

第十二届全国大学生机械创新设计大赛高性能仿生蝴蝶比赛手册

全国大学生机械创新设计大赛组委会

第十二届全国大学生机械创新设计大赛的内容中，继续设立高性能仿生蝴蝶项目和飞行比赛环节，为统一比赛要求和规则，制定本比赛手册，用于指导和规范比赛过程、统一评分标准和裁判尺度，贯彻公平、公正、公开的办赛方针。

1 高性能仿生蝴蝶设计总体要求

仿生蝴蝶作品须有明确的蝴蝶外形，即仿生蝴蝶有类似真蝴蝶的身体部分（包括头、眼、触须，胸、腹）、4个连接在胸部且独立的翅膀和6只足等。仿生蝴蝶的设计须同时满足下列5点要求：（1）起飞前在起飞台上要能模仿蝴蝶实现四翅并拢竖立动作，随后实现左右翅膀同时下摆动，左右翅膀上下摆角度 $\geq 90^\circ$ ；（2）实现仿生蝴蝶的飞行能力包括静态起飞、沿跑道飞行和调头飞行能力；（3）无论在静态或飞行中，仿生蝴蝶任意方向的尺寸均不超过0.4m；（4）使用电池作为原始能源，电池电压不超过24V；（5）作品总质量不超过2kg。仿生蝴蝶的现场比赛考察其起飞能力、飞行能力和飞行中调头能力，比赛时间2分钟。

仿生蝴蝶的运动控制允许采取无线遥控或自主控制方式。

2 仿生蝴蝶飞行运动比赛场地

仿生蝴蝶飞行运动比赛场地在室内搭建，如图1所示。场地由上、下两个10m×3m的飞行跑道区和左、右两个6m×3m的调头区组成。在两个飞行跑道区中间有一条长10m、宽0.02m的中线，中线两端分别有垂直于中线的长6m、宽0.02m的端线，端线的中点与中线相交。端线与中线的交点有直径0.02—0.03m、高3m的标志杆。仿生蝴蝶起飞区位于图1右边调头区上部2m×2m的区域内。场地周围有外廓线，场地的空间高度为3米。比赛时在场地四周可设立围挡线、参赛队员等候区等，以免造成人员伤害和保证比赛正常进行。

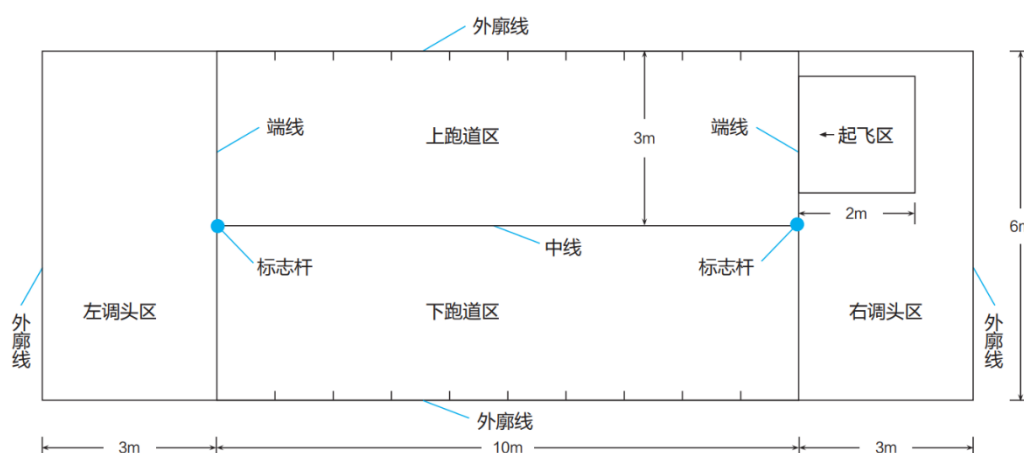


图1 仿生蝴蝶飞行比赛场地

仿生蝴蝶飞行比赛须从起飞区静态起飞，先进入上跑道区，整体按逆时针方向飞行。飞行距离按在跑道区飞行的长度计算；飞行中的调头，以飞出前进方向跑道端线进入调头区，再逆时针转向越过另一跑道区前端线为实现一次调头运动。

