

黄腹山鹧鸪成鸟的秋季换羽

丁志锋^{①②} 唐思贤^① 张建新^{②④} 陈远忠^③ 胡慧建^{②*}

(^①华东师范大学生命科学学院 上海 200062; ^②华南濒危动物研究所 广州 510260;

^③广东省平远县龙文 黄田自然保护区 梅州 514647; ^④浙江大学生命科学院 杭州 310028)

摘要: 黄腹山鹧鸪(*Prinia flaviventris*) 具有冬羽尾羽长于繁殖羽尾羽的特点,可能意味着一种新的生存和繁殖策略。为此,从2006年9月~2007年2月,在广东省肇庆市江溪村对黄腹山鹧鸪的秋季换羽进行研究。结果显示:(1) 黄腹山鹧鸪成鸟繁殖羽体长和尾羽长皆极显著短于冬羽($P < 0.01$),繁殖羽翼长显著短于冬羽($P < 0.05$),其余身体量度的差异均不显著($P > 0.05$)。(2) 9月17日获得第一个黄腹山鹧鸪换羽个体,初级飞羽已更换到P5,次级飞羽已更换到S6,11月20日后所获样本均已完成羽毛的更换。(3) 初级飞羽的换羽模式为递降换羽,次级飞羽为递升换羽,尾羽为离心型换羽。(4) 换羽期间,10月的个体平均体重最大,显著($P < 0.01$)重于11月的体重,其他各月无显著性差异($P > 0.05$)。据此,推测黄腹山鹧鸪秋季种群换羽的持续时间约100 d;相对其他羽毛而言,尾羽更换对黄腹山鹧鸪生长发育的影响更为明显。

关键词: 黄腹山鹧鸪;秋季换羽;换羽模式

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2007)06-28-06

Autumn Moulting of the Adults of Yellow-bellied Prinia, *Prinia flaviventris*

DING Zhi-Feng^{①②} TANG Si-Xian^① ZHANG Jian-Xin^{②④} CHEN Yuan-Zhong^③ HU Hui-Jian^{②*}

(^① *School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062;*

^② *South China Institute of Endangered Animal, Guangzhou 510260;* ^③ *Natural Reserve of Longwen-Huangtian, Meizhou 514647;*

^④ *School of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China*)

Abstract: Tail of Yellow-bellied Prinia in winter is longer than in breeding season that may mean a new survival and breeding strategy. So we studied autumn moulting of the adults of Yellow-bellied Prinia at Jiangxi village, Zhaoqing city, Guangdong from September 2006 to February 2007. The results showed that: (1) The length of the body and tail in breeding season was highly significant ($P < 0.01$) shorter than non-breeding season, the length of wing was significant shorter ($P < 0.05$), other body measurements had not significant difference between breeding and non-breeding season ($P > 0.05$). (2) The specimen of Yellow-bellied Prinia got at 15th September showed that 5th primaries and 6th secondaries had been replaced, while the specimens collected after 20th November had finished the molt process. (3) The pattern of primaries replacement was descendant and secondaries was ascendant, and tail feathers replaced as a centrifugal moulting pattern. (4) Body-mass varied during moulting periods and reached its maximum in October when the body mass was significantly heavier than November ($P < 0.01$). However, no any significant difference in body mass was found between the remainder months ($P > 0.05$). Hence, we supposed that:

基金项目 广东省科学院人才基金(03-5),广州市政府专项基金(No. GZ-ZY[2004]0806),广东省科技项目(No. 2005 A20901006)及广东省科学院台站基金项目;

* 通讯作者, E-mail: hujh@gdei.gd.cn;

第一作者介绍 丁志锋,男,硕士研究生,研究方向:鸟类生态学;E-mail: dzhzf@163.com。

收稿日期:2007-04-24,修回日期:2007-09-17

Autumn moulting of Yellow-bellied Plover would take about 100 days and the tail replacement had more important effect than other feathers on the growth of Yellow-bellied Plover.

