

# 陕西红碱淖棕头鸥孵卵行为\*

汪青雄<sup>1</sup> 肖红<sup>1\*</sup> 杨超<sup>1</sup> 刘铮<sup>2</sup>(<sup>1</sup>陕西省动物研究所, 西安 710032; <sup>2</sup>陕西省信息网络与软件创新工程中心, 西安 710043)

**摘要** 2014年5—6月,应用 e-Science 信息技术,对红碱淖棕头鸥的孵卵行为进行了研究。结果表明,不同孵化阶段昼夜间孵卵节律分别为:孵化前期换孵次数  $7.88 \pm 1.08$  ( $n=39$ )、 $5.00 \pm 0.89$  ( $n=39$ ), 坐巢方向变换  $27.75 \pm 2.04$  ( $n=39$ )、 $14.37 \pm 1.72$  ( $n=39$ ), 翻卵次数  $27.13 \pm 2.02$  ( $n=39$ )、 $11.25 \pm 1.08$  ( $n=39$ ); 孵化中期换孵次数  $3.11 \pm 0.19$  ( $n=65$ )、 $1.32 \pm 0.11$  ( $n=65$ ), 坐巢方向变换  $23.37 \pm 0.91$  ( $n=65$ )、 $10.95 \pm 0.86$  ( $n=65$ ), 翻卵次数  $21.11 \pm 1.11$  ( $n=65$ )、 $8.47 \pm 0.77$  ( $n=65$ ); 孵化后期换孵次数  $3.17 \pm 0.22$  ( $n=42$ )、 $0.95 \pm 0.05$  ( $n=42$ ), 坐巢方向变换  $20.06 \pm 1.46$  ( $n=42$ )、 $6.62 \pm 0.84$  ( $n=42$ ), 翻卵次数  $22.39 \pm 1.78$  ( $n=42$ )、 $5.33 \pm 0.55$  ( $n=42$ )。当大风或大雨时,对同一孵化阶段的换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数均存在极显著差异( $P < 0.01$ )。双亲交替换孵主要集中于 04:00—10:00、12:00—14:00 等时间段内。孵化后期,亲鸟坐巢时长达到  $(713.29 \pm 40.62)$  min ( $n=42$ )。棕头鸥通过调节昼夜间的孵卵节律来控制卵的温度,以保证昼夜间卵胚胎的正常发育。同时与同域分布繁殖的遗鸥的孵卵节律进行了比较。

**关键词** 棕头鸥; 孵卵行为; e-Science 技术; 红碱淖

**中图分类号** Q958.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2015)3-0760-05

**Hatching behavior of brown-headed gull *Larus brunnicephalus* in Hongjiannao of Shaanxi Province, Northwest China.** WANG Qing-xiong<sup>1</sup>, XIAO Hong<sup>1\*</sup>, YANG Chao<sup>1</sup>, LIU Zheng<sup>2</sup> (<sup>1</sup> Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China; <sup>2</sup> Network Information and Software Engineering of Shaanxi Province, Xi'an 710043, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2015, **34** (3): 760-764.

**Abstract:** By using e-Science information technology, an investigation was made on the hatching behavior of brown-headed gull (*Larus brunnicephalus*) in the Hongjiannao of Shaanxi Province, Northwest China from May to June, 2014. The diurnal hatching rhythms at different hatching stages were as follows. At daytime, the time of exchanging hatching at the early, medium, and late stages of hatching averaged  $7.88 \pm 1.08$  ( $n=39$ ),  $3.11 \pm 0.19$  ( $n=65$ ), and  $3.17 \pm 0.22$  ( $n=42$ ), the changes of sitting nest direction averaged  $27.75 \pm 2.04$  ( $n=39$ ),  $23.37 \pm 0.91$  ( $n=65$ ), and  $20.06 \pm 1.46$  ( $n=42$ ), and the times of turning eggs over averaged  $27.13 \pm 2.02$  ( $n=39$ ),  $21.11 \pm 1.11$  ( $n=65$ ), and  $22.39 \pm 1.78$  ( $n=42$ ), respectively. At night, the times of exchanging hatching averaged  $5.00 \pm 0.89$  ( $n=39$ ),  $1.32 \pm 0.11$  ( $n=65$ ), and  $0.95 \pm 0.05$  ( $n=42$ ), the changes of sitting nest direction averaged  $14.37 \pm 1.72$  ( $n=39$ ),  $10.95 \pm 0.86$  ( $n=65$ ), and  $6.62 \pm 0.84$  ( $n=42$ ), and the times of turning eggs over averaged  $11.25 \pm 1.08$  ( $n=39$ ),  $8.47 \pm 0.77$  ( $n=65$ ), and  $5.33 \pm 0.55$  ( $n=42$ ), respectively. On the days with strong wind or heavy rain, there existed significant differences in the times of exchanging hatching, the change of sitting nest direction, and the times of turning eggs over at the same hatching stages, as compared with those on fine days. The time intervals of exchanging hatching by the parents were mainly at 04:00—10:00, and 12:00—14:00. At the late stage of hatching, the duration of sitting nest by the parents was as long as  $(713.29 \pm 40.62)$  min ( $n=42$ ). It was suggested that the parents controlled the egg temperature via regulating the diurnal hatching rhythm to assure the normal deve-

