

第三部分 奶牛基础知识

第一章 奶牛不同生理阶段特点

奶牛属于反刍动物，与单胃动物最大的区别是消化系统的结构和功能，这就决定了奶牛的饲料结构、消化过程和代谢的独特性。

一 犊牛的生理特点

犊牛是指出生到6月龄的牛，犊牛生长发育快，犊牛对牧场的发展极为重要，是牧场的未来。

初生犊牛的消化系统还未发育完全，但是出生后几个月内犊牛的消化系统发生急剧的发育变化过程。出生3周内的犊牛，皱胃是主要的消化器官。牛奶绕过瘤胃经食管沟进入皱胃消化利用。所以，出生后几天内犊牛仅能食用初乳和常乳。只要犊牛的日粮组成成分主要是牛奶，犊牛就不开始反刍，牛奶主要由真胃产生的酸和酶消化。

随着犊牛的生长，采食固体和纤维性饲料逐渐增加，瘤胃内细菌群系也逐渐建立起来。由于发酵产生的酸刺激瘤胃壁的生长，慢慢地瘤胃发育成能发酵和消化蛋白质的主要器官。当犊牛开始反刍时就意味着瘤胃已具备正常的功能。

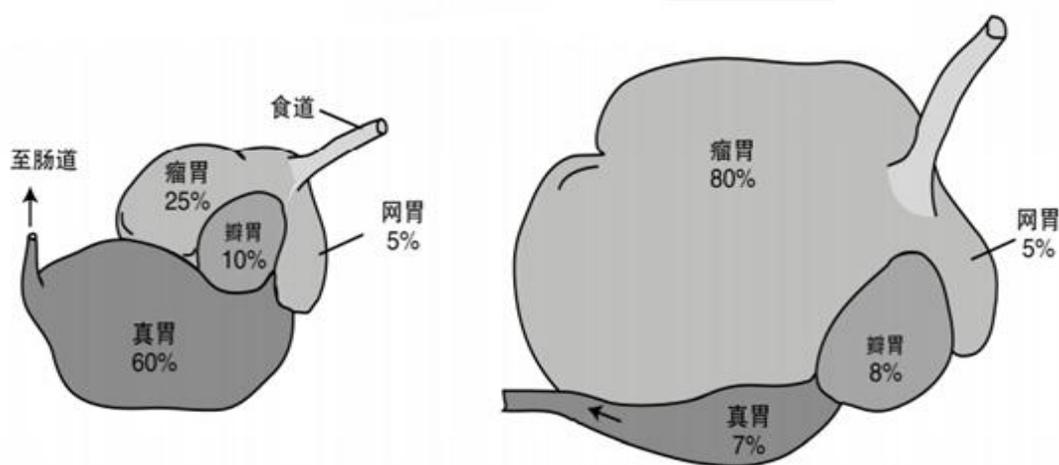


图 3.1.1 犊牛瘤胃生长发育变化

二 育成牛的生理特点

育成牛是指6月龄到参加配种的牛。是生长发育最快的时期，应当仔细记录

其采食量及生长率，因为这一时期生长的体高和体重影响后期的参配时间和产奶量。此阶段如果饲喂的饲料品质较差，且饲喂量不足，导致奶牛发育受阻，将给奶牛造成终身无法弥补的损失。

三 泌乳牛生理特点

泌乳早期奶牛刚分娩，机体较弱，消化机能减弱，产道尚未恢复；母牛体内能量代谢处于负平衡状态。此阶段奶牛的各器官系统处于恢复期，也是奶牛进入产奶高峰的前期阶段。这个阶段饲养对泌乳能力的发挥非常关键，如果饲养管理合适，对于促进奶牛泌乳高峰期的到来和后期泌乳持续力的长短具有至关重要的作用。

泌乳盛期指产后 21-100 天，该阶段以保证瘤胃健康为基础。此阶段奶牛消化系统机能处于正常，体质恢复，产奶量增加快，但是采食量的增加滞后于产奶量的增加，因此奶牛必须动用机体贮备的体脂来满足产奶的需要。此阶段奶牛处于能量负平衡，所以奶牛体况迅速下降，产后 2 个月左右处于体况最低值。

泌乳中期指产后 100-200 天，干物质采食量达到最高峰，之后平稳下降，产奶量逐月下降，体重开始逐渐恢复。要注意日粮的多样化、加强运动、逐渐减少精料，增加奶牛采食的粗饲料。

泌乳后期指产后 201 天至干奶前，满足饲养标准的营养需要，对体况消瘦的母牛还要加强营养，尽快恢复已经失去的体重，但是要防止体况过肥，以免难产及导致疾病。在泌乳后期，母牛妊娠也到后期，由于胎儿的迅速发育，泌乳量开始下降。母牛需要消耗大量的营养物质以供胎儿生长发育的需要。

四 围产期奶牛生理特点

围产期是分娩前后各 21 天的时间，这阶段对母牛、胎犊、新生犊牛的健康非常重要。奶牛在围产期一直在不断调用和利用自身的营养物质来积极应对分娩和产奶的生理需求和急剧的生理变化。此阶段奶牛生理发生很大变化，主要包括以下变化：

1 瘤胃状态的变化：胎儿在怀孕最后 60 天迅速生长，导致瘤胃容积减少；瘤胃容积减小，限制了奶牛的采食量；产犊前瘤胃中的干物质和瘤胃液量减少，直到产犊 20 天以后恢复正常；围产后期为适应高能量日粮，瘤胃绒毛长度和表面积迅速

生长和扩大。

2 内分泌的变化：前列腺素（ PGF_2 ）随着分娩的到来浓度提高，分娩时达到高峰，促使黄体分裂并使孕激素浓度降低；孕激素的浓度在产犊前一天几乎降低到零；肾上腺皮质激素在产犊前三天之内提高三倍；由于胎儿上皮激素的分泌，雌激素的浓度迅速提高。

3 采食量的变化：围产前期雌激素浓度提高是造成采食量降低的主要原因；干物质采食量可降低 30-40%，或采食量从体重的 2%降低到 1.5%；在奶牛分娩当天，奶牛采食量降到最低。

4 能量的变化：在产前三天，因胎儿的生长和采食量的下降，能量供应和生产需求之间的失调会产生能量负平衡；在分娩后，因奶牛遭受巨大的产犊应激，同时开始产奶，加剧了奶牛的能量负平衡。在这段时期，奶牛动用体脂，来满足对能量的需要，导致奶牛体况下降。

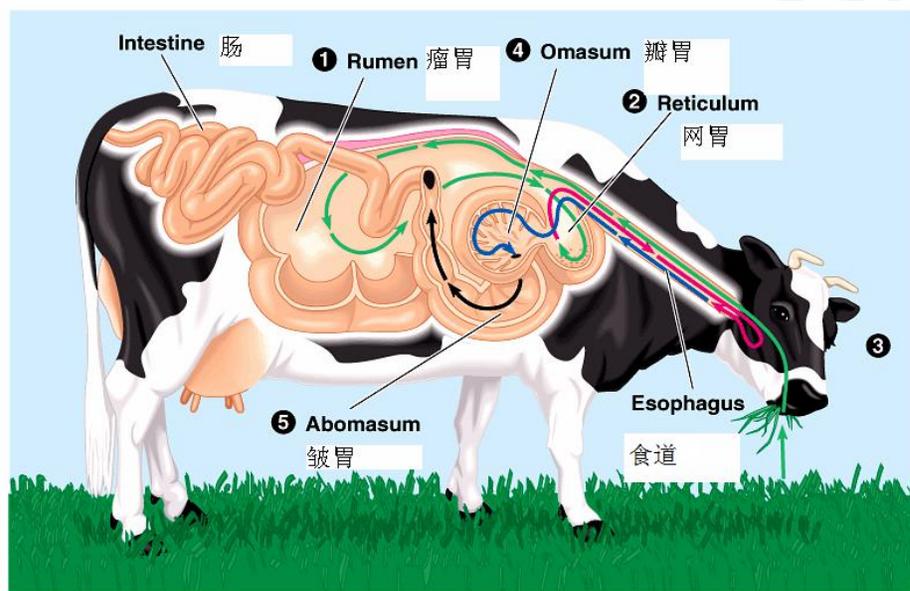
5 免疫机能的变化：分娩时雌激素和糖皮质激素在血浆中浓度上升，这两种激素都是免疫抑制剂；围产期奶牛干物质采食量不足，会使一些发挥免疫功能的营养物质摄入量不足，如：VA、VE、Zn 等；胎衣滞留的牛分娩后 1 周内免疫细胞机能低下；泌乳初期患有子宫炎或乳腺炎的牛，泌乳前的免疫细胞机能低下。

