

# 田径科技动态

2022年第3~4期

2022年04月编辑发行

中国田径协会

国家体育总局体育科学研究所 合编

- 余维立：认识与建议：写于2022年春季短跨项目汇报会后-----1
- 程泓人：2021年东京奥运会男女直道栏决赛分段特征-----9
- 冷欣：2020年东京奥运会男子50km竞走比赛分析-----14
- 史东林：我国优秀女子链球运动员投掷技术特征的研究-----18
- 彭秋艳：优秀短跑运动员苏炳添阻力跑和助力跑训练研究-----33

## 认识与建议：写于2022年春季短跨项目汇报会后

国家体育总局田径运动管理中心 余维立

### 一、关于短跑项目发展战略目标和工作方向问题

近12年来，我们坚决贯彻“以接力促单项”的方针，狠抓男女4x100米接力。不仅直接促进了接力项目及有关单项的进步与发展，而且对全国短跑界增强信心、人才培养、队伍建设和水平进步产生了难以估量的影响。东京奥运会后，中国短跑项目又进入一个新的起点，随着时间的流逝，新老交替已悄然启动，新一代高水平人才的培养和进步已迫在眉睫。所以，我们必须从实际出发，结合杭州亚运会、尤金世锦赛和巴黎奥运会备战工作，对自身发展的战略目标做出定位，明确工作的努力方向。我的认识是：

1、从新中国竞技体育发展开始，短跑作为基础大项就一直在田径运动发

展过程中占据了重要的位置。但是几十年来虽有基础性积累和进步，但一直未能有真正意义上的突破，很长时间以来与世界水平的差距越来越大，甚至一度在亚洲也失去竞争实力。从2010年广州亚运会开始，在田径中心领导下，坚决贯彻“以接力促单项”的基本战略，以4x100米接力项目为龙头，加强领导、广积人才、全面保障、提高要求，战胜无数困难、干扰和挫折，在短短几年时间里就有了质的飞跃和突破（男子4x100米获得亚运会亚锦赛冠军，世锦赛亚军，奥运会第4名，多次破亚洲纪录，男子100米突破10秒进入世锦赛决赛，获亚运会冠军等）。直至现在仅12年时间，我们又获得男子4x100米奥运铜牌，男子100米以9.83秒进入奥运决赛并获第5名，男子200米达到19.88秒，女子4x100米获得奥运第6名，亚运会冠军等优秀成绩。

2、“以接力促单项”不是简单的文字改变或游戏，它是一个项目战略目标的确定，意味着政策倾斜、组织结构、资源优化、管理方法以及训练要求、科技助力、外训学习等一切方面的质的变化。

3、从阶段性战略发展的目标而言，接力是当前中国短跑运动最适宜作为重点狠抓和发展的项目。它的队伍组成、训练要求、比赛过程都比单项更复杂更充满变数，强弱优劣的瞬间变化极多，成功的机会很多，失败的因素也更复杂……而这一切正符合以举国体制为努力要求的我们的现实。我们可以集中全国优秀人才，高度集中，长期磨炼，以准确的交接技术和默契的配合，弥补我们在整体速度上的短板，去抗衡世界上所有队伍的挑战。从当前任务和发展而言，4x100米接力是中国短跑运动最有把握进入奥运会世锦赛决赛圈的项目。如果新老交替顺利、临场发挥正常，这个项目也是冲击世界大赛奖牌甚至成为新的金牌增长点的最有希望和可能的项目。

4、这些年在接力项目带动促进下，在单项上也逐步表现程度不同的进步（男子100米9.83秒，200米19.88秒，女子100米破11秒等），这种“接力促单项”的趋势还可以持续发展，但前提是接力项目的持续发展。单项的进步可能会造成一些错觉，以为我们的单项现在也可以在世界大赛中争奖冲金了，其实这不现实。起码在巴黎奥运周期，除极个别高水平老运动员在个别单项上可力争进入决赛外，其余都还有明显差距。在发展战略和工作方向问题上，不能一叶障目、不见泰山。更不能以发展单项为名，重回各自为政分散训练的老

路。

5、接力队伍的组成当然应以成绩和经验为标准，接力训练又是发展速度和培养新人的最好手段。而今年正是锻炼和培养新人的时机，可以通过亚运会任务锻炼新人，尽快组织队伍落实训练，在基本成型基础上视情况和需要在赛前适当补充老人。这也应该是巴黎奥运会起步的雏形，必须有计划有要求地开展工作了。接力的队伍组成和训练参赛有许多具体问题需要妥善处理和解决，特别是教练员运动员的祖国培养和为国争光意识的强化，教练员的胸怀、知识和经验，运动员的自律、刻苦与配合等。但这些都是后续工作，在确定战略目标和工作方向后才能有的放矢地解决。所以，我建议：以4x100米项目作为近阶段（巴黎奥运会或再稍后一段时间）中国短跑运动的战略目标，继续“以接力促单项”为工作方向和努力的抓手。确保新人的培养和成长，确保在这一阶段世界大赛中接力项目地位的巩固与进步，促进单项的质的进步。

## 二、关于练赛结合和当前参赛问题：

1、自从疫情发生以来，训练工作损失最大的就是竞赛。两年多时间，国际比赛及与高水平国外选手的对抗（东京奥运会除外）几乎全部停止了。国内竞赛也大幅度减少（一年只有寥寥数次）。这对训练水平提高和竞争能力进步，带来不可估量的损失。由于严重缺赛，相当数量运动员在训练中的付出和可能的进步，随时间的流逝而被付之东流。今年冬训以来，又因疫情原因取消了多场比赛（室内比赛已完全取消了），而且还不可预计从现在开始的室外竞赛能否如期举行？所以，当前影响我们进步的最大的瓶颈就是参赛问题。如果不能有效解决，练赛结合就是一句空话，今年的世锦赛亚运会也会大受影响，停滞不前的危险只会增大。

2、汇报中多个项目谈到参赛问题，但基本停留于希望或愿望，缺乏改进和操作的具体措施。当然，这确实不是项目管理之所长，也不是一个项目可以自行处理好的事情。国内竞赛面对所有人，是解决问题的基础，必须由协会牵头，各方协作，职能部门主管结合实际情况统一提出具体的实施办法，各自为政不可能有效解决矛盾和问题。此外，国际比赛也不能无限期停下去。目前已有个别项目运动员出国训练了，应特别强调出国不是换一个训练地点，而是必须更好贯彻练赛结合、以赛带（代）练方针，在多参赛要求下，促进训练水平

和竞赛能力的提高。

3、前些天与苏炳添通话谈到刚举行的世界室内锦标赛，男子60米冠军成绩为6.41秒（意大利雅各布斯、东京奥运会100米冠军）。我说如果你参加此次比赛也可以争取夺冠。他表示目前不具备参赛条件。东京奥运会后社会活动过多，影响了训练的系统性，特别是参加香港的庆祝活动，由于前后的隔离要求又使已有一定系统的基础训练被迫中断。当前已到室外赛季，他却还在继续完成冬训遗留的训练任务，可能只有寄希望参加下半年的钻石联赛和亚运会了。他还谈到如能参加明年3月南京室内世锦赛，应争取60米突破6.4秒。60米与100米相关系数极高（0.86），如能破6.4秒，则百米轻松可破10秒，甚至达到9.90秒左右。像苏炳添这种情况的运动员应该还有不少，虽然水平不同，但训练的积累已使他们具备了进步的可能。万事俱备只欠东风，如没有竞赛特别是高水平竞赛，进步的希望就会落空。对此，应有认识上的紧迫感和行动上的执行力，尽快解决落实。

### 三、关于体能训练有关问题：

东京奥运会和北京冬奥会已经结束了，中国代表团在两个最高水平大赛中都取得了优异的成绩。所以，备战过程中关于体能训练的争论似乎也偃旗息鼓，一片歌舞升平了。而在汇报中虽然几乎所有项目都提到强化体能的问题，但并未真正有结合实际的针对性措施和方法。给人的印象就是，大赛结束了，“船到码头车到站”，可以“刀枪入库马放南山”了。观望、彷徨，等待“人走茶凉”的情绪是明显可以感觉到的。

1、我始终认为，以力量为基础的专项体能（身体素质）训练，是中国田径运动多数项目挖掘极限潜能和争取专项进步的突破口。选择这一点为突破口，就是认为在影响我们进步的诸多因素和问题中，这是一个最关键的因素和最重要的问题，集中精力突破这一点可以盘活全局。我们承认，与欧美运动员特别是黑人运动员相比，我们在一般身体条件（身高、体重、肢体长度与比例、肌肉类型、神经类型、心血管系统功能及生理生化指标等）和基础素质方面（基础力量、爆发力量、力量耐力、速度、耐力、柔韧性、灵活性等）可能存在程度不同的差距与差异。而通过有针对性的专项体能训练，可以使差距和差异转化为潜力。专项体能的提高，对不同项目的技术和能力等多方面都会带来积极

