

青海湖鸟岛地区蜓科昆虫生态初探

彭楚尧 2021011962

摘要

本文对青海海北藏族自治州刚察县泉吉乡鸟岛地区的蜓科昆虫概况进行调研，在 9 天的观察中，观测到了峻蜓 *Aeshna juncea* 和琉璃蜓 *A. crenata* 两个物种。笔者结合影像资料对鸟岛周边的峻蜓胸部色型进行了分类整理和统计，通过与国内外类似生境中的峻蜓进行色型组成对比，验证了峻蜓的系统发生生物地理学组成。同时，对峻蜓和琉璃蜓的飞行行为进行了观察与分析，对其利用日照加热的行为与其他蜓科昆虫进行了对比。对于青海湖国家级自然保护区内的蜓科昆虫，目前仍存在许多未解决的问题，应当进一步予以研究。

关键词：青海湖，蜓科，生物地理学，地理表型，动物行为学，体温调控

1.引言

蜓科 Aeshnidae 是全北界温带大陆性气候带内占优势的差翅亚目昆虫类群。其中，尤以蜓亚科 Aeshninae 的蜓族-伟蜓族（Aeshnini 和 Anactini）演化支在本气候带内最为多样。依据《中国蜻蜓大图鉴》¹及其他资料，我国的蜓族和伟蜓族成员共计 3 属 19 种，其中温带大陆性气候带内具有 2 属 9 种（即蜓属 *Aeshna* 和伟蜓属 *Anax*，成员见表 1）。

表 1.我国记录或疑似记录于温带大陆性气候带内的蜓科成员

属名	中文名	学名	分布
伟蜓属 <i>Anax</i>	碧伟蜓	<i>Anax parthenope</i>	广布，迁飞
	帝伟蜓	<i>Anax julius</i> ²	气候带边缘分布，我国东部地区广布
	鞍伟蜓	<i>Anax ephippiger</i>	我国有疑似记录
蜓属 <i>Aeshna</i>	硕斑蜓	<i>“Aeshna”³affinis</i>	地区性普遍
	曾根原蜓	<i>“Aeshna” soneharai</i>	广布，东北地区同样广布
	混合蜓	<i>“Aeshna” mixta</i>	广布
	峻蜓	<i>Aeshna juncea</i>	广布
	极北蜓	<i>Aeshna subarctica</i>	广布
	琉璃蜓	<i>Aeshna crenata</i>	广布

应当指出，我国境内的温带大陆性气候区域蜓科昆虫观察与记录多集中在新疆维吾尔自治区与东北地区，而对于青海省，特别是青海湖国家公园内的蜓科昆虫则未有记录。青海湖周边地区虽接近温带大陆性气候带，但由于海拔较高，属于较典型的高原山地气候。

¹ 张浩淼. 中国蜻蜓生态大图鉴[M]. 重庆：重庆大学出版社，2019.
² 本种原系碧伟蜓的亚种，因形态学，行为学和线粒体基因组均差距较大，这里单独列出
³ 一些观点认为硕斑蜓，曾根原蜓和混合蜓不应属于蜓属，目前尚存争议，可见 Ellenrieder, Natalia Von. “A phylogenetic analysis of the extant Aeshnidae (Odonata: Anisoptera).” Systematic Entomology 27 (2002): 437-467.

目前，对于以温带大陆性气候带为主要分布地区的蜓科昆虫在高原山地气候条件下的适应性尚未有较完全的研究。

本文将通过对以往文献资料的收集和于青海湖地区的实地考察对青海湖周边，特别是海北藏族自治州刚察县泉吉乡的蜓科昆虫概况进行梳理，并讨论其栖息地选择，形态学，行为学等，以此为基础对后续研究的开展和青海湖国家公园的建设工作提出一定指导和建议。

2. 材料与方法

来自青海湖国家公园的数据绝大部分来自 2023 年 8 月 3 日至 11 日清华大学青海湖鸟岛实践支队于海北藏族自治州刚察县泉吉乡向公村的观察结果。其余数据则取自自然观察网站爱自然（网址：<https://www.inaturalist.org>）中研究级别的记录。全部数据均经过查验，以确保野外鉴定的准确性。

