

洪氏环企鹅骨骼的解剖学特点

温彩芳 张子慧* 王霞 李辉

(首都师范大学生命科学学院 北京 100048; 北京动物园 北京 100044)

摘要: 采用解剖学方法对 1 只雄性洪氏环企鹅 (*Spheniscus humboldti*) 骨骼系统进行了详细的观察、描述。结果表明: 企鹅骨骼结实、沉重不充气; 喙长, 前端略下弯, 颞部呈深凹陷状; 肩胛骨及胸骨龙骨突发达; 胸椎不愈合; 前肢骨骼扁平, 特化为鳍状, 翼内关节活动性较小, 第一掌骨及拇指消失; 髌骨发达, 跗跖骨短而宽扁。这些特征主要体现了洪氏环企鹅对海中潜水、游泳、取食以及陆地直立的适应。

关键词: 洪氏环企鹅; 骨骼; 解剖

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)02-115-06

Anatomical Characteristics of the Skeleton of Humboldt Penguin

WEN Cai-Fang ZHANG Zi-Hui* WANG Xia LI Hui

(College of Life Sciences, Capital Normal University, Beijing 100048;

Beijing Zoo, Beijing 100044, China)

Abstract: The skeletal system of a male Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*) was described in details. It's characterized by the following: bones are heavy and not pneumatic; bill is elongated and heavy, with the anterior end curving downward slightly; scapula is greatly extended; thoracic vertebrae are free; keel is prominent; forelimb specializes as a "flipper" and all skeletons are flattened; mobility of the intrinsic wing is restricted; first metacarpus and first manual digit disappear; patella large and strong; tarsometatarsus short and flat. These features are mainly designed for underwater flight and upright stand.

Key words: Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*); Skeleton; Anatomy

企鹅是对楔翼总目 (Impennes) 企鹅目 (Sphenisciformes) 企鹅科 (Spheniscidae) 鸟类的统称; 全球共 6 属 17 种, 主要分布于南极洲以及临近的非洲、美洲和澳洲的南缘^[1,2]; 海洋性鸟类, 没有飞翔能力但极善于潜水和游泳。国外对企鹅的研究工作多见于生态、系统分类与演化、化石等方面^[3~8]。洪氏环企鹅 (*Spheniscus humboldti*) 分布于秘鲁一带的南美洲西海岸, 又名秘鲁企鹅。迄今为止, 国内外均未见洪氏环企鹅骨骼系统的研究报道。

本文对 1 只成年雄性洪氏环企鹅的骨骼进行了详细描述和讨论, 以便为企鹅的进化、系统分类等研究提供一些有价值的依据, 并为相关的动物学教学提供基础资料。

1 材料与方法

由北京动物园提供的 1 只雄性洪氏环企鹅。用常规解剖学方法制作骨骼标本后, 对其进行观察、描述与摄影。

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30670223), 北京市教育委员会科技发展计划面上项目 (No. KM200710028012), 北京市优秀人才培养资助个人项目 (No. 20061D0501600230);

*通讯作者, E-mail: zihui Zhang@mail.cnu.edu.cn;

第一作者介绍 温彩芳, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类学;

E-mail: wencaifang@yahoo.com.cn。

收稿日期: 2008-10-09, 修回日期: 2008-12-31

2 结果

2.1 中轴骨骼

2.1.1 头骨 头骨侧面观(图版 :1):喙长而坚实,喙尖微弯;喙长和颅长之比约为 5/4。外鼻孔窄长。泪骨形状不规则,背面伸至眼眶前壁,腹面与方轳骨密接,分隔了前方的眶前孔和后方的眼窝。位于眼眶背方的额骨外缘为弧形斜面状,容纳盐腺,形成明显的盐腺压痕。左右眼眶之间隔有很薄的眶间隔,眶间隔上有一不规则的孔供血管和神经穿行。眶后突发达,略向后弯。眶后突之后的颞部脑颅呈深凹状,为颞凹。枕部具发达的斜行片状突起——枕骨嵴,构成颞凹的后壁;左右枕骨嵴呈“人”字形。脑颅的背后方,即夹在左右枕骨嵴之间的部位呈半球状隆起,称为小脑隆凸。方骨骨体粗壮、近方形,其耳突为一小的圆形突起;眶突前端略尖,微向上翘;关节突发达。

