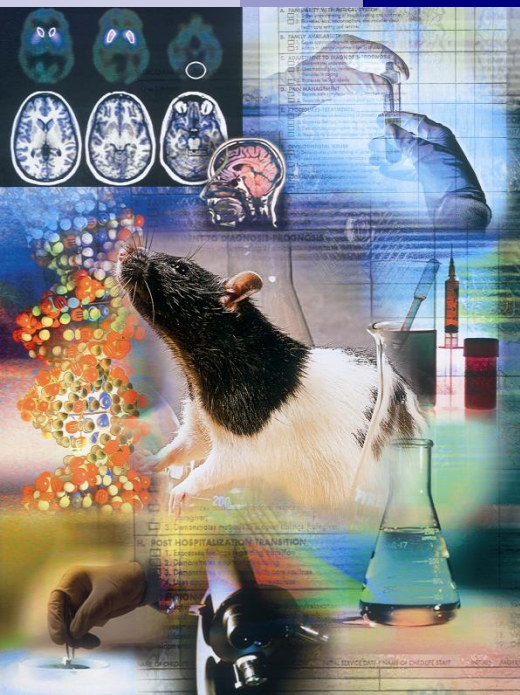


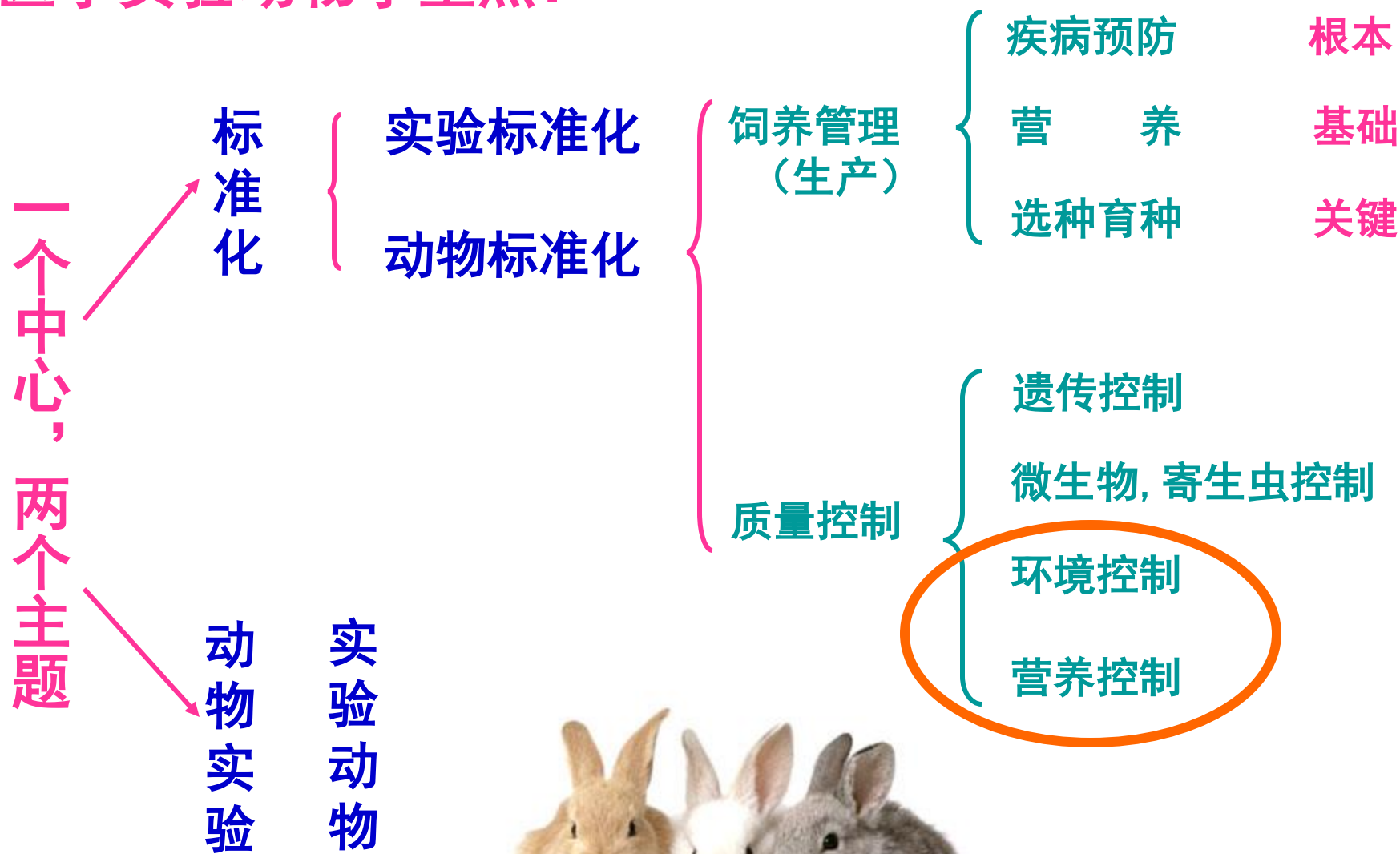
# 实验动物营养和环境的控制

陈 丽

安徽省实验动物中心  
安徽医科大学实验动物中心



# 医学实验动物学重点：



# 第一部分 实验动物的营养控制

## 第一节 实验动物的营养需要

## 第二节 各种实验动物的营养需要

## 第三节 影响营养需求的因素

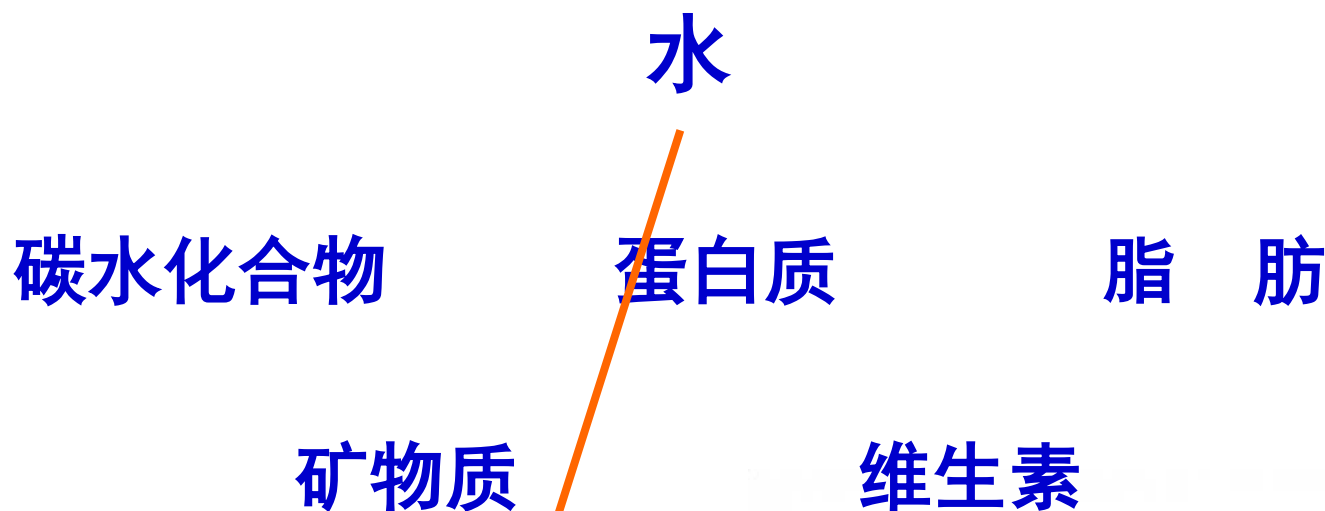
## 第四节 实验动物饲料

## 第五节 影响实验动物饲料品质的因素

## 第六节 实验动物饲料的保管



# 第一节 实验动物的营养需要



动物体内各种器官、组织的重要组成部分，是饲料消化、营养物质吸收的溶剂，对动物体的正常物质代谢有特殊的作用，是动物最重要的营养物质之一。





## 水的来源

动物体内水的来源有代谢所产生的水、饲料中的水分、直接饮用的水三个途径。

## 水的功能

- 1) 水直接参与构成活的细胞与组织
- 2) 参与体内的化学反应
- 3) 水是一种重要的溶剂
- 4) 水对调节体温起重要作用
- 5) 润滑功能



## 实验动物的饮水

- 1 实验动物的饮用水应符合卫生部门颁发的人饮用水的质量和卫生指标。
- 2 实验动物饮用水应由新鲜、纯净的水源直接提供。
- 3 微生物质量等级不同的动物应供应与其级别相适应的饮用水，这些饮用水通常都采用高压、过滤、酸化等灭菌处理措施。
- 4 对于清洁级及其以上级别的实验动物来说，其饮用水必须经过高温高压灭菌处理。亦可应用酸化水（pH2.5-3.0）。

杀灭假单胞菌和水中的  
其他普通细菌

表1 各种动物每日的饮水需要量

| 动 物 品 种       | 饮水需要量            |
|---------------|------------------|
| 小鼠 (成熟龄)      | 4~7ml            |
| 大鼠 (50g)      | 20~45ml          |
| 豚鼠 (成熟龄)      | 85~150ml         |
| 兔 (1.4-2.3kg) | 60~140ml/kg (体重) |
| 金黄地鼠 (成熟龄)    | 8~12ml           |
| 小型猪 (成熟龄)     | 1~1.9l           |
| 狗 (成熟龄)       | 25~35ml/kg (体重)  |
| 猫 (2-4kg)     | 100~200ml        |
| 红毛猴 (成熟龄)     | 200~950ml        |