3 赛前检查与比赛场次抽签

3.1 仿生蝴蝶的赛前检查

赛前检查共 4 项内容：飞行方式和翅膀规定动作检查、尺寸检查、质量（重量）检查和电池电压检查。

仿生蝴蝶飞行方式和翅膀规定动作检查：展示飞行过程，检查是否为蝴蝶振翅飞行方式，采用非蝴蝶飞行方式的不符合要求，不许参赛；检查仿生蝴蝶是否预先存储了有助飞行的压缩气体等其他能源，有预先储能的不许参赛；模仿蝴蝶实现四翅并拢竖立动作，随后实现左右翅膀同时下摆动动作，左右翅膀上下摆角度 $\geq 90^\circ$ ，不能实现该动作和下摆角要求的不能参赛。

仿生蝴蝶尺寸检查：飞行中任意方向最大尺寸须在 0.4m 以内；超过尺寸，不许参赛。

仿生蝴蝶质量检查：在电子秤上称量仿生蝴蝶的整体重量，重量须不超过 2kg；超过限定重量，不许参赛。

仿生蝴蝶电池电压检查：使用万用表等测量工具，量取电池开路电压，量取值不超过 24V+1V；超过限定电压的，不许参赛。

仿生蝴蝶的赛前检查在比赛前一天安排的时间内进行，由检查裁判员完成。检查结果填入附件 1 仿生蝴蝶赛前检查结果记录表；对检查合格的参赛作品进行封存。

3.2 参赛队比赛场次抽签

在全部参赛作品完成赛前检查后，对合格作品进行仿生蝴蝶参赛队比赛场次抽签工作。

4 比赛过程及组织

仿生蝴蝶飞行比赛得分为比赛时间 2 分钟内，在跑道上飞行得分和调头得分相加。每个参赛队有两次飞行的机会，**最终成绩**：取分数高的一次的分值。

仿生蝴蝶采取在高 1.5m、顶部为 10cm×10cm 的水平光滑木质平台上静态起飞方式；

仿生蝴蝶飞行比赛有 30 秒准备时间，允许有一位参赛队员进入起飞区场地，摆放仿生蝴蝶，并由操作队员完成设计要求（1）所列动作。仿生蝴蝶起飞前任何部位不得超过端线进入跑道区域，如有超过端线的，第一次警告，第二次取消本次飞行比赛资格。

仿生蝴蝶飞行准备时间结束后，裁判员发出“起飞”指令，计时开始，同时操作仿生蝴蝶飞行的队员启动仿生蝴蝶飞行，不许抢跑飞行；在比赛中，遥控操作仿生蝴蝶飞行的队员，只可在场地边界线外走动，但不许干扰裁判员工作，否则视为犯规，取消本次比赛资格。

仿生蝴蝶起飞后，须按逆时针方向在跑道区和调头区内循环飞行。如仿生蝴蝶飞行落地或全部飞出跑道区，则本次飞行比赛结束，由巡边裁判员判定飞出去的最后位置，放置标记

物，作为飞行距离的测量点。完成一个跑道区飞行的按 10m 计入飞行距离，进入调头区后，在调头区内的飞行路径不计入飞行距离；完成一次飞出跑道区端线和转弯进入另一跑道区端线（均以仿生蝴蝶飞行最前端为准）计入一次调头。如调头未按飞行要求飞出了调头区外边界，或飞回刚刚飞出的跑道区，判为调头失败，本次飞行比赛结束。在跑道区折返不算调头。

在 2 分钟比赛时间结束倒数 5 秒开始时，巡边裁判员要跟随仿生蝴蝶飞行位置紧靠边界线移动。时间到时，巡边裁判员判断仿生蝴蝶飞行位置测量点，放置标记物。

裁判员根据仿生蝴蝶起飞方式、飞过跑道的次数和调头次数以及比赛结束时在跑道区的飞行距离，计算飞行比赛分，记录在附件 2 仿生蝴蝶比赛成绩记录表中。

仿生蝴蝶飞行比赛按赛前抽签确定的出场顺序分场比赛，每场检录 2 个参赛队，领取参赛作品，进场排队比赛。按每场比赛顺序依次完成 2 个参赛队的第一轮次飞行和第二轮次飞行。每场比赛完成后，每个参赛队的比赛成绩记录表，需经过裁判组长和上场参赛队员共同签字确认。该场比赛完成后，进行下一场。依此类推直至全部比赛完成。