头骨底面观(图版 :2):硬腭形近裂腭型,上颌骨腭突及腭骨均未在中线相遇。腭骨片状,前部细长;后部先向外展开成宽大的片状,然后收窄与翼骨相关节。翼骨前端较扩展、片状,后端略呈左右侧扁的棒状。副蝶骨形近三角形,中央部凹陷,四周围以隆起的棱棘;副蝶骨前部的吻突与翼骨的前端和腭骨的后端相关节。吻突前为一对犁骨,其前端愈合、呈游离的尖形,后端与腭骨相连。方骨腹面观是与下颌骨的关节处,有两关节面,外侧关节面呈半月状,内侧关节面呈近圆形突起状,内外关节面之间隔以浅凹。

2.1.2 脊柱 颈椎 15 枚。椎体由前向后逐渐变粗,第 2~5 颈椎棘突呈钩状,第 6 枚颈椎棘突直立状,第 7~11 颈椎棘突不发达,呈小突起状,第 13、14、15 枚颈椎棘突左右侧扁。第 2、3、4 以及 10~14 枚颈椎腹嵴明显,呈左右侧扁的薄片状。胸椎 7 枚,前 6 枚不愈合,最后 1 枚构成愈合荐骨的前部。胸椎棘突发达、为左右侧扁的四方形;腹嵴发达,末端呈“人”字形向两侧展开。愈合荐椎由 13 枚椎骨愈合而成,背面观(图版 :1),愈合的棘突形成明显的纵向隆起,

与左右髂骨前翼的背缘之间隔以较宽的沟槽。游离尾椎 7 枚,前 5 枚之棘突出呈叉状。尾综骨长,近三棱状,末端微上翘(图版 :1)。

2.1.3 胸骨和肋骨(图版 :2) 胸骨的龙骨突发达,近似长三角形,龙骨突尖向前凸出于胸骨板前缘。胸骨前缘与乌喙骨的关节面呈斜形横沟状,且沟痕较深,腹唇和背唇基本在同一平面。胸喙突短宽,近似矩形;其后的胸骨缘具 6 个肋骨突。胸骨后侧突较长,后端突出于胸骨板后缘并略向内弯曲,胸骨切迹较深。

肋骨共 9 对。第 1、2 对为颈肋,分别与第 14、15 颈椎相连;第 1 对颈肋无钩状突。第 3~9 对肋发自胸椎,由椎肋和胸肋两部分构成;除最后一对外,各肋的椎肋部分均有斜向后方方的钩状突。

2.2 附肢骨骼

2.2.1 肩带 乌喙骨(图版 :3)较粗壮。乌喙头较小,向前突出,其上的叉骨关节面圆形。前乌喙突从骨体向内突出的呈长片状,上部游离端突出呈三角形。乌喙孔长椭圆形。乌喙骨远端稍扩展并加厚,与胸骨相关节。

肩胛骨(图版 :4)为长而宽扁的桨状,位于胸廓背方,伸达髂骨前方。

叉骨(图版 :5)左右侧扁,前面观呈“V”形,侧面观呈“C”形。叉骨头部呈长三角状,前面圆形突起与乌喙头相关节,后伸的长形关节面,与前乌喙突和肩胛骨相关节。肩胛骨、乌喙骨和叉骨头部交汇处,是略显长形的三骨孔。

2.2.2 前肢骨(图版 :6) 企鹅的前肢骨较为特化,各骨均为背腹扁平状,尤以前臂和手部骨骼为甚。前肢骨中的手部相对最长、前臂最短。

肱骨体(图版 :7、8)扁平、较直,肱骨近端肱骨头向内伸出,发达、肾形;横沟被中间隆起一分为二,成为两个韧带凹;内结节发达;顶沟较浅;近圆形的气窝深陷,弧形骨嵴将气窝分为两个腔。肱骨近端的三角肌嵴及二头肌面均不甚发育,但喙肱肌附着处非常明显,为长椭圆形的凹陷。肱骨远端内侧向腹后方突出呈尖角状,使肱骨远端的轮廓及形态非常特别:掌面可见内侧髁和外侧髁,两髁相对较平;排列大致与

骨干纵轴相平行,内侧髁在外侧髁的远端(已知其他鸟类的内、外侧髁大致排列在一条水平线上)。肘面可见尖角突出部有两条与肱骨纵轴相平行的深沟,肱三头肌止点腱穿行其中。肘窝消失。

