

杨 静,徐秀银. 规模化养猪场粪便污水零排放模式——以南通保龙生猪养殖有限公司为例[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):350-353.

# 规模化养猪场粪便污水零排放模式 ——以南通保龙生猪养殖有限公司为例

杨 静<sup>1</sup>, 徐秀银<sup>2</sup>

(1. 江苏省如皋市农村能源技术指导站, 江苏如皋 226500; 2. 南通农业职业技术学院, 江苏南通 226007)

**摘要:**规模化养猪场粪便污水零排放系统由 3 个子系统组成,包括污染排放控制系统、能源回收利用系统、物质循环利用系统。污染排放控制系统由干清粪工艺、高效冲洗设备、雨污分流、防渗污水收集管网 4 部分组成,运用该系统可以使出水量减少 50%。能源回收利用系统由沼气厌氧发酵装置、沼气输配管网、沼气利用装置组成。物质循环利用系统由沼液贮存池和沼液输送管网以及周边配套的农田组成。生猪年出栏 10 000 头的养殖规模,沼气池容积设计为 400 m<sup>3</sup>,污水滞留时间 10 d。沼液贮存池容积为 2 400 m<sup>3</sup>,田间沼液贮存池容积为 250 m<sup>3</sup>,沼液滞留时间 66 d,配套耕地面积为 6.67 hm<sup>2</sup>,用于消纳排放的沼液。

**关键词:**规模化养猪场;沼液;零排放;模式;系统组成

**中图分类号:** X820.3    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0350-03

近年来,随着生猪养殖业不断发展,排泄物环境污染的问题十分突出。2001 年我国颁布了“畜禽养殖业污染物排放标准”,要求规模化畜禽养殖场粪便污水必须处理达标后才能排放;但是实际上目前大多数养殖场的粪便污水都没有得到处理和利用,而是偷偷排放到河流或水塘中,养殖业污染成为农业面源污染的主要污染源。造成这种现象的根源主要有以下几点:(1)养殖场规划设计上存在问题,粪污的收集系统不合理,雨污合流、管网渗漏等;(2)养殖方式存在问题,很多养殖场采用水冲式清理粪便,用水量大,增加了粪便污水的排放量,从而增加了消纳的难度;(3)规模化养殖场粪便污水排放量大而集中,农牧分离,种养严重脱节<sup>[1]</sup>;(4)按照环保要求达标排放就需再投入较多资金建设相应的污水处理设施,设备运转费用高,对目前养殖利润相对较低的规模化养殖场来说,难以承担这部分费用<sup>[2]</sup>。本研究针对上述存在的问题,视养殖场污水为资源、能源载体的技术思路<sup>[3]</sup>,建设规模化养猪场粪便污水零排放工程。

项目实施地点位于如皋市桃园镇新华居,地处江苏省中部东侧、长江三角洲北翼,属亚热带湿润气候区,年均气温 14.4 ℃,无霜期在 300 d 以上,年均日照 2 078.4 h,年均总降水量 1 057.1 mm<sup>[4]</sup>。项目实施的主体是南通保龙生猪养殖有限公司,公司养殖基地占地 5.33 hm<sup>2</sup>,常年生猪存栏量 4 000 头左右,年出栏 10 000 头左右,日排放粪便污水 80 m<sup>3</sup>,养殖基地周边有配套农田 6.67 hm<sup>2</sup>。

## 1 零排放系统

根据生态系统内能量流和物质流的循环规律,运用系统工程理论进行设计,通过沼气厌氧发酵将养殖业与种植业有机结合起来,使之实现能量流和物质流的良性循环。零排放系统由 3 个子系统组成,包括污染排放控制系统、能源回收利用系统、物质循环利用系统(图 1)。整个系统几乎不向周边地表水和地下水排放污染物。规模化养猪场的废水充分利用的关键就是要控制出水量,减轻周边农田对水的荷载量的压力。

