

• 感觉器官

讲授重点：

- 1 、皮肤感觉器的类型、位置、机能
- 2 、鱼眼的构造
- 3 、鱼类内耳的位置、构造及机能

鱼类的感觉器官包括：皮肤感觉器官、听觉器官、视觉器官、嗅觉器官及味觉器官等。

第一节 皮肤感觉器官

一、皮肤感觉器的基本构造

一般由几个感觉细胞和一些支持细胞组成。

感觉细胞呈梨形，在感觉器的中央，具有感觉毛。感觉细胞具有感觉和分泌的双重机能，它的分泌物在感觉器外表凝结成胶质的胶质顶，感觉毛被包藏在顶的内部，感觉神经末梢分布在感觉细胞之间，与感觉细胞相联系。

支持细胞柱状，包围着感觉细胞的基部。

当水流冲击鱼体时，引起感觉器胶质顶的倾斜，感觉细胞所接受的刺激通过神经纤维传递到神经中枢。

二、皮肤感觉器官的种类

（一）感觉芽

感觉芽是构造最简单的皮肤感觉器，分散在表皮细胞之间，在真骨鱼类常不规则地分布在身上、鳍上、唇上、须上及口中。分布到感觉芽的神经纤维多属于第 VII 、 IX 、 X 对脑神经。

具有触觉及感觉水流的作用。

（二）丘状感觉器

又称陷器，这类感觉器的感觉细胞低于四周的支持细胞，因而形成中凹的小丘状构造。在发生时最初也为芽状突起，后来以皮肤表面下陷呈凹窝状。

丘状感觉器无论在板鳃类和硬骨鱼类的头部和躯干部都能见到，头部往往多些。陷器的排列方式不尽相同，随种类而异如扬子江白鲟的陷器是一簇簇地分布在长吻的背腹面、上下颌，每鳃盖上以及头的其他部分，好似花朵一般。七鳃鲨的陷器在喷水孔和胸鳍前之间按节成行排列。

陷器的作用是感觉水流和水压。栖息于水底的鱼类陷器发达，由第 VII、第 IX 对脑神经分支所支配。

（三）侧线器官

侧线是鱼类及水生两栖类所特有的皮肤感觉器，它是一种埋在皮下的特殊皮肤感觉器官。侧线有两种类型：（1）侧线呈沟状开放的，如鲨类，是低等表现。

（2）侧线呈管状，埋于皮下，支管开孔于体表。如鳐类和硬骨鱼类。

埋在皮下的侧线管内，充满粘液。侧线主管形成很多小管分支至体外开孔，在体侧即形成侧线，在二分支小管之间，每一段主管管壁上分布有一个感觉结节点，其感觉细胞上的神经末梢通过侧线神经而联于延脑发出的迷走神经。

侧线器官感觉传导途径是：水流和水压由侧线支管的开口处作用于管中的粘液，再由粘液传递到感觉结节，使感觉结节的顶发生偏斜，感觉细胞乃获得刺激，刺激通过结节中的神经末梢，经侧线神经传递到延脑。

一般侧线无论是沟状或管状，其分布形式基本相同：主支分布在头以后身体的两侧，由侧线神经所支配。体侧的侧线一般为身体两侧各有侧线一条，少数鱼类每侧有二条（如中华舌鳎有眼侧）或三条（半滑舌鳎）甚至更多（六线鱼每侧 5 条），但鲱科鱼类无侧线。

头部侧线在头部分成若干分支，分布较复杂，一般有：

- （1）腹上管：位于眼眶上方。
- （2）眶下管：位于眼眶下方。
- （3）鳃盖舌颌管：由鳃盖中部向下延伸到下颌的前端。
- （4）眶后管：位于眶下管与鳃盖舌颌管之间。
- （5）颞管：位于眶后管之后。
- （6）横枕骨：横过头后部背方，连接着头部两侧的侧线管。

头部侧线管主要受面神经的分支所支配，此外还受舌咽神经的支配。硬骨头部侧线由于膜骨的形成而把管道埋藏在膜骨内。

鱼类侧线器官的主要作用是（1）确定方位；（2）感觉水流；（3）感受低频率声波；（4）辅助趋流性定向。在水环境时单凭视觉不能正确测得物体的方位，而侧线能协同视觉测定远处物体的位置。这些物体有的是可以由一个机械的干扰中心点而移动（例如饵料生物或敌害）。有的不移动也可以由鱼本身游泳运动所造成的水波、传及物体后又回射回来。这样侧线可以感受而且正确知道物体的存在和它的位置。依着水流的方向来确定游泳的方向。许多鱼体逆流游泳。即所得趋流性反应，鱼可以用抵销水流的速度作逆流游泳，而能停留在河中一定的位置，所以也可认为侧线是鱼类趋流性的辅助器官。有些实验表明，一些鱼类的侧线能感受低频率声波和对温度起感觉作用。

