

# 实验动物的环境设施和营养

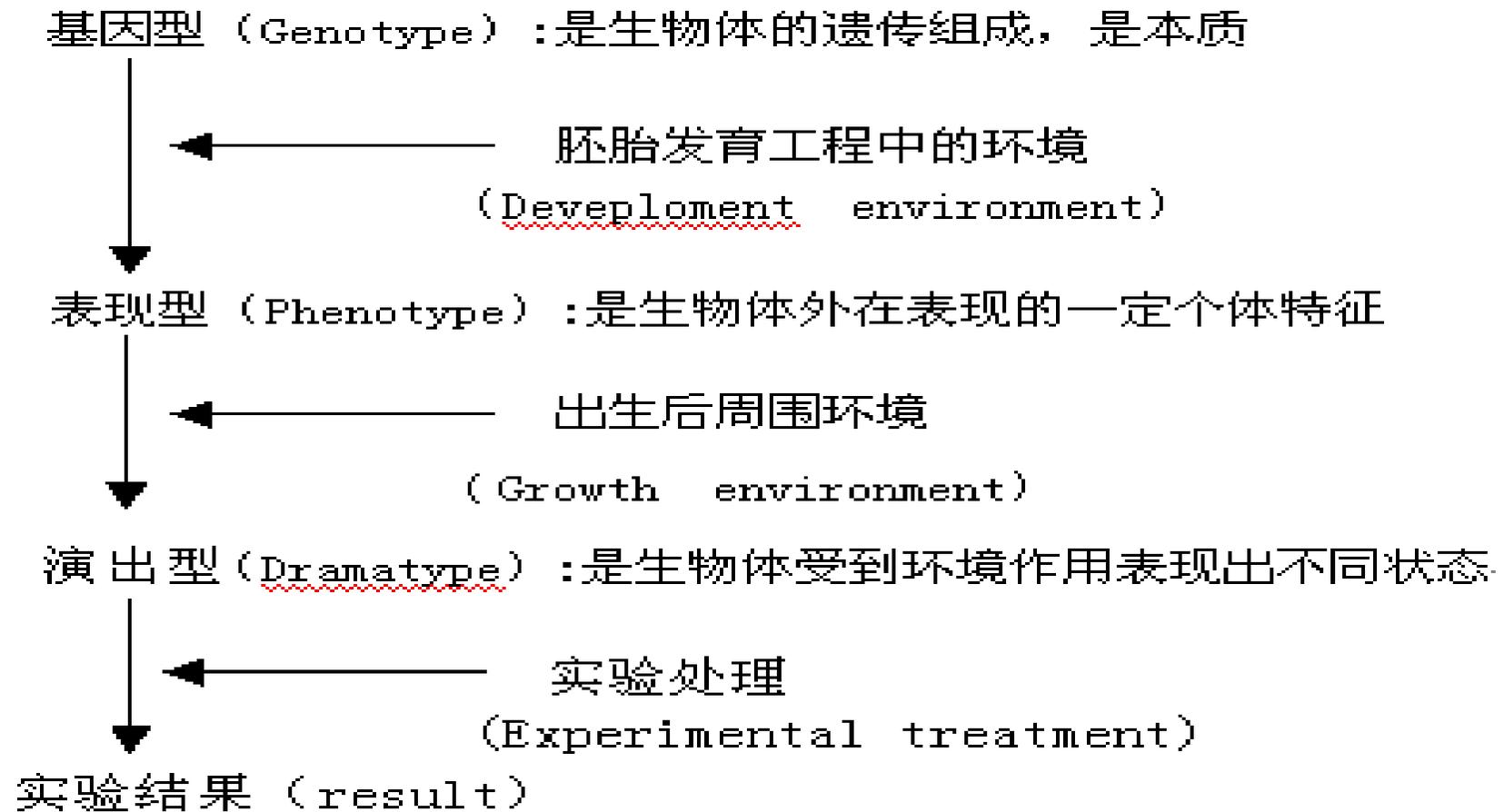
袁 进

南方医科大学

实验动物中心 & 比较医学研究所

## 第三节 实验动物的环境和设施

# 1959年Russell及Burch提出的演出型学说:



**基因型、表现型及演出型与环境因素**

根据Russell学说：动物对实验处理的反应可以用以下公式表示：

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

**R**—动物的反应，也就是动物实验处理的结果。

**A**—动物物种的反应。

**B**—动物品种或品系的反应。

**C**—一个体的反应。

**D**—环境因素和动物种、品系、个体相互作用后对实验结果的影响。

**E**—实验误差。

# 主要内容

- 实验动物环境
- 环境因素对实验动物的影响
- 实验动物设施
- 实验动物设施运行管理
- 实验动物管理法规

# 一、实验动物环境

## (一) 概念

指实验动物生长发育、繁殖交配、实验处理等赖以生存的所有外部条件的总和。



野生动物



实验动物

(二) 分类: 实验动物环境包括外环境和内环境。

□ 外环境(outside environment)一指实验动物饲养和动物实验设施以外的环境。外环境的变化直接影响内环境, 因此应重视对外环境的控制。

□ 内环境(inside environment)一指实验动物饲养和动物实验设施内的环境, 即动物直接生活的环境, 如温度、湿度、噪音和光照等。它又分为:

➤ **内部大体环境**—指放置实验动物笼架等辅助设施的饲养间和实验间的各种理化因素。



➤ **局部微环境**—指特定的、个别的或少数实验动物所生活的微小环境。如实验动物生活的饲养盒内，对实验动物直接产生影响的各种理化因素：温度、湿度、氨浓度、噪声等。



## 局部微环境与内部大环境相比有下列特点：

- (1) 温度、湿度较高；
- (2) 氨浓度及臭气浓度高；
- (3) 照度低；
- (4)  $\text{CO}_2$ 含量高、 $\text{O}_2$ 含量低；
- (5) 粉尘含量高。

## 二、环境因素对实验动物的影响

实验动物的环境因素可分为五个方面：

1. **气候因素**：温度、湿度、气流、风速等；
2. **理化因素**：CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、粉尘、臭味、噪音、照度等；
3. **生物因素**：饲养密度、微生物、其它动物等；
4. **居住因素**：房屋、饲养笼具、垫料、食槽等；
5. **营养因素**：蛋白质、水、维生素、矿物质等。

## (一) 温度(temperature)对实验动物的影响：

不同动物适应的环境温度不同。啮齿类动物为18-29℃。温度过高或过低都会对实验动物造成不同程度的影响。

### ➤ 生长发育和生殖：

□ 当T 过低时，常导致性周期的推迟；

□ 当T>30℃时，♂ 睾丸萎缩或形成精子能力下降；  
性周期紊乱，泌乳能力降低或拒哺；  
胎儿初生重下降、生长发育受阻等。

## ➤ 新陈代谢:

- 当T 过低时，多数动物新陈代谢增强，摄食量也增加，但青蛙、蛇和地鼠则相反；
- 当T 过高时，多数动物新陈代谢情况与低温时相反。

➤ 机体抵抗力: 温度过高或过低都能导致机体抵抗力降低，而患病(尤其在季节更替期)。

BALB/c小鼠从22°C → 12°C内，其白细胞数、血液及脾脏中B和T细胞的比率亦出现明显变动，免疫功能的异常与疾病发生关系很大。

➤ **实验结果：** 不同环境温度常使同种动物实验出现不同结果。

### 两种不同温度对药物LD50的影响

药 物	15.5℃	27℃
苯异丙胺 (Amphetamine)	197.0	90.0
盐酸脱氧麻黄碱 (Methedrine)	111.0	33.2
麻黄碱 (Ephedrine)	477.1	56.5

➤ **动物形态：**喜马拉雅（Himalaya）兔饲养在20℃时，耳、尾、鼻和四肢尖端生长白毛，而在10℃时，则生长黑毛。



**喜马拉雅（Himalaya）兔**

## (二) 湿度 (humidity) 对实验动物的影响

大多数实验动物适宜的相对湿度为40-70%，并以50±5%为最佳。

### ➤ 高温高湿 (>80%) :

- ❑ 可导致机体代谢紊乱、抵抗力繁殖力下降，发病率、死亡率增加；
- ❑ 易使病原微生物孳生和传播、饲(垫)料霉变、空气中细菌数与氨浓度也明显增加等。

➤ **低温高湿**：动物易患感冒、风湿症、关节炎、肠炎、下痢等疾病，同时，饲料转化率、增长速度也会下降。

➤ **湿度过低**：

□ 室内干燥、灰尘飞扬，易引起实验动物呼吸系统疾病；

□ 大鼠发生“**环尾病**”（T:27℃，RH<40%）；

□ 某些母鼠拒绝哺乳，甚至吃仔鼠。

### （三）气流(air current)和风速(air velocity)对实验动物的影响

与动物体热的扩散有很大关系

- 当室温较高时，气流有利于对流散热，对动物有良好作用。
- 当室温较低时，气流使动物的散热量增加，加剧的动物寒冷。

□ **风速过小**：空气流通不良、动物缺氧、室内臭气充斥、散热困难、造成不舒适感，甚至发生疾病和窒息。 **如**:SPF动物长途运输。

□ **风速过大**：动物体表散热量大，动物摄食量增加。因此，适当的**换气次数**可以为动物提供充足的新鲜空气。

**国标规定**：换气次数在10-20次/h。

风速为0.1~0.2cm/s（**屏障系统**）。

## （四）噪声(noise)对实验动物的影响

**来源：**施工噪声、交通噪声、动物房空调及通风设备和动物自身产生的噪声等。

**影响：**

- 妨碍受精卵着床、使动物繁殖率下降；
- 突然的噪声可引起豚鼠流产；
- 噪声过强或持续不断可使母鼠咬死/吃掉幼仔，DBA小鼠可发生听源性痉挛；
- 可使小鼠的血糖、肾上腺素、心跳数、呼吸数和血压明显升高。

**国标要求**控制在60分贝以下。

## (五) 光照(illumination)对实验动物的影响

- 1、影响视力: 出现视网膜障碍。
- 2、影响生理及生殖机能: 性周期紊乱(延长或缩短)。

**国标要求:**光照以12h明: 12h暗 或10h明: 14h暗为佳

## (六)粉尘(dust)和有害气体(harmful gas)的影响

对机体可造成不同程度的危害，也干扰动物实验。

➤ **来源：**主要来源于饲料、垫料及动物毛和皮屑，以及动物排泄的粪尿。

➤ **影响：**

□ **氨气浓度**增高时，可刺激动物眼结膜、鼻腔粘膜和呼吸道粘膜而引起流泪、咳嗽，严重者甚至产生急性肺水肿而致动物死亡

□ **粉尘**可引起实验动物或饲养人员的变态反应或哮喘病

## (七)生物因素对实验动物的影响

包括同种生物（饲养密度和动物社会地位的争斗）、异种生物（细菌、病毒、寄生虫等）和实验人员。

## (八) 营养因素对实验动物的影响

## （九）实验动物设施环境国家标准

由于环境因素对实验动物的生长发育、繁殖生产以及动物实验的结果影响很大，为了排除环境因素对实验动物的影响，国家科技部于1994年1月首次发布了《实验动物设施环境国家标准》。1999年8月修订，2000年1月通过复审确认，2001年正式实施（GB 14925-2001）。

# 实验动物繁育、生产设施环境指标（静态）

项目	指 标						
	小鼠、大鼠、豚鼠、地鼠			犬、猴、猫、兔、小型猪			鸡
	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,℃	18-29	20-26		16-28	20-26		16-28
日温差,℃	---	4		---	4		4
相对湿度,%				40-70			
换气次数,次/h	8-10	10-20	20-50	8-10	10-20 <sup>1)</sup>	20-50 <sup>1)</sup>	10-20 <sup>1)</sup>
气流速度,m/s				0.1-0.2			
压强梯度,Pa	---	20-50 <sup>2)</sup>	100-150	---	20-50 <sup>2)</sup>	100-150	20-50 <sup>2)</sup>
空气净化度,级	---	10,000	100	---	10,000	100	10,000
落下菌数,个皿	≤ 30	≤ 3	无检出	≤ 30	≤ 3	无检出	≤ 3
氨浓度,mg/m <sup>3</sup>				≤ 14			
噪声,dB				≤ 60			
照 度 lx	工作照度			150-300			
	动物照度	15-20		100-200			5-10
昼夜明暗交替 时间,h	12/12 或 10/14						

# 动物实验设施（设备）环境指标（静态）

项目	指 标						
	小鼠、大鼠、豚鼠、兔			犬、猴、猪、兔、小鼠等			鸡
	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, °C	19-26	20-25		16-26	18-22		16-26
相对湿度, %	4	3		4	3		3
相对湿度, %				45-70			
空气流速, cm/s	5-10	10-30 <sup>2)</sup>	20-30 <sup>4)</sup>	5-10	10-20 <sup>4)</sup>	20-30 <sup>2)</sup>	20-30 <sup>4)</sup>
气流速度, m/s	0.1-0.2						
压差制度, Pa	—	20-30 <sup>2)</sup>	100-150 <sup>2)</sup>	—	20-30 <sup>2)</sup>	100-150 <sup>2)</sup>	100-150
空气洁净度, 级	—	10,000	100	—	10,000	100	100
落下微粒, 个/m <sup>3</sup>	30	3	无检出	30	3	无检出	无检出
菌浓度, cfu/m <sup>3</sup>				14			
噪声, dB(A)				60			
照度, lx	工作照度				150-300		
照度, lx	地面照度	15-30			100-200		5-10
昼夜明暗交替时间, h	12/13 或 10/14						

## 三、实验动物设施

### (一) 概述

#### 1、实验动物设施(Laboratory Animal Facility):

广义上是指进行实验动物生产和从事动物实验设施的总和。

狭义上指保种、繁殖、生产、育成实验动物的场所。

## 2、实验动物设施建设的基本要求：

### (1) 选址要求

- 避开自然疫源地；
- 空气质量及自然环境较好的区域；
- 远离铁路，码头，飞机场，交通要道及工厂，贮仓等污染，噪声干扰的区域；
- 如不能远离，则应布置在当地夏季最小频率风向的下风侧；
- 与生活区保持50m的距离。