第二章 奶牛消化系统及奶牛行为

一 奶牛消化生理

奶牛吃的是草，产的是奶。奶牛如同一座工厂，消耗和加工大量原料（饲料），生产出大量高质量产品（奶、肉、皮），同时生产出副产品（粪、尿等）。在这个工厂中，核心是“生产车间”-奶牛的瘤胃。

奶牛的消化系统包括口腔、四个胃室（瘤胃、网胃、瓣胃和皱胃）、小肠（十二指肠、空肠和回肠）和大肠（盲肠、结肠、直肠）。



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

图 3.2.1 奶牛消化系统

1 瘤胃

瘤胃位于奶牛左侧，构成了 65%-85% 的总胃容量，容积 150-200L，是饲料的贮存库，并为活性微生物提供发酵场所。瘤胃微生物主要由细菌、真菌和原虫组成，瘤胃温度在 39°C-41°C，pH 为 5.5-7.0 之间。

瘤胃壁的内面布满乳头状、细小突起，增加了瘤胃的吸收面积。挥发性脂肪酸、氨和水可以直接通过瘤胃壁进入血液。乳头分布、大小和数量与日粮的结构和饲养习惯有关。瘤胃内微生物能将动物不可利用的纤维转化为自身的营养被反刍动物利用，能将氨、氨基酸及尿素转化为蛋白质，能利用碳水化合物发酵满足能量需要，但是不能利用脂肪。

2 网胃

网胃呈烟袋状，位于瘤胃的前方，靠近腹腔的底部，只有一个皱褶将瘤胃和网胃分开。网胃呈蜂窝状结构起到筛子的作用，当奶牛采食到金属或其他不可消化东西时，可阻止进入后面的消化系统。

3 瓣胃

瓣胃呈球状结构，含有多层的组织皱褶。瓣胃吸收水分和部分营养物质，当食糜在瓣胃中移动时，食糜就会变得干燥，利于食糜在消化系统后端的消化和吸收。

4 皱胃

皱胃常称为“真胃”，位于牛体右侧，具有腺体表层，分泌消化酶，它的功能与许多单胃动物的功能相同。由于皱胃分泌盐酸，使食糜 pH 值低于 3。

5 小肠

小肠由独特的三个部分组成：十二指肠、空肠、回肠。大部分消化酶由该部位分泌，为胰腺和肠黏膜产生酶提供适宜的环境。

6 大肠

大肠在消化道最后部位。未消化纤维和淀粉在这里再次进行发酵，导致粪便 pH 值降低。

二 奶牛行为

奶牛行为是奶牛对刺激产生的反应或对周围环境作出反应的方式。奶牛行为学是研究奶牛和周围环境条件的关系以及牛群内个体之间相互关系的科学。

1 采食行为

1.1 奶牛采食

奶牛习惯于自由采食，每天采食 10 余次，每次 20-30 分钟，累计每天 6-7 小时，奶牛的干物质采食量一般为自身体重的 2-3%，个别高产奶牛可达 4%。当日粮搭配不当，缺乏钙、磷、微量元素和维生素时，奶牛常发生异嗜行为，如食粪尿、胶皮、木块、砖瓦、石块等。

奶牛的食槽高度应比站立地面高 10-15cm，这种情况下奶牛产生的唾液量是最大的，同时也符合其生理习性。

1.2 反刍行为

反刍是牛、羊等反刍动物共有的特征，反刍有利于奶牛把饲料嚼碎，增加唾液的分泌量，以维持瘤胃的正常功能，还可提高瘤胃氮循环的效率。奶牛采食时将饲料初步咀嚼，并混入唾液吞进瘤胃，经浸泡、软化，待休息时再进行反刍。反刍包括逆呕、再咀嚼、再混入唾液、再吞咽 4 个步骤。一般在采食后 30-60 分钟后开始反刍，每次持续 40-50 分钟，一昼夜反刍 10 多次，累计 7-8 小时。一个食团可以反刍 40-70 次。大多数是在休息时反刍，因此，奶牛采食后应有充分的时间休息进行反刍，并保持环境安静，牛反刍时不能受到惊扰，否则会立刻停止反刍。反刍是奶牛健康的标志之一。如果反刍时间或反刍次数减少，说明日粮有问题。

1.3 瘤胃蠕动

奶牛采食足够的饲料后，瘤胃在左边鼓出来，用你的拳头压在瘤胃腹壁上，瘤胃蠕动 1-3 次/分钟。健康奶牛左侧肋窝及皮肤随瘤胃的蠕动会出现起伏现象。如果左侧肋窝长时间处于平稳状态或起伏很小，说明瘤胃健康有问题。

2 饮水行为

水是奶牛最重要的营养元素之一，保证奶牛有充足、干净的饮水是奶牛产奶的保障。尤其当夏季缺水时，会直接影响到牛体健康和产奶量。据测定，成年母牛身体含水量达 57%，牛奶的含水量达 87.5%，奶牛每生产 1kg 牛奶需要 3-4L 水，而且必须是干净水。奶牛从来不等待饮水，每分钟饮水速度达 20L，因此我们必须提供足够数量的饮水槽。水槽最好靠近饲喂通道，最大距离不超过 15m，每头牛确保有 10-20cm 的水槽位。

3 奶牛的休息行为

奶牛一天 24 小时的时间分配：采食和饮水 4 小时；站立、行走、挤奶、社交等约 8 小时；躺卧休息 12-14 小时，每次 1.5-1.6 小时。奶牛一天大约有一半的时间在躺卧休息。所以奶牛躺卧和休息环境的舒适度是保证奶牛健康的关键。

奶牛躺卧的大部分时间用于反刍和休息，真正的睡眠大约 30 分钟。奶牛在硬的表面休息时间约为 6 小时，在舒适的表面休息时间为 12-14 小时。若奶牛在卧床站立，可能因为卧床表面不舒适或卧床尺寸不合适，从而增加了蹄部承载的重量，易使奶牛患蹄病。

4 行走行为

健康奶牛采食后四肢收于腹下而卧，起立时先收起后肢，若产后母牛卧地不起，行走时腿发颤，步态不稳，往往是产后瘫痪的预兆。

目前我们常用自由卧床牛舍，奶牛一天行走 1-2 公里。奶牛站立比行走承受更多压力，奶牛不可能以躺卧代替正常行走。正常奶牛应昂首行走，如果奶牛低头、慢步行走，可能因为他们行走地面太硬或太滑。

适当运动对于奶牛增强抵抗力，维护奶牛健康，克服繁殖障碍、提高奶产量具有重要作用，舍饲奶牛往往运动不足，容易引起肥胖、不孕、肢蹄病等疾病。

5 排泄行为

奶牛是一种随意排泄的动物，通常是站立排便或者边走边排，排尿则往往站着。奶牛是家畜中排粪尿量最多的动物。成母牛一昼夜排粪量多达 30kg，占日采食量的 70%左右。奶牛的正常粪便呈饼状，高产奶牛较稀，颜色发黄或为棕色。泌乳牛理想的粪便呈粥样，高 4-5cm，有几个同心圆，中间较低或有陷窝。

健康奶牛一天排尿 7-9 次，尿色清亮，微黄色。若尿液有氨味、烂苹果味，且颜色较深，要考虑是否有膀胱炎或酮病；如果尿液混浊不透明，要考虑是否有尿道炎。一昼夜排尿量约为 22kg，占饮水量的 30%左右。

第三章 奶牛乳房结构及泌乳生理

一 奶牛乳房结构

乳房由四个不同乳腺、中间韧带、乳头和乳池等组成。由于乳房重量大，必须很好地与骨架和肌肉相连。中间韧带由弹性纤维组织组成，而侧面韧带由弹性较弱的结缔组织组成。

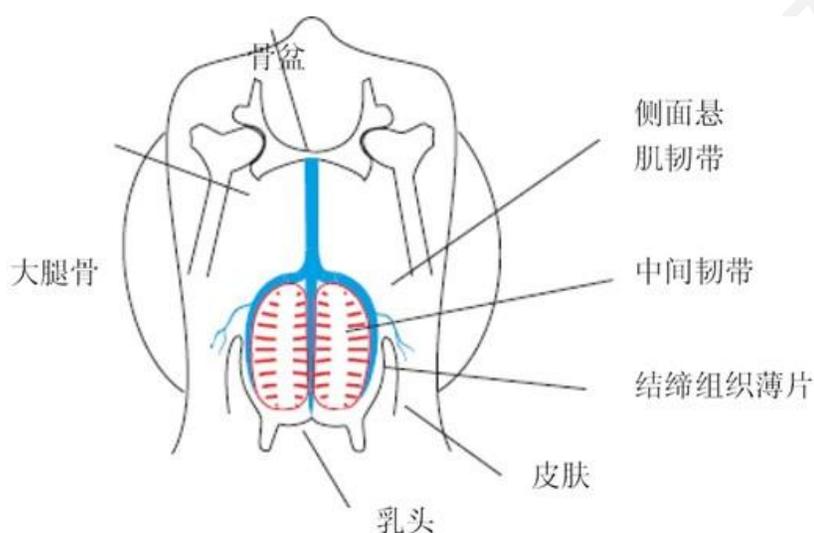


图 3.3.1 奶牛乳房结构

奶牛的乳腺包括 4 个不同的乳区，每个乳区都有一个乳头。在一个乳区中形成的牛奶不能转移到另外一个乳区。乳房的左右两侧也被中间韧带隔开，而前部和后部被分隔得更加明显。所以一个乳区发病并不影响其他乳区的正常产奶。