各种净化器

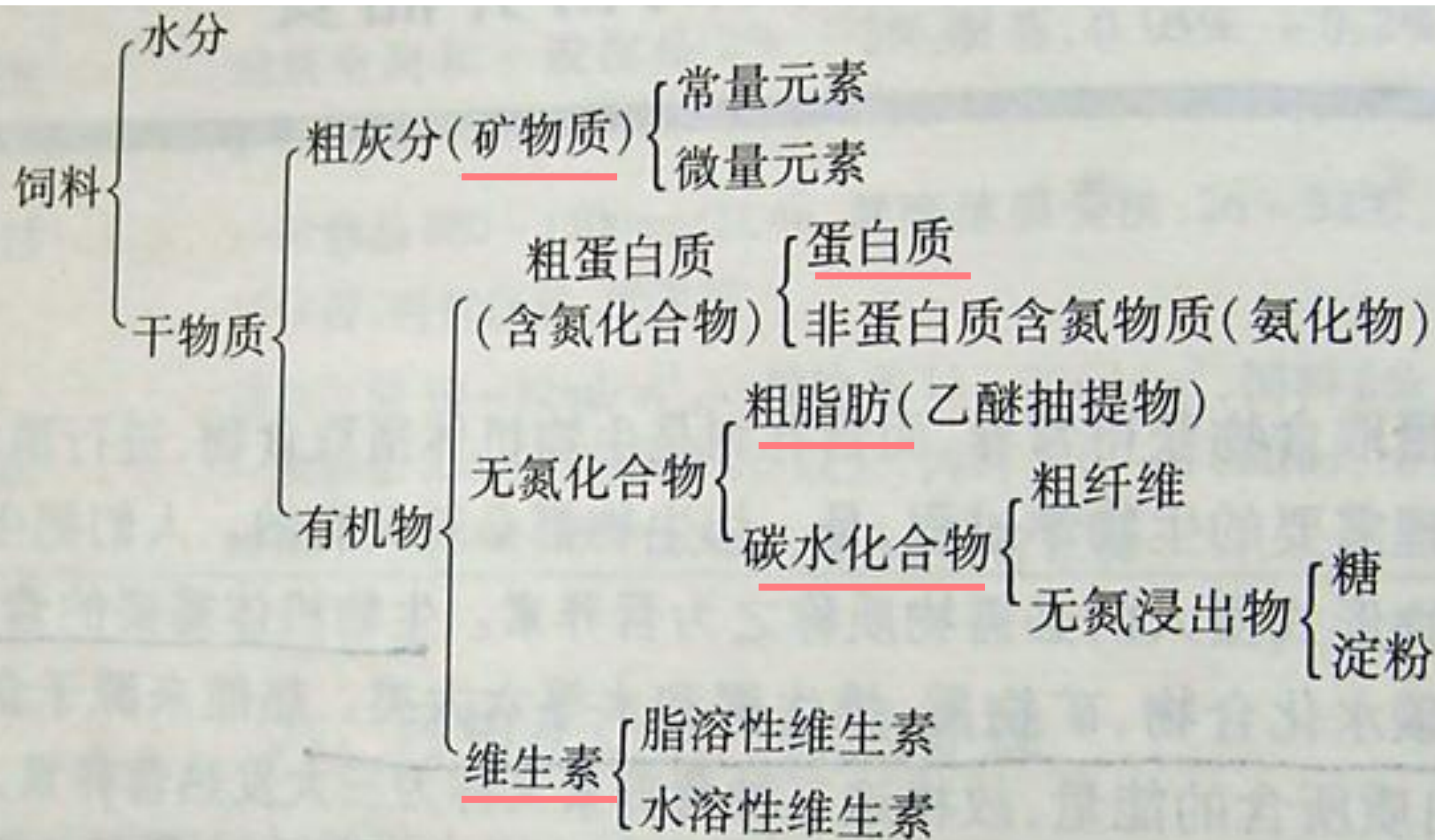


图1 饲料中营养物质的组成



## 蛋白质和氨基酸

- 蛋白质是生命的起源，一切生命过程都与蛋白质代谢有关。是动物维持生命、生长发育、繁殖不可缺少的营养物质。
- 氨基酸又分为必需氨基酸和非必需氨基酸两大类。前者是动物体内不能合成或合成速度及数量不能满足正常生长需要，必须由饲料中供给的氨基酸；后者是体内能合成，不需要由饲料中供给的氨基酸。不同动物对必需氨基酸需求的种类存在差异。





# 实验动物饲料中的氨基酸

| 必需氨基酸 |     | 非必需氨基酸 |      |
|-------|-----|--------|------|
| 异亮氨酸  | 亮氨酸 | 丙氨酸    | 甘氨酸  |
| 色氨酸   | 苏氨酸 | 丝氨酸    | 门冬氨酸 |
| 苯丙氨酸  | 赖氨酸 | 谷氨酸    | 羟脯氨酸 |
| 蛋氨酸   | 缬氨酸 | 酪氨酸    | 脯氨酸  |
| 组氨酸   | 精氨酸 | 胱氨酸    | 瓜氨酸  |

表6—4 大鼠、小鼠氨基酸指标

(单位：%)

| 氨基酸     | 维持饲料        | 繁殖饲料 | 氨基酸      | 维持饲料        | 繁殖饲料 |
|---------|-------------|------|----------|-------------|------|
| 赖氨酸     | $\geq 0.82$ | 1.32 | 苯丙氨酸+酪氨酸 | $\geq 0.10$ | 1.30 |
| 蛋氨酸+胱氨酸 | $\geq 0.53$ | 0.78 | 苏氨酸      | $\geq 0.65$ | 0.88 |
| 精氨酸     | $\geq 0.99$ | 1.10 | 亮氨酸      | $\geq 1.44$ | 1.76 |
| 组氨酸     | $\geq 0.40$ | 0.55 | 异亮氨酸     | $\geq 0.70$ | 1.03 |
| 色氨酸     | $\geq 0.19$ | 0.25 | 缬氨酸      | $\geq 0.84$ | 1.17 |

# 碳水化合物

碳水化合物包括无氮浸出物和粗纤维

供热、多余  
转化为脂肪

- 无氮浸出物：包括淀粉和糖类  
供应能量，小部分构成组织成分
- 粗纤维：包括纤维素、半纤维素和木质素  
纤维素经酵解，部分转变成挥发性脂肪酸吸收，部分转变成二氧化碳和甲烷排出



# 脂 肪

脂肪分成真脂肪和 类脂肪

- 真脂肪是指甘油和脂肪酸组成的甘油三酯。
- 类脂除了C、H 、 O元素以外还有N 、 S 、 P



脂肪是构成实验动物组织的重要成分。在维持细胞结构、功能中起重要作用。脂肪是能量的重要来源，也是储存能量的最好形式。

某些脂肪酸动物不能合成，但又是生长必需的称为必需脂肪酸，如：亚麻酸、亚油酸和花生四烯酸。必需脂肪酸缺乏引起生长发育缓慢停止，生殖能力下降，泌乳量减少，脱毛等

# 矿物质

饲料在550—600℃高温下灼烧后，剩下的灰分即为矿物质。是构成机体组织，维持生理功能和生化代谢所必不可少的物质。

佝偻病

矿物质元素按其在内的含量可分为常量元素和微量元素。

- 机体中含量大于0.01%者为常量元素，如钙、磷、钠、钾、氯、镁与硫等。

贫血

- 机体中含量小于0.01%者为微量元素，已确认维持正常生命活动不可缺少的必需微量元素有铜、钴、氟、铁、碘、锰、钼、镍、硒、硅、锡、钒和锌等。

白肌病

发育迟缓、繁殖力下降，降低已消化蛋白质和淀粉的利用





### 表2 实验动物配合饲料矿物质与微量元素指标 (GB14924-2001)

[illegible]

# 维 生 素



- **维生素：**主要起控制、调节代谢作用的有机物。实验动物对它们的需要量甚微，但却是比必不可少的物质。
- 维生素种类很多，各种维生素也各具独特作用，营养学常按其溶解性分为脂溶性与水溶性维生素两大类。脂溶性的有维生素A、D、E、K，水溶性的有维生素B族，包括B1、B2、B6、B12、烟酸、叶酸、泛酸、胆碱，另有维生素C等。

表6—5 大鼠、小鼠维生素指标

| 营养成分                     | 维持饲料 | 繁殖饲料  | 营养成分                        | 维持饲料 | 繁殖饲料  |
|--------------------------|------|-------|-----------------------------|------|-------|
| 维生素A (IU/kg) $\geq 7000$ |      | 14000 | 维生素B12 (mg/kg) $\geq 0.020$ |      | 0.022 |
| 维生素D (IU/kg) $\geq 800$  |      | 1500  | 烟酸 (mg/kg) $\geq 45$        |      | 60    |
| 维生素E (IU/kg) $\geq 60$   |      | 120   | 泛酸 (mg/kg) $\geq 17$        |      | 24    |
| 维生素K (mg/kg) $\geq 3$    |      | 5     | 叶酸 (mg/kg) $\geq 4$         |      | 6     |
| 维生素B1 (mg/kg) $\geq 8$   |      | 13    | 生物素 (mg/kg) $\geq 0.1$      |      | 0.2   |
| 维生素B2 (mg/kg) $\geq 10$  |      | 12    | 胆碱 (mg/kg) $\geq 1250$      |      | 1250  |
| 维生素B6 (mg/kg) $\geq 6$   |      | 12    |                             |      |       |



## 表2 维生素的生理功能、缺乏症和来源

| 维生素                      | 生理功能                         | 缺乏症                         | 来源                     |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 脂溶性<br>维生素A              | 维持正常视觉，参与上皮细胞正常形成，促进生长发育     | 视觉损害、夜盲症、上皮粗糙、角化、骨发育不良，生长迟缓 | 肝脏、鱼肝油、蛋黄、牛奶           |
| 维生素D                     | 促进钙吸收，与骨骼的形成有关               | 软骨病                         | 鱼肝油、蛋、苜蓿干草             |
| 维生素E                     | 与胚胎发育及繁殖有关，保持心血管系统结构功能的完整性   | 生殖系统损害，睾丸萎缩、肌肉麻痹、瘫痪、红细胞溶血   | 油脂，如花生油、玉米油；绿色植物、蛋、鱼肝油 |
| 水溶性<br>维生素B <sub>1</sub> | 参与糖代谢                        | 多发性神经炎                      | 谷类、豆类、酵母               |
| 维生素B <sub>2</sub>        | 参与生物氧化、晶状体及角膜的呼吸过程，维护皮肤粘膜完整性 | 生长停止、脱毛、白内障、角膜血管新生          | 麦麸、豆粉、动物内脏             |
| 维生素C                     | 参与糖、蛋白质代谢，参与胶原、齿质及骨细胞间质生成    | 坏血病                         | 新鲜蔬菜                   |



