

第5章

动物的基本运动规律

本章学习目标

- 了解动物的身体结构。
- 掌握兽类动物走路、跑步和跳跃的运动规律。
- 掌握鸟类飞翔、走路的运动规律。
- 掌握鱼类的结构特点以及各种鱼的运动规律。
- 掌握两栖类和爬行类动物的身体结构以及各自的运动规律。
- 掌握动物运动的实例的制作方法。

本章首先介绍典型动物的身体结构,再分别讲述兽类、鸟类、鱼类、两栖类、爬行类的运动规律,在整个章节中列举了多个典型的应用实例。

5.1 动物的身体结构分析



动画片中的动物大量存在,其姿态变化万千。要把动物的动画做得更加真实,我们必须了解和掌握动物的运动规律。然而,动物的种类繁多、形态各异,要想做出生动合理的动物运动动作,必须从研究动物的身体结构开始,了解各种动物的骨骼结构和形体特征。

动物的类别大体包括兽类、鸟类、鱼类、爬行类和两栖类,它们的基本动作有

走、跑、跳、跃、飞、游等。大部分哺乳类动物的四肢结构是类似的,只是比例不同。用人与动物的骨骼做比较,有助于我们了解动物的动作。动物的走路动作与人的走路动作有相似之处,只是它们各个部位的关节运动有所差异。图5.1所示的是人的下肢与动物后肢的比较,活动部位包括股、膝、踝、趾。图5.2所示的是人的上肢与动物前肢的比较,上肢(前肢和翅膀)的活动部位包括肩、肘、腕、指。

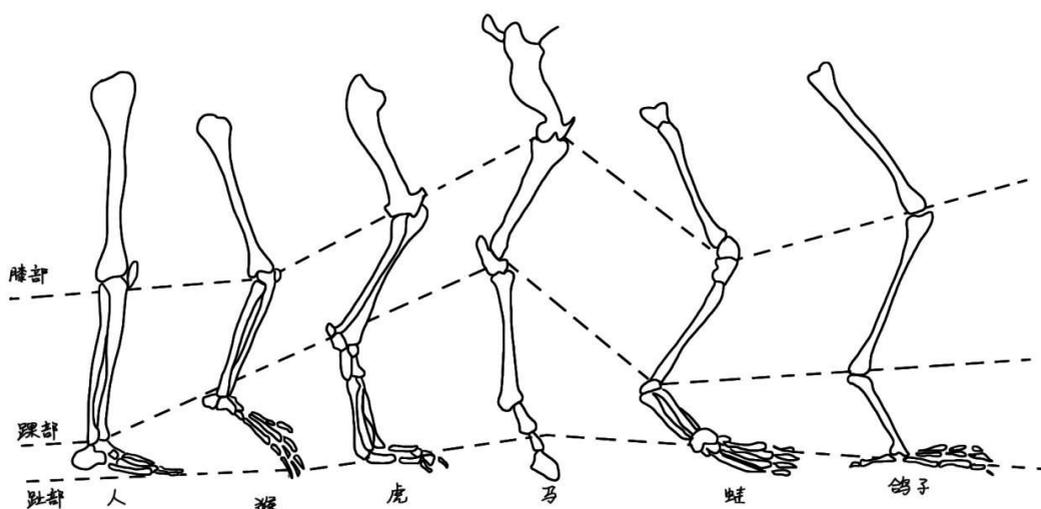


图 5.1 人的下肢与动物后肢的比较

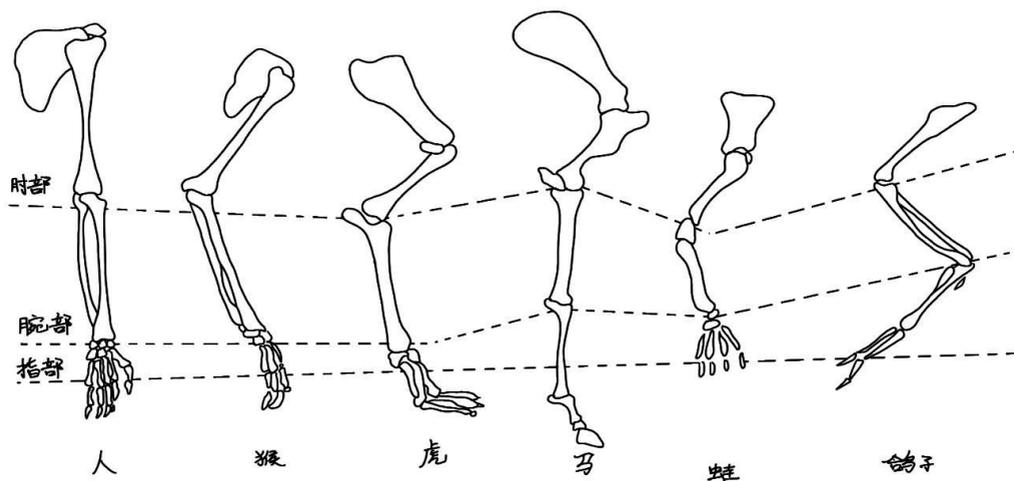


图 5.2 人的上肢与动物前肢的比较



5.2 兽类动物的基本运动规律

5.2.1 兽类动物的特点

兽类动物长有有力的四肢，通过四肢的运动来完成各种动作。根据兽类动物不同的身体结构，一般将其分为爪类动物和蹄类动物。

爪类动物一般属于食肉类动物，兽毛较长，性情暴躁，脚上长有尖锐的爪子，嘴里长有尖利的牙齿，适合其捕杀、猎食其他动物。爪类动物的身体矫健有力，擅长跑跳，动作灵活，姿态多变。爪类动物的形体结构不完全相同，生活环境各异，行走的动态也有所差别，通常使用指部和趾部来行走。常见的爪类动物有狮子、老虎、豹子、狼、狐狸、熊、狗、猫等。

爪类动物的四肢比较短，迈步的步幅比较小。爪类动物长有柔软的脊椎骨，脊椎骨可以像弹簧一样弯曲，在奔跑的时候可以增加身体的弹性，通过后腿的发力和脊椎的急促屈伸，身体可以跃出很远的距离。图5.3所示的是狗的身体结构，包括骨骼的结构和身体的样式。图5.4所示的是豹子的身体结构。

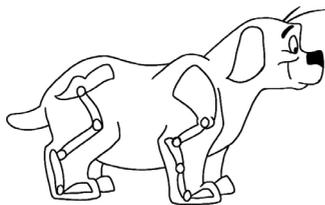


图 5.3 狗的身体结构

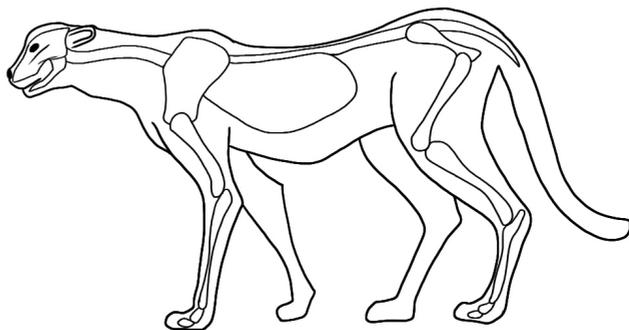


图 5.4 豹子的身体结构

蹄类动物一般属于食草类动物，脚上有坚硬的蹄子，蹄子是它们在适应环境的过程中由趾甲逐渐演变而成的。有的蹄类动物头上有角，性情比较温顺，肌肉结实，动作刚健，形体屈伸度较小。蹄类动物都有修长的四肢，迈步的步幅较大。蹄类动物

一般脊椎骨较硬,在奔跑的时候背部基本保持平直。常见的蹄类动物有马、牛、羊、鹿、羚羊等。图5.5所示的是马的身体结构。图5.6所示的是马的前后肢与人的手脚做弯曲动作的比较,其中马的前肢和人的手腕做比较,马的后肢和人的脚踝做比较。图5.7所示的是羚羊的身体结构。蹄类动物又分为奇蹄类动物和偶蹄类动物,奇蹄类动物包括马、犀牛等,偶蹄类动物包括牛、羊、鹿、骆驼、河马等。

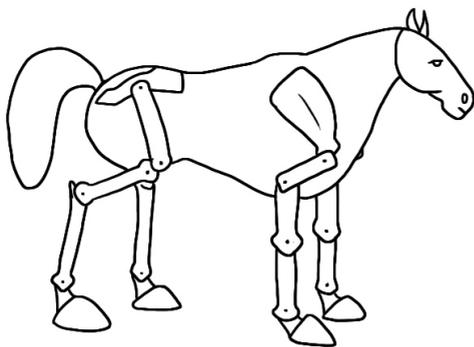


图 5.5 马的身体结构

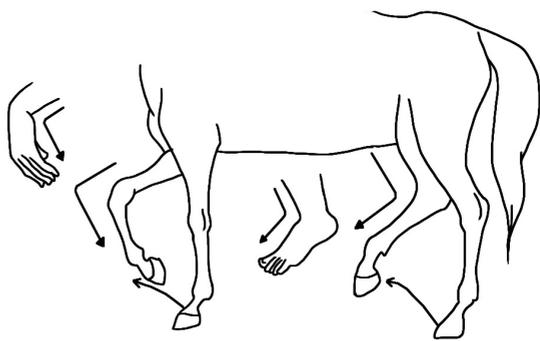


图 5.6 马的前后肢与人的手脚做弯曲动作的比较

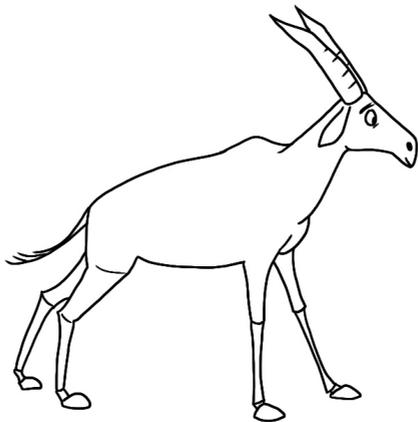


图 5.7 羚羊的身体结构

5.2.2 爪类动物的走路、跑步和跳跃运动规律

1. 爪类动物的走路运动规律

爪类动物动作敏捷,迈步轻快,行走过程中腿有点下去的感觉。动物走路时,四肢不断交替,在绘制动物走路时很容易弄糊涂。可以将动物的前后肢区分开,这样就

比较容易把握动物走路的规律。动物的行走与人在地上爬行的状态有类似之处，如图5.8所示为婴儿爬行的姿态，动物的前肢和人的肘关节都向后弯折，动物的后肢和人的膝关节都向前弯折。

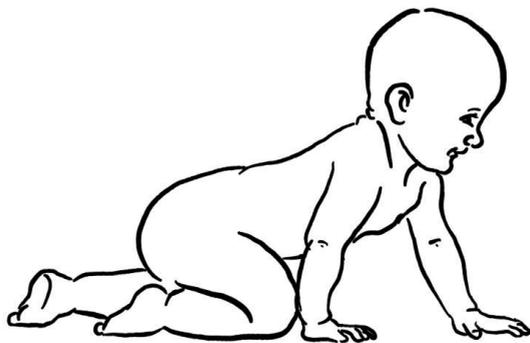


图 5.8 婴儿的爬行姿态

四条腿的动物开始走路时经常是后腿之一先跨步，接着是同一侧的前腿跨步，遵循“同侧后腿赶前腿，异侧对角线移动”的原则。爪类动物走路的基本运动规律可以总结为以下几点：

(1) 四条腿两分两合，以后左腿、前左腿、后右腿、前右腿的顺序迈步，左右交替完成一个完步，也就是完成从左后腿到左后腿的迈步。四足的动物走路时通常由一条后腿先迈步，然后是同一侧的前腿迈步，紧接着是对角线方向异侧的后腿迈步，再是异侧的前腿迈步，如此完成一个迈步的循环。爪类动物走动的时候一般是三只脚落地，一只脚抬起，地上的脚印构成三角形。为了便于学习和记忆，通常将四足动物的迈步顺序总结为“同侧后腿赶前腿，异侧对角线移动”。

(2) 抬前腿的时候，腕关节向后弯折；抬后腿的时候，踝关节朝前弯折。

(3) 走路的时候，伴随着前后腿迈步的过程，身体的肩部和盆骨位置都会有高低起伏的变化。为了保持身体的平衡，伴随着肩部的上下运动，头部也会有上下的点动。前脚即将落地的时候，头开始朝下点动。伴随着盆骨的上下运动，动物的尾巴会产生跟随动作，尾巴随着盆骨的运动而产生曲线运动。

