用绿色瓶签。

（2）分析纯（analytical reagent, AR），又称二级试剂，纯度很高，纯度 $\geq 99.7\%$ ，略次于优级纯，适合于重要分析及一般研究工作，使用红色瓶签。

（3）化学纯（chemical pure, CP），又称三级试剂，纯度 $\geq 99.5\%$ ，纯度与分析纯相差较大，适用于工矿、学校一般分析工作，使用蓝色（深蓝色）标签。

2. 其他规格的试剂

（1）基准试剂（primary reagent, PT），专门作为基准物用，可直接配制标准溶液。

（2）光谱纯试剂（spectrum pure, SP），表示光谱纯净，用于光谱分析。分别用于分光光度计标准品，原子吸收光谱标准品，原子发射光谱标准品。但由于有机物在光谱上显示不出，所以有时主成分达不到 99.9% 以上，使用时必须注

意，特别是作基准物时，必须进行标定。

(3) 纯度远高于优级纯的试剂叫做高纯试剂 (extra pure, EP) (纯度 $\geq 99.99\%$)。高纯试剂是在通用试剂基础上发展起来的，它是为了专门的使用目的而用特殊方法生产的纯度最高的试剂。它的杂质含量要比优级试剂低 2 个、3 个、4 个或更多个数量级。因此，高纯试剂特别适用于一些痕量分析，而通常的优级纯试剂就达不到这种精密分析的要求。目前，除对少数产品制定国家标准外 (如高纯硼酸、高纯冰乙酸、高纯氢氟酸等)，大部分高纯试剂的质量标准还没有统一，在名称上有高纯、特纯、超纯、光谱纯等不同叫法。

(二) 试剂的选用

饲料检验涉及饲料常规成分分析、营养物质分析和有毒有害物质分析等。分析不同指标使用的分析方法不同，要求使用试剂的种类和级别也不同，应注意区分。

1. 选用原则

选用化学试剂的原则应根据检验方法的要求及样品含量来决定。对于干扰因素较多、含微量物质的样品测定时，必须选用品级、纯度较高试剂。例如，微量元素测定必须用优级纯，其标准物必须用光谱纯试剂；作标准物的试剂必须选用品级高的试剂；一般的定性检验可选用实验试剂。一般来说，试剂纯度越高，试剂引起的误差就越小。但也不要过分强求这一点，否则会造成经济上不必要的损失或影响工作。总之，应把试剂的选用标准和要求同方法的精密度和灵敏度结合起来。

2. 核对瓶签

所用试剂须有瓶签，应核对品级、纯度、含有成分的百分率、不纯物 (杂质) 的最高数据和化学分子式。

3. 观察试剂性状有无变质

有些化合物本身不稳定，经过长期贮存逐渐发生分解、氧化、还原、聚合、升华、蒸发、沉淀析出等变化。一旦出现混浊、沉淀、颜色改变等，一般不再使用。但有的可重新蒸馏纯化后再用。

二、饲料检验中常用溶液的配制

(一) 试剂配制的要求

试剂配制在饲料检验工作中是非常重要的工作之一，一切检验结果的准确性，必须有试剂的质量作为保证。因此，对饲料分析工作中的试剂配制，应有一

定的要求。

1. 试剂恒重

部分化学试剂在存放过程中会吸收空气中的水分，如果直接称量配制，显然是不准确的。用适当的方法除去吸收的水分，使试剂恢复到吸潮前的状态，这一过程称为恒重。需要恒重的试剂在使用前必须进行恒重，但各种试剂的恒重方法不尽相同，常用试剂恒重的方法见表 1-1。