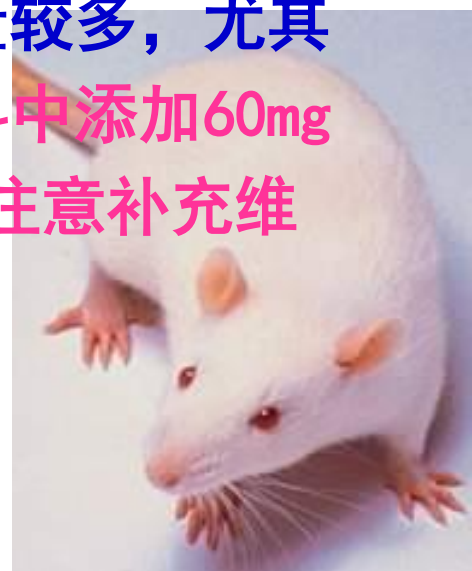
## 第二节 各种实验动物的营养需要

1. 小鼠近交系极多，饲料中必需给小鼠充足的营养以维持其生物学特性和保证实验正常进行。
  - 饲料中18%粗蛋白，4-8%粗脂肪，KM、ICR、BALB/c、DBA/2等品系小鼠均获得满意的繁殖效果。
  - 若添加0.47%含硫氨基酸可提高小鼠的生长发育和繁殖性能。小鼠特别需要含亚油酸丰富的日粮。
  - 铁、铜、锰、锌的缺乏会导致生长发育受阻，被毛粗糙，贫血，繁殖率下降。



## 2. 大鼠

- 在饲料中添加0.4%的蛋氨酸和0.48%的赖氨酸，可提高大鼠的生长速度。
- 18-20%的粗蛋白质可满足大鼠的生长、妊娠和泌乳的需要。
- 大鼠对各种营养素的缺乏敏感，应特别注意脂肪酸的供给，必需脂肪酸含量占总能量的1.3%，其中亚油酸在饲料中含量不能低于0.3%。
- 大鼠对钙、磷的缺乏耐受力较强，对镁需要量较多，尤其是妊娠、哺乳时需要量明显增加。每公斤饲料中添加60mg的维生素E能提高大鼠繁殖率。无菌大鼠还应注意补充维生素B<sub>12</sub>



### 3. 豚鼠

- 豚鼠对某些必需氨基酸特别是精氨酸的需要量较高。
- 对粗纤维的消化能力强，日粮中要含12%—14%的粗纤维。  
如果粗纤维量不足，豚鼠会出现排粪障碍和脱毛现象。
- 豚鼠对维生素C缺乏特别敏感，缺乏时可致坏血病，生殖力下降，甚至造成死亡。每只豚鼠每日需补10mg维生素C，繁殖阶段需补充30mg。



## 4. 兔

- 兔日粮应补充精氨酸和赖氨酸。兔对缺钙有较强的耐受能力。
- 虽然其肠道微生物可以合成维生素K和大部分B族维生素，但繁殖时仍需额外补充维生素K。
- 饲料中需要有一定量的粗纤维以维持其正常的消化生理功能，其日粮中粗纤维含量应大于11%。如粗纤维含量不足，可引起兔消化性腹泻。



## 5. 犬

- 犬是肉食动物，犬必须供给足够的脂肪和蛋白质，饲料中动物性蛋白应占全部蛋白质食物的1/3。
- 犬能耐受高脂肪日粮，要求日粮含有一定量的不饱和脂肪酸。
- 维生素A的需要量较大，亦需补充维生素B<sub>12</sub>。





## 6. 非人灵长类

- 非人灵长类动物日粮能量的50%以上来自碳水化合物。
- 16%-25%的蛋白质可满足猴生长繁殖的需要。
- 体内不能合成维生素C，必须由日粮提供，同时要注意日粮的适口性。
- 除主食外，每天应供给一定量的新鲜水果和蔬菜。



## 第三节 影响营养需求的因素

### 1. 遗传因素

不同品种品系的动物因遗传基因的表达程度不同而影响遗传的需求。

- 例如近交系小鼠与封闭群小鼠，对饲料的需求，近交系小鼠要更高些。
- 一些突变系动物，如ODS大鼠因为基因突变造成L-谷氨酸氧化酶的缺乏，使ODS大鼠无法合成维生素C，因此需补充维生素C。

### 2. 生理状况

动物在不同的生理状况中，如生长、怀孕、创伤或泌乳时，对营养需求会有所不同，个体需从饲料中获取额外的营养，以满足各方面的需求。

### 3. 环境因素

- 就恒温动物而言，若暴露在较低的温度下，动物必须产生较多的热能以维持体温的恒定。反之，在高温环境中，动物采食欲望会下降，此时应提供高营养水平的饲料，使动物获得足够的养分。
- 动物可由镀锌的笼盒表面接触到锌元素，而饲养在平板底网上的动物，就有更多的机会摄取到粪便中的额外养分。

## 4. 微生物状态

在正常饲养条件下，动物肠道中存在大量的微生物，这些微生物在肠道中栖生、繁殖、代谢，产生许多营养物质，如水溶性的维生素B1，维生素K及氨基酸等，这些物质通常通过食粪行为被动物再吸收和利用。这些物质被利用的情形，会因动物种类、饲料成分、饲养条件不同而有所差异。无菌动物因肠道内微生物状态与一般动物不同因此在此在配制饲料时，必须调整饲料成分及配制方法，以满足动物的需求。

## 5.研究条件

实验操作时，会造成动物紧张或改变饲料的适口性，使动物食欲减退，进而影响饲料的采食。

## 6. 营养成分的相互作用

在调制饲料时要留意营养成分间的相互作用，因为某种养分摄取量增加时往往会影响到另外营养成分的吸收和利用。

## 第四节 实验动物饲料

### 饲料原料的来源

- 天然饲料原料：如谷物、脱水蔬菜、草粉、鱼粉、骨粉、矿物质、酵母等
- 加工饲料原料：如玉米淀粉作为饲料糖类来源，牛奶中提取酪蛋白作为蛋白质来源等
- 纯化学物质：如氨基酸、必需脂肪酸等





## 饲料的分类

### ——按物理性状的分类

颗粒料、粉料、膨化料、凝胶料、液体饲料

### ——按营养成分分类

全价营养配合饲料、混合饲料、浓缩饲料、添加剂预混料等

### ——按动物种类分类

大鼠饲料、小鼠饲料、豚鼠饲料、兔饲料、猪饲料、犬饲料

### ——按动物生理阶段分类

育成饲料、繁殖饲料、维持饲料



### 颗粒饲料的优点

- 加工过程中高温作用使蛋白质变性和淀粉糊化，容易消化吸收。
- 加工过程中高温具有杀菌作用，使细菌数大量减少，饲料不易变质。
- 加工过程中高温能灭活原料中有害物质。
- 颗粒饲料便于运输、储存、饲喂。
- 颗粒饲料适合于啮齿类动物啃咬习性。
- 易掌握每日摄食量，不易造成浪费。



# 实验动物对饲料的要求1

- 能维持正常的生命与健康；
- 保证动物的正常生长发育和种群特性；
- 无污染（农药、重金属、放射物等）；
- 无微生物、寄生虫污染；
- 无毒性可致癌物质；
- 适口性好、硬度适中；
- 饲料营养成分均衡，可消化性和可代谢性强。



# 实验动物对饲料的要求2

## ■ 饲料生产的品质管理

- 原料品质管理：按照进货批次，进行常规的成分检测和细菌含量检测，使用一定规格的原料进行饲料加工。
- 成品料品质管理：按照国家配合饲料质量通用标准（GB14924.1）和配合饲料卫生标准（GB14924.2），对成品料进行定期检测。  
检测项目包括：
  - 营养成分：水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、无氮浸出物。另外，还包括维生素、矿物质、氨基酸等。
  - 微生物：一般生菌数、大肠菌群、沙门氏菌等
  - 有害物质：包括农药残留和重金属残留
  - 其他：饲料硬度、色泽等

表 1 配合饲料常规营养成分指标(每千克饲粮含量)

| 指 标                        | 小鼠、大鼠               |                     | 豚鼠                  |                     | 地鼠                  |                     | 兔                   |                     | 犬                   |                     | 猴                   |                     |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                            | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     | 维持<br>饲料            | 生长、<br>繁殖<br>饲料     |
| 水分和其他<br>挥发性物质/g<br>$\leq$ | 100                 | 100                 | 110                 | 110                 | 100                 | 100                 | 110                 | 110                 | 100                 | 100                 | 100                 | 100                 |
| 粗蛋白/g<br>$\geq$            | 180                 | 200                 | 170                 | 200                 | 200                 | 220                 | 140                 | 170                 | 200                 | 260                 | 160                 | 210                 |
| 粗脂肪/g<br>$\geq$            | 40                  | 40                  | 30                  | 30                  | 30                  | 30                  | 30                  | 30                  | 45                  | 75                  | 40                  | 50                  |
| 粗纤维/<br>g<br>$\leq$        | 50                  | 50                  | 100~<br>150         | 100~<br>150         | 60                  | 60                  | 100~<br>150         | 100~<br>150         | 40                  | 30                  | 40                  | 40                  |
| 粗灰分/g<br>$\leq$            | 80                  | 80                  | 90                  | 90                  | 80                  | 80                  | 90                  | 90                  | 90                  | 90                  | 70                  | 70                  |
| 钙/g                        | 10~<br>18           | 10~<br>18           | 10~<br>15           | 10~<br>15           | 10~<br>18           | 10~<br>18           | 10~<br>15           | 10~<br>15           | 7~<br>10            | 10~<br>15           | 8~<br>12            | 10~<br>14           |
| 总磷/g                       | 6~<br>12            | 6~<br>12            | 5~<br>8             | 5~<br>8             | 6~<br>12            | 6~<br>12            | 5~<br>8             | 5~<br>8             | 5~<br>8             | 8~<br>12            | 6~<br>8             | 7~<br>10            |
| 钙:总磷                       | 1.2:1<br>~<br>1.7:1 | 1.2:1<br>~<br>1.7:1 | 1.3:1<br>~<br>2.0:1 | 1.3:1<br>~<br>2.0:1 | 1.2:1<br>~<br>1.7:1 | 1.2:1<br>~<br>1.7:1 | 1.3:1<br>~<br>2.0:1 | 1.3:1<br>~<br>2.0:1 | 1.2:1<br>~<br>1.4:1 | 1.2:1<br>~<br>1.4:1 | 1.2:1<br>~<br>1.5:1 | 1.2:1<br>~<br>1.5:1 |

