

# 石鸡繁殖期栖息地的特征

马新年 杨志松 刘迺发\* 金园庭

(兰州大学生命科学学院 兰州 730000)

摘要:2005年4~7月,对甘肃西部(东阿尔金山地区和西祁连山地区)和东南部(西秦岭地区)的石鸡(*Alectoris chukar*)种群栖息地选择进行了调查。主成分分析表明,草本密度、地面异质性和草本盖度是栖息地选择的主要影响因子,方差分析表明,甘肃西部(东阿尔金山和西祁连山)的石鸡种群在海拔、坡度和小石块数目的选择上差异显著。甘肃西部和东南部的石鸡种群在栖息地选择上存在显著的地理变异,西秦岭种群选择海拔低、坡度大、坡位偏上、草本密度低和草本高度高的栖息地。栖息地选择差异可能是在不同的选择压力下,经过长期的隔离进化形成。

关键词:石鸡;栖息地利用;地理变异

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)03-01-06

## Habitat Feature of Chukar Partridge Used during Breeding Season

MA Xin-Nian YANG Zhi-Song LIU Nai-Fa JIN Yuan-Ting

(College of Life Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** Habitat feature of Chukar Partridge (*Alectoris chukar*) used during breeding season was investigated in the western (east Aerjin Mountain and west Qilian Mountain) and southeastern Gansu (west Qinling Mountain) from April to July in 2005. Parameters taken from the habitat location in which birds were found were analyzed by principle components analysis. The result showed that density of grasses, heterogeneity of ground environments and cover of grasses were the major factors for Chukar Partridge to use those habitat sites. Significant differences were found in altitude, slope degree and number of small stone between habitat sites used by the bird populations in east Aerjin Mountain and west Qilian Mountain. There feature of habitat sites used by birds in eastern and western Gansu were also significant differences. Chukar Partridge in west Qinling Mountain preferred to use habitat at lower altitude, more steep slope, upper position on slope, lower density of grasses and higher height of grasses. Geographical variation might result from the historical isolation under the different selective press.

**Key words** Chukar Partridge; Habitat use; Geographical variation

栖息地是动植物赖以生存的场所,是维持其正常生命活动所依赖的各种环境资源的总和。栖息地为动物提供了充足的食物资源、适宜的繁殖地点、躲避天敌及不良气候的保护等一系列能保证其生存和繁衍的基本条件<sup>[1]</sup>。栖息地的选择与动物的适应、进化及物种形成过程关系密切,生物的结构、功能与其生存的环境是相适应的。绝大多数动物受一些基本的形态和生理机制约束,被限制在全部可生存环境中

的一小部分。在这一小部分环境之中,社群因素、经济学因素、风险因子还会进一步限制其活动<sup>[2]</sup>。因此,研究动物的栖息地选择可以阐明它们对环境的适应能力和适应方式。几乎所有

基金项目 国家自然科学基金资助项目(No.30470242);

\* 通讯作者, E-mail: naifaliu@sohu.com;

第一作者介绍 马新年,男,硕士;研究方向 动物生态学及保护生物学, E-mail: mxn711@163.com

收稿日期 2005-11-06, 修回日期 2006-03-02

决定栖息地选择的因子都在一定程度上直接或间接地影响到动物的适合度,因此,动物选择最适栖息地的行为对其生存和繁衍是有利的<sup>[3]</sup>,即可以增加其适合度。进化过程中,自然选择不断地淘汰适合度低的表型,同时,保持适合度高的表型,使得进化方向总是与适合度增加的方向一致。当然,自然选择的作用必须通过遗传机制才能实现,也就是说只有可遗传特征才具有适应意义,而动物栖息地选择的行为已被证明是可遗传的<sup>[4-6]</sup>。Smith Maynard<sup>[7]</sup>认为,栖息地选择是同域分布近缘物种形成的重要机制:来自同一祖先的不同表型分别适应不同类型的栖息地,不同表型之间长期的空间隔离最终导致生殖隔离,形成独立的物种或亚种。本质上看,这种物种形成机制乃是栖息地选择的适应结果。可以说栖息地选择的适应意义是不容置疑的。因此,研究动物对栖息地的适应,及各因子对动物栖息地选择的影响是研究动物栖息地选择的一个重要领域。而其中,对鸟类栖息地选择的研究已成为鸟类保护生物学研究的一个重要领域而引起世界各国科学家的广泛关注。