\* 陕西省科学院重点项目(2011K-02)和陕西省科学院基础应用项目(2012K-06)资助。

\* \* 通讯作者 E-mail: xh4500@163.com

收稿日期: 2014-08-25 接受日期: 2014-11-13

lopment of egg embryo during daytime and night. At the same time, incubation rhythms of brown-headed gull were compared with those of sympatric relict gull.

**Key words:** brown-headed gull (*Larus brunnicephalus*); hatching behavior; e-Science technology; Hongjiannao.

鸟类的孵卵行为是鸟类繁殖生物学的重要一环,对其生活史对策的进化具有重要的作用。先前认为孵化是时间和能量分配的一种相对低的能量消耗。因此鸟类繁殖投入和生活史进化的研究忽略了孵化过程(Ettinger *et al.*, 1980; Vleck, 1981; Brown *et al.*, 1987)。研究表明,孵化过程中能量消耗与育雏期同样高,甚至单亲雌鸟会更高(Williams, 1993)。因此,鸟类在孵化过程中面临着时间和能量等有限资源如何分配的问题。孵化的亲鸟需要依据身体状况和环境因子的变化,权衡孵卵和取食的时间分配,采取适当的孵卵节律来解决两者之间的冲突(Conway *et al.*, 2000; 毕中霖等, 2003; 贾陈喜等, 2003)。为此,本文从亲鸟换孵频次、坐巢持续时间、翻卵次数、天气状况和食物等方面,解释孵化行为上的差异,探讨集群繁殖的鸥科鸟类孵化行为策略。

棕头鸥(*Larus brunnicephalus*)是中等体型鸥科鸟类,分布广泛,国内主要繁殖于新疆、青海和西藏等地,陕西红碱淖每年有100~200只群体在湖心岛上繁殖。棕头鸥为单配制,即一夫一妻制,每年最早3月末4月初迁来红碱淖,产第1枚卵后即坐巢孵化,双亲轮流孵卵。棕头鸥的基础繁殖生物学已有相关报道(廖炎发等, 1983; 张国钢等, 2008; 汪青雄等, 2012),但其孵卵行为尚未见报道。因此,2014年5—6月,对红碱淖湿地棕头鸥的孵卵行为进行了研究,并探讨同域分布的遗鸥孵卵行为上的差异性,以期为更好地保护和管理棕头鸥提供科学依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究地区概况

研究地区位于陕西省神木县红碱淖(38°13'N—39°27'N, 109°42'E—110°54'E),该地区属于鄂尔多斯高原内陆性淡水湖泊。湖面海拔1200 m, 2014年实际测量面积31.50 km<sup>2</sup>。实测pH值为9.2。红碱淖地区属于温带大陆性气候,年平均气温5.2℃,7月份平均气温21.3℃,12月份平均气温-12.9℃。降水一般集中在每年7—8月份,占全年降水量的65%,多年年平均降水量350 mm左右,蒸发量为2501 mm,春夏两季蒸发量很大。