**National Resource Center  
for Mutant Mice (NRCMM)  
(China)**

**The Jackson Laboratory  
(USA)**



## (2) 卫生要求

- 材料应无毒，无放射性；
- 内墙表面应光滑平整；
- 阴阳角均为圆弧形，易于清洗、消毒；
- 墙面采用不易脱落，耐腐蚀、无反光、耐冲击的材料；
- 地面应防滑、耐磨、无渗漏；
- 天花板应耐水、耐腐蚀。

### (3) 设施要求

- 门窗应有良好的密封性；
- 走廊宽度不小于1.5m；
- 门宽度不小于1m；
- 繁育、生产及实验室空调系统保持正压，并合理组织气流，避免死角、断流、短路；
- 电源应备有应急电源。



饲养室

01.03.2008



洁净走廊

01.03.2008



压差计

### 3、设施区域设置要求

- 前区的设置：
  - 办公室
  - 维修室
  - 库房
  - 饲料加工贮存间
  - 外走廊（参观、通道）

## ➤ 饲养区的设置

- 繁育生产区
- 动物实验区
- 辅助区



动物生产区



动物实验区

## □ 繁育生产区的设置:

- 隔离检疫室
- 缓冲间
- 育种室（保种室）
- 扩大群饲育室
- 生产群饲养室
- 待发室
- 清洁物品贮藏室
- 清洁走廊
- 污物走廊

## □ 动物实验区的设置

- 缓冲间
- 独立动物实验室（应配有接受、检疫室）
- 动物饲养室
- 实验操作室（手术室、热源室等）
- 清洁物品贮藏室
- 清洁走廊
- 污物走廊



检查室



手术室

## □ 辅助区的设置

- 仓库
- 洗消间
- 废弃物品存放处理间
- 动物尸体冷藏存放间（冰箱）
- 机械设备室（机房）
- 淋浴间
- 更衣、休息室等



洗消室一角



工作服洗涤/风干室

18.05.2010



笼具消毒灭菌

14.05.2010



笼具自动清洗

14.05.2010



洁净走廊

14.05.2010



实验动物设施入口

18.05.2010



机房

18.05.2010



机房

14.05.2010



动物笼具清洗

18.05.2010



废弃物收集

18.05.2010



物资仓库

18.05.2010



动物尸体冷藏

18.05.2010



有机废弃物处理系统 15.05.2010

废液处理系统 15.05.2010

当センターから毎日排出されるサルの糞尿・汚物等は、約15時間で完全に水と炭酸ガスに分解され、固形の廃棄物は一切排出しない(ゼロエミッション化)。15.05.2010

日本滋贺医科大学实验动物中心废弃物处理系统

## ➤ 其他设施设置

- 屏障及隔离环境在压力变化交界处设有缓冲装置；
- 生产与实验区分开设置；
- 放射性实验按GB4792实施；
- 烈性传染病、致癌、剧毒等实验应在**负压系统(P3/P4)**或有**防护的设备内**进行；
- “三废”要无害化处理（焚烧炉）。



感染动物实验设施

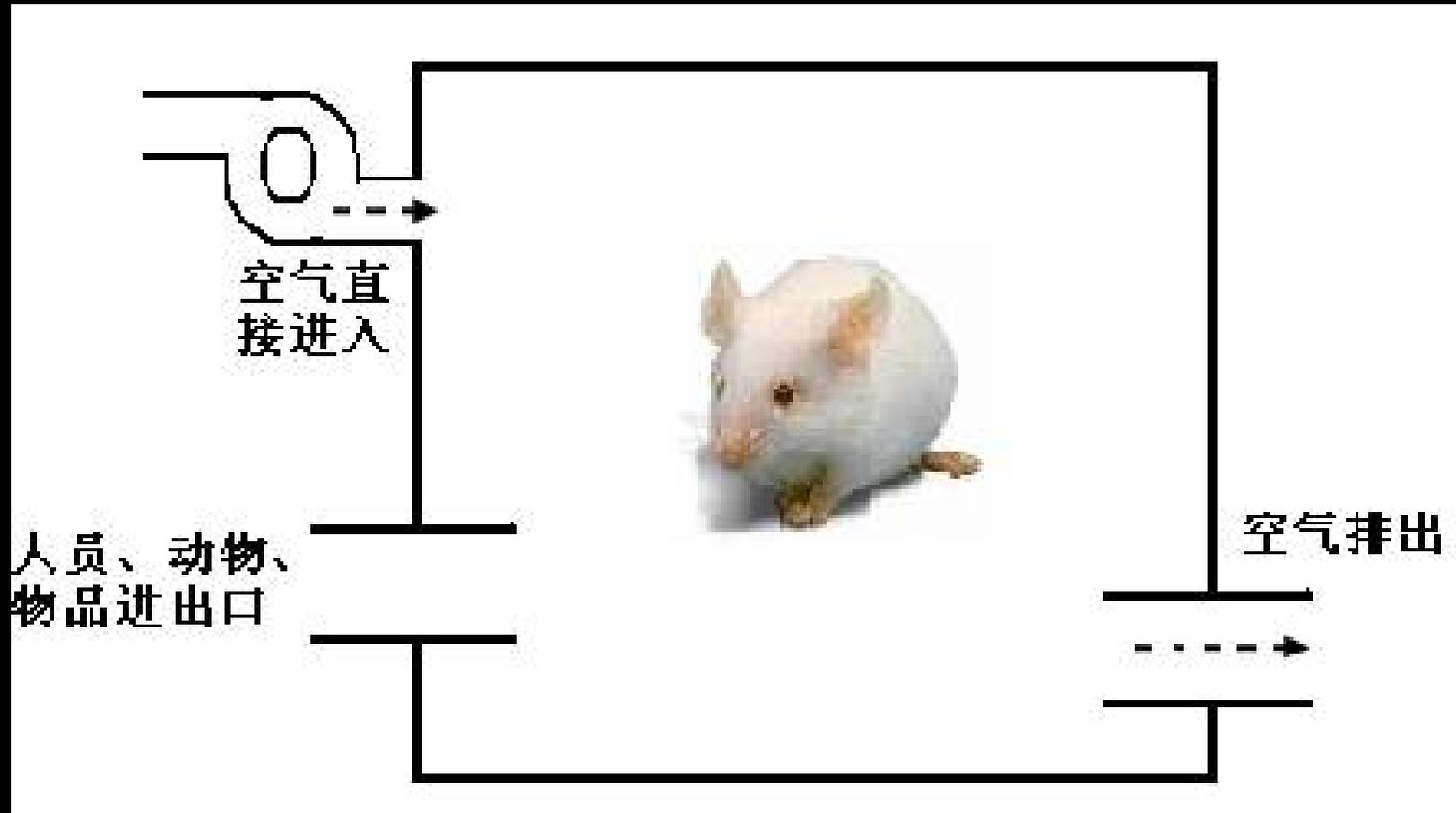
## (二) 实验动物设施的分类:

1、根据微生物控制程度的不同分为三类, 即:

### 普通(开放)设施(Conventional/Open facility):

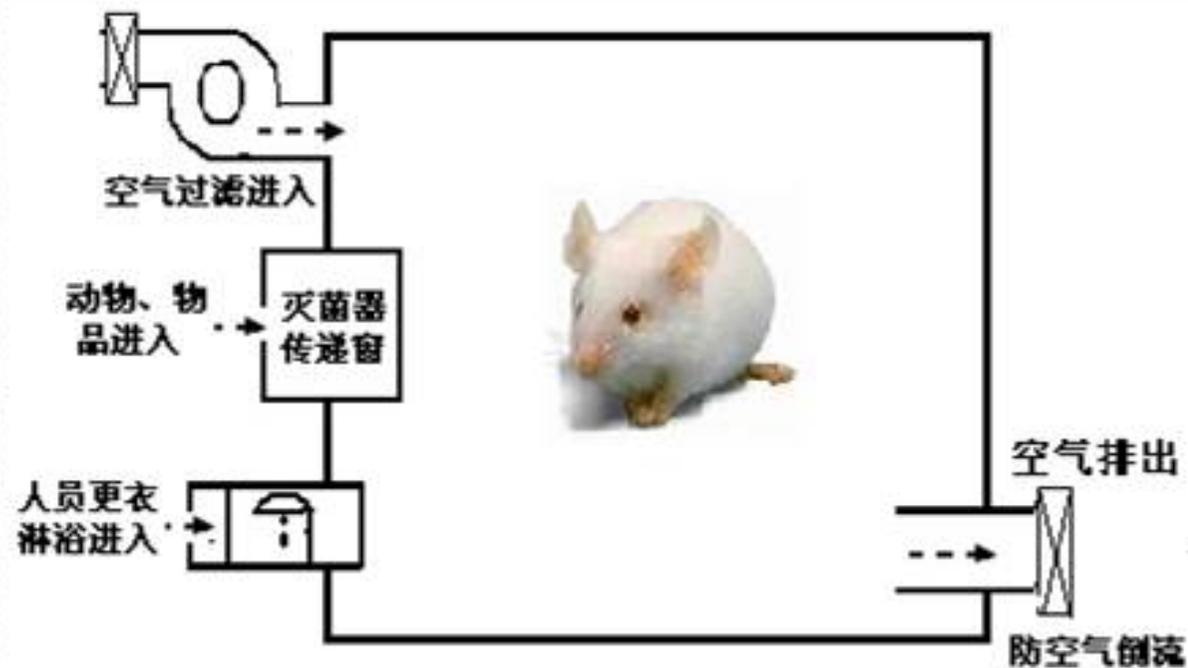
- 符合动物居住的基本要求;
- 不能完全控制传染因子;
- 适用于饲育教学等用途的普通级实验动物;
- 该设施内空气与外界环境相通, 但有必要的防野鼠、蚊蝇设施。

# 普通(开放)设施示意图



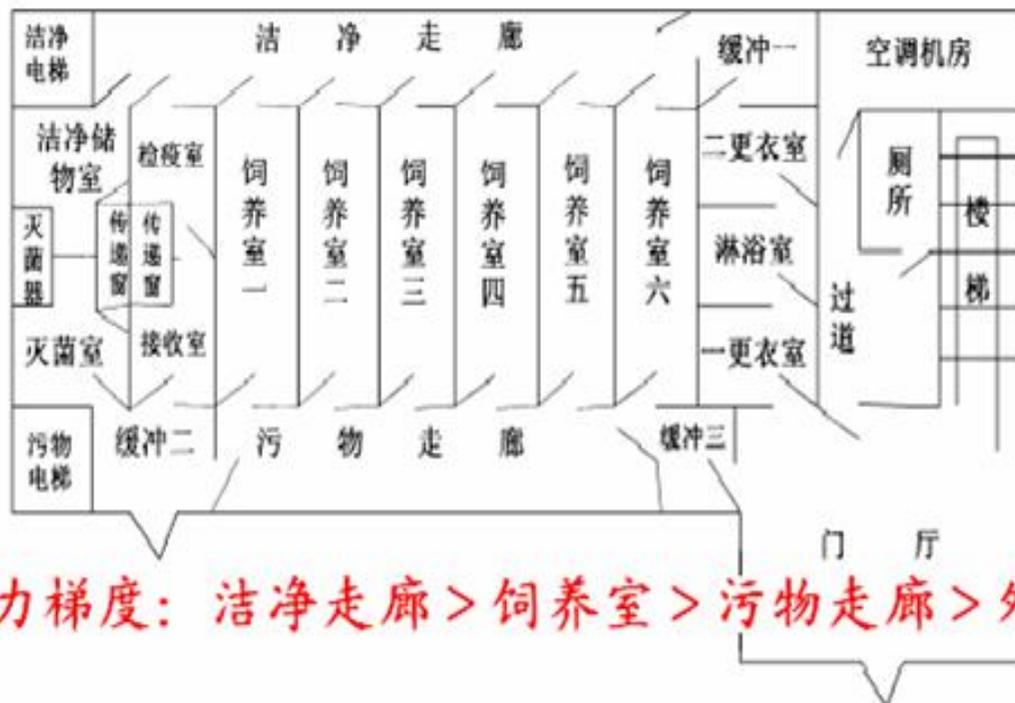
## 屏障设施（Barrier facility）：

- 适用于饲养**清洁级**及**无特定病原体(SPF)**实验动物；
- 进入系统的空气应经过初、中、高效三级过滤；
- 空气的洁净度达到**万级**；
- 进入设备的动物、饲料、水、垫料、实验用品均需有严格的微生物控制；
- 人员须经淋浴、更换灭菌服方可进入室内。

