

# 第十九章 鸟纲 (Aves)

[知识点]鸟类的结构、分类、起源、迁徙。

[重难点]鸟类适应飞翔的特征；鸟类迁徙。

## 第一节 鸟纲的主要特征

鸟类是体表被覆羽毛、前肢变为翼、恒温、卵生和适应飞翔的高等脊椎动物。鸟类是由爬行类进化来的，因此两者有很多相似之处，有人曾把这两类动物合并为一个纲——蜥形纲，并把鸟类称之为“美化了的爬行类”。

### A. 鸟类与爬行类共有的特征：

1

1. 皮肤缺乏皮肤腺，因而皮肤干燥；
2. 羽毛与爬行类的鳞片都是表皮角质层的产物；
3. 仅一个枕髁和寰椎相关节；
4. 都是盘状卵裂，都是卵生的羊膜类，以尿囊，作为胚胎的呼吸器官，尿液的主要成份是尿酸。

### B. 鸟类的进步特征：

#### 1. 具有高而恒定的体温

动物界只有鸟类和哺乳类是恒温动物。

恒温的出现，标志着动物体的结构与功能已进入更高一级的水平，恒温动物减少了对外界温度的依赖性，扩大了在地球上的分布地区，从而在生存竞争中占据了优势地位。

#### 2. 心脏分为两心房两心室，血液循环为完全的双循环

这样，多氧血和缺氧血完全分开，再加上呼吸系统的完善，保证了血液中含有充分的氧。

#### 3. 具有发达的神经系统和感官以及与此相关的各种复杂行为。

#### 4. 具有营巢、孵卵和育雏等完善的生殖行为，提高了子代的成活率。

### C. 鸟类适应飞翔生活，具有一系列特化的特征

1

#### 1. 体呈流线形，体表被羽

#### 2. 前肢变为翼

#### 3. 骨骼质轻而多愈合，为气质骨（长骨内充满空气）

胸骨具龙骨突，供发达的肌肉附着，锁骨呈“V”字型。

#### 4. 具发达的气囊、行双重呼吸

所有以上高级特征加上完善的飞翔能力，因此使鸟的分布遍及全球，成为脊椎动物中仅次于鱼类的第二大纲。

鸟纲的代表动物——家鸡

分类地位：鸟纲、鸡形目、雉科、鸡属

家鸡是由原鸡（*Gallus gallus*）经长期人工饲养驯化而成。家鸡的品样虽多，但都属一个种。

#### 一、外形：

##### 1. 身体呈流线形（纺锤形）体外被羽

适应飞翔特征之一，减少了飞行中的阻力。

##### 2. 身体分区：头、颈、躯干、尾和四肢等部分

(1) 头端具角质喙，形状与其食性密切相关。眼大、具瞬膜，飞行时遮盖眼球，具眼睑，防干燥气流及灰尘对眼球的伤害。

(2) 颈长而灵活

(3) 躯干紧密坚实

(4) 尾退化，尾羽呈扇状，飞行时起舵的作用，具尾脂腺

(5) 后肢强大，前肢变为翼，后肢通常具四趾，拇指通常向后，趾端具爪这些都是与飞行方式密切相关的。

## 二、皮肤及其衍生物

鸟类皮肤特点：薄、松、软、干，缺乏皮肤腺。

1. 薄而松软的皮肤，便于羽毛的活动，也便于飞翔时肌肉的收缩。