石鸡(*Alectoris chukar*) (封面图片),中型鹧鸪类,广布种,国内西自西藏、东到江苏云台山<sup>[8,9]</sup>、北自新疆、南至陕西洋县<sup>[10]</sup>都有分布;国外见于欧洲东部,中亚、帕米尔高原,喜马拉雅山,俄罗斯和中东等地<sup>[11-14]</sup>。其分布地区的各种环境因子变化较大。在我国,其分布范围从西北地区的荒漠半荒漠的温带干旱季风气候区到东部的亚热带大陆性湿润气候区。以往对石鸡的研究主要集中在生态习性方面,关于其栖息地的研究较少,只有刘迺发、陈小勇等做过其近缘种大石鸡(*A. magna*)的栖息地调查<sup>[15,16]</sup>。为了探究各种环境因子在石鸡栖息地选择中的作用,以及不同种群对栖息地选择的地理变异,我们于2005年4~7月对甘肃西部东阿尔金山及西祁连山的石鸡种群和西秦岭的石鸡种群的繁殖期栖息地选择进行了调查。

## 1 研究地区

### 1.1 东阿尔金山地区 位于甘肃西部,研究区

位于39°27'~39°85'N,93°02'~94°53'E。该区地处温带干旱气候区,属高原季风性气候,植被类型主要有温带荒漠草原、温带荒漠、高寒荒漠、高寒灌丛。

1.2 西祁连山地区 位于甘肃西部,研究区位于39°02'~39°86'N,94°39'~96°17'E。该区气候干燥,属高原季风性气候。植被类型主要有温带荒漠草原、温带灌丛、灌丛草甸。境内有党河和榆林河流过,并形成党河峡谷和水峡口峡谷。

1.3 西秦岭地区 位于甘肃东南部,研究区位置104°34'~104°95'E,32°47'~33°42'N。该区属北亚热带大陆性湿润气候,气候温暖湿润,研究区植被主要为山坡草地。

## 2 研究方法

2.1 数据收集 2005年4~7月,对上述3个地区的石鸡种群的繁殖期栖息地利用情况进行了调查,在野外用8×30倍的双筒望远镜或依叫声寻找石鸡,观察其活动,待其离去后依未受到干扰、自由活动的鸡的活动地点为中心,取10 m×10 m的样方,测量栖息地的各种参数。共测样方28个,其中1~9为东阿尔金山地区的,10~20为西祁连山地区的,21~28为西秦岭地区的。测量的栖息地参数包括:海拔(AL)、草本植物盖度(GC)、草本植物密度(GD)、地面异质性(HGE)等(其余参数见表1)。因石鸡是植食性的,植被情况反映其潜在的食物资源,而地面异质性用来反映其躲避天敌的能力。在样地中心用GPS测定海拔、经度、纬度。用坡度仪测量样地所在坡的坡度、坡向、坡位。坡向依北、东北、东、东南、南、西南、西、西北,分别赋值1、2、3、4、5、6、7、8;坡位依所在的位置分为上坡位、中坡位、下坡位,分别赋值为1、2、3。没有坡的此三项均记做0。与水源的距离都是以活动地点为中心,从中心点向外按100 m的间隔划分为6个等级,即0~100、100~200、200~300、300~400、400~500和500 m以上,取值分别为1、2、3、4、5、6,以上水源包括溪流、河水、水渠、泉水等。草本植物的密度、高度和盖度通过1 m×1 m的小样方获得,具体获取

方法是:在样地中心及 4 个角各取一个,共 5 个,然后测量每个小样方中草本植物的密度、高度和盖度,取其均值作为大样方中草本植物的参数。草本盖度依 10% 为间隔分为 5 个等级,即小于 20%、20% ~ 30%、30% ~ 40%、40% ~ 50% 和 50% 以上,分别取值为 0、1、2、3、4。草本密度按 100 为间隔划分为 6 个等级,即 0 ~ 100、100 ~ 200、200 ~ 300、300 ~ 400、400 ~ 500 和 500/m<sup>2</sup> 以上,分别取值为 1、2、3、4、5、6。草本高度按 10 cm 为间隔划分为 6 个等级,即 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30、30 ~ 40、40 ~ 50 和 50 cm 以上,

