

# 机场周边家鸽飞行行为的潜在 鸟击风险初步研究

黄尚<sup>①②</sup> 史大伟<sup>③</sup> 吴永涛<sup>③</sup> 侯建华<sup>①\*</sup> 曹飞<sup>③</sup> 孟凡娟<sup>②\*</sup>

① 河北大学生命科学学院 保定 071000; ② 中国科学院生态环境研究中心,  
城市与区域生态国家重点实验室 北京 100085; ③ 空军后勤部 北京 100009

**摘要:** 鸟击防控是一个世界性难题。家鸽 (*Columba livia domestica*) 是机场生物多样性调查中最常见鸟类,也是历史上鸟击高危物种之一,还是唯一由于人工大量放飞导致严重鸟击事故的物种。2020年9月至2021年1月,在我国4个机场,针对机场周边23家鸽户,共149只家鸽开展卫星追踪放飞实验研究,获得了家鸽个体在机场周边的飞行时间、飞行距离、飞行高度等个体运动参数。研究发现,1) 单次放飞时长多在1~4 h, 单次平均放飞时长为  $(2.9 \pm 1.6)$  h。在鸽户自主放飞家鸽和家鸽自由回笼的动态过程中,下午活动在外的家鸽数量较多,尤其15:00~17:59时段是活动在外家鸽数量最多的时段。2) 飞行距离多在3.0 km范围内,最远可达8.9 km;存在家鸽飞行范围覆盖机场现象的鸽户占比45%。3) 飞行高度主要在200 m及以下,平均飞行高度为  $(29 \pm 28)$  m。本研究结果表明,下午,尤其是15:00~17:59时段应作为家鸽防控的重点时段,机场周边10 km以及高度0~200 m的范围应作为家鸽防控的重点空间范围。根据《中华人民共和国民用航空法(2021修正)》第五十八条明确规定“不得饲养、放飞影响飞行安全的鸟类动物和其他物体”,需要建立相应的问责机制、加强有效监管,以降低家鸽鸟击风险。

**关键词:** 家鸽; 飞行行为; 鸟击风险防控; 卫星追踪; 遥测技术

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2022) 06-821-15

## The Preliminary Study on the Potential Bird Strike Risk due to Flight Behavior of Domestic Pigeon around Airports

HUANG Shang<sup>①②</sup> SHI Da-Wei<sup>③</sup> WU Yong-Tao<sup>③</sup> HOU Jian-Hua<sup>①\*</sup>  
CAO Fei<sup>③</sup> MENG Fan-Juan<sup>②\*</sup>

① School of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071000; ② State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology,

Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;

③ Air Force Logistics Department, Beijing 100009, China

**基金项目** 中国科学院科研仪器设备研制项目 (No. YJKYYQ20180050), 中国科学院生态环境研究中心自主部署项目 (No. RCEES-NLJS-2019-06), 国家自然科学基金项目 (No. 31870369);

\* 通讯作者, E-mail: 13633325718@163.com, mengfanjuan1986@163.com;

**第一作者介绍** 黄尚, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: 2972518959@qq.com.

收稿日期: 2022-03-01, 修回日期: 2022-10-25 DOI: 10.13859/j.cjz.202206003

**Abstract:** [Objectives] Mitigating bird strike is a worldwide challenge. The Domestic Pigeon (*Columba livia domestica*) is the most common bird in airport biodiversity surveys, and is one of the historically high-risk species for bird strikes. It is also the only species that has caused serious bird strikes due to manual release in large numbers. [Methods] From September 2020 to January 2021, we conducted 272 satellite tracking experiments for 681 hours on 149 pigeons (distance from the airport was 0.2 - 9.1 km, with an average of 1.2 km) from 23 households around 4 airports to observe individual flight behaviors (Appendix 1). The specific data of flight period, flight distance and flight height were obtained, and the potential bird strike risk of flight behavior was analyzed, so as to provide a reference for the airport to mitigate the bird strike risk of domestic pigeons. [Results] A single release of pigeons for 1 - 4 h accounted for 78%, 0 - 1 h accounted for 8%, and more than 4 h accounted for 14%. The average flight period is  $2.9 \pm 1.6$  h, the shortest flight period is only 20 min, and the longest flight period is 9 h (Fig. 2). The flight of pigeons from 6:00 to 8:59 accounted for 16%, 9:00 to 11:59 accounted for 24%, 12:00 to 14:59 accounted for 26%, 15:00 to 17:59 accounted for 28%, and 18:00 to 20:59 accounted for 6%. In the dynamic process of free release and return of pigeons, the number of pigeons flying in the afternoon is more than that in the morning, especially from 15:00 to 17:59, when the number of pigeons flying is the largest (Fig. 3). The flight distance of domestic pigeons is usually within 3.0 km, up to 8.9 km. Among the four airports, the flight distance of domestic pigeons tracked in Airport A was mostly between 0.3 and 0.6 km, and up to 4.1 km. The flight distance of pigeons tracked by Airport B is usually between 0.4 km and 3.0 km, up to 8.9 km. The flight distance of pigeons tracked in Airport C was mostly between 0.3 and 0.6 km, and up to 5.2 km. The flight distance of pigeons tracked in Airport D was mostly between 0.1 and 0.6 km, and up to 3.4 km. The flight range of pigeons from 45% of the households overlapped with the airport. Among the four airports, Airport A was not overlapped with the flight range. In Airport B, the flight range of pigeons from 67% of households overlapped with the airport. In Airport C, the ratio of households is 50%, and in Airport D is 45% (Appendix 2). The flight height of 99% of the pigeons was at or below 200 m, and only 1% was above 200 m. Among the four airports, the flight height of 80% of the pigeons near Airport A was 0 - 100 m, while the flight height of most of the pigeons near Airport B (90%), Airport C (89%) and Airport D (89%) was 0 - 50 m. The average flight height of domestic pigeons was  $29 \pm 28$  m (Fig. 4). [Conclusion] The results showed that, the time period in the afternoon, especially from 15:00 to 17:59, should be taken as the key time period of domestic pigeon prevention. And, the area of 10 km around the airport and the height from 0 to 200 m should be taken as the key space range of domestic pigeon prevention. According to Article 58 of the Civil Aviation Law of the People's Republic of China (2021 Amendment), it is clearly stipulated that "birds and other objects that affect flight safety shall not be kept or released". It is necessary to establish corresponding accountability mechanisms and strengthen effective supervision to mitigate the risk of domestic pigeon bird strike.