对于来自青海湖国家公园的数据，在记录时间与地点之外，作者使用数字式温度计和光照度计在观察记录的同时对气温与光照度进行测量，并以望远镜观测的方式记录个体的行为并记录（如在灌丛上方巡飞，背向太阳方向停栖等），使用照相机记录其外部形态并加以判别物种。同时，也对其余的蜻蜓目昆虫做观察记录。

3. 结果

来自青海湖国家公园的数据记录如下。

8 月 4 日

08:30，向公村，晴，气温 9.9℃，照度 $6.6 \times 10^4 \text{lux}$ ，未观测到蜓科昆虫活动。

10:00，青海湖断崖，晴，气温 12.6℃，照度 $9.5 \times 10^4 \text{lux}$ ，未观测到蜓科昆虫活动。

12:00，向公村南湿地，晴，气温 19.3℃，照度 $1.65 \times 10^5 \text{lux}$ ，未观测到蜓科昆虫活动。心斑绿蟊 *Enallagma cyathigerum* 为该湿地的绝对优势种，观测到 50 只以上的个体，包含至少 6 组雌雄串联飞行对，雄性倾向于将雌性带离水体进入湿地附近的垂穗披碱草草甸后进行后续交配。2022 年支队在该湿地观测到桨尾丝蟊 *Lestes sponsa*，硕斑蜓 *Aeshna affinis* 和黑赤蜻 *Sympetrum danae* 等另三种蜻蜓目昆虫，但本年的多次搜索未发现以上物种存在。

13:15，鸟岛管理局内，晴，气温 20.9℃，照度 $2.08 \times 10^5 \text{lux}$ ，观测到 3 只雌性峻蜓 *Aeshna juncea* 在云杉树冠周围进行巡飞。巡飞较为飘忽不定，并伴以搜寻停栖点的行为。

14:03，鸟岛管理局内，多云，气温 21.4℃，照度 $1.40 \times 10^5 \text{lux}$ ，1 只雄性峻蜓 *Aeshna juncea* 在管理局内北侧的矮灌丛上方低空间歇性巡飞捕食。巡飞捕食持续到 14:15，期间有另 2 只雄性峻蜓在鸟岛管理局内篮球场上空巡飞。在 14:45，观测到雄性峻蜓短暂继续在篮球场上空进行巡飞捕食。

16:13，鸟岛管理局内，多云，气温 18.5℃，照度 $4.27 \times 10^4 \text{lux}$ ，1 只雄性峻蜓在管理局内云杉树冠周围间歇性巡飞。在 16:37 巡飞停止，此时气温 18.2℃，照度 $3.0 \times 10^4 \text{lux}$ 。

19:00，天峻县政府，多云，16.0℃，照度 $1.46 \times 10^4 \text{lux}$ ，未观测到蜓科昆虫活动。

8 月 5 日

08:56, 升格样点, 多云, 气温 12.4°C, 照度 $1.26 \times 10^4 \text{lux}$, 10:03 离开升格样点, 气温 12.8°C, 照度 $2.02 \times 10^4 \text{lux}$ 未观测到蜉科昆虫活动。在快尔玛样点和吉尔孟样点同样未观测到蜉科昆虫活动。

8月6日

09:53, 样点 15, 多云, 气温 12°C, 照度 $2.02 \times 10^4 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

11:28 向公村南湿地, 气温 16.7°C, 照度 $5.18 \times 10^4 \text{lux}$, 仅观测到心斑绿螳集群, 未观测到蜉科昆虫活动。

13:04, 石乃亥镇 3185m, 晴, 气温 18.2°C, 照度 $1.44 \times 10^5 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

13:50 泉湾湿地, 晴, 气温 16.3°C, 照度 $1.47 \times 10^5 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

15:10 青海湖最美免费湟鱼观景台, 晴, 气温 15.8°C, 照度 $1.04 \times 10^5 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

16:11, 黑马河湿地样点, 晴, 照度 $1.48 \times 10^5 \text{lux}$, 气温 21.9°C, 观察到心斑绿螳和矛斑螳, 未观测到蜉科昆虫活动。

17:50, 黑马河正去乎村样点, 多云, 气温 16.7°C, 照度 $4.78 \times 10^4 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