的促进作用。最重要的是，与先天遗传因素决定的身体条件相比，专项体能（身体素质）很大程度上是后天有针对性训练的结果。我们个别项目几十年前就提出过“带着专项意识练力量”的口号并取得明显成效（女子标枪项目），但其他多数项目缺乏认识的深度和自觉性，在训练中仍然走老路，走过场，流于形式，缺乏针对性，当然也就难以发挥应有的作用。短跨项目受传统训练方法影响很深，在专项体能训练方面差距很大潜力也很大，有许多工作要做。田径协会为未达标东京奥运会的项目举办强化体能训练营，这当然是恶补短板积极措施。短跨共有 11 个项目，达标与不达标基本上各占一半左右，那些已达标项目的优秀运动员和年轻新秀，他们的专项体能应该同样重要。集中恶补只是措施之一，更多时间应是在日常训练中结合不同情况，有针对性地认真努力，大胆创新，发挥特长，弥补短板，系统坚持，监控落实，争取在发展专项能力和促进水平提高方面取得真正的进步。短跨最有希望达标参赛的男子 400 米和 4x400 米项目，我很赞同李涛汇报中关于加强吃苦耐劳、艰苦奋斗、勇于牺牲、顽强拼搏精神的要求，因为这确实是当前的一个重大短板和缺陷。但这个问题在训练上应落实到什么地方呢？除教练组已有考虑和计划外，

#### **我个人建议：**

第一，是加强有氧代谢能力的锻炼，每周至少应有数次有计划有要求的长距离慢跑（目前不可能有长时间激烈对抗的球类或游戏活动，应该或只能将长距离慢跑重上日程。3KM 只是测试手段，训练中应该跑到 5KM/8KM/10KM 不等，起码不能比乒乓球羽毛球运动员跑的少，因为我们是 400 米项目！至于是匀速，变速还是有其他要求，根据需要安排）。我们不能嫌枯燥也不能怕累。

第二，建议设计完善直接促进专项能力提高的训练手段，在完成次数、距离、时间以及难度等方面要求，均不低于甚至超过 400 米跑本身。

简而言之，就是在系统安排严格要求前提下，要让运动员体会到这些手段比专项跑更累更艰苦，对机体更有刺激，能够直接促进专项能力的提高。

2、一般与专项的矛盾是前些年有关体能训练争议的焦点。一些项目强调体能训练和测试的手段与专项无关，没有实际作用，浪费时间且让运动员为难，其中争议最大的是引体向上和 3000 米跑这两个测试手段。我的认识是：体能训练当然有一般与专项之分。所谓“专项”就是与运动员所从事的不同项目的项

目特点、技术要求、用力形式等密切相关的方法与手段。所谓“一般”是指具有基础性功能和共性原则的方法与手段，是对几乎所有项目所有人都适用，都可以进行训练并获益的方法手段。我就以两个争议最大手段为例：以增强人体吸入、输送与使用氧气能力为目的的耐久性有氧代谢运动(理论上可以包括步行、跑步、骑车、游泳、跳舞、滑雪、各种球类活动等持续时间较长的运动)，这是无氧代谢工作能力的基础，也是工作能力和恢复能力的基础，更是健康水平的基础。所以，类似长时间(长距离)越野慢跑等手段，就是短跨项目特别是200米、400米项目运动员的必不可少的基础训练。

总局领导指出谢震业3000米跑成绩不如体操队小孩，作为以200米为主并兼多项的运动员，自然是很中肯的批评。对于这种明显的问题和短板，必须认真抓紧改进。我们其他短跨运动员特别是200米、400米项目的运动员也应从中吸取教训，这不是与谁比高下的事，而是促进专项成绩进步的需要和基础。此外，体能训练是以力量为基础，力量训练又可分为绝对力量和相对力量。我们把运动员单位体重所具有的最大力量视为相对力量，所谓相对力量训练指的就是克服自身体重的力量训练。这也是对所有项目所有人都有重要作用的训练方法(特别是女运动员和大体重运动员)。

争议最大的引体向上就是典型的相对力量训练手段(无支撑无助力悬垂离地情况下，依靠手臂用力，克服自身体重拉起身体)，这个手段对几乎所有人都有锻炼和提高的作用与价值。但它的用力形式特殊，许多人不适应(中学男生体测中也是最难达标的项目)，尤其初试时非常难，所以不希望练此手段(或测此手段)者甚多，形成一股反对的潮流。我们平时重视的是抗阻类的绝对力量或负重力量训练，对相对力量训练缺乏深入了解，特别是相对力量训练对身体的控制、平衡、不同用力形式的准确用力和控制，力量的有效使用以及相关的柔韧性、灵活性等的重要作用知之甚少，所以在训练中很少采用。两年前，我曾以女链球运动员王峥为例(体重大，伤病多，绝对力量很大，高翻达100KG，深蹲达180kg以上。但引体向上只能完成2次左右，有时甚至一次也完成不了)。如果有针对性地坚持训练，争取能拉10次或更多，对其身心和力量使用以及运动能力是有益还是不利？相对力量的训练手段还有许多，如双杠双臂屈撑、俯卧撑、肋木举腿、单腿下蹲，原地单足跳抬膝及多种跳跃练习等。我

们只要加深认识、创新手段、合理安排、提高要求，把“一般”与“专项”手段有机结合，有用者皆用，能用者皆用，短跨项目的体能训练一定会真正有效促进潜能挖掘和成绩水平的提高。

#### 四、其他有关问题：

1、汇报会上反复提及的一点是“全项（目）参赛”问题。我的理解这是针对奥运会达标参赛的问题（东京奥运会田径有一半左右项目达标，短跨项目也大致如此）。所有项目都达标参赛，这当然是一个振奋人心的成果，说明我国田径运动整体水平达到了一个全面的新高度。对此，我们有必要努力争取。但与此同时，我们又必须看到，这是一个长期而艰巨的努力过程，非一朝一夕之功在短期内可以完成。比如巴黎奥运会就绝无可能实现，有时间太短，人才储备条件不够及项目发展不平衡等原因。我的认识是：从现在起，可以作为一个长期目标认真努力，但切不可作为短时间（如巴黎奥运会）必须完成的任务，更不必作为当前备战工作的目标任务。否则会反客为主，在时间、精力、经费和工作操作上浪费有限的资源。建议将未达标项目排队，根据目前实际情况和可能，选择可以有所突破的部分项目加以强化（如短跨项目中的男子400米和4X400米），争取巴黎奥运会达标参赛项目超过东京，迈出实际的进步步伐。

2、从汇报中可以了解到，一批年龄较轻条件较好有培养前途的新人已开始在国内崭露头角。但一个可能存在的问题是定项很早，18到20岁前似乎已决定了发展的专项。这种情况不利于年轻运动员的全面发展和进步，因为我们训练中的习惯认定就是，一旦定项就以参加这个项目为主，训练也集中于所定专项的需求（如定100米为主项，则不再或很少涉足200米。同样如定200米为主项，则训练的方法手段也大多偏于200米的需求）。目前这一批准备接班的年轻运动员，正处于训练的上升期，技术、素质、能力的可塑性很强，不宜以一时需要过早定项，限制他们的发展。建议采取一专多能的总体要求，在以速度发展为先导的前提下，100米、200米项目都要努力发展，特别是在参赛问题上两项都积极参加。可能情况下应该鼓励部分运动员尝试参加400米比赛，也许会通过实践带给我们新的启示和成果。

3、汇报中400米项目明确速度是最重要的进步条件，也是我们当前急需弥补的短板。但同时又反复强调速度耐力“更为重要”，所以解决办法仍然是“合

理安排”。但几十年实践告诉我们，这种合理安排是“既要又要”心态的反应，实际并不合理，大多偏重于发展速度耐力等能力训练。这种狠抓专项能力的训练短期就会有成效，但难以达到真正的高水平。李涛汇报中希望400米运动员达到100米（电计时）10.50秒，200米21秒左右，应该不是很难的标准，但必须早抓真抓才可能成功。这种情况下，是否应该有发展和要求的先后顺序？能否对具有发展前途的新人首先倾斜以速度发展为主的训练，不要以各种理由两者并重？关于这个问题，我举两例供参考。其一，是我个人例子：我是自上世纪七十年代迄今，全国唯一一位100米/200米/400米都曾较长时间同时名列榜首的短跑运动员。我的主项是100米/200米，从未进行过400米的专项能力训练。但因为大腿后肌反应大常拉伤（曾两次拉断股二头肌肌腱，两次手术缝合），所以为避免受伤，在后肌有反应情况下就报名参加400米比赛。结果歪打正着，连续多次创造全国纪录并保持近8年时间。我与其他专攻400米的同行相比，就是速度水平更高（手计时100米10.1秒，200米20.8秒）。参加全国比赛第一天跑三枪100米夺冠，第二天照样可比400米。虽然从未练过400米的专项能力（从未跑过500米，也没有全速跑过300米），但比赛后程依然最快，因为分段跑进中速度储备更大。这是半个世纪左右的事了，但其道理和规律是相通的，可否大胆一试？其二，上个世纪八十年代，国家队十项全能运动员龚国华为弥补短板、努力提高速度水平，申请到短跑组练速度。陈家全教练答应了他的请求，但条件是从冬训开始至第二年赛季这几个月时间，必须和短跑组运动员同吃同住同训练（管理和要求完全一致），不能练速度时在短跑组，其他时间又回全能组去练投掷、跳跃、跨栏或1500米等。龚国华和他的教练经过思想斗争同意了条件。几个月时间里他完全跟短跑组活动与训练，放弃了全能所有项目的技术和能力训练。半年时间过去了，龚国华参加全能比赛，以8000分左右（具体数字记不清了）的成绩破全国纪录并夺冠。他的十个小项有六项提高（都与速度进步有关，包括100米、400米、跳远、110米栏、撑竿跳高和1500米）。这个例子，一方面充分说明速度在田径所有项目训练中的重要作用。另一方面说明，事关大局和方向，必须果断决策有所取舍，有舍才有得。没有重点没有创新，满足于所谓的“合理安排”，是不可能真正的突破的。