Key words: Yellow-bellied Plover (*Plover flaviventris*); Autumn moulting; Moulting pattern

换羽是鸟类固有的生理特征,它的季节性更换在生活史中同繁殖一样重要^[1-3],野生鸟类换羽的研究开始于19世纪末20世纪初,主要以飞羽和尾羽的脱换规律为主^[4],目前的主要工作为探讨行为机理、系统发生和对假说的验证^[5-7],很多研究已深入到了微观,如细胞、分子水平^[8-10]。国内的研究始于20世纪80年代,主要集中在红背伯劳(*Lanius collurio*)、绿翅鸭(*Anas crecca*)和琵嘴鸭(*A. dypeata*)及雉类的换羽研究^[11-16],从90年代后,对野生鸟类换羽的研究很少^[17-19]。2000年后,国内未见换羽研究文章的发表,换羽方面的研究呈逐年减少趋势。

山鹧鸪属(*Plover*)属于雀形目(Passeriformes)扇尾鹧鸪科(Gistioliidae),在中国南部广泛分布。其部分种类(如黄腹山鹧鸪*Plover flaviventris*、纯色山鹧鸪*P. inornata*等)的尾羽具有逆向变化现象,即繁殖期尾羽短于非繁殖期^[20,21]。这种尾羽逆向变化现象在鸟类中非常少见^[22]。国内外对具这种尾羽变化的鸟类关注较少,报道仅见于对纯色山鹧鸪的繁殖生态学研究^[23-25],纯色山鹧鸪和黄腹山鹧鸪种间生态位差异研究^[26],而换羽研究仅见黑胸山鹧鸪(*P. flavicans*)^[27]。

本文对黄腹山鹧鸪的秋季换羽进行了研究,以期了解和掌握飞羽及尾羽的更换模式,为尾羽逆向变化机制的研究提供有关的线索,从而为探讨鸟类新的生存策略提供前期性的研究依据。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 自然地理概况

研究地区位于广东省肇庆市江溪村,地理坐标为112°42'~112°43' E, 23°12'~23°13' N。该地区属于热带和亚热带季风气候区,夏季多雨,冬季少雨,雨热同期。全年平均太阳总辐射量426~476 kJ/cm²,年平均

日照时数1 661.8~1 827.6 h,年平均气温20.8~22.1℃,全年平均降雨1 421~1 787 mm。成土母岩为砂岩和页岩,土壤为少腐殖质薄层赤红壤、黄壤等,植被以常绿阔叶林为主。本研究地点是一典型的人工塘基湿地,当地居民在此以种植芡实和水稻为主,并有割草及芦苇喂养家畜的习惯。

1.2 研究方法

从2006年9月到2007年2月,在研究地区通过设置雾网的方式捕捉黄腹山鹧鸪,定时巡网。对捕捉到的成体进行身体量度的测量,并观察其飞羽及尾羽的更换情况。使用HEC-300电子秤(100/0.01 g)称量体重,使用UPMachine CS108数显卡尺(200/0.01 mm)测量身体度量值。为研究体长和尾羽长在换羽前后的变化,定义躯干长为体长与尾羽长之差。文中身体度量数据以平均值±标准差(Mean ± SD)表示,其余数据均为累积频次。

据野外观察及笼养研究,黄腹山鹧鸪新鸟当年秋季不换羽,因此,未对第一年新鸟进行相应研究。黄腹山鹧鸪性二态型不明显,仅上背颜色有细微差异^[21],野外分辨雌、雄困难,为与其他研究一致^[27],故未考虑性别差异。

黄腹山鹧鸪初级飞羽共计10枚,次级飞羽9枚,尾羽10枚。文中羽毛序列的计数采用以下方式:初级飞羽(用P表示)以翅尖的第一枚羽毛标记为“P1”,向内依次递增标记为“P2~P10”。次级飞羽(用S表示)以翅中部最外一枚标记为“S1”,同样向内依次递增。尾羽(用T表示)以中央两根最长尾羽为“T1”,分别向两侧递增标记为“T2~T5”。定义开始换羽个体记分为“1”,完成换羽的个体记分为“0”。换羽比例为开始换羽个体数与每月有效样本数之比。