19:36 石乃亥镇, 多云, 气温 13.5°C, 照度 $5.1 \times 10^3 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

8月7日

09:47, 哈达滩 37.1202 99.7291, 晴, 气温 18.8°C, 照度 $1.52 \times 10^5 \text{lux}$, 未观测到蜉科昆虫活动。

12:30, 鸟岛管理局内, 晴, 气温 20.1°C, 照度 1.94×10^5 , 1 只雌性竣蜉在管理局南侧林木上空飞行。

14:28, 哈达沟 36.8489 99.6508, 气温 18.9 摄氏度, 照度 $1.47 \times 10^5 \text{lux}$, 观察到 2 只疑似月纹角臀大蜉 *Neallogaster luniferus* 沿哈达沟溪流巡飞, 截至 16:39 离开哈达沟, 未观测到蜉科昆虫活动。

8月8日

14:10, 鸟岛管理局内, 晴, 气温 23.9°C, 照度 $1.8 \times 10^5 \text{lux}$, 观察到大量竣蜉雌性和雄性的混合飞行, 其中包含一次停栖的雄性对巡飞雌性的交配尝试, 雌性在拒绝后进入树冠层进行停栖。

雌性竣蜉绝大多数情况下偏好云杉林中高度在 2m 以上且处于向阳面的短枝进行停栖。

19:05, 向公村南湿地, 晴天, 气温 16.8°C, 照度 $9.5 \times 10^3 \text{lux}$, 观测到 1 只雄性竣蜉在湿地静水上空短暂飞行, 随后返回管理局云杉林内休息。

8月9日

12:54, 鸟岛管理局内, 多云, 气温 19.4°C, 照度 $4.57 \times 10^4 \text{lux}$, 观测到 1 只雄性峻蜓于管理局内灌丛上空持续飞行。

13:07, 晴, 照度 $1.94 \times 10^5 \text{lux}$, 峻蜓 3 雄性 1 雌性进行间歇性的巡飞。

13:11, 气温上升至 23.1°C, 观察到进入树梢停栖的峻蜓雄性个体两次起飞对周围巡飞的其他雄性进行袭扰。

8 月 10 日

13:14, 鸟岛管理局内, 阴, 气温 19.3°C, 照度 $2.9 \times 10^4 \text{lux}$ 。观测到 2 只雄性峻蜓进行高度较低的快速飞行。约 30 分钟后, 天气晴, 照度 $6-10 \times 10^4 \text{lux}$, 大量雄性和雌性峻蜓加入捕食群, 出现两次停栖的雄性个体起飞伏击巡飞雄性的行为。在低飞的捕食群中, 观测到一只性成熟的琉璃蜓 *Aeshna crenata*。琉璃蜓的行为学与峻蜓在绝大多数方面无显著差异, 两者均以伴有间歇停栖的快速低空飞行为主要活动方式。观察到峻蜓和琉璃蜓均有于云杉树枝上停栖的行为。14:14, 一只雄性峻蜓从树梢起飞向雌性发起求偶, 短暂悬停后二者成功交配。

8 月 12 日

16:48, 鸟岛管理局内, 晴, 气温 19.4°C, 照度 $1.23 \times 10^5 \text{lux}$, 未观测到蜓科昆虫活动。

图 1-图 3 示间歇停栖的峻蜓雌性, 雄性和琉璃蜓雄性。



图 1.雌性峻蜓 *Aeshna juncea*, 侧背向日光方向, 有部分被树影遮挡。



图 2.雄性峻蜓 *Aeshna juncea*, 背向日光方向。



图 3.雄性琉璃蜓 *Aeshna crenata*, 背向日光方向

4.讨论

4.1. 峻蜓的色型分析

峻蜓 *Aeshna juncea* 是一个全北界分布的物种。其分布广泛，地理型繁多。历史上，许多学者曾经对某个区域的峻蜓个体进行分析后予以发表新物种或新亚种（如表 2

1)。其主要依据是躯体斑纹，特别是体侧斑纹的不同模式。近年来，一些研究认为
竣蜓的体侧斑纹差异并不足以作为亚种的划分依据，因为体侧斑纹的模式并不直接随地域
而发生渐变或突变式改变，相反，不同体侧斑纹模式的比例会在相当广的地域范围之内发
生渐变²。据此，笔者对观察到的 20 只竣蜓体侧斑纹模式进行分析。得到的结果如图 4。