桡骨和尺骨(图版 :9、10)共同组成前臂,长度约为手部的1/2。尺骨背腹扁平,形近长三角形;后缘相对较薄,呈刃状。尺骨近端内杯状凹大而圆,外杯状凹小而浅,鹰嘴突缺失。尺骨远端外侧髁略突出于内侧髁,内侧髁呈嵴状,髁间沟较光滑。桡骨扁平,比尺骨稍短、稍窄;前缘较后缘薄。

洪氏环企鹅的手部(腕、掌、指骨)在前肢中所占比例最大(图版 :6)。腕骨2枚,桡腕骨块状,与桡骨、尺骨和腕掌骨关节;尺腕骨较大,为三角形片状骨,仅与尺骨和腕掌骨关节。第1掌骨消失;第2、3掌骨亦为扁平状,在近端和远端愈合,掌骨间隙细长。第2掌骨较第3掌骨粗壮,宽为后者的2倍多。前肢具2指,拇指缺失。第2指具2个指节,第1指节呈长方形,第2指节呈三角形,两个指节的长度近似相等。第3指具1个指节,呈长三角形,长于第2指第1指节。

2.2.3 腰带及后肢骨 腰带(图版 :1)窄长。髌骨前翼、后翼近等长,髌骨最前缘有两个较深的切迹;髌前嵴(髌骨前翼背缘)游离,髌后嵴与对应的愈合荐骨横突密接。髌骨后翼较窄、后半部几呈竖直状(而非水平状)着生,与前3个游离尾椎的神经嵴共同形成2个凹槽样结构。髌臼近圆形,对转子发达。坐骨和髌骨后翼完全愈合,后缘具较深的“V”形缺刻。髌坐孔大、椭圆形。耻骨前端细长,后端逐渐变宽变薄,近似勺状;耻坐闭孔椭圆形,大小约为髌坐骨孔的1/6。

后肢骨(图版 :11)的股骨粗壮,骨干较直、近似圆柱状,长度约为胫跗骨的2/3。近端股骨头与外侧的转子几乎在同一平面,圆韧带凹明显。股骨远端前面的回转子沟较深。股骨远端后面观外侧髁高于内侧髁,髁间沟较宽;腓侧髁呈嵴状,腓骨沟较浅。股骨与胫跗骨的关

节前方,有由膝部肌腱骨化的籽骨——髌骨。髌骨发达,呈不规则块状,栖肌沟较深,供栖肌腱通过。

胫跗骨近端前面有胫内嵴和胫外嵴。胫内嵴为三角形片状骨嵴,胫外嵴边缘较钝,外嵴长约为内嵴长的1/2,嵴间沟较深。骨干远端前面呈明显凹陷状,形成较深的腱沟;腱桥水平状。远端的内侧髁和外侧髁形态、大小基本相似;髁间窝深而宽。腓骨约为胫骨长的5/6,由近及远逐渐变细,远端紧紧贴附于胫跗骨的中下部。

鸟类跗跖骨由远端排跖骨和三个跖骨愈合而成。洪氏环企鹅跗跖骨短,约为胫跗骨的1/4;背腹扁平,长径与左右径几乎等长。跖骨愈合不完全,3、4跖骨间有较大缝隙,愈合程度不及2、3跖骨。跗跖骨近端后面观可见两个较短的跗后跟嵴,内侧跟嵴较外侧跟嵴发达,凸出的游离缘微微折向内侧。两跟嵴之间的腱沟宽而浅,屈肌腱由此通过。跗跖骨前面观,因3个跖骨愈合不全形成两个比较明显的沟,外侧沟较内侧沟深、长,伸达远端滑车间外切迹;内、外沟间有血管通过,外侧血管孔较内侧血管孔大。第3跖骨中段有一纵向隆起,为胫骨前肌的附着处。跗跖骨远端的跖骨滑车以第3跖骨滑车最为突出;滑车内、外切迹较大,外切迹比内切迹稍宽。

足具3趾,第1趾缺失。第2、3、4趾皆向前,趾式为3-4-5。第2趾最短,长度约为第3趾的2/3;第3、4趾近等长;第3趾的趾节骨最粗壮。各趾末端均具弯曲的利爪。

3 讨 论

企鹅适应于潜水、游泳生活,其骨骼系统发生了很大的变化。以本文的洪氏环企鹅为例分析如下:骨骼结实、沉重不充气。使企鹅具有相对较大的比重利其下潜;还可有效防止在密度较高的海水中骨骼的变形。前肢特化为鳍状肢,骨骼呈背腹扁平状,翼内关节的灵活性较差。肱骨头大且呈肾形,加之拥有全部的翼部外来肌^[9],使肩关节具有较大灵活性;肱骨远端的形态以及尺骨鹰嘴突的消失,肱二头肌、旋前