红碱淖湖心岛上的植被由于基质不同可分为2种类型:一类是沙质类型的稀疏草本群落,主要植物有黑沙蒿(*Artemisia ordosia*)、白沙蒿(*A. sphaerocephala*)、刺蓬(*Salsola ruthenica*)等,还见有长芒草(*Stipa bungeana*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、芦苇(*Phragmites communis*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、苦苣菜(*Ixeris denticulata*)、碱茅(*Puccinellia distans*)等;另一类是基质为红砂页岩分化产物,目前基本处在裸地阶段,仅偶见有零星的寸草苔(*Carex rigescens*)和刺蓬的分布(汪青雄等, 2012)。

### 1.2 研究方法

研究中采用e-Science信息技术,即在信息化基础设施支持下,在湖心岛上安装红外视频监控系统,利用太阳能电池供电,通过无线数据传输,在室内进行远程实时监控采集观测数据(Hey *et al.*, 2003)。2014年4月6—10日,在棕头鸥营巢之前,选择1个湖心岛分别安装了1台光学22倍红外高清球型网络摄像机(VIVOTEK-PSD7251W),监测棕头鸥昼夜间的行为活动。5月初,棕头鸥开始产卵。当产第1枚卵后,每隔2~3 d上岛实地调查,以确定每巢产卵结束时间。在1个岛上选取1~2个不同巢群,在每个巢群中选取6~7个巢,并用红蓝色标记牌插入巢边沙地标记巢号,便于巢和亲鸟个体鉴别。

棕头鸥产第1枚后即进入坐巢孵卵。由于不同孵化阶段孵卵行为表现出的差异性,为此,把孵卵行为分为3个时期(Beer, 1965):1)孵化前期:指棕头鸥每窝产第1枚卵后至产卵结束;2)孵化中期:指棕头鸥产卵结束后8~12 d;3)孵化后期:指棕头鸥每窝第1只雏鸟出壳前5~6 d。每个孵卵阶段持续观察记录5~6 d。由于每窝亲鸟营巢和产卵时间的不一致,观察时间从5月5日—6月10日(即孵化前期为5月5—11日,孵化中期为5月17—22日,孵化后期为5月25日—6月10日)。

同时,为了研究昼夜间孵卵阶段的差异,依据研究地区的日出和日落时间,将昼间和夜间分别计为:1)昼间:05:00—20:00;2)夜间:20:00—翌日05:00。

对每巢亲鸟昼夜间平均换孵次数( $n$ )和时间、坐巢方向变换次数( $n$ )、翻卵次数( $n$ )和坐巢时间长

短(min)等数据进行统计,进而研究棕头鸥的孵卵节律。

在研究地区安装北京联创思源科技有限公司生产的 Uni-WS 无线移动全天候气象站,用于记录天气状况(如温度、风速、晴天、阴天、雷雨),分析天气状况对孵卵节律的影响。

### 1.3 数据处理

反复观看录制的视频记录数据。数据分析采用 SPSS 17.0 统计分析软件,绘图采用 SigmaPlot 12.2 来完成,文中均值数据采用平均值 $\pm$ 标准误(mean $\pm$ SE)表示。对不同孵化阶段的孵卵节律各参数进行正态分布检验,符合时用 ANOVA 中 LSD 检验,不符合时用非参数 Mann-Whitney U 检验是否存在差异。相关性分析采用 Pearson 相关性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 红碱淖棕头鸥繁殖的基本情况

2014年3月30日首见棕头鸥迁来,4月下旬在湖心岛沙地上营群巢,5月初开始产卵,产每窝卵需(3.25 $\pm$ 0.41)d( $n=13$ ,1~5d),孵化期为(24.7 $\pm$ 0.16)d( $n=13$ ,24~26d)。平均窝卵数为(2.75 $\pm$ 0.31)枚( $n=13$ ,1~4枚)(每窝1,2,4枚各占7.7%,3枚占76.9%)。观察对象中5月31日首见出壳雏鸟,到6月10日全部巢中第1只雏鸟出完。

### 2.2 棕头鸥昼夜间孵卵节律

对不同孵化阶段昼夜间孵卵节律观察结果(图1)发现,孵化前期昼夜间的孵卵节律均高于同一时段其他两个时期。除孵化中期昼间换孵次数略低于孵化后期外,孵化中期的坐巢方向变换和翻卵次数均高于孵化后期。同一孵化阶段夜间的换孵次数、