### 1.1 污染排放控制系统

污染排放控制系统由干清粪工艺、高效冲洗设备、雨污分流、防渗污水收集管网 4 部分组成。

**1.1.1 干清粪工艺** 使干粪与尿污水分离,最大限度地减少污水量,降低污水中的污染物浓度,以减小后续污水处理难度及成本。通过实施干清粪工艺,大大减少了冲洗圈舍的用水量,用水量减少 20%~25%。

**1.1.2 高效冲洗设备** 设备是上海冠宙汽车保养设备有限公司生产的 GZ-55 型大功率高压清洗机。应用在整个污染排放控制系统中对降低养殖场总污水排放量起着至关重要的作用,可使用水量减少 20%~25%。

**1.1.3 雨污分流** 将养殖场内的雨水与污水有效进行分离,使粪污水不随意扩散,也不会因为雨水侵入而增加排放量。

**1.1.4 防渗污水收集管网** 能有效防止粪污扩散,该模式选用 PVC 管作为粪污水收集管网。南通保龙生猪养殖有限公司生猪养殖场通过污染排放控制系统的实施,粪污水排放量大大降低,一般可减少 50% 左右,日排放粪便污水由原来的 80 m<sup>3</sup> 减少为 40 m<sup>3</sup>,使后续粪污水处理的难度大大降低。

### 1.2 能源回收利用系统

能源回收利用系统由沼气厌氧发酵装置、沼气输配管网、沼气利用装置组成(图 1)。

本研究的沼气厌氧发酵装置,采用高效厌氧折流反应器,

收稿日期:2013-03-18

基金项目:江苏省南通市科技项目(编号:K2010039)。

作者简介:杨 静(1962—),男,江苏如皋人,工程师,主要从事畜禽养殖废水资源化利用技术研究。Tel:(0513)87653219;E-mail:nyhjgc@163.com。

通信作者:徐秀银,教授,主要从事有机废弃物综合利用技术研究。

E-mail:ntacgh@163.com。

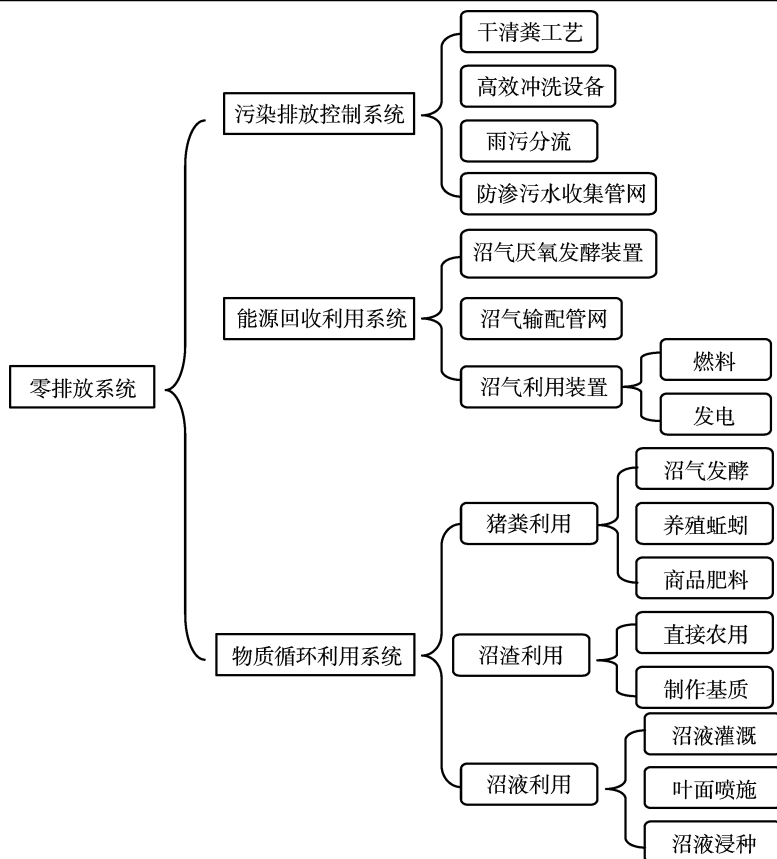


图1 零排放系统流程

该工艺的特点是结构简单、运行管理方便、无需填料及对生物量具有优良的截流能力和运行稳定可靠<sup>[4]</sup>。装置容积 400 m<sup>3</sup>, 常温发酵, 污水滞留时间 10 d 左右, 猪场冲洗污水通过管网进入粪水贮存池, 根据冲洗出来的污水浓度, 可加入适量的粪便, 经过搅拌装置搅拌均匀后通过提升泵送入厌氧发酵装置, 沼气工程设计的池容产气率为 0.3 ~ 0.4 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup> · d), 每天产沼气 150 m<sup>3</sup> 左右。产生的沼气目前主要用于猪场内部职工的生活用能, 剩余沼气用于发电, 装机容量 30 kW, 日发电 120 kW · h 左右。