2. 但在胫、跗蹠部和脚上则皮肤表皮加厚，形成角质鳞。皮肤衍生物除羽毛，角质鳞外，还包括喙的角质鞘、距、爪以及尾脂腺等，这些结构都是由表皮衍生而来。

3. 鸟类除尾部的尾脂腺外，无其它皮肤腺

尾脂腺分泌的油脂，可润滑羽毛，防水浸湿。水禽如鸭、雁尾脂腺特别发达。而有些种类如鸬鹚、鹤鸵、鸨、鸚鵡等则不具，平胸总目鸟亦不具尾脂腺！

其分泌物中还含有麦角固醇，在紫外线照射下，能转变成V-D，当鸟以喙涂擦羽毛时，维生素 D 可被皮肤吸收，有利于骨的正常生长：

有报道，摘除幼禽的尾脂腺后，可出现软骨病症状。

## 4. 羽毛

着生羽毛的地方称为羽区（羽迹）

不着生羽毛的地方称为裸区（有利于飞翔时肌肉收缩）

不会飞翔的平胸鸟类就无裸区羽区之分。

鸟羽可分三种类型：正羽（翮羽）、绒羽、毛羽（纤羽）

(1) 正羽：分布体表、翼及尾上

正羽：

羽轴（中空）：{羽柄（下半段透明）末端小孔称下脐；

羽片（两边）：{两侧斜生羽枝；

每一羽枝又生出带钩或小槽的羽小枝，这些羽小枝以钩与相邻羽小枝的槽相互钩着，使羽片编织成结实而又有弹性的薄片，扇动时可增加对空气的阻力。

上端小孔称上脐。从此孔发出发育不完全的副羽，鸬鹚和食火鸡特别发达，几乎正羽相等。

A. 翼上的正羽可称飞羽：

初级飞羽：着生在翼的末端（腕、掌、指部上）、次级飞羽：着生在前臂（尺骨上）、三级飞羽：着生在上臂（肱骨上）

B. 尾上的正羽，又称尾羽，飞翔时相当于舵，起平衡作用。

飞羽和尾羽的形状和数目是分类的主要依据之一。

(2) 绒羽：密生在正羽下面，蓬松呈绒状，具保温作用。

结构特点：羽柄甚短，顶端发出细长丝状的羽枝，小枝上无钩。绒羽是三种羽毛中最原始的，初生幼鸟先出绒羽，以后逐渐被正羽所代替。水禽和猛禽的绒羽最发达。鸭绒是鸭的绒羽，保暖性极强。

(3) 毛羽（纤羽），夹杂在其它羽毛之间，杀鸡拔毛时，即可看到，状似毛发，只具一毛干，其顶端发出几根短的羽枝。

#### (4) 羽的发生

羽毛最初源于由真皮与表皮所构成的羽乳头，随着羽乳头的生长，其表层形成许多纵行的角质羽柱，即为未来的羽枝。以后，位于背方的羽柱发育迅速，成为未来的羽茎；羽茎两侧的羽柱随羽茎的生长而移至两侧排列，即为羽枝，由它的构成羽片。

(5) 鸟类嘴缘及眼周大多具须，为一种变形的羽毛，有触觉功能。

(6) 羽毛的定期更换称换羽（可认为与脱皮相当）

通常一年有两次换羽，（春季换羽与秋季换羽），

春季更换的羽毛称夏羽、秋季更换的羽毛称冬羽。多数鸟类夏羽与冬羽颜色并不相同。

雁鸭类每当夏末秋初换羽时，大多把飞羽同时脱掉，以致在这一时期暂时失去了飞翔能力。

三、骨骼系统，鸟类骨骼的特点是轻便而坚固

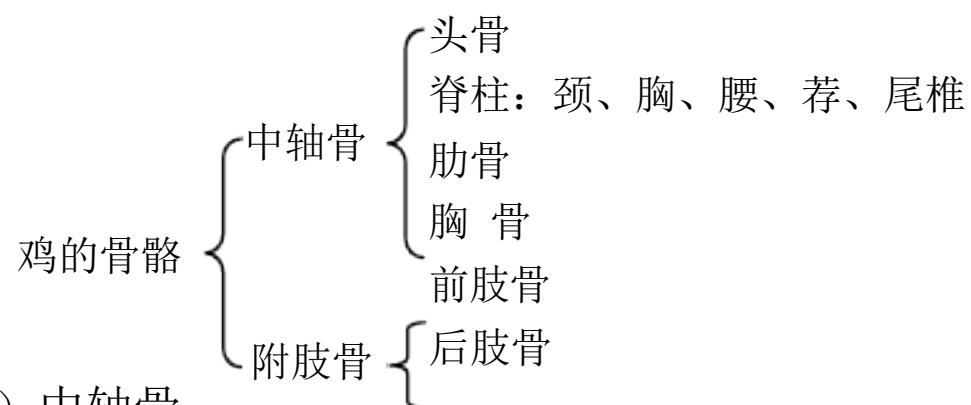
这是由于骨片薄、长骨中空，且有气囊穿入；另一方面由于许多骨片在早期发育阶段发生愈合，这都与飞翔生活有直接联系。