## 实验动物对饲料的要求3

### ■ 饲料的消毒

- 干热灭菌法
- 高温高压灭菌法
- 射线照射灭菌法

115℃ (30min),  
121℃ (20min), 126℃  
(15min), 灭菌时使用  
生物指示剂。

使用前



使用后

营养成分破坏最少，灭菌效果最好

### ■ 饲料的贮存和运输

- 库房条件——干燥、凉爽、通风
- 不同饲料的保存期限
- 饲料的运输

原粮储存3~6个月，粉状饲料1~2个月  
动物性饲料1~3个月，颗粒<3个月



## 实验动物 配合饲料通用质量标准 GB 14924.1—2001

Laboratory animals—General quality standard for formula feeds 代替 GB 14924—1994

### 1 范围

本标准规定了配合饲料通用质量标准,包括:实验动物寄生虫学的等级分类、检测顺序、检测要求、检测规则、结果判定和报告等。

本标准适用于实验动物小鼠、大鼠、兔、豚鼠、地鼠、犬和猴的配合饲料。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。

所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB /T 5918—1997 配合饲料混合均匀度的测定
- GB 9687—1988 食品包装用聚乙烯成型品卫生标准
- GB 9688—1988 食品包装用聚丙烯成型品卫生标准
- GB 9689—1988 食品包装用聚苯乙烯成型品卫生标准
- GB /T 10647—1989 饲料工业通用术语
- GB /T 10648—1999 饲料标签
- GB 13078—2001 饲料卫生标准
- GB /T 14699.1—1993 饲料采样方法
- GB 14924.2—2001 实验动物 配合饲料卫生标准
- GB 14924.3—2001 实验动物 小鼠、大鼠配合标准



## 前 言

GB 14924 本部分的 3.2.1 中饲料常规营养成分指标及 3.2.2 中饲料氨基酸指标中赖氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸指标为强制性的,其余为推荐性的。

本部分代替 GB 14924.3—2001《实验动物 小鼠大鼠配合饲料》、GB 14924.4—2001《实验动物 兔配合饲料》、GB 14924.5—2001《实验动物 豚鼠配合饲料》、GB 14924.6—2001《实验动物 地鼠配合饲料》、GB 14924.7—2001《实验动物 犬配合饲料》、GB 14924.8—2001《实验动物 猴配合饲料》。

本部分与前一版本相比,主要变化如下:

- 本部分是将 GB 14924.3—2001、GB 14924.4—2001、GB 14924.5—2001、GB 14924.6—2001、GB 14924.7—2001、GB 14924.8—2001 内容整合形成的标准;
- 修订了原标准中部分常规营养成分含量指标(地鼠维持饲料、生长繁殖饲料粗蛋白质含量;犬维持饲料粗纤维含量,生长繁殖饲料粗脂肪和粗蛋白质含量);
- 规定了配合饲料常规营养成分、氨基酸和常量矿物质含量单位以 g/kg 表示;
- 规定了配合饲料维生素含量和常量矿物质及微量矿物质含量最高上限为下限值的 2 倍。

本部分由全国实验动物标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位:全国实验动物标准化技术委员会。

本部分主要起草人:刘源、施美莲、周瑞华、苏卫、王竹、苏晓娟。

本部分所代替标准历次版本发布情况:

- GB 14924—1994;
- GB 14924.3—2001;
- GB 14924.4—2001;
- GB 14924.5—2001;
- GB 14924.6—2001;
- GB 14924.7—2001;
- GB 14924.8—2001。

## 实验动物 配合饲料营养成分

### 1 范围

本部分规定了实验动物配合饲料营养成分的要求。

本部分适用于实验动物配合饲料(不包括模型动物特殊要求的饲料)。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 14924 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB 14924.1 实验动物 配合饲料通用质量标准

GB/T 14924.9 实验动物 配合饲料 常规营养成分的测定

GB/T 14924.10 实验动物 配合饲料 氨基酸的测定

GB/T 14924.11 实验动物 配合饲料 维生素的测定

GB/T 14924.12 实验动物 配合饲料 矿物质和微量元素的测定

### 3 营养成分

3.1 配合饲料原料的质量要求、检测规则、标签、包装、贮存、运输等应符合 GB 14924.1 中的规定。

3.2 饲喂时配合饲料常规营养成分指标应符合表 1 的规定。

## 第五节 影响实验动物饲料品质的因素

- 光线 ————— 核黄素、叶酸、B12易光照后破坏分解
- 空气 ————— 搅拌过度，维生素A氧化
- 加热处理 ————— 干热、蒸汽处理，营养成分变化，产生有毒或不易吸收的物质
- $^{60}\text{Co}$ 照射处理 ————— 饲料水分超标，照射后产生OH-自由基，造成维生素氧化，动物脏器损伤
- 熏蒸 ————— 环氧乙烷熏蒸，通风3天，药剂残留，影响动物生理特性
- 运输 ————— 硬质容器、塑料袋包装、厚纸袋包装

## 第六节 实验动物饲料的保管

- 明确采购日期，确保先购进的饲料先使用
- 明确饲料用途，确保饲喂准确
- 保持饲料存放区的清洁干净，灭鼠灭虫，防止饲料沾染粪尿中的微生物、肠道寄生虫、节肢动物及霉菌污染
- 饲料存放区域使用搁板、架子或台车，确保饲料架离地面
- 温度、湿度的控制（16℃以下，40%–70%）
- 颗粒饲料水分的控制（10%）
- 特殊饲料保存方法（豚鼠、灵长类饲料添加VC，3个月保存期过后，应另外补充VC）
- 灭菌饲料需明确灭菌日期，确保在有效期内使用