数据统计分析利用SPSS 13.0软件,采用单因素方差分析(One way ANOVA)进行差异性检验。

2 结 果

2.1 换羽前后身体量度的变化 黄腹山鹧鸪成鸟换羽前体长和尾羽长皆极显著地小于换羽后 ($P < 0.01$), 换羽前翼长显著小于换羽后 ($P < 0.05$), 其余身体量度的差异均为不显著 (P

> 0.05) (表1), 躯干长在换羽后略有下降, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 体重在换羽后下降。结果表明, 黄腹山鹧鸪成鸟换羽前后的变化主要体现在体长、尾羽长和翼长上, 冬羽相对于繁殖羽要长, 换羽后体长的变化主要是由尾羽长引起的。

表1 换羽前后黄腹山鹧鸪身体量度的对比

Table 1 Body measurements of *P. flaviventris* before and after moulting

	体重 Weight (g)	体长 Body (mm)	翼长 Wing (mm)	尾羽长 Tail (mm)	嘴峰 Culmen (mm)	嘴裂 Gape (mm)	跗 Tarsus (mm)	趾长 Toe (mm)	爪长 Claw (mm)	躯干长 Trunk (mm)
繁殖期 Breeding season (n = 11)	6.15 ± 0.79a	117.54 ± 3.88A	41.53 ± 1.00a	57.19 ± 5.85A	10.23 ± 0.37a	14.52 ± 1.09a	22.11 ± 1.56a	11.36 ± 0.94a	4.87 ± 0.40a	60.35 ± 3.89a
非繁殖期 Non-breeding season (n = 9)	5.56 ± 0.49a	131.85 ± 3.19B	42.97 ± 1.20b	73.52 ± 5.34B	10.09 ± 0.15a	14.68 ± 0.53a	22.19 ± 0.79a	11.72 ± 0.45a	4.70 ± 0.26a	58.33 ± 3.61a

A, B, 差异显著性水平, $P = 0.01$; a, b, 差异显著性水平, $P = 0.05$ 。

A, B significant level of difference, $P = 0.01$; a, b significant level of difference, $P = 0.05$.

2.2 换羽时间 共获得样本46只, 9月12只, 10月9只, 11月16只, 12月9只。其中, 9月初级、次级飞羽的有效样本数均为12只, 尾羽的有效样本数为8只; 10月初级、次级飞羽及尾羽的有效样本数为7只; 11月的初级、次级飞羽及尾羽的有效样本数均为16只; 12月初级、次级飞羽及尾羽的有效样本数均为9只。9月初级飞羽、次级飞羽换羽个体数占所获样本数的比例均为1, 尾羽换羽的比例为0.625; 10月初级飞羽及次级飞羽换羽个体数占所获样本的比例均为0.857, 尾羽换羽的为0.714; 11月换羽比例为初级飞羽0.313, 次级飞羽0.563, 尾羽0.25; 12月初级飞羽、次级飞羽及尾羽均已完成换羽, 故其换羽比例均为0 (图1)。样本中最早完成换羽的时间为11月11日, 至11月20日后所获样本均已完成羽毛的更换。该结果表明, 尾羽的换羽时间要晚于飞羽。