**Key words:** Domestic Pigeon; Flight behavior; Bird strike risk mitigating; Satellite tracking; Telemetry

鸟击 (bird strike) 是指飞行器起降或飞行过程中与鸟类等动物相撞而发生的飞行安全或事故征候 (Cleary et al. 2005)。鸟击不仅会造成飞机发动机等重要部件受损 (刘振江 2011),

甚至严重时会导致飞机坠毁和飞行员及乘客失去生命 (Dolbeer 2013)。随着航空业的不断扩展, 航空技术的迭代更新, 以及鸟类保护的公众意识增强, 全球鸟击事件不断增加 (ICAO

2009, 2017), 鸟击防控已成为未来 10 年世界航空安全面临的重大挑战 (Dolbeer et al. 2021)。资料显示, 家鸽 (*Columba livia domestica*) 是导致我国民航严重鸟击事故最多的物种 (中国民用航空局航空安全技术中心 2008, 2009, 2010, 中国民航科学技术研究院 2011, 2012, 2014, 2015, 2016), 也是导致全球民航鸟击事件的高危物种 (ICAO 2009, 2017)。

家鸽的最快飞行速度约 20 m/s, 一只 500 g 重的家鸽与时速 400 km 的飞机相撞, 产生的冲击力高达 4 万 N, 相当于十几辆汽车撞击的力量, 由此导致的飞机维修等直接经济损失达数百万元, 另外如旅客换乘、航班延误等间接损失更是无法估量。而家鸽一旦击中飞机发动机等要害部位, 将导致飞机停车并坠毁, 不仅造成巨大的经济损失, 受害者的生命安全更是受到严重威胁, 同时还会带来极大的社会负面影响和公众的恐慌。

家鸽分布广泛 (随养鸽户遍布全国)、生长快速、体重较大、合群性强 (李树珩 1995)。机场周围散放养的家鸽放飞时间自由, 多以场区周边空旷地带为主要活动场所 (刘振江等 2021)。机场生物多样性调查和鸟击风险评估也显示, 家鸽是机场鸟类中严重危险鸟类 (魏炜等 2013, 程雷等 2020, 罗刚等 2020, 柳毅等 2021)。因此机场周边家鸽的飞行活动对飞机起降阶段具有重大鸟击风险。此外, 赛鸽活动也给飞机的起飞和降落带来极大的安全隐患 (马金生等 2015)。

目前对于家鸽鸟击风险与防范的研究主要为调查机场附近家鸽的习性和数量, 关于家鸽飞行行为的相关数据资料较少, 因此, 有必要对家鸽的飞行行为开展系统研究。本文针对家鸽鸟击风险, 尝试通过为机场周边的家鸽佩戴追踪器来了解家鸽在飞行时间、距离和高度方面的规律, 以期为机场周边的家鸽管控提供参考, 为航空安全和政策实施提供有力的保障。本文的意义在于对家鸽的飞行行为进行了量化研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

家鸽属鸽形目鸠鸽科, 为人工选择驯化的家养鸟类 (图 1)。家鸽体重约 500 g, 喜欢群居栖息于城镇、林区的房屋和树上, 以小米、豆类、玉米、高粱、麦类等为食, 经过长期的培育和筛选, 有食用鸽、玩赏鸽、竞翔鸽、军用鸽和实验鸽等多种。机场周边家鸽具有较大潜在鸟击风险, 为高危鸟击物种。



图 1 家鸽佩戴 GPS-GSM 背包式卫星追踪器效果图

Fig. 1 Domestic pigeons wearing GPS-GSM backpack satellite trackers

### 1.2 实验方法

为了确定家鸽的飞行时间、飞行距离和飞行高度, 本研究于 2020 年 9 月至 2021 年 1 月, 分别在我国北部的 3 个机场 (记作 A 机场、B 机场和 C 机场) 和南部的 1 个机场 (记作 D 机场) 进行家鸽卫星追踪实验。通过当地信鸽协会、赛鸽俱乐部、当地政府、机场相关负责人联系 4 个机场周边鸽户, 获得鸽户同意后, 随

机选择 23 家鸽户的 149 只家鸽为追踪对象,并佩戴了全球定位系统 (GPS) 发射器 (图 1),包括 A 机场追踪的 3 只, B 机场追踪的 8 只, C 机场追踪的 13 只, 以及 D 机场追踪的 125 只 (表 1)。149 只家鸽离机场距离为 0.2 ~ 9.1 km, 平均 1.2 km。实验家鸽体重 ( $453 \pm 47$ ) g ( $330 \sim 590$  g), 翅长 ( $22.7 \pm 0.9$ ) cm ( $19.8 \sim 25.6$  cm), 详见附录 1。其中, 提供了有效追踪数据的个体有 111 只, 这些数据被用来确定机场周边家鸽的飞行行为。

我们使用多种型号的背负式太阳能充电设备, 对实验家鸽进行追踪监测。具体为环球信士公司的鸟类背负式追踪器 (HQZN 型号) 和拾墨科技公司的鸟类背负式追踪器 (S08、S09、S10 型号)。追踪装置总重量约为 2 ~ 10 g, 约占家鸽体重的 0.4% ~ 2.0%, 低于家鸽负载临界值 (田欣茂等 2017)。最高支持 1 min 记录 1 次 GPS 时间和地理坐标, 并通过 GSM 移动网络将数据传回 (附录 1)。具体操作如下: 1) 使用绑带将固定背板安置在家鸽背部, 使用卡扣装置将追踪器固定在背板上 (图 1); 2) 让家鸽试飞 1 ~ 2 d 以适应追踪器重量, 观察家鸽状态良好后, 开始正式追踪监测; 3) 每次放飞前重新固定充满电的追踪器, 在结束飞行后, 取下追踪器回传数据并充电, 等待下次追踪。

### 1.3 数据分析

数据采集时间为 2020 年 9 月 14 日至 2021 年 1 月 21 日。将下载并清洗后的有效数据在 MS Excel 中计算实验家鸽飞行时长、飞行时段和飞行高度。根据追踪数据发现家鸽的放飞活动时间涵盖 6:00 ~ 19:10 时, 为了掌握家鸽在

不断放归的动态过程中的重点防控时段, 结合其平均放飞时长 (3 h) 以 3 h 为单位时长, 设置 6:00 ~ 8:59 时、9:00 ~ 11:59 时、12:00 ~ 14:59 时、15:00 ~ 17:59 时和 18:00 ~ 20:59 时共 5 个时段, 采用百分比的形式表示在不同时段的放飞家鸽的数量。飞行时长和飞行高度的平均结果均以平均值  $\pm$  标准差表示。将实验家鸽的有效定位数据按时间顺序排列, 在 Google Earth Pro 中测量家鸽飞行距离, 计算家鸽飞行轨迹对机场的飞行覆盖百分比。

## 2 结果

本次实验共获得 234 次有效放飞数据, 放飞实验时长共计 681 h。A 机场获得 5 次有效数据, B 机场获得 14 次有效数据, C 机场获得 26 次有效数据, D 机场获得 189 次有效数据 (附录 2)。

### 2.1 家鸽放飞时长与高频时段

家鸽放飞时长和高频时段与鸽户的作息相关。单次放飞时长持续 1 ~ 4 h 的家鸽占比 78%, 0 ~ 1 h 占比 8%, 4 h 以上占比 14%; 单次平均放飞时长为 ( $2.9 \pm 1.6$ ) h, 最短放飞时长仅 20 min, 最长放飞时长可持续 9 h (图 2)。家鸽的放飞活动在 6:00 ~ 8:59 时段占比 16%, 在 9:00 ~ 11:59 时段占比 24%, 在 12:00 ~ 14:59 时段占比 26%, 在 15:00 ~ 17:59 时段占比 28%, 在 18:00 ~ 20:59 时段占比 6%; 在鸽户自主放飞家鸽和家鸽自由回笼的动态过程中, 下午活动在外的家鸽数量比上午的多, 尤其 15:00 ~ 17:59 时段是活动在外的家鸽数量最多的时段 (图 3)。

