



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112423851 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 25

(21) 申请号 201980047784.4

(22) 申请日 2019.07.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112423851 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(30) 优先权数据
62/699,449 2018.07.17 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.01.17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2019/056088 2019.07.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/016790 EN 2020.01.23

(73) 专利权人 轨迹人有限责任公司
地址 丹麦韦兹拜克

(72) 发明人 尼古拉·彼得·赫曼森
弗雷德里克·塔克森

(74) 专利代理机构 北京睿阳联合知识产权代理
有限公司 11758
专利代理师 杨生平 王鹏飞

(51) Int.Cl.
A63B 24/00 (2006.01)
A63B 69/00 (2006.01)
A63B 71/06 (2006.01)
G01S 13/72 (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)
G06T 7/254 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2008312010 A1, 2008.12.18
WO 2018085894 A1, 2018.05.17
KR 20160090148 A, 2016.07.29
US 2013095961 A1, 2013.04.18
CN 102648030 B, 2015.05.20
CN 102648030 A, 2012.08.22

审查员 金律

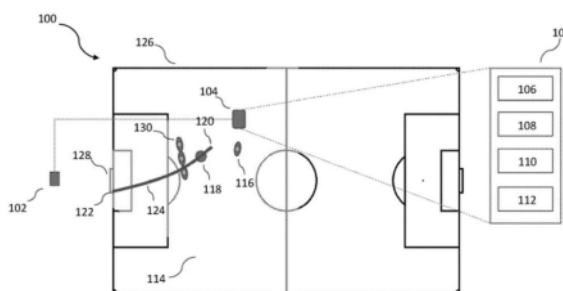
权利要求书3页 说明书14页 附图18页

(54) 发明名称

用于优化运动球发射的系统和方法

(57) 摘要

一种方法包括从踢球的轨迹数据中识别踢球参数,并将踢球参数中的第一踢球参数的值调整为新的值,以计算出相对于目标区域的第一模拟轨迹,并结合将第一踢球参数的值调整为第二值,以计算出第二模拟轨迹,并根据第一模拟轨迹和发射位置与目标区域之间的障碍物计算出目标区域的第一阻挡部分,以及根据第二模拟轨迹和障碍物计算出目标区域的第二阻挡部分。此外,确定第一踢球参数的优化值,其中,用优化值计算出的踢出的球的模拟轨迹将导致成功踢入目标区域内的最大的未被阻挡部分。



1. 一种用于优化运动球发射的方法,包括:

在处理器上:

接收被踢球的轨迹数据,所述轨迹数据包括多个测量时间,每个测量时间具有与所述球对应的三维位置;

从所述轨迹数据中识别所述被踢球的多个踢球参数,所述踢球参数包括多个发射参数;

使用识别的所述踢球参数与空气动力学模型相结合,模拟多个第一踢球轨迹,其中,对于每个第一模拟踢球轨迹,所述识别的发射参数中的第一个发射参数的值被调整为新值;

对于每个所述多个第一模拟踢球轨迹,确定所述球相对于目标区域的模拟位置以及所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间;以及

对于每个所述多个第一模拟踢球轨迹,计算由于发射位置与所述目标区域之间的第一障碍物,所述模拟踢球轨迹无法到达的所述目标区域的第一阻挡部分;和

对于每个所述多个第一模拟踢球轨迹,计算由于移动的第二障碍物而对所述模拟踢球轨迹不可用的所述目标区域的第二阻挡部分,其中,所述目标区域的第二阻挡部分是根据所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间来计算的;以及

向用户提供所述目标区域的第一未阻挡部分的指示,所述目标区域的第一未阻挡部分包括所述目标区域的未包括在所述目标区域的第一阻挡部分和第二阻挡部分的部分。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述第一和第二阻挡部分之外的目标区域的一部分被指定为未阻挡区域,为第一个所述多个第一模拟踢球轨迹计算的所述未阻挡区域的尺寸与为第二个所述多个第一模拟踢球轨迹计算的所述未阻挡区域的尺寸不同。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

将所述发射参数中的第二个发射参数的值调整为多个新值,以计算多个第二模拟踢球轨迹;

根据所述第一障碍物为每个所述多个第二模拟踢球轨迹计算所述目标区域的第一阻挡部分,并根据所述第二障碍物为每个所述多个第二模拟踢球轨迹计算所述目标区域的第二阻挡部分;以及

将所述第一踢球参数和第二踢球参数的优化值确定为所述第一踢球参数和第二踢球参数的值,从而使未阻挡区域的尺寸更大。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述发射参数包括冲击速度、垂直发射角、水平发射方向、发射时的旋转速度和发射时的旋转轴。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述发射参数的第一个发射参数为所述垂直发射角和所述水平发射方向中的一个。

6. 根据权利要求4所述的方法,

其中,所述第一发射参数包括所述冲击速度,所述第二发射参数包括发射时的所述旋转速度或所述旋转轴之一。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述目标区域为球门,所述第一障碍物为模拟防守人墙,所述第二障碍物为模拟守门员,并且所述被踢球为足球。

8. 根据权利要求7所述的方法,还包括:

根据所述模拟轨迹的飞行时间,确定所述第二阻挡部分。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第二阻挡部分还基于所述守门员在发射时的指定初始位置和所述守门员在所述飞行时间内的预期可达范围。

10. 根据权利要求8所述的方法,还包括:

根据防守人墙的预期区域确定所述第一阻挡部分。

11. 根据权利要求7所述的方法,还包括:

在数据库中存储第一踢球者的第一多个踢球参数和第二踢球者的第二多个踢球参数;
和

基于所述发射位置,所述第一障碍物的位置,以及所述第一和第二多个踢球参数,确定所述第一踢球者和第二踢球者中的哪一个具有更大的进球可能性。

12. 根据权利要求7所述的方法,还包括:

从球员跟踪系统接收足球比赛中实际守门员和实际防守人墙的位置数据;和
根据所述位置数据模拟所述模拟守门员和所述模拟防守人墙的位置。

13. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

在确定所述目标区域的第一未阻挡部分之后,使用所述识别的踢球参数与所述空气动力学模型相结合,模拟多个第二踢球轨迹,其中,对于每个第二模拟踢球轨迹,所述识别的发射参数中的第二个发射参数的值被调整为新值;

为每个所述第二模拟踢球轨迹确定所述目标区域的第二未阻挡部分;以及

确定第二踢球参数的优化值,使所述目标区域的第二未阻挡部分的尺寸最大化。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第二障碍物是守门员,并且其中,所述目标区域的第二阻挡部分是针对每个第一模拟踢球轨迹而基于所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的修正飞行时间来计算的,所述修正飞行时间是基于从所述守门员的角度来看,所述第一障碍物对所述第一模拟踢球轨迹的运动轨迹的初始部分的遮挡。

15. 一种用于优化运动球发射的方法,包括:

在处理器上:

接收被踢球的轨迹数据,所述轨迹数据包括多个测量时间,每个测量时间具有与所述球对应的三维位置;

从所述轨迹数据中识别所述被发射的球的多个发射参数;

使用识别的所述发射参数与空气动力学模型相结合,生成一系列的多个球轨迹模拟,其中,对于每个模拟轨迹,所识别的发射参数中的第一个发射参数的值被调整为第一个新值,该值不同于用于其他模拟轨迹的多个先前值中的每一个;

对于所述一系列的多个球轨迹模拟中的每组多个球轨迹模拟,确定所述球相对于目标区域的模拟位置,以及所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间;

对于所述一系列的多个球轨迹模拟中的每组多个球轨迹模拟,根据发射位置与所述目标区域之间的障碍物,计算所述目标区域的阻挡部分,其中,所述目标区域的阻挡部分是
根据所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间来计算的;和

确定所述第一发射参数的优化值,其中,用所述优化值计算的所述一系列的多个球轨迹模拟进入所述目标区域的未阻挡部分,所述目标区域的未阻挡部分为从所述目标区域减去所述阻挡部分后剩余的区域。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述目标区域是网球运动场的一部分,所述障

障碍物是网球球网和对方球员之一。

17. 一种用于优化运动球发射的装置,包括:

存储被踢球的轨迹数据的数据库,所述轨迹数据包括多个测量时间,每个测量时间具有与所述球对应的三维位置;和

处理器,其从所述轨迹数据中识别出所述被踢球的多个踢球参数,包括多个发射参数;所述处理器使用识别的所述踢球参数与空气动力学模型相结合,生成一系列的多个球轨迹模拟,其中,对于每个模拟轨迹,所识别的发射参数中的第一个发射参数的值被调整为第一新值,所述第一新值不同于其他模拟轨迹的多个先前值中的每一个;所述处理器为所述一系列的多个球轨迹模拟中的每组多个球轨迹模拟确定所述球相对于目标区域的模拟位置以及所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间;

所述处理器根据发射位置与所述目标区域之间的障碍物为所述一系列的多个球轨迹模拟中的每组多个球轨迹模拟计算所述目标区域的阻挡部分,其中,根据所述球到达相对于所述目标区域的模拟位置的飞行时间,计算出所述目标区域的阻挡部分;以及

所述处理器确定所述第一发射参数的优化值,其中,用所述优化值计算的所述一系列的多个球轨迹模拟进入所述目标区域的未阻挡部分,所述目标区域的未阻挡部分为从所述目标区域减去所述阻挡部分后剩余的区域。

用于优化运动球发射的系统和方法

[0001] 发明人:Nicolaj Peter Hermansen and Fredrik Tuxen

[0002] 优先权声明

[0003] 本申请要求获得于2018年7月17日提交的序列号为62/699,449的美国临时专利申请的优先权。上述申请的说明书通过引用并入本文。

技术领域

[0004] 本发明涉及一种用于优化运动球发射的系统和方法。特别是,本发明涉及在踢球情况下跟踪运动球(例如,橄榄球,足球等),以便量化踢球运动员的踢球技术,在给定的踢球情况下评估踢球运动员的预期表现,并考虑到踢球运动员的踢球技术,优化运动球的轨迹,以最大程度地进球得分。

背景技术

[0005] 在足球(即,英式足球)中,为了成功发射运动球(例如,成功执行任意球(即,进球),球员必须将球射向目标(对准球门),而不被任何其他球员(队友、对方球员、障碍物等)阻挡,并且球的速度/力度足够使对方球员(如守门员)无法触及球,这要考虑到对方球员的速度、能力和初始位置。在足球(英式足球)中,对方球员通常会形成一道“人墙”,作为直接任意球的主要防守策略。而踢球的球员通常可以通过控制球旋转轴的方向并增加球的旋转在人墙的上方或周围踢球来避开所述人墙,使球保持在目标上。踢球者控制旋转轴并产生速度和旋转的能力是最大限度地提高进球可能性的关键。然而,以较高的速度踢球可以减少飞行时间,但是旋转的效果可能不足以将球保持在目标上。因此,击球时必须达到一种平衡,使球能够避开人墙,保持在目标上,并保持足够的速度避开守门员。

[0006] 欧洲五大联赛官方对直接任意球进球转化率的统计表明,如果以5年为周期进行观察,少数表现出色的球员的表现始终优于其他所有指定的任意球球员,转化率超过25%。球队的平均转换率只有9%,这说明大多数任意球队员一般都有可能显著提高一甚至表现最好的队员也有可能进一步提高。

发明内容

[0007] 本实施例针对一种用于优化运动球发射的方法和系统。特别是,本实施例之一涉及一种方法,该方法包括在处理器处,从踢球的轨迹数据中识别出一个被踢的球的多个踢球参数,并将所述踢球参数中的第一踢球参数的值调整为第一新值,以计算出相对于目标区域的第一模拟轨迹,并结合将所述第一踢球参数的值调整为第二新值,以计算出相对于所述目标区域的第二模拟轨迹,并根据所述第一模拟轨迹和发射位置与所述目标区域之间的障碍物计算所述目标区域的第一阻挡部分,以及根据所述第二模拟轨迹和所述障碍物计算所述目标区域的第二阻挡部分。该方法还包括确定第一踢球参数的优化值,用优化值计算的所述被踢的球的模拟轨迹进入所述目标区域的未阻挡部分,所述目标区域的未阻挡部分为从所述目标区域减去所述阻挡部分后剩余的区域。

[0008] 本实施例还涉及一种装置,包括存储踢球轨迹数据的数据库和从轨迹数据中识别出被踢的球的多个踢球参数的处理器,所述处理器将所述踢球参数中的第一踢球参数的值调整为第一新值,以计算相对于目标区域的第一模拟轨迹;所述处理器将所述第一踢球参数的值调整为第二新值,以计算相对于所述目标区域的第二模拟轨迹;所述处理器根据所述第一模拟轨迹和发射位置与所述目标区域之间的障碍物,计算所述目标区域的第一阻挡部分;以及根据所述第二模拟轨迹和所述障碍物,计算所述目标区域的第二阻挡部分;所述处理器确定所述第一踢球参数的优化值,其中,用所述优化值计算的所述被踢球的模拟轨迹进入所述目标区域的未阻挡部分,所述目标区域的未阻挡部分为从所述目标区域减去所述阻挡部分后剩余的区域。

