

第十一届全国大学生机械创新设计大赛

高性能仿生机械比赛手册

全国大学生机械创新设计大赛组委会

2023年11月25日

第十一届全国大学生机械创新设计大赛在内容上设立了高性能仿生机械比赛环节，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，实现公平、公正、公开的办赛方针。

1 高性能仿生机械设计总体要求

仿生青蛙须有明确的青蛙外形，设计重点是仿青蛙的跳跃运动，其静态尺寸（长×宽×高）不超过 $0.1\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ ，跳跃变形后尺寸不超过 $0.2\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ ；使用电池作为原始能源，电池电压不超过 24V ，作品总质量不超过 4kg ，比赛前不准预先存储机械能。仿生青蛙的运动性能比赛为其原地跳远距离。

仿生蝴蝶须有明确的蝴蝶外形，设计重点是仿蝴蝶的飞行运动和改变飞行方向的能力，飞行时仿生蝴蝶展开后的最大尺寸不超过 0.3m ；使用电池作为原始能源，电池电压不超过 24V ，作品总质量不超过 3kg 。仿生蝴蝶的飞行性能比赛考察飞行距离和飞行中调头能力，比赛时间 2 分钟。

仿生青蛙和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 比赛场地

2.1 仿生青蛙跳跃运动比赛场地

比赛场地包括一个沙坑区和起跳区（起跳板），分布如图 1 所示。场地整体尺寸为长 2.8m × 宽 1m ，其中，沙坑区长 2.5m ，起跳板宽 0.3m ，砂子平面与起跳板平齐，并在起跳板边缘设置明显的起跳线。场地边界由固定在沙坑区四角、紧贴砂子平面的红色塑料扎绳围成。建议可在学校标准田径运动场上跳远沙坑的基础上，搭建仿生青蛙跳跃运动比赛场地；或按要求自制专用比赛场地。比赛时在场地四周可设立围挡线、参赛队员等候区等，保证比赛正常进行。



图 1 仿生青蛙跳远比赛场地

2.2 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 2 所示。场地由上、下两个 $10\text{m} \times 2\text{m}$ 的飞行跑道区和左、右两个 $4\text{m} \times 2\text{m}$ 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 4m 、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 $0.02\text{--}0.03\text{m}$ 、高 3m 的标志杆。仿生蝴蝶起飞区位于图 2 右边调头区上部 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的区域内。场地周围有外廓线，场地的空间高度为 3m 。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。

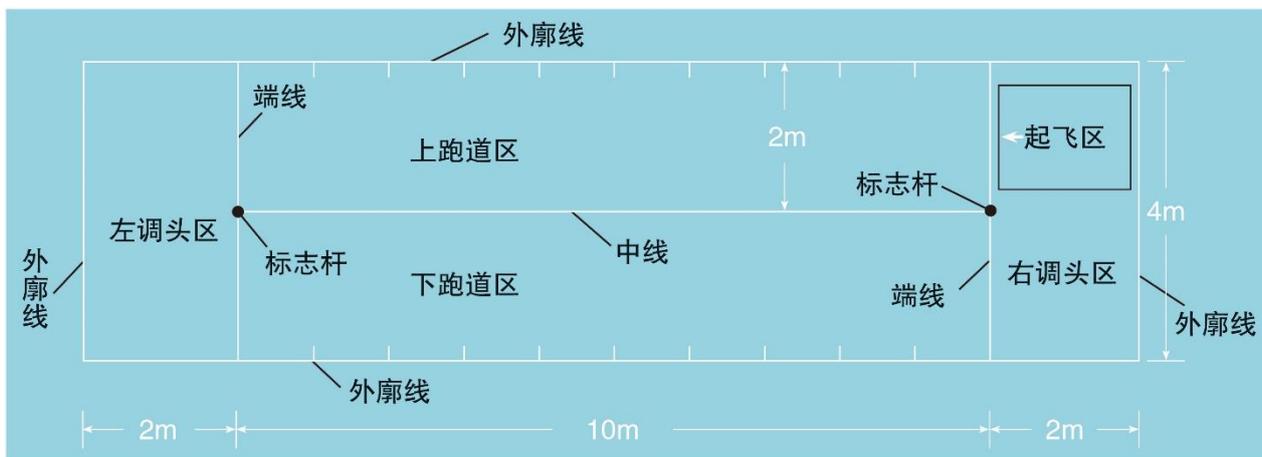


图 2 仿生蝴蝶飞行比赛场地

仿生蝴蝶飞行比赛须从起飞区起飞，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 仿生青蛙的赛前检查

赛前检查共 4 项内容：跳跃方式检查、尺寸检查、质量（重量）检查和电池电压检查。

仿生青蛙跳跃方式检查：展示跳跃运动过程，检查是否为仿青蛙后腿蹬起跳跃方式，采用其他如喷气、螺旋桨飞行等非青蛙跳跃方式的不符合要求，不许参赛；检查跳跃是否预先存储了机械能，有预先储能的不许参赛。