(4) 爪类动物运动的时候，其身体关节的轮廓不明显。蹄类动物的关节比较明显。

(5) 迈步的时候，脚从离地到落地划过的轨迹线会形成弧线，一般一秒可以走

出完整的一步。小一些的动物,例如猫,走一个完步只需要半秒或更少的时间。

图5.9所示的是豹子走路的时候,肩部和骨盆伴随着迈步产生的动态变化,头部也随着迈步上下点动,尾巴跟随着骨盆做曲线运动。图5.10所示的是狮子走一个完步的过程,图中只画出了关键帧,从图中可以看出腿迈步的顺序以及身体各部位相互协调的变化。图5.11所示的是狗走一个完步的过程,详细画出了狗走路过程中的每一个细节。大家可以逐张对比,研究爪类动物迈步的运动规律。

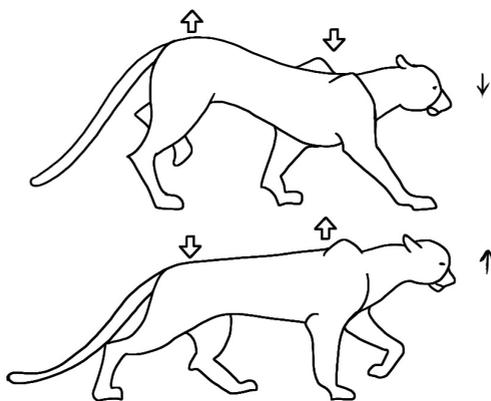


图 5.9 豹子走路的身体动态

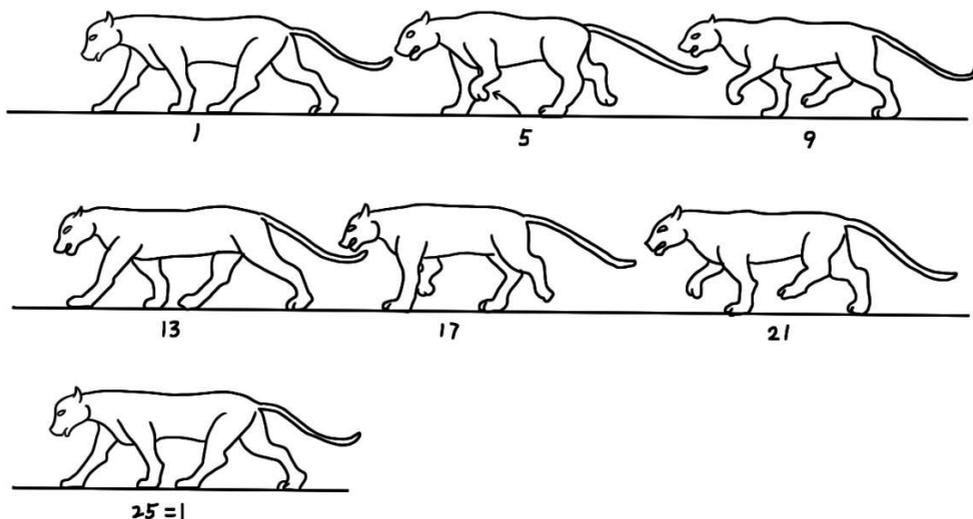


图 5.10 狮子走路的过程

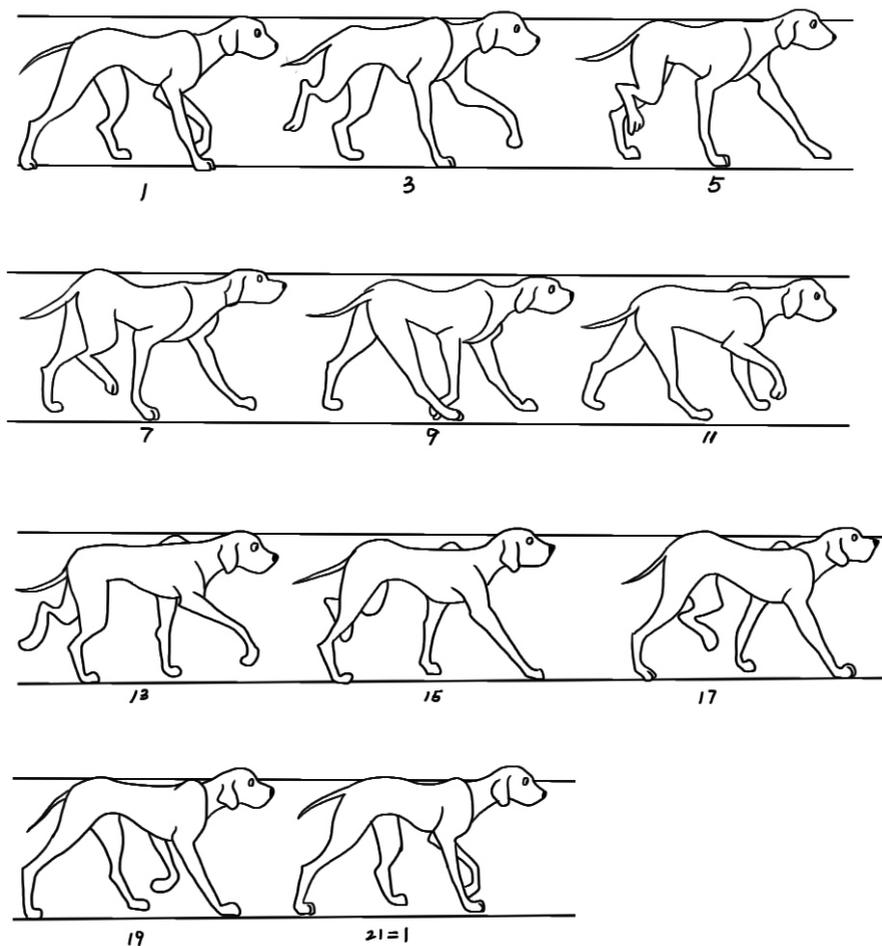


图 5.11 狗走路的过程

2. 爪类动物的跑步和跳跃运动规律

动物生存的环境是一个弱肉强食的世界。为了适应环境，动物必须具备高速行驶的能力，需要练就高速奔跑和跳跃的本领。跳跃能获得比奔跑更快的速度，是捕食者和被捕食者必须掌握的技术，以便更好地适应危机四伏的环境。

爪类动物跑步的基本运动规律与行走动作中的四条腿的交替分合相似。但是跑得越快，四条腿的交替分合就越不明显，有时会变成前、后各两条腿同时屈伸。通常前面两条腿先着地，即后左、后右、前左、前右—暂停—后左、后右、前左、前右，如此循环往复。爪类动物在奔跑过程中，身体的伸展和收缩姿态变化明显。在快速奔跑过程中，爪类动物的四条腿有时呈腾空跳跃状态，身体上下起伏的弧度较大。

根据跑的速度，爪类动物的跑又分为小跑、快跑和奔跑。爪类动物的小跑也叫

快走,四条腿交替分合,与走路相似,但比走的频率要快,踏步有弹跳感。在爪类动物快跑的时候,四条腿交替分合迅速,身体伸展和收缩动作明显。快跑一般依靠前腿发力,前腿蹬地后身体会稍稍离开地面,身体前后上下起伏较大。爪类动物的奔跑比快跑速度更快,身体的拉伸和收缩也更加明显。奔跑时依靠后腿发力,后腿蹬地后,身体腾空越过一段距离;前腿落地后,身体蜷缩,后腿向前,再次依靠后腿蹬地跃起。若奔跑的速度很快,身体上下起伏的幅度反而比快跑时小。

根据不同的奔跑速度,大家在绘制动画的过程中要把握好张数。一般地,小跑绘制9~11张画面,使用一拍二的拍数;快跑绘制7~9张画面,使用一拍二的拍数;奔跑绘制5~7张画面,使用一拍二的拍数;特别快的可以使用5~7张画面,配合使用一拍一的拍数。

图5.12所示的是小狗小跑的过程,图5.13所示的是兔子快跑的过程,图5.14所示的是狗完成一个完整的奔跑动作的过程。

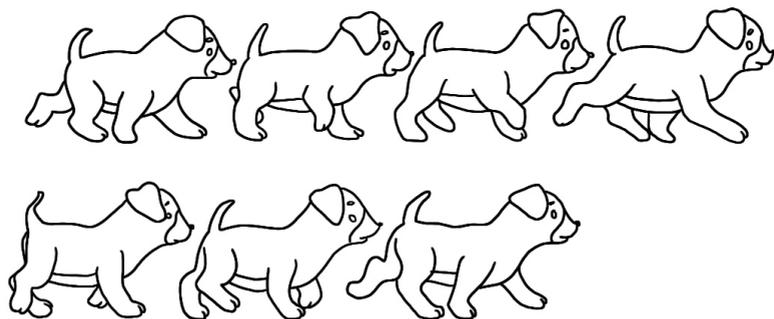


图 5.12 小狗跑步

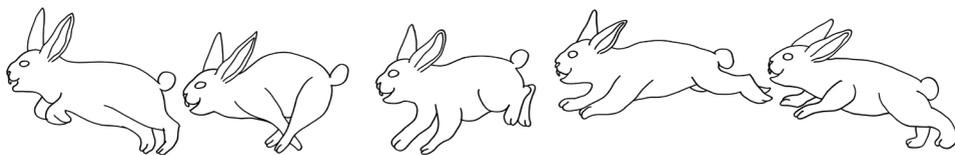


图 5.13 兔子的快跑动作

兽类的跳跃动作与奔跑的动作相近,分为准备动作、起跳、腾空和落地几个过程。脚接触地面的顺序是:后左、后右—暂停—前右、前左、后左、后右,以此类推。

跳跃时,动物首先收紧身体和四肢,躯干往后缩成蹲状,头颈尽量贴近地面,

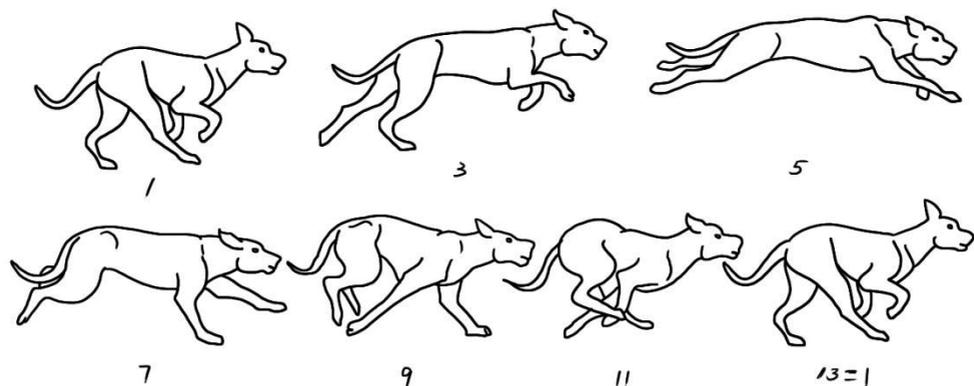


图 5.14 狗的奔跑动作

积聚力量。然后利用强有力的后腿发力，身体猛然伸展，依靠爆发力把身躯弹出。在身体腾空运动的过程中，身体尽可能向上伸展，划出抛物线的轨迹，准备落地。落地时，前肢先接触地面，承受身体前冲运动的惯性作用；身躯会由挺直变为蜷缩，后腿着地后，冲力减弱，才恢复原状，而且后足落地点通常会超过前足的位置。兽类动物不断重复以上的跳跃动作，完成连续的跳跃。图5.15所示的是豹子的完整跳跃动作