沼气输配及利用系统主要由沼气净化设备、沼气贮存设备、沼气输配管网、沼气使用设备等组成。

沼气中除含有甲烷和二氧化碳外还含有少量水汽、硫化氢等气体。水汽在管道中凝集后会造成管道输气不畅。硫化氢燃烧后生成的二氧化硫排放到大气中会污染环境, 而二氧化硫溶于水生成的亚硫酸具有一定的腐蚀性。沼气从沼气发酵装置输出后先要经过脱水器去除其中的水汽, 然后再经过脱硫器进行脱硫处理, 去除其中的硫化氢。

经脱水、脱硫后的沼气通过管道输送到贮气设备中供后续沼气设备使用。沼气贮存设备有湿式贮气柜、膜式贮气袋和高压贮气罐等几种。本项目采用的是湿式贮气柜。贮存在贮气柜中的沼气通过管网输送到厨房、发电机房等。

### 1.3 物质循环利用系统

物质循环利用系统, 由沼液贮存池和沼液输送管网以及周边配套的农田组成。

#### 1.3.1 猪粪 通过干清粪清理出来的猪粪, 出售给有机肥生

产厂, 有机肥厂将猪粪进行堆肥发酵, 然后生产商品有机肥。

1.3.2 沼渣 以鲜基测定, 全氮 5.52 g/kg, 全磷 1.91 g/kg, 全钾 4.2 g/kg, pH 值 7.85。沼渣用途: (1) 直接作基肥用于周边配套的农田。(2) 用于配制无土栽培的育苗基质, 将沼渣与蛭石、珍珠岩等进行复配, 配制成有机无机复合栽培基质。通常将蛭石和珍珠岩先按 1:1 的体积比混合成无机基质。然后将沼渣与无机基质以体积比 1:1 ~ 1:2 进行混合制作成有机无机复合栽培基质, 可以作为蔬菜、花卉、草坪等无土栽培的基质。(3) 用于配制育苗营养土, 将沼渣与土壤按 1:2 ~ 1:3 的体积比混合后, 用于玉米、棉花、番茄、黄瓜等作物的育苗, 可以培育壮苗, 促进作物增产。

1.3.3 沼液 如图 2 所示, 发酵后的沼液进入 2 400 m<sup>3</sup> 的防渗沼液贮存池, 在农田建有 90 m<sup>3</sup> 和 160 m<sup>3</sup> 2 个田间沼液贮存池, 建有 1 500 m 的沼液输送管网将沼液输送到田间沼液贮存池中, 在作物需水需肥的季节, 再利用管网系统将沼液直接输送到农田, 既可以为作物提供水分, 又可以为作物提供一定数量的氮、磷、钾和微量元素。经测定: 沼液中氮 207 mg/L、磷 27.5 mg/L、钾 76.2 mg/L、化学需氧量 2 825 mg/L、电导率 8.1 mS/cm、pH 值 7.72。每立方米沼液中含氮 0.21 kg、磷 0.028 kg、钾 0.076 kg。使用 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 沼液, 相当于施氮 63 kg、磷 8.4 kg、钾 22.8 kg。该养殖场采用污染排放控制系统后, 日排放粪便污水由原来的 80 m<sup>3</sup> 减少为 40 m<sup>3</sup>, 年产生沼液 14 600 m<sup>3</sup>, 年排放总氮、磷、钾量分别为 3 022.2 kg、401.5 kg、1 122.5 kg。用沼液进行灌溉时要减少化学肥料的用量。沼液还可用于浸种或叶面喷施<sup>[5-6]</sup>。