4、这次短跨汇报会的另一特点是高指标。对巴黎奥运会任务而言，无论是成绩指标还是名次指标都很高，看了使人振奋也有一些担心。对这些指标自然不便具体置评，当然衷心希望能够顺利实现。同时必须指出，如果缺乏真正的实力和可能，指标就有应付之嫌。就会造成对形势的误判，进而影响到工作中的实际努力和效果，最后以失败告终。实事求是，是唯一正确的努力方向。

## 2021 年东京奥运会男女直道栏决赛分段时间特征

程泓人 苑廷刚 国家体育总局体育科学研究所

男子 110 米栏决赛在 2021 年 8 月 5 日的中午进行，最终该项目大爆冷门！头号种子、美国名将霍洛威在后程出现很大的失误，最终被牙买加名将帕切门特抓紧逆转。帕切门特以 13.04s (-0.5m/s) 夺冠，霍洛威以 13.09s 摘银，另一位牙买加选手勒威以 13.10s 摘铜。本届奥运会中国队派出名将谢文骏参赛，他最终闯进了半决赛，半决赛中第二组出场，跑出了 13.58s (-0.1m/s) 的成绩位列小组第五，未能晋级决赛。第一组中的中国台北队选手陈奎儒跑了 13.57s (+0.1m/s)，同样是未能跻身决赛。

本届奥运会男子 110m 栏项目最受关注的运动员是美国名将霍洛威，他在东京奥运会之前相继在西班牙马得里的室内 60m 栏比赛中跑出 7.29s 的成绩，打破男子室内 60m 栏的世界记录，随后又在美国奥运会选拔赛上跑出了 12 秒 81 的世界历史第二好成绩，距离美国人阿丽斯·梅里特创造的 12 秒 80 的世界记录仅差了 0.01s。在本届奥运会之间，霍洛威无疑是最大夺冠热门，甚至人们更多的是在期待他能否破世界记录，对于奥运冠军似乎没有任何悬念。实际上他在东京奥运会的前两场比赛分别跑出 13.05s 和 13.13s，预赛和半决赛都是第一。但是什么让他最后丢掉了冠军，从下表 1 所示的东京奥运会男子 110m 栏的分段时间中可以看出

一些问题。

霍洛威决赛扣除反应时的起跑至1栏用时2.34（本数据分析是从运动员起动的第一帧开始计时），加上反应时（0.136s）预计2.48s完成第一栏，是所有决赛选手中最快的，比获得冠军的帕切门特快了0.12s。随后在1栏至4栏的加速阶段，霍洛威与帕切门特同用了2.99s；4栏至7栏的最大速度阶段，霍洛威比帕切门特快了0.01s，也就是说此时霍洛威已经建立起了0.13s的领先优势。7个栏意味着全程完成了68.56m，在仅剩约40m的距离内要想追上0.13s的差距并非易事。但霍洛威在随后第7-第8个栏间出现了巨大的失误，他的重心突然下沉的很严重，栏间三步变得很吃力，再艰难的跨过第8栏后，霍洛威在这个栏间用时下落至1.07s，帕切门特趁机在一个栏间就追回了0.06s。跨栏是一个对全程节奏要求极高的项目，节奏上调整往往会影响肌肉的发力 and 能量供应使运动员消耗更大的体力。经历了这次起伏后霍洛威的体力受到极大影响，导致第7-第10栏保持速度阶段共用时3.16s，是所有决赛选手中用时第二多的。而帕切门特依靠这段区间稳定的发挥抹平了0.13s的差距，最后在10栏-终点的冲刺阶段完成了绝杀。而体能消耗极为严重的霍洛威在最后约13m的平跑中仅跑出1.61s的成绩遗憾落败。

表1 东京奥运会男子110m栏的分段时间数据

| 男子110米栏           | 日期      | 2021.8.5 |      | 风速   |      | -0.5 |      |      |      |       |       |      |       |       |      | 决赛   | 道次/名次 | H1-H4 | H4-H7 | H7-H10 |
|-------------------|---------|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|
|                   |         | H1       | H2   | H3   | H4   | H5   | H6   | H7   | H8   | H9    | H10   | 110m |       |       |      |      |       |       |       |        |
| PARCHMENT Hans le | 时间(s)   | 2.46     | 3.47 | 4.47 | 5.45 | 6.44 | 7.44 | 8.45 | 9.48 | 10.50 | 11.48 |      | 13.04 | 7 / 1 | 2.99 | 3.00 | 3.03  |       |       |        |
| 反应时(s)            | 0.130   | 栏间时间(s)  | 1.01 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.02  | 0.98  | 1.56 |       |       |      |      |       |       |       |        |
|                   | 速度(m/s) | 5.58     | 9.05 | 9.14 | 9.33 | 9.23 | 9.14 | 9.05 | 8.87 | 8.96  | 9.33  | 8.99 | 8.44  |       | 9.17 | 9.14 | 9.05  |       |       |        |
| HOLLOWAY Grant    | 时间(s)   | 2.34     | 3.34 | 4.35 | 5.33 | 6.33 | 7.30 | 8.32 | 9.39 | 10.42 | 11.48 |      | 13.09 | 4 / 2 | 2.99 | 2.99 | 3.16  |       |       |        |
| 反应时               | 0.136   | 栏间时间(s)  | 1.00 | 1.01 | 0.98 | 1.00 | 0.97 | 1.02 | 1.07 | 1.03  | 1.06  | 1.61 |       |       |      |      |       |       |       |        |
|                   | 速度(m/s) | 5.86     | 9.14 | 9.05 | 9.33 | 9.14 | 9.42 | 8.96 | 8.54 | 8.87  | 8.62  | 8.71 | 8.40  |       | 9.17 | 9.17 | 8.68  |       |       |        |
| LEVY Ronald       | 时间(s)   | 2.38     | 3.36 | 4.47 | 5.45 | 6.52 | 7.55 | 8.53 | 9.55 | 10.55 | 11.58 |      | 13.10 | 5 / 3 | 3.07 | 3.08 | 3.05  |       |       |        |

|                         |       |          |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |               |      |      |      |
|-------------------------|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|---------------|------|------|------|
| 反应时                     | 0.146 | 栏间时间 (s) | 0.98 | 1.11 | 0.98 | 1.07 | 1.03 | 0.98 | 1.02 | 1.00 | 1.03  | 1.52  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.76 | 9.33 | 8.23 | 9.33 | 8.54 | 8.87 | 9.33 | 8.96 | 9.14  | 8.87  | 9.22 | 8.40  |               | 8.93 | 8.90 | 8.99 |
| ALLEN Devon             |       | 时间(s)    | 2.46 | 3.49 | 4.51 | 5.50 | 6.54 | 7.55 | 8.57 | 9.58 | 10.58 | 11.61 |      | 13.14 | $\frac{6}{4}$ | 3.04 | 3.07 | 3.04 |
| 反应时                     | 0.133 | 栏间时间 (s) | 1.03 | 1.02 | 0.99 | 1.04 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.03  | 1.53  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.58 | 8.87 | 8.96 | 9.23 | 8.79 | 9.05 | 8.96 | 9.05 | 9.14  | 8.87  | 9.16 | 8.37  |               | 9.02 | 8.93 | 9.02 |
| MARTINOT-LAGARDE pascal |       | 时间(s)    | 2.42 | 3.47 | 4.47 | 5.45 | 6.44 | 7.44 | 8.45 | 9.48 | 10.55 | 11.61 |      | 13.16 | $\frac{8}{5}$ | 3.03 | 3.00 | 3.16 |
| 反应时                     | 0.120 | 栏间时间 (s) | 1.05 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.07 | 1.06  | 1.55  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.67 | 8.70 | 9.14 | 9.33 | 9.23 | 9.14 | 9.05 | 8.87 | 8.54  | 8.62  | 9.05 | 8.36  |               | 9.05 | 9.14 | 8.68 |
| MARTINE Asier           |       | 时间(s)    | 2.50 | 3.51 | 4.54 | 5.55 | 6.60 | 7.59 | 8.69 | 9.68 | 10.70 | 11.63 |      | 13.22 | $\frac{2}{6}$ | 3.03 | 3.14 | 2.94 |
| 反应时                     | 0.155 | 栏间时间 (s) | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 0.99 | 1.10 | 0.99 | 1.02 | 0.93  | 1.59  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.49 | 9.05 | 8.87 | 9.05 | 8.70 | 9.23 | 8.31 | 9.23 | 8.96  | 9.83  | 8.82 | 8.32  |               | 8.99 | 8.73 | 9.33 |
| POZZI Andrew            |       | 时间(s)    | 2.38 | 3.36 | 4.47 | 5.45 | 6.44 | 7.46 | 8.53 | 9.57 | 10.58 | 11.63 |      | 13.30 | $\frac{3}{7}$ | 3.07 | 3.06 | 3.10 |
| 反应时                     | 0.140 | 栏间时间 (s) | 0.98 | 1.11 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 1.07 | 1.04 | 1.01 | 1.05  | 1.67  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.76 | 9.33 | 8.23 | 9.33 | 9.23 | 8.96 | 8.54 | 8.79 | 9.05  | 8.70  | 8.40 | 8.27  |               | 8.93 | 8.90 | 8.85 |
| MANGA Aurel             |       | 时间(s)    | 2.42 | 3.49 | 4.53 | 5.52 | 6.60 | 7.59 | 8.57 | 9.64 | 10.70 | 11.77 |      | 13.38 | $\frac{9}{8}$ | 3.10 | 3.05 | 3.20 |
| 反应时                     | 0.151 | 栏间时间 (s) | 1.07 | 1.04 | 0.99 | 1.08 | 0.99 | 0.98 | 1.07 | 1.06 | 1.07  | 1.61  |      |       |               |      |      |      |
|                         |       | 速度 (m/s) | 5.67 | 8.54 | 8.79 | 9.23 | 8.46 | 9.23 | 9.33 | 8.54 | 8.62  | 8.54  | 8.71 | 8.22  |               | 8.85 | 8.99 | 8.57 |