仿生青蛙尺寸检查：静态尺寸在（长×宽×高） $0.1\text{m}\times 0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ 以内；动态尺寸须展示跳跃过程中仿生青蛙变形的最大尺寸，必须在（长×宽×高） $0.2\text{m}\times 0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ 以内；超过尺寸，不许参赛。

仿生青蛙质量检查：在电子秤上称量仿生青蛙的整体重量，重量须不超过 4kg ；超过限定重量，不许参赛。

仿生青蛙电池电压检查：使用万用表等测量工具，量取电池开路电压，量取值不超过 $24\text{V}+1\text{V}$ ；超过限定电压的，不许参赛。

仿生青蛙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 仿生青蛙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 仿生蝴蝶的赛前检查

赛前检查共 4 项内容：飞行方式检查、尺寸检查、质量（重量）检查和电池电压检查。

仿生蝴蝶飞行方式检查：展示飞行过程，检查是否为蝴蝶振翅飞行方式，采用其他如喷气、螺旋桨飞行等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。

仿生蝴蝶尺寸检查：飞行中任意方向最大尺寸须在 0.3m 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 3kg ；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 $24\text{V}+1\text{V}$ ；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 2 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。

3.3 参赛队比赛场次抽签

在全部参赛作品完成赛前检查后，进行仿生青蛙和仿生蝴蝶各参赛队比赛场次抽签工作。

4 比赛过程及组织

4.1 仿生青蛙跳远比赛

仿生青蛙跳远成绩为单次跳远的距离。每个参赛队有三次的机会，对每次有效跳远，均在附件 3 中记录跳远距离。**最终成绩：**取跳得最远的一次距离作为比赛最终成绩。

仿生青蛙原地跳远比赛有 1 分钟准备时间，允许有两位参赛学生进入起跳区场地，在 1 分钟内完成摆放仿生青蛙准备比赛。摆放完成后，仿生青蛙的任何部位不得超过起跳线的垂直面，并保持静态尺寸状态。

仿生青蛙起跳采取遥控或非接触方式触发。当裁判员发出“开始比赛”指令后，30 秒内必须跳出。在这 30 秒内允许仿生青蛙在（长×宽×高） $0.2\text{m}\times 0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ 以内进行变形，做准备动作，但变形过程中身体不能超过起跳线、不能离地，身体离地视为一次跳跃。若到达 30 秒时，仍未跳出，则判定本次跳远失败、无成绩。

仿生青蛙跳出后，身体不能分离，以落在沙坑区、距起跳线最近痕迹为仿生青蛙跳远距离测量点，可采取用标准卷尺或用激光测距仪等测量方式测出跳远距离，记录在附件 3 仿生青蛙比赛成绩记录表中。若仿生青蛙跳跃后第一落点超出沙坑场地两侧边线，则判定本次跳远失败，无成绩。

仿生青蛙跳远比赛按赛前抽签顺序分场进行，每场检录 3 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 3 个参赛队的第一轮次跳远、第二轮次跳远和第三轮次跳远。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。

4.2 仿生蝴蝶飞行比赛

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。

仿生蝴蝶飞行的起飞可采取在水平伸臂、手心朝上的参赛队员手上静态起飞；或由参赛队员伸臂垂直上抛的姿势辅助起飞，采取垂直上抛姿势辅助起飞的将扣除 2 分。每次比赛前，参赛队员须事先向裁判组长报备所采取的起飞姿势。

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，协助仿生蝴蝶的起飞。这名队员在最后 5 秒钟的站位是水平伸臂、手臂与起飞区端线平行，并保持静止状态。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。

仿生蝴蝶飞行比赛准备时间结束后，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；如采取垂直上抛姿势辅助起飞方式，参赛队员须在“起飞”指令发出后，垂直上抛仿生蝴蝶。若向前方抛送仿生蝴蝶的，视为犯规，取消本次比赛资格。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 4 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

5.1 仿生青蛙跳远比赛的裁判工作及要求

根据仿生青蛙跳远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 3 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，监督参赛队员签字并自己签字。

裁判员 1 负责检查参赛作品的摆放是否合格，并依次发出口令：①进入场地、1 分钟准备计时开始；②准备时间到、队员退出场地；③比赛开始，30 秒计时；④比赛有效，测量距离或比赛无效。（说明：本段有下划线的文字为裁判员发出的口令，同下。）