表 1-1 常用试剂的恒重方法

试剂名称	恒重方法
邻苯二甲酸氢钾 ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$)	100~120℃干燥至恒重
磷酸氢二钠 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	于研钵内研成细末，置浅皿中，在室温下置空气流通处 2 周以上，再置 37℃温箱 1~2 天
四硼酸钠 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	室温，在含 NaCl 及蔗糖的饱和溶液干燥器中干燥至恒重（此时玻璃棒搅拌时不再粘附）
硼酸 ($\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	置于 CaCl_2 干燥器中干燥至恒重
草酸钠 ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)	130℃干燥 1~1.5h
草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)	置于 CaCl_2 干燥器中干燥至恒重
草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	置空气中干燥或放在含有固体溴化钠及其饱和溶液的干燥器中（相对湿度为 60%）干燥至恒重
碳酸钠 (Na_2CO_3)	180~200℃干燥 3h
氯化钠 (NaCl)	110~120℃干燥 24h
氯化钾 (KCl)	120℃干燥 48h
碳酸钙 (CaCO_3)	110℃干燥 12h
重铬酸钾 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	100~110℃干燥 3~4h
EDTA	150℃干燥至恒重
氧化镁 (MgO)	800℃灼烧至恒重
氧化锌 (ZnO)	800℃灼烧至恒重
锌 (Zn)	室温，干燥器中干燥 24h 以上

2. 试剂的纯化与称重

部分试剂在贮存过程中会发生氧化、分解、聚合等反应，使其变得不符合使用要求；另有些则因本身纯度不够，因而在使用前需对这些试剂进行一定的处

理,使其纯度满足需要,这一过程称为纯化。试剂的称重是决定所配试剂浓度准确与否的关键一环,称重必须准确。一般固体试剂称取,应用称量瓶、玻璃纸等盛放试剂。一般不用普通纸盛放试剂,尤其是粗糙的纸。对易潮解、易挥发的试剂称量应迅速。标准物须用万分之一天平称取。

3. 溶剂

试剂配制中的溶剂一般为蒸馏水,特殊试剂或非水溶剂的试剂应标注清楚。普通蒸馏水中含有二氧化碳、挥发性酸、氨和微量金属离子。当分析有特殊要求时,要对水进行特殊处理,如重蒸或去离子。用电导率(0.1Ms/cm)可以判断水的离子数量,但不能表示出有机物的污染。本节试剂配制所用的水,除另有特殊说明外,应符合 GB-6682 中三级水标准,所用试剂皆为分析纯。

试剂配好后,要在试剂瓶上写明名称、浓度、配制时间,必要时可注明用途、用量。

(二) 溶液配制的方法

1. 直接配制法

准确称取一定量基准物质,用水溶解后再稀释至一定体积;适用于标准溶液和一般溶液的配制。

可以作为基准物质试剂应满足的条件:

- (1) 纯度 $\geq 99.95\%$,杂质 $< 0.01\% \sim 0.02\%$ 。
- (2) 实际组成与分子式相符,尤其是含结晶水的物质。
- (3) 性质稳定,在固态、液态中均不发生变化,不吸潮、不分解、不挥发、不吸收二氧化碳。
- (4) 有较高的摩尔质量。

2. 间接配制法(标定法)

配制标准溶液所用的化学物质不符合基准物质的条件时,不能直接配准,只能配成近似所需的浓度的溶液,然后标定其准确浓度,如酸碱溶液、 KMnO_4 溶液、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的配制,即用间接法。

(三) 饲料检验中常用溶液的配制

1. 饱和二氧化硫溶液

将二氧化硫气体在常温下($15 \sim 25^\circ\text{C}$)通入水中,直至饱和为止。使用前

制备。

2. 饱和硫化氢溶液

将硫化氢气体通入无氧二氧化碳水中，直至饱和为止。使用前制备。

3. 乙酸铅碱溶液

称取 5g 乙酸铅 $[\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 和 15g 氢氧化钠，溶于 80mL 水中，定容至 100mL。

4. 0.1%二乙基二硫代氨基甲酸钠溶液

称取 0.1g 二乙基二硫代氨基甲酸钠（铜试剂），溶于水，定容至 100mL。有效期为一个月。

5. 2, 4-二硝基苯肼溶液 (1g/L)

称取 0.05g 2,4-二硝基苯肼，溶于 25mL 无羰基甲醇和 2mL 浓盐酸的混合溶液中，用水定容至 50mL。有效期为两周。

无羰基甲醇的制备：量取 2000mL 99.9%(V/V) 的甲醇，注入 2500mL 蒸馏瓶中，加 10.0g 2,4-二硝基苯肼和 0.5mL 浓盐酸，在水浴上回流 2h，加热蒸馏，弃去最初的 50mL 蒸馏液，收集蒸馏液贮存于棕色具塞瓶中。