表 1 四机场追踪家鸽的年龄和性别统计表

Table 1 Summary of the age and sex of domestic pigeons at four airports

机场编号 Airport code	年龄 Age			性别 Sex			总计 Total
	成鸟 Adult	幼鸟 Juvenile	未知 Unknown	雌性 Female	雄性 Male	未知 Unknown	
A	3	0	0	0	3	0	3
B	8	0	0	3	5	0	8
C	13	0	0	0	13	0	13
D	116	9	0	64	61	0	125

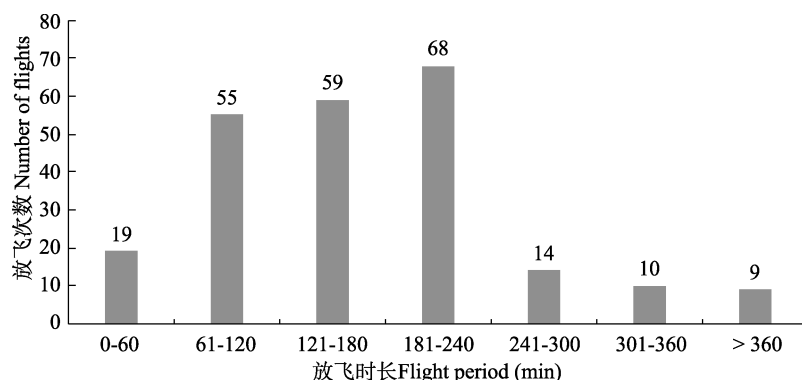


图2 家鸽在机场周边的飞行运动时长

Fig. 2 Flight duration of domestic pigeons around airports

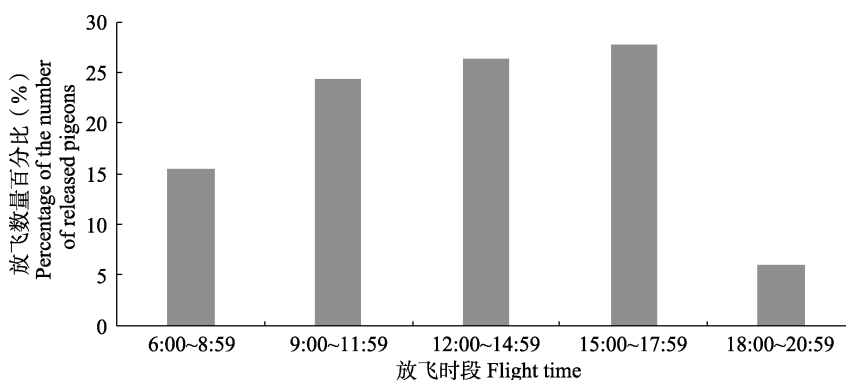


图3 机场周边家鸽飞行运动的时间分布特征

Fig. 3 Flight temporal distribution of domestic pigeons around airports

## 2.2 家鸽飞行距离

机场周边家鸽飞行距离多在 3.0 km 范围内, 最远可达 8.9 km。其中, A 机场追踪的家鸽飞行距离多在 0.3 ~ 0.6 km 之间, 最远可达 4.1 km; B 机场追踪的家鸽飞行距离多在 0.4 ~ 3.0 km 之间, 最远可达 8.9 km; C 机场追踪的家鸽飞行距离多在 0.3 ~ 0.6 km 之间, 最远可达 5.2 km; D 机场追踪的家鸽飞行距离多在 0.1 ~ 0.6 km 之间, 最远可达 3.4 km。

4 个机场共追踪 23 户家鸽, 20 户获得有效追踪数据, 3 户追踪数据无效, 有 9 户家鸽飞行范围覆盖机场, 占 4 个机场有效追踪鸽户的 45%。其中, A 机场共追踪 2 户家鸽, 均获得有效数据, 无家鸽飞行范围覆盖机场; B 机场共追踪 3 户家鸽, 均获得有效数据, 有 2 户家鸽飞行范围覆盖机场, 占 B 机场有效追踪鸽户

的 67%; C 机场共追踪 5 户家鸽, 4 户获得有效数据, 1 户数据无效, 有 2 户家鸽飞行范围覆盖机场, 占 C 机场有效追踪鸽户的 50%; D 机场共追踪 13 户家鸽, 11 户获得有效数据, 2 户数据无效, 有 5 户家鸽飞行范围覆盖机场, 占 D 机场有效追踪鸽户的 45%。详见附录 2。

## 2.3 家鸽飞行高度

家鸽喜在空旷的中低空进行长时间盘旋飞行。飞行高度在 200 m 及以下的家鸽占比 99%, 飞行高度在 200 m 以上的家鸽仅占 1%; 家鸽飞行平均高度 ( $29 \pm 28$ ) m, 个别家鸽的飞行高度可以达到 801 ~ 1 600 m 和 1 601 ~ 3 200 m 高度。其中, A 机场附近飞行高度在 0 ~ 100 m 的家鸽占比 80%; 而 B 机场 (90%)、C 机场 (89%) 和 D 机场 (89%) 附近家鸽飞行高度主要集中在 0 ~ 50 m (图 4)。

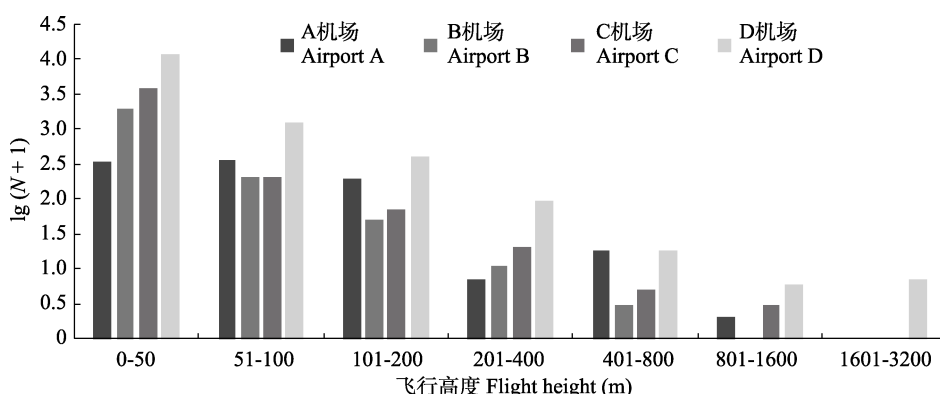


图 4 家鸽在机场周边飞行运动的高度分布特征

Fig. 4 Flight height distribution of domestic pigeons around airports

$\lg(N+1)$ 中 $N$ 为家鸽放飞次数, 由于家鸽在不同高度的飞行次数差异较大, 使用对数转换效果更佳。

In  $\lg(N+1)$ ,  $N$  is the flying times of domestic pigeons. Because the number of flights of domestic pigeons at different heights varies greatly, logarithmic transformation has better effect.