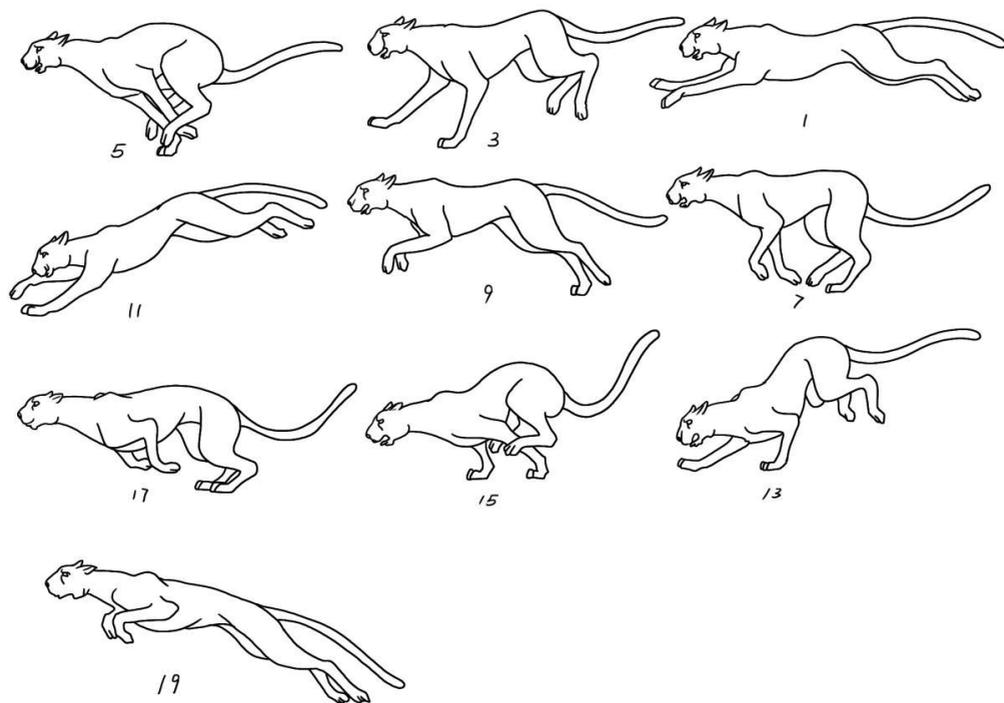


图 5.15 豹子的跳跃

作,逐张绘制,采用一拍二的拍数进行制作。图5.16所示的是狮子奔跑动作的关键帧。图5.17所示的是猫跳跃的动作过程。

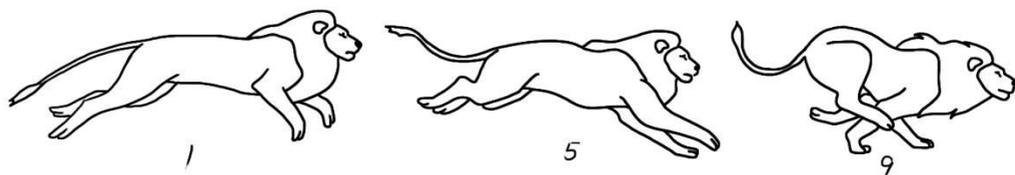


图 5.16 狮子的奔跑

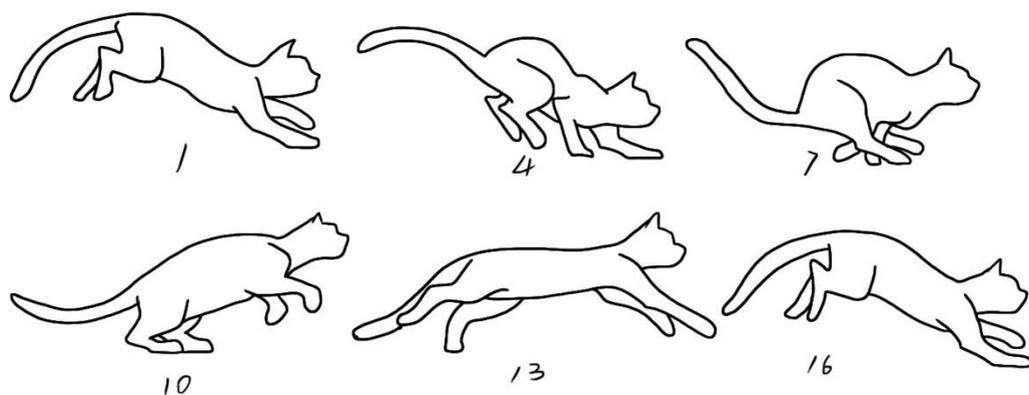


图 5.17 猫的跳跃

袋鼠的体型较大,依靠两条后肢支撑身体的站立和行动。跳跃是它前进行动的常见方式。袋鼠的跳跃步法与其他四足动物不同,它只用后肢与地面接触,两只后足靠拢,依靠两只后足同时发力跳离地面,当身体向前弹出后,再利用粗壮的尾巴来保持身体的平衡。袋鼠利用有力的后足做一连串的跳跃动作,就可以推动身体向前移动。一只体重上百千克的袋鼠可以一跃跳到三米的高度,由此可见,它的后腿具有惊人的弹跳力量。图5.18所示的是袋鼠的跳跃动作。

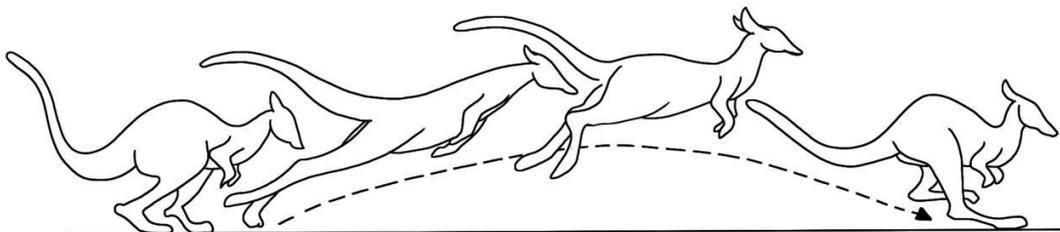


图 5.18 袋鼠的跳跃

兔子身材娇小，天生胆小，容易被捕食。但是，它擅长跑跳，弥补了其身材的弱点。兔子奔跑前进的动作特别快，换步时间短，腾空飞越的时间较长。兔子的脊椎骨特别柔软，奔跑时身体的伸曲幅度大，弹力强，所以能以飞快的速度运动。图5.19所示的是兔子的跳跃动作。

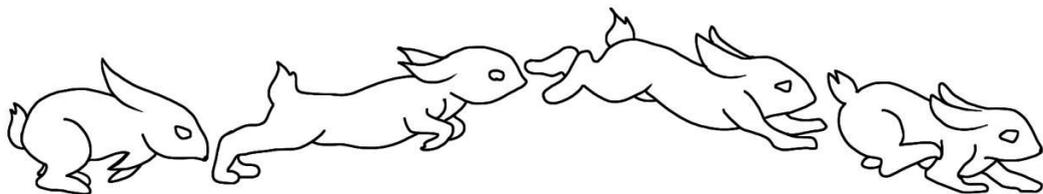


图 5.19 兔子的跳跃

5.2.3 蹄类动物的走路、跑步和跳跃运动规律

1. 蹄类动物的走路运动规律

爪类动物因为皮毛松软、柔和，关节运动的轮廓不十分明显。蹄类动物具有与爪类动物不同的特点，蹄类动物的关节运动比较明显，轮廓清晰，显得硬朗挺直。

蹄类动物走路时使用的是对角线换步法，开始走路时经常是后腿之一先跨步，接着是同一侧的前腿跨步。蹄子接触地面的顺序是后左、前左、后右、前右；后左、前左、后右、前右，依次循环重复。即，开始起步时如果是左后足先向前迈步，左前足就会向前走，接着是右后足向前走，右前足跟着向前走。这样就完成了一个循环，形成一个行走的完整动作。

一般情况下，蹄类动物一秒走完完整的一步。我们在画蹄类动物的行走动作时，要注意将身体的重心放在三只稳定地站在地上的脚所构成的三角形内。对于慢走的动作，腿向前迈步的时候不宜抬得过高。如果走的是快步，腿可以抬高一些。图5.20所示的是马走路的动作，图中第1帧，右后腿向前迈步，右前腿抬起；图中第3帧，右后腿落下，右前腿向前迈进；图中第5帧，右前腿落下，左后腿抬起；图中第7帧，左后腿向前迈步，左前腿抬起；图中第9帧，左后腿刚落下的时候，左前腿向前迈步；图中第11帧，左后腿落下，左前腿将要落下的时候右后腿抬起。图5.21所示的是鹿走路

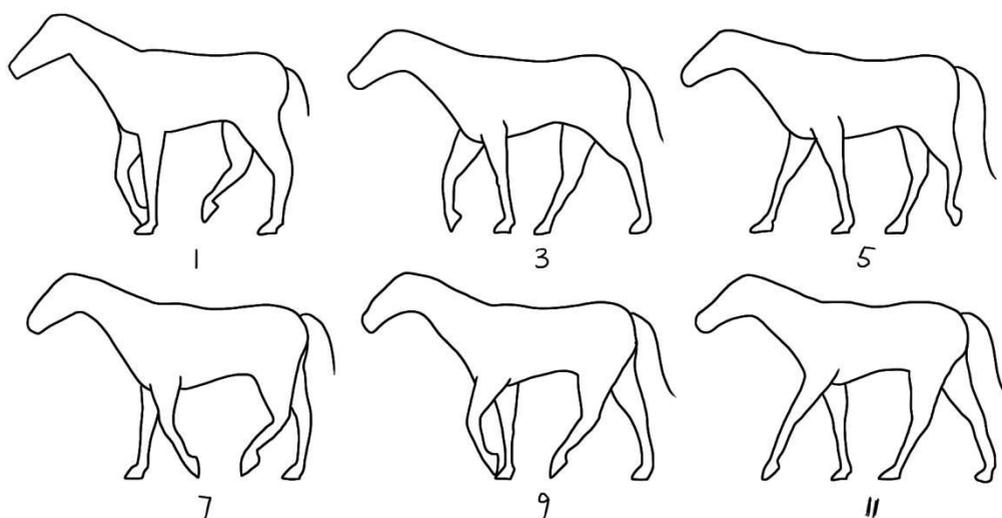


图 5.20 马走路

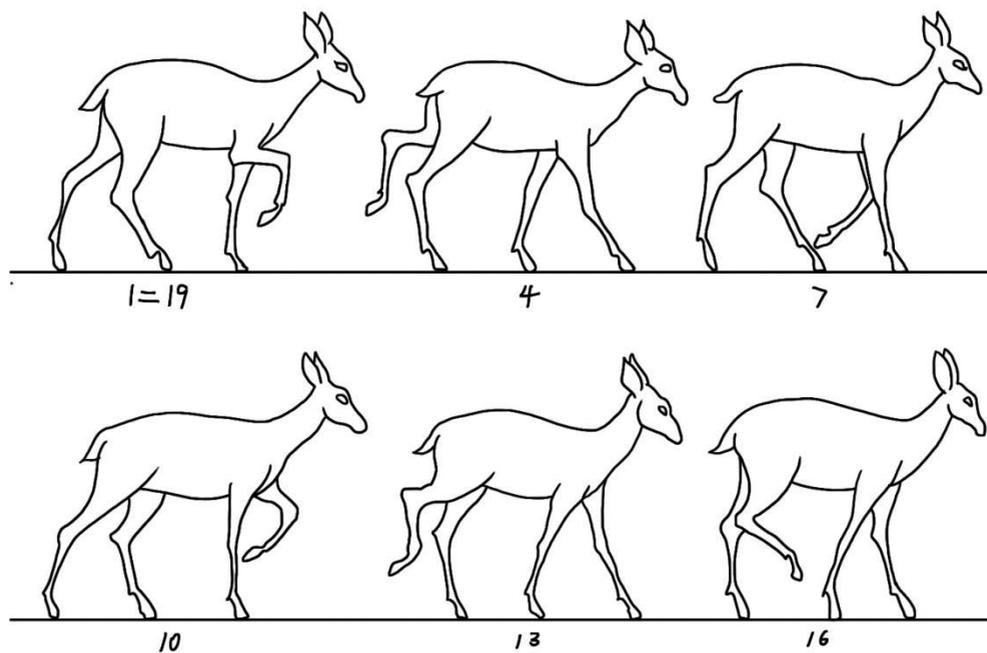


图 5.21 鹿走路

在前肢和后腿运动的时候, 关节屈曲的方向是相反的, 前肢腕部向后弯折, 后肢根部向前弯折。如图5.22所示, 马走路可以类比为一个人和一只鸵鸟合起来走路。另

外,蹄类动物走路的时候头部也会有相配合的动作,前足跨出去的时候头向下点,前足着地的时候头抬起。

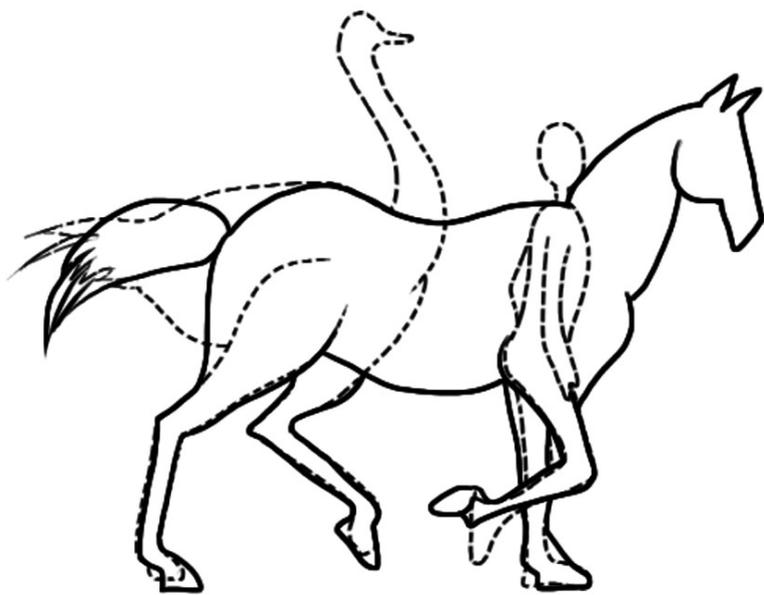


图 5.22 马走路的分解与组合图

2. 蹄类动物的跑步和跳跃运动规律

这里以马为例介绍蹄类动物跑的运动规律,根据不同的速度,将马的跑分为小跑、大跑和奔跑。

马的小跑步伐属于一种轻快的走步动作,四肢的动作基本上也遵循对角线交换的步法。与走路不同的地方是,对角线上的两足是同时离地、同时落地的。在行进过程中,四足要抬高一些,这样身体的前进就富有轻快的弹跳感。图5.23所示的是马的小跑动作。