按以上方法制备的无羰基的甲醇，应达到下述要求：按 GB-9733 之规定测定，羰基含量 $\leq 0.001\%$ (V/V)。

6. 孔雀石绿溶液 (2g/L)

称取 0.2g 孔雀石绿，溶于水，定容至 100mL。

7. 双硫脲三氯甲烷（或四氯甲烷）溶液 (0.01g/L)

称取 0.001g 双硫脲，溶于 99.0%(V/V) 的三氯甲烷（或四氯甲烷）中，用 99.0%(V/V) 的三氯甲烷（或四氯甲烷）定容至 100mL。有效期为两周。

8. 氢氧化钾-乙醇溶液 (0.1mol/L)

称取 7.5g 氢氧化钾，溶于 100mL 水中，用 95.0%(V/V) 的乙醇定容至 1000mL。静置 24h，取上层清液使用。

9. 氢氧化钾-甲醇溶液

将 15mL 氢氧化钾溶液 (330g/L) 与 50mL 无羰基甲醇溶液混合。有效期为两周。

10. 费林溶液

溶液 I：称取 34.7g 硫酸铜 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)，溶于水，并定容至 500mL。

溶液 II：称取 173g 酒石酸钾钠 ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 和 50g 氢氧化钠，溶于水，并定容至 500mL。

使用时将溶液 I 与溶液 II 按 1+1 体积比混合。

11. 盐酸苯肼溶液 (10g/L)

称取 1g 盐酸苯肼，溶于水，并定容至 100mL。使用前制备。

12. 铁-亚铁混合液

称取 10g 硫酸亚铁铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] 和 1g 硫酸铁铵 [$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$]，溶于水，加 5mL 20% 硫酸溶液，再用水定容至 100mL。

13. 淀粉-碘化锌溶液

溶液 I：称取 2.0g 可溶性淀粉与 20mL 水混合，注入 200mL 沸水中，加 10g 氯化锌，溶解。

溶液 II：称取 0.5g 金属锌粉和 1g 碘，加 10mL 水，搅拌至黄色消失，过滤。将滤液煮沸，冷却。

将溶液 II 注入冷却后的溶液 I 中，混匀，用水定容至 500mL。贮存于棕色瓶中。有效期为一周。

按以上方法制备的淀粉-碘化锌溶液应符合下述要求：量取 1mL 淀粉-碘化锌溶液，加 50mL 水、3mL (1+5) 硫酸溶液，混匀，溶液不得呈现蓝色。在该溶液中加入 1 滴碘酸钾溶液 [$c(1/6\text{KIO}_3) = 0.01\text{mol/L}$]，混匀应立即产生蓝色。

14. 1, 10 菲啰啉溶液

称取 0.5g 1, 10 菲啰啉溶液 ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 或 1, 10 菲啰啉盐酸盐 ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$)，溶于 0.2mol/L 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH3) 中，用 0.2mol/L 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH3) 定容至 100mL。

15. 铬酸溶液 (100g/L)

称取 100g 三氧化铬，溶于 35% 硫酸溶液中，用 35% 硫酸溶液定容至 1000mL。

16. 氯化亚锡盐酸溶液 (400g/L)

称取 40g 氯化亚锡 ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，置于干燥的烧杯中，溶于 40mL 盐酸，用水定容至 100mL。

17. 氯化铁溶液 (100g/L)

称取 10g 三氯化铁 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，溶于 (1+9) 盐酸溶液中，用 (1+9) 盐酸溶液定容至 100mL。

18. 硫酸铜溶液 (20g/L)

称取 2g 硫酸铜 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)，溶于水，加两滴硫酸，用水定容至 100mL。

19. 硫酸亚铁溶液 (50g/L)

称取 5g 硫酸亚铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)，溶于适量水中，加 10mL 硫酸，用水定容至 100mL。