附图说明

[0009] 图1示出了根据本公开的各种示例性实施例的用于生成踢球数据并确定优化的踢球参数的跟踪系统;

[0010] 图2示出了在足球场上实施的图1的跟踪系统;

[0011] 图3示出了用于从给定的踢球数据集合计算踢球表现(kick performance)的示例性流程图;

[0012] 图4示出了以给定速度移动的足球的阻力系数和升力系数相对于旋转速度的关系;

[0013] 图5示出了直接任意球系列的踢球轨迹的侧视图;

[0014] 图6示出了足球的垂直发射角与各种发射参数之间的相关性;

[0015] 图7示出了一组具有迭代发射参数变化的任意球的轨迹模拟和人墙模型;

[0016] 图8示出了守门员模型的原理;

[0017] 图9示出了将球的飞行时间分解为定义守门员扑救时间的组件的示意图;

[0018] 图10示出了守门员在任何给定的传中位置处救球所需的示范性救球时间;

[0019] 图11示出了当守门员的位置完全覆盖球门的一侧时的守门员区域;

[0020] 图12示出了位于踢球者和球门之间的示例性的人墙;

[0021] 图13示出了图12中的人墙的俯视图;

[0022] 图14示出了一组任意球迭代发射参数变化的轨迹模拟,以及人墙模型和守门员模型;

[0023] 图15示出了基于踢球者的踢球数据的示例性踢球表现;

[0024] 图16示出了足球的球速与各种发射参数之间的相关性;

[0025] 图17示出了用于使踢球者的进球区域(goal area)最大化的优化过程;

[0026] 图18示出了在比赛中指挥任意球的示例性决策评价。

具体实施方式

[0027] 通过参考以下描述和相关附图,可以进一步理解示例性实施例,其中,相似的元件设有相同的附图标记。示例性实施例涉及用于优化运动球发射的系统和方法。一些示例性实施例涉及分析踢球数据并优化任意球情况,以最大化成功进球的可能性。影响任意球成功的参数包括踢球者的能力,球员在球场上的位置(特别是对方球队“人墙”的位置),相对

于对方球门的踢球位置,守门员的位置和能力,踢球鞋与球的撞击特性,球的空气动力学特性等。这些参数中的某些参数可以通过经验建模,例如,跟踪特定踢球者的一次或多次踢球,并确定其特征以估算踢球者的能力,或者在理论上通过,例如,假设守门员的某个起始位置和反应时间或人墙的理想位置来估算该踢球者的能力。然后,可以考虑预先定义的规则对捕获的踢球数据进行处理,例如,模拟该踢球者可实现的一组可能的踢球,并确定一条轨迹,该轨迹对于给定的踢球情况将最大程度地提高进球机会。例如,可以向踢球者提供在发射时使转换任意球的机会最大化的踢球速度和/或球的旋转。在另一个实施例中,踢球者可以具有存储在踢球数据中的多种射门类型,并且可以将给定踢球情况的优选射门类型和优化参数呈现给用户。在又一个实施例中,可以使用优化器向踢球者呈现理论上优化的射门,以帮助踢球者掌握某种射门类型。

[0028] “人墙”一词涉及足球比赛中的一种防守策略,用于保护部分球门不受直接任意球的攻击。该策略包括在任意球位置和球门之间,将球员定位在距离任意球位置的设定的距离上。设定的距离可以由规则确定,例如,距离球至少10码。“人墙”可以仅由单个球员组成,但是通常包括紧挨在一起的多个球员。根据球相对于球门的位置或其他原因,在人墙中使用的球员数量可以变化。在实际中,可以使用任何类型的阻挡材料来模拟用于实践目的人墙。例如,“人墙”可以由训练工具,矩形结构等制成,其尺寸被设定为代表在足球比赛中对方球员将占据的区域。

[0029] 尽管将针对足球(即,英式足球)中的直接任意球情况描述示例性实施例,但是示例性实施例不限于此。例如,示例性实施例可以适用于其他踢球情况,例如,点球,角球和守门员踢球,或者球最初不处于静止状态的踢球。此外,某些示例性实施例可以假设球可以不绕过人墙(即,球可能仅投射在人墙上),然而,所述原理也可以被修改为包含球绕过人墙的情况。此外,本文所描述的原理可以适用于其他体育活动,例如,美式足球,其中,踢球者的能力可能会限制球队或踢球者的策略。

[0030] 系统图

[0031] 图1示出了根据本公开的各种示例性实施例的用于生成踢球数据并确定优化的踢球参数的跟踪系统100。跟踪系统100包括用于生成被发射的球118的轨迹数据的跟踪装置102。跟踪装置102可以是可操作的任何传感器或多个传感器,用于识别和跟踪由踢球者116踢出的球118从发射装置120到落地位置122的轨迹124。例如,跟踪装置102可以包括照相机、雷达、激光雷达、超声波、微电子机械传感器或其任何数量或组合。跟踪装置102的优选传感器是CW多普勒雷达。跟踪装置102可以包括一些处理和数据存储能力,用于生成和/或完善由装置102捕获的原始数据,然而,本文所述的大部分计算可以由单独的处理器106执行。

[0032] 跟踪系统100包括计算机104,该计算机104包括处理器106,用于例如执行跟踪和优化计算,以及数据库108,用于例如存储跟踪数据和/或守门员数据的预定规则,用于处理存储的数据。计算机104还包括显示器110,用于例如向用户呈现优化的踢球参数,以及用户界面112,用于例如输入当前的踢球情况(位置等)。由计算机104的各个元件执行的各种功能将在本公开中进一步详细描述。

[0033] 跟踪装置102具有视场(FOV)114,其覆盖包括发射位置120和优选的落地位置122的区域,尽管落地位置将根据被击球118的轨迹在两次踢球之间变化。图2示出了在足球场

126上实现的跟踪系统100,其中,FOV 114包括发射位置120,目标位置128(例如,球门)以及它们之间的预期轨迹位置。然而,示例性实施例可以在任何位置实现,并且不限于足球场126。类似地,目标位置128可以是任何大小,并且不限于标准足球门的尺寸。可以在目标位置128和发射位置120之间实施人墙130。

[0034] 踢球数据

[0035] 为了生成踢球数据(即,踢球轨迹数据和发射参数),踢球者116首先沿着从发射位置120到落地位置122的轨迹124击打球118。如果跟踪系统100被设置在足球场地126上,则落地位置122可以在目标位置128的边界内,或者可以是任何其他位置。跟踪装置102优选地捕获轨迹124的全部数据或保留在运动场内的那部分轨迹的全部数据,然而,在必要时可以推断轨迹124的部分,例如,从跟踪装置102的角度来看,如果人或物体干扰了球118的视线。所测得的轨迹数据包括在球118的整个飞行过程中,球118的相应位置(x,y,z)的最小测量时间(t),该数据中,优选地包括对应于撞击时间($t=0$)的位置,即发射位置120,因为否则将需要通过其他方式确定撞击时间和对应的位置。轨迹采样中的时间步长应允许在飞行过程中在任何给定位置进行准确的评估(优选的时间步长不大于100ms)。

[0036] 除了轨迹测量之外,在优选的实施例中,为被击球118测量/确定发射参数,并且发射参数还被认为是踢球数据的一部分。发射参数包括撞击速度(即,发射时的速度),垂直发射角,水平发射方向,发射时的旋转速度和发射时的旋转轴。原则上,可以使用标准且众所周知的方法从轨迹数据中得出发射参数(自旋速度除外)。可以通过应用关于球的空气动力学的后验知识来估计旋转速度(发射时),同样使用已知的方法,这通常涉及拟合优化过程。例如,美国专利第8,845,442号描述了用于推导球形物体,包括足球(英式足球)在发射时的自旋速度的方法,并在此全文引用。通过利用相同类型的关于球的空气动力学的后验知识,即使对于给定的踢球仅测量了上面列出的一些发射参数,也可以估计出作为时间函数的球的轨迹,下面将进一步详细讨论。这种方法可能会降低结果的准确性,但仍然会产生有价值的结果。然而,在优选的实施例中,假设作为时间函数的轨迹数据与以及上述发射参数都是经过测量并可获得的。

[0037] 一旦确定了踢球数据,该踢球数据将被存储在数据库108中,并与踢球者116相关联。在收集踢球数据的过程中,踢球者116应该尽其所能地以代表其典型踢球技术的踢球动作击球118。踢球者116的踢球技术驱动踢球者在被发射的球118上产生速度、旋转和旋转轴的方向的能力。特别是旋转速度和旋转轴的方向,对于踢脚者116来说可能是难以调整的,而诸如球的撞击位置和发射时的水平方向等参数,与踢球技术没有那么密切的关系,更容易调整。速度通常可以从踢脚者116可达到的最大速度向下调整,但是可能不容易向上调整。

[0038] 踢球数据可以基于单次踢球或多次踢球的平均值。踢球数据所基于的踢球应该反映踢球者116在典型比赛中使用的首选踢球动作和速度。根据该数据,当一个或多个发射参数被改变时,处理器106可以模拟踢球者116可实现的可能的踢球轨迹。例如,优化器可以调整垂直发射角和水平发射方向,同时保持旋转和旋转参数相同。下面将进一步详细描述踢球数据的各种用途。

[0039] 球空气动力学

[0040] 踢球数据可以进一步包括在收集踢球数据期间使用的球118的空气动力学,尽管

该信息是可选的。影响飞行过程中球的空气动力学的因素包括球的属性,例如,球的尺寸、表面粗糙度、球的结构、重量分布和面板形状。此外,球的空气动力学特性还受到天气条件的影响,例如,空气密度、风向、风速和降水。优选地,通过在受控条件下进行的一系列复杂的轨迹测量,凭经验确定球的空气动力学特性。在这样的受控调查中,在一些给定的天气条件下,改变诸如球速度旋转速度等参数,并存储在数据库108中。例如,图4示出了一个示例图,显示了已知球速和特定球的不同旋转速度的升力系数(“ c_l ”)和阻力系数(“ c_d ”)。可以为给定的量产的球类型确定球的空气动力学特性,并且可以普遍适用于该类型的所有球,除非被模拟的球,例如,因使用而严重磨损,充气不当,或具有其他种类的缺陷。通常,当旋转速度增加时,阻力和升力都会增加。因此,在给定的飞行距离内,增加旋转速度通常会增加飞行时间。在确定飞行时间(从发射到越过目标平面之间)时要考虑这些因素,下面将对此进行详细讨论。

[0041] 如果根据经验分析无法获得球的空气动力学特性,那么在参数优化中可能无法考虑调整旋转速度的空气动力学后果。实际的阻力系数和升力系数可以针对测量的踢球数据进行计算,而不是使用模型系数,然而,从这样有限的测量数据中可能无法生成预测不同旋转条件下系数如何变化的准确模型。因此,在这种情况下,测量装置将不需要测量旋转速度,因为在空气动力学数据中将不会考虑旋转速度的结果。这种退化的情况虽然具有实用性,但不是优选的。因此,在优选的实施例中,在进行踢球测量/模拟之前,球的类型及其空气动力学参数(鉴于天气条件)是已知的,并将其存储在数据库108中。天气条件可以来自单独的测量装置或与跟踪系统100集成的气象站。

[0042] 流程图

[0043] 图3示出了用于从给定的踢球数据集合计算踢球表现的示例性流程图300。在下文中将简要概括在流程图300中描绘的每个数据流或每个处理步骤,并且在说明书中将其进行更详细地描述。

[0044] 踢球数据305由跟踪系统100基于至少一个踢球者116获取并存储在数据库108中。如上所述,踢球数据305包括用于至少一次踢球的球118的轨迹数据、发射参数和可选的空气动力学参数,并且可以包括进一步的信息,将在下文中讨论。踢球数据305可以基于单次踢球或多次踢球,从单个位置或从多个位置。

[0045] 球的飞行模型310是指基于球118的发射参数和空气动力学特性的球118的模拟飞行模型,下面将对其进行详细描述。

[0046] 踢球情况数据315是指足球场126上的实际或理论踢球情况,包括球118相对于球门的位置,球员在足球场126上的排列(包括人墙的构成)和守门员的初始位置。脚踢情况数据315的推导将在下面详细描述。

[0047] 冲击模型320是指用于模拟踢球者的球鞋和球118之间的冲击进行的多个选项之一。冲击模型320可以是对两个物体之间的碰撞的详细表征,可以是基于对多个踢球者的分析模型,其中,确定发射参数如何相关,或者是简化的模型,其中,假设某些发射参数之间没有相关性。冲击模型320将在下文中详细描述。

[0048] 在325中,将包括不同天气条件下的球118的轨迹数据、发射参数和可选的空气动力学参数的踢球数据305,与球的飞行模型310,踢球情况数据315和冲击模型320相结合进行处理,以模拟具有一个或多个改变的发射参数的球轨迹。步骤325的结果是轨迹模拟的网

格,其中,踢球者的某些发射参数(垂直发射角和水平发射方向)在小步骤中被改变,下面将对此进行详细说明。

[0049] 守门员模型330是模拟守门员在阻止踢球方面的预期表现,给定了一些有关守门员位置的初始数据和一些描述守门员预期行为的参数,包括,例如,他或她的身体尺寸、反应时间和速度,下面将进一步详细描述。