## 男子110米栏决赛成绩单——



Olympic Stadium  
オリンピックスタジアム  
Stade olympique

THU 5 AUG 2021  
Start Time: 11:55

Athletics  
陸上競技 / Athlétisme  
Men's 110m Hurdles  
男子110m/110-FH / 110 m haies - hommes  
Final  
決勝 / Finale



### Results

結果 / Résultats

|                       |              |                      |     |                |             |
|-----------------------|--------------|----------------------|-----|----------------|-------------|
| <b>WORLD RECORD</b>   | <b>12.80</b> | <b>MERRITT Aries</b> | USA | Brussels (BEL) | 7 SEP 2012  |
| <b>OLYMPIC RECORD</b> | <b>12.91</b> | <b>LIU Xiang</b>     | CHN | Athens (GRE)   | 27 AUG 2004 |

Wind: -0.5m/s

| Rank | Athlete<br>Bib | Name                    | NOC<br>Code | Date of Birth | Lane | Reaction<br>Time | Result          |
|------|----------------|-------------------------|-------------|---------------|------|------------------|-----------------|
| 1    | 2617           | PARCHMENT Hansle        | JAM         | 17 JUN 1990   | 7    | 0.130            | <b>13.04</b> SB |
| 2    | 3934           | HOLLOWAY Grant          | USA         | 19 NOV 1997   | 4    | 0.136            | <b>13.09</b>    |
| 3    | 2597           | LEVY Ronald             | JAM         | 30 OCT 1992   | 5    | 0.146            | <b>13.10</b>    |
| 4    | 3901           | ALLEN Devon             | USA         | 12 DEC 1994   | 6    | 0.133            | <b>13.14</b>    |
| 5    | 1965           | MARTINOT-LAGARDE Pascal | FRA         | 22 SEP 1991   | 8    | 0.120            | <b>13.16</b> SB |
| 6    | 1800           | MARTINEZ Asier          | ESP         | 22 APR 2000   | 2    | 0.155            | <b>13.22</b> PB |
| 7    | 2062           | POZZI Andrew            | GBR         | 15 MAY 1992   | 3    | 0.140            | <b>13.30</b>    |
| 8    | 1964           | MANGA Aurel             | FRA         | 24 JUL 1992   | 9    | 0.151            | <b>13.38</b>    |

东京奥运会女子 100 米栏决赛在 2021 年 8 月 2 日中午进行，最终来自波多黎各的卡马乔以 12.37s 的成绩夺冠！夺冠热门美国名将肯达尔·哈里森以 12.52s 获得第二名，牙买加选手梅根以 12.55s 摘铜。本届奥运会中国队在该项目中派出陈佳敏参赛，第一次参加世界大赛的陈佳敏在预赛中跑出了 13.09s 的成绩位列小组第五，未能晋级半决赛。

本届奥运会女子 100m 栏项目最受关注的运动员是世界纪录保持者美国名将肯达尔·哈里森，她不仅创造过 12.20s 的世界纪录，还曾获得过世锦赛女子 100m 栏的冠军，但哈里斯在奥运会上的表现一直不理想。而在奥运会之前，波多黎各的卡马乔在进入 2021 年后就展现出极好的竞技状态，四月份在美国的一场邀请赛中跑出了 12.32s 的成绩引起了人们的关注。来到东京后她的状态异常出色。半决赛中卡马乔就跑出 12.26s 的惊艳成绩，刷新个人最好成绩的同时以半决赛第一名的身份晋级决赛。决赛中卡马乔几乎没有给其他人任何机会，从起跑开始就建立起领先优势，并一直保持到终点，毫无悬念的赢下冠军。

下表 2 所示的东京奥运会女子 100m 栏的分段时间，卡马乔决赛扣除反应时的起跑至 1 栏用时 2.42s 是所有选手中最快的，加上反应时 (0.149s) 预计 2.57s 完成第一栏。随后在 1 栏至 4 栏的加速阶段，卡马乔与牙买加的梅

根一样用了 2.94s 领先所有决赛选手；4 栏至 7 栏的最大速度阶段，卡马乔跑出了 2.85s 的成绩，这段区间本是肯达尔·哈里森最强的区间，她确在所有选手中跑得最快。但 2.84s 的用时仅比卡马乔快了 0.01s。在第 7-第 10 栏保持速度阶段卡马乔仅用时 2.89s，用时第二少的梅根跑了 2.98s 比卡马乔慢了 0.09s。依靠保持速度阶段完美的发挥，卡马乔最终以 12.37s 的成绩冲高终点，领先第二名哈里森 0.15s 夺冠！

表 2 东京奥运会女子 100m 栏的分段时间数据

| 女子 100 米栏                       | 日期     | 2021.8.2 |      |      |      |      |      |      |       |       |       | 风速<br>0.3<br>m/s | 决赛<br>道次/<br>名次 | 100m  | H1-H4 | H4-H7 | H7-H10 |      |
|---------------------------------|--------|----------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------------------|-----------------|-------|-------|-------|--------|------|
|                                 |        | H1       | H2   | H3   | H4   | H5   | H6   | H7   | H8    | H9    | H10   |                  |                 |       |       |       |        |      |
| CAMACHO-QUINN<br>Jasmine (1996) | 时间 (s) | 2.42     | 3.49 | 4.46 | 5.36 | 6.33 | 7.72 | 8.21 | 9.18  | 10.08 | 11.1  |                  | 12.37           | 5 / 1 | 2.94  | 2.85  | 2.89   |      |
| 反应时                             | 0.149  | 栏间时间 (s) | 1.07 | 0.97 | 0.90 | 0.97 | 0.94 | 0.94 | 0.97  | 0.90  | 1.02  | 1.27             |                 |       |       |       |        |      |
|                                 |        | 速度 (m/s) | 5.37 | 7.80 | 8.61 | 9.28 | 8.61 | 6.01 | 17.04 | 8.61  | 9.28  | 8.19             | 8.27            | 8.08  |       | 8.67  | 8.95   | 8.82 |
| HARRISON Kendra<br>(1992)       | 时间 (s) | 2.51     | 3.49 | 4.51 | 5.49 | 6.43 | 7.40 | 8.33 | 9.35  | 10.29 | 11.36 |                  | 12.52           | 4 / 2 | 2.98  | 2.84  | 3.03   |      |
| 反应时                             | 0.158  | 栏间时间 (s) | 0.98 | 1.02 | 0.98 | 0.94 | 0.97 | 0.93 | 1.02  | 0.94  | 1.07  | 1.16             |                 |       |       |       |        |      |
|                                 |        | 速度 (m/s) | 5.18 | 8.52 | 8.19 | 8.52 | 8.88 | 8.61 | 8.98  | 8.19  | 8.88  | 7.80             | 9.05            | 7.99  |       | 8.56  | 8.98   | 8.42 |
| TAPPER<br>Megan (1994)          | 时间 (s) | 2.55     | 3.53 | 4.51 | 5.44 | 6.42 | 7.40 | 8.33 | 9.27  | 10.29 | 11.35 |                  | 12.55           | 9 / 3 | 2.94  | 2.91  | 2.98   |      |
| 反应时                             | 0.166  | 栏间时间 (s) | 0.98 | 0.98 | 0.93 | 0.98 | 0.98 | 0.93 | 0.94  | 1.02  | 1.06  | 0.90             |                 |       |       |       |        |      |
|                                 |        | 速度 (m/s) | 5.10 | 8.52 | 8.52 | 8.98 | 8.52 | 8.52 | 8.98  | 8.88  | 8.19  | 7.88             | 8.75            | 7.97  |       | 8.82  | 8.82   | 8.44 |
| AMUSAN Tobi                     | 时间 (s) | 2.55     | 3.53 | 4.56 | 5.57 | 6.46 | 7.48 | 8.42 | 9.44  | 10.46 | 11.41 |                  | 12.60           | 6 / 4 | 3.02  | 2.85  | 2.99   |      |
| 反应时                             | 0.161  | 栏间时间 (s) | 0.98 | 1.03 | 1.01 | 0.89 | 1.02 | 0.94 | 1.02  | 1.02  | 0.95  | 1.19             |                 |       |       |       |        |      |
|                                 |        | 速度 (m/s) | 5.10 | 8.52 | 8.11 | 8.27 | 9.38 | 8.19 | 8.88  | 8.19  | 8.19  | 8.79             | 8.82            | 7.94  |       | 8.44  | 8.95   | 8.53 |
| VISSER Nadine                   | 时间 (s) | 2.55     | 3.53 | 4.51 | 5.53 | 6.46 | 7.49 | 8.46 | 9.48  | 10.52 | 11.56 |                  | 12.73           | 3 / 5 | 2.98  | 2.93  | 3.10   |      |
| 反应时                             | 0.152  | 栏间时间 (s) | 0.98 | 0.98 | 1.02 | 0.93 | 1.03 | 0.97 | 1.02  | 1.04  | 1.04  | 1.17             |                 |       |       |       |        |      |
|                                 |        | 速度       | 5.10 | 8.52 | 8.52 | 8.19 | 8.98 | 8.11 | 8.61  | 8.19  | 8.03  | 8.03             | 8.97            | 7.86  |       | 8.56  | 8.70   | 8.23 |