侧线对鱼类的摄食、避敌、生殖、集群和洄游等活动都有一定的关系。当一个生物游近鱼体时，产生了波动，鱼体就能感觉并产生反应，或加以扑食，或逃避之，或置之不理，将一条盲眼的狗鱼和一条死鱼放在一起，这条盲鱼不能找到死鱼而继续挨饿，当移动死鱼时，它便能象活鱼似地捉信它。如果将其侧线烧伤以后，对活动的物体的捕食反应也就消失。所以侧线是凶猛猎取物位置或协助温和性鱼类逃避敌害的重要器官。有些鱼类在生殖季节侧线感觉器特别发达，产卵后又消失，这说明鱼类在结群移动与产卵追逐活动中不仅领先视觉，在很大程度上有赖于侧线对振动的感觉作用。

（四）罗伦瓮

在软骨鱼类中还有一种皮肤感觉器，即罗伦瓮（罗伦氏壶腹或罗伦氏器），它是侧线管的变形构造，分布在头部的背腹面。罗伦氏器呈管状或囊状，内有粘液，一端扩大为壶腹，另一端开口于皮外。板鳃鱼类各类别的罗伦氏器的形态和分布各不相同，罗伦氏器的机能基本上同侧线，仅反应稍慢些。

第二节 听觉器官

鱼类的听觉器官只有内耳，没有中耳及外耳。

一、内耳的构造

内耳埋藏在头骨的听束内，位于上骨、窦耳骨、蝶耳骨、基枕骨、前耳骨及外枕骨里面。

内耳由上下两部分组成。

上部是椭圆囊，在它的前、后及侧壁各连接一条半圆形的管子，此即半规管，管的两端开口于椭圆囊，这三条互相垂直的半规管根据其位置的不同分别称为前半规管，后半规管和侧半规管（或称水平半规管）。每一半规管的一端有一个由管壁膨大而成的球形壶腹。

下部是球状囊，其后方有一突出，称为瓶状囊，球囊与椭圆囊内部是相通的。

球状囊通出一条内淋巴管，穿过椭圆囊。左右两侧内耳的球囊之间还有横向的内淋巴管相连。

由于内耳有这么复杂的构造，故常称其为膜迷路或迷路器官，颅骨的听囊将内耳包藏在里面，骨迷路与膜迷路之间充满淋巴液，对膜迷路起着周密的保护作用。

大多数鱼类的内耳具有由细胞所分泌的产物沉积而成的石灰质耳石，一般有三块，在椭圆囊中靠近前半规管和水平半规管的壶腹处，有一块微耳石；球状囊内有一块最大的矢耳石；在瓶状囊内是一块较小的星耳石。星耳石有纤维物质与内耳腔壁相连接，并悬浮于内淋巴液中，耳石的形状、大小因种类而异，并随年龄的增加而增加，鱼体生长的继续，耳石也成层地增大，故可借耳石与其它构造相对照，研究鱼类的年龄和生长。

内耳各腔的内面，有感觉细胞和第 VIII 对脑神经的束梢相联系。在壶腹内的感觉上皮形成听脊，在椭圆囊、球囊内的感觉上皮称听斑，其基本结构与侧线的感觉器相类似，听脊的顶很长，可以达到壶腹的对壁，而听斑的感觉毛稍短。

内耳的形态因种类而异这在硬骨鱼类更为显著。

二、内耳的平衡和听觉作用

鱼类内耳的重要机能之一是平衡作用。平衡的中心在内耳的上部，即椭圆囊和半规管。

如果切除椭圆囊和半规管，鱼就完全失去平衡，游泳时不能定向，但不影响听觉。如果切除内耳的下部（球囊），就不会引起平衡的失调。

侧半规管对鱼体背腹轴方位的运动有反应，对前后轴和左右轴的方位变动没有反应，前后半规管对三个轴方位的运动都有反应。

内耳的另一重要作用是听觉，鱼对外界的声响有一定的感觉和反应，一般能感觉较低频率的声波，不如高等脊椎动物发达。鱼类对声音的感觉主要与内耳下部球囊一瓶状囊综合体有联系，即听觉的产生主要在球囊里的听斑，瓶状囊内也有听斑能感受声波。