[0050] 在335中,根据模拟球飞行时间和守门员模型330计算出预期的守门员区域351。守门员区域351通常是指在球门的平面上,预计守门员会扑救的区域,因此在直接任意球的过程中,踢球者116应该避开该区域。

[0051] 在340中,根据模拟球飞行和人墙的基本模型来计算人墙区域352。人墙区域通常是指在球门的平面上,根据踢球者的踢球技术和人墙体的阻挡功能,踢球者116无法进入的区域。

[0052] 在345中,计算进球区域353,该进球区域353基本上是减去守门员区域351的面积和人墙区域352的面积后剩余的面积。进球区域通常是指在球门平面上上的一个区域,踢球者116预计会在该区域进球得分。

[0053] 上述计算的结果是针对踢球者116的踢球技术和踢球情况的“踢球表现”350,这将在下面进一步详细描述。

[0054] 球飞行方程

[0055] 参照310,可以使用标准的空气动力学模型,结合阻力和升力方程,使用牛顿运动定律来模拟球118的飞行。为了利用踢球数据和空气动力学数据(包括天气和球的数据)模拟实际球的轨迹,可以在球飞行模型310中应用以下方程式。

[0056] 牛顿第二定律定义了球在整个飞行过程中的加速度 \hat{a}_{ball} :

$$\text{Equation (1): } m_{ball} \hat{a}_{ball} = \sum F = F_{Gravity} + F_{Lift} + F_{Drag}$$

[0057] 其中, m_{ball} 是球的质量, $F_{Gravity}$ 是来自重力的力(定义为 $m_{ball} * g$, 其中, g 是重力加速度), F_{Lift} 是球旋转产生的力(升力), F_{Drag} 是来自空气的阻力(拖力)。升力的大小通常定义为:

$$[0058] \text{ Equation (2): } F_{Lift} = c_l \frac{A}{2} \rho v^2$$

[0059] 其中, c_l 是升力系数, A 是球的截面积, ρ 是空气密度, v 是球相对于风的速度。作用在球上的阻力的大小通常定义为:

$$[0060] \text{ Equation (3): } F_{Drag} = c_d \frac{A}{2} \rho v^2$$

[0061] 其中, c_d 是阻力系数。拖力与球的方向相反,而提力则指向旋转轴与球的方向之间的叉积方向。最后,重力指向地面。然后,应用运动学方程的数值来实现计算轨迹:

$$[0062] \text{ Equation (4): } \vec{x}_{n+1} = \vec{x}_n + \vec{v}_n \Delta t$$

$$[0063] \text{ Equation (5): } \vec{v}_{n+1} = \vec{v}_n + \vec{a}_n \Delta t$$

[0064] 其中, \vec{x}_0 是踢球位置, \vec{v}_0 是球的初始速度和方向(其由踢球数据中的发射速度,垂直发射角和发射方向给出)。通过利用经验获得的空气动力学数据来计算阻力系数 c_d 和

升力系数 c_l ,可以从方程式(1)获得任意给定时间点的球加速度, F_{Drag} 和 F_{Lift} 来自于方程式(2)和方程式(3)。

[0065] 踢球情况

[0066] 参照315,给定球员踢球数据,可以通过施加“踢球情况”并模拟踢球者在给定踢球情况下的表现来评估给定情况下的“踢球表现”。“踢球情况数据”描述了踢球情况,包括:i)在球场上踢球的位置(包括到球门的距离);ii)球员在球场上的位置(包括人墙),以及iii)守门员的位置。

[0067] 踢球情况数据可以是理论的,其中,生成虚构的踢球情况,或者是实际的,其中,直接测量踢球情况数据。例如,在足球比赛期间可以使用球员追踪系统。这类系统通常是基于GPS或摄像头的,并且能够连续地确定球场上所有球员的位置。

[0068] 当分析给定的直接任意球情况时,如果数据库108具有来自实际任意球位置的踢球者的踢球数据,则是优选的。因此,在踢球数据的生成期间,跟踪来自多个位置的踢球加强了踢球数据,以更好地代表各种潜在的踢球位置。

[0069] 踢球情况数据可以针对给定的情况进行概括。例如,参考图2,在直接任意球情况下,防守人墙130必须距踢球位置有最小距离(例如10码),并且通常以该距离形成。另外,守门员有时间在球门中占据最佳位置,而踢球者可以根据球员在场上的位置来分析情况并调整策略。此外,踢球队可以将进攻球员定位为防守人墙130的延伸,以阻挡守门员的视线。这种情况将在下面就模拟守门员的表现进一步讨论。一般的直接任意球情况,除了形成人墙130和守门员的球员以外,不考虑球场上的球员。

[0070] 建立冲击模型

[0071] 参照320,至少有三种选择用于根据踢球数据在调整的发射/冲击参数下模拟球118的发射。在第一种选择中,在不同的发射条件下收集一系列的踢球,并观察和模拟不同发射参数之间的相关性。在第二种选择中,使用描述踢球者的脚和球之间碰撞的冲击模型。第二种方法要求从力学角度对脚和球的碰撞进行详细地测量和描述,将其描述为两个个体之间的碰撞。在这种情况下,冲击变量之间的力学关系可能被准确地计算出来。例如,如果作为优化分析的一部分,将球上的撞击位置作为一个孤立的参数进行改变(而关于撞击力学的其他一切都保持不变),则所产生的发射参数将以碰撞模型所描述的某种相关方式进行改变。碰撞可以使用例如有限元模拟或类似的方法建模,其中脚和球由一些材料参数描述。

[0072] 在第三种也是最简单的选择中,假设发射参数可以彼此独立地改变。具体而言,通过研究熟练的(专业)任意球运动员在几次踢球时收集的数据,已经得到了经验验证,即所发射的球的垂直发射角可以独立于其他发射参数(旋转,旋转轴方向,球速)。图5示出了一个直接任意球系列的踢球轨迹的侧视图,其中,同一球员试图以不同的发射角度多次重复同一踢球。跟踪每次踢球,并确定包括发射参数的踢球数据。图6a-6c示出了垂直发射角对上述各发射参数的关系图。可以看出,垂直发射角与发射参数之间几乎没有相关性,这表明可能只需调整垂直发射角而不考虑其他发射参数即可模拟踢球者对球的冲击力的潜在变化。这个假设也被发现适用于其他任意球运动员,尽管我们承认运动员有不同的踢球技术,而且观察到的各发射参数的独立性可能并不普遍适用于所有运动员。因此,如上所述,一个更先进的冲击模型,可能会提供更好的模拟飞行数据。

[0073] 水平发射方向也可以改变,而不会影响任何其他发射参数;只需旋转整个踢球情

况,就可以执行完全相同的踢球,但球是以相对于球门的不同方向发射的。调整水平发射方向可能会影响到球门线的飞行时间,以及人墙/球的交叉位置。但是,它不会影响任何发射参数。

[0074] 总而言之,仅改变垂直发射角被认为是表示踢球者在腿部摆动时稍晚或稍早地冲击球,而实质上不改变踢球技术,也不会更硬或更软地踢球(这也可以在不改变踢球技术的情况下完成),而改变水平发射方向被认为是表示踢球者从不同方向接近球,而在其他方面不改变踢球技术。利用这种方法,可以考察踢球者在当前踢球技术下所有可能的踢球选择,即“踢球技能(kick repertoire)”。

[0075] 模拟调整后球的发射

[0076] 参照325,鉴于垂直发射角和水平发射方向可以独立于其他发射参数而改变的假设,处理器106以增量方式调整这些参数来执行球的轨迹模拟。使用小步长(优选每步不大于 0.05°)来调整垂直发射角和水平发射方向,以使用上面讨论的球飞行模型310生成细网格的轨迹模拟。进行模拟,使得当模拟轨迹到达进球区域353时,该轨迹(和发射条件)被存储为球员踢球技能的一部分。需要注意的是,考虑到球具有一定的尺寸,要想成为踢球技能的一部分,球就需要有进入球门的空间(特别是距离球中心半个直径的空间来完全清除球门柱,但是当考虑到球弹跳进入球门时,空间要稍微小一些。)

[0077] 如上所述,在优选的实施例中,数据库108具有存储在其上的球的空气动力学数据,以使球飞行模拟尽可能准确。该经验确定的空气动力数据可以作为模拟过程的一部分进行调整或补偿,以匹配从实际测量的球飞行中得出的空气动力数据,该空气动力数据可能由于一些原因(球的缺陷、建立模型时做的简化/假设、未适当考虑的天气条件、球的压力差异等)而相对于模型发生变化。如果空气动力数据对所使用的球的类型没有很好的说明,或者需要考虑较大的球与球之间的差异,则此方法可能更可取。如上所述,然后将这种补偿的结果被存储在数据库108中。在图7中描述了球的发射变化(现在已减少到垂直发射角和水平发射方向的变化)和相应的模拟的原理,其中,所评估的模拟步骤将覆盖比实际目标尺寸稍大的目标穿越区域。原则上可以采用超细网格进行评估,但为了提高处理速度,可以改为使用结果之间的插值。

[0078] 守门员模型

[0079] 参照330,每个模拟踢球都有一个相关的时间量,即踢球越过球门平面的所需的时间,即“飞行时间”。相关的,对于球门平面上的每个越门位置,守门员都有一个“扑救时间”,即在给定初始守门员位置的情况下,守门员反应、移动和阻挡球越过球门平面所需的时间。如果在模拟踢球时,扑救时间不允许守门员在球将越过球门平面的时间之前到达球将越过球门平面的点(根据飞行时间确定),那么模拟直接任意球将成功。

[0080] 为了评估在模拟的踢球轨迹中,守门员能够救出哪一个,在时间 $t=0$,即球被踢出时,建立守门员的初始位置。一种通用的方法是假设守门员将根据一些标准,例如,将在下面进一步详细讨论的“扑救区域”(守门员区域351)最大化的位置,或球门的中心,或其他一些标准,将自己定位在一个最佳位置。然而,可以使用另一个“非理想”位置进行计算。例如,从历史的角度来看,守门员通常在球门中采取一个位置,从这个位置开始,他或她预计将覆盖最接近远门柱的区域,即离踢球位置最远的门柱。除非守门员对踢球者的踢球技能有详细的了解,否则守门员不可能选择一个统计上最优化的位置。因此,根据要模拟的情况和用

户的偏好,可以对初始守门员位置做出许多不同的假设。然而,使用优化的守门员位置,如以下面描述的方式确定,一般将从踢球者的角度提供一个基线最坏情况(即,最小化潜在的进球区域)。

[0081] 为了模拟守门员的预期表现,就防守射门而言,已经实现了守门员模型330并将其存储在数据库108中。守门员模型330模拟了给定踢球者的踢球技能中的不同踢球的飞行时间的情况下,可以预期的守门员的表现。守门员模型可以反映平均表现,技术水平较低的表现或精英表现。它可以针对不同的比赛水平、年龄组、性别等进行调整。这里提出的模型是一个基本模型,但可以很容易地开发到包含有关守门员行为的更复杂的细节。

[0082] 这里介绍的守门员模型利用的参数是基于对最高水平(欧洲五大联赛)的几个直接任意球的视频进行分析得出的。以前似乎没有任何研究试图模拟守门员相对于可用扑救时间的表现。然而,已经有许多研究针对守门员在点球大战中的统计表现进行的研究,在这种情况下,守门员没有时间先分析球的飞行然后做出反应(在近距离时,也可能是直接任意球的情况)。在这些情况下,守门员需要在发生撞击后立即行动,或者在大多数情况下,是在发生撞击之前立即采取行动,但又不能太早,以至于球员有时间调整,将球踢向与守门员俯冲相反的方向。在2006年Ken Bray和David Kerwin的研究中(Kerwin D.G.,Bray K. (2006) Measuring and Modelling the Goalkeeper's Diving Envelope in a Penalty Kick.In:Moritz E.F.,Haake S. (eds)The Engineering of Sport 6.Springer,New York, NY),作者研究了在男子精英级点球情况下守门员的扑救区域(守门员在起跳前几乎没有时间移动),试图根据守门员的起跳能力,确定球门中的“不可扑救区域”,然后将其作为点球手应该瞄准的区域。根据这项研究,守门员应该覆盖的区域被表示为守门员的“跳水包络区(diving envelope)”,下面提出的模型就利用了这个跳水包络区原理,来定义守门员从给定位置跳起的最大距离。

[0083] 最高职业水平的男性的基本模型包含以下变量,其中,每个变量名称旁边所注明的数值对应于根据上述视频分析确定的平均值:

[0084] 臂展半径:0.9m

[0085] 腿跨半径:1.2m

[0086] 腿高:0.9m

[0087] 肩高:1.5m

[0088] 反应时间:350毫秒

[0089] 跳跃速度:5m/s

[0090] 移动速度:3.5m/s

[0091] 眼与肩距离:0.2m

[0092] 跳水包络半径:2.85m

[0093] 球可见之前的时间:该数字取决于轨迹,需要利用给定的人墙高结合要评估的实际轨迹来确定,这将在下面进行描述。

[0094] 图8显示了守门员模型的原理。

[0095] 参照335,守门员模型评估了守门员从守门员的给定位置将球在其穿越球门的位置救起所花费的时间。假设臂展覆盖范围是一个完美的圆,其中心位于守门员的肩膀之间。同样的原理也适用于腿部,不过腿部在被认为是“反应时间”的范围内能抬起多高有一定的

上角。在模型中,这个上角被设置为从腿部处于垂直位置时开始向两侧各 50° 测量。然而,只有当球直接踢向守门员时,腿跨度半径才有意义。否则,守门员将用他/她的手将球扑出。因此,对于直接任意球,包括腿跨度的覆盖范围通常并不重要。

[0096] 为了在给定的穿越球门的位置(例如,图8中的810或820)扑救球,守门员首先需要在被称为反应时间的时间内观察球(即,守门员在对球有视线之前不能开始观察球)。接下来,守门员用他/她的“移动速度”横向移动图8中标注为“移动”的距离,直到球进入跳水包络区域内,然后守门员需要用他/她的“跳跃速度”移动图8中标注为“跳跃”的距离,直到达到球穿越过球门的位置为止。如图8所示,守门员的移动是以肩高的位置为模型发生的,这个位置基本上是以“臂展半径”为圆心。如果球在“臂展半径”或“腿跨半径”的指示区域内,则假定守门员会救球。形式上,下面的公式(6)是假设守门员位置和穿越球门位置都已知的情况下,如何计算图8中守门员救球810或820所需的时间:

[0097] Equation(6): $t_{\text{save}} = t_{\text{blocked}} + t_{\text{reaction}} + t_{\text{moving}} + t_{\text{jumping}}$,

[0098] 其中, t_{blocked} 是守门员看到球的时间(在直接任意球的情况下,这将是球越过人墙所需的时间,从某种意义上说,从守门员到球有一个视线范围)。重要的是要注意,即使守门员通常不会设置会挡住他/她自己视线的人墙,但对方球队也可能会受益于设置额外的球员来挡住视线。这种情况最好被计算在内,因为这通常会增加进球的可能性。变量 t_{reaction} 是指守门员观察球并确定球的方向到估计其穿越球门位置之间的时间段。变量

$t_{\text{moving}} = \frac{d_{\text{moving}}}{v_{\text{moving}}}$ 是守门员以速度 v_{moving} 横向移动距离 d_{moving} 所用的时间。守门员被建模为一直运动,直到球的预期穿越球门的位置正好位于他可以通过跳跃到达的区域的边缘(由跳水包络区域定义)。

最后, $t_{\text{jumping}} = \frac{d_{\text{jumping}}}{v_{\text{jumping}}}$ 是守门员以跳跃速度 v_{jumping} 跳跃距离 d_{jumping} 所用的

时间。守门员的跳跃速度通常比其移动速度快(如上述示例性变量“跳跃速度”和“运动速度”所示),因此尽快跳跃是有利的。在此,移动速度和跳跃速度被假定为恒定的。实际上,移动速度和跳跃速度可能不是恒定的,但如上所述,如果有必要,可以把模型做得更复杂。图9显示了将球的飞行时间分解为定义守门员所需扑救时间的各部分。

[0099] 评估相对于守门员的给定球穿越球门位置处的救球时间可以使用基本守门员模型来计算。这种评估导致一个矩阵,该矩阵由图10中的等高线图显示,该图显示了守门员在任何给定的球穿越球门位置处救球所需的示例性救球时间。例如,如果守门员位于一个球门柱处,并试图扑救在另一个球门柱处穿越球门的球,那么守门员将需要移动整个球门宽度的距离。该距离对应的扑救时间将是图10所示的最大扑救时间。假设无论在球门的哪一侧,守门员的救球时间都是一样的,则根据图10所示的矩阵,可以确定到球门中任何一个球穿越球门位置处的扑救时间。

[0100] 假设确定了最佳的守门员位置,使得远方柱被完全覆盖,则守门员区域351可以类似于图11所示。使用如图7所示的存储在踢球技能中的每个球飞行轨迹的飞行时间,连同任何给定的球穿越球门位置的救球时间(同时仍要考虑到每个轨迹都有守门员没有视线到球的时间段),可以针对守门员在球门中任何给定位置的守门员区域进行评估。人墙高也被应用于确定第一视线,这将在下面进一步详细讨论。通常情况下,这样的高度是在1.8—2.4米

之间的男人,假设在人墙中的球员正在跳跃。通过将守门员“移动”到距离踢球位置最远的门柱越来越远,可以反复进行此评估。那么,理想的守门员位置将是守门员让尽可能少的球轨迹进入球门,同时也不允许球进入远门柱附近的球门。对于给定的穿越球门和守门员的位置,只需满足以下条件即可:

$$[0101] \quad t_{\text{save}} = t_{\text{blocked}} + t_{\text{reaction}} + t_{\text{moving}} + t_{\text{jumping}} \leq t_{\text{ballflight}}$$

[0102] 以便使得让守门员救球。其结果就是守门员的理想位置。

[0103] 除了评估踢球表现外,还可以利用守门员模型评价守门员在球门中的位置、反应时间、动作速度等方面的表现。守门员在救球情况下采取的一个典型的不可取的动作是:相对于球最终要越过球门线的位置,他/她向错误的方向迈出了一步。这样的动作占用了守门员救球能力的宝贵时间,有可能会使守门员无法救球或处理好球。这也是为什么对手试图阻挡守门员的视线,甚至试图让守门员做出这样不受欢迎的动作的重要原因之一。这种情况也可以作为守门员表现评价的一部分进行建模或评估。最后,棒球中所说的球飞行类型是指关节球,当球在飞行过程中出现一些不稳定的运动是一种情况,在足球比赛中也是如此,球会突然改变其飞行方向,这可能会造成守门员需要改变方向的效果,在这种情况下,守门员就会失去关键时间,从而减少了移动和救球的时间。这种情况很特殊,一般在文献中没有很好地描述或理解,在直接评估之前,需要进行一些更高级的空气动力学研究。然而,本发明的原理不以任何方式排除这种球的飞行行为。

[0104] 人墙区域

[0105] 参照340,人墙的位置的计算就不那么复杂。通常,不需要在人墙内放置任何会阻挡守门员已经覆盖的区域的球员。根据职业足球联赛的规定人墙的位置必须距离踢球地点至少10码。但是,该数字可能会根据具体情况而有所不同。通过评估踢球者踢球技能中每一个球的轨迹位置,可以在人墙内放置第一个球员,使任何球都不能以直线路径通过墙的一侧,并通过近门柱进入球门(至少对于给定的轨迹形状不能,这是踢球表现评价的前提)。此原理如图12所示。可以在人墙上增加其他球员,直到守门员没有覆盖的那部分球门宽度被完全覆盖。假设球员宽度,一般男性为0.6m。在足球运动中,一个常见的经验法则是将第一个人放在墙内,使他或她覆盖的区域相对于最近的门柱和踢球位置之间的一条直线来说,实际上是在球门外。该原理在图13中用虚线表示,其中,一名球员的位置足以使他或她阻挡球门的外侧,至少考虑到球会沿直线移动。

[0106] 现在,从踢球技能中的轨迹计算出人墙区域352,如果这些轨迹没有被人墙阻挡,它们将越过球门线(再次假设有一定的墙体高度,在本例中应用2.2米的高度)。该原理如图14所示,其中,守门员区域351也被突出显示。

[0107] 进球区域

[0108] 参照345,进球区域353现在是球门的剩余部分,这是踢球技能中的轨迹不会被守门员或站在墙内的球员阻挡的区域。通常,有人会说,进球区域353越大,进球的可能性就越大,通常可能是这种情况,尽管一些会导致更大的进球区域353的踢球类型,也可能更难执行,从而降低了可重复性(或一致性),这也是一个参数。对于上旋踢来说是这样的,它通常会相对于其他踢球类型增加了进球区域353,但与侧旋踢相比,一致性通常会降低(需要注意的是,对于什么被认为是侧旋、上旋、后旋或节球踢,不存在标准的定义,然而,一般来说,飞行的行为是由发射参数的组合来定义的,它可以一般描述所有可能的踢球类型。)

[0109] 参照350,如图15所示,踢球表现350由三个区域组成:守门员区域351,人墙区域352和进球区域353。一旦由处理器106计算出踢球表现350,就会显示在显示器110上。

[0110] 踢球优化

[0111] 一旦对踢球者的踢球表现进行了充分的分析,鉴于实际或理论上的踢球情况,可以对踢球进行优化。到目前为止,计算机104已经从踢球者的角度分析了现有踢球数据的当前情况,其垂直发射角和水平发射方向的增量变化,即容易改变的变量。考虑到这些信息,“踢球优化”过程优化其他踢球影响参数中的一个或多个参数,以使给定踢球数据的进球区域大小最大化。

[0112] 优化通常有两个目标,可以独立应用,也可以结合应用:优化踢球速度和/或踢球技术,以使进球区域最大化。从踢球者的角度来看,改变踢球速度通常很简单,可以认为是短期或立即的改变。当然,在给定踢球技术的前提下,球员踢球的力度是有上限的,但在一定的踢球距离内,大多数球员都能调整自己的踢球速度,以优化的速度踢球。

[0113] 然而,改变踢球技术则比较困难。改变球员的踢球技术可能涉及到球员的摆腿、跑到球的位置、支撑腿的位置、球员脚上的撞击位置等方面的调整。对踢球技术的调整通常是通过调整旋转轴的方向来增加上旋量。球员能够改变这种技术能力的程度似乎是受到限制。因此,优化踢球技术可能需要球员的练习,可以认为是一个长期的改变,或者说是球员发展的问题。

[0114] 至少有两个选项用于模拟对球员踢球速度的调整。在第一个选项中,使用上面讨论的关于确定发射参数之间的相关性的影响模型来确定和补偿发射参数之间的任何依赖性。然而,当影响模型不可用时,可以实施第二个选项,该方案假设发射参数之间没有相关性。

[0115] 如图6所示,上面用于确定垂直发射角和其余发射参数之间相关性的相同踢球环节数据,也可用于确定发射速度和其余发射参数之间的相关性。图16a-c显示了球速与旋转速度、垂直发射角和自旋轴等参数的关系图。与垂直发射角分析类似,可以看到球速度对旋转速度或垂直发射角几乎没有影响,而与旋转轴有轻微的相关性。然而,为了本优化的目的,只要球速的变化相对较小,忽略球速与自旋轴之间的跨参数依赖关系是有效的。例如,小于5m/s的球速度变化通常就足以达到最佳速度。

[0116] 图17示出了用于使踢球者的进球区域最大化的优化过程1700。在本示例中,优化的发射参数是球速,但是,该过程可以类似地应用于其他发射参数。在1705中,对踢球者的踢球数据进行处理,以根据图3的流程图计算踢球表现。

[0117] 在1710中,对相同的踢球数据进行处理,并调整发射参数。以小步数反复调整参数,以评估踢球表现的相应变化。在1715中,对调整后的踢球表现进行相对评估,以确定是否已经找到最大进球区域。

[0118] 一旦确定了最大进球区域,就输出相应的踢球数据和踢球表现作为优化结果。该结果可以被输出到显示器110,或任何其他合适的输出。

[0119] 比赛情况

[0120] 上述优化过程可用于实际比赛情况中,以指导选择踢任意球的踢球者以及所选踢球者执行任意球的策略。示例性的实施例已经在本文中描述了单个踢球者的情况。然而,数据库108可以存储多个球员的踢球数据。例如,团队中的每个球员都可以存储他或她的踢球

数据,并且该团队可以基于当前任意球位置处的比较踢球数据来识别并选择优选的踢球者。

[0121] 每个踢球者的数据不仅可以描述球员的踢球能力,而且可以包括比仅仅表现测量结果1810(即,所述踢球数据和踢球表现)更多的信息。例如,数据可以包括关于球员的健康或身体指标的附加球员信息1820,并且可以包括他或她的来自其他比赛情况的历史表现统计数据1830。这样的球员数据在许多情况下都是有用的,例如,从教练的角度,从球员的发展角度,或者在比较不同球员的踢球能力时。在比赛情况中,可能有一个即将发生的特定的事件1840,它需要对可用踢球者的表现进行评价。该事件不仅可以通过踢球情况来描述,也被认为是比赛情况1860的一部分,其可以进一步包含关于剩余时间、事件类型,比分、球的特性等信息。事件1840还可以包括关于环境1850的信息(地理位置、天气)或对手信息1870(具体的守门员信息,球员位置等)。然后,将球员数据与即将发生的事件结合起来,可以导致通过决策优化器1880进行推荐评价,以获得针对特定球员在即将发生的特定事件的一些推荐。在不同的球员之间,这也可以导致特定的球员推荐1890,例如,考虑到手头的因素,谁是从给定的任意球位置罚球的理想球员,以及应该采用什么踢球技术和速度。图18中描绘了这种决策评估的通用生态体系。