|                               |       |          |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |               |      |      |      |  |
|-------------------------------|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|---------------|------|------|------|--|
|                               |       | (m/s)    |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |       |               |      |      |      |  |
| CHARL TON<br>Devynne (1995)   |       | 时间 (s)   | 2.51 | 3.53 | 4.51 | 5.53 | 6.46 | 7.48 | 8.46 | 9.48 | 10.52 | 11.44 |      | 12.74 | $\frac{8}{6}$ | 3.03 | 2.93 | 2.98 |  |
| 反应时                           | 0.144 | 栏间时间 (s) |      | 1.02 | 0.98 | 1.02 | 0.93 | 1.02 | 0.98 | 1.02 | 1.04  | 0.92  | 1.30 |       |               |      |      |      |  |
|                               |       | 速度 (m/s) | 5.18 | 8.19 | 8.52 | 8.19 | 8.98 | 8.19 | 8.52 | 8.19 | 8.03  | 9.08  | 8.08 | 7.85  |               | 8.44 | 8.70 | 8.56 |  |
| CUNNINGHAM<br>Gabriele (1998) |       | 时间 (s)   | 2.42 | 3.40 | 4.51 | 5.57 | 6.51 | 7.57 | 8.59 | 9.61 | 10.72 | 11.78 |      | 13.01 | $\frac{2}{7}$ | 3.15 | 3.02 | 3.19 |  |
| 反应时                           | 0.172 | 栏间时间 (s) |      | 0.98 | 1.11 | 1.06 | 0.94 | 1.06 | 1.02 | 1.02 | 1.11  | 1.06  | 1.23 |       |               |      |      |      |  |
|                               |       | 速度 (m/s) | 5.37 | 8.52 | 7.52 | 7.88 | 8.88 | 7.88 | 8.19 | 8.19 | 7.52  | 7.88  | 8.54 | 7.69  |               | 8.10 | 8.44 | 7.99 |  |
| ANDERSON Britany              |       | 时间 (s)   | 2.47 | 3.53 | 4.51 | 5.53 | 6.46 | 7.48 | 8.46 | 9.48 | 10.72 | 11.86 |      | 13.24 | $\frac{7}{8}$ | 3.06 | 2.93 | 3.40 |  |
| 反应时                           | 0.164 | 栏间时间 (s) |      | 1.06 | 0.98 | 1.02 | 0.93 | 1.02 | 0.98 | 1.02 | 1.24  | 1.14  | 1.38 |       |               |      |      |      |  |
|                               |       | 速度 (m/s) | 5.26 | 7.88 | 8.52 | 8.19 | 8.98 | 8.19 | 8.52 | 8.19 | 6.73  | 7.32  | 7.61 | 7.55  |               | 8.33 | 8.70 | 7.50 |  |

## 2020 年东京奥运会男子 50km 竞走比赛分析

苑廷刚 国家体育总局体育科学研究所

东京奥运会男子 50km 竞走比赛分别于 2021 年 8 月 6 日进行，中国代表团在该项目上均实现了 3 名运动员满额参赛，男子 50km 竞走上边通达排名第 7 位成绩为 3h:52m:01s、王钦和罗亚东分别排在第 21 位和 28 位，成绩为 3h:59m:35s 和 4h:06m:17s。6 名运动员中共计 3 人进入项目前 8 名。

### 一、竞赛运动员比赛成绩情况分析

表 6 东京奥运会男子 50km 竞走比赛前 8 名及中国 3 名运动员成绩情况

| 排名 | 运动员              | 成绩/(h:m:s) | 与冠军差距/(m:s) | 与 WR(3:32:33)差距/(m:s) | 与 OR(3:36:53)差距/(m:s) |
|----|------------------|------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | TOMALA Dawid     | 3:50:08    |             | 17:35                 | 13:15                 |
| 2  | HILBERT Jonathan | 3:50:44    | 0:36        | 18:11                 | 13:51                 |
| 3  | DUNFEE Evan      | 3:50:59    | 0:51        | 18:26                 | 14:6                  |
| 4  | TUR Marc         | 3:51:08    | 1:00        | 18:35                 | 14:15                 |
| 5  | VIEIRA Joao      | 3:51:28    | 1:20        | 18:55                 | 14:35                 |
| 6  | KAWANO Masatora  | 3:51:56    | 1:48        | 19:23                 | 15:3                  |
| 7  | 边通达              | 3:52:01    | 1:53        | 19:28                 | 15:8                  |
| 8  | COWLEY Rhydian   | 3:52:01    | 1:53        | 19:28                 | 15:8                  |
|    | Mean             | 3:51:18    | 1:20        | 18:45                 | 14:25                 |
| 21 | 王钦               | 3:59:35    | 9:27        | 27:2                  | 22:42                 |
| 28 | 罗亚东              | 4:06:17    | 16:09       | 33:44                 | 29:24                 |

男子 50km 世界纪录是由法国运动员在 2014 年创造的 3h:32m:33s，奥运会纪录是由澳大利亚运动员在 2012 年创造的 3h:36m:53s，本次奥运会冠军成绩为 3h:50m:08s，距离世界纪录为 17min35s、距离奥运会纪录为 13min15s，前 8 名运动员平均距离世界纪录 18min45s、距离奥运会纪录为 14min25s，中国运动员王钦距离世界纪录和奥运会纪录均在 20min 以上、罗亚东距离世界纪录和奥运会纪录均在 30min 左右。东京奥运会前 8 名运动员距离冠军成绩差距平均在 1min20s。

## 二、竞赛运动员情况分析

表 7 东京奥运会男子 50km 竞走比赛前 8 名及中国 3 名运动员个人情况

| 排名 | 国家   | 大洲     | 运动员              | 人种  | 年龄 |
|----|------|--------|------------------|-----|----|
| 1  | 波兰   | 欧洲-中欧  | TOMALA Dawid     | 白种人 | 31 |
| 2  | 德国   | 欧洲-中欧  | HILBERT Jonathan | 白种人 | 26 |
| 3  | 加拿大  | 北美洲-北美 | DUNFEE Evan      | 白种人 | 30 |
| 4  | 西班牙  | 欧洲-南欧  | TUR Marc         | 白种人 | 26 |
| 5  | 葡萄牙  | 欧洲-南欧  | VIEIRA Joao      | 白种人 | 45 |
| 6  | 日本   | 亚洲-东亚  | KAWANO Masatora  | 黄种人 | 22 |
| 7  | 中国   | 亚洲-东亚  | 边通达              | 黄种人 | 30 |
| 8  | 澳大利亚 | 大洋洲    | COWLEY Rhydian   | 白种人 | 30 |
| 21 | 中国   | 亚洲-东亚  | 王钦               | 黄种人 | 27 |
| 28 | 中国   | 亚洲-东亚  | 罗亚东              | 黄种人 | 29 |
|    |      | Mean   |                  |     | 30 |

从国家层面来看，男子 50km 竞走前 8 名所属 8 个各不相同的国家，说明男子 50km 竞走的竞争相较于男子 20km 竞走更加激烈，中国运动员在该项目上分别位列第 7、21 和 28。从大洲层面来看，除欧洲和亚洲外，北美洲和大洋洲也各有一名运动员进入前 8 名，男子 50km 竞走的竞争更加丰富。从人种来看，男子 50km 竞走的竞争依然以白色人种和黄色人种为主；从年龄来看，前 8 名运动员平均年龄达到了 30 岁，最低年龄为日本选手 KAWANO Masatora(22 岁)，最高年龄为葡萄牙选手 VIEIRA Joao(45 岁)，中国 3 名运动