### 3 讨论及建议

#### 3.1 家鸽导致的潜在鸟击风险

我国民航鸟击报告(中国民用航空局航空安全技术中心 2008, 2009, 2010, 中国民航科学技术研究院 2011, 2012, 2014, 2015, 2016)显示, 2002 至 2015 年间, 有准确物种鉴定报告的 551 次鸟击中, 家鸽撞机达 49 次, 占比约 10%。我国机场多位于城郊结合地带, 周边的大量农田、草地、树林、湖泊、河流等为家鸽提供了额外的食物、水源和栖息场所, 吸引家鸽前往、穿越或逗留场区及外围区域。4 个机场周边均存在大量养鸽户, 鸽子数量众多, 如 A 机场, 仅周边 3 km 范围内就有鸽户 94 家, 共饲养家鸽 5 000 余只, 与机场距离最近的仅 100 m。

研究家鸽放飞时长, 获取家鸽的高频放飞时段, 可以为规范家鸽重点防控时段提供参考。机场周边家鸽的飞行轨迹与飞机的飞行航道存在交叉, 家鸽的潜在鸟击风险会随飞行时长增加而增大。多数家鸽单次放飞时长持续 1~4 h, 最长达 9 h。追踪家鸽的放飞时间覆盖 6:00~19:10 时段, 即对飞机飞行产生影响的时间长

达 13 h。根据中国民航鸟击航空器防范信息网和中国民用航空安全信息网收集的鸟击信息显示, 1990 至 2016 年民航记录的家鸽鸟击事件中约 88% 的家鸽鸟击事件发生在以上时段。此外, 尤其需要注意在 15:00~17:59 时段加强对家鸽的管控力度。对机场周边养殖的家鸽进行严格管控应是最终解决机场家鸽鸟击的有效办法。

研究家鸽飞行距离和活动区域的空间分布, 可以为规范家鸽防控距离提供参考。机场周边家鸽的飞行距离和鸽户到机场的距离是评估其潜在鸟击风险的关键因素。家鸽是非迁徙物种, 常年在鸽户周边的机场净空区活动(马金生等 2015), 是机场飞行区极其常见的鸟类(李晓娟等 2015)。本研究结果表明, 家鸽飞行的最远距离接近 9 km, 此外, 赛鸽被人为训练具有更强的远距离飞行能力。在国家立法有效解决机场周边饲养家鸽问题之前, 建议将家鸽的防控与治理范围, 扩展至机场周边 10 km 范围。

研究家鸽飞行高度可以为规范家鸽重点防控高度提供参考。家鸽撞机通常发生在机场跑道两端起降阶段, 本研究中 99% 的家鸽飞行高

度分布在 200 m 及以下, 个别家鸽飞行高度可达 801 ~ 1 600 m 和 1 601 ~ 3 200 m 高度层。根据中国民航鸟击航空器防范信息网和中国民用航空安全信息网收集的鸟击信息数据显示, 1990 至 2016 年民航记录的家鸽鸟击事件中 95% 的家鸽鸟击事件发生在高度 200 m 及以下, 其中, 高度 0 ~ 50 m 占所记录的家鸽鸟击事件的 70%, 是发生家鸽鸟击的主要高度区间。此外, 801 ~ 1 600 m 高度层也发生过由家鸽导致的鸟击事件。为了有效降低家鸽鸟击风险, 保障飞机的飞行安全, 应提高现行鸟击风险防控高度。根据民航总局的规定, 机场鸟害防治工作的“责任区”确定为机场围界以内、飞机起飞阶段高度 100 m 以内或进近时高度 60 m 以内的区域(田野等 2009)。因此, 建议将 0 ~ 200 m 作为家鸽防控的重点高度区间, 200 m 以上高度也需给予适当关注。

### 3.2 防范家鸽鸟击的建议

经对机场周边家鸽进行长期多点位、大时空、全时段追踪, 我们在了解掌握家鸽生活习性的基础上, 提出如下建议。

1) 建议系统开展家鸽卫星追踪研究, 吸收国内外先进鸟类监测追踪等科学技术手段、先进理念和前沿理论, 有针对性地开展家鸽等高危鸟种定向科学研究工作, 全面摸清家鸽等高危鸟种觅食、飞行、归巢运动行为的科学规律。协同开展机场周边高分辨率生态环境解译制图工作, 摸清机场周边的生态环境信息和吸引家鸽及其他鸟类聚集的目标区, 为生态环境整治提供信息地图、理论数据等科学支撑。

2) 当前, 虽然《中华人民共和国民用航空法(2021 修正)》明确了民航机场周边“不得饲养、放飞影响飞行安全的鸟类动物和其他物体”(全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国道路交通安全法》等八部法律的决定 2021), 但家鸽仍是导致我国民航严重鸟击事故最多的物种。机场在调查掌握鸽户位置、养殖数量和放飞情况后, 通常只能劝说鸽户弃养、调整或减少放飞时间, 改变放飞方

向, 说明机场周边家鸽治理工作亟待改善。建议军民航相关关切部门会同驻地政府、相关领域科研专家和军民航鸟情防治专业人员, 磋商出台家鸽清理、迁离方案。使机场驻地政府的中远期国土空间规划、环境规划、城市规划等相关规划目标与机场鸟击风险防范工作相衔接。

3) 建议建立健全相关的法律和问责机制。目前对于机场周边家鸽的管控, 仅民航有明确规定, 但缺乏有效监管, 没有建立相应的问责机制。建议在《中华人民共和国军事设施保护法(2021 修订)》和《中华人民共和国军事设施保护法实施办法》中增加“军用机场(以跑道中心点为圆心)周边 10 km 范围内, 不得饲养、放飞影响飞行安全的鸟类动物和其他物体”条款, 给予军用机场和民用机场同等法律保护。同时, 增加“驻地政府和相关职能部门, 应对机场周边 10 km 范围内养殖家鸽的违法行为进行有效监管和依法处罚, 对失职渎职者进行问责”条款, 确保军用机场净空安全。同样建议民航建立健全相关的问责机制, 落实对机场周边家鸽的有效监管, 以最大限度降低家鸽鸟击风险。

**致谢** 感谢曹垒老师在策划和设计上的指导, 感谢伊坤朋老师和赵青山老师在数据处理方面的帮助, 感谢谢彦波老师和张俊健老师对方法部分的建议, 感谢闫明、代文章和张贝西等和工作人员们参与本次家鸽追踪实验的辛苦付出, 感谢黄筑、费孟丹和陈艺雯提供的技术帮助。

### 参 考 文 献

- Cleary E C, Dolbeer R A. 2005. Wildlife hazard management at airports: a manual for airport personnel. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications, 133.
- Dolbeer R A. 2013. The history of wildlife strikes and management at airports. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications, 6.
- Dolbeer R A, Begier M J, Miller P R, et al. 2021. Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States, 1990–2019. United States.

