**V. 营养素减排与粪肥资源化利用技术**

1. **规模化畜牧场营养素减排与沼气技术**

**A. 规模化奶牛场氮、磷减排技术**

**技术概述：**随着规模化养殖的提高，我国畜禽粪便的总体土地负荷警戒值已达到0.49（小于0.4为宜）。我国奶牛日粮中氮、磷水平偏高，能氮不平衡，日粮氮转化为乳氮的效率比奶业发达国家低8%～10%，我国有83％的泌乳牛和74％的青年牛日粮磷水平偏高，部分牛场高出实际需要量50%～60%，造成了巨大的资源浪费和环境压力。因此，通过营养调控降低规模化奶牛场粪污中氮、磷的排放，为《畜禽规模养殖污染防治条例》的落实提供技术支撑，成为当务之急。

调查表明生产中奶牛日粮瘤胃能氮负平衡的现象比较普遍,说明瘤胃降解蛋白过剩，可发酵有机物不足，不能达到微生物蛋白的最佳产量，过量的氮将排放到环境中。本技术通过对规模化奶牛场日粮的能氮平衡和磷水平进行测定，调控日粮饲料原料配比和营养参数，监控牛场氮、磷的排放，可使规模化养殖场实现优质、高产、高效和环境友好的目标。

**增产增效情况：**

该技术主要在北京绿荷牛业有限责任公司、天津嘉利荷牧业有限责任公司和现代牧业有限公司推广使用，获得了较好的经济和生态效益。

通过调节日粮能氮平衡，可使每头奶牛的氮排放量减少40～50 克/天，磷排放量30克/天。日粮氮转化为奶氮的效率提高了3%～5%，泌乳初期和高峰期奶牛产奶量提高1～3 千克/天，乳蛋白率提高0.27个百分点，并降低牛奶尿素氮（MUN）含量。一个1000头成母牛存栏的奶牛场一年可以减少氮排放量18吨，减少磷排放量11 吨，在目前的条件下可分别节省成本90多万元和13万元，经济和生态效益显著。

**技术要点：**

1.生产中奶牛的日粮对瘤胃微生物而言，常会出现瘤胃中的能氮不平衡的状况，我国奶牛养殖生产中比较普遍的是瘤胃蛋白质降解氮过剩，而瘤胃能量不足，达不到瘤胃微生物蛋白质的最大产生量和较佳的转化效率，所以配制日粮时应尽量使二者达到平衡，即瘤胃能氮平衡（RENB），同时满足瘤胃微生物对可发酵有机物（FOM）和瘤胃可降解蛋白（RDP）的需要。

采集牛场全混合日粮（TMR）和各种饲料原料，通过实验室和瘤胃瘘管牛测定各项营养和降解率参数，评价瘤胃能氮平衡状况，进而优化配方结构使瘤胃能氮平衡。瘤胃能氮平衡评定方法如下。

计算公式：瘤胃能氮平衡（RENB）=用FOM评定的瘤胃微生物蛋白量（FOM·MCP）

— 用RDP评定的瘤胃微生物蛋白量（RDP·MCP）。

如果日粮的RENB为0，表明平衡良好；如果为正值，说明瘤胃中能量有富余，应增加日粮中RDP供给，如优质的蛋白类饲料；如果为负值，说明瘤胃中能量不足，应增加瘤胃中FOM供给，如谷物类饲料（如压片玉米等）。

2.日产奶量在25-30千克的泌乳牛日粮粗蛋白质水平以不超过17%（干物质）为宜，赖氨酸与蛋氨酸比例达到3：1时，可以减少日粮的粗蛋白质水平1个百分点。

3.奶牛磷排放与日粮磷水平有很强的正相关，粪磷浓度、粪磷排泄、总磷排泄与日粮磷水平有很强的正相关性，供给超过奶牛需要量的磷将导致磷排泄的线性增加。因此，给奶牛饲喂适宜水平的磷是奶牛场磷减排的最主要的经济且易行的途径。

本技术表明，0.32%～0.37%（干物质）的日粮磷水平能够满足日产25～30千克泌乳奶牛的磷营养需要，0.18%～0.3%（干物质）的日粮磷水平能够满足干奶牛和后备牛的营养需要。按此标准调控奶牛日粮配方，使日粮磷水平保持在适宜范围内，可以提高日粮磷的利用率，降低磷排放量。我国目前的奶牛饲养标准（NY/T34-2004）给出的磷需要量水平偏高，有待于进一步修订。