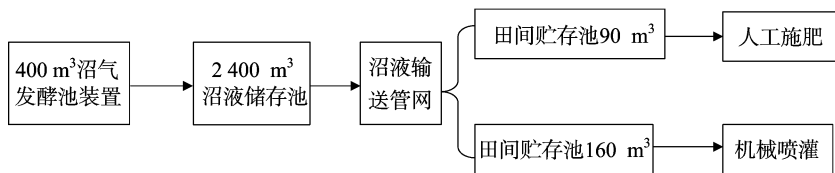


图2 沼液利用系统流程

## 2 零排放模式

零排放就是“应用清洁技术、物质循环技术和生态产业技术等已有技术,实现对自然资源的完全循环利用,而不给大气、水和土壤遗留任何废弃物”<sup>[7]</sup>。具体内容,一是通过控制生产过程中不得已产生的废弃物排放,将其减少至零;二是将不得已排放的废弃物充分利用,不对环境造成污染。事实上,以现有的技术、经济条件,真正做到将不得已排放的废弃物减少到零,可谓是难上加难。从这个意义上讲,真正的“零排放”只是一种理论、理想状态。本项目的“零排放”就是将生猪养殖过程中不得已产生的废弃物充分利用,不给大气、水和土壤遗留任何废弃物,不对环境造成污染。

### 2.1 参数的确定

规模化养猪场的沼气工程的建设容积设计有 2 种。(1) 全量发酵,将全部猪粪尿都投入到发酵装置,以生产沼气、回收能源为主要目的,这种方式所产的沼液养分浓度高,沼渣量大,需要配套的耕地面积大,适用于附近有大量农田的新规划猪场。(2) 废水发酵,只将尿液及冲圈所产生的废水进入发酵装置发酵,猪粪直接卖给种植大户或有机肥厂生产商品有机肥,这种方式所产生的沼液养分浓度低,沼渣量小,需要配套的耕地面积小,适用于周边无大量农田的养殖场。

**2.1.1 沼气池容积** 沼气池容积设计为 400 m<sup>3</sup>,污水滞留时间 10 d。

**2.1.2 沼液贮存池容积** 沼液贮存池容积设计为 2 400 m<sup>3</sup>,田间沼液贮存池容积设计为 250 m<sup>3</sup>,沼液滞留时间 66 d,可以有效调节养殖业所产生的水分、养分与种植业所需要水分、养分的季节性不同步的矛盾。

**2.1.3 配套耕地面积** 示范基地的配套耕地面积为 6.67 hm<sup>2</sup>,用于消纳排放的沼液。土壤质地为:轻壤土,容重 1.38 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度 48%,田间持水量 32%,土壤有机质含量 12.6 g/kg,碱解氮 78.2 mg/kg,速效磷 8.5 mg/kg,速效钾 66.7 mg/kg,年平均降水量 1 057.1 mm。(1) 水分利用。耕作层土壤容重为 1.38 g/cm<sup>3</sup>,每次浇水按 40 cm 土层含水量从 20% 增加到 28% 计,6.67 hm<sup>2</sup> 的耕地每次灌水的需水量为 2 945 m<sup>3</sup>。根据每天所产生的废水量为 40 m<sup>3</sup> 计算,全年共产生沼液约 1.46 万 m<sup>3</sup>,如果每次灌水 2 945 m<sup>3</sup>,全年所产生的沼液可通过 5 次灌水来消化,符合常年作物灌水的次数。工程设计中沼液的滞留时间为 66 d,全年要灌溉 5.53 次,本项目完全能消纳沼液中的水分。(2) 养分利用。种植基地的轮作制度为稻、麦两熟。目前氮肥的运筹是全年 525 kg/hm<sup>2</sup>,6.67 hm<sup>2</sup> 共需氮肥 3 501 kg,而养猪场排放量为 3 022.2 kg,还需补充氮 480 kg,可以在作物最大需肥期用化学肥料进行追肥。