如鸽的骨重占体重的 4.4%、大鼠骨重占体重的 5.6%、军舰鸟骨骼仅重 114g，比全身羽毛还轻。

头骨与体重之比：金鸱为 0.2%，狐为 1.25%。

鸟类的骨骼是研究结构力学的良好材料。

如秃鹫掌骨中空的骨腔内有一些加固的骨质小梁，其结构原理完全和现代桥梁或飞机的设计一致。



#### (一) 中轴骨

##### 1. 头骨 音一枕髁（与爬行类相似）

其特点如下：

(1) 颅腔很大，顶部拱起（与脑发达相关）

(2) 头骨轻而坚固，骨片薄，骨内有大量空气，成体头骨各骨片愈合，即骨缝消失，构成一完整脑颅。

(3) 眼眶很大。

(4) 头骨类型属双颞窝型

(5) 上、下颌伸延构成鸟喙，外套角质鞘，现代鸟无牙齿。

(6) 支持舌的舌骨，以舌弓及鳃弓演化而来。

##### 2. 脊柱

鸟类脊柱分五区：颈、胸、腰、荐、尾椎

(1) 颈椎：数目多，鸡 14 块，鸭 14-15 块，鹅 25 块。

特点：活动性大，椎体呈马鞍型（异凹型），鸟类特有椎间关节活动性大，转动可达 180°，某些鸮形目鸟可达 270°。第一颈椎为寰椎呈环状，第二颈椎为枢椎，寰椎与枢椎的分化，保证了头部的灵活转动。