20. 硫酸锰混合酸溶液

称取 67g 硫酸锰 ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，溶于 500mL 水中，加 138mL 磷酸，用水定容至 1000mL。

21. 硫酸银溶液

称取 1g 硫酸银，溶于 50mL 40% 硫酸溶液中，用水定容至 100mL。

22. 硫酸钾乙醇溶液

称取 0.02g 硫酸钾，溶于 30% 乙醇溶液中，用 30% 乙醇溶液定容至 100mL。

23. 磷酸二氢钠溶液 (200g/L)

称取 0.2g 磷酸二氢钠 ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，溶于水，加 1mL 20% 硫酸溶

液，稀释至 100mL。

24. 普通酸碱溶液的配制见表 1-2

表 1-2 普通酸碱溶液的配制

名称 (分子式)	密度 (ρ)	质量分数 (ω)	近似浓度 (mol/L)	欲配溶液的浓度/(mol/L)			
				6	3	2	1
配制 1L 溶液所需的毫升数 (或克数)							
盐酸 (HCl)	1.18~1.19	36~38	12	500	250	167	83
硝酸 (HNO ₃)	1.39~1.40	65~68	15	381	191	128	64
硫酸 (H ₂ SO ₄)	1.83~1.84	95~98	18	84	42	28	14
冰醋酸 (HAc)	1.05	99.9	17	358	177	118	59
磷酸 (H ₃ PO ₄)	1.69	85	15	39	19	12	6
氨水 (NH ₃ ·H ₂ O)	0.90~0.91	28	15	400	200	134	77
氢氧化钠 (NaOH)				(240)	(120)	(80)	(40)
氢氧化钾 (KOH)				(339)	(170)	(113)	(56.5)

三、饲料检验中常用缓冲溶液的配制

能对抗外来少量强酸、强碱或稍加稀释不引起溶液 pH 发生明显变化的作用叫做缓冲作用；具有缓冲作用的溶液叫做缓冲溶液。

一般缓冲溶液都是由一共轭酸及一共轭碱所组成。“酸性”缓冲液含有一弱酸及其盐（共轭碱）；“碱性”缓冲液含有弱碱及其盐（共轭酸）。共轭酸和共轭碱一起可阻止溶液 pH 发生剧烈变化。当向溶液中加入 H⁺ 时，共轭碱可与之部分地结合而生成共轭酸，H⁺ 不再呈游离状态存在；当加入 OH⁻ 时，则共轭酸与之结合生成水及共轭碱，使 OH⁻ 不再以游离状态存在而影响溶液的酸碱度。缓冲液只有同时含有这两种物质时才具有缓冲作用，这两种物质组成缓冲对或缓冲系。

缓冲液维持 pH 恒定的效力大小用缓冲容量表示。缓冲容量即使 1L 溶液的 pH 改变 1 个 pH 单位时所需要的酸（或碱）的物质的量。缓冲容量取决于盐与酸（或碱）的真实浓度以及两者的比值。缓冲液的浓度越大，缓冲容量越大，一般缓冲液总浓度在 0.05~0.2mol/L。当总浓度固定，盐与酸（或碱）的比值为 1 时，其缓冲容量最大；如果两者比值相差 10 倍以上，缓冲能力就很小。为此，在配制缓冲溶液时，要选择适当的缓冲对，使配制溶液的 pH 在所选择缓冲溶液的缓冲范围，约在相当于 pK_a±1 的 2 个 pH 范围内。

饲料检验中常用的几种缓冲液的配制方法如下。

1. 氯化钾-盐酸缓冲溶液

0.2mol/L KCl/mL	50	50	50	50	50	50	50
0.2mol/L HCl/mL	97.0	64.3	41.5	26.3	16.6	10.6	6.7
水/mL	53.0	85.5	108.5	123.7	133.4	139.4	143.3
pH(20℃)	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2

2. 邻苯二甲酸氢钾-盐酸缓冲溶液

0.2mol/L KHC ₈ H ₄ O ₄ /mL	50	50	50	50	50
0.2mol/L HCl/mL	46.70	32.95	20.32	9.9	2.63
水/mL	103.30	117.05	129.68	140.10	147.37
pH(20℃)	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8