取值 1、2、3、4、5、6。小石块(边长及高都小于 20 cm)的数目也是通过每个小样方测得,然后取均值作为大样方的数据,依 30 为间隔划分,即 0 ~ 30、30 ~ 60、60 ~ 90、90 ~ 120 和 120/m<sup>2</sup> 以上,取值 1、2、3、4、5。地面环境异质性地以地面土包、土坑及大石块(边长或高大于 20 cm)的体积多样性表示,其体积以最接近的几何体的体积公式计算,接近方形的按公式  $V = s \cdot h$  计算,近似锥形的按公式  $V = 1/3s \cdot h$  计算,式中  $V$  为体积, $s$  为底面积, $h$  为高。小灌丛对石鸡来说可以起到躲避天敌的作用,因此其体积

表 1 石鸡栖息地选择的各参数

Table 1 Parameters taken from the breeding habitat of Chukar Partridge

NH	AL	LO	LAT	SLD	DW	GC	GD	GH	HE	NSS	PSL	SLA
1	2 896	94.36	39.42	10	200	30.7	153.34	38.3	3.12	28	1	1
2	2 720	94.53	39.47	3	2	30.4	219.6	23.16	3.36	22	3	2
3	2 960	94.13	39.38	20	8	32.8	246.68	32.52	3.5	99.6	1	1
4	2 840	94.11	39.38	3	100	20.2	260.02	16.98	3.48	51.4	2	8
5	2 785	93.02	39.27	1	30	35.5	340	5.7	3.78	38.2	3	7
6	2 477	93.72	39.49	3	50	45	266.7	19.85	1.78	0	3	1
7	1 894	94.79	39.65	0	150	40.9	313.34	26.27	1.45	1	0	8
8	1 894	94.79	39.65	0	100	31.1	330.68	4.2	3.4	0	0	8
9	1 900	94.78	39.65	0	100	89.5	753.32	15	1.04	0	0	8
10	3 160	95.65	39.2	0	7	57	780	7.8	4.94	12	0	8
11	2 500	94.98	39.43	8	2	31.7	306.66	52.15	3.6	16.6	3	1
12	2 500	94.99	39.43	0	100	50.4	380	55.53	3.7	0	0	8
13	1 960	94.81	39.6	0	2	23.4	133.32	14.1	2.54	0	0	8
14	1 963	94.81	39.61	0	10	34.4	380	5	3.1	0	0	8
15	2 897	96.17	39.86	20	1 000	41.2	180	37.76	3.1	6.2	2	7
16	2 033	95.99	39.87	0	30	22.4	120.02	19.77	3.9	1	0	8
17	2 052	95.99	39.86	0	60	35.6	260	14	3.34	2	0	8
18	2 050	95.98	39.86	0	0	61.8	846.68	8.8	1.21	0	0	8
19	2 055	95.98	39.86	0	0	48.9	626.68	4.6	2.8	4.8	0	8
20	2 050	95.98	39.86	0	0	62.9	720	48.1	1	0	0	8
21	1 080	104.93	33.39	50	400	50.4	186.6	38.23	4.93	46.4	2	1
22	1 020	104.93	33.39	18	100	45.6	73.26	47.86	4.41	158.4	2	1
23	1 360	104.79	33.46	20	100	65.3	213.22	36.37	3.42	72.2	3	7
24	1 140	104.94	33.38	20	200	32.4	95.6	31.2	3.82	42	1	2
25	1 100	104.95	33.39	35	800	38.3	115.6	42.1	0.94	0	2	1
26	1 420	104.84	33.57	25	80	41.3	195.4	28.5	2	5	2	6
27	1 210	104.85	33.38	30	100	34.5	73.2	35.7	4.75	94	2	4
28	1 350	104.79	33.46	40	200	56.4	109	21.5	2.97	0	2	5

NH 栖息地序号;AL 海拔;LO 经度;LAT 纬度;SLD 坡度;DW 距水源的距离;GC 草本盖度;GD 草本密度;GH 草本高度;HE 地面环境异质性;NSS 小石块数目;PSL 坡位;SLA 坡向。

NH Order;AL :Altitude;LO :Longitude;LAT :Latitude;SLD :Slope degree;DW :Distance to water;GC :Cover of grasses;GD :Density of grasses;GH :Height of grasses;HE :Heterogeneity of ground environments;NSS :Number of small stone;PSL :Position on slope;SLA :Slope aspect.