(2) 胸椎

鸟类胸椎数目 3-10 块

鸡：7 块；鸭：9 块；鸽：5 块

(3) 综合荐椎

鸡的最后一块胸椎，6 块腰椎，2 块荐椎和约 7 块尾椎愈合而成。后肢的腰带与它紧密相连，形成腰荐部的坚强支柱。

(4) 尾综骨

鸡有 5 块游离的尾椎，其后还有一个由 4 块尾椎愈合而成的尾综骨，（三角型）尾羽即着生其上。

3. 肋骨和胸骨

(1) 肋骨：每一胸椎各具一对肋骨伸至胸骨

鸡除最前一对和最后一至二对肋骨外，椎肋后缘各具一个钩状突，每一个钩状突都搭在后一条肋骨上，增强了胸廓的坚固性。

(2) 胸骨

鸟类的胸骨非常发达，向后延伸到骨盆部，沿胸骨腹中线处有高耸的隆起，恰似船底的龙骨，故称龙骨突（keel）。以扩大胸肌的附着面。

失去飞翔能力的走禽（如鸵鸟），无龙骨突起。

(二) 附肢骨

1. 前肢骨：（肩带和前肢骨）

(1) 肩带由肩胛骨，乌喙骨和锁骨组成

锁骨细长，左右锁骨在胸前呈“V”字型联合，称叉骨，为鸟类所特有。

其作用：鼓翼时阻碍左右乌喙骨的靠拢，起着横木的作用，增强肩带的弹性。肩带：肩胛骨、乌喙骨、锁骨。

(2) 前肢骨

前肢骨：肱骨、桡骨（细）、尺骨（粗）、哺乳动物相反：细。腕骨、掌骨、指骨。

2. 后肢骨（腰带和后肢骨）

(1) 腰带骨

腰带：髌骨、坐骨、耻骨

耻骨：左右耻骨在腹中线未愈合，构成“开放式骨盆”，这与鸟类产带硬壳的大型卵有关。

以上三块骨愈合在一起，并和综合荐骨愈合在一起，形成大的骨盆，增加了腰带的坚固性，成为后肢强有力的支持者。

(2) 后肢骨：腓骨退化呈刺状

后肢骨：股骨、胫跗骨、跗蹠骨、趾骨

#### 未出卵壳骨骼

公鸡跗蹠骨内侧有一强大突起，构成距的骨质基础，鸟类的趾数及朝前朝后的变化是鸟类分类依据之一。

如：美洲鸵鸟、澳洲鸵鸟：具三趾，均向前。

非洲鸵鸟：趾为二趾，是鸟类趾数最少的。

#### 四、肌肉系统

鸟类的肌肉系统与其它羊膜动物相比，具有明显的特点，这是与它们的飞翔生活相适应的，其特点如下：

(一) 与飞翔扇翼有关的肌肉特别发达：

一般约占体重的  $1/5$ ，如麻雀，体重 20g，胸肌 4g，善于飞翔的鸟类，如鸽或隼，约占体重的  $1/3$ 。

(二) 躯干背部的肌肉不发达

(三) 腿部的肌肉比较发达，具有适于树栖握枝的肌肉装置

1. 后肢的肌肉集中分布在股部和小腿的上方，而以各长的肌腱连到脚上。这样支配前肢和后肢的肌肉均集中于身体的中心部分，这对于飞翔时保持身体重心的稳定性有重要意义。

2. 后肢的某些肌肉对于鸟类栖于树枝上能以趾握树枝有重要意义。

(四) 皮肤发达

皮下肌是分布在皮下层的一些小的肌肉囊，止点在皮下，大部分终止于羽毛的毛囊，皮下肌的收缩可引起皮肤的抖动，使羽毛竖起。

鸟类（和哺乳类）的横纹肌有的色白称“白肌”

如：胸肌

有的色红（颜色发红）称“红肌”，有较多的肌红蛋白，富有血管，肌纤维较细，收缩慢，持久有力。

如：大腿的肌肉。

（白肌）肌红蛋白含量少，血管较少，肌纤维较粗，收缩较快，易疲乏。

红肌和白肌的比较

	红肌	白肌
肌纤维	较细	较粗
肌红蛋白	多量	少量
血管	较多	较少
线粒体	较多	较少
糖酵解	较低	较高
氧化脂肪	高	低
氧化糖	较低	较高
收缩	慢而持久	快而不持久

#### 五、消化系统

以鸡为例：鸡的消化系统分二部分：消化道、消化腺

消化系统：消化道、消化腺

消化道：喙、口腔、咽、食道、嗉囊、胃（肌胃、腺胃）、小肠（十二指肠、空肠、迴肠）、盲肠、直肠和泄殖腔。

消化腺：肝脏和胰脏

(一) 消化道

1. 喙：鸟类上、下喙较轻，缺少咀嚼肌。

（食肉的鹰隼类：喙尖锐而弯曲；食鱼的雁鸭类：喙扁平具缺刻；空中飞捕家燕，喙短基部宽；啄食种子麻雀，喙粗短，圆锥状等）

2. 口腔：上下颌之间的空腔

(1) 顶部是一对硬腭褶，中央一纵裂隙，称腭缝，内鼻孔即开口于此缝中。

(2) 后部有一排乳头状突起，作为口腔与咽的分界。

(3) 口腔底部有能活动的舌，狭长呈三角，尖端角质化。

舌：啄木鸟的舌很长，且前端具倒钩，适于啄食树木中的昆虫；蜂鸟的舌前端呈管状或刷状，适于啄食花粉。

口腔底部的后方为喉，具一纵长的裂缝为喉门。

口腔和咽的粘膜上有许多唾液腺，分泌不含消化酶的唾液，仅起滑润食物的作用，无消化功能。仅在食谷的燕雀类中，唾液中含消化酶。雨燕唾液中含糖蛋白，粘合筑巢材料，金丝燕巢完全由唾液建成——珍贵补品：燕窝。