表 2.竣蜓 *Aeshna juncea* 的异名

学名	命名人及时间	中文名
<i>Libellula ocellata</i>	Müller, 1767	“眼斑蜻”
<i>Aeshna picta</i>	Charpentier, 1840	“斑蜓”
<i>Aeshna rustica</i>	Zetterstedt, 1840	“锈色蜓”
<i>Aeshna picta caucasica</i>	Kolenati, 1846	“斑蜓高加索亚种”
<i>Aeshna crenatoides</i>	Bartenev, 1925	“拟琉璃蜓”
<i>Aeshna juncea angustistyla</i>	Oguma, 1926	“竣蜓狭茎亚种”
<i>Aeshna brachystigma</i>	Sjöstedt, 1927	“短痣蜓”
<i>Aeshna juncea americana</i>	Bartenev, 1929	“竣蜓美洲亚种”
<i>Aeshna juncea mongolica</i>	Bartenev, 1929	“竣蜓蒙古亚种”
<i>Aeshna juncea orientalis</i>	Bartenev, 1929	“竣蜓东方亚种”
<i>Aeshna undulata</i>	Bartenev, 1930	“波纹蜓”
<i>Aeshna lapponica</i>	Valle, 1940	“拉普蜓”
<i>Aeshna baicalensis</i>	Belyshev, 1964	“贝加尔蜓”

竣蜓的体侧斑纹多样性中，躯干中胸的前侧纹有着尤为明显的地理差异。在欧洲所产
的竣蜓个体中，全部个体都具有前侧纹前缘的折角（与图 4 中个体 3，7，12 和 19 类似）。
其中约 20%的个体存在形似个体 12 的前缘斑纹凹陷现象。俄罗斯车里雅宾斯克所产的个体
基本同上述，但总体而言前侧纹的形态逐渐向个体 13，个体 16 等较为光滑的形态转变。