- Department of Transportation. Federal Aviation Administration. William J. Hughes Technical Center.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2009. 2001-2007 Bird strike analyses (IBIS). [R/OL]. [2022-01-17]. [https://www.icao.int/Meetings/wildlife/Documentation/20091217\\_IBIS\\_output\\_2001-2007.pdf](https://www.icao.int/Meetings/wildlife/Documentation/20091217_IBIS_output_2001-2007.pdf)
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2017. 2008-2015 Bird strike analyses (IBIS). [R/OL]. [2022-01-17]. <https://www.icao.int/safety/Pages/IBIS.aspx>.
- 程雷, 王晓斌, 徐彦昭, 等. 2020. 太原武宿国际机场鸟类多样性特征及鸟击防控. *生态学杂志*, 39(6): 2014-2023.
- 李树珩. 1995. 家鸽的习性. *当代畜禽养殖业*, (9): 23-24.
- 李晓娟, 唐双国, 周材权. 2015. 机场鸟类群落与鸟击之间的关系. *四川林业科技*, 36(5): 30-36, 78.
- 刘振江. 2011. 鸟击的因素及防治策略. *中国民用航空*, (10): 62-64.
- 刘振江, 范丽红, 乔宁, 等. 2021. 临海机场生物多样性调查与鸟击防范策略. *安全与环境学报*, 21(3): 1361-1368.
- 柳毅, 王成华, 薛海明, 等. 2021. 银川河东国际机场鸟击风险评估与鸟击防范研究. *安徽农业科学*, 49(12): 84-87, 93.
- 罗刚, 张海洋, 吴春波, 等. 2020. 影响航空安全的高风险鸟类在中国境内的分布. *航空发动机*, 46(5): 40-48.
- 马金生, 刘常春. 2015. 飞机场净空区鸽患防治专题研究. *齐鲁师范学院学报*, 30(6): 112-115.
- 全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国道路交通安全法》等八部法律的决定. *中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会公报*, 2021, No.351(04): 737-841.
- 田野, 王宝岳. 2009. 伊宁机场驱鸟工作科学严谨 保障飞行安全. [Z/OL]. [2022-09-26]. <http://www.ccaonline.cn/news/item/23879.html>.
- 田欣茂, 巩志伟, 刘浩伟, 等. 2017. 背部负载对家鸽运动行为的影响 // 中国生态学会动物生态专业委员会, 中国动物学会兽类学分会, 中国野生动物保护协会科技委员会, 等. 第十三届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会暨第六届中国西部动物学学术研讨会论文摘要集. 成都: 第十三届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会暨第六届中国西部动物学学术研讨会, 88.
- 魏伟, 杨贵生, 乌日罕, 等. 2013. 二连浩特民航机场鸟击风险评估与鸟击防范. *安全与环境学报*, 13(6): 232-237.
- 中国民用航空局航空安全技术中心. 2008. 2007 年中国民航鸟击航空器事件数据分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/0258ae3c6f175f0e7cd184254b35eefdc9d31553.html>
- 中国民用航空局航空安全技术中心. 2009. 2008 年中国民航鸟击航空器事件数据分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/107c8124ccbff121dd3683df.html>
- 中国民用航空局航空安全技术中心. 2010. 2009 年中国民航鸟击航空器事件数据分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/41e3b86eb007e87101f69e3143323968011cf4bc.html>
- 中国民航科学技术研究院. 2011. 2010 年中国民航鸟击航空器事件数据分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/837d2a5f7cd5360cba1aa8114431b90d6d85895a.html>
- 中国民航科学技术研究院. 2012. 2011 年度中国民航鸟击航空器事件分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/a0f3d109f12d2af90242e610.html>
- 中国民航科学技术研究院. 2014. 2013 年度中国民航鸟击航空器信息分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/36599234c181e53a580216fc700abb68a982ad63.html>
- 中国民航科学技术研究院. 2015. 2014 年度中国民航鸟击航空器信息分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://www.docin.com/p-2140391875.html>
- 中国民航科学技术研究院. 2016. 2015 年度中国民航鸟击航空器信息分析报告. [R/OL]. [2022-09-26]. <https://wenku.baidu.com/view/ba356932fd4ffe4733687e21af45b307e871f9dd.html>



附录 1 149 只家鸽完成 272 次卫星追踪放飞实验的追踪个体信息表

Appendix 1 Parameters of 272 complete flights derived from 149 tracked domestic pigeons

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
1	A_1_001	M	Ad	470	22.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/9/18 7:00	2020/9/18 10:59	240
2	A_2_002	M	Ad	530	23.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/9/14 11:17	2020/9/14 14:59	129
3	A_2_002	M	Ad	530	23.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/9/17 11:06	2020/9/17 14:59	99
4	A_2_003	M	Ad	495	23.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/9/14 10:35	2020/9/14 14:59	210
5	A_2_003	M	Ad	495	23.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/9/17 11:15	2020/9/17 14:59	216
6	B_1_001	M	Ad	420	24.4	HQXS	HQZN	2.0	—	—	—
7	B_1_002	M	Ad	420	24.7	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/2 15:56	2020/11/2 18:42	101
8	B_1_003	M	Ad	400	23.0	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/2 15:56	2020/11/2 17:05	62
9	B_2_004	F	Ad	400	25.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/2 15:19	2020/11/2 18:59	219
10	B_2_004	F	Ad	400	25.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/3 6:00	2020/11/3 9:59	239
11	B_2_004	F	Ad	400	25.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/4 6:00	2020/11/4 9:59	239
12	B_2_005	M	Ad	495	24.7	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/2 15:34	2020/11/2 18:59	206
13	B_2_005	M	Ad	495	24.7	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/4 6:00	2020/11/4 9:59	239
14	B_3_006	M	Ad	480	25.3	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/4 15:28	2020/11/4 18:59	210
15	B_3_006	M	Ad	480	25.3	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/6 17:12	2020/11/6 18:57	106
16	B_3_006	M	Ad	480	25.3	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/7 7:02	2020/11/7 9:59	178
17	B_3_007	F	Ad	380	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/4 13:36	2020/11/4 14:59	81
18	B_3_007	F	Ad	380	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/6 14:15	2020/11/6 14:59	43
19	B_3_008	F	Ad	445	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/5 18:10	2020/11/5 18:57	48
20	B_3_008	F	Ad	445	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/6 6:02	2020/11/6 9:59	238
21	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 6:00	2020/11/18 9:59	238
22	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 15:00	2020/11/18 17:09	129
23	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/20 6:00	2020/11/20 9:59	237
24	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/20 15:00	2020/11/20 18:59	240
26	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 6:00	2020/11/21 7:57	117
25	C_1_001	M	Ad	520	22.8	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/22 15:01	2020/11/22 15:34	34
27	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 6:00	2020/11/18 9:36	206
28	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/19 15:12	2020/11/19 15:41	30
29	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/20 6:00	2020/11/20 9:59	240
30	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/20 15:00	2020/11/20 18:59	240
32	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 6:02	2020/11/21 9:58	237
31	C_1_002	M	Ad	455	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/22 15:00	2020/11/22 15:20	21
33	C_2_003	M	Ad	475	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 6:02	2020/11/18 9:59	238
34	C_2_003	M	Ad	475	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 15:00	2020/11/18 18:01	182
35	C_2_003	M	Ad	475	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 6:07	2020/11/21 6:44	38
36	C_2_004	M	Ad	460	22.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 7:13	2020/11/18 9:59	158
37	C_2_004	M	Ad	460	22.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 14:00	2020/11/18 18:04	245
38	C_2_004	M	Ad	460	22.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 7:03	2020/11/21 9:59	177
39	C_2_004	M	Ad	460	22.9	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 14:00	2020/11/21 17:18	199
40	C_3_005	M	Ad	490	20.5	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 15:03	2020/11/18 18:59	147
41	C_3_005	M	Ad	490	20.5	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/19 6:28	2020/11/19 9:59	209
42	C_3_006	M	Ad	580	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 15:04	2020/11/18 18:59	230
43	C_3_006	M	Ad	580	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/20 6:00	2020/11/20 9:59	203
44	C_3_006	M	Ad	580	24.4	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/21 6:02	2020/11/21 7:07	58