3. 食道：①长，具很大的扩张能力，这与吞食整块食物有关。②食道粘膜里有一些腺体，分泌粘液进一步润滑食物；③A. 鸡、鸽等食谷和食鱼的鸟类，食道中部膨大——嗉囊 (crop)，为临时贮藏和软化食物的地方。B. 食昆虫和食鱼的鸟类，嗉囊较小或消失。C. 鸭和鹅没有明显的嗉囊，食道中部扩大呈纺锤状，整个食道都能贮存食物。D. 鸽乳：鸽在繁殖期间，在脑下垂体所分泌的催化激素 (Prolactin) 作用下，嗉囊壁能分泌乳汁状的液体，称鸽乳，用以喂养幼鸽。

4. 胃：腺胃 (前胃)、肌胃 (砂囊)

(1) 腺胃：纺锤形，壁较厚，含有丰富的腺体，能分泌大量的消化液：其中含分解蛋白质的胃蛋白酶和盐酸。

容积少，食物不能久留。有把食物向下排挤的收缩运动

有些食肉和食鱼的鸟类的胃液甚至能将食物中的骨块全部消化掉。

(2) 肌胃，鸡鸽都较发达，有很厚的肌肉壁

鸡内金：其粘膜上皮有大量管状腺，它的分泌腺和上皮细胞碎屑在粘膜表面形成了一层黄色的尖角质膜——中药的鸡内金，被覆在粘膜表面，并进行周期性更换。

功能：肌胃主要是研磨食物，进行机械消化的地方。特别是当肌胃内含有砂石时，消化能力更为提高。

资料：火鸡的肌胃甚至可以磨断钢针，1784年意大利生物学家 Lazzaro spallanzani 曾报道过一只火鸡在 36 小时内将 12 根钢针完全磨碎。

吃谷物，植物茎叶的，甚至杂食性鸟类，肌胃内都有一些砂石，鹅的肌胃内砂石多达 30g，肌胃内保持有砂石的鸟类，一旦失去砂石，就会消瘦，甚至死亡。

因此，在人工饲养家禽的饲料中要注意添加砂石。

肉食性鸟类：肌胃不发达

吃浆果鸟：几乎没有肌胃

资料：同一种鸟，食物不同，其肌胃的发达程度也不一样，如鹅：用肉团和鱼来饲喂，经过一个时期后，其肌胃发达程度比用谷粒来喂的时候差。

5. 肠

肠：小肠、大肠

小肠：十二指肠、空肠、迴肠。肠腺分泌肠液：有蛋白 (胰) 酶、蔗糖酶、淀粉酶。

大肠：盲肠、直肠

盲肠：小肠和大肠交界处，以植物纤维为食的都较发达，如鸡、鸭，以谷物为食的鸽类不发达 (仅为小突起)，其功能：吸收多余水分，其内细菌能分解植物纤维 (维生物消化) 合成吸收一些维生素。

直肠：短，不能大量贮存粪便，这也是减轻飞行时负重的一种适应。

6. 泄殖腔

它是直肠末端的膨大，它是消化系统、排泄系统和生殖系统共同的道路。

## （二）消化腺

消化腺：肝脏、胰脏

肝脏：分成两叶，右叶通常大于左叶，左叶发出一条肝管，进入十二指肠，右侧肝管局部膨大——胆囊，再由它发出胆囊管通十二指肠，鸽无胆囊。作用：中和食糜的酸性和乳化脂肪。