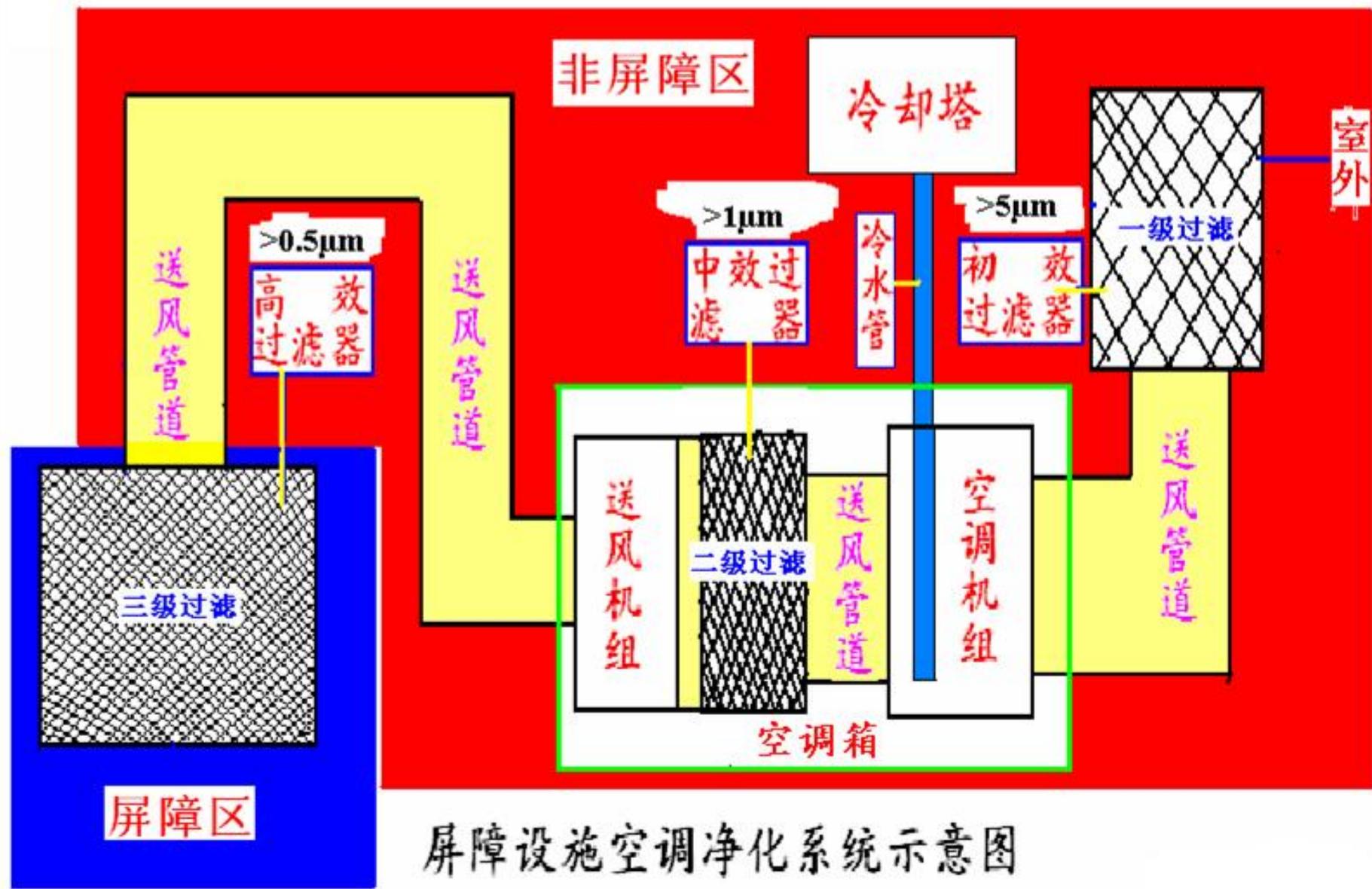


## 屏障设施示意图

## 屏障设施设施平面布局

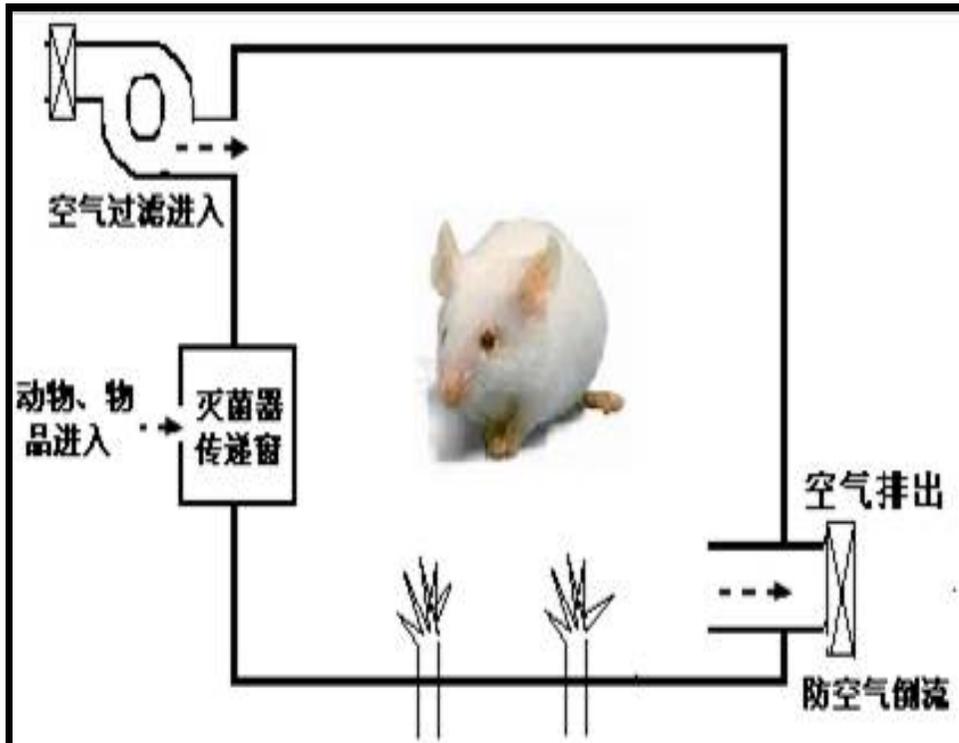


压力梯度：洁净走廊 > 饲养室 > 污物走廊 > 外界



## 隔离设施（Isolation facility）：

- 采用**无菌隔离装置**以保证无菌或无外来污染；
- 隔离装置内的**空气、饲料、水、垫料和设备均为无菌**，动物和物料的动态传递须经特殊的传递系统；
- 该设施既能保证与外环境的绝对隔离，又能满足转运动物时保持与内环境的一致；
- 该设施适用于饲养**SPF、悉生及无菌动物**。



## 隔离设施示意图

## 隔离器



排气管

进气管

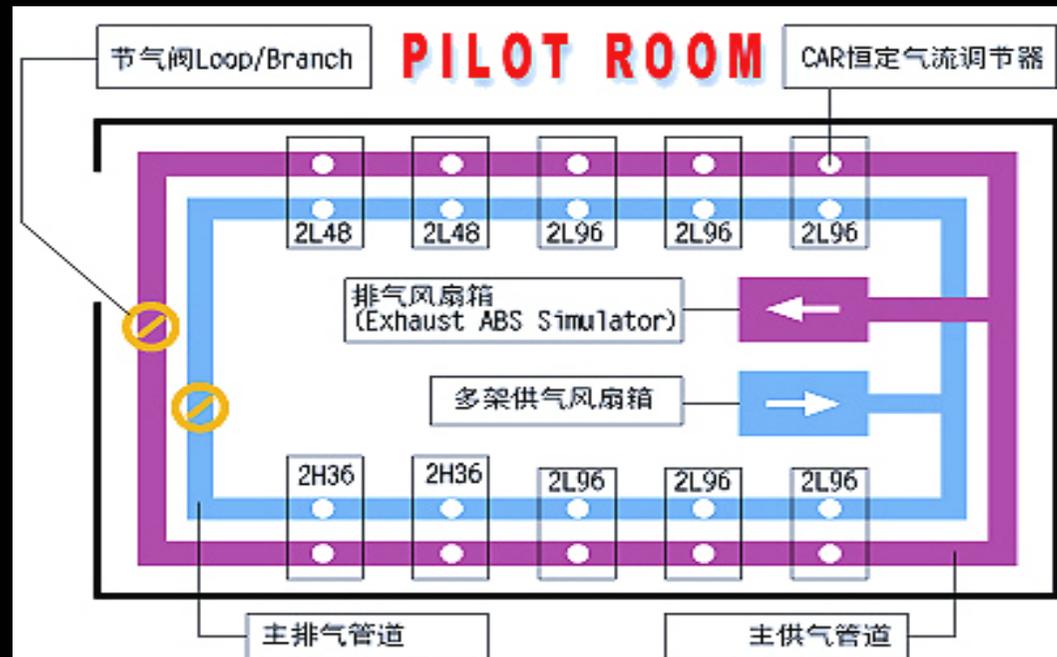
## 操作时：

- 工作人员只能通过**隔离器上的橡胶手套**进行操作；
- 物品通过包装消毒后，由**灭菌渡舱或传递窗**传入；
- 动物是经由**无菌剖腹产的方法**进入；
- 进入隔离器的空气，应经高效过滤，保证隔离器内空气洁净度达100级，无菌并维持正压状态。

## 改良的屏障设施——独立供气动物笼系统 (Independent Ventilation Cage, IVC)

该系统采用具有先进水平的微型隔离技术，通过在笼子内部输送经过高效过滤的空气以保证动物免受微生物的污染，可以使动物生活在一个相对隔离的环境中。在普通环境下加IVC就可成为一个清洁级的动物房。

# 独立供气动物笼系统(IVC)



## IVC优点

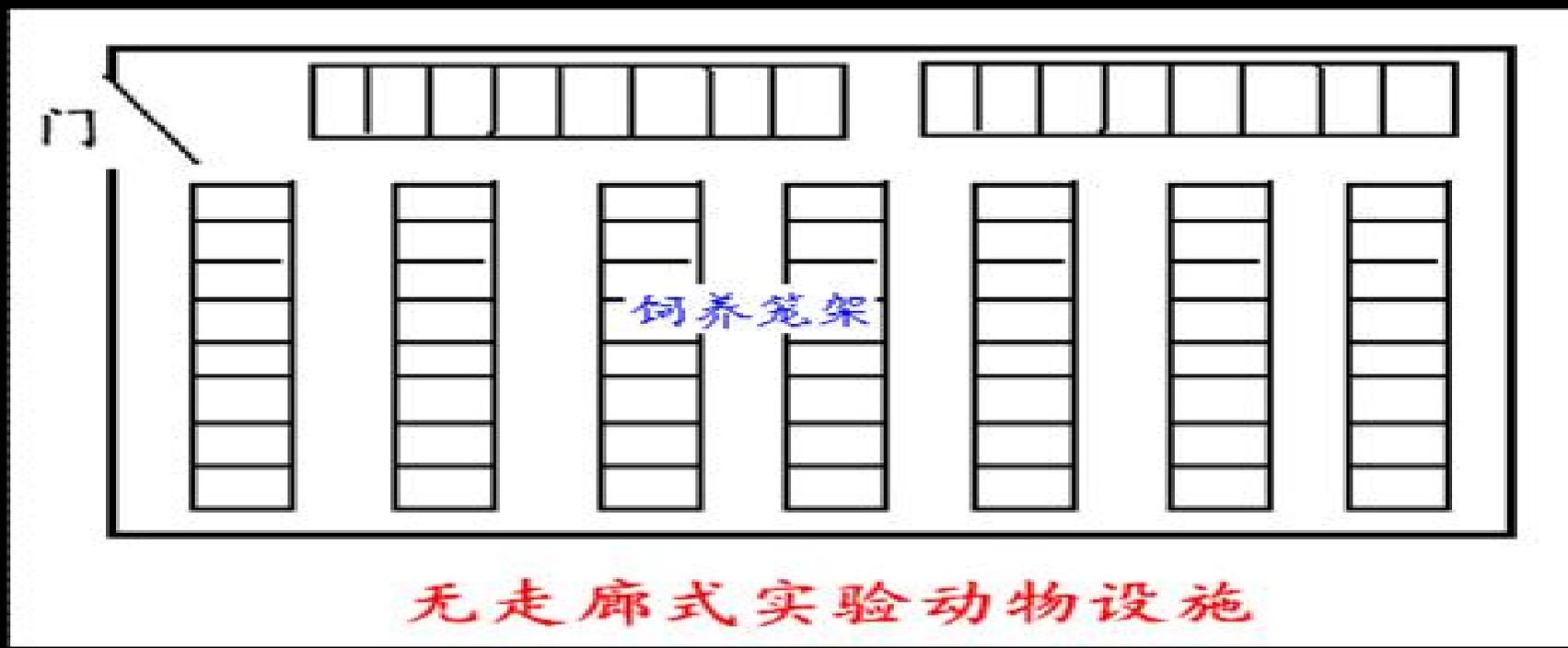
- 采用无菌级高效过滤保护，笼内 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 浓度低；
- 运行噪音 $<49\text{dB}$ ；
- 笼内正负压可进行监测和调节，有效保护动物及环境安全；
- 可自行调整笼内换气次数，笼内气体经高效过滤后排往室外，保护操作人员的健康；
- 适于饲养免疫缺陷动物、遗传研究用动物及SPF动物；
- 一次投资和日常维修及维持费用低。
- 摆放方便自由，动物搬运方便、可靠。
- 单组IVC可同时饲养多个品系动物，进行不同性质的动物实验，不会造成交叉污染，节省空间及能源。