板鳃类内耳的内淋巴管孔与外界相通，某些鳍类的内淋巴管在耳囊内形成一个腔，如象鼓室，管孔为膜封闭，膜上有一层半液体状物质，皮肤复盖在这上面，声波通过孔上的膜传递到下面的淋巴管腔中。

硬骨鱼类的内淋巴管是封闭的，不与外界相通，声波常靠耳区薄的头骨传导到内耳。

声波传到内耳，内有的内淋巴发生振荡，则刺激到内耳的感觉细胞，经听神经传达到脑而产生听觉。

非鲤形目鱼类对于高于 2000-3000 振次的声波没有反应，而且有韦伯氏器的鲤形目鱼类显然在感觉声波频率幅度和间调辨别能力方面有较高水平，它们的听觉高限在每秒钟 7000-10000 振次之间。

鱼类听觉的生物学意义不仅是预告危险或食物存在的信号，某些鱼类且能发声，它们能从同种的个体那里得到信号，这在生殖季节中，对选择异性具有一定的意义，如大、小黄鱼。

不渔业生产实践中，渔民早就熟悉了鱼类的发声特性，巧妙地运用这种特性来捕鱼。据说，印度有些渔民夜间跳入水中，靠听鱼的声音捕鱼。我国沿海善于发声的鱼，如大、小黄鱼、黄姑鱼、叫姑鱼等十余种，它们往往在产卵期间能发出很强的生物声，四百多年前就被我国渔民利用来进行探索捕捞，随着科学的发展，有些国家在进行各种声波诱鱼和声波驱鱼的试验，挪威正在研究试验用声信号控制鱼群游泳，达到无网捕鱼的目的。

鱼虽然听到声音，但不能象人和高等动物那样可以靠外耳来确定声音的方向。它的辨别方向的能力是靠皮肤感觉器囊协助完成。

第三节 视觉器官

鱼类的视觉器官是眼，位于脑颅两侧的眼眶内。

一、基本构造

鱼的眼睛多呈于椭圆形，其内部构造由被膜及调节器组成。

（一）被膜

鱼类的眼球由巩膜、脉络膜及视网膜等三层被膜组成。

1、巩膜

巩膜为眼球最外层，软骨鱼类为软骨质，硬骨鱼类多为纤维质，其作用是保护眼球。巩膜在眼球前方部分是透明的角膜，光线与透过角膜落到晶状体上。鱼类的闭膜比较扁平，这与其水生生活相适应，可以减少摩擦，免使眼球受伤。

2、脉络膜

脉络膜为紧贴在巩膜内的一层，富有血管和色素，它由银膜、血管膜及色素膜三层组成。

（1）银膜：紧贴在巩膜里面，具有银色闪色的色泽，含有鸟粪素，具有反射光线到视网膜的作用。

(2) 血管膜：紧中银膜内侧，含有丰富的血管，供给眼球营养。

(3) 色素膜：内含色素细胞，呈黑色。

脉络膜向前延伸到眼球前方部分为虹膜，其中中央的孔为瞳孔。

许多硬骨鱼类在脉络膜的银膜与血管膜之间有一围绕视神经的脉络脉，是由许多血管聚集而成，对心脏来的血液的压力起缓冲作用，减少对视网膜的机械损伤。

3、视网膜

眼球的最内层为视网膜，由数层神经细胞组成，是产生视觉作用所在的部位，它有两种视觉细胞，即圆柱细胞（或杆状细胞）及圆锥细胞，圆柱细胞是收纳光线强烈的刺激，行光觉作用，圆锥细胞是收纳光波长短的刺激，司色觉作用，最后一层神经细胞的轴突合后结成视神经入脑，视神经通过的地方呈圆形，此区的视网膜不发生感觉，故有盲点之称。