4.麸皮、菜粕、棉粕都是含磷元素较高的饲料原料，这些原料在奶牛精料中使用量较大的情况下，不添加矿物元素磷时一般也不会出现奶牛日粮磷缺乏的情况。

**注意事项：**氮、减排技术应用时奶牛场应已采用TMR饲喂的生产方式。单个饲料和日粮的RDP转化为MCP的效率按0.9计算。若采用精粗分开饲喂模式，需将单个饲料的RDP之和转化为RDP·MCP的系数进行修正，修正的系数为：MCP/RDP=3.6259 – 0.8465ln（RDN/FOM），RDN=RDP/6.25。

**适宜区域**：全国范围内的规模化奶牛养殖场、养殖小区等。

**技术依托单位：**中国农业大学、国家奶牛产业技术体系

联系地址：北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码：100193

联 系 人：李胜利，曹志军，姚琨，夏建民

联系电话：010-62734080

电子邮箱：[lishengli@cau.edu.cn](mailto:lishengli@cau.edu.cn)

**B. 畜禽养殖粪污沼气能源生态利用综合技术**

**技术概述**：随着现代畜牧业的发展，集约化的规模养殖场也越来越多，对环境的污染也日益严重，畜禽养殖粪污沼气能源生态利用综合技术的应用遵循畜禽粪污“资源化”、“减量化”、“无害化”的“三化”原则，有效地解决了规模畜禽养殖场的污染问题，同时开展“三沼”综合利用，实现了农业物流、能流的生态循环，促进了生态循环农业的发展。该技术发展已趋成熟，浙江省的技术应用处于国内先进水平，该技术已经成为浙江省生态省建设和生态农业发展的最重要技术之一。其中分项技术“养殖废水高效脱氮除磷处理与资源化利用技术”获2008年度浙江省科学技术一等奖， 国家科技进步二等奖；《畜禽养殖废弃物生态循环利用与污染减控综合技术》项目获2009年度国家科技进步二等奖：“畜禽养殖区域循环经济关键技术研究与应用” 项目获2007年教育部科技进步奖一等奖。

**增产增效情况**：该技术的应用可降低畜禽养殖污染物排放浓度达70%以上，沼气可作为清洁能源使用；沼肥作为有机肥使用可以代替部分化肥的使用，并提高农产品品质。据统计目前全省年产沼气至少为8000万立方米，仅能源效益每年至少为8000万元，加上环境减排效益和农业节支增收效益，每年增效至少为1亿元。

**技术要点**：该技术以厌氧CSTR、UASB、AF、UBF、ABR 等工艺为核心，采用常温或中温发酵方式进行，集成先进的高效发酵技术、除磷脱氮技术、资源化利用技术等，因地制宜采用不同模式和组合工艺，根据处理环节侧重的不同分为“能源生态综合模式”（制取沼气、根据不同能源与肥料需求，粪尿全进或部分进，沼液部分或全利用）和“能源环保模式”（ 制取沼气、沼液按当地环保要求达标处理后排放）。配套技术沼气发电、余热增温技术（沼气发电、热电联供技术）：利用沼气发电机组进行发电与热能利用，开展热电联供技术应用，提高养殖场沼气工程中沼气的产气率及沼气的利用率。配套技术“三沼”综合利用技术，沼气发电或集中供气，沼液全部用于种植业生产，实现了“零”排放，达到了农业物流、能流的生态循环。配套技术高效厌氧发酵处理技术：根据养殖场不同粪污原料的变化，提高厌氧罐体的处理效率，减少工程投入与运行管理支出。开展干发酵技术、高浓度发酵技术和沼气生物脱硫技术的推广应用，提高产气率，降低沼气生产成本。

**适宜区域**：中国长江以南的农村地区。

**注意事项**：该技术的应用必须要和生态农业建设及新农村建设紧密结合，以实现“三沼”综合利用为目标，否则容易造成二次污染。

**技术依托单位**：浙江省农业生态与能源办公室

联系地址：杭州教工路93号

邮政编码：310012

联 系 人：黄 武

联系电话：0571-88800037

电子邮箱：[zjncny@139.com](mailto:zjncny@139.com)