## 2、按设施的平面布局分类:

### 无走廊式 (No Corridors)

**优点:** 可以最大限度的利用空间, 用于饲养品种单一和以实验为主的动物设施。

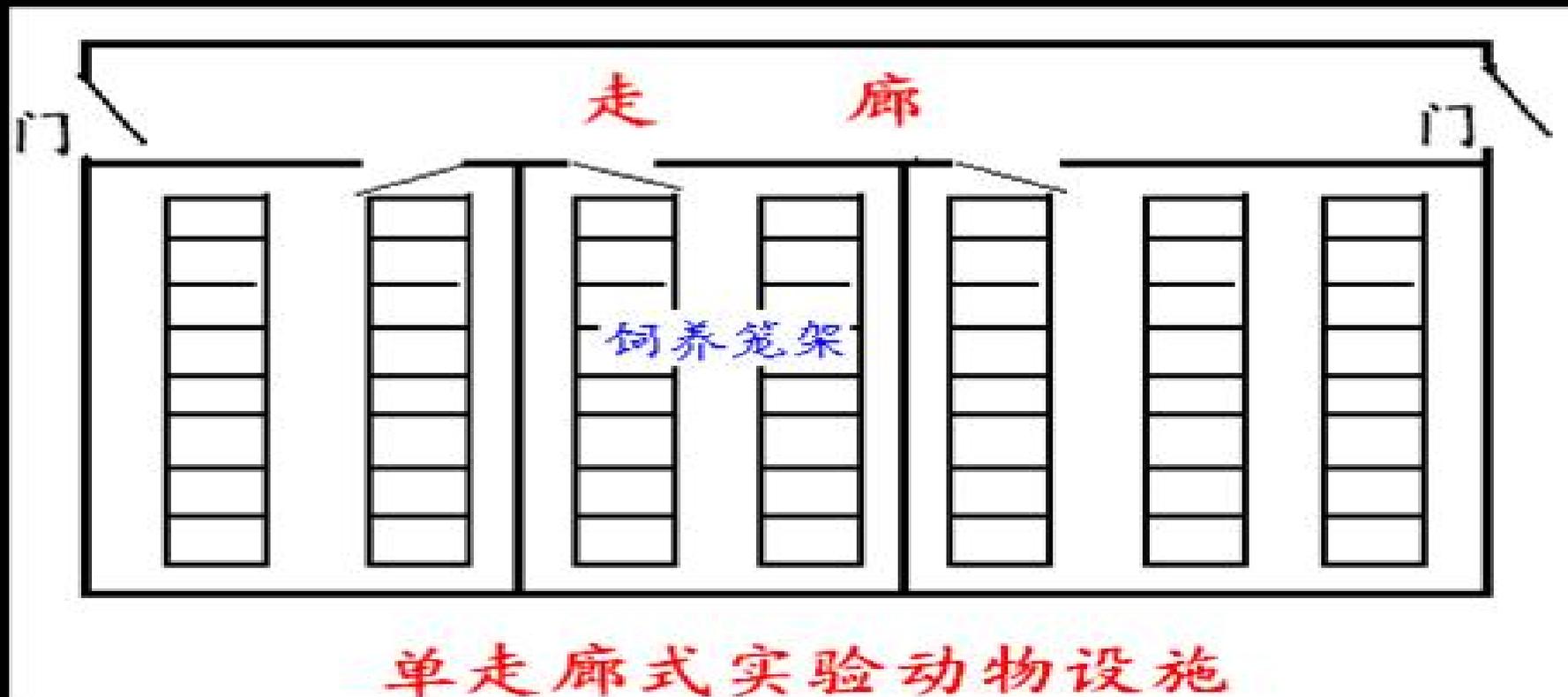
**缺点:** 进出路线交叉, 设施易受污染物影响。



## 单走廊式 (Single Corridor)

**优点:** 面积利用充分, 为动物的生产、实验提供最大空间;

**缺点:** 无法将污染区和清洁区分隔开来, 人流、物流交叉, 易受到污染。

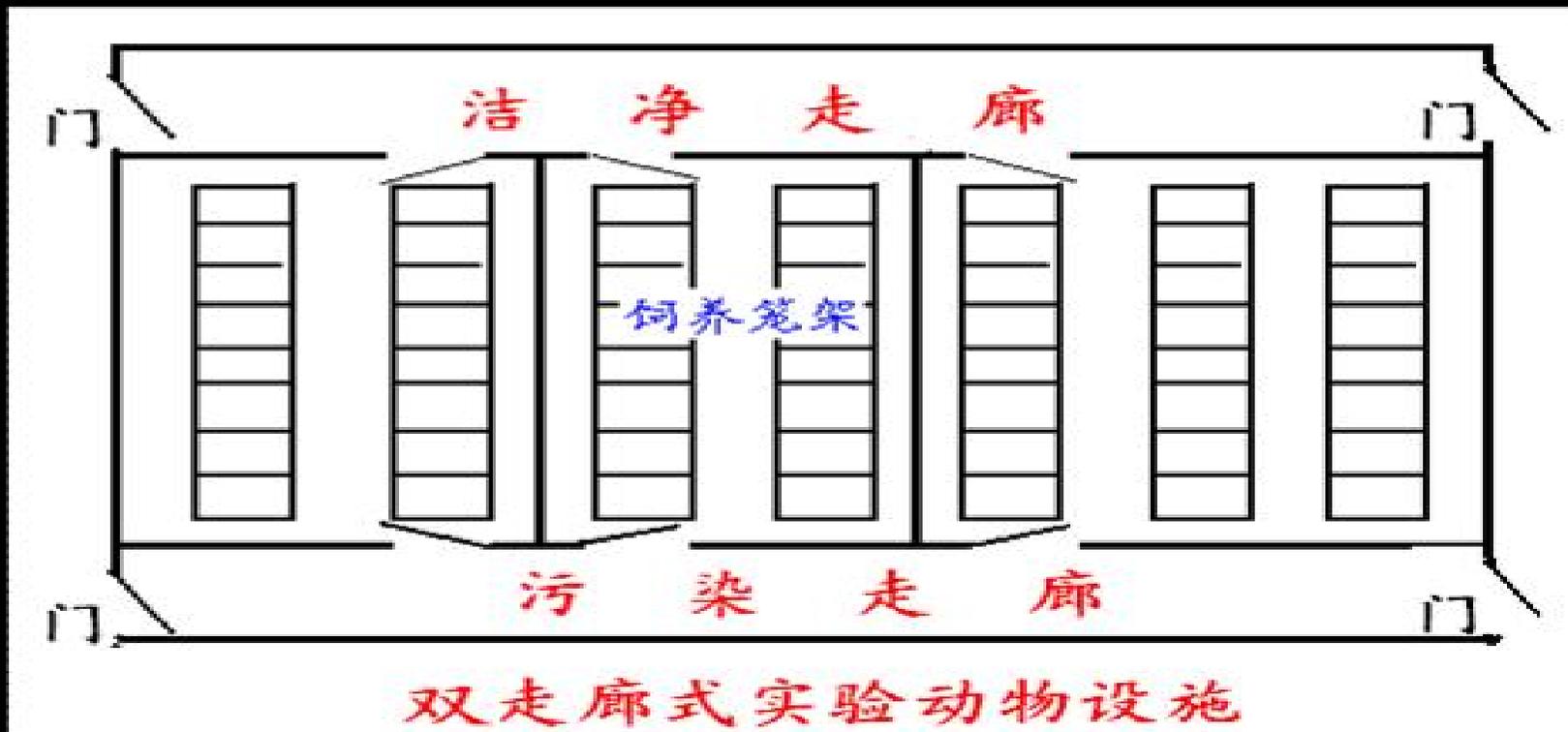


## 双走廊式 (Double Corridors)

最常用的一种屏障设施类型。

**优点：**可有效地分割**清洁区**和**污物区**，比较容易控制微生物的危害。

**缺点：**是有效利用面积减小。

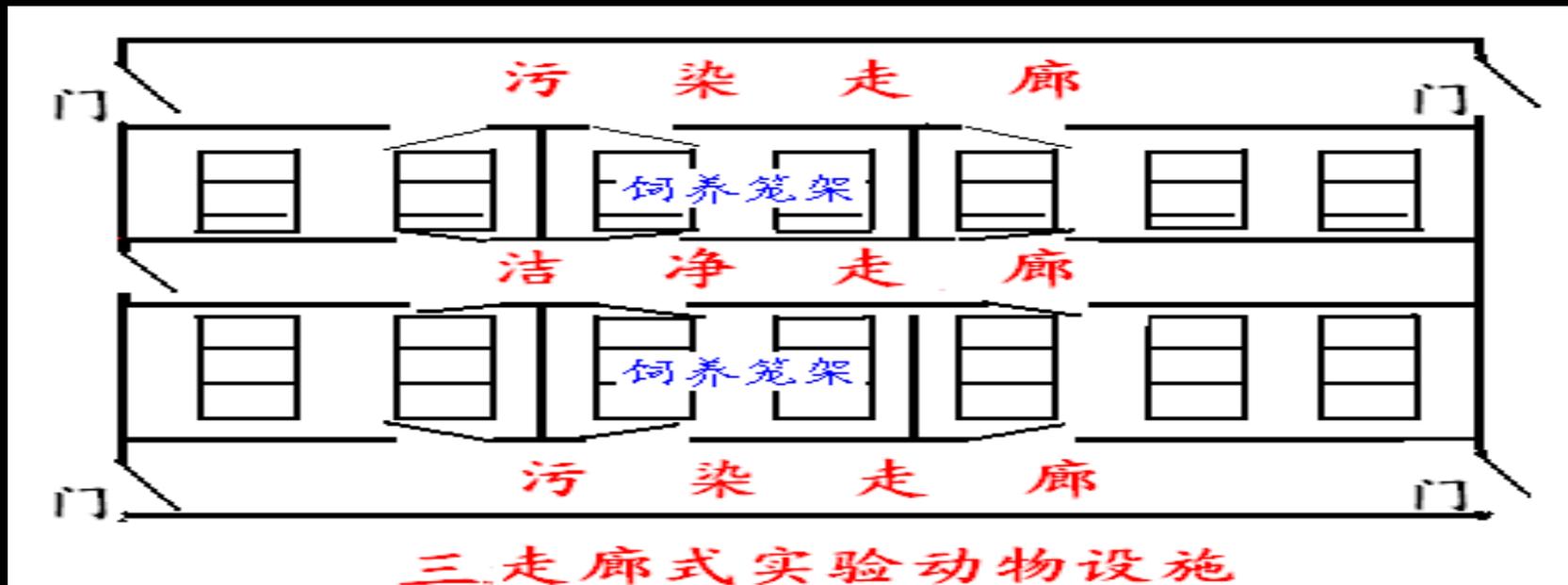


## 三走廊式 (Three Corridors)

最理想的一种屏障设施。

**优点：**人、动物、物品进入有专门通道，可**有效避免污物和洁净物品交叉**，人、物进出互不影响，可以大量长期饲养实验动物；

**缺点：**空间利用率低，而且**投资大、维持费用高**。



### 3、按设施功能分类

- **实验动物生产设施(Production Animal Facility):**  
实验动物的保/育种、生产、供应的设施
- **动物实验设施(Animal experimental Facility):**  
以动物实验或以动物为材料进行临床前药物研究、  
药品和生物制品检定等设施
- **特殊实验动物设施(Special Animal Facility):**  
感染动物实验设施、放射性物质实验的设施等

# (1) 感染动物实验设施生物危害程度分级

分级	处理对象的危害程度
一级	对人体、动植物或环境危害较低，不具有对健康成人、动植物致病的致病因子。
二级	对人体、动植物或环境具有中等危害或具有潜在危险的致病因子，对健康成人、动物和环境不会造成严重危害。有有效的预防和治疗措施。
三级	对人体、动植物或环境具有高度危险性，主要通过气溶胶使人传染上严重的甚至是致命疾病，或对动植物和环境具有高度危害的致病因子。通常有预防治疗措施。
四级	对人体、动植物或环境具有高度危险性，通过气溶胶途径传播或传播途径不明，或未知的、危险的致病因子。没有预防治疗措施。

## (2) 感染动物实验设施生物安全水平分级

根据所操作的生物因子的危害程度和采取的防护措施，将生物安全防护水平（Biosafety level, BSL）分为4级（即P1、P2、P3、P4）

实验室	危险程度	动物实验室	危险程度
BSL-1	低 ↓ 高	ABSL-1	低 ↓ 高
BSL-2			
BSL-3			
BSL-4			

### (3) 感染动物实验设施建筑特殊要求

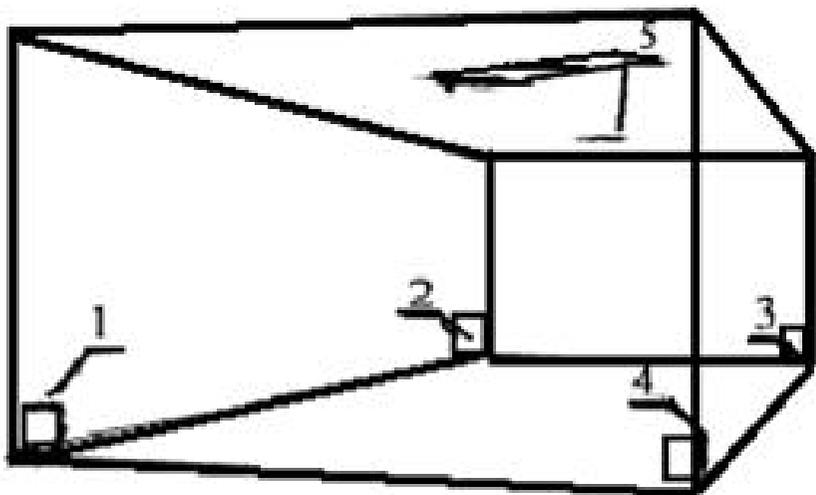
- 实验室内墙面应光滑，耐腐蚀，防水，易清洁消毒，密封；
- 围护结构的外墙应抗震，防火；
- 阴阳角用圆弧、密封；
- 地面防渗漏，光洁，防滑；
- 门可自动关闭，有应急的标识；
- 外围结构不应有窗户，内设窗户应防破碎，防渗漏及安全；
- 所有出入口应有阻止节肢及啮齿动物进入的设计。

## (4) 感染动物实验设施空气净化系统设计特殊要求

- 独立送排风系统，气流及压力梯度应保证是由清洁区到污染区，排出的空气确保通过高效过滤后由专用排风管排出；
- 送排风口应尽量对面分布，上送下排，且为直排式（无回风）；
- 送风为初、中、高效三级过滤，排风要经高效过滤后排放；
- 送、排风总管应安装气密型密闭阀；
- 应安装排风机及生物安全柜，自动联锁装置，保证实验室内正压及生物安全柜气流不倒流。

## 4、按实验动物设施内气流组织形式分类：

- (1) **乱流式**：又称非单向流洁净室，是指气流以**不均匀的速度或不平行的流动**，伴有**回流或涡流**的洁净室。可依靠送风气流不断稀释室内空气，把室内污浊气体逐渐地排出。
- (2) **单向流式**：气流以**均匀的截面速度**，沿着平行流线以**单一方向**在整个室截面上通过洁净房间，又称层流室或平行流室。