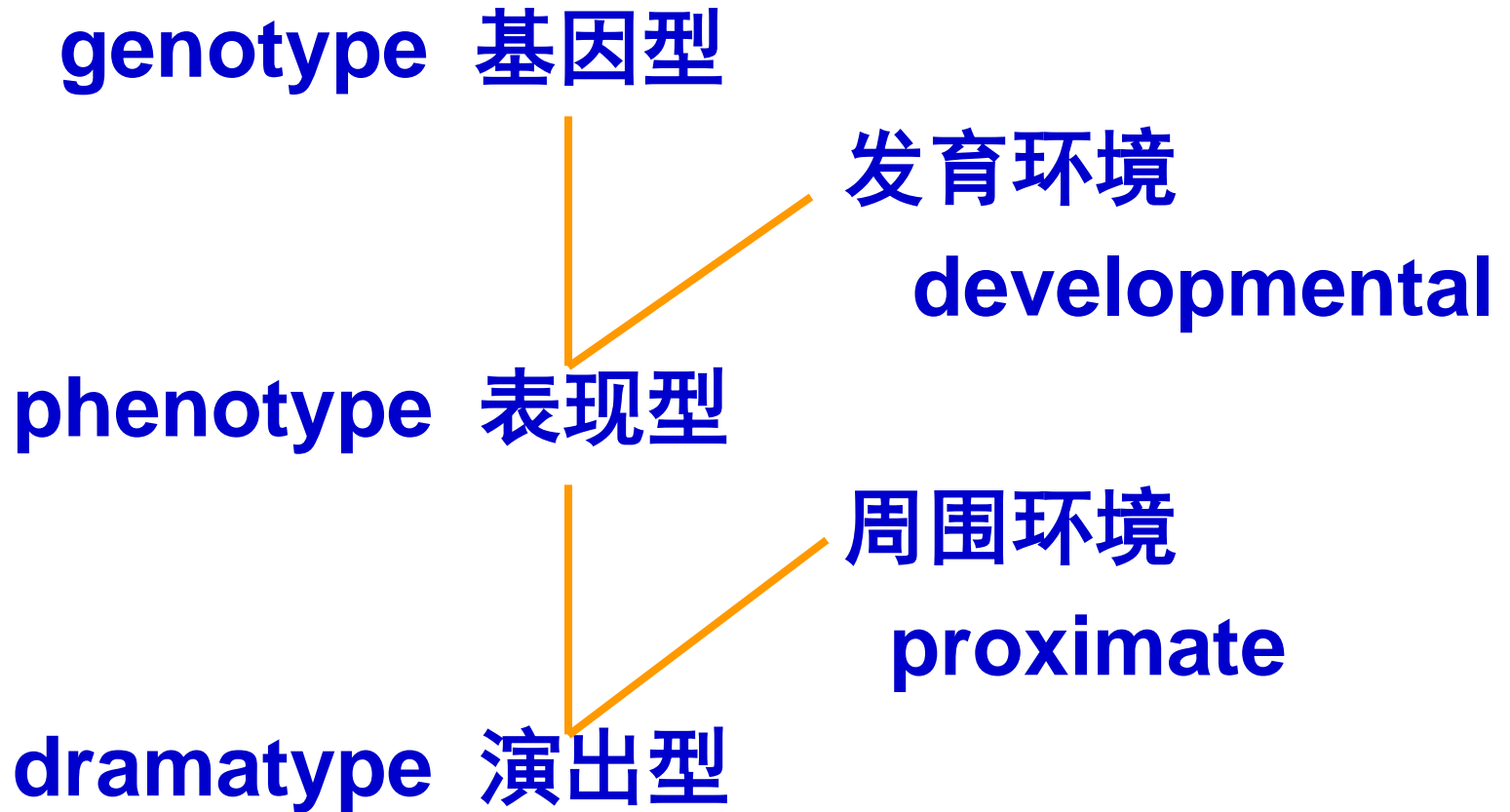
## 第二部分 实验动物的环境控制

第一节 实验动物的环境

第二节 实验动物的设施

第三节 屏障系统的管理

# 第一节 实验动物的环境





动物对实验处理的反应可用以下公式表示：

$$R = (A+B+C) \times D + E$$

R: 实验动物的总反应

A: 动物种的共同反应

B: 品种品系特有的反应

C: 个体反应（个体差异）

D: 环境影响

E: 实验误差

环境因素与动物的总反应呈正相关，要尽量减少D的变化，排除实验处理以外的影响，增加实验结果的科学性和可重复性。



# 一、相关概念：

实验动物生长发育、繁殖交配所赖以生存发展的特定场所和外在条件，称为**实验动物的环境**，分为外部环境和内部环境。

**外部环境：**指实验动物和动物实验设施以外的环境。

**内部环境：**指实验动物和动物设施内部，即动物直接生活的场所。

**内部大体环境：**设施内部大环境，是设施建造时所必须考虑的各种环境控制指标制定范围。

**局部微环境：**是指特定的、个别的或少数实验动物所生活的微小环境，包括实验动物笼盒结构、款式、所处位置、垫料的种类及动物密度等。

## 外部环境



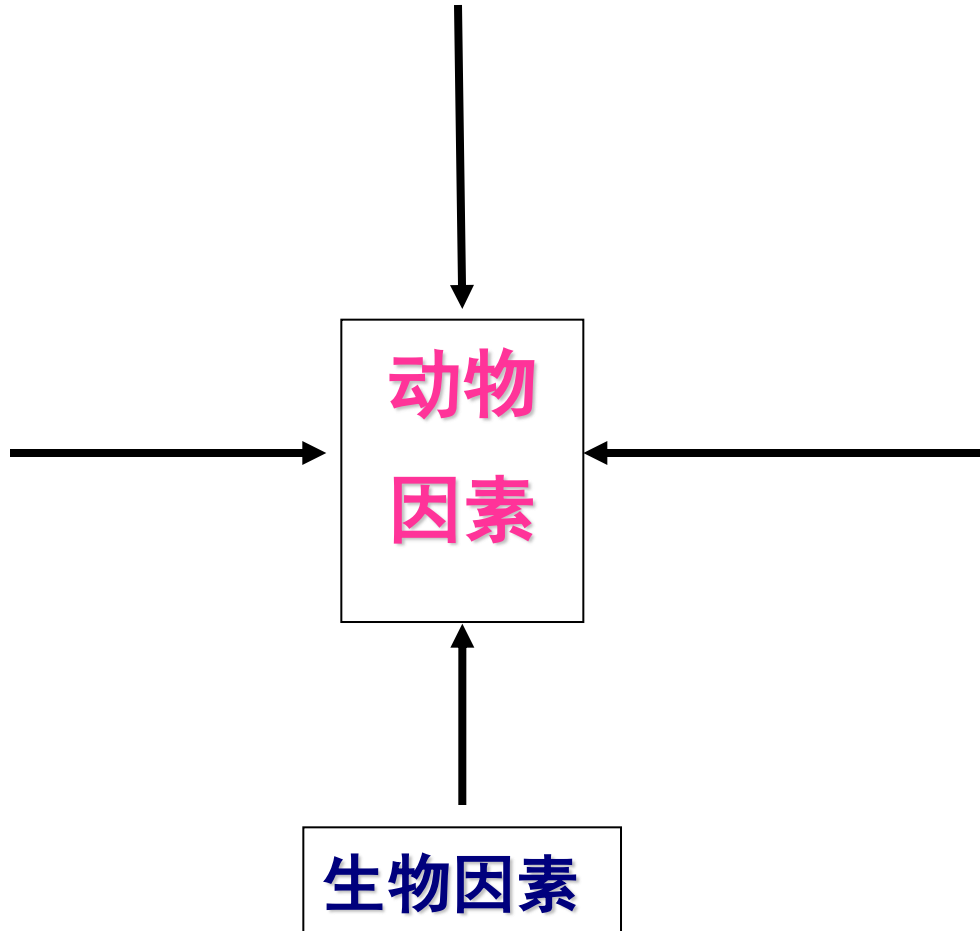
人为因素：设施、饲养、管理

- 微气候
- 温度
- 湿度
- 气流
- 风速
- 换气

动物  
因素

生物因素

理化因素  
臭气  
二氧化碳  
粉尘  
噪声  
照度  
消毒剂  
有毒物质



## 二、实验动物环境影响因素

### 1. 温度

- ❖ 最适宜温度20-26℃，温差：3或4℃
- ❖ 温度对动物的影响：
  - 新陈代谢：低温时新陈代谢增加，摄食增加
  - 散热：除灵长类，其他动物汗腺不发达或无汗腺，高温时散热困难，难以维持体温恒定
  - 脏器重量：负相关
  - 生殖：高温时雄性睾丸萎缩，精子活力下降；雌性动物性周期紊乱，泌乳下降(28-30℃)，32℃以上，怀孕后期大鼠发生死亡。低温环境，雌鼠性周期推迟，繁殖力下降。

- 动物形态的影响：冬季户外生长的幼兔耳长较室内繁殖的幼兔短，低温环境繁殖饲养大小鼠尾长明显缩短
- 动物行为和生理机能：温度变化使动物姿势、摄食量及饮水量、母性行为、新陈代谢等发生改变。黄金地鼠4℃出现冬眠。
- 机体抵抗力：温度过高、过低均导致机体抵抗力下降，易于患病。大鼠31℃、鸡35℃高温环境下出现高温应激，出现需氧菌群增加。BALB/c小鼠在12℃或32℃环境内，白细胞数降低，B细胞和T细胞比率发生变化。
- 对动物实验的反应性

不同温度对药物LD<sub>50</sub>的影响 (mg/kg)

| 药物      | 15. 5℃ | 26. 7℃ |
|---------|--------|--------|
| 苯异丙氨    | 197. 0 | 90. 0  |
| 盐酸脱氧麻黄碱 | 111. 0 | 33. 2  |
| 麻黄碱     | 477. 1 | 565. 0 |

表 不同环境温度时戊巴比妥钠（95mg/kg）腹腔注射导致大鼠死亡率比较

| 环境温度(℃) | 给药动物数(只) | 死亡动物数(只) | 死亡率(%) |
|---------|----------|----------|--------|
| 12      | 20       | 20       | 100    |
| 14      | 20       | 20       | 100    |
| 16      | 20       | 20       | 100    |
| 18      | 20       | 10       | 50     |
| 20      | 20       | 10       | 50     |
| 22      | 20       | 10       | 50     |
| 24      | 20       | 10       | 50     |
| 26      | 20       | 7        | 35     |
| 28      | 20       | 6        | 30     |
| 30      | 20       | 11       | 55     |
| 32      | 20       | 16       | 80     |

## 2、湿度：

$$\text{相对湿度 (\%)} = \frac{\text{实际水蒸气分压力}}{\text{饱和水蒸气分压力}} \times 100\%$$

适宜的相对湿度是40%--70%。

- 高温高湿导致机体蒸发散热受阻。高湿利于微生物繁殖和传播。
- 湿度过低可导致粉尘飞扬，而微生物主要附着在粉尘上，动物室内变态反应原的含量随湿度的下降而上升。
- 低湿，散热增加，产热增加，摄食增加。
- 低湿，大鼠环尾症，母鼠易发生食仔现象。



### 3、气流与风速

换气次数，气流速度，压强梯度

- 气流速度和散热正相关，实验动物体表面积与体重的比值较大，对气流速度更敏感。气流速度过大或气流直吹，动物体表散热过大。气流速度小，散热慢。0.1-0.2m/s

- 换气次数，洁净程度越高，要求换气次数越多。

屏障环境：10-20次/h 隔离环境：20-50次/h.