胰脏：有三条胰管直接通入十二指肠，开口于胆管入口附近分泌胰液，有淀粉酶，脂肪酶，蛋白酶。

## 六、呼吸系统

鸟类新陈代谢旺盛，在飞翔活动中耗氧量大，不论在肺脏和呼吸道的结构上，还是在呼吸方式上，都有独特之处。

### （一）呼吸道

1. 鼻孔一对

2. 咽、内鼻孔（向后纵裂缝状）通咽部

3. 喉：咽的后面为喉

4. 气管：由许多半骨化的软骨环构成。气管的长度一般和颈的长度相当。

但：有些鸟，如鹅、鹤气管长而变曲，盘旋在胸部龙骨突起附近，甚至穿入胸骨内，见杨 P202 图 8-18 5. 支气管（初级支气管），气管向后进入胸部分为两个支气管（左右各 1）

6. 肺：体积不大，左右各一，不再分叶。为弹性较小的海绵状体，（不同于两爬的空心囊状肺）。

是由各级支气管形成的彼此吻合相通的密网状管道系统，每一支气管进入肺以后，首先形成一主干——中支气管（或叫初级支气管），直达肺的后部，通入腹气囊和后胸气囊。中支气管在肺里分出几组次级支气管（背、腹、侧支气管）次级支气管再经分支，形成副支气管（三级支气管）。每一副支管辐射出许多细小的微支气管，被毛细血管包围，气全体交换就在微支气管和毛细血管间进行。

（哺乳类的肺则呈盲端的肺泡，鸟肺则为没有盲端的彼此相通的管道系统）。

这种海绵状的管道系统，体积虽然不大，而和气体的接触的面积积极大，其总面积（ $\text{cm}^2/\text{克体重}$ ）比人约大 10 倍，这是鸟类特有的高效能气体交换装置。

### 7. 气囊（air sac）

是和某些中气管及次级支气管末端相连的膨大的薄囊，有 4 个成对的一个单一的。

#### ①颈气囊：

对小气囊，由肺脏前缘，位于颈基部，锁骨间气囊的背侧，沿脊柱左右两侧排列，颈气囊邻近的骨片大多是气质骨，胃内的气室与气囊相通。

#### ②锁骨间气囊（interclavicular air sac）

为单个三角形，位于左右锁骨所形成的夹角之间。由此气囊，又分出气囊分支，分别进入肱骨内，进入腋下和进入大小胸肌之间。

#### ③前胸气囊（anterior thoracic air sac）

位于胸腔中部肺的腹面，和肋骨及围心膜相贴近。

#### ④后胸气囊（posterior thoracic air sac）

位于胸腔后部，前胸气囊的后方。

#### ⑤腹气囊（abdominal air sac）

容积最大，位于腹腔内脏之间和腹腔同长，与股骨内之气室相通。

气囊的功能：

除了辅助呼吸以外，还有减少身体的比重，减少内脏器官间的磨擦和调节体温。

## (二) 鸟类的呼吸动作

### A. (双重呼吸)

1

1. 吸气时，大部分空气经中支气管直接进入后气囊（这些气体未经气体交换），还有一部分空气进入次级支气管，再入副支气管，在此处的微支气管处进行气体交换。

2. 吸气时，前气囊也扩张，但它不接受吸进来的空气，而是接受从肺来的气体。

3. 呼气时，后气囊的气体（含丰富 $O_2$ ）排入肺内，经次级支气管入副支气管，在微支气管处进行气体交换，交换后的气体入前气囊。

4. 呼气时，前气囊中的气体排出经次级支气管入中支气管排出体外。

由此可见：

①鸟类肺进行气体交换部位：与副支气管相连的微支气管中。无论是吸气或呼气时都有新鲜空气在此进行气体交换。

### ②双重呼吸

鸟类在吸气和呼气时，在肺内均能进行气体交换的现象，称为双重呼吸（double respiration）。对于一个气团来说，从吸进到呼出，要经过两个呼吸周期。

B. 呼吸动作：a.鸟类的呼吸动作，在静止状态时是以肋骨的升降，胸廓的缩小与扩大来进行的。这和其他羊膜动物相同。b.但在飞翔时，由于胸肌处于紧张状态，肋骨和胸骨固定不动，因此也就不能用上述方法进行呼吸，而是随翼的扇动，前后气囊，进行收缩和扩张。