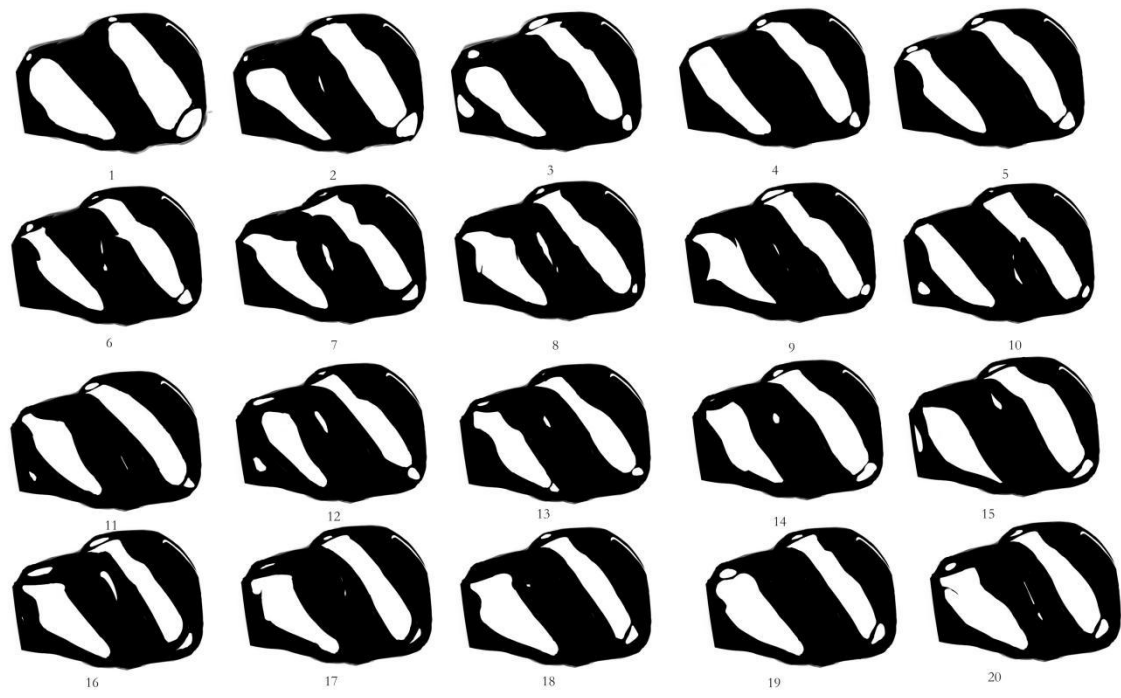


图 4.青海湖国家公园地区的竣蜓体侧斑纹形态多样性

在俄罗斯中部库尔干所产的竣蜓个体中，尽管大多数个体的前缘具有较显著的折角，
仍有约 28%的个体出现了如个体 17 等所表现的完全光滑前侧纹前缘。在青海刚查，20 只

¹ John Deitsch, Patrick O’Grady. “Catalog of Odonata Material in the Cornell University Insect Collection.”
² Belevich, Olga; Yurchenko, Yuri. “Variability of *Aeshna juncea* Linnaeus, 1758 and taxonomic status of *Ae. undulata* Bartenev, 1930 (Odonata, Aeschnidae)”, Euroasian entomology journal.9(1)(2010): 13 – 18.

样本中有 7 只出现了此性状，这一比例约为 35%（1, 5, 11, 14, 17, 18, 20）。而在我国东北部地区和日本，完全光滑前侧纹前缘的占比可达 70%以上。

这种趋势一直延续到北美。在北美洲的竣蜓中，约 85%的个体为前侧纹前缘光滑或近光滑，进一步地，在北美的光滑前缘斑型中，全部个体的前侧纹上端都出现了形似个体 11 而更甚的淡缩。而在欧亚大陆绝大多数区域占据主导的前缘折角斑型则仅在加拿大和美国北部的一些局部地区有一定分布，占比绝大多数情况下小于种群的 15%。

通过以上数据收集和分析，可以发现竣蜓胸部的斑纹形态组成大致可以分为两个主要的区划，其一位于欧亚大陆中部和西部，以前缘折角的前侧纹占比较高为主要特征，另一则位于欧亚大陆东侧和北美，以前缘光滑的前侧纹占比较高为主要特征。这与近年来关于竣蜓的系统发生生物地理学研究关于竣蜓的单倍型组成做出的假设是相符的¹，即两个主要单倍群的分界线并不是旧大陆与新大陆，而是位于蒙古和我国西部地区一线。可以认为，青海湖地区良好的自然环境是对这一竣蜓的基因多样性热点地区开展研究的重要基础。

4. 2. 蜓科昆虫对高海拔环境的适应

在本次调研过程中，接触到的绝大多数竣蜓 *Aeshna juncea* 个体均属于生活史中羽化至性成熟之间的阶段。其代表特征为缺乏金属光泽的复眼和褐色的体斑。而观察到的琉璃蜓 *Aeshna crenata* 则是一个复眼具有明显光泽，体色蓝绿，翅后缘已出现明显磨损的老熟个体。即便如此，生活史阶段迥异的两个物种展现了很高的行为相似性。

观察到的两种蜓科昆虫行为区别于低海拔地区最显著的特征是对林地的依赖性和与水域的脱绑。在向公村南和蛋岛等湿地的周围，极少见蜓科昆虫的成体，而绝大多数的蜓科昆虫均聚集在管理局院内的云杉等乔木周围。2022 年的观察中，向公村南，黑马河和沙岛东湿地出现的蜓科成虫也远少于赤蜻，丝螳等其他蜻蜓目昆虫，而较多见于管理局内林地和鸬鹚岛山坡草甸等生境中。

树木和灌丛是蜓科昆虫的重要栖息场所。悬挂于树枝上，背部朝向太阳方向是一种较为有效的体温调控方式，这在青海湖地区较低的年均气温下显得尤为重要。在古北界分布的诸多蜓属昆虫中，主要分布于温带的竣蜓和琉璃蜓的耐寒性并不突出，其成虫在平原地区的活动温度下限均约在 16-18°C²，作为对比，同属于广义蜓属的混合蜓 *A. mixta* 和钴蜓 *A. caerulea* 分别能耐受 12°C 和 9°C 的低温，竣蜓的姊妹物种，主要分布于寒温带和寒带地区的极北蜓 *A. subarctica* 也能在 14°C 下正常飞行。对于竣蜓和琉璃蜓而言，高效利用高原的强太阳辐射而不依靠自身振翅产生的热量使体温保持在适宜的水平是提升日活动时间，增强取食和繁殖能力的重要手段。而悬挂停栖于树枝上正是良好的利用太阳辐射的方式。