乳头由一个乳池和一个乳头导管组成，在两者连接的地方，形成 6-10 个纵向折叠，是抵御乳房炎的重要结构。乳头导管由很多束平滑肌包围，这些平滑肌负责关闭乳头导管，是抵御病原细菌的屏障。所以我们日常在奶厅的工作中要注意不要过度挤奶，这样会损伤乳头括约肌，成为乳房炎发生的诱因。

分泌组织的大小和分泌细胞的数量是乳房产奶能力的限制因素。人们都认为体积较大的乳房产奶能力也较高，事实上这并不科学，因为较大的乳房可能含有更多的结缔组织和脂肪组织。这就要求我们在后备牛培养时关注后备牛的生长速度，不要让乳房内沉积过多的脂肪，形成肉乳房。

乳房由动脉和静脉提供很好的营养支持。乳房的左侧和右侧都有自己的动脉相连，只有一些小的动脉将两侧串通起来。这些动脉系统的主要作用就是为牛奶合成细胞源源不断地提供营养。

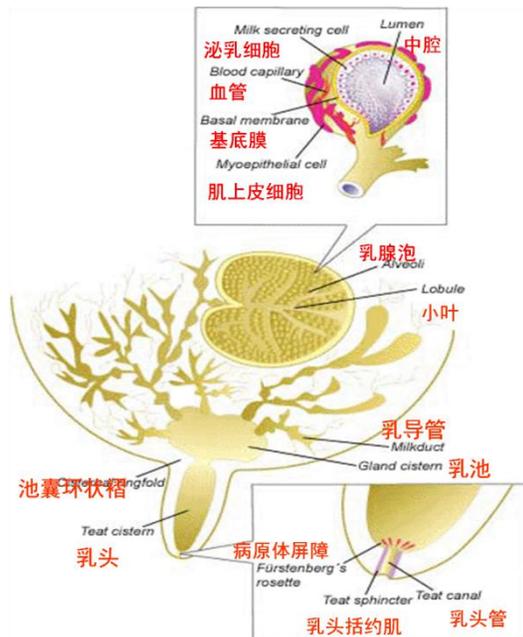


图 3.3.2 奶牛乳房组织结构

综上，奶牛乳房内部的结构可分为：支撑系统；分泌管道系统；毛细血管及供血系统；淋巴系统；乳房神经系统的分布；牛奶分泌系统。

二 牛奶的合成机理

牛奶是在乳腺泡的上皮细胞内合成的。牛奶的合成包括一系列新物质的合成和复杂的有选择的吸收过程。牛奶的合成与分泌速度决定于分泌细胞从血管中吸收营养物质转化成奶，并排放到乳腺泡腔的速度，也是决定产奶量高低的主要生理条件。奶的合成既然由血液供应营养物质，所以如果奶牛在泌乳期营养不足时，就会动用自己体内的营养物质用于产奶。其结果是不仅产奶量下降，而且奶牛的体重也会随之而下降，导致牛体的营养不良。牛奶中的乳糖要比血液的乳糖高出约 90 倍，乳脂肪高出 20 倍，钙要多 13 倍，钾和磷多 7 倍，镁多 4 倍。乳蛋白质要比血液少 50%左右，钠要少 6/7。

当奶牛的日产奶量达到 40L 的时候，必须要有 20T 的血液流过乳房，只有当奶牛卧下休息的时候流经乳房的血液是最多的。因此，要维持奶牛的高产首先要满足它所需要的营养，同时需要我们关注牧场奶牛的休息状况，也就是卧床、运

动场维护的好不好，让牛很舒服的卧下休息。

牛体血液中的碳水化合物主要是葡萄糖，葡萄糖数量多少又是控制奶牛泌乳量的一个主要因素。牛奶中的糖类主要是双糖——乳糖，它是由葡萄糖转化而来的。提供足够的碳水化合物(淀粉)类饲料，对提高奶牛的产奶量具有十分重要的意义。

三 泌乳反射

奶牛在泌乳期间，牛奶的分泌与排出是一个非常复杂的乳腺细胞活动的过程，它是受神经和内分泌调节的。牛奶的分泌规律是，奶牛刚挤完奶，奶分泌速度达到最大速度，以后逐渐减慢，到下次挤奶前，其分泌速度降到最低点。当两次挤奶之间牛奶如果已充满乳泡腔和乳导管时，由于乳房内压不断增高，使牛奶的分泌速度减慢。如果不通过挤奶来减少乳房内的压力，牛奶的分泌就会停止，奶中所含的营养成分也就会重新被血液所吸收，因此，奶牛每天必须要安排 2~3 次挤奶。有研究表通过增加新产牛只挤奶次数，探究其对奶牛泌乳性能和产后健康的影响。结果显示：头胎牛、经产牛 4 次挤奶的平均日产奶量比 3 次挤奶分别高 1.06kg、0.90kg。头胎牛、经产牛 4 次挤奶的高峰日达到时间比 3 次挤奶分别提前了 3d、11.21d，说明经产牛产后 4 次挤奶比 3 次挤奶能够有效缩短高峰日到达时间。新产牛 4 次挤奶产后疾病的发病率比 3 次挤奶低。

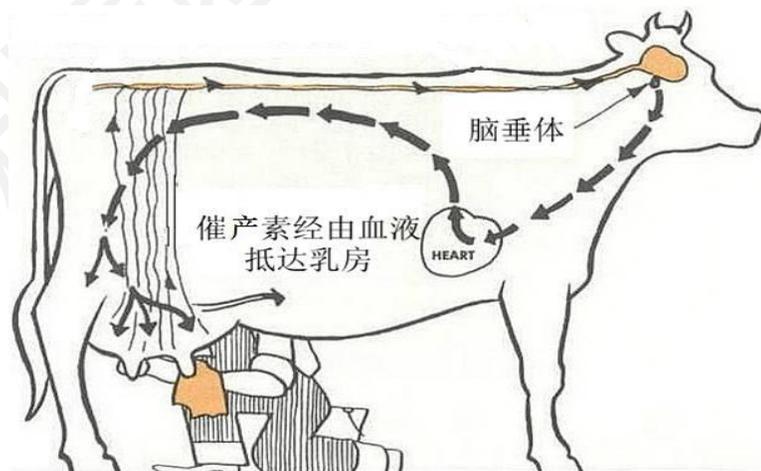


图 3.3.3 奶牛泌乳反射

当奶牛在挤奶或者小牛吮吸乳头的时候，乳头感受刺激，激活神经感受器。

这种机械刺激引起的神经冲动传导到脊髓，进而传导到大脑，刺激下垂体，释放出刺激泌乳的催产素，然后催产素通过血液转移到奶牛的乳房，刺激乳房腺泡和乳导管中的牛奶进入乳池，然后被挤奶机挤出。

引起奶牛产生泌乳反射的因素包括：挤奶时间、触摸乳房、听到挤奶声音、看到犊牛等。但对释放催产素效果最明显的刺激是触摸乳房，也就是挤奶前的准备工作：三把奶、药浴、擦干。