### 2.2 零排放模式

养殖规模的大小必须与周边可消纳养殖所产生的废弃物的耕地面积相配套,才能实现零排放。目前有 2 种模式:(1) 养殖场所产生的粪便不进入沼气池进行发酵,而是将猪粪卖给种植大户或有机肥厂进行利用,沼液就近用于周边农田。由于沼气发酵的主要原料是尿液和冲圈所产生的废水,控制了猪粪的加入量,可将它定义为减量发酵。这适用于周边耕地面积小的养殖场。(2) 干清粪所产生的粪便全部进入沼气池进行发酵,可将它定义为全量发酵。这适用于周边耕地面积大的养殖场。

**2.2.1 减量发酵的零排放模式需要配套的耕地面积** 本项目中生猪存栏为 4 000 头的养猪场,配套的耕地面积为 6.67 hm<sup>2</sup>,可以测算出每 1 000 头配套的耕地面积为 1.67 hm<sup>2</sup>。

**2.2.2 全量发酵的零排放模式需要配套的耕地面积** 全量发酵的零排放模式需要配套的耕地面积必须考虑主要养分的年排放量与耕地所能承受的主要养分的荷载量。每头生猪的排放量由于饲料种类和生猪品种的不同而有一定的差异性。1 头出栏猪一生中的总排泄量约为 1.1 t。一个生猪存栏数为 1 000 头的养猪场(以该猪场只进行生猪育肥为例)年产生粪尿约 2 000 t。根据《中国有机肥料养分志》<sup>[8]</sup>,猪粪尿养分平均含量:全氮 0.238%、全磷 0.074%、全钾 0.171%,2 000 t 粪尿总氮含量为 4.76 t、总磷量为 1.48 t、总钾量为 3.42 t。这些养分在进行厌氧发酵时,基本上不会造成损失,因此,排泄量可以看成最后必须由农田来消纳的养分量。以稻麦轮作中氮肥运筹为例进行测算,目前生产上氮肥用量因土壤供肥水平、目标产量、作物品种不同而有所不同,但氮肥的推荐用量基本在 525 kg/hm<sup>2</sup> 左右,有机无机的比例通常在 3:7~7:3 之间,在有机肥供应充足的情况下,以 7:3 进行测算,有机氮的用量为 367.5 kg/hm<sup>2</sup>,消纳 1 个生猪存栏数为 1 000 头的养猪场所产生 4.76 t 的氮素,需要配套耕地约 13 hm<sup>2</sup>。

## 3 讨论

走规模化养殖的道路,是我国生猪生产的发展方向。农牧结合是解决养殖企业污染高效、节能的有效途径。

适度规模养殖,确保沼液就近消纳。国家要重视对新建、改建、扩建规模化养猪场建设的源头管理。对新建养猪场要实行申报审批制度,根据拥有的配套消纳沼液的土地面积确定养殖规模,确定沼液贮存池的容积,确定沼液农用的计划方案<sup>[2]</sup>。在养猪场建设的同时,配套建设沼液农用的灌溉系统,从源头上制定系统的规模养猪场沼液的综合利用措施,不能盲目扩大养殖规模,导致沼液无法农用。

万顷良田规划建设的同时,要规划建设规模化养殖场。当前,江苏提出了以“有效集聚潜在资源,有序统筹城乡发

汤爱萍, 王金保, 李 爽, 等. 环境系统工程在农业非点源污染控制中的应用[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 353-356.

# 环境系统工程在农业非点源污染控制中的应用

汤爱萍<sup>1,2</sup>, 王金保<sup>1</sup>, 李 爽<sup>1</sup>, 孙 蕾<sup>1</sup>

(1. 南昌大学环境与化学工程学院/鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 江西南昌 330029;

2. 南昌航空大学环境与化学工程学院, 江西南昌 330063)

**摘要:**环境系统工程是一门研究环境系统规划、设计、管理方法和手段的技术科学。运用环境系统工程分析奶牛场农业非点源污染问题, 建立目标函数模型并求解, 不仅可以追求环境效益, 而且能在保证产品收益最大的基础上进行污染控制。本研究根据应用实例总结出环境系统工程在农业非点源污染中的具体应用程序, 同时就环境系统分析法的局限性提出建议。