马跑得越快,四条腿的交替分合越不明显。马的大跑步伐不是用对角线的步法,而是“左前右前,左后右后交换”的步法,即两前足和两后足的交换。前进时身躯的前部和后部有上下跷动的感觉,这种大跑的步法,步子跨出的幅度较大,大概一秒完成两个完步。

马的奔跑是最快的一种步伐,运动方式也是两前足和两后足交换的步法。四足运动充满着弹力,给人以蹦跳出去的感觉。马奔跑时迈出步子的距离更大,并且常常

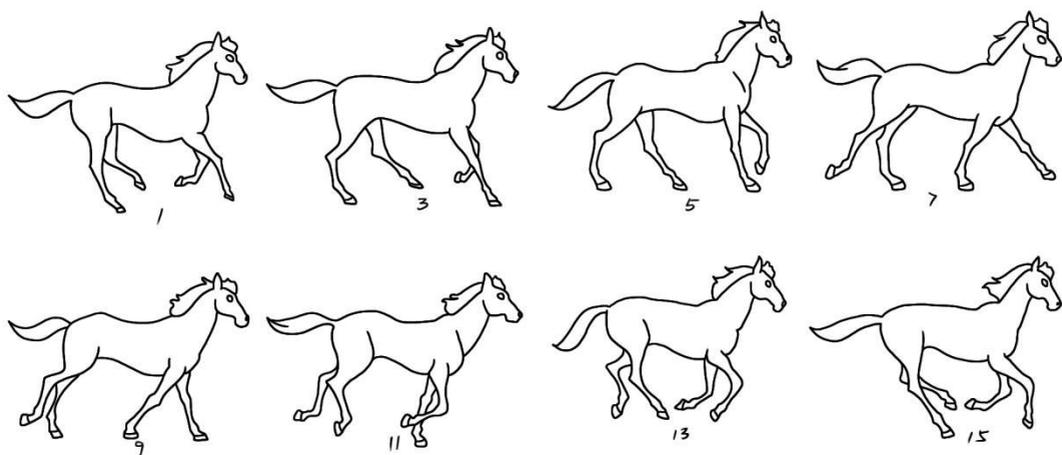


图 5.23 马的小跑

只有一只脚与地面接触,甚至全部腾空。马奔跑的速度相当快,一秒可以完成三个完步。图5.24所示的是马奔跑的动作。

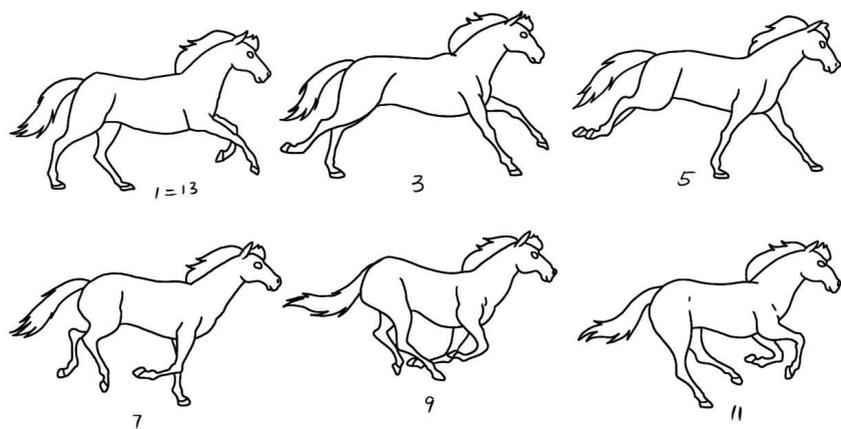


图 5.24 马的奔跑

对于蹄类动物的跳跃动作,大家要遵循要领,将其分为准备动作、起跳、腾空和落地几个阶段。首先做准备动作,身体后部降低,重心后倾,后腿弯曲。其次起跳,身体迅速前倾,前腿弯曲上抬,后腿发力向上弹起。再次身体腾空,此时身体尽可能伸展,呈弧形(抛物线)轨迹跃出。最后落地,前足伸直先落地,后足弯曲,然后向前伸直落地。不断重复以上跳跃动作,即可完成连续的跳跃。

图5.25和图5.26所示的是鹿的跳跃动作,鹿的身体屈伸变化明显,身体轻盈,

跳跃的高度高、跨度远。鹿的跳跃往往是在跑动中进行的，前后腿同时发力，头颈用力向上伸直，四肢向下伸直，弹到空中。在空中行进一段距离后重心前移，四肢蜷缩，准备落地。其四肢几乎同时落地，然后重复前面的动作，再次弹起，反复多次。

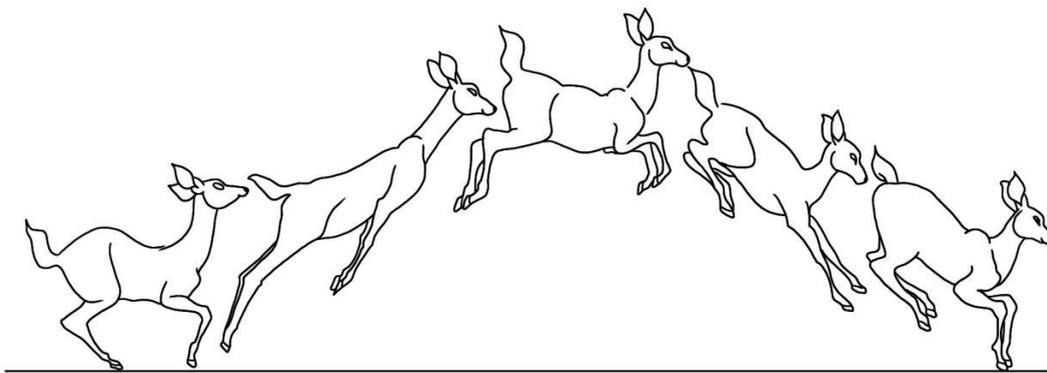


图 5.25 鹿的跳跃(一)

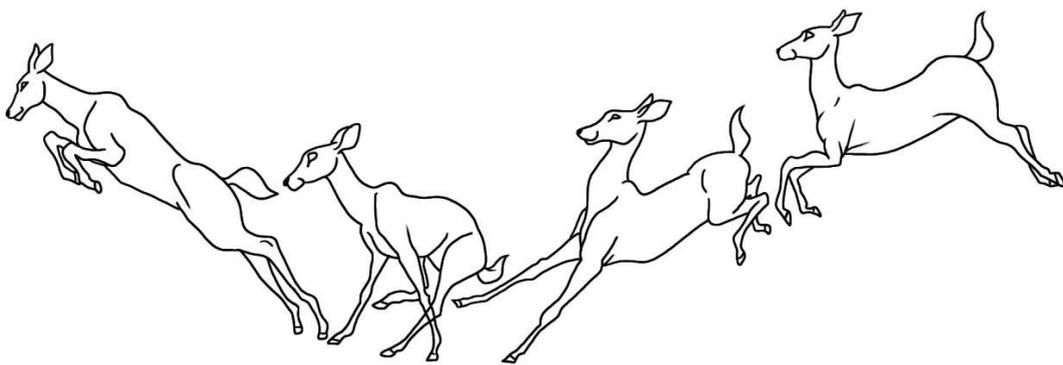


图 5.26 鹿的跳跃(二)

5.3 鸟类动物的基本运动规律



鸟类是卵生脊椎动物，几乎全身有羽毛，后肢能行走，前肢变成了翅膀。鸟类的主要特征是身体呈流线型，大多数鸟可以飞翔。鸟类胸肌发达，直肠短，食量大，消化系统发达，有助于减轻体重，利于飞行；心脏有两心房和两心室，心搏次数快，体温恒定。其呼吸器官除了肺以外还有由肺壁突出所形成的气囊，用来帮助肺进行双重呼吸。

鸟类有很多共同的特征,也有很多不同的特征。有些鸟类经过对环境的不断适应,翅膀已经丧失功能,如鸵鸟、火鸡、企鹅等,如今已经不能飞行了。有些鸟类,如鸡、鸭、鹅等,经过人类长期的饲养,逐渐变成家禽,原有特征也随着对新生活条件的适应而改变了。鸟类世界是一个复杂的世界,有的鸟体积娇小,体重很轻;有的鸟身体庞大,体重可达一百多千克,相差非常悬殊。鸟类羽毛的颜色也千差万别,有的鸟一团漆黑,有的鸟艳丽多彩。

5.3.1 鸟类的身体结构分析

鸟类的飞行活动是它们赖以适应环境和维持生命的重要手段,飞行功能本身就是进化的结果。鸟类能够飞行,是由于它们的身体具有特殊构造。从鸟类的形体结构来看,鸟类具有利于飞行的身体构造,它们的翅膀、尾巴、腿和躯干提供了适宜飞行的身体条件。翅膀的作用是产生飞行的动力,使飞行成为可能。尾巴的作用是在飞行时保持身体的平衡。腿是起飞和着陆的支撑工具。躯干把各个部分连成一个整体,身上的肌肉可以产生力量,扇动翅膀,完成飞行的动作。

羽毛是鸟类实现飞行的重要因素。鸟的羽毛具有质量轻、坚韧、光滑和柔软的特点。每根羽毛的主轴两侧斜长着两排平行的羽枝,也就是正羽;正羽羽枝的两侧有许多长纤毛;纤毛上又有许多微细的小钩或小槽互相勾连,组成扁平而富有弹性的羽片,成为能够调节气流的特殊材料。鸟类体表的正羽形成一层防风外壳,并使躯体轮廓呈流线型,翅膀和尾巴上的正羽对飞翔及平衡起决定作用。正是因为有了这种特殊的羽毛结构,鸟才能够在空中飞行。

骨骼是鸟类实现飞行的另一个重要因素。鸟类为了适应飞翔生活,不断进化,骨骼结构发生了特殊的变化。其骨骼轻而坚固,骨片薄,长骨内中空,有气囊穿入,许多骨片合在一起,增加坚固性。体重轻是鸟类飞行的重要条件,鸟的全副骨骼是相当轻的,骨骼也是中空的,像羽毛的羽轴的结构一样。块状的骨骼像纸片一样轻薄,但是这些块状骨骼非常结实,可以承受强大的空气压力。鸟类的胸骨长着一块三角形的龙骨突,这是适应飞行的重要结构,这块龙骨突也是强壮的飞行肌肉依附的地方。

鸟类的翅膀相当于它的上肢,也有骨骼和关节,通过翅膀的摆动传递来自躯干

的力量。图5.27所示的是鸟类的翅膀与人的上肢骨骼结构的对比，人类骨骼的肘部和腕部分别对应鸟类翅膀两处弯曲最明显的位置，二者有相似之处。当鸟的翅膀用力向下划的时候，所有的主要羽毛都重叠起来，以便压迫空气，产生推力。当翅膀向上收回的时候，又把主要羽毛松散开来，使空气易于流过。不断地循环扇动扑打翅膀，可以不断地获得推力。图5.28所示的是鸟在飞翔的时候，扇动翅膀所受空气阻力的示意图。