- 压强梯度：洁净区高于污染区



合理组织气流和风速可调节室内温度和湿度，又可降低室内粉尘和有害气体污染，控制传染病的流行。

## 4、光照

明暗交替时间12/12或10/14h

- 照度对动物的生殖生理和行为活动有较大影响

持续黑暗，抑制大鼠生殖功能，减少卵巢和子宫的重量。

持续光照导致动物过度兴奋，产生连续发情现象，大小鼠出现永久性阴道角化，黄体不能形成。

- 强光长时间照射引起角膜退行性变化

- 光照过强导致雌性做窝性差，出现食仔及哺育不良现象

## 5、噪声

60dB以下

音域，人1000-2000Hz, 小鼠1000-5000Hz。

- 引起小鼠听力性痉挛。
- 对生殖影响较大，如豚鼠流产。
- 引起动物呼吸、心跳、血压、肾上腺皮质激素等生理指标变化。
- 对生殖生理造成严重影响。大小鼠生殖能力减退，妊娠障碍和流产，出现食仔现象。

## 6、空气洁净状况

- 气体污染：动物排出的CO<sub>2</sub>、排泄物中的恶臭物质、空气和工作人员带入的灰尘、动物的被毛、浮皮屑、饲料及垫料的粉尘等。粉尘颗粒，是变应原，还是微生物的主要载体。

引起动物和人类的变态反应

氨、硫化氢刺激粘膜和神经

- 颗粒污染：100级，10000级，100000级  
落下菌数，0（隔离环境），3（屏障环境），或30个/皿（普通环境）

## 7、生物因素

## 动物社会因素和动物饲养密度

## 微生物、其它动物、实验人员

直线型——猴、兔、犬、鸡、猪  
专制型——大鼠、小鼠、猫

表 5 常用实验动物所需居所最小空间

| 项 目                 | 小鼠             |                |                | 大鼠             |                 |                | 豚鼠            |               |                |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                     | <20 g<br>单养时   | >20 g<br>单养时   | 群养<br>(窝)<br>时 | <150 g<br>单养时  | >150 g<br>单养时   | 群养<br>(窝)<br>时 | <350 g<br>单养时 | >350 g<br>单养时 | 群养<br>(窝)<br>时 |
| 底板面积/m <sup>2</sup> | 0.006 7        | 0.009 2        | 0.042          | 0.04           | 0.06            | 0.09           | 0.03          | 0.065         | 0.76           |
| 笼内高度/m              | 0.13           | 0.13           | 0.13           | 0.18           | 0.18            | 0.18           | 0.18          | 0.21          | 0.21           |
| 项 目                 | 地鼠             |                |                | 猫              |                 | 猪              |               | 鸡             |                |
|                     | <100 g<br>单养时  | >100 g<br>单养时  | 群养<br>(窝)<br>时 | <2.5 kg<br>单养时 | >2.5 kg<br>单养时  | <20 kg<br>单养时  | >20 kg<br>单养时 | <2 kg<br>单养时  | >2 kg<br>单养时   |
| 底板面积/m <sup>2</sup> | 0.01           | 0.012          | 0.08           | 0.28           | 0.37            | 0.96           | 1.2           | 0.12          | 0.15           |
| 笼内高度/m              | 0.18           |                |                | 0.76(栖木)       |                 | 0.6            | 0.8           | 0.4           | 0.6            |
| 项 目                 | 兔              |                |                | 犬              |                 |                | 猴             |               |                |
|                     | <2.5 kg<br>单养时 | >2.5 kg<br>单养时 | 群养<br>(窝)<br>时 | <10 kg<br>单养时  | 10~20 kg<br>单养时 | >20 kg<br>单养时  | <4 kg<br>单养时  | 4~8 kg<br>单养时 | >8 kg<br>单养时   |
| 底板面积/m <sup>2</sup> | 0.18           | 0.2            | 0.42           | 0.6            | 1               | 1.5            | 0.5           | 0.6           | 0.9            |
| 笼内高度/m              | 0.35           | 0.4            | 0.4            | 0.8            | 0.9             | 1.1            | 0.8           | 0.85          | 1.1            |





## 8、居住因素

包括实验动物室的建筑、饲养笼具、垫料、饮水器和给食器等。

### 对笼具的要求：

- 要有一定的强度，能够防止动物逃逸；
- 各类动物所占笼具最小面积应满足要求；根据品种、体重和每一个笼具内饲养动物的数量不同，选择笼具的形状和大小；
- 笼具不能有尖锐的边角或凸出，以免造成动物损伤；
- 笼具应由能够耐受化学物质的耐久性材料制成，并能耐受消毒或灭菌的加热处理。



# 实验动物对垫料的要求1

The past



The present



# 实验动物对垫料的要求2

## 啮齿类动物接触型垫料的理想标准

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| 能吸收潮湿               | 不会使动物感到干燥 |
| 无灰尘                 | 未被污染的     |
| 无提供微生物生长条件          | 没有营养      |
| 不适合食用               | 不适口的      |
| 不污染的                | 不会被咀嚼     |
| 包装完好 (Nontraumatic) | 无毒        |
| 能吸附氨                | 无臭        |
| 无菌                  | 使用后可焚化处理  |
| 灭菌后无有毒物质            | 容易使用      |
| 方便储藏                | 价格低廉      |
| 抗火                  |           |



# 实验动物对垫料的要求3

表 3-6 垫料的类型、特性及使用注意事项

| 垫料名称 | 使用方式  | 吸湿性 | 尘埃 | 可否焚烧 | 注 意 事 项                          |
|------|-------|-----|----|------|----------------------------------|
| 锯木屑  | 直接、间接 | 很好  | 极多 | 可    | 灭菌后使用,储存时防止污染。<br>使用新鲜松木锯屑,应避免尘埃 |
| 软木刨花 | 直接、间接 | 好   | 较多 | 可    | 通常用于啮齿类和其他哺乳类小动物                 |
| 硬木刨花 | 直接、间接 | 极好  | 较多 | 可    | 多用于猫窝                            |
| 玉米芯  | 直接、间接 | 极好  | 多  | 可    | 可粉碎成不同的颗粒使用                      |
| 脱脂棉  | 直接    | 极好  | 无  | 可    | 用于高等级的啮齿动物                       |
| 尿不湿  | 直接    | 极好  | 无  | 可    | 用于高等级的啮齿动物                       |
| 煤渣   | 间接    | 极好  | 较多 | 可    | 对减少动物舍内气味很有益                     |
| 次级棉  | 直接    | 极好  | 少  | 可    | 可能会把幼仔缠在一起                       |
| 碎稻草  | 直接、间接 | 极好  | 极多 | 可    | 可铺垫在圈内                           |
| 碎纸片  | 直接、间接 | 极好  | 少  | 可    | 作为啮齿类动物的垫料很好                     |

## 第二节 实验动物的设施

### 一、实验动物设施

**laboratory animal facility, LAF**

**是进行实验动物饲养、保种维持、生产、实验研究、试验等设施的总称。**

**包括实验动物繁育、生产设施和动物实验设施。**



## 二、实验动物环境设施的分类

实验动物设施根据微生物控制程度分为三类：

- 普通环境设施(open system)

符合动物居住的基本要求，不能完全控制传染因子，但能控制野生动物的进入，适用于饲养普通级动物。

- 屏障环境设施(barrier system)

符合动物居住要求，严格控制人员、物品和空气的进出，适用于饲养清洁级和SPF级动物。

- 隔离环境设施(isolation system)

采用无菌隔离装置保持无菌状态或无外来污染物。隔离装置内的空气、饲料、水、垫料等应为无菌。适用于饲养SPF级动物、悉生动物和无菌实验动物。



## 环境级别和动物级别的对应关系

### 动物级别

普通动物

清洁动物

SPF动物

无菌动物或悉生动物

### 环境级别(洁净度, 落下菌)

开放系统(——, 30)

屏障系统(万级, 3)

屏障系统(万级, 3)

隔离系统(百级, 0)