2.3 换羽模式 黄腹山鹧鸪秋季换羽为完全换羽, 包括初级飞羽、次级飞羽、尾羽及覆羽全部更换。

2.3.1 初级飞羽的换羽模式 各月份左侧第

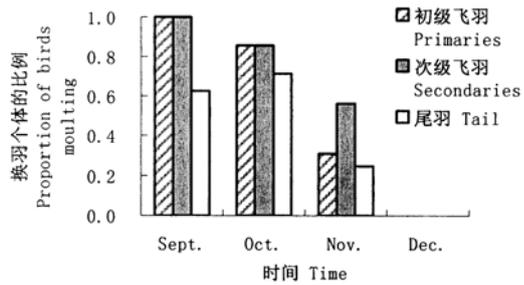


图1 不同月份黄腹山鹧鸪换羽个体占所获样本的比例

Fig. 1 Proportions of moulting specimens in samples collected

1 2 3 根初级飞羽新羽出现的累积频次均为0.61, 第4~7根依次为0.63 0.67 0.74 0.85, 第8~10根均为0.98 (图2)。该结果表明, 初级飞羽换羽方式是从第10根至第1根呈递降趋势, 为递降换羽。

2.3.2 次级飞羽的换羽模式 左侧第1 2 根次级飞羽新羽出现的累积频次均为0.41, 第3~9根依次为: 0.57 0.61 0.64 0.75 0.84 0.93 0.98 (图3)。该结果表明, 次级飞羽的换羽方式是从第1根开始, 逐渐向第9根更替, 为递升换羽。