浅肌、旋前深肌等肌肉缺失,旋后肌等翼部内生肌的退化^[9],使肘部的屈伸以及前臂的旋前、旋后能力减弱;尺腕骨发达、为大型三角状片状骨,撑在尺骨和腕掌骨之间,使手部始终保持在一种近乎伸展的状态,且掌部和指部肌肉腱化现象普遍^[9],故腕关节的活动性受限。以上特征利于企鹅对鳍状肢的活动状态作整体控制,并增强了鳍状肢的牢固性。第1掌骨及拇指的缺失,使鳍肢端部具有流线型轮廓。这些都是企鹅适应“水下飞行”的具体体现。尾部的活动性及活动力度较大,增强了尾部的掌舵能力。如前文所述,髌骨后翼以及尾椎的形态为尾部肌肉(特别是尾骨提肌和髌尾骨肌)的着生提供了较大的发展空间。可以及时有效地调整尾部的姿态与方向。发达的肩胛骨、龙骨突以及胸椎的不愈合,也与企鹅潜水游泳有密切关系。肩胛骨的显著扩大增加了肱三头肌、肩胛肱后肌、肩胛下肌等翼部外来肌的附着面积,这些肌肉收缩可以使鳍翅有力的抬升以抵抗水的阻力,从而可以有力地划水^[7]。

企鹅在地面以近乎竖直的姿态站立,从洪氏环企鹅后肢等骨骼的特点可以给出初步的解释。后肢粗壮、跗跖骨极短,髌骨发达、块状。洪氏环企鹅在地面直立时,髌骨卡在股骨与胫跗骨关节处,既起到稳定膝关节的作用,又可借其将股骨与胫跗骨定位固持,无需肌肉长久收缩,是一种节约能量的好方法^[11]。尾综骨为长的三棱柱状。洪氏环企鹅在地面站立时,尾端部触及地面,与两脚共同形成3个支点,稳固直立于地面。

图版 说明

1. 腰带、愈合荐骨、尾综骨; 2. 胸骨; 3. 鸟喙骨前面观; 4. 肩胛骨; 5. 叉骨; 6. 前肢骨; 7. 肱骨掌面观; 8. 肱骨肘面观; 9. 桡骨肘面观; 10. 尺骨肘面观; 11. 后肢。

a. 韧带凹; b. 喙肱肌痕; c. 内结节; d. 骨干; e. 外侧髁; f. 内侧髁; g. 气窝; h. 肱骨头; i, j. 肱三头肌沟。

Explanation of Plate

1. Pelvis, pygostyle and synsacrum; 2. Sternum; 3. Coracoid; 4. Scapula; 5. Clavicle; 6. Forelimb; 7. Palmar view of humerus; 8. Anconal view of humerus; 9. Anconal view of radius; 10. Anconal view of ulna; 11. Hindlimb.

a. Ligamental furrow; b. Coracobrachial impression; c. Internal tuberosity; d. Shaft; e. External condyle; f. Internal condyle; g. Pneumatic fossa; h. Humerus head; i, j. Tricipital groove.

企鹅的食物都来自海洋,它们捕食鱼、乌贼、鳞虾等,体内盐分会积累。洪氏环企鹅的盐腺压痕明显,表明它可以通过盐腺排出多余的盐分,调节体内渗透压的平衡。喙长而坚实,头骨的颞部形成深陷的颞凹,使着生于颞部的下颌内收肌(颞肌)异常发达,大大增强了提颌的力量。由此推测洪氏环企鹅的捕食能力较强,可以捕食一些较大的鱼类^[6]。