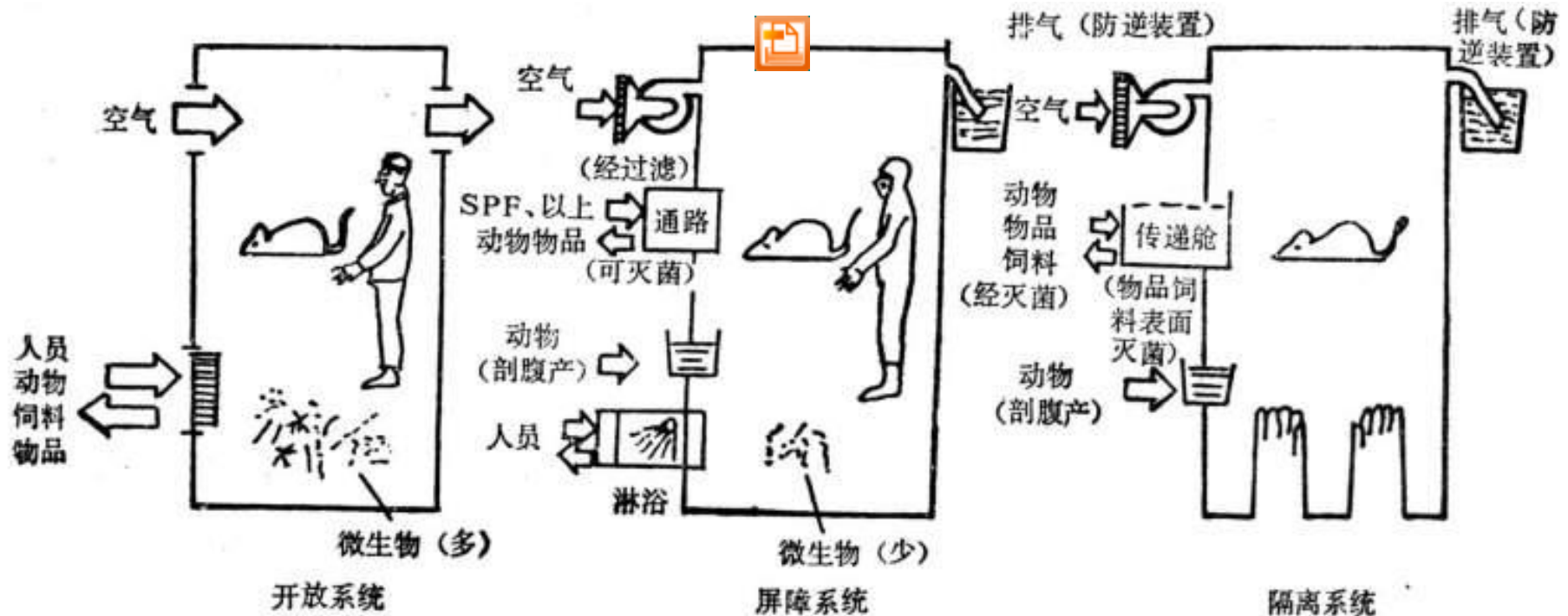




表 2 实验动物生产间的环境技术指标

| 项 目                                      |             | 指 标             |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
|--|-------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------|
|  |             | 小鼠、大鼠           |                    | 豚鼠、地鼠          |                 |                    | 犬、猴、猫、兔、小型猪    |                 |                    | 鸡     |
|  |             | 屏障环境            | 隔离环境               | 普通环境           | 屏障环境            | 隔离环境               | 普通环境           | 屏障环境            | 隔离环境               | 屏障环境  |
| 温度/℃                                     |             | 20~26           |                    | 18~29          | 20~26           |                    | 16~28          | 20~26           |                    | 16~28 |
| 最大日温差/℃<br>≤                             |             | 4               |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
| 相对湿度/%                                   |             | 40~70           |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
| 最小换气次数/(次/h)<br>≥                        |             | 15 <sup>a</sup> | 20                 | 8 <sup>b</sup> | 15 <sup>a</sup> | 20                 | 8 <sup>b</sup> | 15 <sup>a</sup> | 20                 | —     |
| 动物笼具处气流速度/(m/s)<br>≤                     |             | 0.20            |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
| 相通区域的最小静压差/Pa<br>≥                       |             | 10              | 50 <sup>c</sup>    | —              | 10              | 50 <sup>c</sup>    | —              | 10              | 50 <sup>c</sup>    | 10    |
| 空气洁净度/级                                  |             | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | —              | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | —              | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | 5 或 7 |
| 沉降菌最大平均浓度/<br>(CFU/0.5 h·Φ90 mm 平皿)<br>≤ |             | 3               | 无检出                | —              | 3               | 无检出                | —              | 3               | 无检出                | 3     |
| 氨浓度/(mg/m <sup>3</sup> )<br>≤            |             | 14              |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
| 噪声/dB(A)<br>≤                            |             | 60              |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
| 照度/<br>(lx)                              | 最低工作照度<br>≥ | 200             |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |
|  | 动物照度        | 15~20           |                    |                |                 |                    | 100~200        |                 |                    | 5~10  |
| 昼夜明暗交替时间/<br>h                           |             | 12/12 或 10/14   |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |       |

|       |      | 指 标   |       |       |       |       |         |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|       |      | 小鼠、大鼠 |       | 豚鼠、地鼠 |       |       | 犬、猴、猪、兔 |
| 屏障环境  | 隔离环境 | 普通环境  | 屏障环境  | 隔离环境  | 普通环境  | 屏障环境  |         |
| 20~26 |      | 18~29 | 20~26 |       | 16~26 | 20~26 |         |

| 项 目                                      |             | 指 标             |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
|--|-------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|  |             | 小鼠、大鼠           |                    | 豚鼠、地鼠          |                 |                    | 犬、猴、猫、兔、小型猪    |                 |                    | 鸡               |
|  |             | 屏障环境            | 隔离环境               | 普通环境           | 屏障环境            | 隔离环境               | 普通环境           | 屏障环境            | 隔离环境               | 隔离环境            |
| 温度/℃                                     |             | 20~26           |                    | 18~29          | 20~26           |                    | 16~26          | 20~26           |                    | 16~26           |
| 最大日温差/℃<br>≤                             |             | 4               |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
| 相对湿度/%                                   |             | 40~70           |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
| 最小换气次数/(次/h)<br>≥                        |             | 15 <sup>a</sup> | 20                 | 8 <sup>b</sup> | 15 <sup>a</sup> | 20                 | 8 <sup>b</sup> | 15 <sup>a</sup> | 20                 | —               |
| 动物笼具处气流速度/(m/s)<br>≤                     |             | 0.2             |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
| 相通区域的最小静压差/Pa<br>≤                       |             | 10              | 50 <sup>c</sup>    | —              | 10              | 50 <sup>c</sup>    | —              | 10              | 50 <sup>c</sup>    | 50 <sup>c</sup> |
| 空气洁净度/级                                  |             | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | —              | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | —              | 7               | 5 或 7 <sup>d</sup> | 5               |
| 沉降菌最大平均浓度/<br>(CFU/0.5 h·Φ90 mm 平皿)<br>≤ |             | 3               | 无检出                | —              | 3               | 无检出                | —              | 3               | 无检出                | 无检出             |
| 氨浓度/(mg/m <sup>3</sup> )<br>≤            |             | 14              |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
| 噪声/dB(A)<br>≤                            |             | 60              |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
| 照度/<br>lx                                | 最低工作照度<br>≥ | 200             |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |
|  | 动物照度        | 15~20           |                    |                |                 |                    | 100~200        |                 |                    | 5~10            |
| 昼夜明暗交替时间/h                               |             | 12/12 或 10/14   |                    |                |                 |                    |                |                 |                    |                 |