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
45	C_4_007	M	Ad	430	23.7	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/19 7:05	2020/11/19 8:21	34
46	C_4_008	M	Ad	430	21.5	HQXS	HQZN	2.0	2020/11/18 15:29	2020/11/18 19:00	56
47	C_5_009	M	Ad	475	24.2	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
48	C_3_010	M	Ad	490	23.1	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
49	C_3_011	M	Ad	575	23.8	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
50	C_2_012	M	Ad	535	22.4	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
51	C_2_013	M	Ad	545	23.6	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
52	D_1_001	F	Ad	414	21.6	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
53	D_2_002	M	Ad	450	22.8	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
54	D_2_003	F	Juv	480	22.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
55	D_2_004	F	Juv	400	22.2	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
56	D_3_005	F	Juv	445	22.8	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
57	D_3_006	M	Juv	500	23.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 7:56	2020/12/29 10:39	72
58	D_3_006	M	Juv	500	23.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 7:30	2021/1/5 11:28	25
59	D_3_007	F	Ad	470	22.8	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 8:05	2020/12/29 10:35	53
60	D_3_007	F	Ad	470	22.8	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/1 13:42	2021/1/1 14:38	5
61	D_4_008	F	Ad	510	22.4	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 13:54	2021/1/7 15:36	52
62	D_4_009	M	Ad	470	22.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
63	D_4_010	M	Ad	515	23.4	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 9:19	2020/12/29 13:18	18
64	D_4_010	M	Ad	515	23.4	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 8:00	2021/1/5 10:50	24
65	D_4_010	M	Ad	515	23.4	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/9 7:30	2021/1/9 10:00	11
66	D_4_011	M	Ad	555	22.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 8:00	2021/1/5 11:05	49
67	D_5_012	M	Ad	490	24.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 16:00	2021/1/5 17:27	9
68	D_5_013	M	Ad	495	22.2	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 16:00	2021/1/5 16:37	6
69	D_5_014	F	Ad	375	22.3	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 16:00	2021/1/5 17:11	14
70	D_6_015	F	Ad	440	23.3	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 16:02	24
71	D_6_015	F	Ad	440	23.3	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 10:21	44
72	D_6_016	F	Ad	475	22.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
73	D_6_017	F	Ad	425	21.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
74	D_6_018	F	Ad	330	21.6	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 11:54	2020/12/29 16:37	27
75	D_6_018	F	Ad	330	21.6	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 13:39	18
76	D_6_018	F	Ad	330	21.6	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 11:15	41
77	D_6_019	F	Ad	420	22.7	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
78	D_6_020	M	Ad	435	23.0	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 12:20	2020/12/29 16:54	92
79	D_6_020	M	Ad	435	23.0	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 14:42	7
80	D_6_020	M	Ad	435	23.0	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 12:03	6
81	D_6_021	M	Ad	500	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 11:40	2020/12/29 16:40	34
82	D_6_021	M	Ad	500	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 16:21	56
83	D_6_022	F	Ad	385	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 11:51	2020/12/29 15:51	102
84	D_6_022	F	Ad	385	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 15:05	62
85	D_6_022	F	Ad	385	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 10:36	23
86	D_6_023	F	Ad	485	22.3	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 11:59	2020/12/29 15:52	31
87	D_6_023	F	Ad	485	22.3	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 15:57	25
88	D_6_024	F	Ad	440	23.1	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 12:10	2020/12/29 15:45	81
89	D_6_024	F	Ad	440	23.1	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 16:27	113

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
90	D_6_024	F	Ad	440	23.1	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 9:51	6
91	D_6_025	F	Ad	440	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2020/12/29 12:20	2020/12/29 16:26	33
92	D_6_026	F	Ad	415	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	—	—	—
93	D_6_027	F	Ad	385	22.9	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 14:31	31
94	D_6_028	M	Ad	455	23.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
95	D_6_029	M	Ad	420	21.9	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 15:42	34
96	D_6_030	F	Ad	420	22.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:22	2020/12/29 15:52	34
97	D_6_030	F	Ad	420	22.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 13:34	8
98	D_6_031	M	Ad	465	23.5	Shimo	S08	8.6 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 15:51	123
99	D_6_032	M	Ad	500	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
100	D_6_033	M	Ad	395	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 15:28	40
101	D_6_033	M	Ad	395	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/9 8:30	2021/1/9 11:32	27
102	D_6_034	F	Ad	470	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
103	D_6_035	F	Ad	440	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:39	2020/12/29 16:14	97
104	D_6_035	F	Ad	440	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 13:43	12
105	D_6_036	F	Ad	405	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:39	2020/12/29 16:46	80
106	D_6_037	F	Ad	390	21.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:47	2020/12/29 17:34	44
107	D_6_038	F	Ad	430	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:49	2020/12/29 16:08	94
108	D_6_038	F	Ad	430	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 12:00	2021/1/3 15:59	67
109	D_6_038	F	Ad	430	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 12:01	86
110	D_6_039	F	Ad	460	24.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/29 13:57	2020/12/29 16:05	20
111	D_6_039	F	Ad	460	24.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 14:57	28
112	D_6_039	F	Ad	460	24.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 8:30	2021/1/7 9:50	5
113	D_6_040	F	Ad	495	23.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
114	D_7_041	M	Ad	420	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/4 9:30	2021/1/4 16:36	94
115	D_7_042	F	Ad	455	21.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
116	D_7_043	M	Ad	465	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 8:00	2020/12/30 16:13	39
117	D_7_043	M	Ad	465	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 7:54	2021/1/5 16:22	127
118	D_7_043	M	Ad	465	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 8:59	2021/1/10 15:36	29
119	D_7_044	F	Ad	410	19.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 8:09	2020/12/30 16:10	31
120	D_7_044	F	Ad	410	19.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 7:40	2021/1/6 17:01	66
121	D_7_044	F	Ad	410	19.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 13:36	2021/1/10 15:02	69
122	D_7_045	M	Ad	510	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 8:20	2020/12/30 14:47	13
123	D_7_045	M	Ad	510	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/4 8:22	2021/1/4 15:55	94
124	D_7_045	M	Ad	510	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 17:35	2021/1/7 18:37	22
125	D_7_046	F	Ad	445	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 7:33	2020/12/30 10:23	8
126	D_7_046	F	Ad	445	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 18:47	79
127	D_7_046	F	Ad	445	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/9 16:28	2021/1/9 16:57	29
128	D_7_047	F	Ad	370	21.9	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 18:21	73
129	D_7_047	F	Ad	370	21.9	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 9:36	2021/1/6 16:20	56
130	D_7_048	M	Ad	460	21.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 14:00	2021/1/5 18:14	36
131	D_7_049	F	Ad	430	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
132	D_7_050	F	Ad	405	20.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 8:25	2020/12/30 10:39	4
133	D_7_050	F	Ad	405	20.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/5 10:43	2021/1/5 15:11	74
134	D_7_050	F	Ad	405	20.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 8:38	2021/1/6 13:50	30