3. 邻苯二甲酸氢钾-氢氧化钠缓冲溶液

0.2mol/L KHC ₈ H ₄ O ₄ /mL	50	50	50	50	50
0.2mol/L NaOH/mL	0.4	7.50	17.70	29.95	39.85
水/mL	149.60	142.50	132.20	120.05	110.15
pH(20℃)	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6

4. 乙酸-乙酸钠缓冲溶液

0.2mol/L HAc/mL	185	164	126	80	42	19
0.2mol/L NaAc/mL	15	36	74	120	158	181
pH(20℃)	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6

5. 磷酸二氢钾-氢氧化钠缓冲溶液

0.2mol/L KH ₂ PO ₄ /mL	50	50	50	50	50	50
0.2mol/L NaOH/mL	3.72	8.60	17.80	29.63	39.50	45.20
水/mL	146.26	141.20	132.20	120.37	110.50	104.80
pH(20℃)	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8

6. 硼砂-氢氧化钠缓冲溶液

0.2mol/L 硼砂/mL	90	80	70	60	50	40
0.2mol/L NaOH/mL	10	20	30	40	50	60
pH(20℃)	9.35	9.48	9.66	9.94	11.04	12.32

7. 氯化氨-氨水缓冲溶液

0.2mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}/\text{mL}$	1	1	1	1	1	1
0.2mol/L $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{mL}$	32	8	2	1	1	1
pH(20℃)	8.0	8.58	9.1	9.8	10.4	11.0

8. 其他常用缓冲溶液的配制

pH	配制方法
3.6	$\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 8g, 溶于适量水中, 加 6mol/L HAc 134mL, 稀释至 500mL
4.0	$\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 20g, 溶于适量水中, 加 6mol/L HAc 134mL, 稀释至 500mL
4.5	$\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 32g, 溶于适量水中, 加 6mol/L HAc 68mL, 稀释至 500mL
5.0	$\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 50g, 溶于适量水中, 加 6mol/L HAc 34mL, 稀释至 500mL
8.0	NH_4Cl 50g, 溶于适量水中, 加 15mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 3.5mL, 稀释至 500mL
8.5	NH_4Cl 40g, 溶于适量水中, 加 15mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 8.8mL, 稀释至 500mL
9.0	NH_4Cl 35g, 溶于适量水中, 加 15mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 24mL, 稀释至 500mL
9.5	NH_4Cl 30g, 溶于适量水中, 加 15mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 65mL, 稀释至 500mL
10	NH_4Cl 27g, 溶于适量水中, 加 15mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 197mL, 稀释至 500mL

四、饲料检验中常用酸碱指示剂的配制

常用酸碱指示剂见表 1-3, 混合酸碱指示剂见表 1-4。

表 1-3 常用酸碱指示剂配制

指示剂	pKa	变色范围 (pH)	酸 色	碱 色	配制方法
百里酚蓝 (麝香草酚蓝)	1.65	1.2~2.8	红	黄	1g/L 的 20%乙醇溶液
甲基橙	3.4	3.1~4.4	红	橙黄	0.5g/L 水溶液
甲基红	5.0	4.4~6.2	红	黄	1g/L 的 60%乙醇溶液
溴甲酚绿	4.9	3.8~5.4	黄	蓝	0.1g 指示剂溶于 2.9mL 0.05mol/L NaOH 溶液, 加水稀释至 100mL
溴百里酚蓝 (麝香草酚蓝)	7.3	6.2~7.3	黄	蓝	1g/L 的 20%乙醇溶液
中性红	7.4	6.8~8.0	红	黄橙	1g/L 的 60%乙醇溶液
百里酚蓝 (第二变色范围)	9.2	8.0~9.6	黄	蓝	1g/L 的 20%乙醇溶液
酚酞	9.4	8.0~10.0	无色	红	5g/L 的 90%乙醇溶液
百里酚蓝	10.0	9.4~10.6	无色	蓝	1g/L 的 90%乙醇溶液