[0122] 其他应用

[0123] 上述原则非常适合用于进攻目的,但是,这些原则也可以适用于防守情况。例如,收集对手踢球数据的防守队可以制定防守计划,以抵御直接任意球。在这种情况下,防守队如果对对手球员的踢球技术有详细的了解,就可以以不同的方式配置人墙,或在不同的位置安排守门员,以优化其防止直接任意球或其他方式进球的机会。

[0124] 上面讨论的原则也可以推广到其他运动,在这些运动中,根据一些测量的发射参数测量和/或评估某种结果的球的轨迹。这类运动的例子是高尔夫、网球、棒球、板球、美式橄榄球、英式橄榄球、羽毛球、乒乓球、欧洲手球、排球、篮球、曲棍球,其中,可以评估导致轨迹的一组给定的数据,以确定其在给定的情况下的性能。该数据可以通过优化器进行优化,该优化器将帮助球员改善其表现,从而最终改善给定情况的潜在结果。通常,本发明特别适合于玩家有时间分析情况并据此执行的情况。在足球中,这些将是典型地是设定的情况,如任意球、点球、掷界外球、守门员发球、角球等。在其他体育项目中,可能是网球、乒乓球、羽毛球和排球中的发球,美式足球中的射门、点球和开球,奥林匹克投掷运动中的投掷。练习情境在一般情况下也确实可以让球员花时间在分析动作之间的情况,然后再一次重复表演,也就是说,虽然情境本身可能没有太多的时间去分析,但原则还是可以运用的。这一点适用于空位投篮、长传、远投、守门员发球、角球等情况。

[0125] 在一个示例中,示例性原理可以应用于网球。网球,像足球一样,具有发射参数,包括垂直发射角、水平发射方向、发射速度、旋转速度和旋转轴。可以以类似于跟踪系统100的方式来实现传感器,并且网球运动员可以被捕获挥杆数据。该系统可以被定制为,例如,优化发球参数,以将球定位在网球场的适当部分(即目标发球场),同时避开网和双打中队友覆盖的任何部分。此外,适当发球场的子部分可以被指定为不太理想的区域,例如,容易返回的区域。以类似于上述对足球守门员描述的方式,可以基于对手的历史数据,对手的当前位置,第一发球和第二发球的状态,对手的速度和技能水平来确定指定不太理想的区域。系统可以通过调整一个或多个参数来优化发射参数,以使球场上的区域最大化,如果球员在

该区域内落地发球,则预计对手不会成功或有效地回击该发球。在另一个实施例中,处理器可以确定用于递送球的区域的等级;例如,预期对手将能够很好地回球、充分地回球、很差地回球或根本不回球的区域。该系统还可以进一步考虑网球的发射前参数,即发球的抛球,对方球员击出的来球的速度、方向、旋转等,以估计球员可击出的球场区域。

[0126] 这样的网球系统还可以具有类似于上面所讨论的学习功能。网球运动员可能会尝试调整他或她的挥杆动作,例如,产生更多的发球的上旋,更多的落球的后/侧旋,等等。通过以图形化的方式向运动员显示掌握不同类型的击球的优点,运动员可以相应地调整其比赛。

[0127] 最后,本发明也非常适用于涉及装置优化的过程。这可能是从装置制造商的角度出发,可以对材料/形状等进行测试和评估,但也可以是在试穿过程中,对运动装置进行定制,以匹配运动员的性能,例如在高尔夫中,球杆的杆长/刚度/杆头重量/尺寸/重量分布/形状等,在足球中,球鞋重量/形状/尺寸/材料,在球拍运动中,弦型/张力/材料,球拍尺寸等。