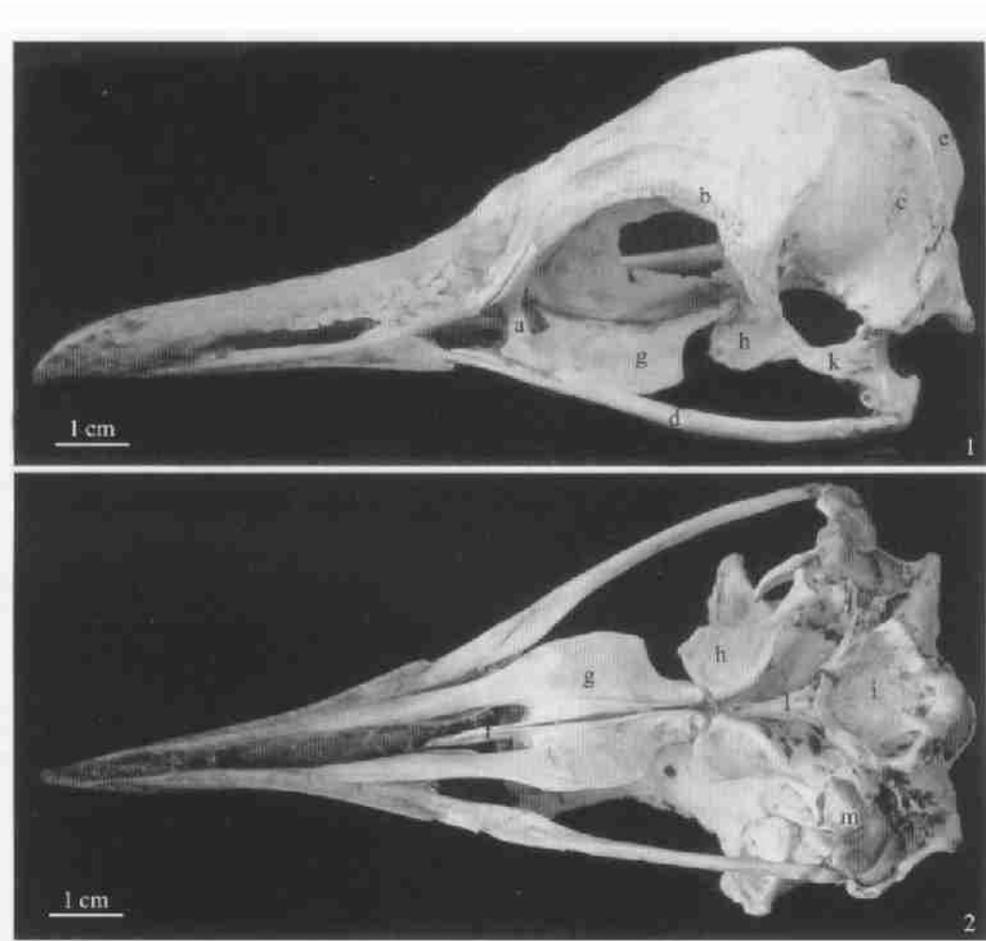
参 考 文 献

- [1] 郑光美主编. 鸟类学. 北京: 北京师范大学出版社, 1995, 32 ~ 161.
- [2] 郑光美主编. 世界鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 2002, 5.
- [3] Hospitaleche C A, Tambussi C. Skull morphometry of *Pygoscelis* (Sphenisciformes): inter and intraspecific variations. *Polar Biol*, 2006, **29**: 728 ~ 734.
- [4] Hospitaleche C A, Tambussi C, Donato M, et al. A new Miocene penguin from Patagonia and its phylogenetic relationships. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2007, **52**: 299 ~ 314.
- [5] Göhlich U B. The oldest fossil record of the extant penguin genus *Spheniscus*: a new species from the Miocene of Peru. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2007, **52**: 285 ~ 298.
- [6] Ksepka D T, Bertelli S, Gianini N P. The phylogeny of the living and fossil Sphenisciformes (penguins). *Cladistics*, 2006, **22**: 412 ~ 441.
- [7] Olson S L, Hasegawa Y. Fossil counterparts of giant penguins from the north Pacific. *Science*, 1979, **206**: 688 ~ 689.
- [8] Myrcha A, Jadwiczczak P, Tambussi C P, et al. Taxonomic revision of Eocene Antarctic penguins based on tarsometatarsal morphology. *Polish Polar Research*, 2002, **23**(1): 5 ~ 46.
- [9] Raikow R J, Bicanovsky L, Bledsoe A H. Forelimb joint mobility and the evolution of wing-propelled diving in birds. *The Auk*, 1988, **105**(3): 446 ~ 451.