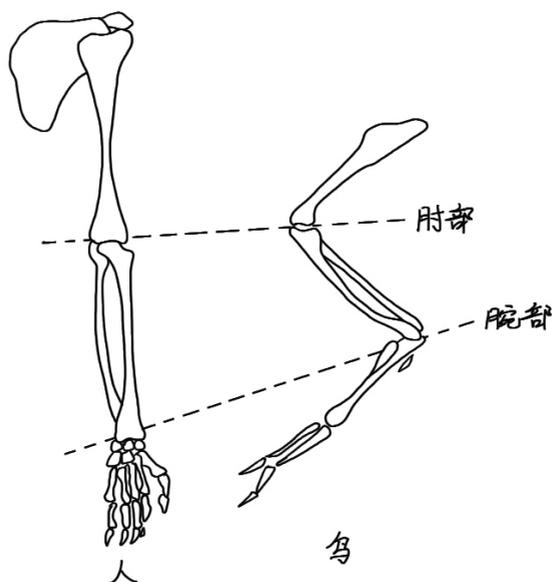


图 5.27 鸟类翅膀与人的上肢骨骼结构的对比

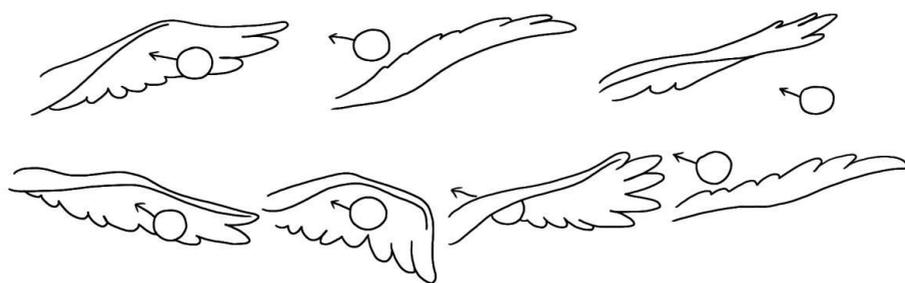


图 5.28 扇动的翅膀受力图

鸟类使用肺部和由肺壁突出形成的小气囊进行双重呼吸。这些像小气泡一样的气囊能在鸟类体内的各个部位活动，甚至能通到中空的骨头里，使得鸟在飞行时能

够使用吸入的空气增加身体浮力。通过对鸟类的身体结构进行分析,我们明确了鸟类飞行时身体各部位的协调方式,明白了鸟类飞行的特点。

5.3.2 飞鸟

根据翅膀的形状,飞鸟可以分为阔翼类和短翼类两大类。

1. 阔翼类飞鸟

阔翼类飞鸟的翅膀长且宽,身体体积较大,颈部较长而且灵活,例如鹰、大雁、天鹅等飞禽。

阔翼类飞鸟的飞行动作的特点如下:

(1) 以飞翔动作为主,飞翔的时候翅膀上下扇动,变化较多,动作柔和。

(2) 翅膀较大,飞行时空气对翅膀产生升力和推力,托着身体上升和前进。在扇动翅膀的时候,动作一般比较缓慢。当翅膀向下扇的时候展开程度较大,动作有力;翅膀抬起的时候向上收拢,动作柔和。

(3) 在飞行过程中,当飞到一定的高度后,用力扇动几下翅膀,就可以利用上升的气流展翅滑翔。

(4) 阔翼类飞鸟的走路动作比较慢,动作与家禽相似,腿脚细长,提腿跨步的屈伸动作幅度大而且明显。图5.29所示的是阔翼类飞鸟走路的动作。

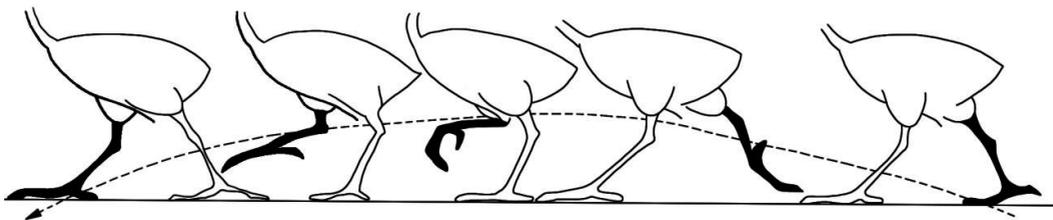


图 5.29 阔翼类飞鸟走路动作

(5) 在阔翼类飞鸟飞行的过程中还要注意身体和尾部的协调运动。在飞翔过程中,鸟身体的位置不是固定不变的,而是会上下移动。当翅膀向上运动的时候身体会向下,当翅膀向下运动的时候身体会上升。尾部起平衡作用,翅膀向上,尾部也向上。图5.30所示的是阔翼类飞鸟飞行时翅膀上下扇动的动作和运动的轨迹。图5.31

所示的是阔翼类飞鸟飞行时身体的协调动作。

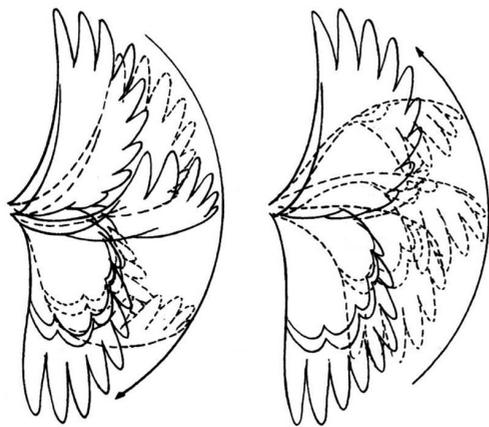


图 5.30 阔翼类飞鸟飞行时的翅膀动作

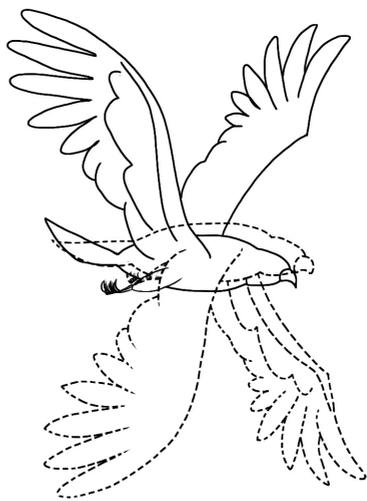


图 5.31 阔翼类飞鸟飞行时身体的协调动作

下面是几种典型的阔翼类飞鸟：

(1) 大雁。大雁的羽毛呈暗褐色，每根羽毛上都有淡棕色的羽缘。其腹部淡灰，嘴扁平且黑，脚短，呈棕黄色。

大雁走路时，身体向两侧晃动，尾部伴随着迈步换脚而左右摇摆。在跨步过程中，它的脚抬起的高度较高，脚离地的时候蹠趾呈闭合的状态，脚踏地的时候蹠趾呈张开的状态。

大雁飞行时，两只翅膀向下扇动，翼面与空气相抗，带动着整个身体前进，同时翼尖向上弯曲；翅膀往上收回时，翼尖向下弯曲，主羽散开让空气易于滑过。收回动作完成后，翅膀再次向下扇动，如此循环往复。

(2) 鹰。鹰是一种猛禽，头部接近于白色，嘴部有钩，全身羽毛为暗褐色，脚呈暗绿色，长有黑色的爪子。鹰擅长飞行，可以在空中长时间滑翔。在飞行过程中，如果发现地面上有小动物等目标，鹰能突然俯冲直下。鹰有一个钩状的喙，便于撕开肉类；还有一双有力的利爪，用来捕猎动物。鹰筑巢于山岩或者高树上。

鹰在天空的翱翔姿态潇洒壮丽，即使经受狂风冲击，也能保持稳定飞行。鹰在高空俯冲降落的动作很有气势：先放下双足，然后直冲而下，快着地的时候扇动两只

翅膀控制下冲的速度,翅膀向前向内弯曲,尾部向下展开,轻轻降落,双腿着地化解冲击力,身体稳定之后,翅膀会收叠起来。

(3)燕鸥。燕鸥全身羽毛洁白,头顶部有一块黑色羽毛,嘴呈橙黄色,脚呈暗褐色,趾间有蹼,能游水。燕鸥常群居于海滨、沼泽和盐碱土地上。

燕鸥的翼展很长,翼身很薄,翅膀相当狭窄,最适合于长距离飞行和滑翔。燕鸥的飞行特点是翅膀下扑时平压空气,翼尖稍向上弯;翼下扑到 240° 左右,紧接着向上收回,然后再做新的循环,每次扇动一个循环大约需要一秒。

图5.32~图5.35所示的是阔翼类飞鸟飞行的图例。

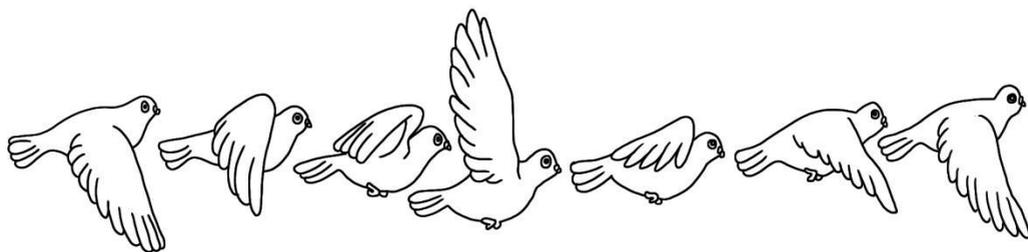


图 5.32 阔翼类飞鸟的飞行图(一)

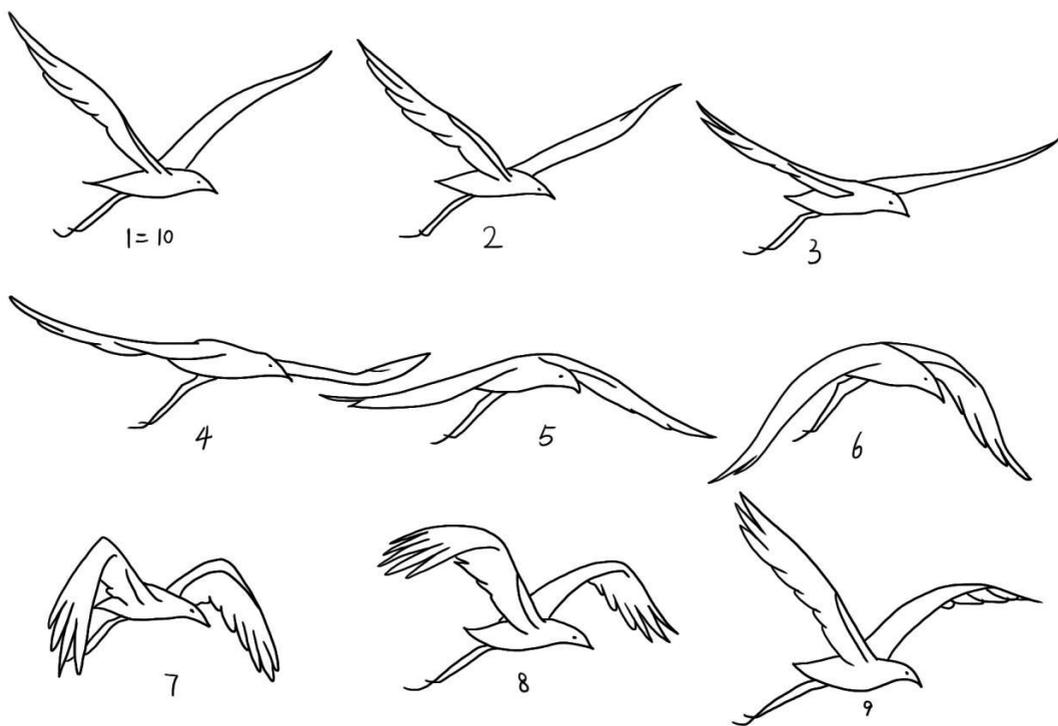


图 5.33 阔翼类飞鸟的飞行图(二)