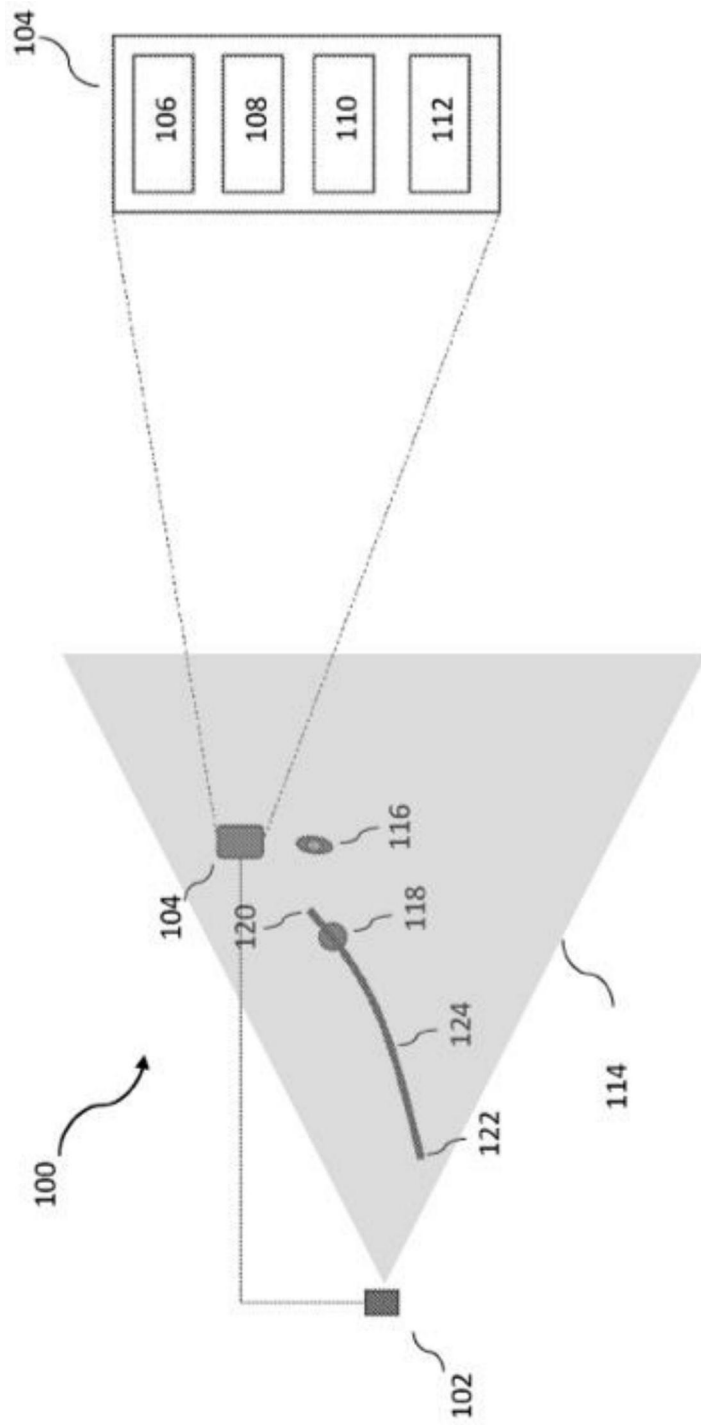


图1

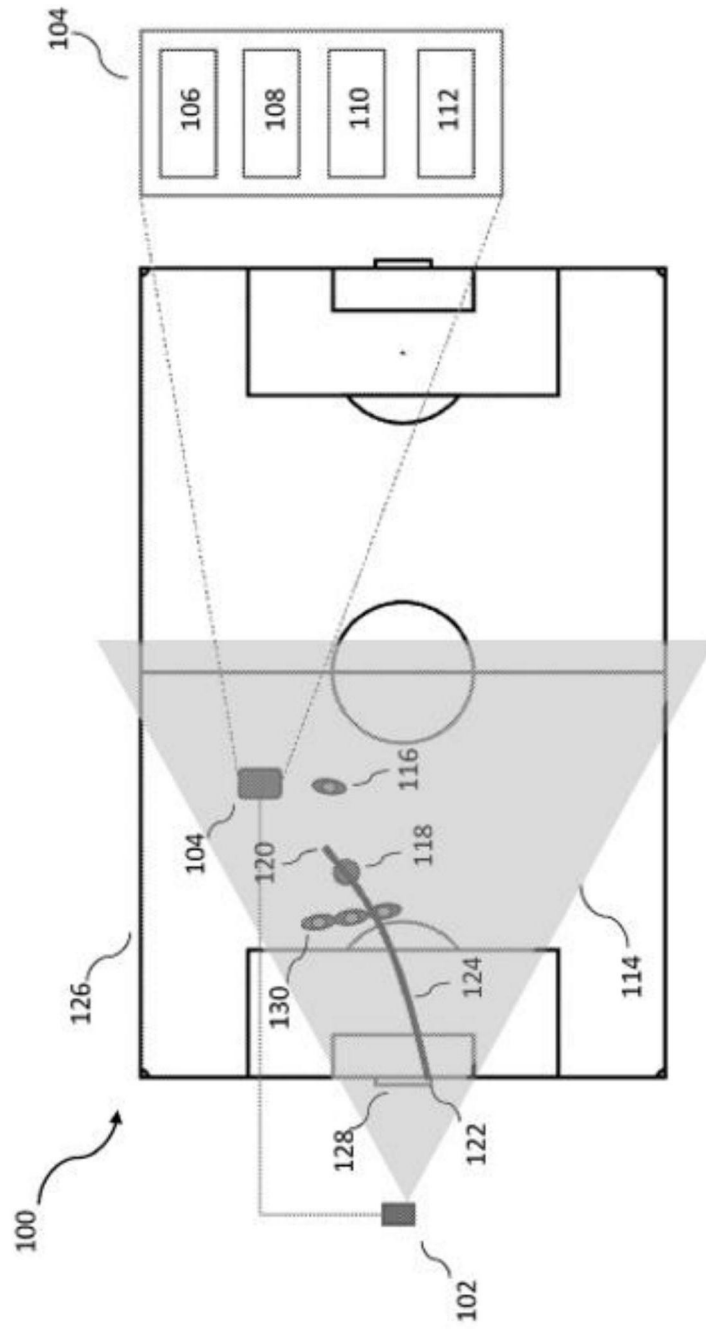


图2

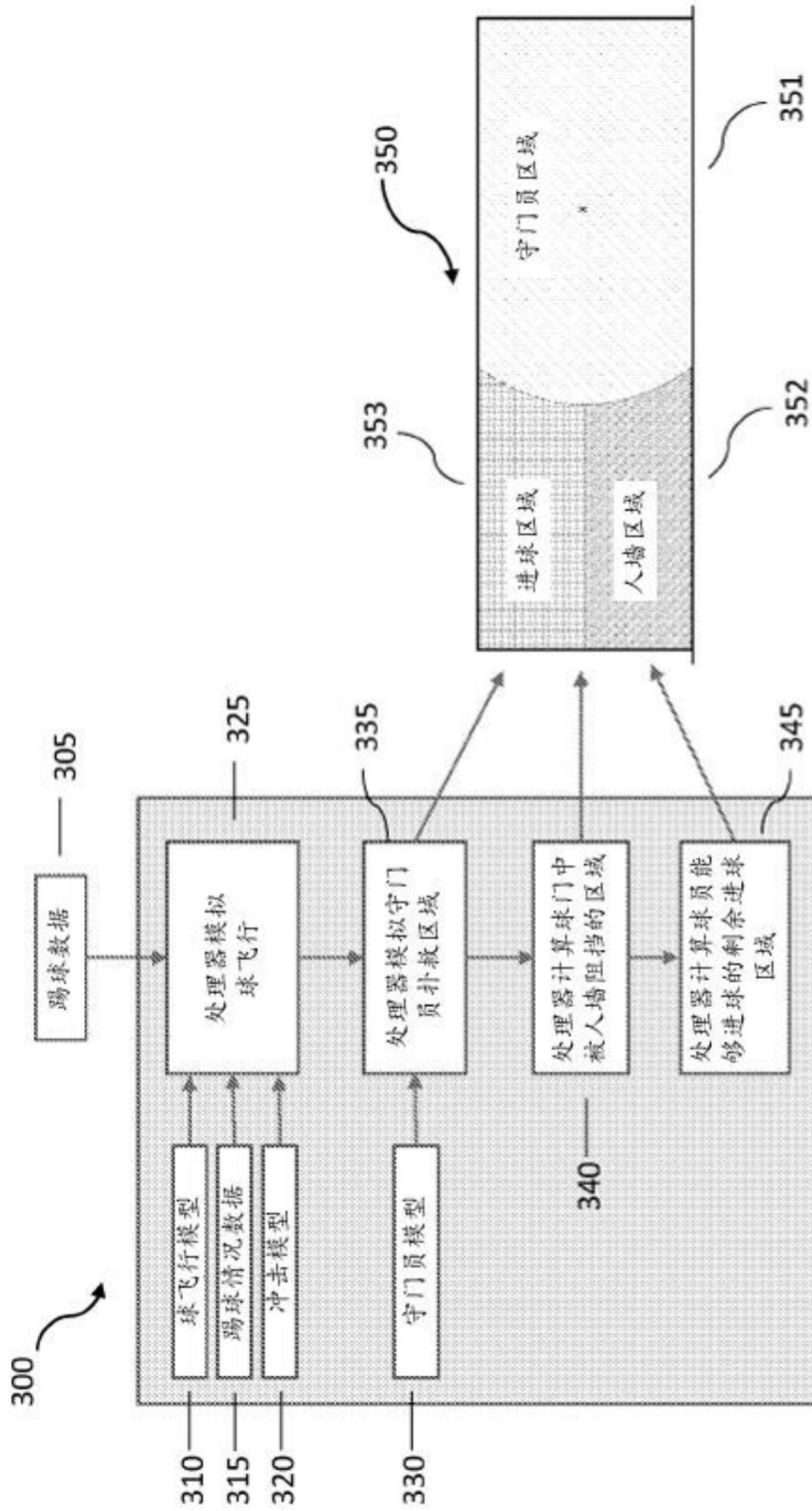


图3

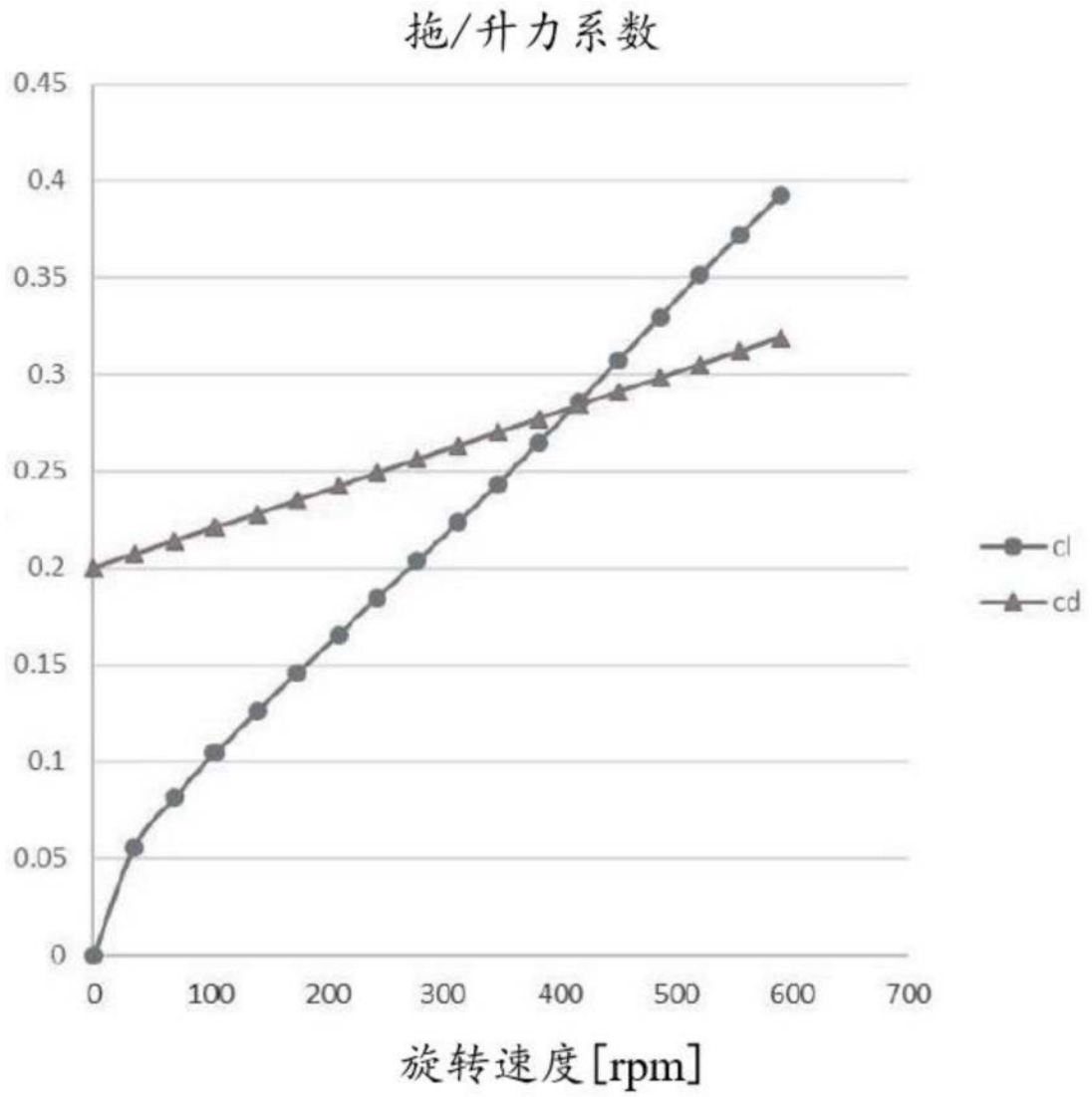


图4

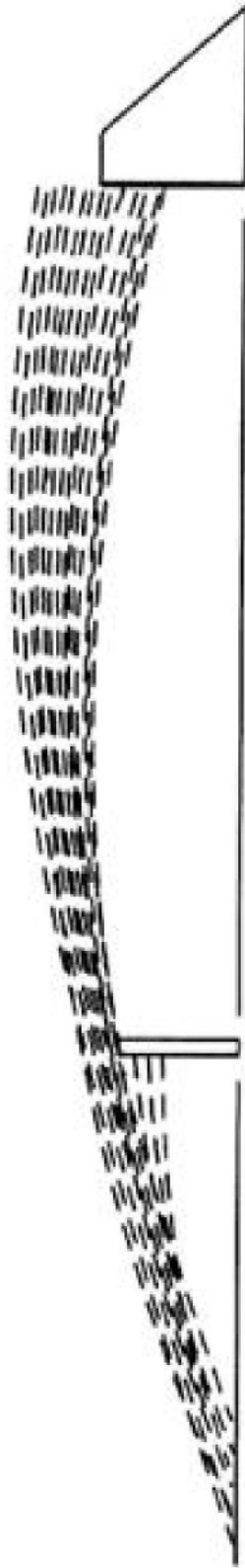


图5

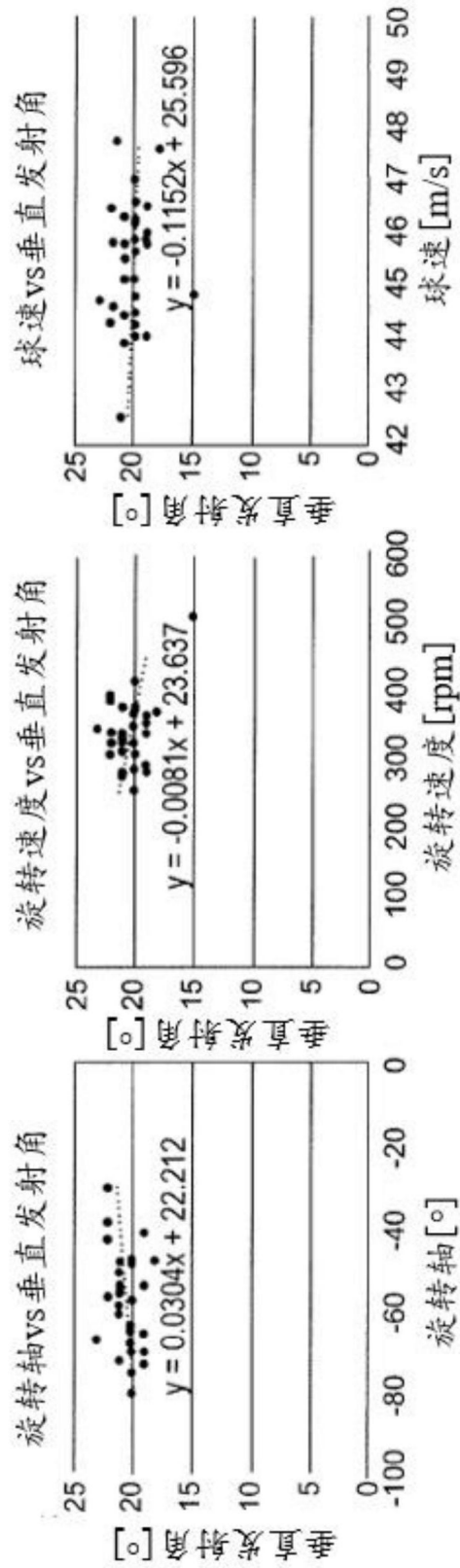