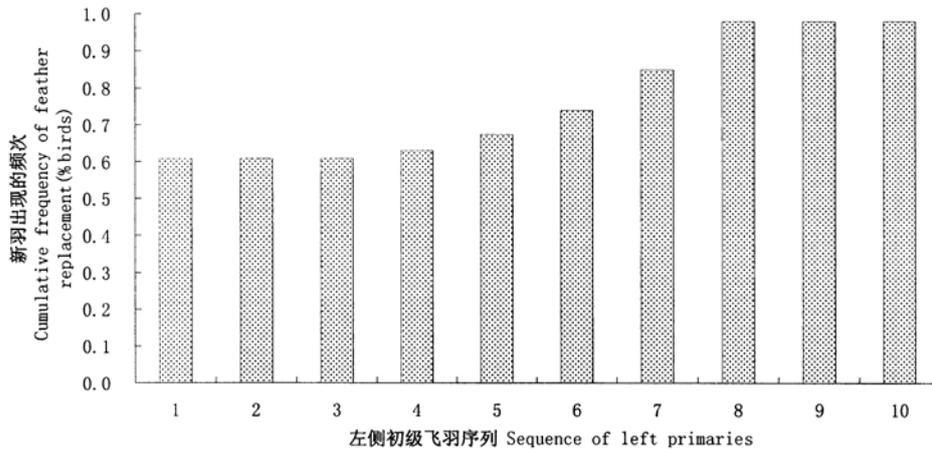


图2 黄腹山鹧鸪左侧初级飞羽更换频次

Fig. 2 Frequencies of left primaries replacement

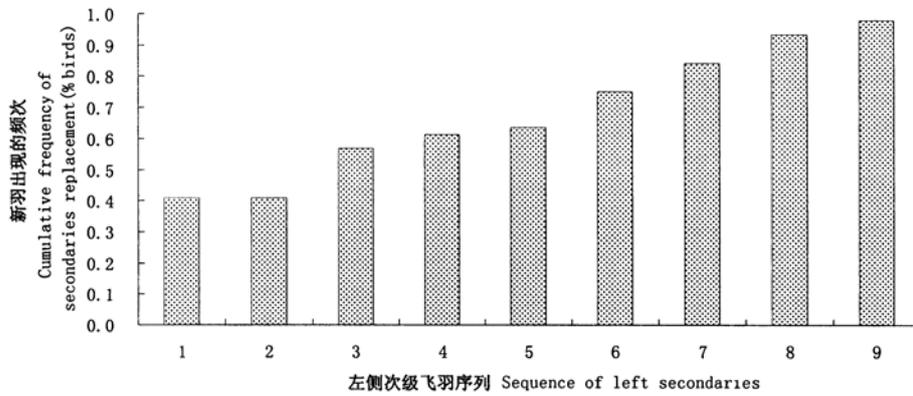


图3 黄腹山鹧鸪左侧次级飞羽更换频次

Fig. 3 Frequencies of left secondaries replacement

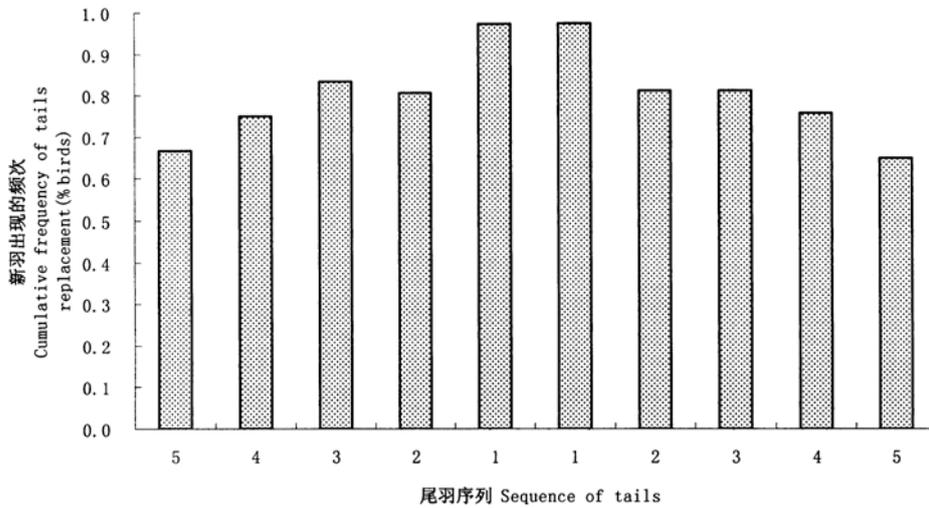


图4 黄腹山鹧鸪尾羽更换频次

Fig. 4 Frequencies of tails replacement

2.3.3 尾羽的换羽模式 从左侧第5根尾羽至右侧第5根尾羽新羽出现的累积频次为: 0.67、0.75、0.83、0.81、0.97、0.97、0.81、0.81、0.76、0.65。该结果表明尾羽的换羽方式为中央一对尾羽最先开始替换,然后向两侧从内向外逐次更替,为离心型(图4)。

2.4 换羽时期体重的变化 黄腹山鹧鸪换羽期的体重会发生变化(图5)。在所获得53个样本中,体重换羽前为 $(6.71 \pm 0.55)g$ ($n=9$),9月为 $(6.23 \pm 0.56)g$ ($n=7$),10月为 $(6.83 \pm 0.4)g$ ($n=5$),11月为 $(5.35 \pm 0.92)g$ ($n=16$),12月为 $(5.45 \pm 0.35)g$ ($n=9$),换羽后体重为 $(5.64 \pm 0.53)g$ ($n=7$)。开始换羽时体重稍有下降,10月体重达到最大,11月体重下降明显,换羽后期体重逐渐上升。单因素方差分析表明,10月的体重极显著地大于11月($P < 0.01$),其他各月间差异均不显著($P > 0.05$)。

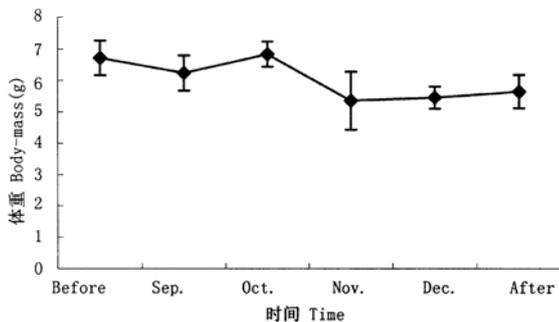


图5 换羽时期体重的变化

Fig. 5 Body-mass varieties during molting

3 结论与讨论

9月17日获得第一个黄腹山鹧鸪换羽个体,初级飞羽已更换到P5,次级飞羽已更换到S6,所以推测黄腹山鹧鸪种群秋季换羽的起始时间是从8月下旬开始,而到11月20日后所获个体皆已完成换羽,所以换羽结束时间应为11月下旬前。由于缺乏飞羽及尾羽准确的换羽起始时间,因此无法准确计算初级飞羽、次级飞羽及尾羽换羽持续的时间。样本中换羽个体和新羽个体在9月的比例很高,说明大部分鹧鸪在9月已经进入换羽季节,根据所捕捉个体