裁判员 2 负责计时（有条件赛区可采用电子屏显示时间）和跳远距离测量：用秒表计时或投屏显示计时 1 分钟、30 秒，两次计时均在剩 5 秒时报出：5、4、3、2、1、时间到；比赛

有效时，用卷尺或激光测距仪完成跳远距离测量工作。

裁判员 3 负责场地维护：刮平沙坑、观察仿生青蛙是否跳出界、找到并标记最近位置痕迹，协助裁判员 2 完成距离测量工作。

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 3 队学生进入比赛等候区；协助参赛队在比赛完后离开比赛场地，进入等候区或赛后退场。

每场 3 个参赛队的 3 轮次比赛完成后，学生可拿走参赛作品。

全部比赛完成后，裁判组长将成绩记录表当面交给统分组取表员。

5.2 仿生蝴蝶飞行比赛的裁判工作及要求

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、询问起飞姿势、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；检查仿生蝴蝶位置未越界后发出：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 80%）

(1) 仿生青蛙跳远比赛分 = 跳远长度（单位：cm）×1 分/cm

(2) 仿生蝴蝶飞行比赛分 = 飞行距离（单位：m）×1 分/m + 调头次数×2 分/次
+ 起飞方式扣分

6.2 仿生机械设计评审得分（占 20%）

仿生设计评审由专门的评审组负责，评审观察点有以下 5 个方面：

(1) 结构合理性与美观度 (2) 设计图纸质量 (3) 作品性价比

(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 高性能仿生机械参赛队竞赛成绩

高性能仿生机械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，高性能仿生机械运动性能比赛分用 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：

$$B_i = (A_{i1} / A_{1\max}) \times 80 + (A_{i2} / A_{2\max}) \times 20$$

其中：

A_{i1} 是 i 参赛队仿生机械运动性能比赛分；

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机械运动性能比赛分的最高值；

$A_{2\max}$ 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 高性能仿生机械的设计说明书、图纸和设计评审

7.1 设计说明书和图纸要求

1) 完整的设计说明书。其中应该包括对作品的结构性能与运动性能做出分析，给出详细的设计过程与结果；

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、部件装配图和若干重要零件图。设计图纸要求正确、规范；

3) 完成作品外观设计的效果图（包括纸质、PDF 电子文档）。

7.2 设计评审评价观测点

(1) 结构合理性与美观度 (2) 设计图纸质量 (3) 作品性价比

(4) 智能、数字和 5G 技术的应用 (5) 答辩与质疑

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《高性能仿生机械比赛手册》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。

9 附件

附件 1 仿生青蛙赛前检查结果记录表

仿生青蛙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	跳跃方式 (相符)	尺寸 /m	重(质)量 /kg	电池电压 /V
W1						
W2						
W3						
W4						
W5						
W6						
W7						
W8						
W9						
W10						
W11						

检查裁判员签字：_____

填表说明：

- 1) 检查记录中第 1 项检查“跳跃方式”如符合青蛙跳跃方式，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。

附件 2 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 (相符)	尺寸 /m	重(质)量 /kg	电池电压 /V
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”如符合蝴蝶飞行方式，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。

附件 3 仿生青蛙比赛成绩记录表

仿生青蛙比赛成绩记录表

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 次跳远	距离			cm	有效 () 无效 ()
第 2 次跳远	距离			cm	有效 () 无效 ()
第 3 次跳远	距离			cm	有效 () 无效 ()
最终成绩	cm		比赛分		
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跳远出现无效情况，则距离为“0”，并在“无效”后边打钩 (√)；比赛有效时，记录距离值，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 4 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	起飞方式	距离		m	有效 ()
	静态/上抛	调头次数		次	无效 ()
第 2 次飞行	起飞方式	距离		m	有效 ()
	静态/上抛	调头次数		次	无效 ()
最终成绩		起飞方式		分	比赛分
		距离		m	
		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) 表中第 1、2 次飞行的起飞方式可不同，裁判长要在对应的“起飞方式”处打钩(√)标记，最终成绩栏记录起飞方式扣分：静态起飞方式填入“0”；上抛起飞方式填入“-2”；
- 3) 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；
- 4) 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 5 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) 仿生青蛙比赛场地边界线：
固定四角可用一次性筷子。



- 2) 仿生青蛙落地位置标记笔：



- 仿生蝴蝶最后位置标记物：



- 3) 制作仿生蝴蝶比赛场地用布基胶带：



- 4) 仿生蝴蝶比赛标志杆，可考虑加长杆长至 3 米：



- 5) 计时器、计时秒表：



- 6) 仿生青蛙跳远比赛起跳板材质待定。