温彩芳等:洪氏环企鹅骨骼的解剖学特点

图版

WEN Cai-Fang *et al.*: Anatomical Characteristics of the Skeleton of Humboldt Penguin Plate



1. 头骨侧面观; 2. 头骨底面观。

1. Lateral view of skull; 2. Ventral view of skull.

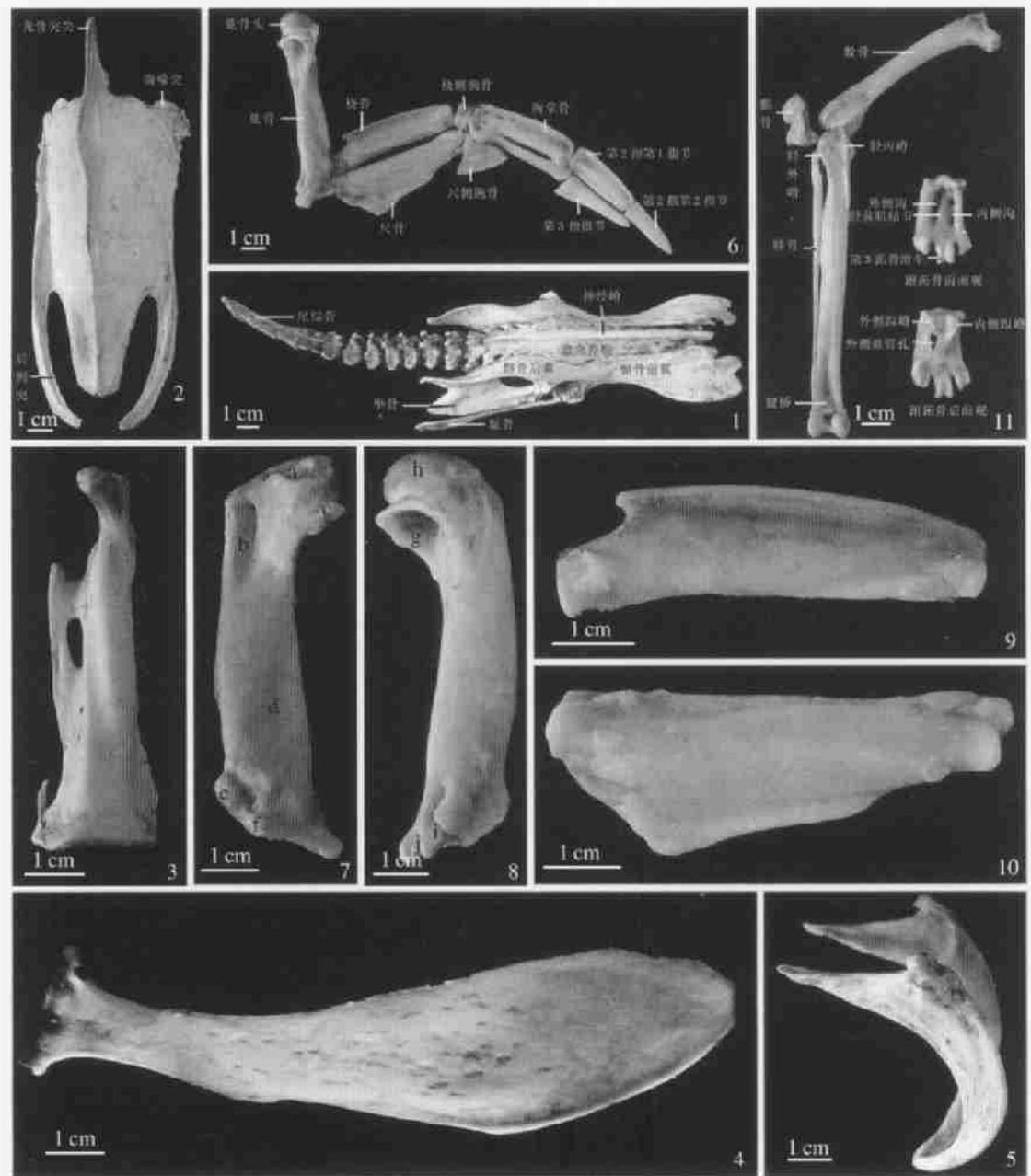
a. 泪骨; b. 盐腺压痕; c. 颞凹; d. 轭骨; e. 小脑隆突; f. 犁骨; g. 腭骨; h. 翼骨; i. 基蝶骨; j. 眶后突; k. 方骨; l. 副蝶骨; m. 方骨底面。

a. Lacrimal; b. Salt-gland fossa; c. Temporal fossa; d. Jugal; e. Cerebellar protuberance; f. Vomer; g. Palatine; h. Pterygoid; i. Basisphenoid; j. Postorbital process; k. Quadrate; l. Parasphenoid; m. Mandibular facet of quadrate.

温彩芳等:洪氏环企鹅骨骼的解剖学特点

图版

WEN Cai-Fang *et al.*: Anatomical Characteristics of the Skeleton of Humboldt Penguin Plate



图版说明见文后