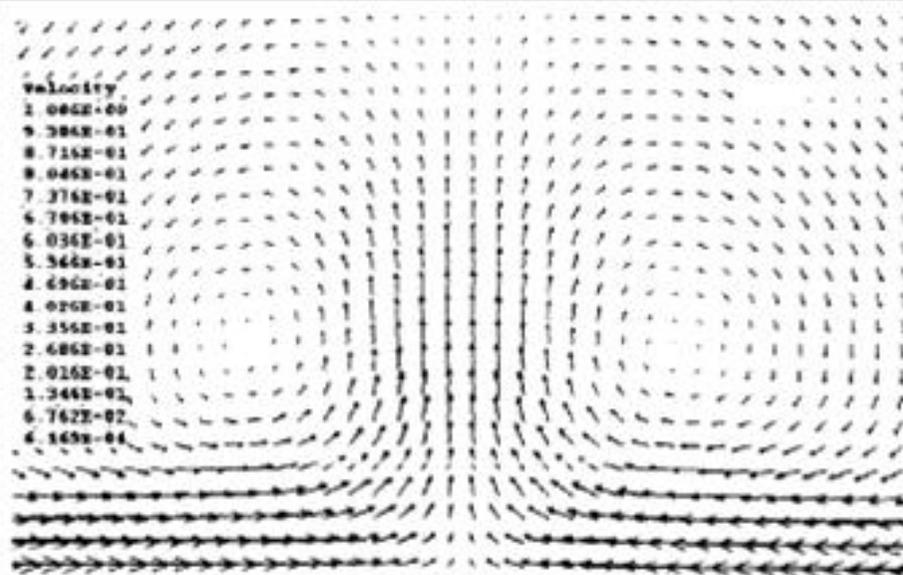


实验动物房内部送、排风示意图

(1、2、3、4为回风口，5为送风口)

顶送侧排

涡流或乱流



典型实验动物房气流组织形式

### (三) 实验动物设施设备的分类

- 1、动力设备：风机、空调机组、发电机、锅炉、水泵；
- 2、净化设备：初、中、高级过滤器、传递窗、渡槽、高压灭菌器、紫外线灯、喷雾器；
- 3、实验用设备：多种多样；
- 4、饲养设备：动物笼具(架)，盒，隔离器等。



中央空调



电蒸汽锅炉

动力设备



双扉高压蒸汽灭菌器



传递窗

渡槽

净化设备



喷雾消毒



初效过滤器



中效过滤箱

## 净化设备



饲养设备

## 四、实验动物设施运行管理

### （一）设施的人员配备：

- 设施内工作人员应相对固定；
- 设施内工作人员应有具备一定专业知识；
- 设施内工作人员专业应齐全，如繁殖生产、实验（手术）室管理、动物质量监测、机械设备管理和维修、后勤保障和清洁人员等。

## （二）饲料、饮水和垫料的管理

- **饲料**：动物饲料应符合其营养所需，生产、贮存时间不宜过长、防止霉变，应采取必要的通风、干燥以及防蚊蝇和野鼠措施；**清洁级以上动物的饲料应按级别进行消毒或灭菌。**
- **饮水**：水质要求一般按生活饮用水卫生标准的要求即可，**饮用灭菌水或酸化灭菌水。**
- **垫料**：应使用无毒、无异味、无油脂、吸湿性强、粉尘少的材料，**经消毒或灭菌后使用。**

### （三）实验动物设施（屏障环境）的运行管理

#### 1、空调净化、消毒灭菌等设备的维护管理：

**空调净化设备：**是维持屏障设施内环境的温度、湿度、气压、风量、换气次数和空气洁净度在一定范围。过滤器的**定期更换**和**空调净化机组的定期维护保养**对屏障设施的安全运行至关重要。一般**更换时间：**初效过滤器1-2次/周，中效过滤器1-2次/月，高效过滤器1次/年，**空调净化机组维修1~2次/年。**

**消毒灭菌设备：**包括真空高压灭菌器和电蒸汽发生器，二者均为压力容器，必须配备专职人员和进行定期的压力部件的试验，以保证设备的正常运转。

## 2、人员、物品进入屏障设施的程序

### (1) 人员进出屏障设施的基本要求和程序

- 所有进出人员应养成良好的卫生习惯；
- 所有进出人员应养成**随手关门**的好习惯，并能严格遵守“**人员入室流程图**”所示的方向和要求**单向流动**；
- 进入按以下顺序，即：更衣-淋浴-更灭菌衣--洁净走廊--动物实验室-污染走廊--洗消室--更衣--外部。
- 所有进出人员必须严格遵守屏障设施管理规定。

## (2) 物品进出屏障设施的基本要求:

### 进入屏障设施内的物品传入方式:

- **双扉高压蒸汽灭菌器**: 耐高压蒸汽灭菌物品的灭菌。
- **带紫外线消毒的传递窗**: 不耐高温高压、不能药液浸泡以及内包装已经由**高压蒸汽**、 **$^{60}\text{Co}$ 辐照**和**环氧乙烷**等灭菌方式灭菌过的物品的灭菌。
- **盛满消毒液的不锈钢渡槽**: 不耐高温高压和不便于从传递窗传入的物品的灭菌。



双扉高压蒸汽灭菌器



传递窗

渡槽

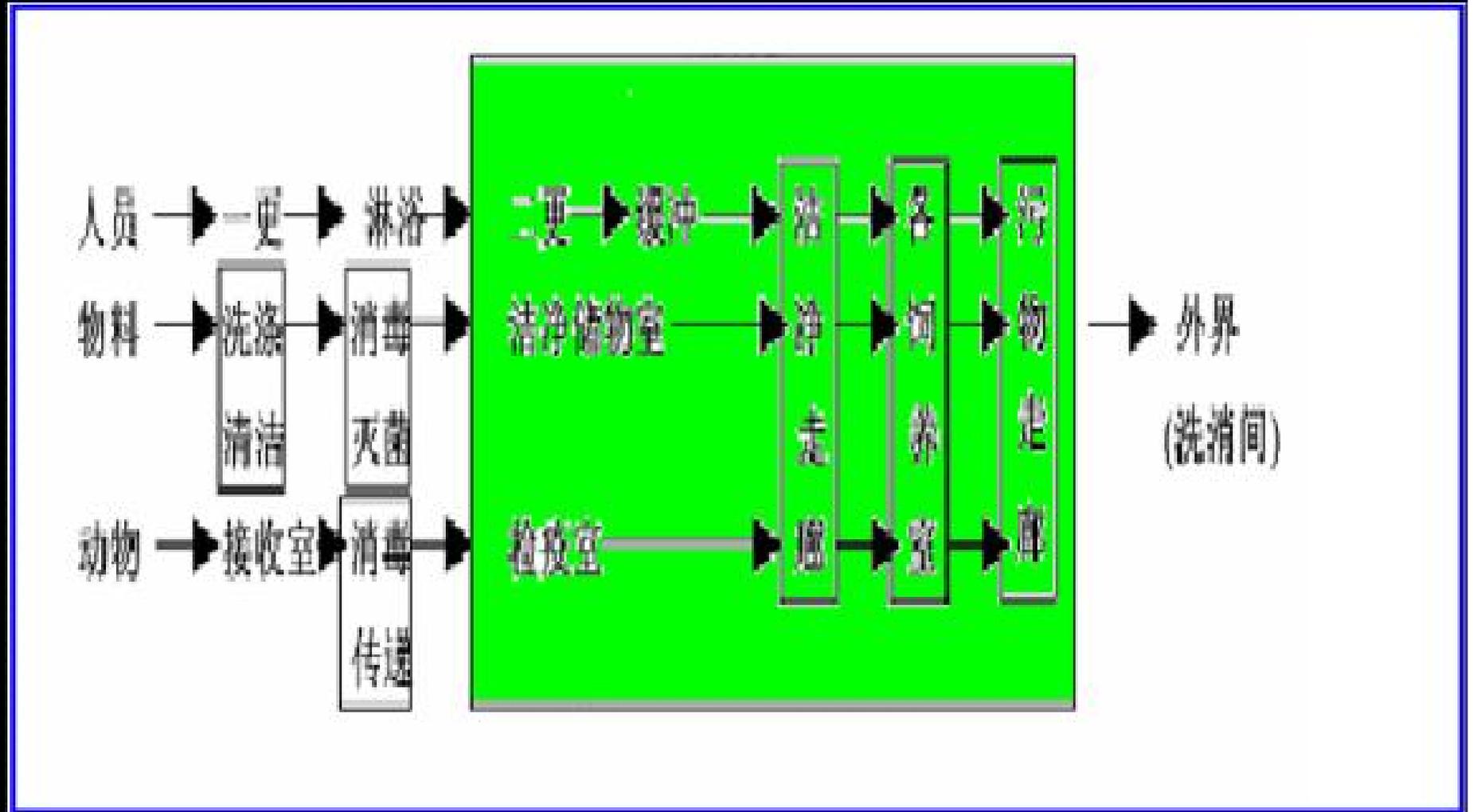


淋浴器

### (3) 动物进出屏障设施的基本要求:

- 引入的动物应为相应的等级;
- 引进的动物需有明确的动物品种/系、性别、数量、出生日期和质量合格证及遗传背景资料等;
- 动物到达后应先检查运输盒的密封材料的完整性;
- 验收后, 按以下顺序将动物传入: 动物 (专用包装盒) — 传递窗 — 检疫室 — 清洁走廊 — 饲育室或实验室 — (实验后或生产供应) — (经包装) 污染走廊 — 外部。

# 屏障设施人员、物品、动物流程模式图



### 3、屏障设施启用前的净化程序

- **除尘**—天花、墙壁、地面、门窗、超净工作台内外、工作车、饲养笼架等的彻底清洁和擦拭。
- **药液擦拭消毒**—用不同浓度的消毒剂依次进行擦拭消毒，两种消毒液之间应有一定的作用时间。
- **喷雾消毒**—用0.2%过氧乙酸对室内空气、设备内外表面、饲养笼架等进行彻底喷雾消毒。
- **熏蒸消毒**：人员穿戴好防护服后，将  $\text{KMnO}_4$ 和甲醛按比例混合，人员撤出屏障区后密封门，48小时后开启送、排风机组，待药味完全排尽后再进行微生物检测，合格后即可正式投入使用，否则需重新净化。

## 4、动物运输管理

动物运输应符合**安全**和**微生物控制等级**要求。  
不同品种、品系和等级的动物**不得混合装运**。动物运输应配置**专用车辆**，**专人负责**，**定期消毒、保洁**，车辆应装有**空调设备**。运输笼具须经**消毒、灭菌**后方可回收使用。



**SPF级实验动物运输车**

**动物运输车内部**



## 5、污物和动物尸体的处理

实验动物设施内的污物（如：动物粪尿）须经**无害化处理**；动物饲料、垫料和动物尸体则需**集中焚烧**，实验过程中偶发的个别动物死亡，需剖检后放入**双层塑料袋内冻存**，积聚到一定数量后统一集中焚烧，切忌随意丢弃，以免造成环境污染。

## 五、实验动物的法规与科学管理

当前世界各国都有不同的立法形式来管理实验动物工作，以**确保实验动物质量和动物实验效果**，从而保证科研成果水平和产品质量。与实验动物有关的法律条文，一般分**两类**：**一类**是涉及**实验动物质量和保护**方面的，其目的是保障动物实验取得可靠结果，**另一类**是涉及**实验动物进出口及运输**过程中，保护人类和其它动物或环境免遭动物危害和疾病污染。

## 管理机构

- 科技部 → 科技厅 → 省实验动物管理委员会
- 卫生部医学实验动物管理委员会
- 国家药品监督管理局实验动物管理委员会

## 监测机构

- 国家 → 地方（省级实验动物监测所/站）

## 法规

《实验动物管理条例》

《实验动物质量管理办法》

《实验动物许可证管理办法(试行)》

《广东省实验动物管理条例》（2010.10.01）

国内第一部实验动物管理法规：

《实验动物管理条例》88年10月由国务院批准原国家科委颁布。

# 实验动物管理条例

## 第四章 实验动物的应用

**第十九条** 应用实验动物应当根据不同的实验目的，选用相应的合格实验动物。申报科研课题和鉴定科研成果，应当把应用合格实验动物作为基本条件。应用不合格实验动物取得的检定或者安全评价结果无效，所生产的制品不得使用。

**第二十条** 供应用的实验动物应当具备下列完整的资料：

- （一）品种、品系及亚系的确切名称；
- （二）遗传背景或其来源；
- （三）微生物检测状况；
- （四）合格证书；
- （五）饲养单位负责人签名。

无上述资料的实验动物不得应用。

97年12月国家科委（现科技部）和国家技术监督局（现国家质量监督检验检疫总局）颁布了《实验动物质量管理办法》，其中第三章规定：

### 第三章 实验动物生产和使用许可证

**第九条** 实验动物生产和使用，实行许可证制度。实验动物生产和使用单位，必须取得许可证。

**第十条** 从事实验动物繁育和商业性经营的单位，取得生产许可证，必须具备下列基本条件：

1. 实验动物种子来源于国家实验动物保种中心，遗传背景清楚，质量符合国家标准
2. 生产的实验动物质量符合国家标准；
3. 具有保证实验动物质量的饲育、繁育环境设施及检测手段；
4. 使用的实验动物饲料符合国家标准；
5. 具有健全有效的质量管理制度；
6. 具有保证正常生产和保证动物质量的专业技术人员、熟练技术工人及检测人员，所有人员持证上岗；
7. 有关法律、行政法规规定的其他条件。

**第十一条** 从事动物实验和利用实验动物生产药品、生物制品的单位，取得**使用许可证**必须具备下列基本条件：

- 1、使用的实验动物必须有合格证；
- 2、实验动物饲育环境及设施符合国家标准；
- 3、实验动物饲料符合国家标准；
- 4、有经过专业培训的实验动物饲养和动物实验人员；
- 5、具有健全有效的管理制度；
- 6、有关法律、行政法规规定的其他条件。

**第十七条** 未取得实验动物生产许可证的单位，  
一律不准饲养、繁育和经营实验动物。

未取得实验动物使用许可证的单位，进行动物实验和生产药品和生物制品所使用的实验动物，一律视为不合格。

## 进行科研动物实验时必需填写：

- 南方医科大学医学动物实验申请单
- 南方医科大学动物实验伦理审查表

# 第四节 营养和动物实验

南方医科大学

实验动物中心 & 比较医学研究所

# 主要内容

- 实验动物所需的营养素
- 饲料中的能量
- 实验动物的营养需要
- 实验动物饲料
- 营养因素对动物实验结果的影响



恶劣生态环境  
导致的骆驼  
“营养不良”