(二) 调节器

除被膜外，鱼的眼睛内还晶状体、水状液、玻璃液、镰状体、铃状体和悬韧带等调节器。

1、晶状体：大，呈圆形，是由一群无色透明的细胞组成，内无神经及血管。晶状体以瞳孔中特别突出，能使来自各方的光线射入，起到透镜的作用。

2、水状液：角膜与晶状体之间的空腔称为眼前房，其中充满的液体为水状液，透明而流动性大，具有反光的能力，又能使角膜紧张开滑，光线很好通过。

3、玻璃液：晶状体与视网膜之间有一个大的空腔叫眼后房，其中充满的液体为玻璃液，是粘性很强的胶状物，能固定视网膜的位置。

4、镰状体（镰状突）：硬骨鱼类的眼球内、眼后房中腹面的视网膜上，起自盲点，沿腹面向前伸到晶状体后方。

5、铃状体（晶状体缩肌）：是一块较小的平滑肌，一端与镰状体前端相连，另一端以韧带连在晶状体上。此肌收缩可使晶状体向后移动，以调节视觉。

6、悬韧带：一端连于虹膜上，另一端与晶状体背面相连，借此系着晶状体。

二、鱼的视觉作用

鱼类眼的结构就如照相机的构造，晶状体相当于照相机的透镜，虹膜如光圈，但鱼类虹膜的收缩性较小，视网膜则相当于照相的软片。物象透过扁平的角膜，经眼前房到达晶状体，由晶状体的折射作用，光线又透过眼后房到达视网膜，形成视象，由视神经传达到视叶，最后综合为视觉。

高等动物和人眼的晶状体扁圆形，富有弹性，可调节表面曲度，能看到远距离的物体，而鱼的晶状体是圆球状的，缺乏弹性，一般只能看见近处的物体。然而由于特殊的调节构造而使鱼类能远视，铃状体的收缩和弛张，能调节晶状体与视网膜间的距离，使能更好的调节视距，以适应看不同距离的物体，借助于调节器官，鱼眼能看见的最远距离一般不超过 10-12 米。

鱼类没有泪腺，所以不会流泪，这是因为眼球的外表经常被水浸润，泪是不必要的，鱼也没有真正的眼睑，头部的皮肤通过眼球时就变得透明，看不到鱼有闭上眼睛休息的，并且是死不瞑目的。

鱼眼虽然看不远，但它在水中也能看到空气里的东西，由于光线的折射作用，岸上物体的形象传到水面后，必定经过折射而落而鱼眼里，因为有这样一个折射作用，所以鱼眼所感觉到的物体距离比实际的物体距离要近得多。如果岸上的物体很低（光线在垂直线所成角度大于 48.8° 时），那么由于水面的反射作用，鱼类就看不到。因此，在岸上的人站的愈低，就愈不容易被发现，故有经验的钓鱼者，常常是蹲着钓鱼的。

鱼能感觉光线的明暗，不少鱼类有趋光习性，在海洋渔业生产中的灯光捕鱼就是利用这一特性，过去曾有人认为鱼类是色盲，其实不然，它有分辨颜色的能力，而且不同鱼类所喜爱的色谱是不相同的。

第四节 嗅觉器官

鱼类的嗅觉器官是嗅囊，这是一对内陷的构造，由一些多褶的嗅觉上皮组成。嗅觉上皮由头顶外胚层发生，下陷入皮肤，形成嗅囊（或称鼻囊）。

嗅囊的形状由鼻腔的形状而成圆形，椭圆形或不规则形。

嗅觉上皮的细胞分化为支持细胞和感觉细胞二种，支持细胞形状特别粗壮，感觉细胞为线状或杆状，在其特大的球状细胞核周围，细胞特别膨大，游离一端有纤毛。这些感觉细胞的基部有神经末梢的分布，许多神经末梢结合起来就形成嗅神经，通到端脑的嗅叶上。

嗅囊位于鼻腔中，以外鼻孔与外界相通，除硬骨鱼纲的内鼻孔亚纲之外，一般鱼类都没有内鼻孔，鼻腔不与口腔相通，无呼吸作用。

鱼类嗅觉器官在形态上变化很大。圆口类的嗅觉器官在所有脊椎动物中是最特殊的，其构造情况与其他各类都不相同。嗅觉器官不成对，单一的鼻孔开口在头背部正中，鼻孔后面为鼻管，它连接嗅囊，嗅囊的位置正贴于脑的前方，有嗅神经分布，鼻管后方通鼻咽管。