监控系统



高压灭菌锅



渡槽



排风



送风





洗消后室



风淋



清洁走廊



库房



裸鼠饲养房



小鼠饲养房



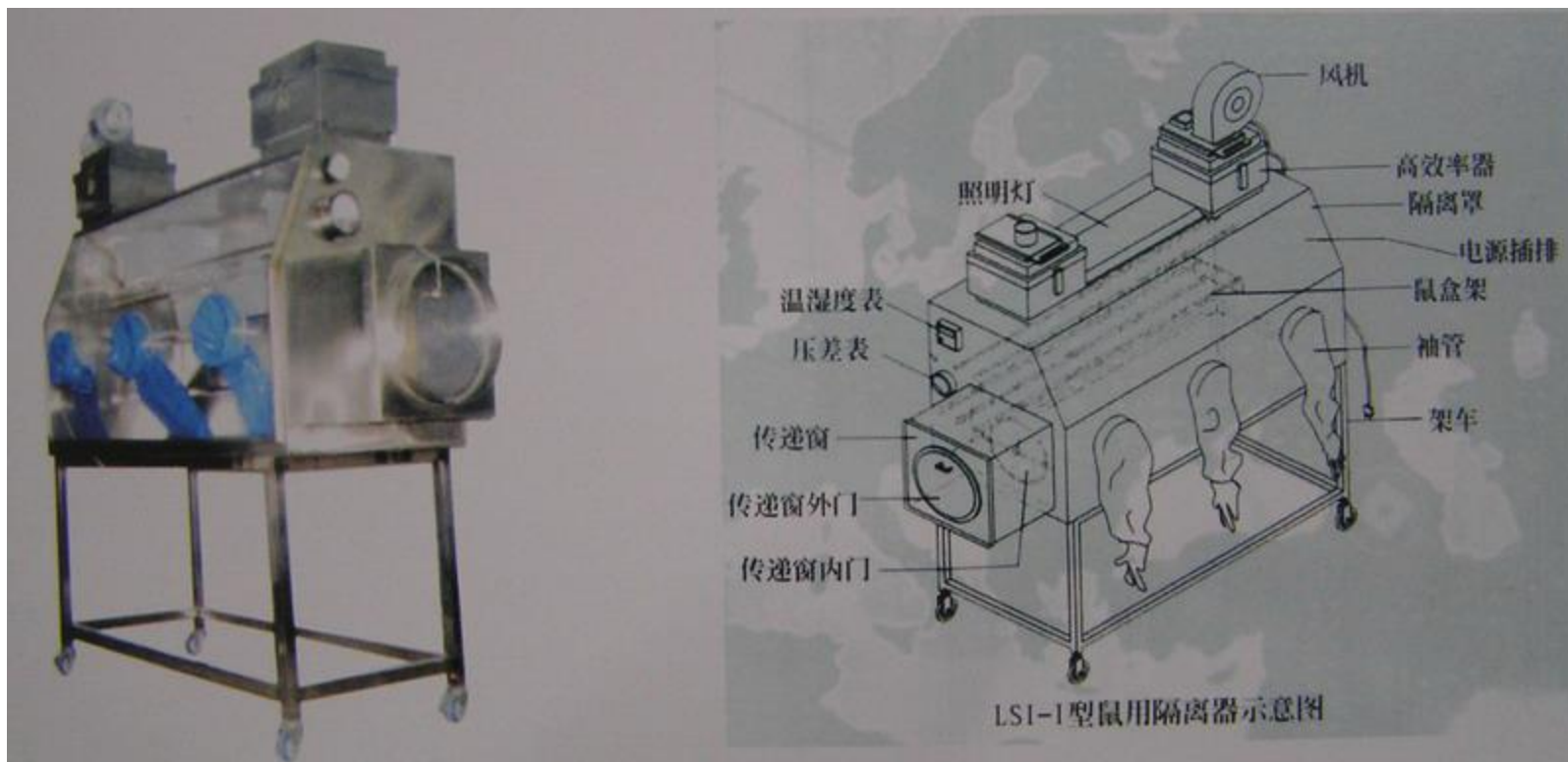
大鼠饲养房



污染走廊



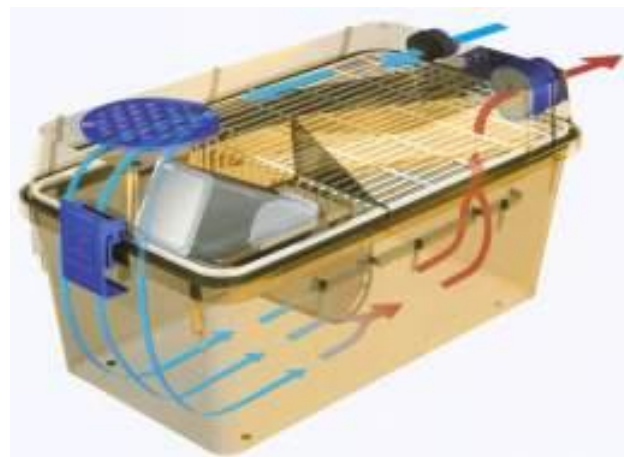




## 隔 离 器

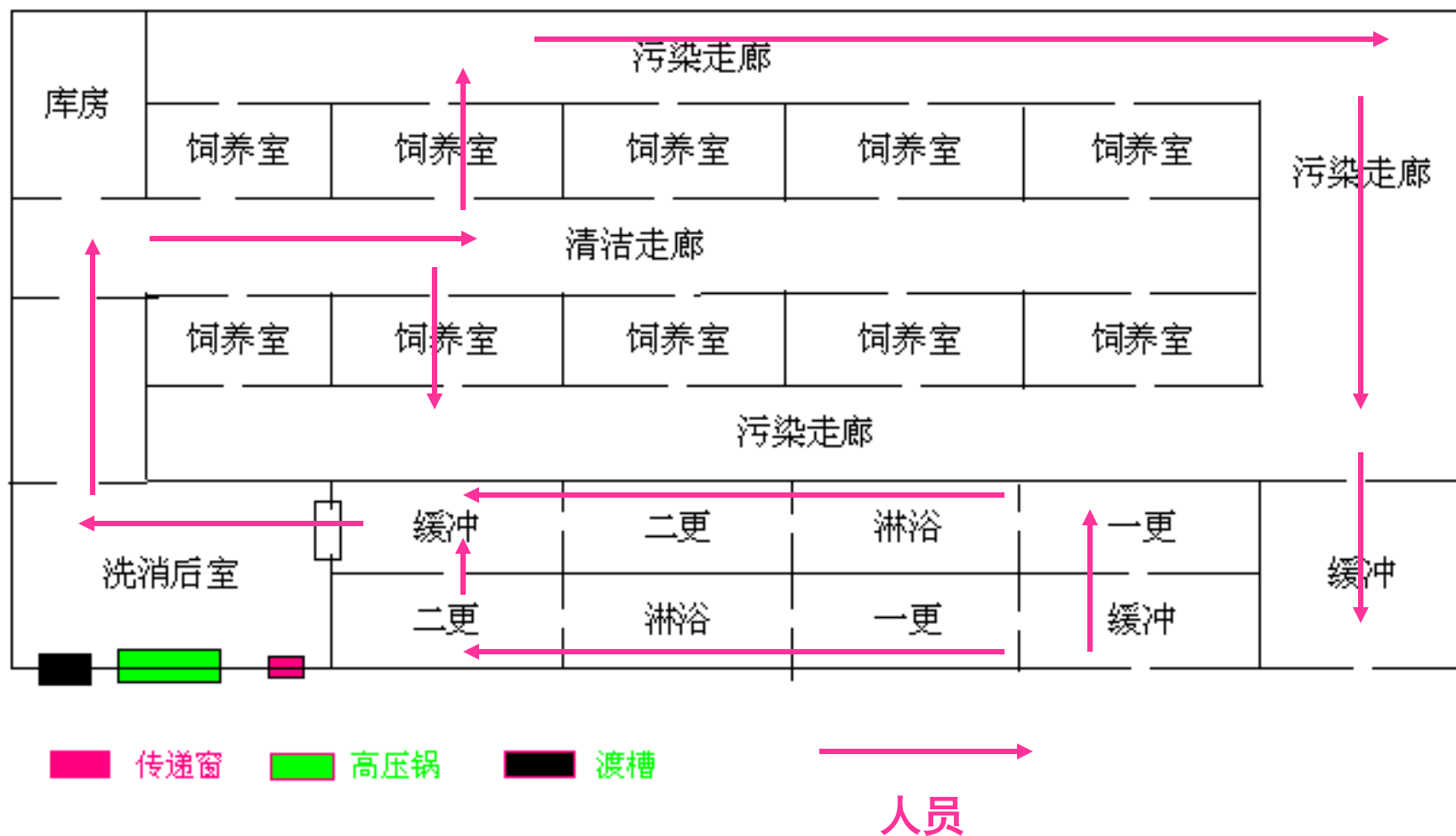
# 独立供气动物笼系统

(Independent Ventilation Cage, IVC) 是独立通风笼盒的简称. 它的特点是具有有一定的密闭性, 同时让经HEPA过滤器的洁净空气流入盒内, 使盒内保持正压, 减少了可能的感染来源, 适合于饲养SPF级动物, 以及一些免疫缺陷动物。





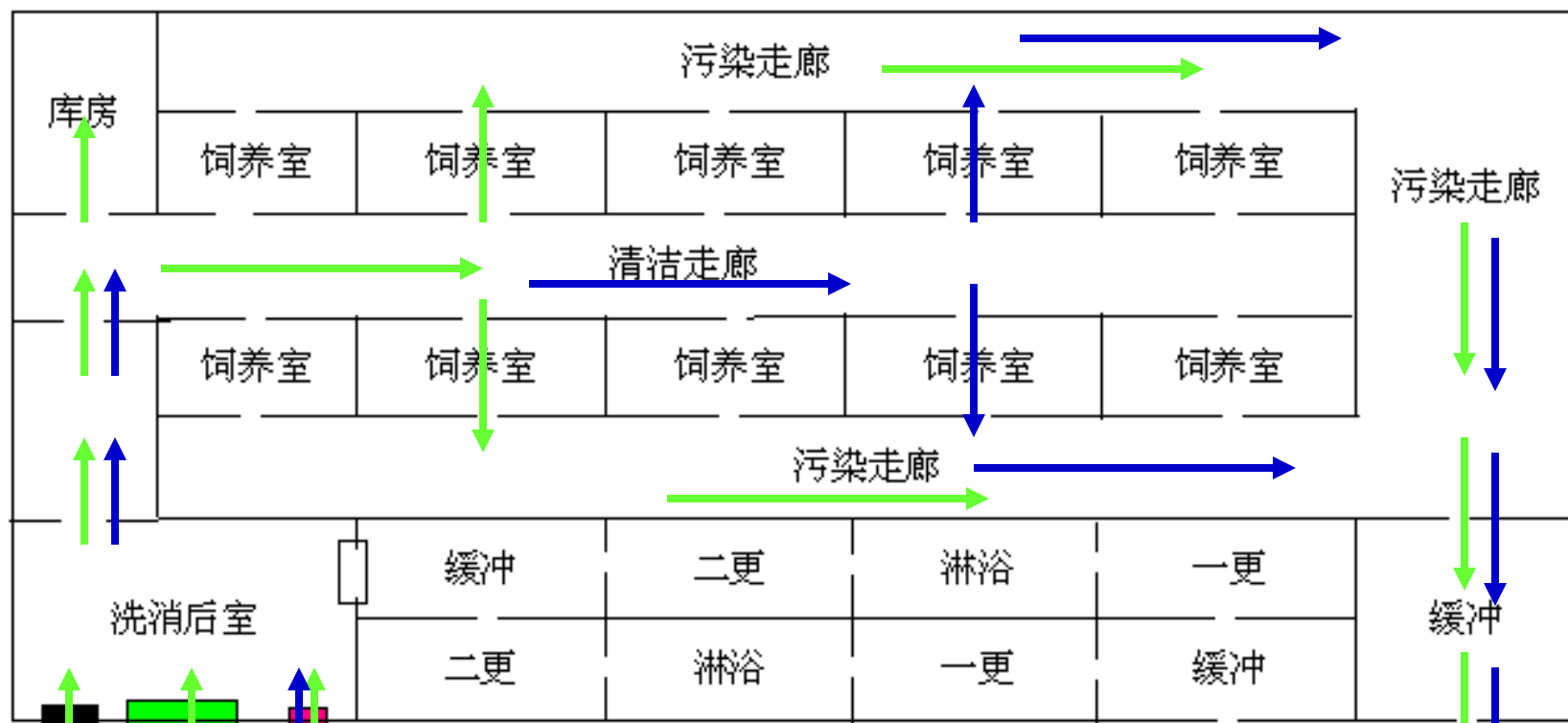
### 第三节 屏障系统的管理





着装顺序：口罩→手套→连体衣→头套→脚套→整理手套覆盖袖口

口罩→手套→上衣→裤子（上衣下边置裤内）→头套→脚套→整理手套覆盖袖口



传递窗
  高压锅
  渡槽

物品

动物

## 消毒与灭菌

- 高压锅：121℃，0.11Mpa，30分钟
- 传递窗：紫外线，表面消毒，30分钟
- 渡槽：0.1%新洁尔灭浸泡1小时以上
- Co60照射
- 2%过氧乙酸喷雾，高锰酸钾、福尔马林熏蒸

表 5-9 不同类别物品使用灭菌方法及最低使用剂量

| 灭菌方法                   | 灭菌物品种类、方法   |
|------------------------|---|
| 预真空高压灭菌法               | 一般物品 121℃、20min, 饲料 121℃、15min; 液体和动物尸体 121℃、30min                          |
| 过氧乙酸灭菌法                | 建筑空间和一般物品 2% ~ 3% 喷雾, 0.05% ~ 0.2% 洗刷, pH = 2.5 ~ 3.0                       |
| 环氧乙烷灭菌法                | 一般物品 880 ~ 1500mg/L、4h, 聚酯薄膜袋法, 26 ~ 32℃。主要用于电子仪器、精密仪器、纸张等                  |
| 甲醛灭菌法                  | 建筑空间 10 ~ 12ml/m <sup>3</sup> , 一般物品 15 ~ 20ml/m <sup>3</sup> , 饲料 8%、6h 以上 |
| <sup>60</sup> Co 辐射灭菌法 | 一般物品 2.5 ~ 3.0Mrad、1h 以上, 饲料 3.0 ~ 4.0Mrad、1h 以上                            |
| 紫外线灭菌法                 | 30W/10 ~ 15m <sup>2</sup> 、40 ~ 120min, 无人、动物在场                             |


## 影响实验动物设施内消毒灭菌的因素：

1. 污染物的影响：粪便、污垢、油污使消毒液不能直接作用于微生物，降低消毒效果，
2. 饲料包装的大小：
3. 药物浓度的影响：
4. 温度的影响，温度较高，消毒作用有效，
5. PH的影响：
6. 中和物质：
7. 药品的抗微生物范围：

## 废弃动物处理——深埋或焚烧





A small, brown tabby kitten is sitting on a light-colored surface, looking intently at a blue glass. The glass is filled with a light blue liquid and has a white straw. A bright yellow daisy flower is perched on the rim of the glass. To the left of the kitten, there is a green leafy plant. The background consists of horizontal blue and white stripes.

**善待实验动物  
就是善待人类自己!**





谢谢！