也用于地面环境异质性的计算,其体积也按锥形体积公式计算。以 Shannon-Weaner 指数  $H' = - \sum P_i \cdot \log_2 P_i$  计算体积多样性指数,式中  $P_i$  为  $i$  体积段占样地总体积段的比例。地面异质性按 1 为间隔分为 6 个等级,即 0~1、1~2、2~3、3~4、4~5 和大于 5,取值 1、2、3、4、5、6。

**2.2 数据处理** 所有数据的计算处理均在 MATLAB 7.0 软件上进行,所进行的  $\chi^2$  检验、主成分分析和方差分析的有关数据的处理均在 SPSS 11.5 for Windows 上进行。

### 3 结果与分析

**3.1 地形因素** 对 3 个地区样地的坡向、坡位和坡度一起进行  $\chi^2$  分析,结果表明,石鸡对坡向具有明显的选择性( $\chi^2 = 32, df = 7, P < 0.01$ ),其主要是选择朝北的阴坡,这与阴坡的植被有关,在甘肃西部的干旱地区,阳坡的植被较差,而阴坡的植被相对要好的多。石鸡对坡度具有明显的选择性( $\chi^2 = 48.286, df = 11, P < 0.01$ ),石鸡多选择坡度在 30° 以下的坡面上活动。石鸡对坡位的选择性不明显( $\chi^2 = 6.571, df = 3, P > 0.05$ )。

**3.2 主成分分析** 对数字化的参数或变量(共 7 个参数)进行主成份分析,结果见表 2。

表 2 石鸡栖息地选择的特征值

Table 2 Feature values of the habitat use by Chukar Partridge

主成分 Principle component	特征值 Feature value	贡献率(%) Ratio of contribution	累积贡献率 Cumulative (%)
1	2.303	32.899	32.899
2	1.624	23.201	56.100
3	1.143	16.329	72.428
4	0.842	12.031	84.459
5	0.567	8.096	92.555
6	0.359	5.123	97.678
7	0.163	2.322	100.00

1. 表示第一特征向量; 2. 表示第二特征向量; 3. 表示第三特征向量, 依次类推。

1. First feature vector; 2. Second feature vector; 3. Third feature vector, ...

从表 2 可知,前 3 个主成份的特征值均大于 1,其累积贡献率 72.428%,说明前 3 个主成份包括海拔、草本盖度等参数所具有的信息。因此,取前 3 个主成份并计算出其相应的特征向量(表 3)。

表 3 石鸡栖息地选择的特征向量的转移矩阵

Table 3 Transfer matrix of feature vector of habitat selection of Chukar Partridge

变量 Variable	特征向量 Feature vector		
	1	2	3
海拔 Altitude(m)	-0.499	-0.533	-0.031
距水源距离 Distance to water(m)	0.492	0.535	-0.375
草本盖度 Cover of grasses(%)	-0.296	0.670	0.596
草本密度 Density of grasses(/m <sup>2</sup> )	-0.852	0.161	0.364
草本高度 Height of grasses(cm)	0.590	0.412	0.167
地面异质性 Heterogeneity of ground environments	0.496	-0.601	0.352
小石块数目 Number of small stone(/m <sup>2</sup> )	0.636	-0.218	0.602

从表 3 可知,在第一主成份中,草本密度的相关系数绝对值相对较高,这个变量与石鸡的进食有关,因此将第一主成分命名为食物因子。第二主成分中,草本盖度、地面异质性的相关系数绝对值较高,草本盖度仍属于食物因子,而地面异质性与石鸡防捕食有关,因此将其命名为捕食因子。第三主成分中,草本盖度与小石块数目相关系数的绝对值较高,这 2 个因子与地表情况有关,因此属于地表因子。由此可以看出,在石鸡栖息地的选择中起主要作用的食物、地面异质性及地表情况。

**3.3 栖息地选择的地理变异** 对东阿尔金山和西祁连山的石鸡种群栖息地选择的环境因子做方差分析(表 4)。结果表明只在海拔、小石块、坡位这些地形因子上存在显著差异。阿尔金山地区海拔相对较高,而所调查的西祁连山地区石鸡多在峡谷内活动,因此在坡位上更靠下,小石块较少。这 2 个地区地理位置接近,都属于温带干旱气候区,年均温和年降雨量都较接近(东阿尔金山地区年均温 9.3~10.7℃,年降雨量 90~110 mm;西祁连山地区年均温 4.1~6.3℃,年降雨量 88.6~148.6 mm),因此这 2 个地方的石鸡在栖息地选择上差别不大。

表 4 东阿尔金山和西祁连山石鸡栖息地参数方差分析

Table 4 Results of ANOVA for parameters taken from habitat sites used by Chukar Partridge in east Aerjin Mountain and west Qilian Mountain