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
135	D_8_051	F	Ad	475	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 9:20	2020/12/30 10:53	6
136	D_8_051	F	Ad	475	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 7:47	2021/1/10 8:33	19
137	D_8_052	F	Ad	590	21.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/4 10:25	2021/1/4 11:37	6
138	D_8_052	F	Ad	590	21.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 7:47	2021/1/10 8:31	30
139	D_8_053	F	Ad	550	22.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/01/10 07:47	2021/01/10 08:08	16
140	D_9_054	M	Ad	515	23.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 10:50	2020/12/30 12:28	17
141	D_9_054	M	Ad	515	23.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:04	40
142	D_9_054	M	Ad	515	23.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 12:10	22
143	D_9_055	M	Ad	465	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 11:04	2020/12/30 12:48	44
144	D_9_055	M	Ad	465	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:23	107
145	D_9_055	M	Ad	465	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 11:53	37
146	D_9_056	M	Ad	465	23.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 10:50	2020/12/30 12:27	12
147	D_9_056	M	Ad	465	23.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:38	44
148	D_9_057	M	Ad	535	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 11:08	2020/12/30 12:32	27
149	D_9_057	M	Ad	535	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:20	17
150	D_9_057	M	Ad	535	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 11:33	16
151	D_9_058	F	Ad	455	23.1	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 11:19	2020/12/30 12:30	62
152	D_9_058	F	Ad	455	23.1	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:20	22
153	D_9_058	F	Ad	455	23.1	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 11:52	47
154	D_9_059	M	Ad	480	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 11:27	2020/12/30 11:50	20
155	D_9_059	M	Ad	480	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:30	25
156	D_9_059	M	Ad	480	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 12:15	16
157	D_9_060	F	Ad	455	22.3	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
158	D_9_061	F	Ad	480	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 11:15	2020/12/30 12:26	7
159	D_9_061	F	Ad	480	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:05	19
160	D_9_061	F	Ad	480	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 11:59	15
161	D_9_062	F	Ad	485	23.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:24	68
162	D_9_063	M	Ad	465	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/3 10:00	2021/1/3 15:28	40
163	D_9_063	M	Ad	465	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 10:00	2021/1/7 12:05	11
164	D_10_064	F	Juv	360	22.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 14:40	2020/12/30 16:22	71
165	D_10_064	F	Juv	360	22.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:20	47
166	D_10_064	F	Juv	360	22.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 14:45	9
167	D_10_065	F	Juv	410	21.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:22	9
168	D_10_065	F	Juv	410	21.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 15:27	24
169	D_10_066	M	Ad	430	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:57	87
170	D_10_066	M	Ad	430	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 15:28	42
171	D_10_067	F	Ad	380	21.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
172	D_10_068	M	Ad	455	23.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 15:59	38
173	D_10_069	F	Ad	375	22.3	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 15:05	2020/12/30 16:48	84
174	D_10_069	F	Ad	375	22.3	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:21	47
175	D_10_069	F	Ad	375	22.3	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/9 16:10	2021/1/9 17:57	74
176	D_10_070	M	Ad	410	22.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 15:15	2020/12/30 16:34	8
177	D_10_070	M	Ad	410	22.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 15:51	49
178	D_10_070	M	Ad	410	22.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 15:28	29
179	D_10_071	F	Juv	400	21.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 15:01	2020/12/30 16:45	20

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
180	D_10_071	F	Juv	400	21.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:54	73
181	D_10_071	F	Juv	400	21.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 14:00	2021/1/10 15:22	34
182	D_10_072	M	Juv	415	22.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2020/12/30 15:09	2020/12/30 16:09	51
183	D_10_072	M	Juv	415	22.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/6 14:30	2021/1/6 16:48	46
184	D_10_073	M	Juv	365	22.3	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
185	D_11_074	M	Ad	475	22.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:54	20
186	D_11_075	M	Ad	440	22.9	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:13	4
187	D_11_076	M	Ad	435	23.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	—	—	—
188	D_11_077	M	Ad	454	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 17:26	48
189	D_11_077	M	Ad	454	22.5	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:38	85
190	D_11_078	F	Ad	398	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:16	13
191	D_11_078	F	Ad	398	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:11	6
192	D_11_079	M	Ad	477	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:46	53
193	D_11_079	M	Ad	477	21.7	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:14	31
194	D_11_080	F	Ad	371	21.1	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 15:48	1
195	D_11_081	M	Ad	475	23.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 17:31	26
196	D_11_082	M	Ad	475	23.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:17	4
197	D_11_082	M	Ad	435	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:50	10
198	D_11_083	F	Ad	450	21.4	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 11:32	14
199	D_11_084	M	Ad	485	22.8	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:00	2
200	D_11_085	M	Ad	430	23.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 15:58	11
201	D_11_086	F	Ad	400	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:30	39
202	D_11_087	M	Ad	460	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 17:04	26
203	D_11_088	M	Ad	480	24.0	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:24	17
204	D_11_089	M	Ad	525	22.2	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
205	D_11_090	M	Ad	450	22.5	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
206	D_11_091	M	Ad	435	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:37	86
207	D_11_091	M	Ad	435	22.6	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 11:46	15
208	D_11_092	M	Ad	485	22.6	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
209	D_11_093	M	Ad	455	23.1	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:23	4
210	D_11_094	M	Ad	510	23.1	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
211	D_11_095	F	Ad	450	21.8	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:19	17
212	D_11_095	F	Ad	450	21.8	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 11:34	30
213	D_11_096	F	Ad	405	22.9	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 15:06	5
214	D_11_096	F	Ad	405	22.9	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:24	22
215	D_11_097	F	Ad	440	22.4	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
216	D_11_098	M	Ad	440	22.9	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
217	D_11_099	M	Ad	475	21.6	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 15:18	5
218	D_11_100	M	Ad	465	23.3	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2020/12/30 18:18	2020/12/30 19:10	45
219	D_11_100	M	Ad	465	23.3	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/8 14:00	2021/1/8 16:11	3
220	D_11_100	M	Ad	465	23.3	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	2021/1/15 9:30	2021/1/15 12:22	5
221	D_12_101	F	Ad	450	22.1	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
222	D_12_102	F	Ad	475	21.6	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
223	D_12_103	M	Ad	450	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/7 6:30	2021/1/7 8:06	20
224	D_12_103	M	Ad	450	22.2	Shimo	S09	9.2 ± 0.3	2021/1/10 6:30	2021/1/10 9:18	76