5 裁判组工作和裁判规则

根据仿生蝴蝶飞行比赛报名参赛队数确定比赛场地数量。

每个比赛场地设立一个裁判组，设裁判组长 1 名、裁判员 4 名、工作人员 2 名。

裁判组长负责组织比赛：确定队员身份、记录比赛成绩，监督学生参赛队员签字并自己签字；在比赛中观察仿生蝴蝶是否全部越过中线，在全部越过时可举旗示意。

裁判员 1 负责检查仿生蝴蝶起飞前位置是否越界，并依次发出口令：①进入场地、30 秒准备计时开始；②准备时间到，请展示设计要求（1）规定动作；学生操作手完成规定动作后，检查仿生蝴蝶位置未越界，则发出：③起飞；在比赛过程中，要观察仿生蝴蝶在右调头区是否全部出界，如出界示意结束比赛；④比赛结束，测量距离。

裁判员 2 负责计时（有条件赛区可采用电子屏显示时间）和距离测量：用秒表或投屏显示 30 秒，2 分钟，两次计时均在剩 5 秒时报出：5、4、3、2、1、时间到；用卷尺或激光测距仪完成距离测量工作。

裁判员 3 为巡边裁判员，负责上跑道区外廓线的监视和跟随飞行移动：观察仿生蝴蝶飞行是否出界，在出现全部飞出跑道边界时，判定飞出位置点，放置标记物；2 分钟比赛结束前 5 秒时，跟随在上跑道区飞行蝴蝶，比赛时间到时，判定仿生蝴蝶飞行的位置点，放置标记物；协助裁判员 2 完成上跑道区距离测量工作。

裁判员 4 为巡边裁判员，负责左调头区外廓线和下跑道区外廓线监视和跟随飞行移动：观察仿生蝴蝶飞行是否全部出界，在出现全部飞出跑道边界时，判定飞出位置点，放置标记物；2 分钟比赛结束前 5 秒时，跟随在下跑道区飞行蝴蝶，判断仿生蝴蝶飞行位置点，放置标记物；协助裁判员 2 完成下跑道区距离测量工作。

工作人员 1 按比赛分组名单完成参赛队依次进场核对，守住赛场入口。

工作人员 2 的工作：接待每场 2 队学生进入比赛准备区；协助参赛队在比赛完后离开比赛场地，进入等候区或退场。

每场 2 轮次比赛完成后，学生可拿走参赛作品。

全部比赛完成后，裁判组长将比赛成绩记录表当面交给统分组取表员。

6 成绩计算和认定

6.1 比赛分（占 60%）

仿生蝴蝶飞行比赛得分 = 飞行距离（单位：m）×1 分/m + 调头次数×2 分/次

6.2 仿生蝴蝶设计评审得分（占 40%）

仿生设计评审由专门的评审组负责，在全部满足 5 个设计要求的情况下，设计评审观测点有以下 5 个方面：

- （1）结构合理性和性能分析
- （2）创新性
- （3）设计图纸（含效果图）质量
- （4）智能、数字和 5G 技术的应用
- （5）答辩与质疑

仿生机械设计评审采取分组答辩方式进行，学生汇报作品设计、分析、制作等过程，评审专家审核设计说明书、设计图纸、外观设计效果图，进行问辩，对作品的设计进行评分。

6.3 高性能仿生蝴蝶参赛队竞赛成绩

高性能仿生蝴蝶运动性能比赛和仿生设计评审环节中获得的分数是原始分，高性能仿生蝴蝶飞行比赛得分用 A_1 表示，仿生设计评审分用 A_2 表示。 A_1 其中的分数上不封顶， A_2 的分数最高 100 分，是评审组专家打分的平均值。