员平均年龄为 29 岁，可以看出男子 50km 竞走运动员平均年龄较高、运动寿命较长。

### 三、竞赛运动员比赛发挥情况分析

表 8 东京奥运会男子 50km 竞走比赛前 8 名及中国 3 名运动员比赛情况

| 排名 | 运动员              | 成绩/(h:m:s) | PB/(h:m:s) | 较 PB 发挥率/% | SB/(h:m:s) | 较 SB 发挥率/% |
|----|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1  | TOMALA Dawid     | 3:50:08    | 3:49:23    | 99.67      | 3:49:23    | 99.67      |
| 2  | HILBERT Jonathan | 3:50:44    | 3:43:44    | 96.97      | 3:43:44    | 96.97      |
| 3  | DUNFEE Evan      | 3:50:59    | 3:41:38    | 95.95      | 3:50:59    | 100.00     |
| 4  | TUR Marc         | 3:51:08    | 3:47:40    | 98.50      | 3:47:40    | 98.50      |
| 5  | VIEIRA Joao      | 3:51:28    | 3:45:17    | 97.33      | 3:51:28    | 100.00     |
| 6  | KAWANO Masatora  | 3:51:56    | 3:36:45    | 93.45      | 3:51:56    | 100.00     |
| 7  | 边通达              | 3:52:01    | 3:43:06    | 96.16      | 3:47:56    | 98.24      |
| 8  | COWLEY Rhydian   | 3:52:01    | 3:52:01    | 100.00     | 3:52:01    | 100.00     |
|    | Mean             | 3:51:18    |            | 97.25      |            | 99.17      |
| 21 | 王钦               | 3:59:35    | 3:38:02    | 91.01      | 3:47:35    | 94.99      |
| 28 | 罗亚东              | 4:06:17    | 3:41:15    | 89.84      | 3:46:51    | 92.11      |

从表 8 可以看出，本次奥运会男子 50km 竞走前 8 名平均成绩为 3h51min18s，运动员较个人历史最好成绩的发挥率平均达到了 97.25%、较个人赛季最好成绩的发挥率达到了 99.17%，从较 PB 发挥率来看，运动员 COWLEY Rhydian 最佳、达到了 100%，运动员 KAWANO Masatora 最低、仅为 93.45%；从较 SB 发挥率来看，DUNFEE Evan、VIEIRA Joao、KAWANO Masatora 和 COWLEY Rhydian4 名运动员达到了 100%，运动员 HILBERT Jonathan 最低、仅为 96.97%。边通达、王钦和罗亚东中国 3 名运动员本次比赛较 PB 发挥率分别为 96.16%、91.01%和 89.84%，较 SB 发挥率分别为 98.24%、94.99%和 92.11%。

### 四、竞赛运动员分段排名情况分析

从表 9 可以看出，金牌运动员 TOMALA Dawid 在 6km 以后稳定在队伍前 10 名，在 25km 后一直保持在队伍第 1 名；银牌运动员 HILBERT Jonathan 在 18km 后排名浮动在 10 名及 10 名以内，在 28km 后排名稳定在前 10 名；铜牌 DUNFEE Evan 则是在 28km 后排名稳定在前 10 名。中国运动员边通达，全程大致浮动在 10-15 名处，在 43km 后排名稳定进入前 10 名；王钦在前 24km 处排名一直在逐渐上升，在 24km 处位列第 2，但在后续的赛程中排名持续下滑；罗亚东在前 20km 一直保持在队伍首位，但在 28km 处排名开始下滑至 30 名之后。

表 9 东京奥运会男子 50km 竞走比赛前 8 名及中国 3 名运动员分段排名情况

| 姓名       | 1km  | 2km  | 3km  | 4km  | 5km  | 6km  | 7km  | 8km  | 9km  | 10km | 11km | 12km | 13km | 14km | 15km | 16km | 17km | 18km | 19km | 20km | 21km | 22km | 23km | 24km | 25km |   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
|          | 26km | 27km | 28km | 29km | 30km | 31km | 32km | 33km | 34km | 35km | 36km | 37km | 38km | 39km | 40km | 41km | 42km | 43km | 44km | 45km | 46km | 47km | 48km | 49km | 50km |   |
| TOMALA   | 9    | 8    | 12   | 8    | 20   | 10   | 8    | 5    | 3    | 2    | 7    | 7    | 6    | 5    | 2    | 3    | 3    | 3    | 2    | 4    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 2 |
| Dawid    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| HILBERT  | 14   | 15   | 5    | 6    | 7    | 6    | 12   | 8    | 6    | 6    | 4    | 3    | 9    | 11   | 11   | 11   | 7    | 10   | 5    | 3    | 4    | 1    | 2    | 3    | 5    |   |
| Jonathan | 3    | 11   | 3    | 2    | 2    | 2    | 4    | 7    | 8    | 8    | 2    | 5    | 7    | 6    | 2    | 2    | 2    | 4    | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    |   |
| DUNFEE   | 18   | 11   | 8    | 4    | 16   | 21   | 22   | 17   | 19   | 22   | 24   | 23   | 22   | 22   | 20   | 22   | 22   | 21   | 20   | 19   | 19   | 19   | 18   | 19   | 16   |   |
| Evan     | 17   | 18   | 17   | 9    | 7    | 11   | 2    | 3    | 2    | 5    | 3    | 2    | 2    | 5    | 7    | 7    | 4    | 5    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 4    | 3    |   |
| TUR      | 15   | 21   | 19   | 17   | 13   | 14   | 13   | 11   | 14   | 13   | 16   | 14   | 15   | 12   | 17   | 17   | 16   | 12   | 17   | 17   | 16   | 12   | 22   | 22   | 21   |   |
| Marc     | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 12   | 6    | 5    | 2    | 4    | 3    | 4    | 2    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 3    | 2    | 2    | 2    | 3    | 4    |   |
| VIEIRA   | 39   | 22   | 22   | 24   | 26   | 23   | 20   | 18   | 20   | 20   | 22   | 21   | 21   | 21   | 21   | 19   | 21   | 20   | 21   | 21   | 20   | 20   | 19   | 16   | 18   |   |
| Joao     | 14   | 16   | 15   | 16   | 16   | 14   | 9    | 9    | 11   | 6    | 12   | 10   | 8    | 7    | 6    | 6    | 5    | 2    | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 5    | 5    |   |
| KAWANO   | 10   | 13   | 18   | 20   | 12   | 4    | 4    | 6    | 8    | 9    | 6    | 8    | 4    | 6    | 9    | 10   | 8    | 8    | 9    | 5    | 11   | 7    | 9    | 5    | 8    |   |
| Masatora | 9    | 7    | 6    | 7    | 9    | 8    | 5    | 5    | 7    | 9    | 9    | 8    | 3    | 3    | 5    | 5    | 7    | 6    | 4    | 5    | 5    | 6    | 6    | 6    | 6    |   |
| 边通达      | 2    | 3    | 10   | 22   | 11   | 18   | 14   | 13   | 13   | 18   | 14   | 9    | 10   | 2    | 8    | 10   | 11   | 13   | 16   | 14   | 16   | 16   | 16   | 17   | 11   |   |
|          | 13   | 14   | 13   | 13   | 11   | 10   | 14   | 14   | 6    | 11   | 10   | 12   | 11   | 11   | 12   | 11   | 11   | 10   | 10   | 9    | 9    | 9    | 9    | 8    | 7    |   |
| COWLEY   | 16   | 10   | 7    | 5    | 6    | 8    | 16   | 16   | 16   | 14   | 11   | 10   | 13   | 15   | 15   | 13   | 15   | 9    | 9    | 8    | 7    | 6    | 10   | 5    | 9    |   |
| Rhydian  | 4    | 10   | 9    | 10   | 8    | 6    | 10   | 12   | 12   | 3    | 6    | 4    | 6    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 7    | 7    | 8    |   |
| 王钦       | 21   | 31   | 27   | 31   | 34   | 31   | 26   | 26   | 24   | 24   | 20   | 18   | 18   | 13   | 12   | 8    | 17   | 16   | 14   | 10   | 9    | 7    | 9    | 2    | 6    |   |
|          | 10   | 13   | 12   | 14   | 14   | 18   | 17   | 18   | 18   | 18   | 17   | 17   | 17   | 17   | 18   | 17   | 19   | 20   | 19   | 19   | 20   | 21   | 20   | 21   | 21   |   |
| 罗亚东      | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 11   | 5    | 15   | 21   | 17   |   |
|          | 21   | 21   | 36   | 33   | 33   | 34   | 34   | 34   | 34   | 34   | 32   | 32   | 31   | 31   | 32   | 32   | 33   | 32   | 32   | 32   | 31   | 31   | 31   | 30   | 28   |   |