图6

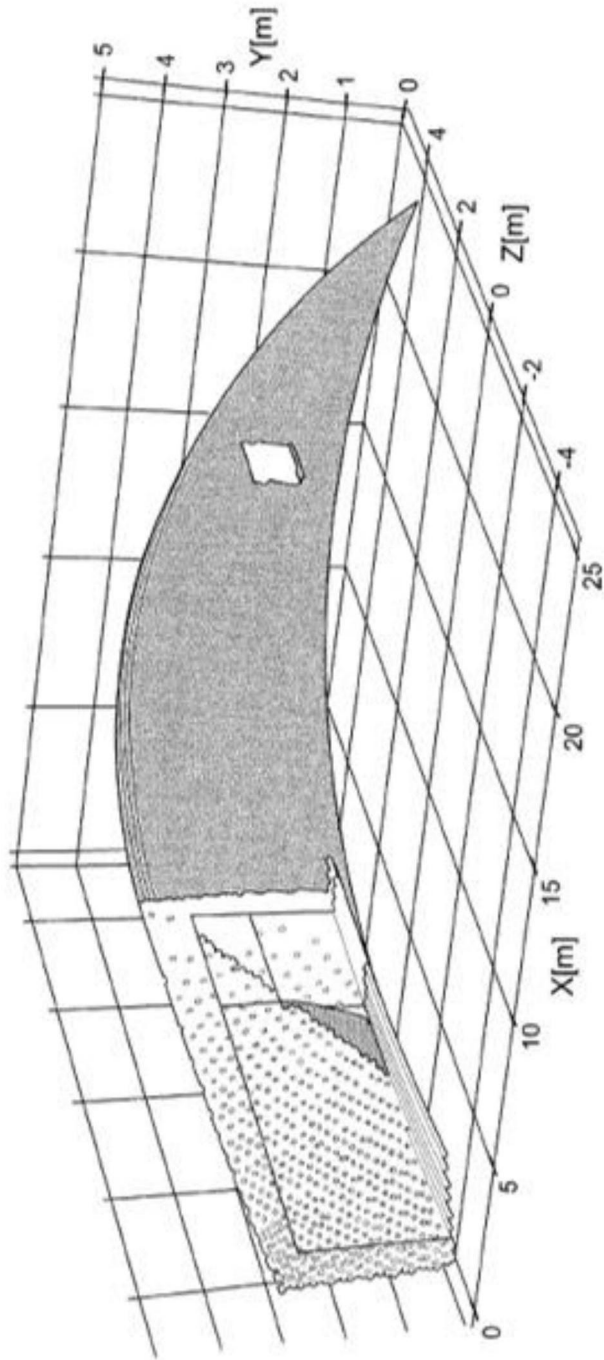


图7

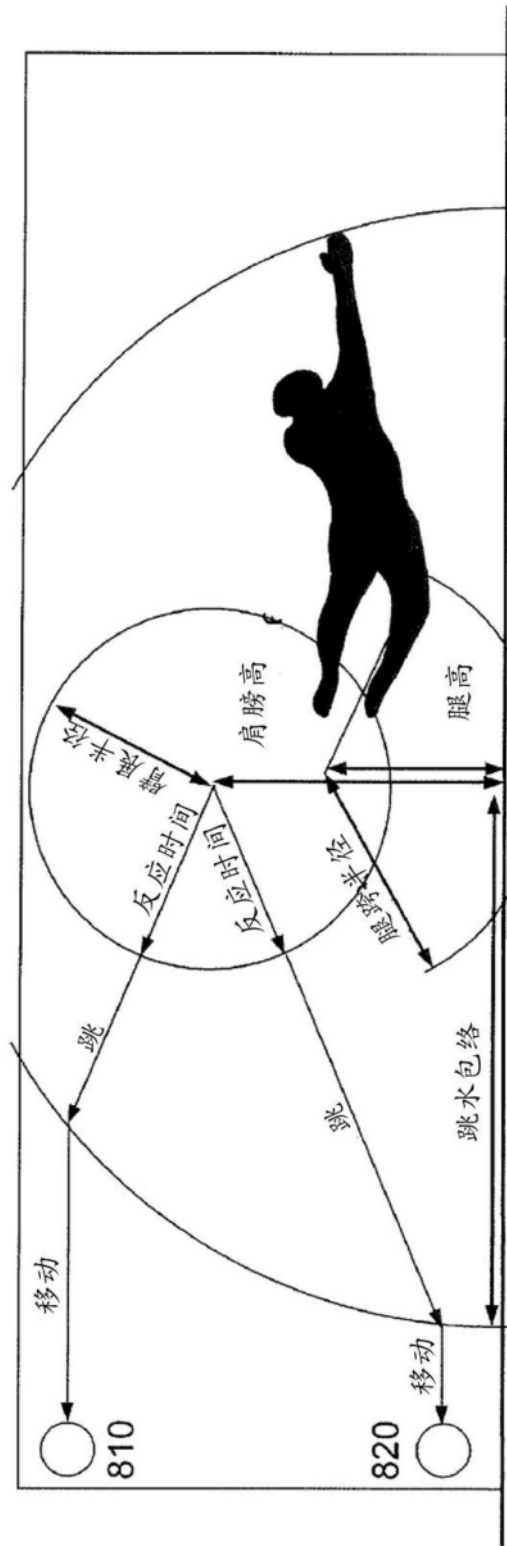


图8

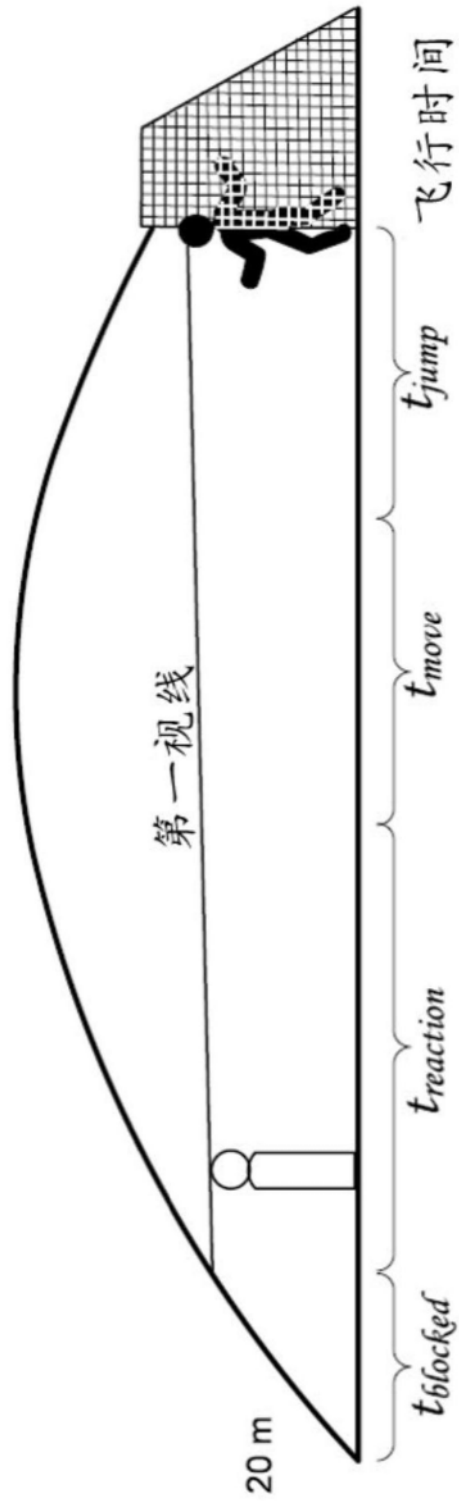


图9

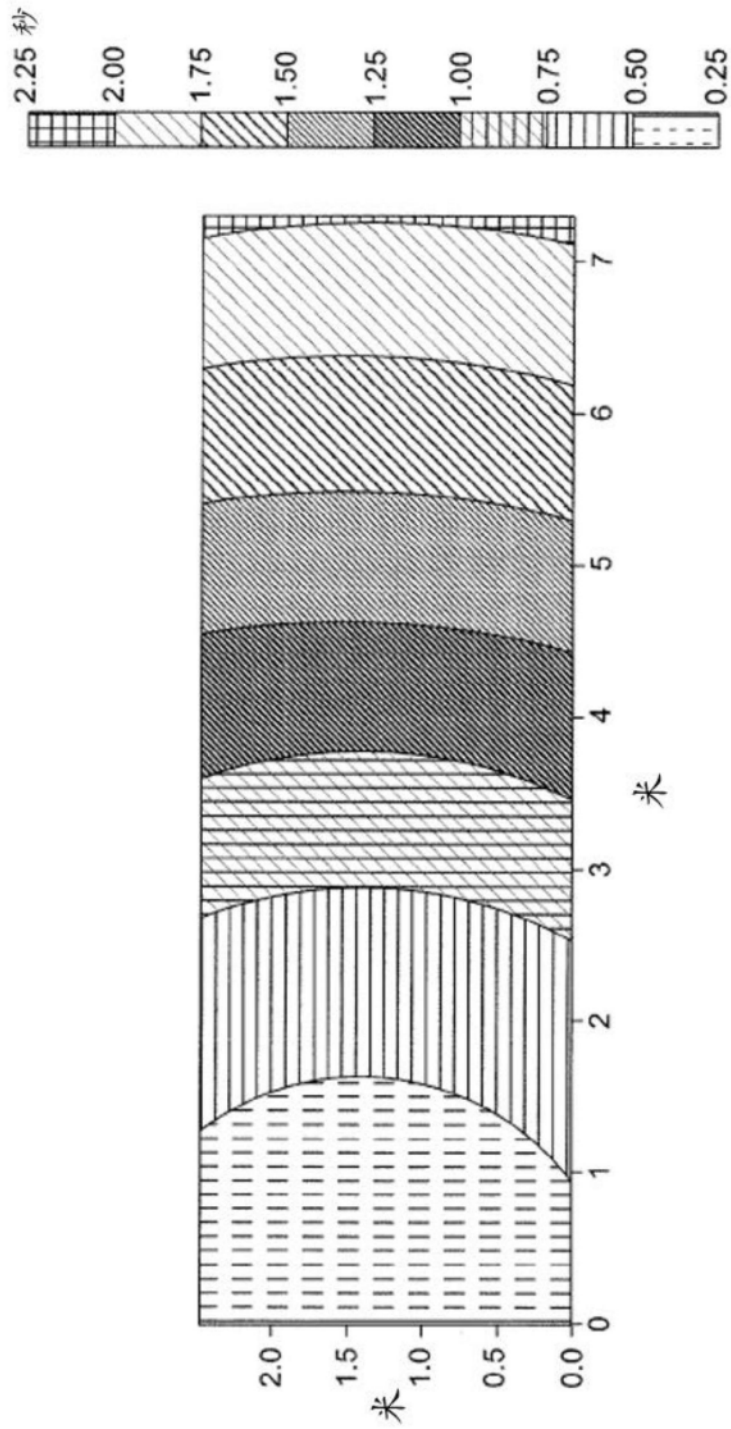


图10



图11

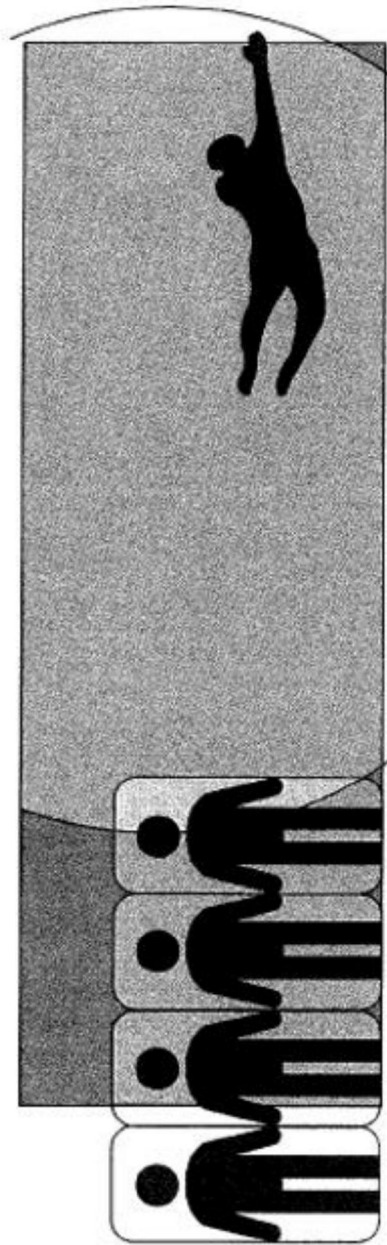


图12