在乳房里，催产素引起乳房腺泡周围的肌肉上皮细胞收缩，牛奶从泌乳细胞分泌到乳导管和乳池中，通过挤奶设备挤出。

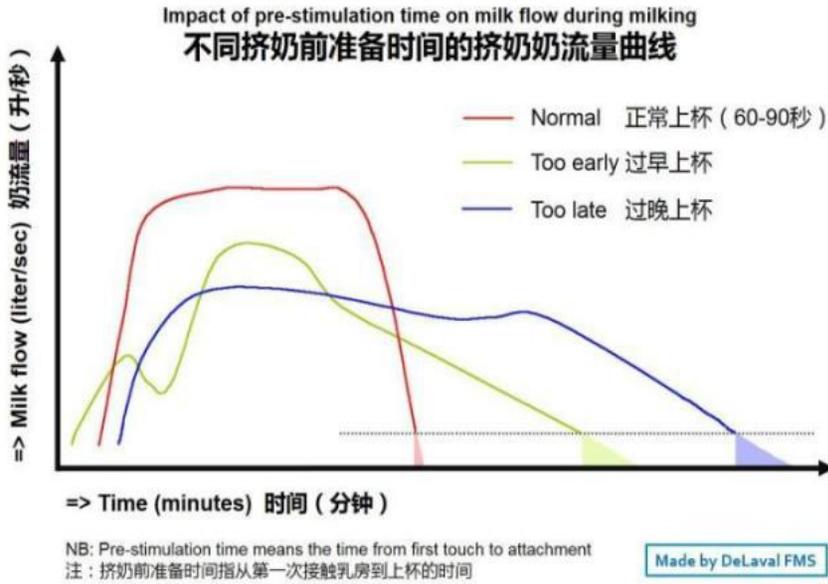


图 3.3.4 不同挤奶前准备时间的挤奶流量曲线

众多研究认为，从挤奶准备到上杯的间隔，也就是开始泌乳刺激到上杯的时间控制在 60-90 秒。乳房承受压力刺激的最大值平均约为 90 秒，如果 90 秒内不能进行挤奶，会反向抑制催产素的分泌，影响挤奶，如过早进行挤奶，此时催产素还未释放，会形成奶量双峰，第一个峰是机械将乳池内的乳挤出，催产素分泌被抑制，导致奶流迅速降低；第二个峰是催产素作用下使腺泡内的乳排出，形成的泌乳曲线。所以过早和过晚都会影响产奶量和挤奶效率。挤奶过程中必须执行严格的挤奶程序，提高挤奶的技术水平，才能获得较高的产奶量，同时还能防止由于挤奶不尽而引发的乳房炎。

第四章 奶牛生殖系统及发情周期激素的变化

一 奶牛生殖系统

母牛的生殖器官包括内生殖器官和外生殖器官，内生殖器官包括卵巢、输卵管、子宫、阴道，外生殖器官包括尿生殖前庭、阴唇、阴蒂。生殖器官位于骨盆腔和腹腔内。

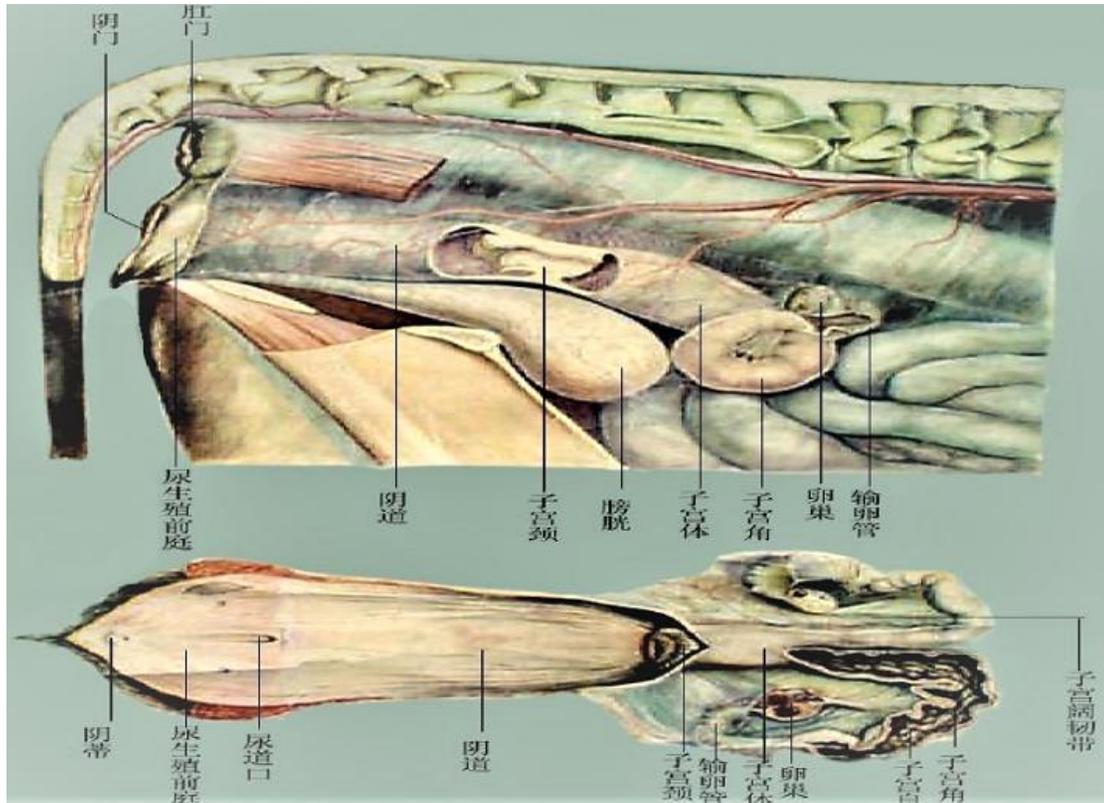


图 3.4.1 奶牛生殖系统结构图

1 卵巢

牛卵巢位于子宫角尖端外侧，初产和胎次少的母牛，均在耻骨前缘之后。胎次多的逐渐沉入腹腔，卵巢也随之前移至耻骨前缘的前下方，左右各有一个卵巢。牛卵巢的形态为扁椭圆形，附着在卵巢系膜上。卵巢平均长约 3-4 厘米，宽 1.5-2 厘米，厚 2-3 厘米。卵巢组织分为皮质和髓质部，两者的基质都是结缔组织。皮质内含有卵泡，卵泡的前身和续产物（红体、黄体和白体）。髓质内含有许多细小的血管和神经。卵巢的主要功能是产生卵子及类固醇激素。

卵泡发育过程分为：原始卵泡-初级卵泡-次级卵泡-三级卵泡-成熟卵泡，其中初级卵泡和次级卵泡统称为生长卵泡，三级卵泡和成熟卵泡被称为有腔卵泡。当

卵泡发育成熟后将具有受精能力的卵母细胞喷射到输卵管的漏斗部。

类固醇激素主要是指雌激素和孕酮，雌激素是雌性动物性器官发育和维持正常雌性性机能的主要激素；孕激素主要来源于卵巢黄体细胞，孕酮（P₄）是活性最高的孕激素。孕酮是雌激素和雄激素共同前体。

黄体是排卵后残留的卵泡壁塌陷，卵泡膜的结缔组织、毛细血管等伸入到颗粒层，在促黄体素（LH）的作用下演变成体积较大，富含毛细血管并具有内分泌功能的细胞团，由于吸收类脂质而使颗粒细胞变成黄色。母畜如未配种或配种后未孕黄体就逐渐退化，此时的黄体称周期性黄体或假黄体；如配种妊娠，则黄体一直维持到母畜临近分娩前，此时的黄体称为妊娠黄体或真黄体。