营养不良的非洲儿童



“问题奶粉”喂养出  
来的“大头娃娃”

食物短缺、食品安全等越来越威胁着人类和动物的生存！



体重明显超标的宠物鼠  
(澳大利亚)



欧洲大街上的肥胖妇女

英国政府08年8月份发布的一项报告预测，到2010年，英国2岁至15岁孩童中，男孩的肥胖率将达到19%，女孩将达到22%。

肥胖，已经成为当今世界各国的一个社会问题！

# 一、实验动物所需的营养素

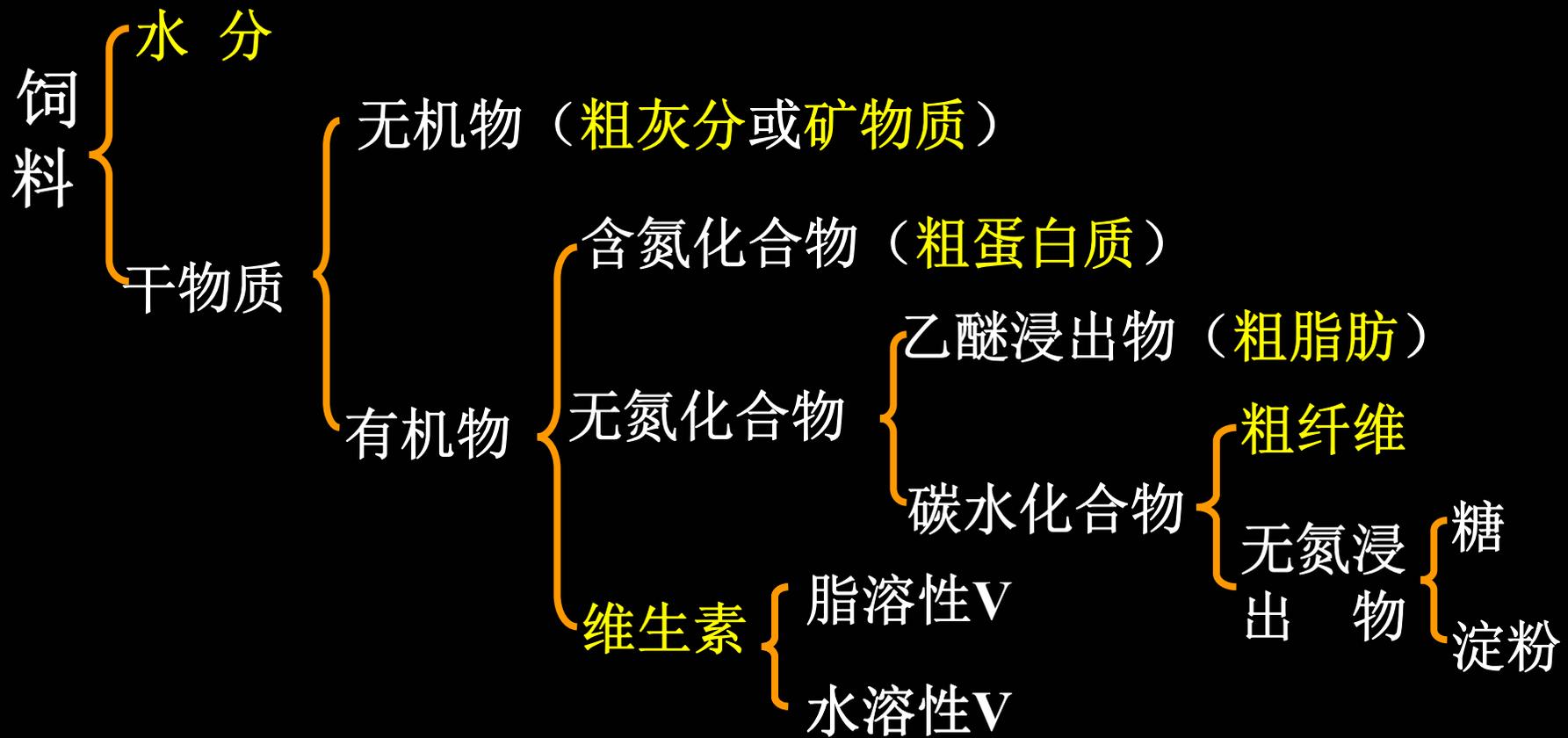
➤ **营养素 (nutrition)** —指生物体为了**维持生命**而从外界以**食物形式**摄入的必需物质。

➤ **实验动物所需营养素的种类:**

到目前为止已知动物机体所需的各种营养物质达**50**余种，其中最主要的可划归六大类，**即:**

**Protein、 Lipids、 Carbohydrates、  
Mineral、 Vitamin、 Water。**

# 饲料中营养成分组成



其中：

**作为能量来源：**脂肪、碳水化合物、蛋白质；

**作为身体构成成分：**蛋白质、矿物质；

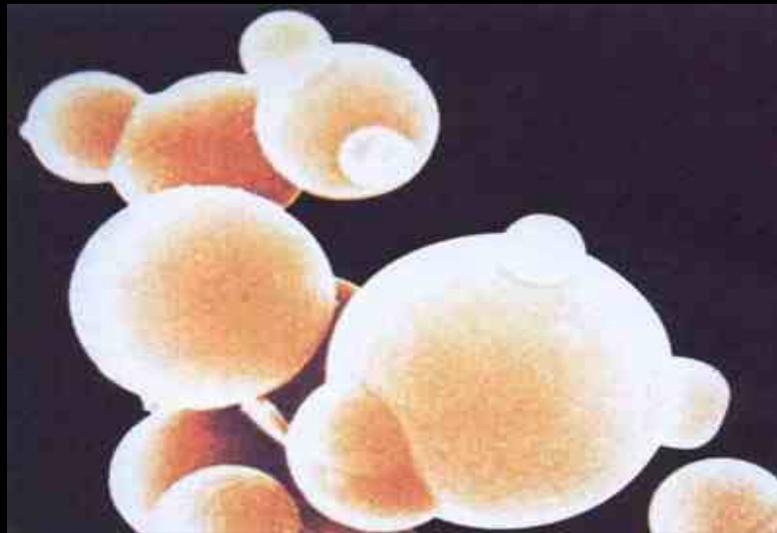
**调节身体功能：**维生素、矿物质。

合理搭配这6类50余种营养物质，可以满足实验动物的各种生理需要。

## (一) 蛋白质 (Protein)

**1、营养学作用：**是动物维持生命、生长发育、繁殖不可缺少的营养物质。

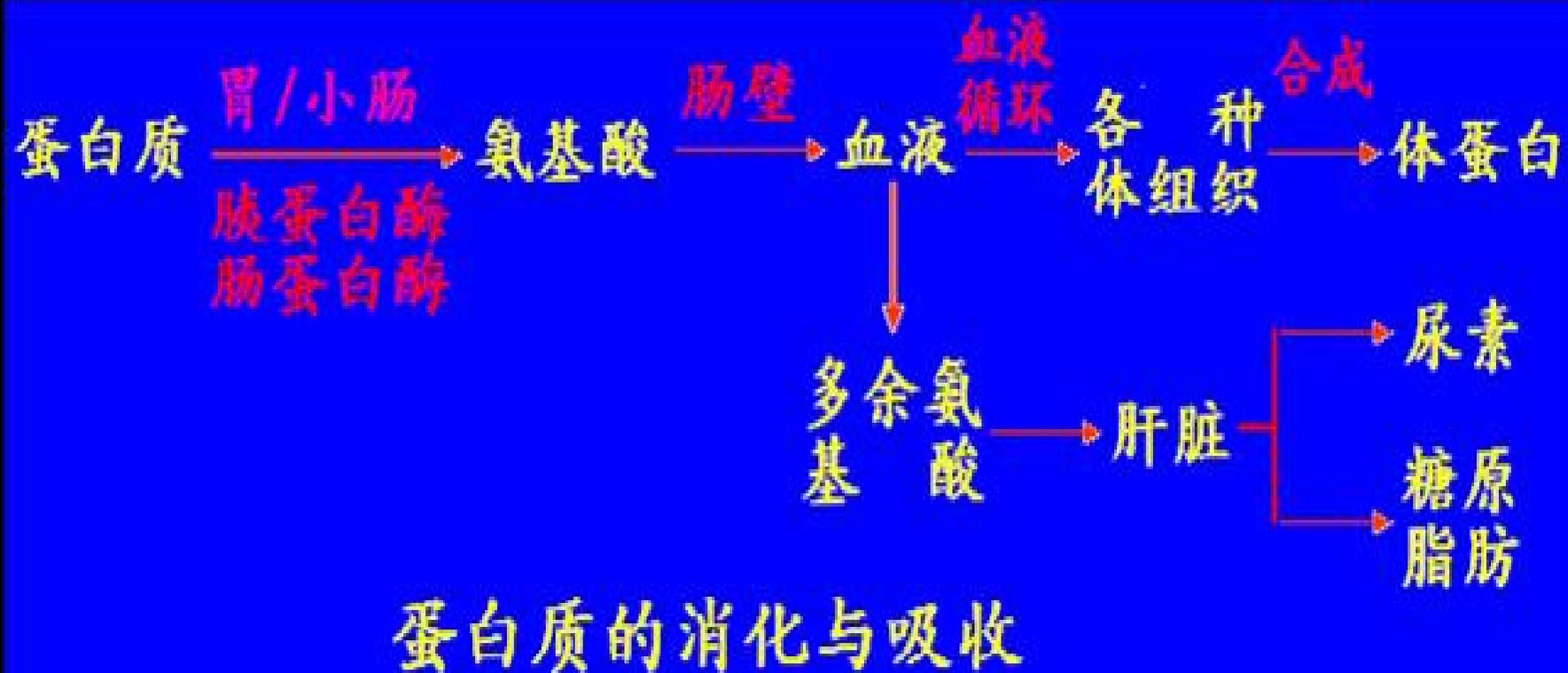
- 构成体组织、体细胞的基本原料(如肌肉、神经、内脏器官、皮肤、血液等);
- 维持动物生命/生长/繁殖不可缺少的物质(新陈代谢);
- 组成生命活性物质的原料(如酶、部分激素和抗体等)。



一般来讲，成年的实验动物体内蛋白质约占体重的15%~18%。蛋白质缺乏可导致动物消化机能减退、生长发育受阻、繁殖性能下降等现象。

因此，在设计动物饲料配方时，就必须充分考虑蛋白质的供给量。

## 2、消化与吸收:



蛋白质由氨基酸组成，饲料中的蛋白质必须分解成氨基酸，才能被吸收。氨基酸又分为以下2种：

- **必需氨基酸**：动物体内不能合成或合成数量满足不了动物的需要，必须由饲料供给的氨基酸，称之为 **essential amino acid**。
- **非必需氨基酸**：动物体内能够合成，不依赖饲料供给的氨基酸，称之为 **nonessential amino acid**。

# 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

## 氨基酸平衡与氨基酸失衡

- **氨基酸平衡**：是指日粮**氨基酸组分**之间的**相对含量**与动物**机体氨基酸需要量**之间比值较为一致的相互关系，其**利用率越高，营养价值也越高**。
- **氨基酸失衡**：一种或几种**必需氨基酸过多或过少**，相互间比例**与动物的需要不一致**，从而造成饲料利用率降低，生长迟缓、繁殖力下降的现象。

## (二) 脂类 (Lipids)

是脂肪和类脂的总称。

- ✓ **脂肪**：是动物体内的**储备脂类**，又称甘油三酯，是由**1分子脂肪酸+3分子甘油**结合而成。

**构成脂肪的脂肪酸分为：**

- **饱和脂肪酸**：脂肪酸碳链中碳原子以**碳-碳单键**相连。  
如猪、羊、奶油等动物脂肪多为饱和脂肪酸，常温下多为固态。

➤ **不饱和脂肪酸**：脂肪酸碳链中部分**碳原子**互相以**双键**相连，**如**：**亚油酸**、**亚麻酸**和**花生四烯酸**（又称必需脂肪酸）。如植物油脂中的**芝麻**、**花生**、**菜籽油**主要成分是不饱和脂肪酸，常温下多为液态。