换羽情况分析,可能最早的换羽时间开始于8月下旬。由于研究开始时间较晚,8月数据缺失,只能推算整个种群的换羽时间约为100 d,具体时间还有待于以后补充证实。

黄腹山鹧鸪在换羽模式上未显示出特异性,尾羽换羽的离心型在鸟类中较常见^[18];初级飞羽的换羽方式与黑胸鹧鸪相同,次级飞羽的换羽方式比黑胸鹧鸪简单得多^[27],大部分黑胸鹧鸪次级飞羽以递降方式更换,其他有些更换规律不明显。这可能是两种鹧鸪所处生境及其行为适应的差异所造成,这是日后研究需要关注的地方。

尾羽与飞羽在换羽上有所差异。在研究中还发现,尽管黄腹山鹧鸪左右翅飞羽基本是同期进行换羽,但是在更换程度上仍存在差异。9月15日的样本,右侧次级飞羽更换到S7,左侧次级飞羽已更换到S6,9月21日的样本左侧初级飞羽更换到P7,右侧初级飞羽已更换到P6。尾羽左右侧的更换差异更加明显。9月的样本中,初级飞羽更换不同步的个体占16.67%,次级飞羽更换不同步的占25%,尾羽更换不同步的占33.33%。同时,尾羽的换羽时间要稍晚于飞羽,因为在9月份时飞羽换羽比例达到100%,而尾羽只有62.5%。因此,尾羽在换羽时间和同步性方面与飞羽存在一定的差异,这种差异在其进化适应性方面的意义还有待于进一步探讨。

黄腹山鹧鸪在换羽后虽然体长增加,但躯干长减少,由60.35 mm降为58.33 mm,且体重由原来的6.15 g降为5.56 g,而尾羽则由57.19 mm增加为73.52 mm。这说明黄腹山鹧鸪在秋季换羽后身体量度值的变化与尾羽的变化是相反的。还有,在换羽过程中,体重大体呈下降趋势,但是10月体重最重,此时正是尾羽的更换高峰期,而飞羽更换高峰期在9月,所以,尾羽的更换可能对黄腹山鹧鸪的影响更大。因此,相对于其他羽毛而言,尾羽的更换对个体生长发育的影响更为明显。