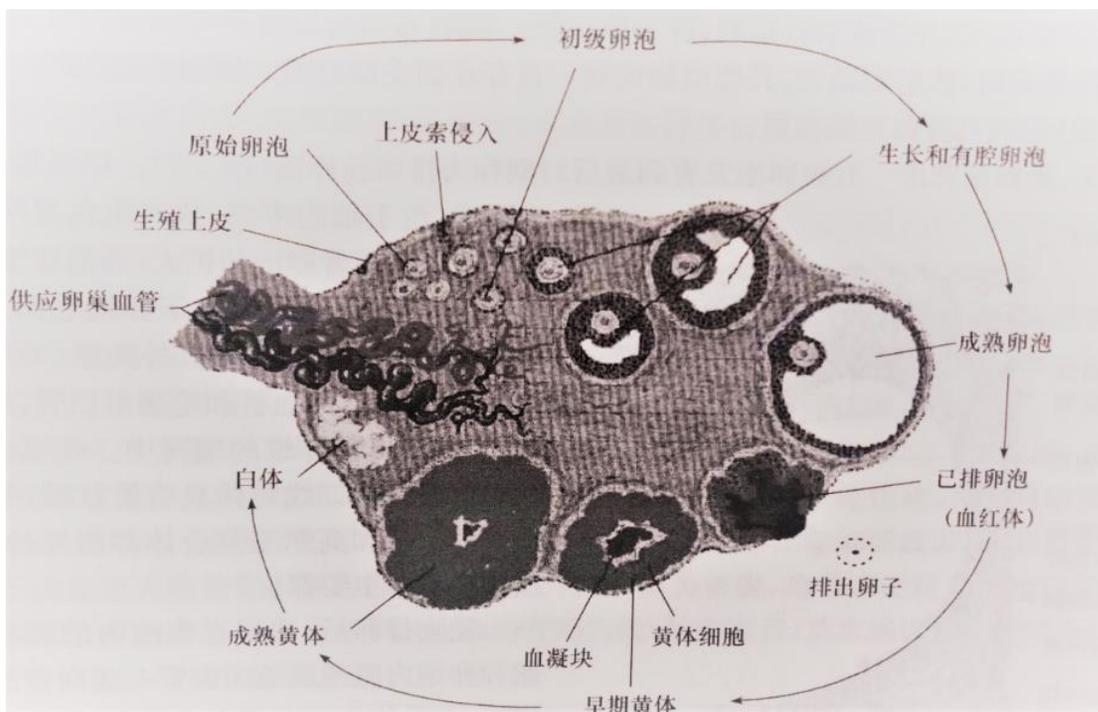


图 3.4.2 卵巢结构图

2 输卵管

输卵管是精子进入壶腹部和受精卵进入子宫的通道，以及卵子受精的场所。输卵管包在输卵管系膜内。悬挂在腹腔中，是一条弯曲较多的管道，长 15—30 厘米。输卵管的前 1/3 较粗称壶腹部，是精卵受精部位；其余部分较细称为峡部；靠近卵巢端扩大呈漏斗状称为漏斗部，漏斗边缘有许多皱襞像伞，称为伞。输卵管与子宫是完全封闭的，而另一端与卵巢不是直接相连，是由输卵管末端漏斗结构

与卵巢相对。当发情时输卵管伞可以接受卵巢排出的卵子。

输卵管的功能是接纳并运送卵子；精子获能、卵子受精及卵裂的场所；分泌功能（输卵管的分泌细胞在卵巢激素的影响下，在不同生理阶段，分泌液体的量有很大的变化，分泌的液体中含有多种蛋白质，是精子、卵子及早期胚胎不可缺少的培养液）。

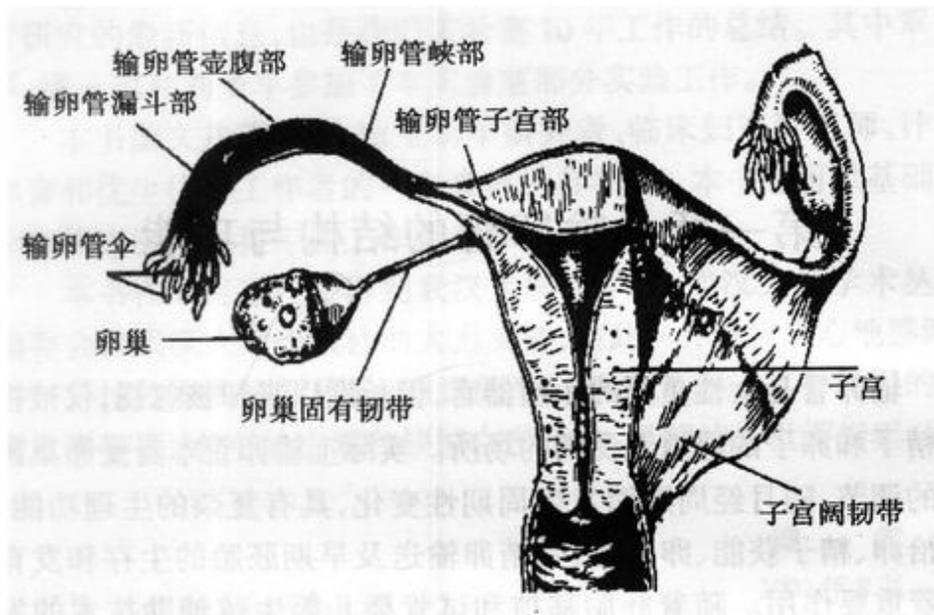


图 3.4.3 输卵管结构图

3 子宫

子宫是胎儿生长发育的器官。牛的子宫属对角子宫，好似一个绵羊角，由子宫角、子宫体和子宫颈组成。子宫周围的肌肉是自主性收缩的平滑肌。分娩时子宫收缩是由催产素调节的。分娩后大约需要 40 天子宫和生殖道的其他组织才能恢复到正常状态。

子宫的功能：运送精子和胎儿分娩；精子获能和胎儿发育的场所；对卵巢机能的影响主要是子宫内膜分泌前列腺素（ $\text{PGF}_{2\alpha}$ ）对卵巢黄体有溶解的作用。

3.1 子宫角

牛的子宫角尖端与输卵管相通，后部相通于子宫体，是个前细后粗的管道。子宫角长 30-40 厘米，两角基之间的纵隔上有一沟，称角间沟。子宫角粘膜上有突出于表面的半圆形子宫阜 70-120 个，阜上没有子宫腺，其深部有丰富的血管。妊娠时子宫阜即发育为母体胎盘。

3.2 子宫体

牛的子宫体位于子宫角与子宫颈之间，前端与子宫角相通，后部与子宫颈相连，子宫体长 2-4 厘米。

3.3 子宫颈

子宫颈的前端和子宫体相通，为子宫颈的内口，后端突入阴道，形成子宫颈阴道部，阴道部的开口为子宫颈外口。子宫颈长 5-10 厘米，壁厚而硬，在不发情时封闭状态，发情时稍微开放。子宫颈阴道部粗大，伸入阴道约 2-3 厘米，粘膜上的放射状皱襞，经产牛的皱襞有时肥大，如菜花状。子宫颈肌的环状层很厚，分为两层，内层和粘膜的固有层，构成 4（2-5）个横的新月形皱襞，彼此嵌合，使子宫颈管称为螺旋状。

子宫颈是子宫的门户，在不同生理状态下，执行启闭作用。子宫颈是经常关闭的，以防止异物进入子宫。发情时稍开放，以利于精子进入，同时子宫颈大量分泌粘液，是交配时的润滑剂。妊娠时，子宫颈柱状细胞分泌粘液闭塞子宫颈管，防止感染物侵入。分娩时，宫颈括约肌扩张，利于胎儿分娩。

4 阴道

阴道为母牛的交配器官和分娩的通道。其背侧为直肠，腹侧为膀胱和尿道。阴道腔为扁平的缝隙，前端有子宫颈阴道部突入其中，子宫颈阴道部周围的阴道腔称为阴道穹隆。

阴道在生殖过程中具有多种功能。它既是交配器官，也是精液短暂凝集和存储的地方，并不断的向子宫输送精子；另外阴道通过收缩、扩张、复原、分泌和吸收等功能，排出生殖道内分泌物，同时是分娩时的产道。

5 外生殖器官

外生殖器官有尿生殖前庭、阴唇和阴蒂。

二 奶牛发情周期激素的变化

1 发情

母畜达到一定的年龄时，由卵巢上的卵泡发育所引起受下丘脑-垂体-卵巢轴系调控的一种生殖生理现象称为发情。

2 发情周期

母畜自第一次发情后，如果没有配种或配后没有妊娠，则每隔一定时间便开始下一次发情，如此周而复始地进行，直到性机能停止活动的年龄为止。这种周期性的活动，称为发情周期。

正常未孕成母牛发情间隔一般为 18-23 天，平均为 21 天。成母牛发情周期一般有 2 个卵泡波，而青年牛生命体征旺盛会有 2-3 个卵泡波。奶牛一个发情周期一般只排一枚卵母细胞，所以母牛单胎多。每次奶牛发情排卵后将开始进行下一次奶牛发情周期。

3 母牛发情主要特征

生理表现为卵巢上卵泡正在发育成熟，生殖道粘膜充血、肿胀、粘液增多并排出、子宫颈口开放；行为表现为兴奋不安、活动增强、食欲减退、泌乳量降低、爬跨其它牛或接受其它牛爬跨。

4 发情周期分类

母牛的发情周期包括发情前期、发情期、发情后期和间情期四个阶段，各阶段没有明显的界限。

4.1 发情前期

发情母牛精神敏感，食欲减退，产奶量下降，嗅其它牛阴门，爬跨其它牛但不接受其它牛的爬跨，阴门开始肿胀，从阴门流出蛋清样清亮的粘液，但粘性差、不成线。持续 6-12 小时。

4.2 发情期

极度兴奋，哞叫频繁，食欲废绝，接受爬跨和爬跨其它牛，接受爬跨 4-50 次，爬跨每次持续 4-7 秒，接受的爬跨时间总和为 1-6 分钟。外阴肿胀明显，流出大量白色蛋清样粘稠的粘液，牵缕性强。持续 15-18 小时。