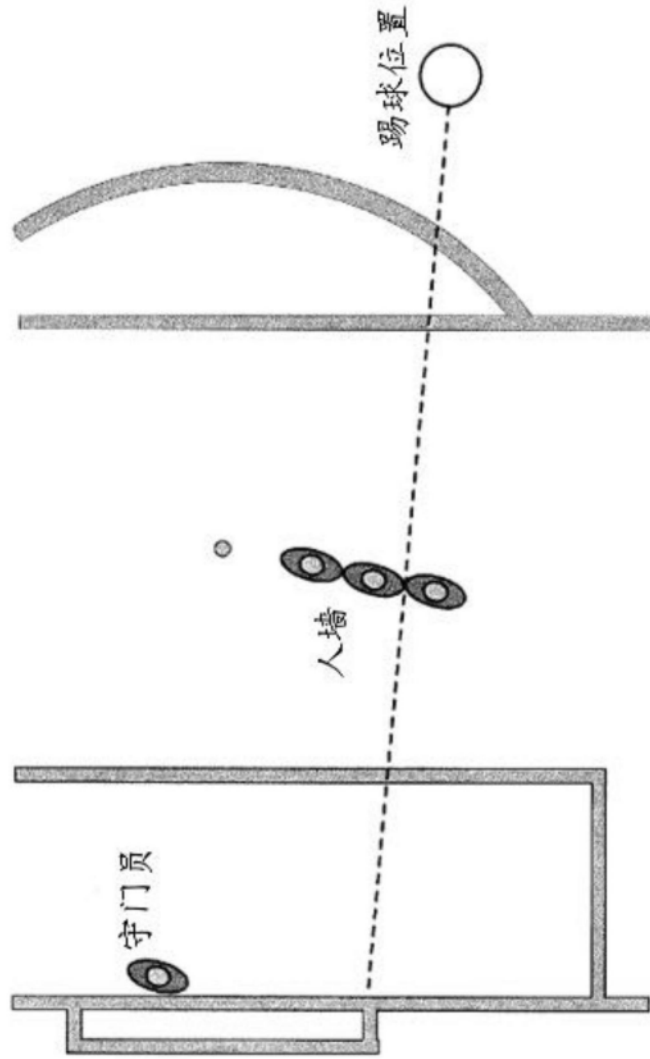


图13

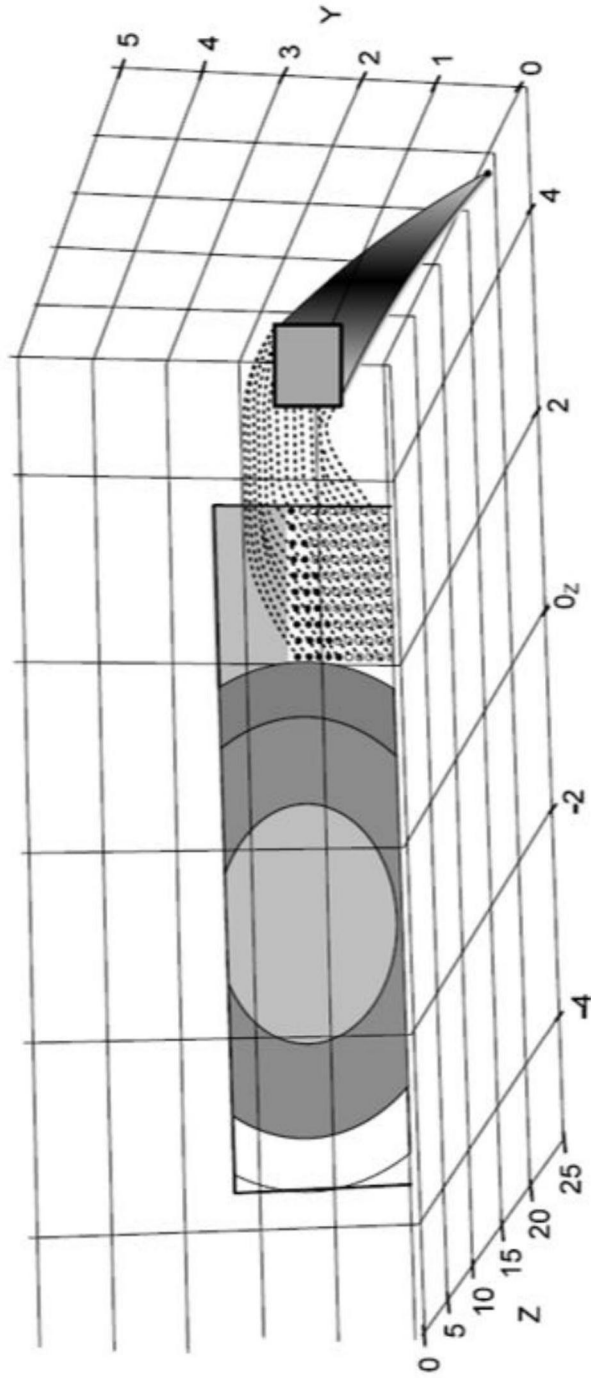


图14

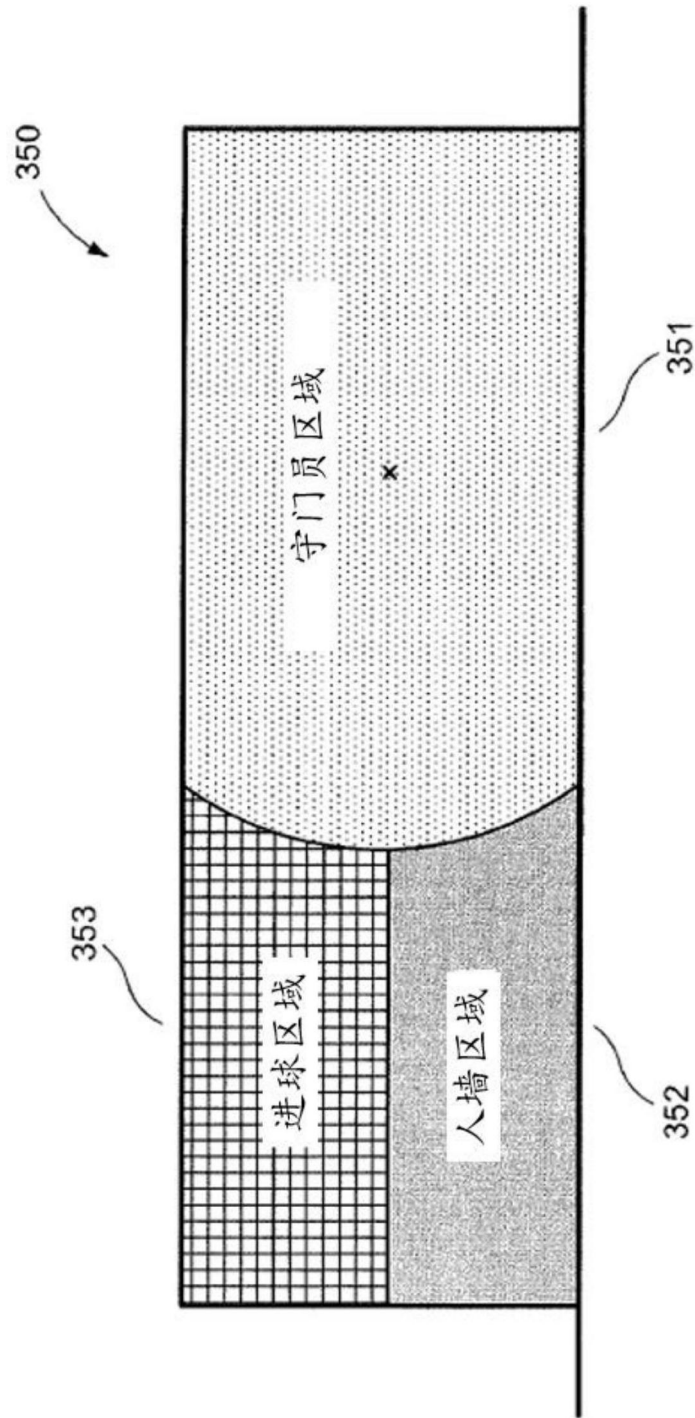


图15

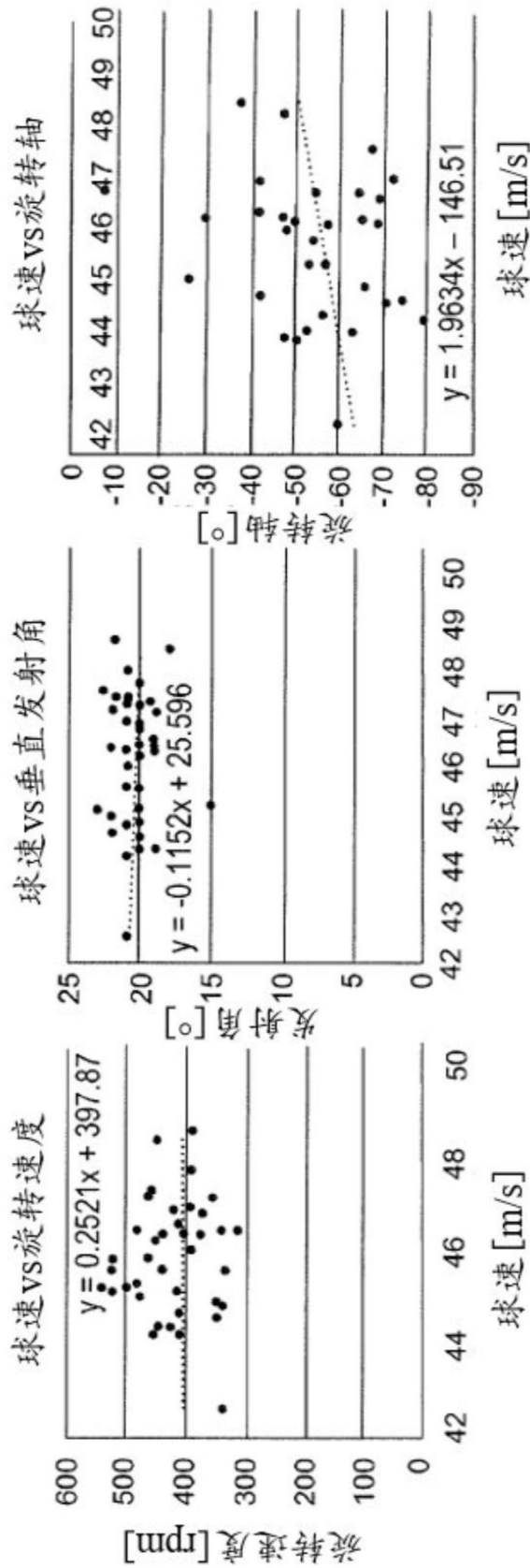


图16

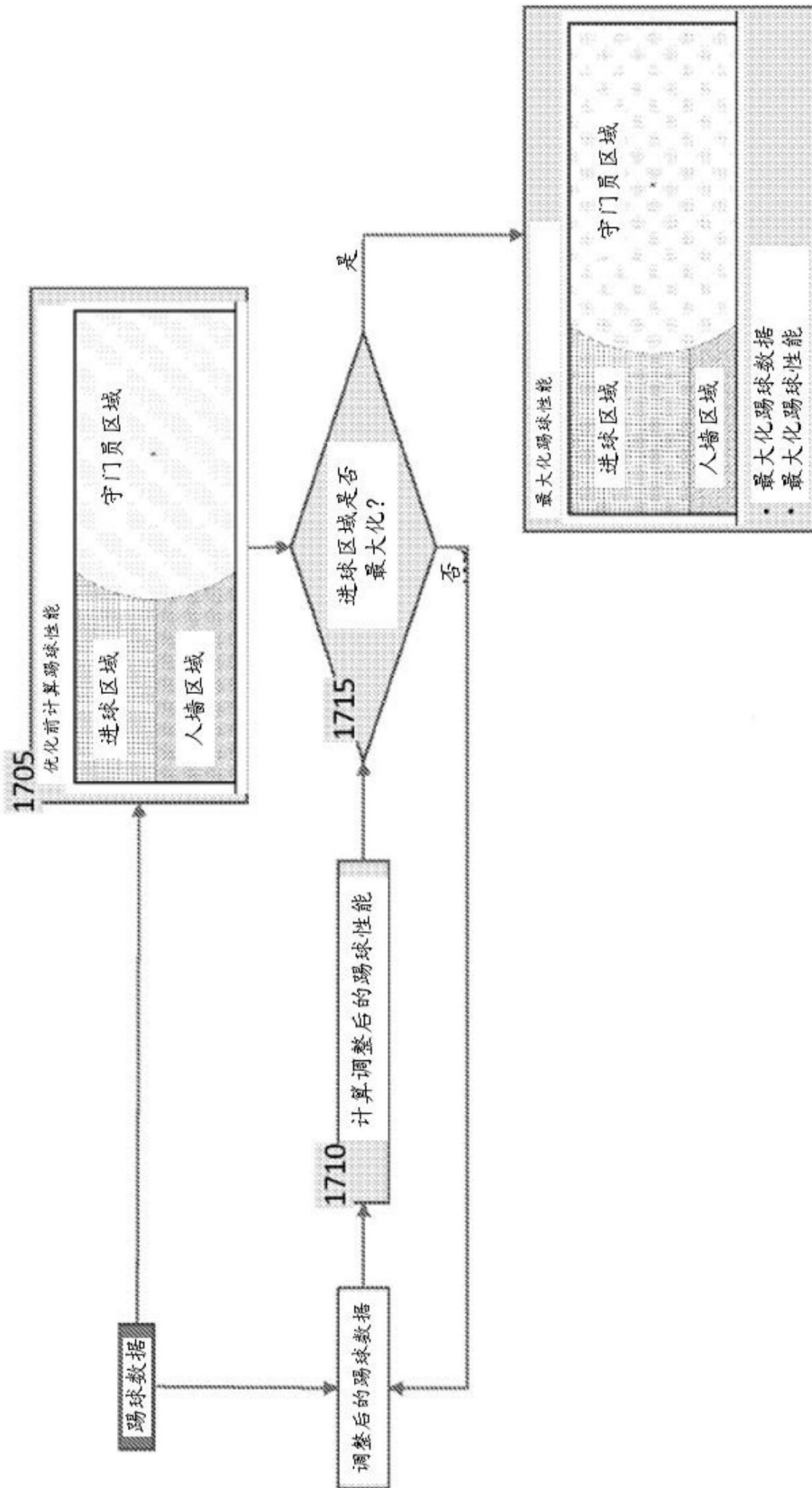


图17

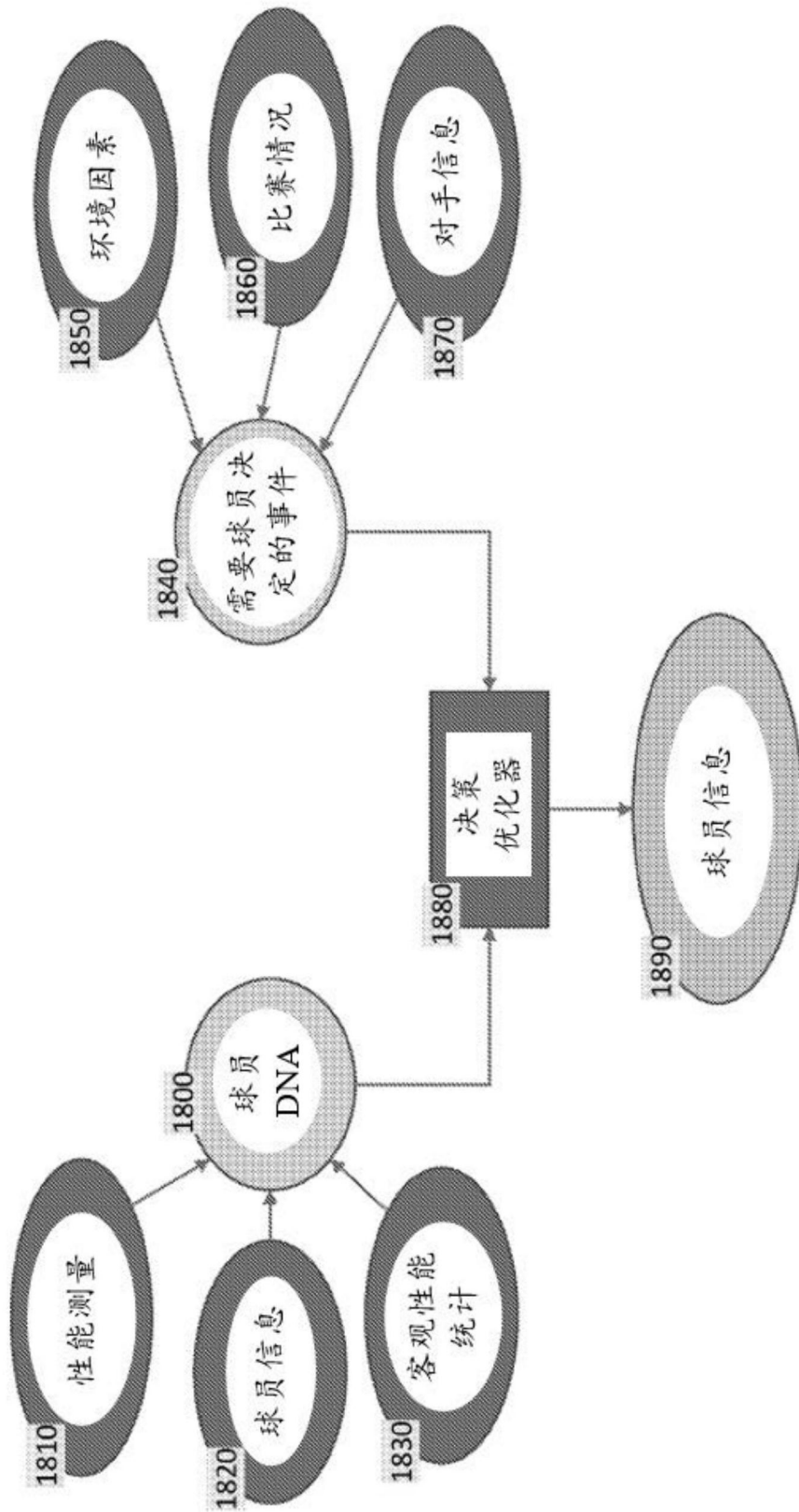


图18