**C. 奶牛粪污低温发酵技术**

**技术概述：**新疆地区农牧区推广沼气工作的最大技术难点是冬季或全年的气温过低，不适于沼气发酵微生物的生长和产气，致使沼气池产气不均衡、使用率受到影响，在冬天气温低的时候产气率较低，达不到使用的要求。

低温沼气厌氧发酵过程是一个多种微生物菌群相互作用的复杂过程。和低温生境类似，均有复杂的微生物菌群参与代谢，有水解性细菌、乙酸营养型细菌、产甲烷古菌等。在自然界中存在着很多种产甲烷菌的菌种，如氢营养型甲烷杆菌属的菌种、乙酸营养型甲烷毛发菌属的菌种等。通过实验室培养，选出在低温下产甲烷量高的菌种，投放入北方产气效率低的沼气池中，增加低温产甲烷菌的数量和种类，达到提高产气量的目的。在北方寒冷的冬季要加强沼气池的保温措施以提高产气量。将沼气池建在背风向阳和较深的地下，来缓解温度对发酵的影响。另外，在沼气池的周围设置一个隔断地温的防寒沟，可在防寒沟中填充透气且导热率小的材料。目前研究已在国家奶牛产业技术体系新疆呼图壁种牛场试验站、兰州综合试验站和天津综合试验站均取得成功，研究内容已经获得新疆维吾尔自治区科学技术进步二等奖。

**增产增效情况：**应用技术前，在新疆地区11月份后，气温降低至0度以下，沼气发酵基本停止；应用该技术后，可在外界气温低于零下15度时依然正常发酵；在外界温度低于零下25度时，产气效率依然达到常温的70%。

**技术要点：**选择低温耐受菌种后，将不同纯菌菌株培养后添加到低温发酵体系中，研究添加的功能微生物自身在低温沼气发酵过程中的变化以及对沼气池体系中本源微生物群落的影响，以及低温对发酵池综合体系产气的影响。

**适宜区域：**新疆、内蒙、黑龙江等冬季气温低于零下15度的区域。

**注意事项：**需要在外界气温尚未降低至零度之前，提前进行菌种的接种工作，如果在气温降低至零度以下之后接种，导致发酵时间变长，产气效率下降。

**技术依托单位：**新疆农业大学

联系地址：新疆乌鲁木齐市农大东路311号

邮政编码：830052

联 系 人：余雄

联系电话：0991876360

电子邮箱：[yuxiong8763601@126.com](mailto:yuxiong8763601@126.com)

**D. 电化学法处理猪场污水工艺**

**技术概述：**电化学处理法包括电化学氧化还原、电凝聚、电气浮、光电化学氧化、内电解等方法。电化学法在猪场污水处理中的应用目标主要包括重金属的去除、生物难降解的有机质吸附、污水脱色、杀菌消毒等作用，从成本角度出发，此法应与其他方法的联合使用达到污水排放和再利用标准。

**技术要点：**

1. 电化学氧化还原法：指电解质溶液在电流的作用下，在阳极和电解质溶液界面上发生反应物粒子失去电子的氧化反应、在阴极和电解质溶液界面上发生反应物粒子与电子结合的还原反应的电化学过程。电化学的氧化原理分为两类: 一种是直接氧化，即让污染物直接在阳极失去电子而发生氧化，在含氰化物、含酚、含醇、含氮的有机废水处理中，直接电化学氧化发挥了十分有效的作用; 另一种则是间接氧化，即通过阳极反应生成具有强氧化作用的中间产物或发生阳极反应之外的中间反应来氧化污染物，最终达到氧化降解污染物的目的。这种方法占地面积少、易操作; 但是效率低，影响的因素多(pH、电解质、电极材料等)。

2. 电凝聚法：在电解过程当中，采用铝质或铁质的可溶性阳极通以直流电后，阳极材料会在电解过程当中发生溶解，形成的金属阳离子Fe3 + 和Al3 + 等与溶液中的OH-形成Fe(OH)3和Al(OH)3等具有絮凝作用的胶体物质，可促使水中的胶态杂质絮凝沉淀，从而实现污染物的去除。