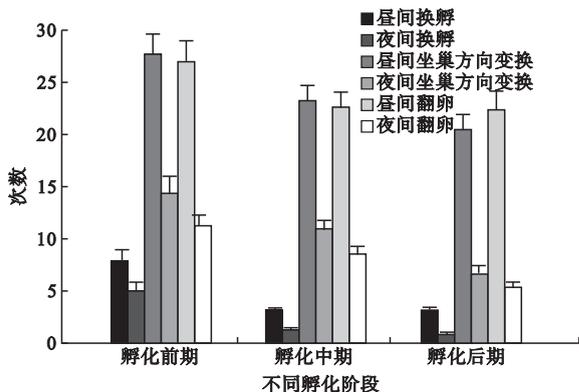


图1 棕头鸥不同孵化阶段昼夜间孵卵节律

Fig.1 Incubation rhythm of brown-headed gulls during daytime and night in different periods

坐巢方向变换和翻卵次数明显低于昼间。由此可见,随着孵化期天数的增加,换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数逐渐减少。

对不同孵化阶段昼夜间孵卵节律差异性分析表明,昼间孵化前期与孵化中期和孵化后期的换孵次数( $F=16.65, P<0.01$ ;  $F=13.63, P<0.01$ )、坐巢方向变换( $F=3.74, P<0.05$ ;  $F=0.1, P<0.05$ )和翻卵次数( $F=0.14, P<0.05$ ;  $F=2.45, P<0.05$ )均存在显著差异;孵化中期与孵化后期的换孵次数( $F=0.22, P>0.05$ )、坐巢方向变换( $F=4.78, P>0.05$ )和翻卵次数( $F=1.89, P>0.05$ )均没有明显差异。

夜间孵化前期与孵化中期和孵化后期的换孵次数( $F=12.19, P<0.01$ )存在显著差异,坐巢方向变换( $F=0.04, P>0.05$ )和翻卵次数( $F=0.02, P>0.05$ )均没有显著差异;孵化中期与孵化后期的换孵次数( $F=33.05, P<0.01$ )、坐巢方向变换( $F=0.13, P<0.01$ )和翻卵次数( $F=2.38, P<0.01$ )均存在极显著差异。

### 2.3 天气状况对孵卵节律的影响

当风速达到 $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 及以上或降雨量达到15mm及以上时,同一孵化阶段的换孵次数( $U=10.00, 65.00, 25.50, P<0.01$ )、坐巢方向变换( $U=0.00, 16.00, 1.00, P<0.01$ )和翻卵次数( $U=11.00, 20.50, 16.00, P<0.01$ )均存在极显著差异。尤其是大风时,所有坐巢孵化的棕头鸥都面朝风向,紧缩身体,尽量减少换孵次数(1.74 $\pm$ 0.18,  $n=26$ )、坐巢方向变换(12.40 $\pm$ 0.51,  $n=26$ )和翻卵次数(8.54 $\pm$ 0.14,  $n=26$ )的发生频次。当雷雨天气时,换孵次数(1.71 $\pm$ 0.17,  $n=13$ )与大风时基本相似,但坐巢方向变换(16.42 $\pm$ 2.01,  $n=13$ )和翻卵次数(9.02 $\pm$ 0.16,  $n=13$ )均高于大风天气。

昼间孵化节律与温度变化的 Pearson 相关性分析表明,换孵次数( $r=0.15, P=0.21, n=22$ )、坐巢方向变换( $r=0.20, P=0.26, n=22$ )和翻卵次数( $r=0.13, P=0.37, n=22$ )与当天平均气温均没有相关性。

### 2.4 昼夜间活动性

对棕头鸥双亲昼夜间换孵时间(图2)观察发现,双亲交替换孵最高次数在10:00—12:00,一般主要集中在06:00—14:00时间段内。由于夜晚气温低使得维持卵温的能量消耗加大,从而双亲第2天清晨急于换孵取食。另外,观察发现06:00—08:00和16:00—20:00两个时间段是棕头鸥觅食