由于呼吸动作和翼的动作相协调，翼动作愈快，呼吸动作也随之加速（不是1:1），因此鸟类不会因激烈飞翔运动而窒息。

平静时：鸡 22-37 次/分 鸭 15-18 次/分 ♀ > 雄

当体温 42°C 以上时，开始喘气 → 50 次/分

当体温升到 44°C 时，达最高限度 150 次/分

## 七、循环系统

鸟类的和哺乳动物相似，比爬行类进步。心脏分为四腔，即二心房二心室。血液循环为完全双循环，多氧血和缺氧血完全分开，心脏比例较大，心跳频率快，保证血液的迅速循环。这是与鸟类旺盛的新陈代谢和飞翔时剧烈运动相适应的。

### 1. 心脏：

①分为两心房两心室。

②静脉窦萎缩而与右心房合并。

③心房与心室间有房室孔，房室孔上有瓣膜，控制血液倒流。左房室孔处有二片瓣膜称二尖瓣（或僧帽瓣）。右房室孔处只有一片肌肉瓣（与鳄相似，哺乳类为三尖瓣）。

④由左心室发出的主动脉口。

⑤由右心室发出的肺动脉口。

都有 3 个口朝上的瓣膜——半月瓣。

⑥心脏比例大，蛙：0.5%、蟒：0.31%、狗：1.05%、人：0.42%。

约为体重的 0.95-2.37%，起口即筒作用，保证血液迅速流动。

⑦心跳频率快

如鸡 200-350 次/分 蛙 22 次/分



鸽 135-244 次/分  
鸭 270 次/分  
麻雀 460 次/分  
蜂鸟 615 次/分

蟒 20 次/分  
狗 140 次/分  
人 78 次/分

⑧动脉血压较高

麻雀 140-180mm 水银柱

鸽 105-135mm 水银柱

公鸡 188mm 水银柱

母鸡 163mm 水银柱

⑨为完全双循环

即多氧血由左心室发出，经右体动脉弓流到身体各部→体静脉→右心房，这一大圈称为体循环（大循环）

缺氧血从右心房→右心室→肺动脉→肺（气体交换）→肺静脉→左心房，这一小圈称肺循环（小循环）

体循环与肺循环完全分开，称完全双循环。

即多氧血与缺氧血在整个血管系统中完全分流，不再有混血现象。

### 鸟类完全双循环示意图

#### 2. 动脉

仅具右体动脉弓，6对动脉弓其它全消失，第四对左侧亦消失，冠状动脉：主动脉基部发出，供应心脏的血管。

3. 静脉：与爬行类基本相似，肾门静脉退化，具尾肠系膜静脉，这是鸟类所特有。

#### 4. 血液

红细胞卵圆形，具细胞核（哺乳类不具细胞核）

#### 5. 鸟类的体温高而恒定

平均体温 42℃（38-45℃），在动物界只有鸟类和哺乳类为恒温动物。

#### 6. 淋巴系统

包括淋巴管，淋巴结，淋巴小结，腔上囊，胸腺和脾。

### 八、神经系统

鸟类的神经系统比爬行类进步，其主要特点

#### 1. 大脑发达

并不是大脑皮层发达，而是纹状体发达，其上纹状体是其“智慧”中枢。

#### 2. 小脑很发达

#### 3. 视叶发达，这与鸟类的视觉发达有关

#### 4. 嗅叶退化

脑神经共 12 对

但第XI对副神经不很发达、第XII对为舌下神经。是羊膜动物所特有。分别支配肩部和舌、颈、喉部的肌肉，皆为运动神经。