i 参赛队竞赛成绩 B_i 是 A_{i1} 和 A_{i2} 这两个分数的加权平均分，计算公式为：

$$B_i = (A_{i1}/A_{1\max}) \times 60 + (A_{i2}/A_{2\max}) \times 40$$

其中：

A_{i1} 是 i 参赛队仿生蝴蝶飞行比赛得分；

A_{i2} 是 i 参赛队仿生设计评审分；

$A_{1\max}$ 是本赛区（全国决赛）所有参赛队中高性能仿生蝴蝶飞行比赛得分的最高值；

$A_{2\max}$ 是本赛区（全国决赛）所有参赛队中高性能仿生蝴蝶设计评审分的最高值。

最终参赛队获奖名次按成绩 B_i 降序排序，获奖等级按赛区（全国决赛）比赛各等级获奖比例确定。

7 高性能仿生蝴蝶的设计说明书、图纸要求

1) 完整的设计说明书。其中应该包括仿生蝴蝶的选型，作品的机构设计、结构设计，作品的运动与动力学性能分析，列出详细的设计、分析过程和结果等；

2) 主要设计图纸（包括纸质、PDF 电子文档）。其中主要设计图纸包括（A0 或 A1）总装配图、部件装配图和 4 张以上重要零件图。设计图纸要求正确、规范；

3) 作品外观设计的效果图（包括纸质、PDF 电子文档）。纸质效果图用 A4 纸彩色打印。

8 安全和其他事项

1) 比赛规则如有修改更新,组委会将在赛事官方网站上发布,以比赛开始前最新发布版本为准;

2) 比赛场地及设施尺寸的允许误差为 $\pm 2\%$;

3) 本手册所涉及场地、设施的尺寸、图纸全部公开,参赛队可自行参考制作;

4) 在作品设计制作和调试中,特别注意保持安全距离,并做好安全预案,防止出现对人、物、设备的损伤,特别防止出现触电、火灾事故;

5) 比赛中,裁判组长有权根据本手册制定的基本精神,对规则中未规定的任何行为做出裁决。若对比赛结果有申诉、投诉,参赛队应在该队比赛结束后的 30 分钟之内以书面和实名方式向仲裁委员会提出。在有争议的情况下,仲裁委员会的裁决是最终裁决;建议设置录像设施,为仲裁提供判定依据。

6) 各赛区可根据本《第十二届大赛高性能仿生蝴蝶比赛手册》细化制定各赛区的“竞赛细则”;

7) 比赛手册中规则的最终解释权归全国大学生机械创新设计大赛组委会所有。

2025 年 3 月 20 日

9 附件 (见下页)

附件 1 仿生蝴蝶赛前检查结果记录表

仿生蝴蝶赛前检查结果记录表

赛区名称：_____ 检查时间：_____年 ___月___日

参赛 队号	参赛作品名 称	学校	飞行方式 和翅膀规 定动作	尺寸 /m	重（质） 量 /kg	电池电 压 /V	检查结论 （合格）
Hd1							
Hd2							
Hd3							
Hd4							
Hd5							
Hd6							
Hd7							
Hd8							
Hd9							
Hd10							
Hd11							

检查裁判员签字：_____

填表说明：

- 1) 检查记录中第 1 项检查“飞行方式和翅膀规定动作”如符合蝴蝶飞行方式和可实现翅膀规定动作得，在对应列的位置打钩（√）；
- 2) 在“尺寸”、“重（质）量”、“电池电压”三项检查，在对应列的位置填入检查结果数值；
- 3) 如上述检查均符合要求，在“检查结论”中填写“合格”，否则填“不合格”。

附件 2 仿生蝴蝶比赛成绩记录表

仿生蝴蝶比赛成绩记录表

赛区名称：_____ 比赛时间：_____年 ____月 ____日

参赛队号		分组号		赛前检查	合格
作品名称					
队长姓名			参赛学校		
比赛记录					
第 1 次飞行	距离			m	有效 ()
	调头次数			次	无效 ()
第 2 次飞行	距离			m	有效 ()
	调头次数			次	无效 ()
最终成绩	距离			m	比赛分
	调头次数			次	
参赛队员签字			裁判组长签字		
其他说明					

填表说明：

- 1) 比赛记录中如果某次飞行出现无效情况，则距离标“——”，并在“无效”后边打钩 (√)；
比赛有效时，记录距离和调头次数值，并在“有效”后边打钩 (√)。
- 2) 如有比赛无效或者弃权等情况，请将情况记录在“其他说明”填写栏内；
- 3) 无论参赛队员是否对比赛成绩有异议，均须签字，不签字视为放弃比赛、无成绩；对比赛结果有异议的队，须在签字后 30 分钟之内以书面和实名方式向仲裁委员会提出申诉。

附件3 比赛及场地制作参考用具、用品（提倡节俭办赛，节省比赛场地制作经费）

1) 仿生蝴蝶飞行最后位置标记物:



2) 制作仿生蝴蝶比赛场地用布基胶带:



3) 仿生蝴蝶比赛标志杆，可考虑加长杆长至3米:



4) 计时器、计时秒表:



5) 起飞台: 起飞台净高1.5m, 顶部平台长宽为10cm×10cm, 底部基座长宽为45cm×45cm, 见右图。