4.3 发情后期

采食正常，拒绝爬跨，外阴部肿胀明显消退，从阴门流出少而粘稠的粘液，浑浊，颜色由浅黄逐渐变为灰白，牵缕性差，呈糊状。持续 6-8 小时。

4.4 间情期

可持续 12-15 天，又称为休情期。此时性欲消退，精神和食欲恢复正常。卵巢

上的黄体逐渐生长、发育至最大，孕激素分泌最强乃至最高水平。同时一些卵泡也逐渐缓慢发育，但这些卵泡在黄体萎缩之前不能达到完全成熟。

5 生殖激素来源及作用

奶牛的整个发情周期主要由促性腺激素释放激素（GnRH）、促黄体生成素（LH）、促卵泡生成素（FSH）、雌激素（包括雌二醇和雌酮等）、前列腺素（PG）、孕酮（P₄）等激素交替变化使奶牛出现发情症状。

表 3.4.1 生殖激素来源及作用

激素简称	激素名称	体内来源	生物作用
GnRH	促性腺激素释放激素	下丘脑	促进垂体前叶释放促黄体素（LH）及促卵泡素（FSH）
E	雌激素	卵巢、胎盘、肾上腺以及睾丸	<ol style="list-style-type: none"> 1.雌激素促进雌性动物的发情表现和生殖道生理变化。 2.雌激素作为妊娠信号，有利于妊娠的建立。 3.雌二醇与促乳素协同作用，促进乳腺导管系统发育。 4.雌激素通过对下丘脑的反馈作用调节促性腺激素释放激素和促性腺激素分泌。雌二醇的负反馈作用部位在下丘脑的持续中枢，正反馈作用部位在下丘脑的周期中枢引起排卵前促黄体素峰。 5.少量雌二醇促进雄性动物性行为，在雄性动物的性中枢神经细胞中，睾丸转化成雌二醇，是引起性行为的机制之一。 6.雌激素影响骨代谢。
PG	前列腺素	子宫内膜、胎盘、卵巢、下丘脑、肾和消化道	<p>不同来源和不同类型的前列腺素具有不同的生物学作用。在动物繁殖过程中有调节作用的主要是 PGF 和 PGE。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.溶解黄体的作用。 2.对下丘脑-垂体-卵巢轴的影响，PGF 和 PGE 能刺激垂体释放促黄体素。同时前列腺素对卵泡发育和排卵也存在直接作用。 3.PG 促进子宫平滑肌收缩，有利于分娩。分娩后，PG 对子宫功能恢复有作用。前列腺素对输卵管的作用较复杂，与生理状态有关。PGF 主要使输卵管口收缩，使受精卵在管内停留；PGE 使输卵管松弛，有利于受精卵运行。

P ₄	孕酮 (孕激素)	卵巢的 黄体、肾 上腺、卵 泡颗粒 细胞和 胎盘	<p>孕酮 (P₄) 是活性最高的孕激素。孕激素和雌激素作为雌性动物的主要性激素, 共同作用于雌性生殖活动, 两者的作用既相互抗衡, 又相互协同。两者在血液中的浓度是此消彼长。孕酮的主要靶组织是生殖道和下丘脑-垂体轴。总体来说, 孕酮对生殖道的作用主要是维持妊娠。孕酮对生殖道的作用需要雌激素的预作用, 雌激素诱导孕酮受体产生。相反, 孕酮降低调节雌二醇受体, 阻抗雌激素作为促有丝分裂因子的许多作用。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在黄体期早期或妊娠期, 孕激素促进子宫内膜增生, 使腺体发育、功能增强。这些变化有利于胚胎附植。 2. 在妊娠期间, 孕激素抑制子宫的自发活动, 降低子宫肌层的兴奋作用, 还可促进胎盘发育, 维持正常妊娠。 3. 大量孕酮抑制性中枢使动物无发情表现, 但少量孕酮与雌激素协同作用可促进发情表现。动物的第一个情期 (初情期) 有时表现安静排卵, 可能与孕酮的缺乏有关。 4. 与促乳素协同作用, 促进乳腺腺泡发育。
FSH	促卵泡生成素	垂体前叶	主要促进卵泡发育和成熟
LH	促黄体生成素	垂体前叶	促进排卵和排卵后卵泡的黄体化

6 奶牛发情周期激素变化介绍

生殖激素即是那些直接作用生殖活动, 并以调节生殖过程为主要功能的激素。家畜的生殖活动是相当复杂的过程, 母畜的发情、卵子发生、卵泡发育、卵子成熟、排卵、妊娠、分娩等, 都是生殖激素调节的结果。生殖激素若出现分泌紊乱, 就会导致家畜繁殖的失败。因此, 生殖激素在家畜生殖活动的调节方面具有特殊重要的作用, 是绝对不可缺少的。

6.1 奶牛发情周期激素变化

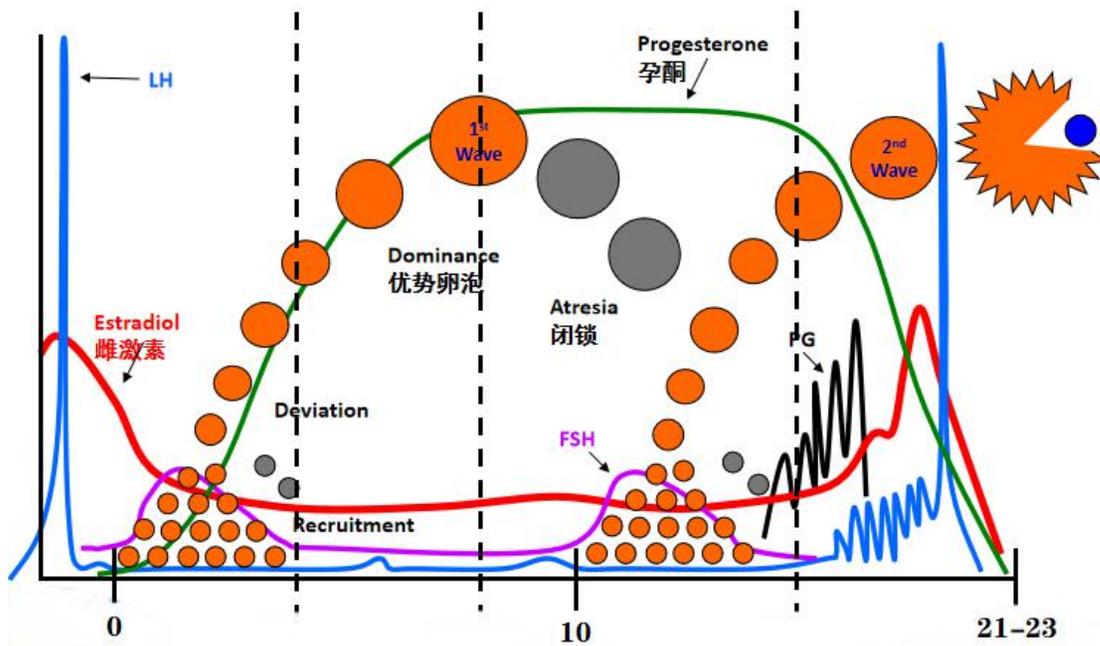


图 3.4.4 发情周期激素变化图

发情周期的循环是下丘脑—垂体—卵巢轴所分泌的激素之间相互作用和协调的结果。

影响非季节性发情动物发情的外界因素包括：感官刺激（其他发情母畜的气味）、外界环境条件刺激（如公畜的出现）、温湿度变化、光照时间、饲养管理水平等，发情现象的本质其实是母畜体内激素起伏变化导致母畜出现发情症状。当母畜生理周期进入发情前期时，母畜受到外界因素刺激，影响中枢神经系统，刺激下丘脑的神经内分泌细胞分泌释放促性腺激素释放激素（GnRH），GnRH 被微毛细血管丛吸收，通过垂体门脉系统运输到垂体前叶，刺激垂体前叶细胞分泌促性腺激素，垂体所分泌的促卵泡素（FSH）和促黄体素（LH）被体液循环运送到卵巢。其协同作用促使卵母细胞成长和发育，由于卵母细胞和卵泡发育是并行的，随着卵泡的进一步发育，卵泡内膜合成分泌雌激素水平上升（孕酮水平下降）引起母畜发情。

奶牛站立发情当天为发情周期第 1 天（或第 21 天），卵巢上的卵泡发育成熟，约在第 2 天破裂排卵，由于卵泡液被排空，导致卵泡腔内产生了负压，从而使部分血管发生破裂，血液集聚于卵泡腔内形成凝块，破裂口呈火山口样，并且为红色，因此成为红体。自排卵第 3 天后，卵泡腔中的血液被逐渐吸收，卵泡颗粒细