### 五、竞赛运动员分段时间分析

表 10 东京奥运会男子 50km 竞走比赛前 8 名及中国 3 名运动员分段时间

| 排名 | 运动员     | 1km  | 2km  | 3km  | 4km  | 5km  | 6km  | 7km  | 8km  | 9km  | 10km | 11km | 12km | 13km | 14km | 15km | 16km | 17km | 18km | 19km | 20km | 21km | 22km | 23km | 24km | 25km |
|----|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | TOMALA  | 5:01 | 4:56 | 4:54 | 4:51 | 4:51 | 4:46 | 4:47 | 4:45 | 4:46 | 4:45 | 4:46 | 4:45 | 4:41 | 4:40 | 4:41 | 4:40 | 4:42 | 4:36 | 4:38 | 4:34 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:39 | 4:38 |
| 2  | HILBERT | 5:02 | 4:55 | 4:53 | 4:52 | 4:50 | 4:46 | 4:48 | 4:45 | 4:46 | 4:46 | 4:45 | 4:45 | 4:41 | 4:41 | 4:41 | 4:40 | 4:41 | 4:37 | 4:37 | 4:34 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:39 | 4:38 |
| 3  | DUNFEE  | 5:03 | 4:54 | 4:53 | 4:51 | 4:52 | 4:48 | 4:47 | 4:45 | 4:46 | 4:47 | 4:47 | 4:43 | 4:42 | 4:42 | 4:39 | 4:40 | 4:40 | 4:37 | 4:35 | 4:37 | 4:38 | 4:36 | 4:37 | 4:38 | 4:38 |
| 4  | TUR     | 5:02 | 4:56 | 4:53 | 4:51 | 4:51 | 4:46 | 4:48 | 4:44 | 4:47 | 4:45 | 4:47 | 4:44 | 4:41 | 4:40 | 4:42 | 4:41 | 4:40 | 4:36 | 4:38 | 4:36 | 4:37 | 4:42 | 4:38 | 4:39 | 4:36 |
| 5  | VIEIRA  | 5:05 | 4:53 | 4:54 | 4:51 | 4:51 | 4:49 | 4:45 | 4:45 | 4:47 | 4:45 | 4:47 | 4:44 | 4:42 | 4:41 | 4:43 | 4:38 | 4:40 | 4:41 | 4:37 | 4:35 | 4:37 | 4:38 | 4:36 | 4:36 | 4:39 |
| 6  | KAWANO  | 5:01 | 4:56 | 4:54 | 4:52 | 4:49 | 4:46 | 4:48 | 4:45 | 4:46 | 4:46 | 4:45 | 4:46 | 4:40 | 4:40 | 4:42 | 4:40 | 4:42 | 4:35 | 4:38 | 4:35 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:39 | 4:37 |
| 7  | 边通达     | 4:57 | 4:55 | 4:59 | 4:52 | 4:49 | 4:48 | 4:47 | 4:45 | 4:46 | 4:46 | 4:45 | 4:45 | 4:40 | 4:40 | 4:42 | 4:40 | 4:42 | 4:36 | 4:38 | 4:35 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:38 | 4:38 |
| 8  | COWLEY  | 5:02 | 4:55 | 4:53 | 4:51 | 4:51 | 4:47 | 4:48 | 4:45 | 4:47 | 4:45 | 4:45 | 4:45 | 4:41 | 4:40 | 4:41 | 4:41 | 4:41 | 4:36 | 4:37 | 4:35 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:39 | 4:38 |
|    | Mean    | 5:02 | 4:55 | 4:54 | 4:51 | 4:51 | 4:47 | 4:47 | 4:45 | 4:46 | 4:46 | 4:46 | 4:45 | 4:41 | 4:41 | 4:42 | 4:40 | 4:41 | 4:37 | 4:38 | 4:35 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:38 | 4:38 |
| 21 | 王钦      | 5:03 | 4:56 | 4:53 | 4:53 | 4:52 | 4:48 | 4:44 | 4:49 | 4:48 | 4:45 | 4:39 | 4:44 | 4:42 | 4:39 | 4:41 | 4:40 | 4:43 | 4:36 | 4:37 | 4:34 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:38 | 4:38 |
| 28 | 罗亚东     | 4:53 | 4:43 | 4:46 | 4:48 | 4:50 | 4:48 | 4:49 | 4:50 | 4:44 | 4:46 | 4:38 | 4:42 | 4:45 | 4:46 | 4:45 | 4:43 | 4:43 | 4:43 | 4:42 | 4:40 | 4:39 | 4:40 | 4:39 | 4:39 | 4:38 |

| 排名 | 运动员     | 26km | 27km | 28km | 29km | 30km | 31km | 32km | 33km | 34km | 35km | 36km | 37km | 38km | 39km | 40km | 41km | 42km | 43km | 44km | 45km | 46km | 47km | 48km | 49km | 50km |
|----|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | TOMALA  | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:37 | 4:32 | 4:16 | 4:18 | 4:16 | 4:16 | 4:7  | 4:13 | 4:14 | 4:13 | 4:13 | 4:18 | 4:17 | 4:21 | 4:22 | 4:28 | 4:33 | 4:40 | 4:46 | 4:52 | 4:54 | 5:10 |
| 2  | HILBERT | 4:38 | 4:41 | 4:36 | 4:38 | 4:40 | 4:38 | 4:37 | 4:33 | 4:32 | 4:30 | 4:31 | 4:30 | 4:25 | 4:23 | 4:26 | 4:24 | 4:26 | 4:27 | 4:32 | 4:32 | 4:29 | 4:21 | 4:21 | 4:21 | 4:16 |
| 3  | DUNFEE  | 4:38 | 4:40 | 4:37 | 4:38 | 4:38 | 4:39 | 4:36 | 4:32 | 4:32 | 4:31 | 4:31 | 4:25 | 4:25 | 4:26 | 4:28 | 4:25 | 4:26 | 4:27 | 4:31 | 4:33 | 4:33 | 4:25 | 4:31 | 4:24 | 4:09 |
| 4  | TUR     | 4:38 | 4:40 | 4:39 | 4:37 | 4:42 | 4:37 | 4:32 | 4:33 | 4:32 | 4:30 | 4:31 | 4:30 | 4:21 | 4:25 | 4:28 | 4:24 | 4:27 | 4:26 | 4:32 | 4:32 | 4:29 | 4:21 | 4:21 | 4:21 | 4:40 |
| 5  | VIEIRA  | 4:38 | 4:40 | 4:37 | 4:39 | 4:38 | 4:39 | 4:35 | 4:33 | 4:33 | 4:29 | 4:32 | 4:29 | 4:25 | 4:24 | 4:25 | 4:25 | 4:26 | 4:26 | 4:32 | 4:32 | 4:30 | 4:25 | 4:29 | 4:30 | 4:38 |
| 6  | KAWANO  | 4:39 | 4:39 | 4:38 | 4:38 | 4:39 | 4:39 | 4:36 | 4:33 | 4:32 | 4:30 | 4:32 | 4:29 | 4:21 | 4:25 | 4:28 | 4:24 | 4:42 | 4:12 | 4:31 | 4:32 | 4:30 | 4:32 | 4:38 | 4:38 | 4:42 |
| 7  | 边通达     | 4:38 | 4:40 | 4:38 | 4:38 | 4:39 | 4:38 | 4:37 | 4:33 | 4:31 | 4:30 | 4:32 | 4:31 | 4:34 | 4:38 | 4:39 | 4:31 | 4:32 | 4:34 | 4:35 | 4:30 | 4:30 | 4:28 | 4:30 | 4:26 | 4:11 |
| 8  | COWLEY  | 4:38 | 4:40 | 4:37 | 4:39 | 4:38 | 4:39 | 4:36 | 4:34 | 4:32 | 4:29 | 4:31 | 4:30 | 4:24 | 4:26 | 4:27 | 4:31 | 4:34 | 4:34 | 4:38 | 4:37 | 4:34 | 4:31 | 4:36 | 4:27 | 4:21 |
|    | Mean    | 4:38 | 4:40 | 4:38 | 4:38 | 4:38 | 4:36 | 4:33 | 4:31 | 4:30 | 4:27 | 4:29 | 4:27 | 4:24 | 4:25 | 4:27 | 4:25 | 4:29 | 4:26 | 4:32 | 4:33 | 4:32 | 4:29 | 4:32 | 4:30 | 4:31 |
| 21 | 王钦      | 4:39 | 4:40 | 4:37 | 4:40 | 4:38 | 4:40 | 4:37 | 4:38 | 4:39 | 4:38 | 4:43 | 4:44 | 4:52 | 4:52 | 4:50 | 4:54 | 4:57 | 4:54 | 4:58 | 4:57 | 4:57 | 5:04 | 5:15 | 5:37 | 5:18 |
| 28 | 罗亚东     | 4:40 | 4:44 | 4:47 | 4:38 | 4:45 | 4:47 | 4:48 | 4:46 | 4:52 | 4:50 | 4:54 | 4:55 | 5:33 | 5:04 | 5:29 | 5:11 | 5:53 | 5:16 | 5:32 | 5:07 | 5:08 | 5:06 | 5:06 | 5:18 | 4:49 |

从表 10 可以看出，在 50 个分段中前 8 名平均分段时间中有 19 个分段在 4min40s 以上，有 31 个分段在 4min40s 以下(速度在 3.57m/s 以上)，金牌运动员 TOMALA Dawid 最大速度出现在 35km 处，时间为 4min7s、速度达到了约 4.05m/s；银牌运动员 HILBERT Jonathan 最大速度出现在 50km 处，时间为

4min16s、速度达到了 3.91m/s；铜牌运动员 DUNFEE Evan 最大速度出现在 50km 处，时间为 4min9s、速度达到了 4.02m/s。中国运动员边通达最大速度出现在 50km 处，时间 4min11s、速度达到了 3.98m/s；王钦最大速度出现在 20km 处，时间为 4min34s、速度达到了 3.65m/s；罗亚东最大速度出现在 11km 处，时间为 4min38s、速度达到了 3.60m/s。