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
225	D_12_104	F	Ad	410	21.9	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
226	D_12_105	F	Ad	420	21.8	Shimo	S10	10.2 ± 0.3	—	—	—
227	D_13_106	F	Ad	405	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:00	2021/1/9 9:59	238
228	D_13_106	F	Ad	405	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:59	2021/1/10 18:59	181
229	D_13_107	F	Ad	455	22.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 7:00	2021/1/9 16:21	308
230	D_13_107	F	Ad	455	22.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:59	2021/1/10 17:59	121
231	D_13_108	M	Ad	440	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:00	2021/1/9 10:00	238
232	D_13_108	M	Ad	440	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 15:00	2021/1/9 16:31	92
233	D_13_108	M	Ad	440	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 16:14	2021/1/10 18:59	165
234	D_13_109	M	Ad	480	22.8	HQXS	HQZN	2.0	—	—	—
235	D_13_110	F	Ad	490	23.4	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:02	2021/1/9 9:59	238
236	D_13_110	F	Ad	490	23.4	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 15:03	2021/1/9 16:49	107
237	D_13_110	F	Ad	490	23.4	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:48	2021/1/10 18:59	191
238	D_13_111	M	Ad	490	23.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:00	2021/1/9 9:59	236
239	D_13_111	M	Ad	490	23.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 15:00	2021/1/9 17:02	116
240	D_13_111	M	Ad	490	23.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:51	2021/1/10 18:59	188
241	D_13_112	M	Ad	435	22.4	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 14:00	2021/1/9 17:06	180
242	D_13_112	M	Ad	435	22.4	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 14:49	2021/1/10 18:59	248
243	D_13_113	M	Ad	510	25.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:02	2021/1/9 9:59	237
244	D_13_113	M	Ad	510	25.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 15:00	2021/1/9 17:08	129
245	D_13_113	M	Ad	510	25.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:50	2021/1/10 18:59	189
246	D_13_114	M	Ad	410	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 7:04	2021/1/9 9:59	176
247	D_13_114	M	Ad	410	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 14:06	2021/1/9 17:23	198
248	D_13_114	M	Ad	410	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 14:51	2021/1/10 18:59	248
249	D_13_115	F	Ad	520	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/9 6:03	2021/1/9 9:59	236
250	D_13_115	F	Ad	520	22.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/10 15:57	2021/1/10 18:59	182
251	D_5_126	F	Ad	495	23.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/21 7:07	2021/1/21 8:17	68
252	D_5_127	M	Ad	375	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/19 18:33	2021/1/19 18:59	27
253	D_5_127	M	Ad	375	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 7:03	2021/1/20 9:59	176
254	D_5_127	M	Ad	375	22.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 14:00	2021/1/20 16:31	152
255	D_5_128	M	Ad	410	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 7:03	2021/1/20 9:59	177
256	D_5_129	F	Ad	400	22.2	HQXS	HQZN	2.0	—	—	—
257	D_10_130	F	Ad	500	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:05	2021/1/20 9:59	235
258	D_10_130	F	Ad	500	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	128
259	D_10_130	F	Ad	500	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/21 6:01	2021/1/21 9:59	238
260	D_10_131	M	Ad	485	21.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:01	2021/1/20 9:59	236
261	D_10_131	M	Ad	485	21.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	128
262	D_10_131	M	Ad	485	21.5	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/21 6:00	2021/1/21 9:59	230
263	D_10_132	M	Ad	390	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:00	2021/1/20 9:59	239
264	D_10_132	M	Ad	390	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	128
265	D_10_132	M	Ad	390	23.1	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/21 6:01	2021/1/21 9:59	239
266	D_10_133	M	Ad	460	22.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:06	2021/1/20 9:59	225
267	D_10_133	M	Ad	460	22.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	127
268	D_10_133	M	Ad	460	22.2	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/21 6:16	2021/1/21 9:59	219
269	D_10_134	F	Ad	405	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:02	2021/1/20 9:59	236

## 续附录 1

序号 No.	个体编号 ID	性别 Sex	年龄 Age	体重 Mass(g)	翅长 Wing length (cm)	设备厂商 Equipment company	设备型号 Equipment type	设备重量 Equipment weight (g)	放飞时间 Release time	返回时间 Return time	GPS 位点数 GPS fixes
270	D_10_134	F	Ad	405	22.6	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	128
271	D_10_135	F	Ad	480	22.3	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 6:03	2021/1/20 9:59	237
272	D_10_135	F	Ad	480	22.3	HQXS	HQZN	2.0	2021/1/20 15:00	2021/1/20 17:07	128

“个体编号”格式含义: A (机场编号)\_1 (鸽户编号)\_001 (家鸽编号)。Ad. 成鸟; Juv. 幼鸟; M. 雄性; F. 雌性。“—”为无效数据, 一共完成 272 次卫星追踪放飞实验, 234 次获得有效数据。

“ID” is named as follows: A (airport code) \_1 (pigeon household code) \_001 (pigeon code). Ad. Adult; Juv. Juvenile; M. Male; F. Female. “—” is ineffective data. A total of 272 satellite tracking experiments were completed, and 234 effective data were obtained.

## 附录 2 机场家鸽活动轨迹和鸽户与机场距离信息表

## Appendix 2 Flight tracks of domestic pigeons and the distances between households and airports

机场编号 Airport code	鸽户编号 Household code	追踪家鸽数量 Number of tracked individuals (ind)	有效放飞次数 Number of effective flights	机场距离 Distance from airport (km)	飞行距离 Flight distance (km)	飞行覆盖 Percentage of overlap (%)
A	1	2	4	9.10	4.10	0
	2	1	1	8.00	0.77	0
B	3	3	2	1.70	0.38	0
	4	2	5	2.00	8.93	40
	5	3	7	0.51	0.58	29
C	6	2	12	3.60	0.51	0
	7	4	7	3.85	4.23	14
	8	4	5	4.88	5.16	20
	9	2	2	3.30	1.07	0
D	10	1	0	0.83	—	—
	11	1	0	1.30	—	—
	12	3	0	1.34	—	—
	13	3	4	1.68	0.54	0
	14	4	5	0.52	3.43	20
	15	7	8	0.59	0.38	0
	16	26	36	0.73	0.81	3
	17	10	19	0.38	0.13	0
	18	3	5	0.93	0.26	0
	19	10	23	1.15	0.16	0
20	16	35	0.63	1.93	14	
21	27	29	0.23	1.80	3	
22	5	2	0.17	0.04	0	
23	10	23	0.98	2.61	13	

“有效放飞次数”为具有有效追踪数据的放飞次数。“机场距离”为鸽户到机场的直线距离。“飞行距离”为单次放飞活动轨迹中的最大直线距离。“飞行覆盖”: 以家鸽飞行最大距离为半径, 覆盖机场的概率, 即“飞行距离”大于“机场距离”的放飞次数占“有效放飞次数”的百分比。“—”为无效数据, 不纳入统计。

“Number of effective flights” is the number of flights with effective tracking data. “Distance from airport” is the straight line distance from the pigeon household to the airport. “Flight distance” is the maximum straight line distance in the trajectory of a single flight. “Percentage of overlap”: the probability of covering the airport with the radius of the maximum distance flown by the domestic pigeon, that is, the percentage of the number of flights whose “flight distance” is greater than “airport distance” in the number of “effective flying times”. “—” is ineffective data and is not included in the statistics.