¹ Kohli M, Djernæs M, Sanchez Herrera M, Sahlen G, Pilgrim E, Simonsen TJ, Olsen K, Ware J. Comparative phylogeography uncovers evolutionary past of Holarctic dragonflies. PeerJ. 2021 Jun 24;9:e11338. doi: 10.7717/peerj.11338. PMID: 34221703; PMCID: PMC8236228.

² Sternberg, K. Adaption of *Aeshna caerulea* to the severe climate of its Environment (Anisoptera: Aeshnidae). 1997. Odonatologica 26(4): 439-449

应当指出，这种停栖行为并不是和峻蜓的未性成熟状态相偶联的，相反，成熟的琉璃蜓在晴天飞行捕食的过程中也进行了间歇性的停栖。然而，这种晴天下以体温调控为目的的间歇停栖应当与时间，温度和光照条件处在昆虫蛰伏与活动阈值附近时的间歇性飞行相区分，后者如 8 月 4 日 16:13 所述的情况。

表 3.其他蜓科昆虫利用日照调控体温的案例

物种	行为
钴蜓 <i>Aeshna caerulea</i>	在寒冷天气下水平停栖于枯木或岩石上，翅下压以吸收基质表面热量，可改变体色深浅
锡特卡蜓 <i>Aeshna sitchensis</i>	与钴蜓相似
混合蜓 <i>Aeshna mixta</i>	在寒冷天气下悬挂于水边低矮植被或水平停栖于基质上接受日照
曾根原蜓 <i>Aeshna soneharai</i>	与混合蜓相似
极北蜓 <i>Aeshna subarctica</i>	在寒冷天气的清晨水平停栖于公路表面吸收热量
峻伟蜓 <i>Anax junius</i>	在寒冷天气的清晨飞行至向阳处吸收热量，辅助以振翅加热
皇伟蜓 <i>Anax imperator</i>	天气炎热时在树荫下滑翔散热

在蜓科昆虫中，依靠日照进行体温调控的现象是相对稀有的。目前已知其他会利用日照调控体温的案例如表 3¹。在鸟岛管理局的记录刷新了峻蜓和琉璃蜓的分布海拔高度记录（3204m）。同时，也展示了两个物种与高海拔环境相适应的独特行为。

5. 展望与致谢

在 2022 年的观察记录中，广泛存在的黑赤蜻和紫尾丝蟌今年均为有观察到活体。而混合蜓和硕斑蜓同样并未出现在向公村南湿地周围和鸬鹚岛草甸。可见，对于青海湖地区不同蜻蜓目昆虫种群动态变化亟需探究。

限于调研时间，笔者并未对峻蜓和琉璃蜓的个体部署任何体温测量手段，对两个物种乃至其他全北界大陆性蜓属昆虫体温调控策略的详细研究可能是未来的主要研究方向。

在哈达沟观测到的两只角臀大蜓属物种暂时被推定为月纹角臀大蜓 *Neallogaster luniferus*，但本种在国内已知仅分布于横断山，大巴山和秦岭地区，故哈达沟的记录存在较大为新物种或国内新记录种的可能，尚需进一步观测。

感谢管理局的各位领导老师为笔者提供的无私帮助和专业指导。

感谢新泽西州立大学 Manpreet Kohli 博士，莫斯科动物园 Vladimir Onishko 先生，四川大学于昕老师等众多生物学工作者的友好交流讨论。

感谢清华大学鸟岛支队每位成员的努力。

参考文献

1.Belevich,O.A key to Palaearctic dragonflies of the genus Aeschna Fabricius, 1775 (Odonata, Aeschnidae).2009.Entomological Review 89(2):185-188.

¹ May, M.L. Thermoregulation of dragonflies,Revisited.1991.Adv. Odonatol. 5 : 71-88