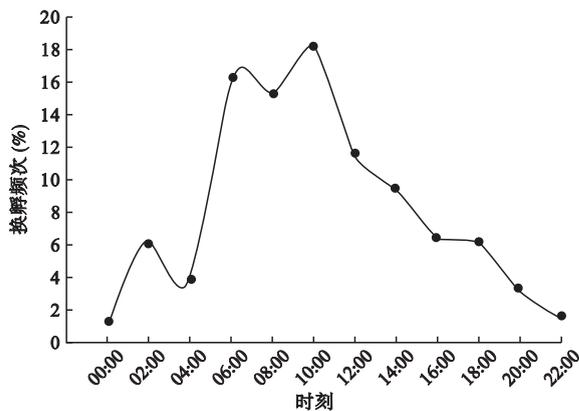


图2 棕头鸥昼夜间换孵时间节律

Fig.2 Time rhythm of exchange incubation for brown-headed gulls during daytime and night

高峰,与双亲交替换孵具有一定相关性。观察还发现,夜间雄鸟坐巢的比例占90%。孵化后期,亲鸟坐巢时长达到 $(713.29 \pm 40.62)$  min ( $n=42$ ),其间有的最长坐巢时间达到982 min左右。

### 3 讨论

鸟类在孵卵时面临着时间和能量等有限资源如何分配的问题。孵卵的亲鸟不仅要卧巢为胚胎发育提供适宜的热量,将卵温维持在胚胎发育所适宜的温度范围内,还需要离巢取食以维持自身的生存(Bryant, 1979; Drent *et al.*, 1985)。因此,孵卵的亲鸟需要依据其身体状况和环境因子的变化,权衡孵卵和取食的时间分配,采取适当的孵卵节律来解决两者之间的冲突。

在孵化前期,棕头鸥双亲通过频繁换孵和坐巢过程中不断地转动方向用喙叼起巢材加固巢,使得卵受热均匀,并且垫加巢材有利于卵温的保持以及避免卵温与沙地隔热。因此导致了孵化前期的换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数比后两个阶段显著差异。另外,研究地区鱼类资源极其匮乏,尤其是孵化前期水生昆虫,如双翅目(Diptera)摇蚊科(Chironomidae)昆虫和蜻蜓目(Odonata)的昆虫蓝纹螽(*Coenagrion dyeri*)等种群未出现数量暴发时间,食物资源就成为了限制性因素(刘文盈等,2008)。因此,亲鸟则采取频繁换孵,缩短取食时间的策略,这就导致了孵化前期换孵次数显著增多的原因;随着孵化天数的增加,摇蚊大量羽化,食物资源不断地丰富,棕头鸥的换孵次数明显减少,坐巢时间显著增长。于是棕头鸥又采取离巢次数少、时间长的策略来调整孵卵节律。这与大型鸟类,如雁鸭类或雉类

所采取的孵卵节律是相似的(Afton, 1980; Deeming, 2002; 孙悦华等, 2002, 2005)。

本研究地区早晚和白天温度相差较大,为了避免昼间因温度过高导致对卵局部过度受热影响胚胎的正常发育。因此不断地通过翻卵和变换坐巢方向使卵受热均匀。另外,研究地区白天直射地表温度达到 $40 \sim 50$  °C,为了避免卵曝晒,交替换孵用时极短,并且未有晾卵行为发生。同样地,夜间的气温较低,为了防止卵温散热过快,通过减少翻卵次数和变换坐巢方向来调节卵的温度。尤其是当风速达到 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 及以上或降雨量为15 mm及以上雨水时,换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数比晴天时要有明显减少,这可能与孵化过程中尽量减少卵温的损耗有关,尤其是大风天气影响更甚。这说明大风比大雨时给卵温带来的散热要小。由此可见,棕头鸥通过昼夜间的孵卵节律差异性变化来调节卵的温度,保证昼夜间卵胚胎的正常发育。