变量 Variable	df	F	P
海拔 Altitude( m )	1	11.049	0.04
距水源距离 Distance to water( m )	1	0.129	0.677
草本盖度 Cover of grasses( % )	1	2.589	0.125
草本密度 Density of grasses( /m <sup>2</sup> )	1	3.178	0.092
草本高度 Height of grasses( cm )	1	0.002	0.963
地面异质性 Heterogeneity of ground environments	1	0.504	0.487
小石块数目 Number of small stone( /m <sup>2</sup> )	1	16.728	0.01
坡位 Position on slope	1	15.426	0.01
坡向 Direction of slope	1	5.839	0.057
坡度 Gradient of slope( ° )	1	2.46	0.134

然后将两者联合对西秦岭的石鸡种群栖息地选择的环境因子做方差分析(表 5),结果显示,两者在草本高度、小石块数目、坡位的选择上差异显著( $P < 0.05$ ),在海拔、坡度及草本密度上存在极显著差异( $P < 0.01$ )。具体表现在西秦岭地区的栖息地海拔低、坡度大、坡位偏上、草本密度比度较小,而草本高度较高。这主要是地理位置和气候的原因,这一地区属亚热带大陆性湿润气候,年均温与年降雨量都较高

表 5 东阿尔金山、西祁连山与西秦岭石鸡栖息地参数方差分析

Table 5 Results of ANOVA for parameters taken from habitat sites used by Chukar Partridge in east Aerjin Mountain, west Qilian Mountain and west Qinling Mountain

变量 Variable	df	F	P
海拔 Altitude( m )	1	53.904	0.000
距水源距离 Distance to water( m )	1	2.481	0.127
草本盖度 Cover of grasses( % )	1	0.427	0.159
草本密度 Density of grasses( /m <sup>2</sup> )	1	8.837	0.006
草本高度 Height of grasses( cm )	1	4.295	0.048
地面异质性 Heterogeneity of ground environments	1	1.042	0.317
小石块数目 Number of small stone( /m <sup>2</sup> )	1	6.535	0.017
坡位 Position on slope	1	5.653	0.025
坡向 Direction of slope	1	3.356	0.078
坡度 Gradient of slope( ° )	1	62.357	0.000

(年均温 13.7 ~ 14.8℃,年降雨量 400 ~ 900 mm),与另外 2 个地区存在着较大的不同。由于降雨多、气温高、植物生长快、植株大、高度高、密度低。虽然石鸡对坡位的选择性不明显,但野外观察,在甘肃的东阿尔金山和西祁连山地区,由于当地人口相对较少,且以牧业为主,对石鸡的人为干扰较小,石鸡多选择靠下的坡位或坡底,而在西秦岭地区由于人口集中,农事活动相对频繁,对石鸡的干扰较大,因此石鸡多选择中上坡位。这一地区海拔低,而山势较陡,人口多且以农业为主,因此石鸡选择的栖息地坡度大,坡位较靠上。

## 4 讨论

Watson 曾经对石鸡的生存环境做过简单的表述,我们对石鸡繁殖期的栖息地选择进行了定量分析,结果表明,在繁殖期石鸡对栖息地选择起决定作用的是食物和防捕食能力,即草本密度、地面异质性和草本盖度。Bland 和 Temple 提出动物在取食和避免被天敌捕食之间存在着一个权衡,如果天敌压力减小,动物应该选择食物丰富的栖息地。即在栖息地的选择上,食物和抗捕食风险是 2 个关键因子。本文的主成分分析结果与此相符,在有关石鸡的栖息地选择的因子中,食物和抗风险能力是其选择栖息地时的主要影响因子。就食物而言,石鸡在繁殖期尽可能选择食物丰富的地方作为其栖息地,且有一定的占域行为,这能为其繁殖后代提供必要的物质条件。在抗捕食风险方面,对其生存造成威胁的主要是天敌(猛禽)和人类。在捕食压力大,即猛禽每天出现次数多的地方,石鸡多在地面异质性相对高的地方活动,这样当猛禽出现时,它们能及时地隐藏自己,躲避捕食,而在猛禽每天出现次数相对少的地方,石鸡多在食物丰富而地面异质性相对低的地方活动。人类的活动对石鸡的生存也造成了很大的威胁,在繁殖期,石鸡栖息地一般都远离人类活动地。