胞增生并吸收类脂质，使红体变为新黄体。排卵第 5 天后黄体具有功能性（发情后 5 天卵巢上有红体时注射前列腺素无效果），即产生孕激素的水平逐步增加，至第 7-9 天达到最大体积，孕激素分泌功能最旺盛。

发情周期第 1 天，在 FSH 激素刺激下又有新的卵泡开始发育，出现第一次卵泡发生波。第一次卵泡波的发育伴随着黄体的发育，黄体随着时间的增加会释放更多的孕激素。孕酮的主要靶组织是生殖道和下丘脑-垂体轴。高浓度孕酮会对机体作出负向反馈，在通过体液调节垂体减少 FSH 的分泌，所以第一个卵泡波发育到一定程度后停止发育，并闭锁退化。奶牛未妊娠时，黄体第 17 天逐渐退化，最后被结缔组织所代替，形成纤维化，由黄体变为白体，至第 19 天后基本退化完毕。遗迹保持到第二个或第三个发情周期。

发情周期第 10 天（或第 12 天），开始第二个卵泡发生波。黄体功能性下降明显，孕激素抑制子宫的自发活动性逐渐降低，子宫肌层的兴奋性提升。子宫内绒毛膜将分泌前列腺素（PG）消除黄体。第 17 天时孕酮抑制解除后第二个卵泡波继续发育，但因激素分泌量和自然筛选作用下只有一个卵泡能够形成优势卵泡；雌激素分泌逐渐增加，孕激素的水平则逐渐降低。雌激素对下丘脑和垂体具有正负反馈作用，当雌激素大量分泌时，一方面通过正反馈作用，促进垂体前叶分泌 LH，LH 的释放脉冲频率增加，因而使 LH 不断增加以至排卵前出现 LH 峰，LH 峰一般在发情开始后 12 小时，引起卵泡破裂排卵。雌激素峰先于促黄体素峰 24 小时以内。当 LH 峰值出现时，雌激素则通过负反馈作用，抑制垂体前叶分泌 FSH、LH 的合成与分泌，促使雌激素含量下降，继而孕激素水平持续增加。雌激素又与 FSH 发生协同作用，从而使卵泡颗粒细胞的 FSH 和 LH 的受体增加，于是就使得卵泡对于这两种促性腺激素的结合性增强，因而促进了卵泡的生长，同时增加了雌激素的分泌量，维持发情周期正常进行。随着黄体的完全退化，垂体不再受孕酮的抑制因而又分泌大量的 FSH，刺激卵泡继续发育，卵泡的迅速发育使得雌激素分泌量迅增，于是母畜又再发情。另一个发情周期开始。正常的发情周期就是这样周而复始地进行。

牛的发情周期一般有 2-3 个卵泡波，卵泡的募集是通过 FSH 的作用并启动其最终发育阶段的，因此有 2-3 个 FSH 峰值，每一个 FSH 峰值都会刺激 1 个卵泡波

的发育。如果黄体期内孕酮水平高则阻止卵泡完全成熟。

母畜第一次发情时，由于卵巢没有黄体，血液中孕激素水平较低，常安静发情，即只排卵而不表现发情症状。

6.2 奶牛配后出现排红现象原理

母畜在卵泡期，由于雌激素的作用，生殖道血管增生并充血，至排卵前雌激素分泌达到最高峰。排卵时，雌激素水平骤然降低，导致充血的血管破裂，使血液从生殖道排出体外。此类现象在奶牛和黄牛比较多见，有 80%-90% 的处女牛、50% 左右的经产母牛发生，俗称母牛月经，其他动物则极少发生这种现象。

6.3 奶牛发情最佳配种时间（发情后 8-12 小时）

奶牛通常情况下只排出 1 个卵子，所以会出现怀孕和不怀孕的现象。因此，配种员应该考虑如何使排卵和受精同步，以确保在排卵时输卵管中有大量活力较强的新鲜精子。牛一般在发情后 28 小时左右排卵，卵子的最佳受精能力只能保持 6-8 小时。排卵时卵泡破裂，排出的卵子运行到输卵管上端。精子的存活时间不到 30 小时，运行到输卵管所需要的时间约为 15-20 分。因此，要想取得理想的受精效果，应该在母牛站立发情 8-12 小时后进行输精。

第五章 奶牛肢蹄结构及功能

蹄病是牧场三大疾病之一，在生产上引起的损失较大，因为蹄病淘汰牛的数量较多，占的比例较大，对于蹄病的防治，目前主要是进行护理、保健修蹄和临床治疗，如果要开展以上工作，首先要将了解牛蹄的结构和功能。

一 奶牛肢蹄结构

奶牛肢蹄由悬蹄、蹄球、蹄底、蹄弓、蹄尖、蹄叉、负重面、白线、蹄壳组成；红色为血管分布部位（离蹄尖 1cm 处）构成（如图 3.5.1）。

奶牛蹄底主要有蹄球、蹄白线、负重面、蹄弓等主要修蹄控制点。在修蹄弓时，距蹄尖 1cm 处内侧和蹄底最容易出血，所以修蹄时多加小心。

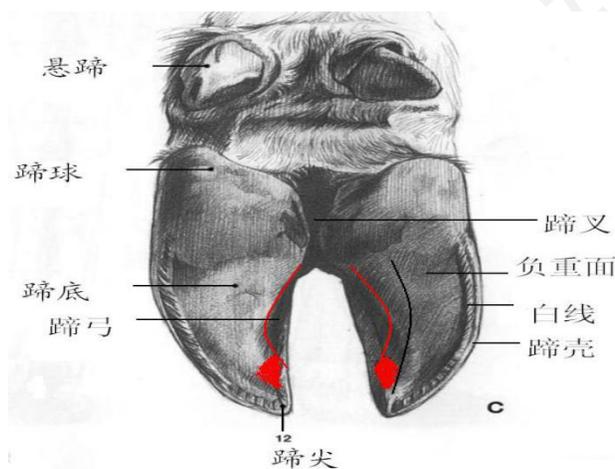


图 3.5.1 奶牛蹄底结构

奶牛肢蹄断面结构主要包括以下部分：

- ◆ 蹄冠：质地较软，有光泽，颜色为粉红色。
- ◆ 蹄壁：光滑有光泽，有与蹄冠平行的暗淡横纹，为坚硬的中空角状结构。
- ◆ 蹄跟：蹄跟是蹄冠的延伸，由富有弹性的组织构成。
- ◆ 蹄垫：蹄冠以下，由弹性组织和血管组成，动物运动时将血液泵入趾部并流向身体。
- ◆ 蹄壳：蹄壁的内层，通过纤维组织与趾骨相连。
- ◆ 趾底：由蹄壁向内斜生，由趾尖向趾跟逐渐变厚。
- ◆ 趾垫：趾跟内部，起减震器的功能，并将血液泵回全身。

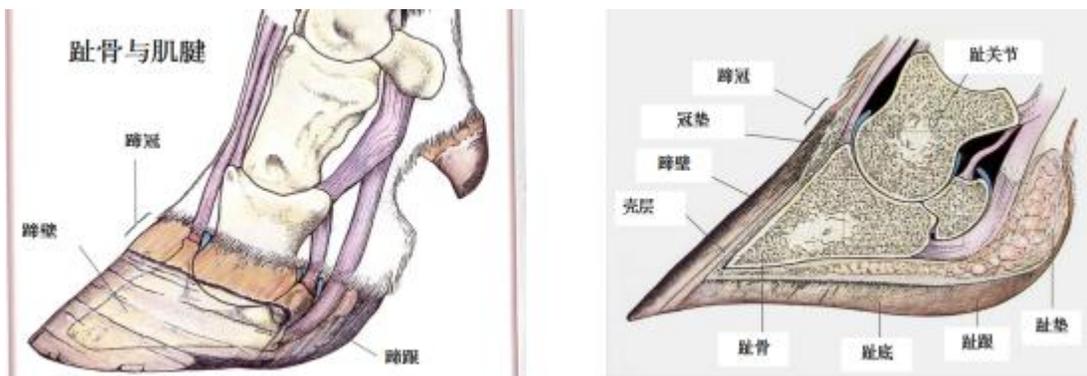


图 3.5.2 牛蹄的断面结构图

二 奶牛步态及肢蹄受力分析

奶牛步态可以分为站立阶段和迈步阶段，迈步阶段又被分为收缩阶段和伸展阶段。收缩阶段从站立姿势开始，奶牛将身体重量转移至提升牵引力的负重蹄的蹄底，身体向前移动，此时牛体重量分配至四蹄的蹄底，继之肢蹄向牛体收缩，收缩阶段结束。一旦蹄部离开地面同时往前伸展，即进入伸展阶段。在这一阶段，蹄踵首先着地，蹄底恢复正常负重面位置，此时伸展阶段完成，奶牛又处于站立姿势。从某种意义上说，后肢负责推进牛体前行，而前蹄更多负责支撑牛体重量。因为奶牛在行走时，前肢肌肉、韧带和肌腱起减震作用；而后蹄姿势固定，关节在尻部，姿势僵硬。