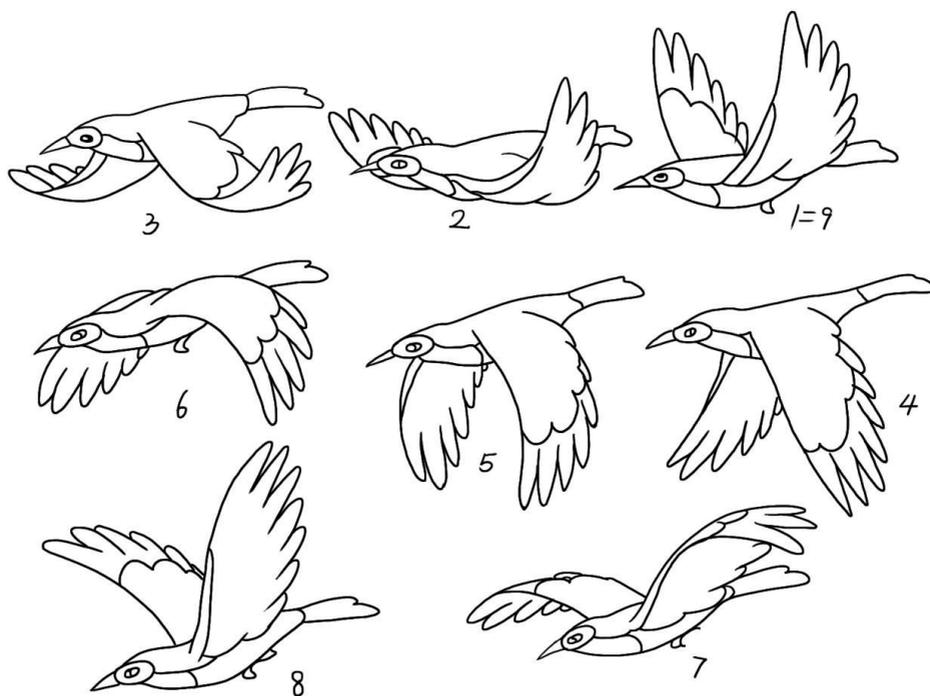


图 5.34 阔翼类飞鸟的飞行图(三)

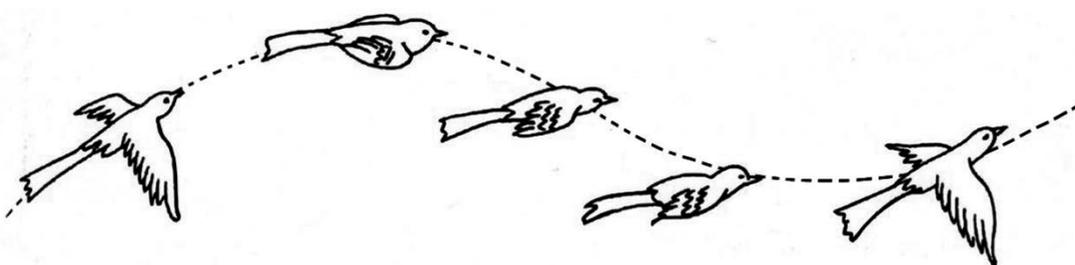


图 5.35 阔翼类飞鸟的飞行图(四)

2. 短翼类飞鸟

短翼类飞鸟的身体一般比较短小，翅膀不大，嘴小脖子短，动作轻盈、灵活，飞行速度快。

短翼类飞鸟飞行动作的特点如下：

- (1) 动作快且急促，常伴有短暂的停顿，琐碎且不稳定。
- (2) 飞行速度快，翅膀扇动的频率较高，往往看不清动作，飞行中的形体变化

少。在动画片的制作中需要绘制的张数较少。

(3) 短翼类飞鸟由于体形小,在飞行时一般不是展翅滑翔,而是夹翅飞窜。有的鸟还可以在空气中悬停,此时翅膀扇动的频率非常快。

(4) 短翼类飞鸟很少用单脚交替行走,一般使用双脚跳跃前进。

图5.36所示的是短翼类飞鸟走路(跳跃)的动作,这是跳跃的前进方式,图中虚线指示了飞鸟运动的方向和轨迹。图5.37所示的是短翼类飞鸟的飞行动作。

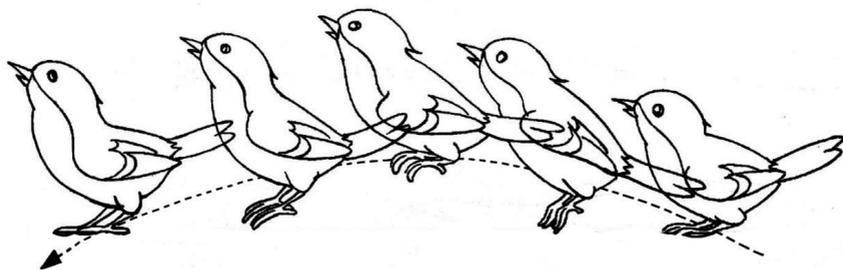


图 5.36 短翼类飞鸟跳跃前进

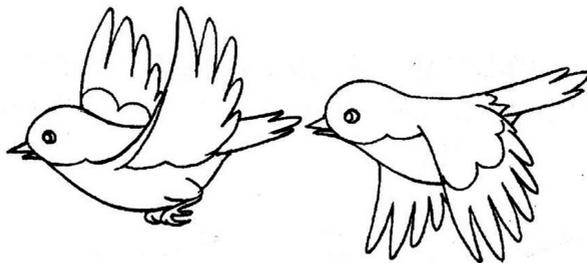


图 5.37 短翼类飞鸟的飞行

下面是几种典型的短翼类飞鸟:

(1) 麻雀。麻雀是一种林栖鸟,专吃昆虫和谷物。在一般情况下,短翼类飞鸟的身体越小,振动翅膀的频率越高。麻雀的身体较小,翅膀也小,每秒可以拍动翅膀十余次。在动画中表现麻雀的扇翅动作时,通常画出向上、向下两张扑扇翅膀的动作,然后在两个动作之间加上流线,以表现出速度感。麻雀也能做飞窜动作,就像在短程滑翔,并且喜欢做跳步动作。

(2) 蜂鸟。蜂鸟的身体相当小,羽毛色彩艳丽,头部呈蓝绿色,羽翼呈棕褐色,尾巴呈深蓝色,腹部呈翠绿色,嘴部呈红色。蜂鸟是一种林栖鸟,筑巢的本领很强,

能在树叶上筑巢。蜂鸟身轻翼小，根本就不可能做滑翔动作，却能向前飞和后退飞。另外，蜂鸟还可以悬空定身。蜂鸟的翅膀结构很特别，肘和腕的关节几乎不能活动，整个翅膀是固定的。蜂鸟的翅膀在向前划时产生推力且没有冲力，在向后划时得到相应的升力，没有向前或向后的力的作用，所以能够悬空定身。

图5.38所示的是常见的表现短翼类飞鸟飞翔的方式。先画出短翼类飞鸟向上、向下两张扑扇翅膀的动作，然后在两个动作之间加上流线，表现出翅膀快速扇动的动作。图5.39所示的是短翼类飞鸟的飞窜动作。图5.40所示的是短翼类飞鸟快速飞行时划过的轨迹。

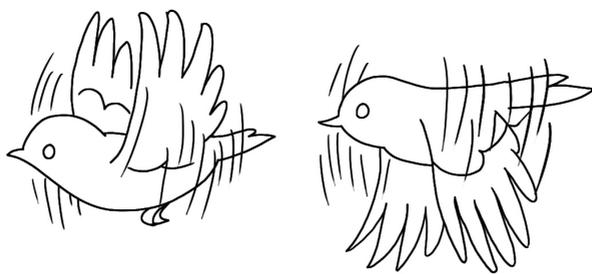


图 5.38 短翼类飞鸟的飞行动作表现形式

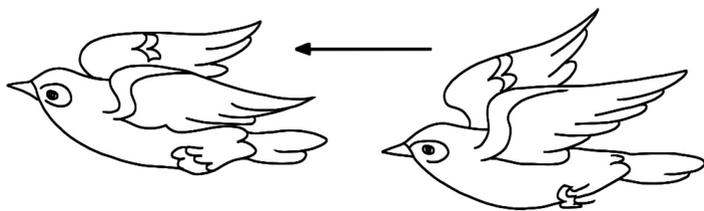


图 5.39 短翼类飞鸟的飞窜动作

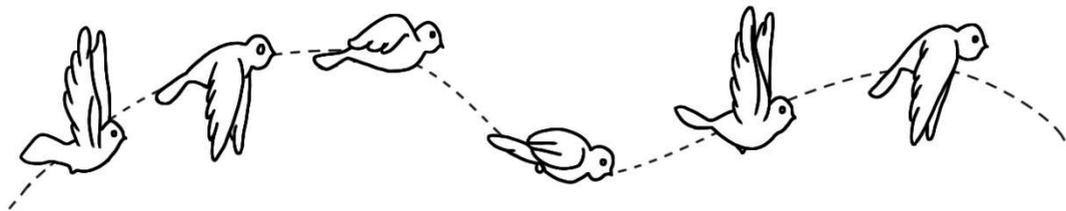


图 5.40 短翼类飞鸟飞行的运动轨迹

滑翔是飞鸟的一种特殊飞行方式。当鸟飞到一定的高度时,用力地把翅膀拍打几下,就可以利用上升的热气流滑翔。翅膀大的鸟类比翅膀小的鸟类更擅长滑翔,滑翔的距离与环境、气流等因素有关。鸟类的滑翔姿态很优美,可以做长时间的回旋滑翔。张开两只翅膀,使用尾巴调整方向,随着气流飘荡,还可以随着气流的变化顺势做方向转变的动作。图5.41和图5.42所示的是鸟类滑翔的动作,图中虚线表示滑翔的运动轨迹。

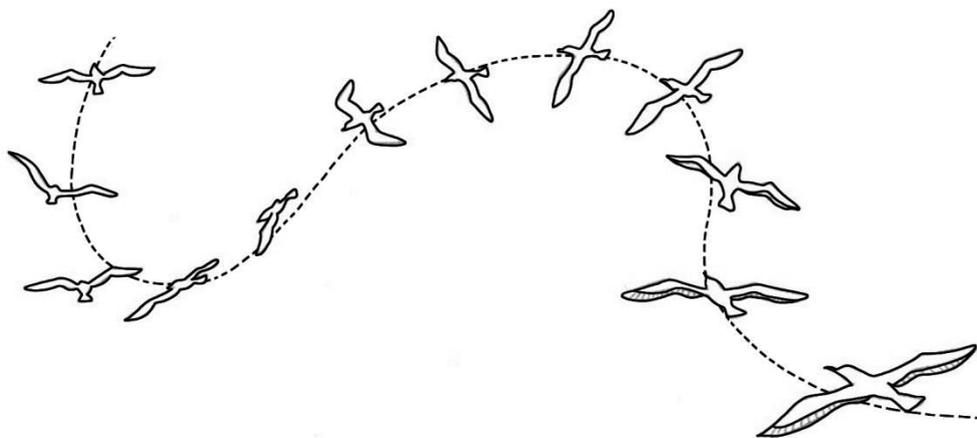


图 5.41 鸟类滑翔的动作与运动轨迹(一)

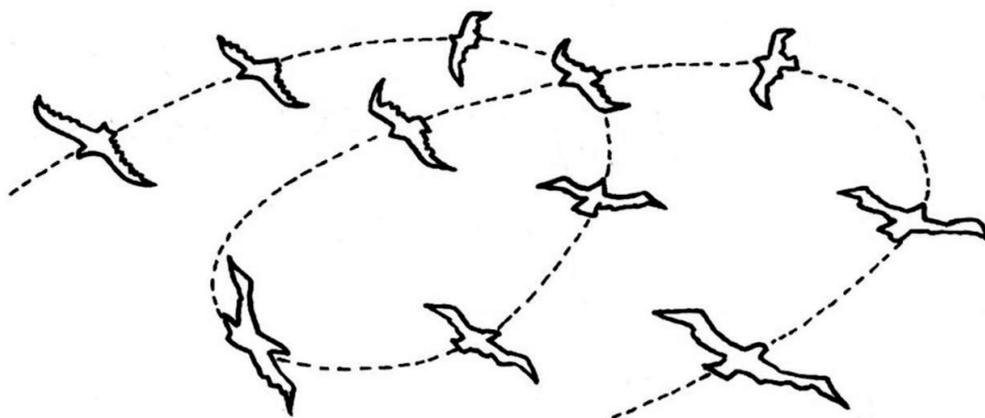


图 5.42 鸟类滑翔的动作与运动轨迹(二)

5.3.3 家禽

有些鸟类, 经过人类长期饲养, 并且伴随着环境的变化, 演化成了家禽, 例如鸡、鸭、鹅等。这些家禽现在已经丧失了飞行的能力。我们在生活中有时也可以看到鸡鸭扑打翅膀的动作, 这通常是家禽在舒展身体, 或者是在逃避危险时做出的应急动作, 但并不会真正地飞起来。家禽可以靠两足行走, 有些家禽还可以在水中浮游。家禽的行走动作可以以鸡为例进行概括, 家禽浮游的动作可以以鸭和鹅为例进行概括。

1. 鸡走路的运动规律

(1) 双脚前后交替运动, 走路时身体左右摇摆。

(2) 迈步时, 为了保持身体的平衡, 头和脚互相配合运动。当一只脚抬起到中间最高点的时候, 头开始向后缩, 同时脚掌并拢收起。当抬起的那只脚超过中间位置的时候, 头随之向前伸, 同时脚掌逐渐打开。当脚继续向前落地的时候, 头也随之伸到最前面。