板鳃类的嗅囊成对，多在吻部腹面，每边的鼻孔被皮肤褶造成的鼻瓣分隔为前后二部，前部为进水孔，后部为出水孔，出水孔常靠近口部位置。有些板鳃类在鼻

孔后方有一深沟与口相通，此即口鼻沟，呼吸空气的陆生脊椎动物之鼻腔有内鼻孔通口腔，而口鼻沟被认作是外鼻孔通口腔的原始通道。

硬骨鱼类的一对嗅囊多数开口于头部的背前方，几乎所有鱼类的每一对嗅囊都有完全分开的前后二个鼻孔，前面的是进水孔，后面的是出水孔，凭借此二孔水流进入与流出嗅囊。

鱼类嗅粘膜的发达程度及形态是各不相同的，有的嗅管上皮排列成放射状，如松江鲈鱼，也有排列成单列的栉状，如鳗鲡等；也有排列成双列的栉状，如星鳗、鳗鲡等，鳗鲡的鼻孔有一鼻管伸出外面，嗅囊的嗅觉上皮褶皱很多。

鱼类的嗅囊能感受物质所产生的化学刺激，有感觉气味的能力。曾有试验将死的沙丁鱼投入饲养有鲨鱼的水族箱内，这时躺在水底的鲨鱼马上寻找并把它吃掉，如将鼻腔塞住，这种寻找食物的动作也随之终止；如将一侧的鼻腔塞住，则发现鱼不断向未塞孔的一侧转向，它在转向有食物的一侧。

鱼类还能识别同种和不同种鱼体的气味。罗非鱼的幼鱼对受伤鱼体皮肤所放出的某些物质，起强烈的恐惧反应。嗅觉器官能帮助认识同种鱼类，识别其他鱼类，对侦察敌人，追求异性有一定作用。

鱼类对纯碎的化学物质也有很强的辨别能力，嗅觉器官能帮助辨别水质，有学者（Naslec and wisby, 1951）认为回归性鱼类鲑鱼之所以会回到它出生的河流繁殖，是由于它习惯于这条河流的气味，它对这一河流的气味比其他河流有特别的反应，认为是这种化学刺激引导鲑鱼作回归移动。

第五节 味觉器官

味觉器官和嗅觉器官由于机能方面的类似，所以有时将这二类感觉器官统称为化学感觉器官，但它们在结构及发生上是十分不同的。鱼类在按寻食物的过程中，是依靠了这二种构造不同的感官。

鱼类的味觉器官是味蕾，没有固定的味觉器官，味蕾的分布很广，在口腔、舌、鳃弓、鳃耙、体表皮、触须及鳍上都有分布，从体侧一直可以分布到尾部，分布于体表触须、鳍膜上的味蕾称之为皮肤味蕾。

味蕾由一组细胞集合而成，是一椭圆形的构造，也是由感觉细胞和支持细胞组成。支持细胞在外导、内面包有若干长形的感觉细胞，感觉细胞的上端有纤毛突起，由味蕾孔伸出外面，基部有神经末梢分布。口腔的味蕾是由第 V 及第 VII 对脑神经支配，咽部由第 IX 对脑神经支配，躯干部味蕾接受第 VII 或第 X 对脑神经支配。味觉中枢在延脑。口部味觉发达则迷走叶发达，体表味觉发达是面叶扩大。

各种鱼味蕾的分布区域及分布密度是不大一致的，一般味蕾在口唇及口盖部位分布较密，舌上却是很少的。有些鱼的味蕾分布较广，如鲤鱼、鲟鱼，而有些鱼如狗鱼及刺鱼的味蕾仅分布于口的区域；鲶及江鳕的唇及触须上具有丰富的味蕾，而毛腹鱼等海洋鱼类的鳍上都有味蕾分布。

味蕾的作用是接受物质所产生的化学物质，即具有感觉味道的能力。鱼类经过训练能区别甜物、酸物、咸物及苦物的味道。

将在奎宁溶液中浸过的食物喂给鱼吃，鱼吃到口内后立即会把食物吐出来，因为奎宁有很苦的味道。

失去了前脑因而失去了嗅觉的鱼，能用各种味道的物质进行训练，并且它们能区别甜物、酸物、咸物及苦物的味道。

用蔗糖来训练过的鱼类，表现出对甜味明显的寻找反应，不但对蔗糖能起反应，而且对其他甜的物质，如果糖、半乳糖、葡萄糖、甘露糖等也能引起反应。有人认为鱼类对甜物的感觉比人类更强。

用川心莲投饲草鱼治肠炎，鱼因有苦味不吃，后改用蚕蛹浸入川心莲溶液，再次于后投饲，草鱼就吞食。

口内外对味道的感觉能力并不是一致的，例如作为苦的物质奎宁，仅在口腔内才能感觉，而触须及唇并不能感觉奎宁的苦味。