3. 电气浮法：通过发生电极反应对废水进行电解，在阴极和阳极上分别析出氢气和氧气，产生直径很小(约20～ 100微米) 分散度很高的气泡，这些微气泡粘附在胶体或已形成的絮体上，随着气泡的上升，这些胶体或絮体会随之上升至水面形成泡沫层。再用机械方法去除，从而达到分离污染物的目的。可通过调节电流、电极材料、pH 值和温度改变产气量及气泡大小，满足不同需要。电气浮法在处理猪场废水方面有广阔的应用前景。它可使粪水或沼液的脱色率达94%，去除达98%，去除达75%。此外，电气浮还可使水中浮油的去除率达95%，使乳化油去除率达92%，对不同浓度的平均去除率也达到91.2%。

4. 光电化学氧化法：半导体材料吸收可见光或紫外光中的能量后可作为催化剂使用，使废水发生光催化反应从而达到去除抗生素等有害物质的目的。常用的半导体材料有TiO2和SiO2等。实验研究表明，光催化氧化法对四氯化碳、4-氯酚、苯二酚、p-氨基酸、苯等有机物及CN-、S2-、I-、Br-、Fe2+、Cl-都有良好的去除效果。

5. 内电解法：利用废水中某些组分易被氧化还原的特点，当这些不同属性组分相遇且有导电介质时进行电化学反应的一种废水处理方法。内电解法处理废水是絮凝、吸附、架桥、卷扫、电沉积、电化学还原等多种共同作用、综合效应的结果。工业上常用铁屑内电解法，其原理是利用铁屑中的铁和炭(或加入的惰性电极) 构成微小原电池的正极和负极，以充入的废水为电解质溶液，发生氧化还原反应，形成原电池。新生态的电极产物活性极高，能与 [废水](http://www.dowater.com/)中的有机污染物发生氧化还原反应，使其结构形态发生变化，从而实现废水的处理。内电解法的优点是以废治废，能量消耗少，能去除多种污染成分; 缺点是反应速度较慢，对高浓度废水处理比较困难。

**注意事项：**对于不同猪场排污情况和现有污水处理情况及肥水利用需求来综合选择上述工艺；

另外注意，影响电化学法处理废水效果的因素有以下事项

1. 电极材料：电化学反应是随着电荷的移动在电极表面发生的非均相催化反应。因此，电荷的移动速率决定反应速率，而电荷的移动速率是由电极的电位决定的。电极基体材料决定电极电位。在不同的电极材料上发生反应的可能性和速率各不相同。尽管电极类型各异，但对它们有着共同的要求，即好的导电性和耐蚀性。用Sb2O3覆盖的Ti /SnO2电极是一种性能优良并适于处理有机工业污水的电极。

2. 停留时间：是电化学工艺在处理废水的一个主要影响因素，停留时间越长，氧化还原作用进行得越彻底。但停留时间增加会使能量消耗增加，所以停留时间并非越长越好。而且对于不同的废水，因其成分不同，停留时间需做具体调整。例如，废水的初始pH 值低，停留时间可以相对短一点; 相反，停留时间应相对长一点。

3. 电解质溶液：电解质溶液的浓度对有机物的催化降解速率具有较大的影响，主要表现在两方面:(1) 电解时，一般情况下，随着电解质溶液浓度的增加，降解速率增高; 但电解质溶液投入量增大，费用增加。(2) 电解过程中不同的电解质会发生不同的电化学反应。例如，存在Cl-时，电解过程中会产生Cl2、ClO-，存在SO42-和CO32-时，会在阳极被氧化为过硫酸盐和过碳酸盐，从而增大对有机物的氧化降解能力。所以应根据具体的反应来确定最佳条件以提高反应速率，降低费用。

**技术依托单位：**

1.全国畜牧总站体系建设与推广处

联系地址：北京市朝阳区麦子店街20号楼

邮政编码：100125

联 系 人：陈强

联系电话：010-59194606

电子邮箱：[13901227835@139.com](mailto:13901227835@139.com)

2.北京众力缘能源科技有限公司

联系地址：北京市朝阳区农展南路通广大厦516室

邮政编码：100125

联 系 人：李坚 黄大智

联系电话：13901314815, 13501062473

电子邮箱：Lijian815@126.com