为更细致地了解尾羽更换的重要性,需开展饲养工作,以期获得确切的换羽数据及羽毛

生长特征。但目前这方面的工作缺乏,有待以后补充和完善。特别是尾羽的更换对黄腹山鹪莺生理功能及生长发育的影响,可能为研究尾羽逆向变化提供启示。

致谢 审稿专家对本文的修改提出宝贵意见,江溪村村民钟四强和马四给我们的工作提供很大的便利和帮助,本研究室张春兰、胡军华和袁玲对论文修改提出了宝贵意见,华东师范大学生命科学学院研究生陆 玮帮助查找文献,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] Hackmore F H. The effect of temperature, photoperiod and molt on the energy requirement of House Sparrow *Passer domesticus*. *Comp Biochem Physiol*, 1969, **30**: 433 ~ 444.
- [2] Dlnik V R, Gavrilov V M. Bioenergetics of molt in the Chaffinch *Fringilla coelebs*. *Auk*, 1979, **96**: 253 ~ 264.
- [3] Walsberg G E. Avian ecological energetics. In: Farner D S, King J R, Parkes K C eds. *Avian Biology*. New York: Academic Press, 1983, 187 ~ 191.
- [4] 雷富民. 纵纹腹小 的换羽研究. *动物学杂志*, 1996, **31**(2): 35 ~ 39.
- [5] Svensson E. A phylogenetic analysis of the evolution of molt strategies in Western Palearctic warblers (Aves: Sylviidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 1999, **67**: 263 ~ 276.
- [6] Bronmer J E, Blhajaniiki O, Kolunen H, et al. Life-history consequences of partial-molt asymmetry. *Journal of Animal Ecology*, 2003, **72**: 1057 ~ 1063.
- [7] Waldenström J, Otosson U. Molt strategies in the Common Whitethroat *Sylvia c. communis* in northern Nigeria. *Ibis*, 2002, **144**(on-line): E11 ~ E18.
- [8] Dawson A. The effects of daylength and testosterone on the initiation and progress of molt in Starlings *Sturnus vulgaris*. *Ibis*, 1994, **140**: 35 ~ 40.
- [9] Nolan V, Ketterson E D, Ziegenfus C, et al. Testosterone and avian life histories-effects of experimentally elevated testosterone on prebasic molt and survival in male dark-eyed juncos. *Condor*, 1992, **94**: 364 ~ 370.
- [10] Nava M P, Veiga J P, Puerta M. White blood cell counts in house sparrows (*Passer domesticus*) before and after molt after testosterone treatment. *Canadian Journal of Zoology*, 2001, **79**: 145 ~ 148.
- [11] 郑光美. 红背伯劳(*Lanius collurio isabellinus*)及其近缘种类的秋季换羽. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 1979, **3**: 108 ~ 110.
- [12] 钱国桢, 徐宏发. 绿翅鸭和琵嘴鸭的换羽及其静止代谢率. *动物学报*, 1986, **32**(1): 68 ~ 72.
- [13] 仇秉兴, 李福来, 黄世强等. 白颈长尾雉雏鸟生长及雏后换羽研究. *动物学杂志*, 1988, **23**(1): 16 ~ 19.
- [14] 李福来, 黄世强. 褐马鸡雏鸟的换羽研究. *动物学报*, 1985, **31**(3): 290 ~ 294.
- [15] 李福来, 黄世强. 红腹锦鸡雏鸟的换羽研究. *动物学研究*, 1985, **6**(4): 335 ~ 344.
- [16] 李福来, 黄世强. 雉类换羽与产卵. *动物学杂志*, 1986, **21**(1): 13 ~ 15.
- [17] 常城, 刘道发, 王香亭. 暗腹雪鸡青海亚种活动规律及雏鸟羽毛生长和成体秋季换羽. *甘肃科学学报*, 1994, **6**(1): 77 ~ 81.
- [18] 郑光美. 鸟类学. 北京: 北京师范大学出版社, 1995, 19 ~ 23.
- [19] 葛东宁, 毕艳丽, 卢向东. 花尾榛鸡雏鸟换羽的观察. *特产研究*, 1998, (1): 37 ~ 38.
- [20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 2005, 293.
- [21] 约翰·马敬能, 卡伦·菲力普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 2000, 349.
- [22] Prys-Jones R P. The occurrence of biannual primary molt in passerines. *Bull Br Ornithol Club*, 1991, **111**: 150 ~ 152.
- [23] 寇治通. 褐头鹪莺繁殖习性的初步研究. *动物学研究*, 1985, **6**(1): 69 ~ 76.
- [24] Lin L S. Breeding ecology of tawny and yellow-bellied wren warblers. *Bull Inst Zoo Academia Sinica*, 1988, **27**(1): 57 ~ 66.
- [25] 张建新, 丁志锋, 袁玲等. 纯色鹪莺繁殖行为. *动物学杂志*, 2007, **42**(3): 34 ~ 39.
- [26] 周放, 房慧伶. 两种鹪莺的种间生态位关系研究. *动物学研究*, 2000, **21**(1): 52 ~ 57.
- [27] Herremans M. Biannual complete molt in the Black-chested Pinnia *Pinnia flava*. *Ibis*, 1999, **141**: 115 ~ 124.
- [28] Andersson M. Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature*, 1982, **299**: 818 ~ 820.