棕头鸥和遗鸥的形态上是十分近似的2个物种,只是近些年才发现两者在繁殖分布上有局部搭接现象(何芬奇等,1998;汪青雄等,2012)。通过对棕头鸥的孵卵行为观察发现,棕头鸥与遗鸥的孵卵节律存在许多相似之处(汪青雄等,2013)。但是,棕头鸥的孵卵中期与孵卵后期的坐巢方向变换和翻卵次数没有差异,与同域分布的遗鸥孵卵节律存在显著差异。造成2物种之间孵卵节律差异的原因有很多,如巢址、食性、巢内温度等方面。目前缺乏关于两者的巢风险、捕食压力和取食策略等方面的研究资料,其原因需要更为深入的研究来阐明。

致谢 感谢榆林市林业工作站以及红碱淖旅游管理局的大力支持和帮助。

### 参考文献

- 毕中霖, 孙悦华, 贾陈喜, 等. 2003. 莲花山云南柳莺的孵卵行为. 动物学杂志, **38**(6): 33-38.
- 何芬奇, 张荫荪. 1998. 有关棕头鸥和遗鸥两近似种的分类与分布问题研究. 动物分类学报, **23**(1): 104-112.
- 贾陈喜, 王众, 孙悦华. 2003. 灰蓝姬鹀的孵卵节律. 四川动物, **22**(4): 238-241.
- 廖炎发, 王侠. 1983. 棕头鸥的繁殖生态. 野生动物, **12**(2): 45-50.
- 刘文盈, 张秋良, 邢小军, 等. 2008. 鄂尔多斯高原盐沼湿地底栖动物多样性特征与遗鸥繁殖期觅食的相关性研究. 干旱区资源与环境, **22**(4): 185-190.
- 孙悦华, 方昀, Klaus S, 等. 2002. 自动温度记录技术在斑尾榛鸡产卵孵卵节律研究中的应用. 北京师范大学学

- 报:自然科学版, **38**(2): 260-265.
- 孙悦华, 贾陈喜, 方 昫, 等. 2005. 甘肃莲花山蓝马鸡孵卵节律的初步研究. *动物学杂志*, **40**(4): 29-33.
- 汪青雄, 肖 红, 杨 超. 2012. 陕西红碱淖同域分布遗鸥与棕头鸥巢址选择比较. *生态学杂志*, **31**(4): 949-953.
- 汪青雄, 杨 超, 肖 红, 等. 2013. 红碱淖遗鸥孵卵行为. *生态学杂志*, **32**(2): 375-379.
- 张国钢, 刘冬平, 江红星, 等. 2008. 青海湖棕头鸥 (*Larus brunicephalus*) 夏秋季活动区研究. *生态学报*, **28**(6): 2629-2634.
- Afton AD. 1980. Factors affecting incubation rhythms of northern shovelers. *Condor*, **82**: 132-137.
- Beer CG. 1965. Clutch size and incubation behavior in black-billed gull (*Larus bulleri*). *Auk*, **82**: 1-18.
- Brown PW, Fredrickson LH. 1987. Time budget and incubation behavior of breeding white-winged scoters. *Wilson Bulletin*, **99**: 50-55.
- Bryant DM. 1979. Reproductive costs in the house martin (*Delichon urbica*). *Journal of Animal Ecology*, **48**: 655-675.
- Conway CJ, Martin TE. 2000. Evolution of passerine incubation behavior: Influence of food, temperature and nest predation. *Evolution*, **54**: 670-685.
- Deeming DC. 2002. Avian Incubation. UK: Oxford University Press.
- Drent RH, Tinbergen JM, Biebach H. 1985. Incubation in the starling *Sturnis vulgaris*: Resolution of the conflict between egg care and foraging. *Netherlands Journal of Zoology*, **35**: 103-123.
- Ettinger AO, King JR. 1980. Time and energy budgets of the willow flycatcher (*Empidonax traillii*) during the breeding season. *Auk*, **97**: 533-546.
- Hey T, Trefethen A. 2003. e-Science and its implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **361**: 1809-1825.
- Vleck CM. 1981. Energetic cost of incubation in the zebra finch. *Condor*, **83**: 229-237.
- Williams JB. 1993. Energetics of incubation in free-living orange-breasted sunbirds in South Africa. *Condor*, **95**: 115-126.

---

作者简介 汪青雄,男,1980年生,硕士,助理研究员,主要从事于鸟类学研究。E-mail: wqx546@163.com  
责任编辑 张 敏

---