**关键词:**环境系统工程; 农业; 非点源污染; 系统优化

**中图分类号:** X192 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0353-04

中国是农业大国, 如何在有限资源上实现农民增收、农业增效、农村致富的同时, 又减少其所带来的非点源污染已成为重要课题。尽管在非点源污染方面已开展了大量研究<sup>[1-5]</sup>, 但是大部分控制措施都是仅以控制污染为目标, 而并未在采取控制措施的同时最大限度地保护农民利益, 由此造成非点源污染控制措施失去示范性, 无法得以推广。因此在制定控

制农业非点源污染规划时, 要评价控制措施对农民收入的影响。这就必须运用环境系统工程的理念综合解决发展农业, 提高农民收入和有效减少农业非点源污染问题。确切地讲, 就是将上述互相关联的 3 个环境问题看作是处于同一体系(系统)中, 在定量化的基础上(用数量来表示环境因素), 建立起数学模型, 进行数学模拟与系统分析, 寻找该环境系统解决环境问题效果佳且保证农民收入的最优方案。因此, 本文通过实例说明环境系统工程在农业非点源污染控制的应用, 以期政府制定农业政策和评价农业非点源污染控制措施提供借鉴。

收稿日期: 2012-10-25

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41261097); 江西省教育厅项目(编号: GJJ12433); 江西省科技计划(编号: 20122BBG70079)。

作者简介: 汤爱萍(1975—), 女, 浙江建德人, 博士研究生, 主要从事水污染控制与水资源保护研究。E-mail: shuibar@hotmail.com。

通信作者: 王金保, 教授, 主要从事废水处理及资源化技术研究。

E-mail: jbwang@ncu.edu.cn。

展<sup>[9]</sup>为核心内容的“万顷良田建设工程”, 在这项工程实施的过程中, 农业生产用地规划上要充分考虑与畜牧业的结合, 根据土壤、气候、农作物种植种类和环境情况, 突破养殖场不能占有基本农田的规定, 充分考虑是否有足够的农田消纳粪便污水并提供优质饲料, 实现废弃物资源化利用, 使整个农业生态系统形成“粮食多—饲料多—畜禽多—肥料多—粮食多”的良性循环。

开展沼液作为猪舍冲圈用水的研究与试验。一是因厌氧发酵后大多数好气性的病原微生物被杀灭。二是在同一猪场中无外来致病性病原菌。因此, 从理论上讲, 沼液可以作为冲圈用水。如果能这样做, 就可以大大降低出水量, 更好实现节水减排的目标。

定位研究农田长期使用沼液对土壤生态环境的影响。在我国, 对规模化养猪场所生产出来的沼液在田间长期使用可能产生的不良影响以及相应对策尚未引起足够的重视。目前规模化养殖场畜禽粪尿的成分和以往相比已经发生了质的变化。当今畜牧业生产中大量使用各种能促进生长和提高饲料利用率、抑制有害菌的微量元素添加剂, 如 Cu、Zn、As 等; 另外, 滥用和超标使用兽药, 尤其是抗菌药物的现象也十分严重, 我国环境中兽药残留状况不容乐观<sup>[2]</sup>, 定位研究农田长期使用沼液对土壤生态环境的影响十分必要。

## 1 环境系统工程的基本内涵

钱学森指出, 只用人 与生物圈的概念无法完整表达环境

## 参考文献:

- [1] 舒邓群, 朱绪平, 邹润祥. 适度规模养殖, 确保粪污在场内消纳[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2008(6): 20-22.
- [2] 徐秀银. 规模化养猪场沼液的农用现状与对策[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 521-522.
- [3] 郝晓地. 可持续污水——废物处理技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 5-6.
- [4] 如皋概况[EB/OL]. [2011-11-29]. <http://www.rugao.gov.cn>.
- [5] 赵 玲, 永 华, 刘荣厚. 不同配比沼渣基质对草莓生长发育及叶绿素荧光特性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(2): 185-189.
- [6] 姜继辉, 严少华, 陈 巍. 蓝藻沼肥对土壤的影响[J]. 土壤, 2010, 42(4): 678-680.
- [7] 张克强, 高怀友. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 218-219.
- [8] 何平安, 李 荣. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 5-7.
- [9] 有效集聚资源 有序统筹发展——访江苏省国土资源厅厅长夏鸣[EB/OL]. (2008-12-24)[2013-01-20]. <http://www.mlr.gov.cn>.