(3) 鸟类走路与人类不同, 鸟类走路时腿部关节的弯曲方向与人类的腿的弯曲方向正好相反。在脚离地抬起向前伸展的时候, 趾关节的运动轨迹呈弧线形。

图5.43所示的是鸡走路的时候脚划过的运动轨迹, 以及鸡爪随着迈步动作的收放变化。图5.44所示的是鹅走路的动作。

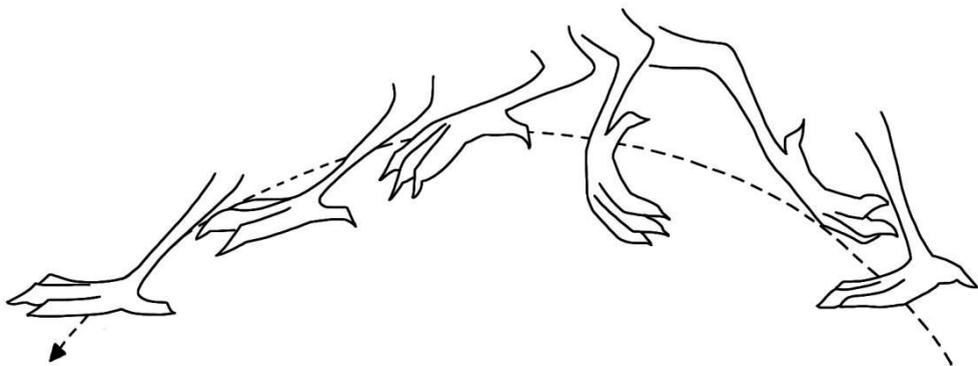


图 5.43 鸡走路时脚划过的运动轨迹以及鸡爪的收放变化

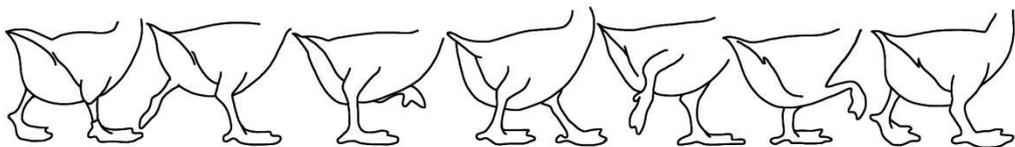


图 5.44 鹅走路

2. 鸭、鹅划水的运动规律

(1) 双脚前后交替划水, 动作柔和, 呈弧线形运动。

(2) 左脚向后划水时, 脚蹼张开, 形成外弧线形运动, 动作有力; 右脚同时向上收回, 脚蹼紧缩, 呈内弧线形, 动作柔和, 以减小水的阻力。

(3) 尾部随着脚在水中向后划和向前收的运动, 会稍微向左右摆动。

图5.45所示的是鸭子划水的动作。

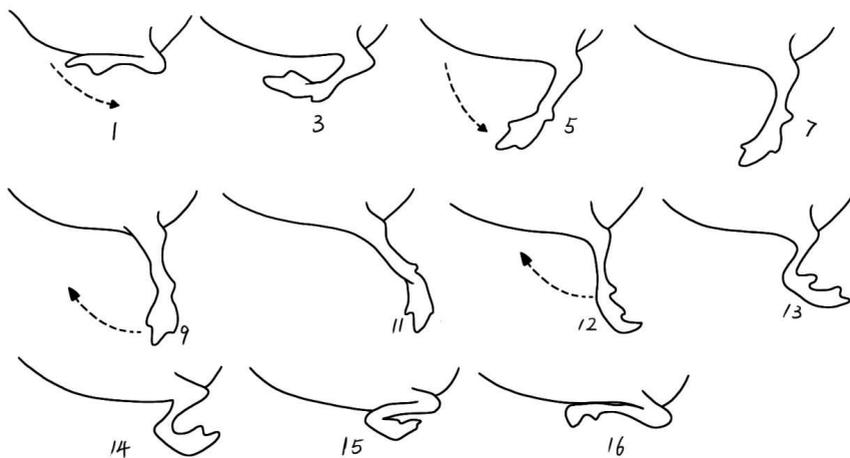


图 5.45 鸭子划水的动作

以上描述的是鸟类的基本运动规律, 但在动画片的实际创作中, 我们要根据影片的艺术风格做出动作或节奏上的特定设计, 还要结合动画片中角色的性格特征来塑造形象, 并根据剧情设计特定的动作。

5.4 鱼类动物的基本运动规律



鱼类是生活在水中的一种脊椎动物, 但在水中生活的动物不都是鱼类, 还有其他脊椎动物和无脊椎动物。鱼类必须是终生生活在水中的脊椎动物, 必须使用鳍来行动, 必须要靠鳃来呼吸, 只有具备这三个特点才能称为鱼类。

5.4.1 鱼类的形体结构

在研究鱼类的运动规律之前,我们先要了解鱼类身体的外形构造。鱼的身体分为三段,即头部、躯干和尾部。身体上还有胸鳍、腹鳍、背鳍、臀鳍和尾鳍。在鱼腹内部、肠胃上方有一个叫鱼鳔的大气囊,主要用来控制鱼类身体在水里的浮沉。水越深,水的压力越大。鱼类下潜时,要从鱼鳔内排出一些气体,使体积变小,身体就会下沉。相反,鱼类要从深水中上升时,鱼鳔就会吸进一些气体,使腹腔膨胀,体积增大,鱼身体受到的浮力也增大了,这样就可以从水中浮升起来。

形体上的外部构造是鱼类适应水下环境的一个很重要的条件。鱼类生存的水下环境错综复杂,为了适应不同的环境,就形成了与特定环境相适应的体形。鱼类的体形和它的运动动态有密切的关系,所以研究鱼的运动规律时,还有必要区分鱼类的体形。

鱼类的体形是依据鱼身体的三条体轴的长短比例来确定的。从头部到尾部称为头尾轴,从背顶到腹部称为背腹轴,从左侧到右侧称为左右轴。依据这三条体轴的长短比例来分类,鱼类的体形大体可分为下面4种类型。

(1) 纺锤形鱼。这是一般鱼类的标准体形,整个身体呈纺锤形且稍扁。这种体形的鱼类头尾轴最长,背腹轴次之,左右轴最短。鱼身体的中间大,两头尖,像个梭子一样。这种鱼基本上是流线型的,有利于在水中向前游动的时候减小阻力,还能经受住水的压力,因此游泳速度快,动作灵活。纺锤形鱼常栖息于水的中、上层,常见的纺锤形鱼有金枪鱼、黄鱼、青鱼、鲤鱼、鳊鱼、鲨鱼等。

(2) 侧扁形鱼。其中一类侧扁形鱼头尾轴较短,背腹轴较长,头尾轴和背腹轴的比例差不多,左右轴最短,身体呈左右两侧对称的扁平形。其动作较迟钝,游泳的能力较纺锤形鱼差,难以快速追捕食物,生活在水的中、下层。鲳鱼、蝴蝶鱼、鳊鱼、胭脂鱼、燕鱼等,都属于侧扁形的鱼类。另一类侧扁形鱼体形修长,例如带鱼、刀鱼等,游泳速度较快。带鱼能像蛇一样扭动身体在水中迅速前进。

(3) 平扁形鱼。这种鱼左右轴特别长,背腹轴很短,使体型呈上下扁平的形状,行动迟缓,不如前两种体型的鱼灵活,长期生活在水的底层。魮、鳐等属于平扁形鱼类。

(4) 棍棒形鱼。又称鳗鱼形鱼。这类鱼的头尾轴特别长,而左右轴和腹轴几乎

相等,都很短,使整个体形呈头小尾尖的棍棒状。其游泳能力较侧扁形和平扁形鱼强,适合于在水底泥沙中穴居生活,如黄鳝、鳗鲡等。

5.4.2 各种类型鱼的运动规律

1. 鱼类游动遵循的原则

每种动物都有区别于其他动物的运动方式,鱼类也不例外。鱼类的基本运动规律遵循以下几个原则:

(1) 鱼开始游动时,身体前部一侧的肌肉会收缩,头部偏向收缩的一侧;接着身体前部另一侧的肌肉收缩,头部又偏向另一侧。通过肌肉的交换伸缩,鱼的身体便能够左右摆动,为鱼的游动提供动力。如此循环往复下去,鱼就能向前游动。

(2) 身体上的鳍摆动,辅助鱼的游动。背鳍和臀鳍在游动的时候起平衡、稳定的作用。尾鳍和尾部肌肉左右交替伸缩,相互配合,推动鱼体前进,并且决定鱼游动的方向。胸鳍和腹鳍配合鱼体转身,调整鱼体的升降,控制鱼体的启停。

(3) 鳃孔向后喷水,通过调整呼吸来调节运动。鳃可以吸进溶解在水中的氧气,排出废气。鱼类可以利用鳃孔有力地喷出废气的时候产生的推力游动。假如鱼要向左转,它会紧闭左侧鳃,强迫口中所有的水从右侧鳃孔有力地喷出来,此时身体就会向左产生转向。

(4) 鱼的游动必须遵循曲线运动的规律。

图5.46所示的是鱼通过身体左、右两侧肌肉的交替伸缩克服水的阻力,产生了游动的动作。海豚、鲸等海洋哺乳动物经过长期趋同进化,体型已与鱼类十分相似,游动时同样遵循曲线运动的规律,所以在此一并讲解。图5.47所示的是海豚克服水的阻力,沿着曲线的运动轨迹进行游动。图5.48所示的是鱼游动的曲线轨迹。图5.49所示的是海豚在水中游动,然后发力一跃而起,跳出水面的动作。

2. 根据鱼类的体型大小分析鱼的运动特点

鱼类可以分为大鱼、小鱼和长尾鱼。大鱼的体形较大,身体较长,鱼鳍相对较小。它们在运动的时候身体摆动的曲线弧度较大,动作缓慢而稳定。当停留原地时,鱼鳍缓慢划动,鱼的尾巴轻轻摆动。小鱼的身体小,游动的动作快且灵活,变化较多。其动作节奏短促,常有停顿或突然的窜游动作。在游动的时候身体摆动的曲线

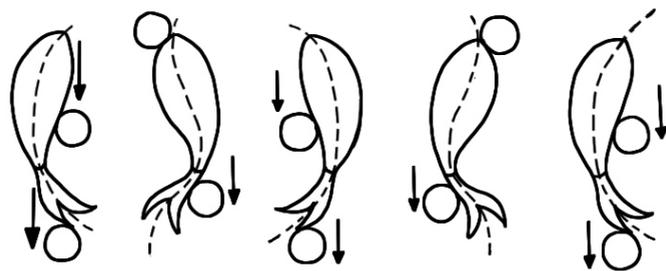


图 5.46 鱼克服阻力游动



图 5.47 海豚克服阻力沿曲线轨迹游动

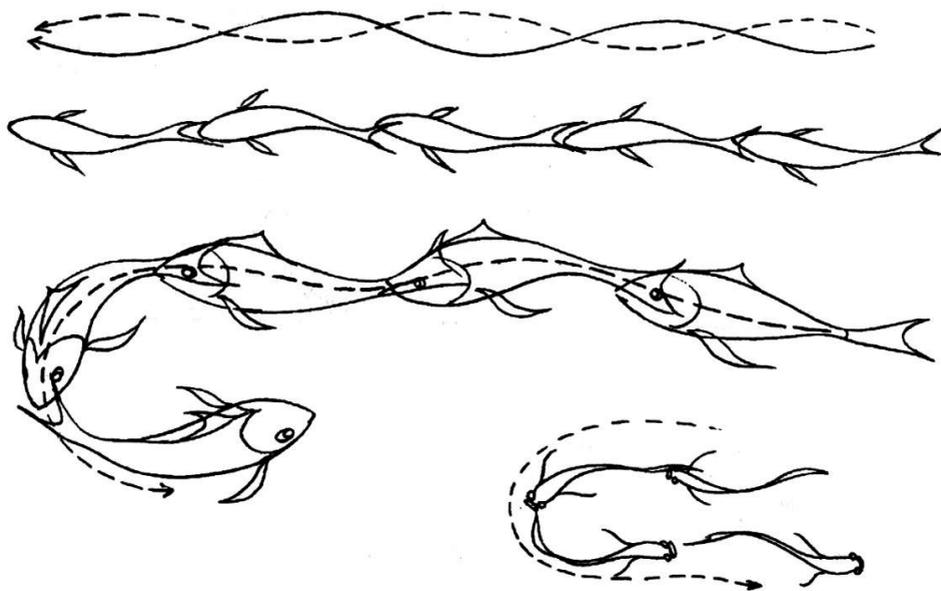


图 5.48 鱼游动的曲线轨迹

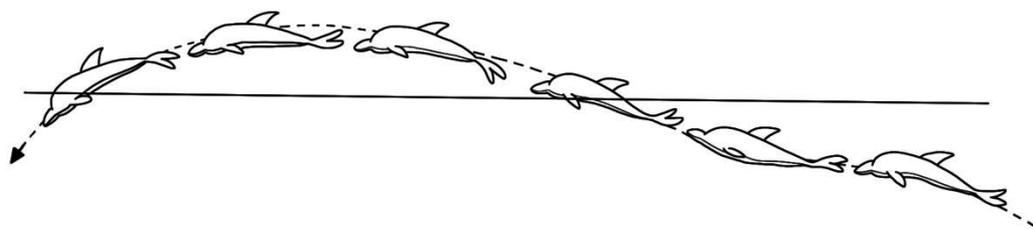


图 5.49 海豚从水中跃起出水的动作

弧度不大。长尾鱼鱼尾宽大,质地轻柔,摆尾动作柔和、缓慢,在水中身体的形态变化不大,长长的鱼鳍和鱼尾会跟随身体摆动,例如金鱼。金鱼游泳的动作缓慢、柔和,体态多姿,鱼尾由于质地轻薄,加上水的浮力的影响,动作缓慢而柔软,呈曲线运动,形态的变化也比较多。图5.50所示的是金鱼的游动动作,它沿着曲线游动,动作柔和、舒缓,宽大的鱼鳍跟随着身体摆动。