正常情况下，对蹄底的冲击力在运动期间会被分摊并由蹄底真皮、蹄垫、壁真皮与蹄壁之间的附属连接结构、支撑韧带和肌腱所吸收。然而，蹄部负重面受其它重要解剖结构因素影响。如果蹄部角质过度生长和蹄病时，这些影响牛肢蹄的受力。下图为牛蹄受力分析，其中左图为正常蹄受力状态，蹄底负重面受力均匀，右图为变形蹄非正常负重状态，压力主要作用于蹄踵部，引发更严重的肢蹄变形和蹄病。

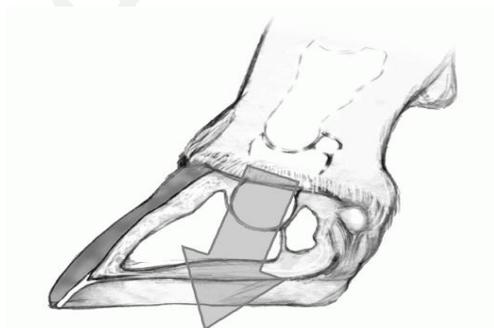


图 3.5.3 正常蹄受力状态

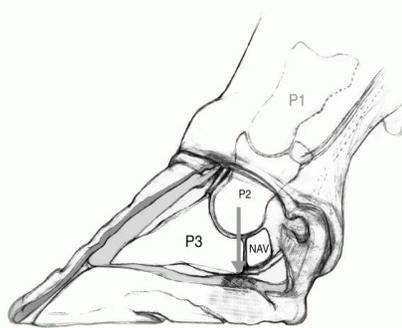


图 3.5.4 长趾蹄非正常负重状态

第六章 奶牛行为学

奶牛是一个生物个体，有其独特的行为特点，如采食、反刍、泌乳等，我们饲养奶牛主要目的是获得牛奶，为获得最大的产奶量，有必要了解奶牛的行为，只有了解了奶牛的行为才能更好的去管理奶牛，发挥奶牛最大的生产性能，从而获得更高的效益。奶牛行为是奶牛对刺激产生的反应或对周围环境作出反应的方式。奶牛行为学是研究奶牛和周围环境条件的关系以及牛群内个体之间相互关系的科学。正确了解、掌握奶牛的行为，对在实际生产中掌握奶牛的疾病预防、诊断、治疗，搞好繁殖和饲养管理工作，提高生产效率，获得最大生产效益具有极高的意义。

一 奶牛的行为

1 采食：奶牛每天自由采食大约 6-7 小时，奶牛采食时将饲料初步咀嚼，并混入唾液吞进瘤胃，经过浸泡、软化，休息时再进行反刍，奶牛采食的特殊性决定了奶牛采食后要躺卧反刍的习惯，反刍包括逆呕、再咀嚼、再混入唾液、吞咽四个步骤，一般奶牛在采食完毕后 20-30min 开始反刍，每次持续 40-50min，奶牛的采食量按照干物质计算，一般达到奶牛体重的 2%-3%，个别高产牛能达到 4%。部分牧场奶牛有异食癖现象，有两种原因：①奶牛驱虫不彻底（主要是球虫）；②奶牛缺乏微量元素（建议牧场购买舔砖或者是增加预混料使用量）。

2 饮水：水分是构成奶牛身体和牛奶的重要组成成分，成母牛身体的含水量大约为 57%，牛奶中的含水量大约为 87%，奶牛的新陈代谢、生长发育、繁殖、生产牛奶都离不开水，特别是处于泌乳期的牛，生产一公斤牛奶大约需要 3-4L 水（泌乳牛每天至少饮用 100L 水），夏季更加需要大量的水分增加其代谢强度，夏季因为天气原因，奶牛的饮水量会增加，因此需要给奶牛供应充足的、清洁、卫生的饮水，同时要注意，冬季要给奶牛饮用温水。

3 排泄：奶牛随意排泄，通常是站着或者是边走边排，泌乳牛最理想的粪便形状呈圆形，高 4-5 厘米，有几个同心圆，中间较低或有陷窝，如图 3.6.1 所示，如果奶牛粪便过稀，可能是因为牧场的精料量饲喂过大，搅拌不均匀出现挑食现象，导致奶牛出现临床性瘤胃酸中毒或者是亚临床性瘤胃酸中毒。如图 3.6.2 所示：



图 3.6.1 3 分粪便（合理粪便状态）



图 3.6.2 1 分粪便（不合理，含气泡）

4 肢蹄：奶牛步态评分是反应一个牧场奶牛肢蹄健康程度的工具，健康的奶牛昂首阔步、抬头挺胸，如图 3.6.3 所示，非健康的奶牛行走跛行，如图 3.6.4 所示；牧场出现蹄病将意味着采食量下降，单产下降，奶牛不发情，日渐消瘦淘汰率增加，牧场效益降低等；所以保证奶牛肢蹄健康这项工作是牧场的重中之重。牧场若仅依赖第三方修蹄公司，每年开展两次普修牧场蹄病永远也解决不掉，能解决牧场蹄病发病率的唯一措施即推动牧场兽医开展日常修蹄，禁止成母牛舍出现瘸牛（发现一头蹄病牛及时修治），避免因蹄病导致牧场损失。

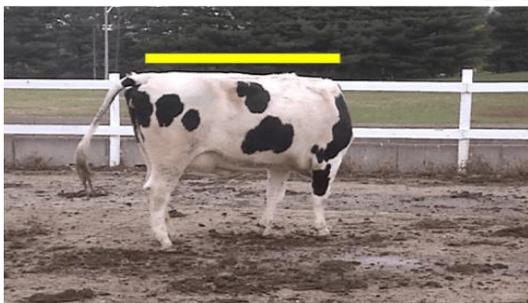


图 3.6.3 健康牛只（站立行走背部平直）



图 3.6.4: 非健康牛只（站立或行走背部弓腰）

5 性行为：奶牛性行为包括求爱和交配，母牛发情时体内雌激素增多，并在少量孕酮的协同作用下刺激性中枢神经，使其发生性兴奋，表现为精神不安、食欲减退、产奶量下降、不停走动、爬跨其他牛，接受其他牛爬跨，尿频、举尾、分泌粘液等，奶牛发情多在凌晨 12 点到凌晨 3 点期间，所以要在夜间安排专人进行发情观察，提高牧场发情揭发率，进而提高牧场 21 天妊娠率。

6 精神状态:

部位	健康牛只	非健康牛只
耳朵	健康奶牛两耳扇动灵活，时时摇动，手触温暖	病牛表现为头低耳垂，耳不摇动、耳根不冷即热
鼻子	健康奶牛的鼻镜有汗珠，且分布均匀	鼻镜干燥
口腔	健康奶牛口腔粘膜淡红，无臭味	病牛的口腔粘膜则淡白流涎或潮红干涩，有恶臭味
眼睛	健康奶牛双眼明亮，不流泪，眼皮不肿胀，眼角无分泌物，结膜呈淡红色	病牛双眼浑浊，部分流眼泪，眼角有分泌物
毛色	健康奶牛的毛色黑白分明，背毛光泽柔顺	病牛被毛不光滑、有炸毛现象
四肢	健康奶牛采食后四肢收于腹下而卧，起立时先收起后肢	若产后母牛卧地不起，行走时腿发颤，步态不稳，往往是产后瘫痪的预兆

7 群居等级关系: 牛群个体之间存在着等级关系。通常是体型大而强壮的牛统治体型小而瘦弱的牛，年长牛统治年轻牛，具有攻击性的牛统治温驯的牛，先入群的牛统治后入群的牛。奶牛初组群时在一段时间内会相互抵撞、相互威胁，经过一番较量，建立了等级关系和等级次序，确立了强者在牛群中的统治地位。放牧牛群在饲草丰富、饮水充足的情况下，等级次序显不出重要作用；但舍饲牛群在建立等级关系的过程中经常会发生冲突，导致惊吓、减食，产量下降，严重者造成外伤、流产。因此，舍饲奶牛应根据年龄、体况、泌乳期、产奶量等组群，组群后不宜经常调群，避免奶牛产生调群应激。