石鸡生态幅较宽,分布区不同,环境因子相差较大。我们所选择的 3 个地区,东阿尔金山

和西祁连山地区 栖息地的各因子方差显示,二者只在海拔、坡位、坡向等地形因子上存在差异 环境因子相差不大,中间没有大的地理隔离,这 2 个地区的种群在分类上属于同一个亚种——南疆亚种(*Alectoris chukar pallida*),此亚种适应在干旱荒漠、半荒漠的地方生存。而西秦岭地区的石鸡种群在分类上属于华北亚种(*A. c. pubescens*),此亚种的生存环境与南疆亚种存在着显著的差异。2 个亚种对不同环境的适应是在长期的进化过程中、在自然选择的作用下形成的。它们大约在 27 万年前的中更新世开始分歧进化<sup>[17,18]</sup>。由于更新世第三冰期的影响,2 个亚种被隔离在不同的地区独立进化。而第三纪晚期以来,青藏高原及其所属的山脉迅速抬升,晚更新世已接近现在的高度<sup>[19]</sup>,引发青藏高原的生态环境干旱、荒漠化。而西秦岭地区受第三、第四冰期的影响较小,气候温暖湿润。不同的环境产生不同的选择压力,生物在不同的选择压力下可能形成渐变群或地理亚种<sup>[20]</sup>。石鸡的南疆亚种是在干旱、荒漠化的选择压力下适应进化形成的,而华北亚种是在温湿的条件下进化而来的,两者存在显著的地理变异。(封面图片为马新年 2004 年 11 月摄于甘肃省东大山自然保护区)

致谢 在野外工作中,甘肃阿克塞县林业局的马木利、阿里同志,肃北县林业局的索义拉、赵良宏等同志提供了大量帮助,在此一并感谢!

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 张正旺,郑光美.鸟类栖息地研究进展.见:中国动物学会编.中国动物科学研究.北京:中国林业出版社,1999,1099~1104.
- [ 2 ] Ford R G. The analysis of space use pattern. *J Theor Biol*, 1979, **76**:125~155.
- [ 3 ] Emlen M J. Ecology: An Evolutionary Approach. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1973, 493.
- [ 4 ] Klopfer P H. Behavioral aspects of habitat selection: the role of early experience. *Willson Bulletin*, 1963, **75**:15~22.
- [ 5 ] Klopfer P H, Hailman J P. Habitat selection in birds. *Advances in the Study of Behavior*, 1965, **1**:279~303.
- [ 6 ] Wecker S C. The role of early experience in habitat selection by the prairie deer mouse. *Peromyscus maniculatus bairdi. Ecol Monog*, 1963, **33**:307~325.
- [ 7 ] Smith Maynard J. Sympatric speciation. *Amer Nat*, 1966, **100**:637~650.
- [ 8 ] 郑作新.中国动物志 鸟纲(第四卷)鸡形目.北京:科学出版社,1978.
- [ 9 ] 王子玉.云台山鸟类考察报告.动物学杂志,1986, **21**(1):20~28.
- [ 10 ] 王香亭.甘肃脊椎动物志.兰州:甘肃科学技术出版社,1991.
- [ 11 ] Watson G E. Three sibling species of *Alectoris partridges*. *Ibis*, 1962a, **104**:353~367.
- [ 12 ] Watson G E. Sympatry in palearctic *Alectoris partridge*. *Evolution*, 1962b, **16**:11~19.
- [ 13 ] Vaurie C. The Birds of the Palearctic Fauna. Witherby, London: Non-passeriformes, 1965.
- [ 14 ] Randi E. A mitochondrial cytochrome b phylogeny of the *Alectoris partridges*. *Molecular Phylogenetic Evolution*, 1996, **6**(2):214~227.
- [ 15 ] 刘迺发等.兰州地区大石鸡栖息地选择.动物学报,1996, **42**(增刊):83~89.
- [ 16 ] 陈小勇,罗兰,刘迺发等.兰州大石鸡不同生活史阶段栖息地选择的初步研究.应用与环境生物学报,1998, **4**(4):368~373.
- [ 17 ] Huang Zu-hao, Liu Nai-fa. Molecular phylogeographic structure of Chukar partridge, *Alectoris chukar*, in the Loess Plateau of eastern Gansu, China. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, **50**(4):576~582.
- [ 18 ] Zuhao Huang, Naifa Liu. Genetic structure of chukar partridge (*Alectoris chukar*) populations in the Longdong Loess Plateau, China. *J Ornithol*, 2004, **145**:137~141.
- [ 19 ] 李吉均,文世宣,张青松等.青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨.中国科学,1979(6):608~616.
- [ 20 ] 孙儒泳.动物生态学原理.北京:北京师范大学出版社,2001.