图 5.50 金鱼的游泳动作



5.5 两栖类和爬行类动物的基本运动规律

两栖类动物是由鱼类进化而来的,既能生活在水中,又能生活在陆地上。其幼体在水中生活,用鳃进行呼吸,长大后用肺兼皮肤呼吸。两栖类动物可以爬上陆地,但是不能离开水,因为可以在两种环境下生存,所以称为两栖类动物。它们是脊椎动物从水栖到陆栖的过渡物种。两栖类动物是变温动物,它们通过自己的行为调节自己的体温。例如,到有阳光照射的地方晒太阳取暖,可以使体温升高;藏到树荫下或洞穴中,可以使体温降低。

从生物学方面进行论证,爬行类动物起源于两栖类动物。但是爬行类动物比两栖类动物有进一步的发展,逐渐摆脱了对水中生活的依赖,变为更适应陆上生活的动物。爬行类动物可以分为有足和无足两类,例如有足的鳄鱼、龟、蜥蜴和无足的蛇等。

5.5.1 有足类爬行动物的运动规律

有足类爬行动物的运动具有自身的特点。它们在爬行时与四肢兽类动物的走路步法相同,四肢以对角线的形式前后交替运动。爬行动物的尾巴会伴随着身体的运动左右摇摆,以保持平衡。

1. 鳄鱼

鳄鱼生有四条短肢,只能支撑笨重的身体做贴地爬行。它的外观形态很丑,动作比较迟钝,性情很暴躁。鳄鱼的尾巴很长,而且很有力,在游泳时是强有力的动力来源。鳄鱼的肋骨连在颈椎上,头部不能向两侧转动,只能上下活动。鳄鱼在陆上爬行时动作很迟钝,其四肢做对角线的交替运动,支撑着沉重的身体前进。鳄鱼的前肢生有五指,后肢生有四趾。在游泳时四肢伸开,不缩回身体的侧面,依靠长尾巴的摇摆推动身体向前游。鳄鱼浮在水面上游动时,我们几乎看不到它的头部和身体的动作,只看到它很平稳地像枯木似的在水面上漂浮,游动的速度非常快。图5.51和图5.52所示的是鳄鱼的爬行动作。

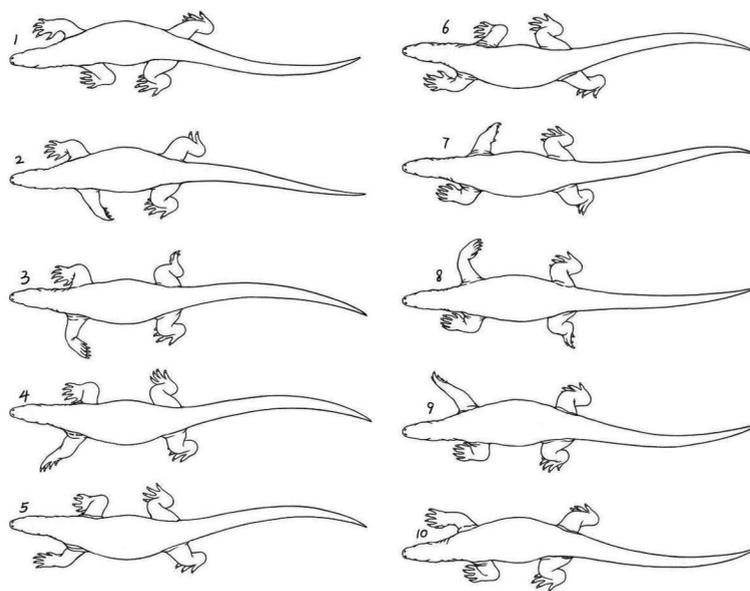


图 5.51 鳄鱼的爬行动作(一)

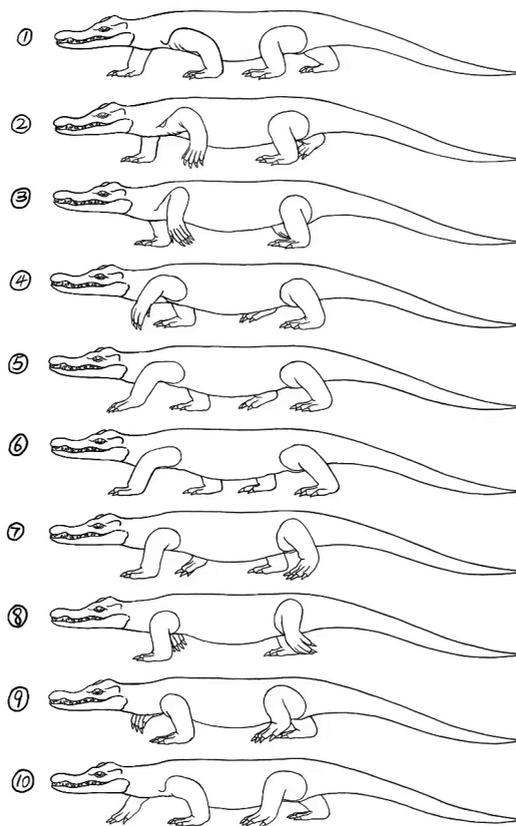


图 5.52 鳄鱼的爬行动作(二)

2. 龟

龟是常见的爬行动物之一，与鳖同类。龟类的身体是扁椭圆形的，背腹部生有骨甲化的硬壳。其脊椎与背甲融合在了一起，躯体不能动弹，颈椎和尾椎能够活动。龟没有牙齿，依靠嘴部的角质层咬碎食物。其四肢上长有五趾，各个趾都有钩爪。龟的行动迟钝，但在遇到敌害的时候却反应敏捷，能突然把头部、尾巴和四肢缩回硬壳内藏起来，起到保护身体的作用。

3. 蜥蜴

蜥蜴的外形与鳄鱼很相似，皮肤由角质鳞片组成，排列成复瓦状，身上有花纹且色彩艳丽，皮肤下面有色素细胞，可以随着环境的变化而变色。蜥蜴有四肢，四肢上有五趾，各个趾上有锐利的爪。蜥蜴的再生能力很强，断掉的尾巴两三月后还能再生长出来。蜥蜴的身体一般比较小，其动作很敏捷，爬行速度很快，在水中游动的速度也很快。

5.5.2 无足类爬行动物的运动规律

蛇是无足类爬行动物的典型代表。蛇的身体是长圆筒形，头部扁平，尾巴尖，没有四肢，全身有角质鳞片，鳞片排成复瓦状，鳞片外的细胞层每年都要蜕一次皮。蛇的腹鳞是它在陆地上爬行的重要工具。腹鳞是生长在蛇腹部的一系列横鳞，起四肢的作用。蛇类的爬行依靠脊椎骨的交互运动带动肋骨间筋的活动，肋骨的游离端向后与腹鳞相连，所以腹鳞会做跟随移动，从而带动蛇躯体的移动。

蛇遵循着特定的规律运动。蛇向前运动的时候，身体向两旁做S形的曲线运动。其头部呈抬起的离地状态，左右摆动的幅度不大，头部两侧的肌肉交换伸缩，带动头部左右摆动。伴随着头部的摆动，动力逐渐向后传递，进而带动整个身体摆动，并且越靠近尾部摆动的幅度越大。这样就可以产生不间断的动力，使躯体不断前进。

蛇游泳的时候也是沿不规则的曲线向前行进的。

5.5.3 两栖类动物的运动规律

下面以两栖类动物中的典型代表——蛙类为例，研究两栖类动物的运动规律。蛙的后肢较长，肌肉发达，趾间生有蹼，擅长跳跃和游泳。蛙在陆地上以跳跃为主，

在水中的时候以游泳为主。蛙跳跃的时候先下蹲身体,后腿用力蹬出,把身体弹起,划出呈抛物线状的运动轨迹后落地。蛙游泳的时候姿势优美,动作柔和,节奏感强,四肢协调配合,由后腿的屈伸提供前进的动力。蛙双腿向后蹬水的弧度较大,身躯顺势向前蹿,同时前肢并拢向前伸出;接着后脚并拢收回,前肢做弧度收缩,身体在一张一弛的动作之间变化。然后双腿继续向后蹬,如此循环往复。在这个过程中,蛙的脚蹼也会随着后腿的屈伸动作有张合的变化。

成年的蛙用肺部呼吸,没有尾巴;但是蛙的幼体用鳃呼吸,而且是有尾巴的。蛙的幼体是蝌蚪,蝌蚪的尾巴很发达,在游泳的时候依靠尾巴的左右摆动产生前进的动力。蝌蚪的头部和身体是连在一起的三角状的形体,看不出明显的躯干。在游泳时,头部和尾巴摆动的幅度较大,运动轨迹呈曲线形,动作节奏也比较快。蝌蚪的体型小,肢体区分不明显,看不到表情。在动画片的创作中,动画设计人员往往通过刻画蝌蚪尾巴动作的快慢节奏来表现它们的情绪,观者根据动作的节奏快慢可以理解剧情的发展。这样的表现形式也会有比较好的效果。

常见的蛙类有沼蛙、泽蛙、雨蛙、树蛙、蟾蜍等,它们都遵循这样的运动规律。

以上讲述的是动物的分类及它们的基本运动规律,针对不同动物的特点分析了各种动物的一般特性,以便大家在动画创作中进行借鉴。但是,在实践中,动物的动作千变万化,不可能一成不变。为了把动画中的各种动作表现得更加生动、合理,大家要在熟悉各类动物的形象特征和它们的动作特点的基础上多观察、多练习,积累丰富的经验,并融会贯通,以不变应万变。

5.6 本章小结

本章分析了动物的身体结构,对猴、虎、马、蛙、鸽子等动物与人的肢体结构进行了对比分析;将兽类动物分为爪类和蹄类,结合爪类的豹子、狮子、狗、兔子、猫、袋鼠等实例以及蹄类的马、鹿等实例,分别描述了各种动物走路、跑步和跳跃的运动规律;分析了鸟类的身体结构,将鸟类分为飞鸟和家禽两大类,分别讲解了阔翼类飞鸟和短翼类飞鸟的飞行运动规律,并讲解了家禽的走路、游水等运动规律;将鱼进行了分类,

并针对不同身体结构的鱼介绍了各自的运动规律,然后以蛙、鳄鱼、乌龟、蛇为例介绍了两栖类和爬行类动物的运动规律。本章提供了大量的图片素材供读者使用。

作业题

1. 设计制作一种爪类动物走路的动作,要求完成一个完步。
2. 设计制作一种蹄类动物走路的动作,要求完成一个完步。
3. 设计制作一组豹子循环走路的动作。
4. 设计制作一组鹿连续跳跃的动作。
5. 设计制作一组大雁在空中飞翔的动作。
6. 设计制作一组鸭子在水中划水的动作。
7. 设计制作一组鲤鱼在水中游动的动作。
8. 设计制作一组海豚在水中游动,然后出水入水的动作。
9. 设计制作一组蛇在地面上爬行的动作。
10. 设计制作一组鳄鱼在地面上爬行的动作。