**有研究认为：**

- **饱和脂肪酸**可促进**动脉粥样硬化**的发生(**动物油脂**)；
- **不饱和脂肪酸**可预防**动脉粥样硬化**的发生(**植物油脂**)。

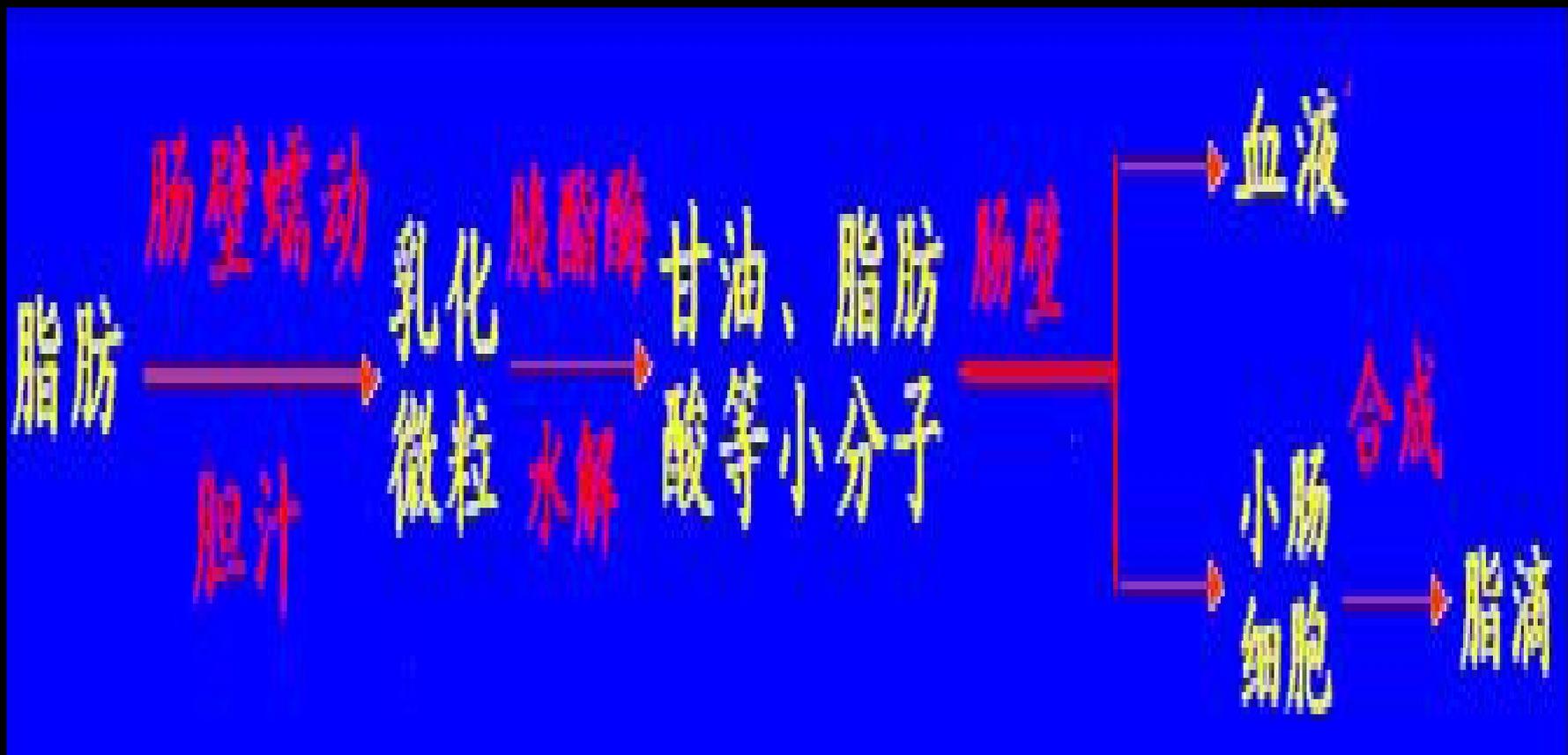
✓类脂：为动物体内的组织脂类，由脂肪酸+甘油+其它含氮化合物结合而成，它包括脑磷脂、卵磷脂、胆固醇等，是细胞膜和神经等组织的重要组成成分。

一般在以植物原料为主的饲料中，必需脂肪酸不易缺乏，故很少另外添加。

## 1、营养学作用：

- 是动物体内**能量储存和供应**的主要形式，饲料中脂肪含量越高，动物体内所含能值也越高。
- 是构成**动物组织**的重要组成部分，如神经、肌肉及血液等组织中均含有脂肪。
- 作为饲料中**脂溶性V的溶剂**，促进**脂溶性VA、VD、VE、VK**的消化、吸收和利用。
- 还有**保温**，以及**缓冲外力**的保护作用。

## 2、消化与吸收：小肠



### 3、必需脂肪酸缺乏症：

EFA主要来源于植物性饲料，如果饲料中EFA缺乏，可导致幼年动物生长受阻、繁殖性能低下、死亡，以及脂溶性V缺乏等。

**Rat:** 脱毛、尾坏死、生长停滞、死亡

**其他动物:** 生殖机能下降、泌乳量降低、脱毛等。

### （三）碳水化合物（carbohydrates）

是植物性饲料中含量最多的营养物，它主要由碳、氢、氧三种元素构成，包括：

- **粗纤维**：包括纤维素、半纤维素和木质素。
- **无氮浸出物**：包括淀粉和糖类，是机体能量的主要来源。

**粗纤维**是饲料中**最难消化的物质**。但它对**兔、豚鼠等草食性动物**却是必不可少的，如粗纤维含量不足，可造成消化机能紊乱，产生消化道疾病等。

## 粗纤维的营养功能：

(1) 粗纤维容积大，吸水量大，且较难消化，可填充胃肠，使动物有**饱胀感**；

(2) 粗纤维对**消化道粘膜有刺激作用**，可促进胃肠的蠕动和粪便的排泄。

## 无氮浸出物的营养作用：

- 是动物体内**能量的主要来源** **供能**：被消化吸收的葡萄糖大部分氧化分解产生热能，以维持动物能量所需；**贮能**：葡萄糖另一部分则形成肝糖元和肌糖元贮存以备急需所用。
- 参与体内**生理功能调节**（如**体内氧化**）。
- 是动物形成**体脂肪和组织、器官**的重要原料。

## 碳水化合物消化与吸收:

在口/胃/小肠经酶水解, 由长链→短链→双糖→单糖→由小肠吸收入血→肝脏代谢或被其它器官利用。

## (四) 矿物质 (mineral)

在动物体内含量很少(占BW3-5%), 是动物生长发育和繁殖等生命活动中不可缺少的一些金属和非金属元素, 根据矿物质在动物体内含量不同分为:

常量元素包括Ca、P、Na、Cl、S等 (>0.01%)

微量元素包括Fe、Cu、I、Mn、Se等 (<0.01%)

**1、营养学作用：**在动物体内既不能合成也不能在代谢中消失，只能排泄于体外；含量少但对动物的生命活动却很重要。

➤ 构成体组织、细胞的成分(如80%~90%以上的钙和磷是构成骨骼和牙齿的重要成分)等；

- 对机体的各种生理过程起着重要作用(如铁参与血液对氧的运送过程; 钙参与对血液和组织液的调节; 钾和镁参与糖和蛋白质的代谢);
- 维持渗透压、酸碱平衡和神经肌肉的兴奋性(如钾、钠、氯参与细胞内外渗透压及机体酸碱平衡; 钠大量存在于肌肉中,使肌肉兴奋性加强);

➤构成各种**酶**、**激素**、**Vitamin**、**蛋白质**和**核酸**的成分等(如**硒**是**谷胱甘肽过氧化物酶**的主要成分)。

**2、缺乏症：**长期缺乏会导致各种缺乏症，食用过多又会有害。

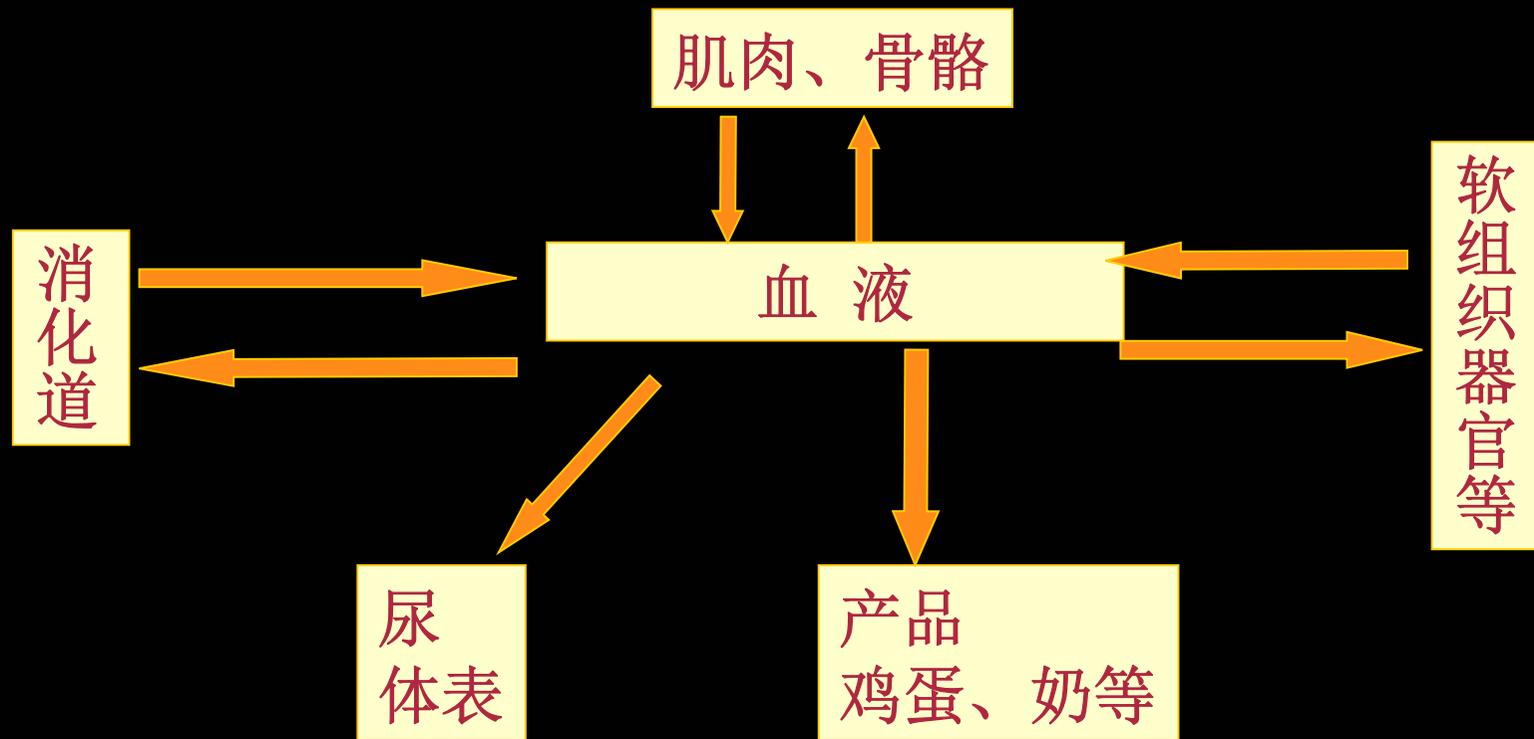
**缺Ca:** 幼畜佝偻病

**缺Fe:** 缺铁性贫血

**缺 I:** 甲状腺肿大

**缺Na:** 动物发育迟缓

# 矿物质元素在体内的动态平衡



## （五）维生素（vitamin）

是一组化学结构不同、营养作用和生理功能各异的一类微量低分子有机化合物。

➤作用：维生素在体内既不参与机体组成，也不提供热能，主要作为代谢过程的激活剂，调节控制机体的代谢活动。

➤ **分类：** 维生素分为2类：

□ **脂溶性Vitamin:** VA、VD、VE、VK，可溶于脂肪和脂肪溶剂，不溶于水。

□ **水溶性Vitamin:** 主要是VB、VC族，体内不大量储存，短时间缺乏或不足均会引起体内某些酶活性的改变。

**豚鼠和猴**体内不能合成维生素C，须由饲料供给。

# 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
-----	------	-----	----

## 脂溶性维生素

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	脂，如花生油、玉米油；绿色植物、蛋、鱼肝油

## 水溶性维生素

维生素B1	参与糖代谢	多发性神经炎	谷类、豆类、酵母
维生素B2	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

## (六) 水 (water)

水是生命之源



《大海航行靠舵手》  
“鱼儿离不开水呀  
瓜儿离不秧  
.....”



水的重要性仅次于氧气，没有水的存在，任何生命活动都无法进行；水是动物体内含量最多的营养物质之一（**55%~80%**），随年龄的增长和体脂肪的沉积而下降。

## 动物体内水分的来源和排出

### ➤ 动物所需水分的来源:

外源水(饮水、饲料水); 内源水(代谢水)。

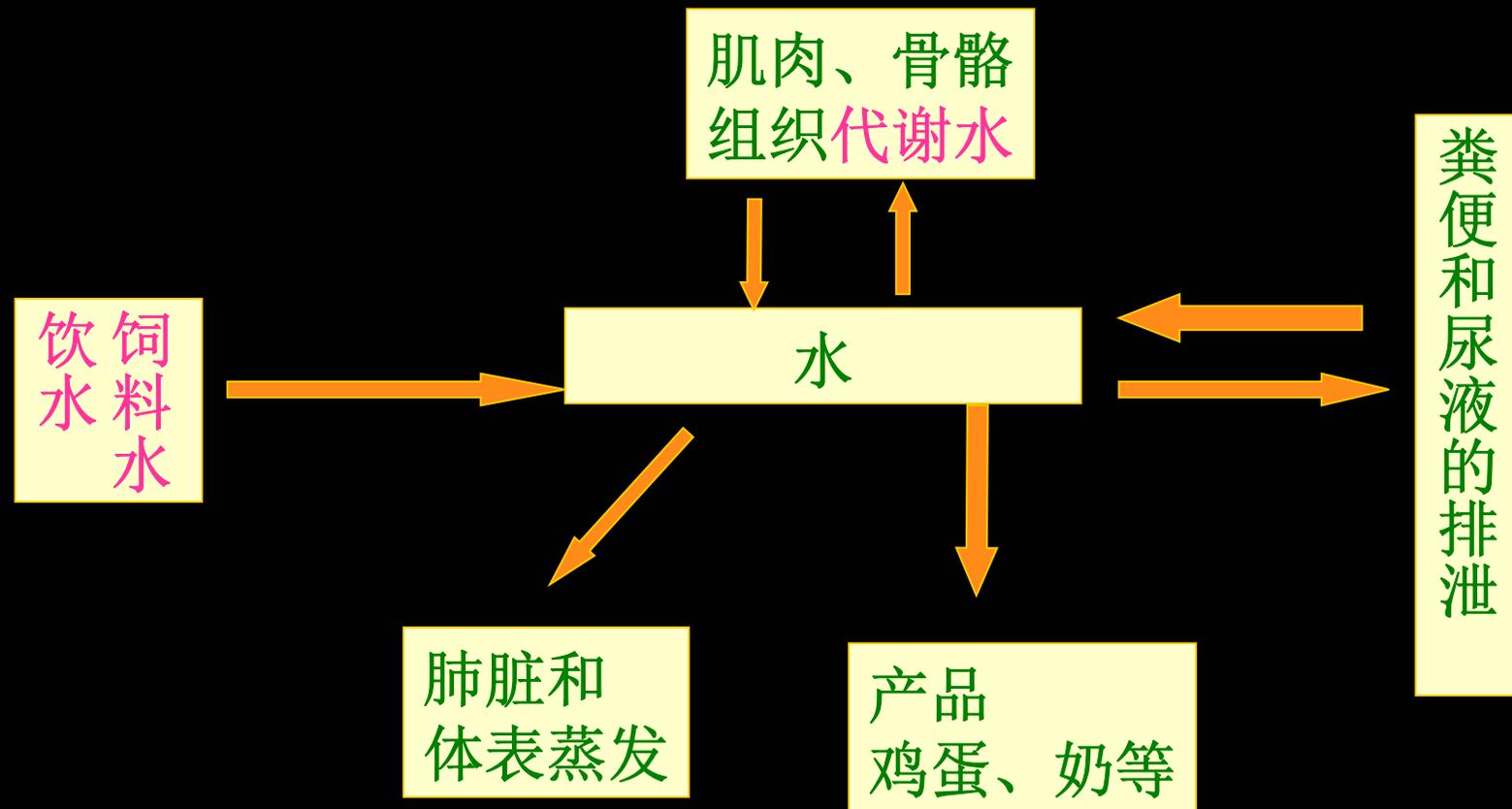
### ➤ 动物体内水分的排出途径:

肾脏 (尿)            肺 (呼吸)

皮肤 (蒸发)        消化道 (粪便)

乳腺 (乳汁)

# 水的平衡示意图



## 营养学作用：

- 它参与体内各种物质代谢和体温调节；
- 它是体内运送各种营养物质和代谢产物的载体；
- 水是一种重要的溶剂；
- 水是一种润滑剂。

# 实验动物的饮水

- 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；
- 实验动物饮用水应由新鲜、纯净的水源直接提供；
- 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；
- 清洁级及以上级别的实验动物，其饮用水必须经过灭菌处理，亦可应用酸化水（pH2.5-3.0）。

## 各种动物每日的饮水需要量

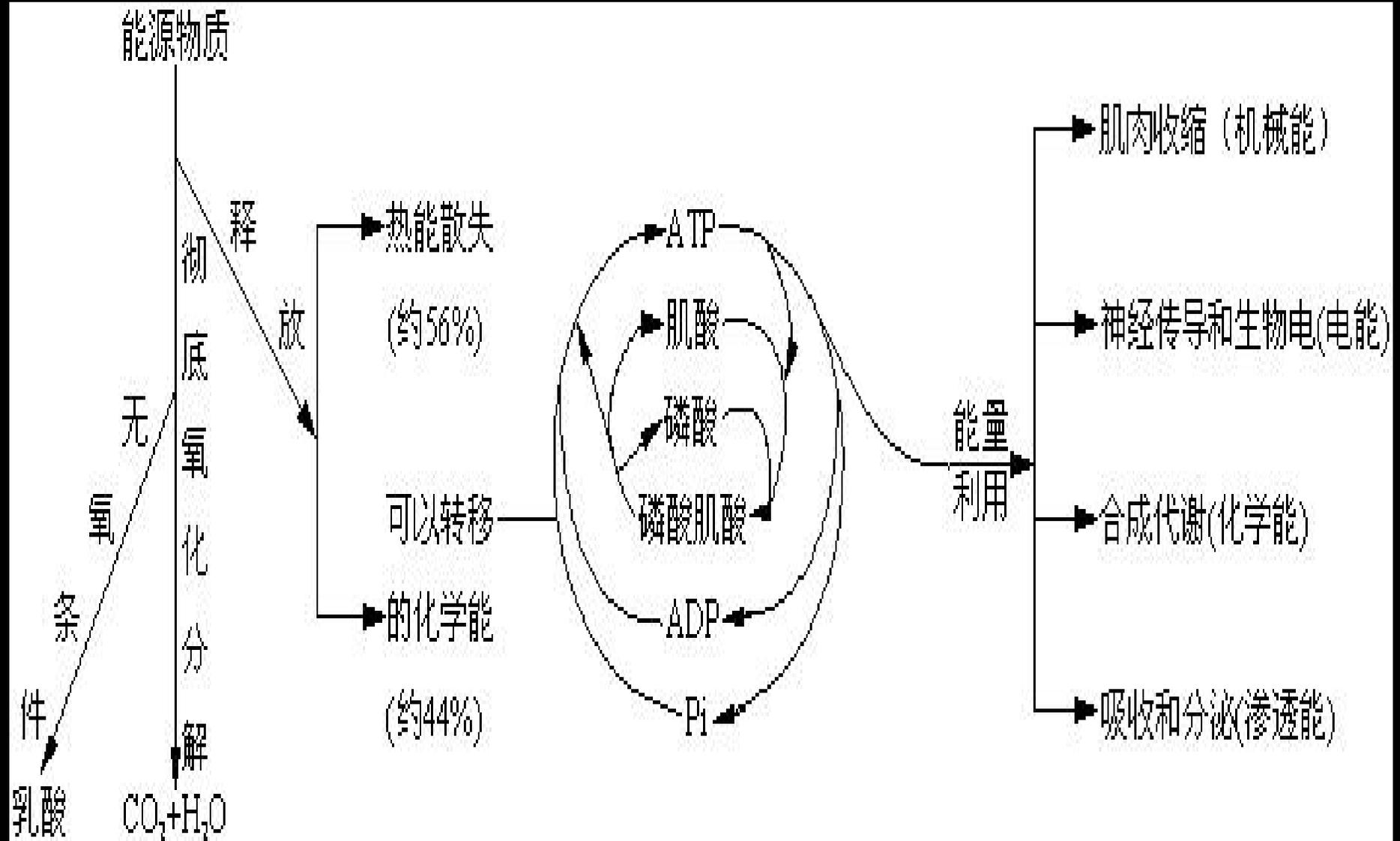
动物品种	饮水需要量
小鼠 (成熟龄)	4~7 ml
大鼠 (50g)	20~45 ml
豚鼠 (成熟龄)	85~150 ml
兔 (1.4-2.3kg)	60~140 ml/kg(体重)
金黄地鼠 (成熟龄)	8~12 ml
小型猪 (成熟龄)	1~1.9 L
狗 (成熟龄)	25~35 ml/kg(体重)
猫 (2-4kg)	100~200 ml
红毛猴 (成熟龄)	200~950 ml

## 二、饲料中的能量（Energy）

能量支撑着生物的所有生命活动过程，维持着体温，为各种运动和代谢活动提供动力，是构成生命的要素之一。

能量来源于饲料，通常饲料中所含的三大热能营养素—蛋白质、脂肪和碳水化合物是实验动物维持生命及各种生理活动所需能量的主要来源。

# (一) 能量代谢全过程示意图



## （二）动物饲料中的能量组成

动物饲料中的能量按其在体内代谢的过程，可分为以下四种形式：

- **总能(gross energy)**: 饲料**完全燃烧**后所释放的热量。
- **消化能(digestible energy)**: 指从动物摄入饲料的总能中减去排泄粪便中所含能量(即**粪能**)后的剩余能量。
- **代谢能(metabolic energy)**: 指饲料总能中经过消耗于排粪（**粪能**）、排尿（**尿能**）和消化道发酵气体释放（**甲烷能**）后的剩余能量为代谢能；

➤ **净能(net energy)**: 指代谢能经产热作用耗能后其剩余能量称为净能。它是纯粹被动物所利用形成**机体组织或畜产品**的那部分能量。

**总能=消化能+代谢能+净能**

一般来说，不同动物和同种动物的不同品系、性别、年龄、生理状态（妊娠）等对能量的需求也不尽相同。

此外，饲料中所含的能量多少决定了每只动物每日所消耗的饲料量的多少。因此，在设计动物的配合饲料时一定要考虑饲料中能量与其他营养素的比例。

## 三、实验动物的营养需要

(一) 营养需要(nutrient requirement): 为满足动物维持正常生长和繁殖所需的各种营养素的量。

根据动物的品种、年龄及生理状态将其营养需要分为生产、繁殖和维持三种。

(1) 生长需要: 指能够满足动物生长、妊娠、泌乳、产肉(蛋)等生产活动所需各种营养物质的量。

**(2) 繁殖需要：**指满足动物**母体自身**和**为胎儿**生长发育、**性成熟、受精、妊娠与哺乳**等过程所需的**各种营养素的量**。

**(3) 维持需要：**指维持动物**正常体温、呼吸、心跳和基础代谢**等**各项基本生命活动**及**动物随意活动**所需的**各种营养素的量**，即**体内合成与分解代谢**处于**动态平衡状态**。

## (二) 常用实验动物的营养需要特点

### 1、小鼠营养需要特点

- 小鼠饲料中含有**18%的蛋白质**、**4-8%粗脂肪**即可满足需要；
- 小鼠喜食含**高碳水化合物**饲料，特别需要日粮来源的**亚油酸**；
- **维生素A过量**可以导致小鼠**繁殖紊乱和胚胎畸形**。
- 添加**0.47%含硫氨基酸**可提高小鼠的生长发育和繁殖性能。



## 2、大鼠营养需要特点

- 大鼠饲料中含**18~20%的蛋白质**即可满足；
- 生长期的大鼠**易发生脂肪酸缺乏**，一般饲料中应当添加脂肪；
- 大鼠不需要补充**维生素K**，但要补充**维生素A**；
- 大鼠对**钙、磷的缺乏**耐受力较强，但对**镁**需要量较多，应注意补充；
- 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。



### 3、豚鼠营养需要特点

- 豚鼠对赖AA、蛋AA等EAA的需要量很高，其中最重要的是精AA；
- 豚鼠对粗纤维的消化能力强，要求饲料中含有证10~15%的粗纤维，若粗纤维不足，可发生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、生殖机能下降等症状，甚至造成死亡。必须在饲料中补充VC（10~30mg/只）或饲喂青饲料。



#### 4、地鼠营养需要特点

- 地鼠饲料中，粗蛋白的含量要求达到21-24%，特别是饲料中的动物性蛋白应有一定比例；
- 地鼠像反刍动物一样能有效地利用非蛋白氮，如蛋白质不足，成年地鼠将出现性功能减退，幼鼠则生长发育迟缓。



## 5、家兔营养需要特点

- 精氨酸对兔特别重要，是第一限制性氨基酸；
- 成年兔可以耐受高水平的钙，在初生时有很大的铁储备，因而不易贫血；
- 兔肠道微生物可以合成VK和大部分VB族，但对繁殖兔仍需补充VK；
- 家兔是草食动物，应保证饲料中的粗纤维在12%以上，必须补喂青饲料。



## 6、犬的营养需要特点

- 必须供给犬足够的**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**，且要求日粮要含有一定量的**不饱和脂肪酸**（亚油酸等）；
- 犬对**VA**的需要量较大，亦需补充**VB12**；
- 肠道内微生物虽可**合成VB族**，但仍需要补充**VB**。



## 7、猫的营养需要特点

- 猫对脂肪需要量较高，特别是初生小猫；
- 生长期的猫对日粮中蛋白质的数量和质量要求均较高，且亚油酸含量不能低于1%；
- 猫不能利用  $\beta$ -胡萝卜素(VA原)，因此应在饲料中补充VA；
- 对维生素E的需求量也较高。



## 8、非人灵长类的营养需要特点

- 非人灵长类的日粮**能量的50%**以上来自**糖代谢**；
- 其体内**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**。



## 四、实验动物饲料

### (一) 实验动物饲料的分类

1、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、代乳饲料五种。

### 2、按饲料加工的理化性状分类：

粉状饲料、颗粒饲料、  
膨化饲料、液体饲料四种。



大、小鼠配合颗粒饲料

### 3、按动物种类及生理阶段分类：

- 按动物种类分类：小鼠、大鼠、豚鼠、兔、猪、犬饲料等；
- 按生理阶段分类：育成、繁殖、维持饲料。

4、按饲料原料来源分类：植物性和动物性饲料两大类。

## (二) 饲料的加工、消毒和贮存

**1、饲料的加工：**要根据不同动物、不同实验目的加工成适合动物采食习性的饲料。如颗粒（鼠）、膨化（猫和犬）等形状。

**2、饲料的消毒：**便于贮存和杀灭病原微生物。

➤ **干热法：**80~100℃烘烤，营养成分损失多；

➤ **高温高压法：**121℃/1.0Kg/cm<sup>2</sup>/15min，营养成分损失少，但Vitamin破坏多；

➤ **60Co照射法：**营养成分损失少，费用高。

### 3、饲料的贮存：

通风、干燥、凉爽，存放时间不宜过长：**原料贮存** 3~6个月、**粉状饲料**1~2个月、**动物性饲料**1~3个月、**颗粒料**不超过3个月。

同时还应考虑饲料中所含水分、环境的温湿度、季节等因素；防止野鼠、昆虫及有毒物质的污染；分类堆放，标志清楚，严防与原料混贮等。

## 五、营养因素对动物实验结果的影响

### 1、对采食量的影响

- 饲料中的能量比例、掺入饲料中的药物直接影响着动物的采食量，从而影响蛋白质的摄入或者影响掺入饲料中的实验药物的摄入，导致实验结果的可靠性差。

## 2、对生长发育的影响

- 饲料中营养不全价，不平衡，有毒有害物质的多少，适口性均可影响动物的生长发育，表现皮毛粗乱，增重缓慢等。其实验结果的准确性和重复性必然不好。

## 3、对生理生化指标的影响

饲料中营养素含量发生改变时，必然导致动物血液、某些脏器及组织中该种营养素含量的改变，并对与之相关的生理生化指标造成影响。

## 4、对免疫功能的影响

- 饲料中的某些营养素过低或过高时，对动物的免疫系统和机能有着显著的影响。

如：饲料中必需氨基酸缺乏或不平衡和脂肪含量过高，几乎都可引起免疫功能降低或失常。

## 5、对疾病的发生、发展和转归的影响

- 如：家兔骨折实验中，采食全价饲料的动物其骨骼愈合快，而喂青饲料的则较慢。

## 6、对动物麻醉反应的影响

- 在麻醉过程中，体质好的动物其麻醉剂量大、难于抑制，而体质差的则相反。

Thanks a lot!