## 六、比赛情况总结

中国竞走队在男子 2 个项目上最好成绩均是第 7 名，都犯了同样的错误，习惯性地开始阶段就出来领走，而且是单打独斗的战术，中途就有体力不支，早早退出了奖牌之争，不得不说这是一个战术上的失误。

过去中国竞走队主要对手基本就是俄罗斯军团，其他对手很难在这个大项上给予有力挑战，但是本届奥运会俄罗斯竞走并未有太大的威胁，反倒是欧洲各国大有群雄并起的格局，意大利和波兰包揽两块金牌，50 公里竞走前 3 名都来欧洲，说明各国都在重视这个项目，中国竞走日后想要夺冠面临更多挑战。

# 我国优秀女子链球运动员投掷技术特征的研究

史东林 董海军 河北体育学院

## 1 研究目的

女子链球是我国传统优势项目，历史上涌现了多名优秀运动员，在国际大赛中争得了荣誉。从项目属性看，女子链球不同于男子链球，相对于男子项目的器械重量更趋于速度性。在女子链球训练中速度力量占有较大的比重，在技术上存在一些显著的不同（SUZANNE M KONZ, 2015），特别是青少年运动员的训练，更应该注重速度力量的发展，对器械加速意识的培养是女子链球训练的主要方向。在符合技术原理的基础上发展运动员个性技术。对现阶段我国该项

目优秀选手的投掷技术进行研究,发现不同技术类型的运动员,为运动员选材提供一定参考,同时为进一步改进和完善技术提供理论依据。

## 2 研究对象与方法

表 1 研究对象基本情况

| 运动员 | 单位  | 出生年月    | 身高  | 体重  | 最好成绩  | 研究成绩  |
|-----|-----|---------|-----|-----|-------|-------|
| 王×1 | 陕西  | 1987.12 | 174 | 105 | 77.68 | 74.50 |
| 张×× | 解放军 | 1986.03 | 182 | 102 | 77.33 | 74.23 |
| 刘×× | 辽宁  | 1990.01 | 173 | 90  | 71.40 | 69.33 |
| 燕×  | 解放军 | 1993.02 | 174 | 80  | 68.22 | 67.73 |
| 罗×  | 黑龙江 | 1993.10 | 175 | 77  | 69.81 | 67.41 |
| 王×2 | 黑龙江 | 1991.12 | 177 | 73  | 69.39 | 64.37 |
| 李×× | 四川  | 1993.03 | 175 | 102 | 63.43 | 63.43 |
| 宗×  | 安徽  | 1995.01 | 176 | 80  | 63.28 | 63.28 |

以上 8 名选手为我国该项目上最优秀的运动员,包括世界级水平的张××(参加过 4 届奥运会,获得过 2 枚奥运会银牌、1 枚奥运会铜牌)和王×1(保持了 77.68 m 的亚洲纪录),现阶段王×1 和罗×是该项目的领军人物,已参加了多次世界大赛,刘××、燕×、宗×是我国女子链球的项目的中坚力量,而且各省拥有良好的后备人才储备。研究我国运动员存在的主要问题,为完善技术提供参考。研究的成绩为 2016 年 4 月 1-10 日在成都犀浦举行的两场长投赛前 8 名的最好成绩,代表了我国该项目的最高水平。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 文献资料法

查阅近几年相关的文献资料,对现阶段链球技术特点和国际女子链球发展趋势进行了解,了解研究现状,为本研究提供理论基础。

#### 2.2.2 高速摄像法

采用两台高速摄像机,一台摄像机位置于投掷圈右侧,一台位于投掷圈后侧,两台摄像机主光轴夹角约 90°左右,拍摄距离约 10 m,机高 1.20 m 左右,拍摄采样频率为 120 帧/s。在赛前和赛后分别两次对三维框架进行标定,中间保证摄像机机位、焦距和拍摄的框架相同,比赛中机位不能移动,同时为了保证人体运动方向的数据准确性,在拍摄框架的同时,对地坐标进行标定,确保地坐标 1 和 2 点是指向投掷方向,同时和地坐标 3 之间形成 90°夹角(见

图 1)，采用同样的方法对两场比赛进行拍摄。

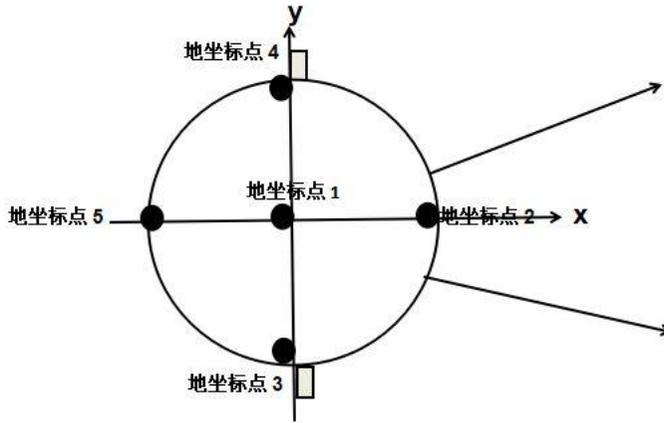


图 1 拍摄地坐标示意图

### 2.2.3 三维运动学解析法

采用美国 ARIEL 公司生产的 APAS 运动录像分析系统，对比赛技术视频进行裁剪（找到两台摄像机拍摄的运动员技术中同步页，为保证准确最好找两个时刻瞬间进行同步）。解析中采用人体模型 DLT 引导图像测量系统，模型采用日本的松井秀治人体模型。首先把框架和地坐标进行标定，然后将运动员比赛视频中导入标定好的框架（28 点）进行解析，并根据投掷项目的需求选取身体的 20 个关节点，另外选取一个附加点（器械）采取逐副解析的方法对运动员技术视频进行标定，最后对解析数据进行低滤波平滑处理（平滑系数为 8），采用傅利叶分析法对数据进行大范围平滑，并将局部平滑和大范围平滑相结合用以确定截级数据，保证截级数据的流畅和连续性，最后通过解析系统获取所需参数的原始数据。

### 2.2.4 统计法

利用 Excel 表的统计功能对部分原始数据通过公式计算、统计获得对我们研究有用的参数，并绘制成图表。

## 3 结果与分析

链球技术旋转的本质是下肢对上肢不断完成超越的过程。加速的节奏主要体现在右脚“晚抬早落”的技术要求，也是女子链球技术未来发展的趋势，缩短单支撑时间、延长双支撑时间是加速节奏的直接表现（文超，1994）。器械

加速的时间、长度、速度是影响整个运行效果的三要素，三者之间存在紧密的联系。在一定范围内，缩短旋转时间、增加器械双支撑阶段用力距离、提高旋转速度都可以提高运动成绩。

为了更好的研究掷链球技术，通常将完整技术分为3个阶段（1. 预摆进旋转阶段；2. 旋转阶段；3. 最后用力阶段），10个技术瞬间（1. 进旋转瞬间；2. 第1圈离地瞬间；3. 第1圈着地瞬间；4. 第2圈离地瞬间；5. 第2圈着地瞬间；6. 第3圈离地瞬间；7. 第3圈着地瞬间；8. 第4圈离地瞬间；9. 第4圈着地瞬间；10. 器械出手瞬间）（董海军，2011a）。

### 3.1 我国女子链球选手各圈时间特征的研究

女子链球训练中速度-力量是核心，加速节奏是本质，加速节奏主要体现在每圈旋转时间的缩短比例上。在一定范围内缩短每圈单支撑时间，延长双支撑用力时间是技术的核心，也是衡量旋转技术好坏的重要标准（智勇，2007）。

表2 旋转过程中每圈时间分配情况 s

Table2 Time allocation per turn during rotation

| 运动员 | 第1圈   | %  | 第2圈   | %  | 第3圈   | %  | 第4圈   | %  | 用力时间  | %  | 总时间   |
|-----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| 王×1 | 0.610 | 28 | 0.501 | 23 | 0.451 | 20 | 0.450 | 20 | 0.201 | 9  | 2.210 |
| 张×× | 0.667 | 31 | 0.584 | 27 | 0.460 | 21 | 0.467 | 22 | 0.234 | 11 | 2.412 |
| 刘×× | 0.643 | 26 | 0.634 | 25 | 0.510 | 21 | 0.467 | 19 | 0.234 | 9  | 2.488 |
| 燕×  | 0.651 | 27 | 0.560 | 23 | 0.509 | 21 | 0.451 | 19 | 0.219 | 9  | 2.390 |
| 罗×  | 0.627 | 26 | 0.567 | 24 | 0.485 | 20 | 0.451 | 19 | 0.267 | 11 | 2.397 |
| 王×2 | 0.627 | 25 | 0.593 | 24 | 0.501 | 20 | 0.475 | 19 | 0.276 | 11 | 2.472 |
| 李×× | 0.677 | 28 | 0.618 | 26 | 0.517 | 22 | 0.511 | 21 | 0.169 | 7  | 2.401 |
| 宗×  | 0.618 | 25 | 0.618 | 25 | 0.476 | 20 | 0.501 | 21 | 0.219 | 9  | 2.432 |

表3 旋转过程中每圈单双支撑时间分配情况 s

Table3 Time allocation of single and double supports per turn during rotation

| 运动员 | 第1圈   |       | 第2圈   |       | 第3圈   |       | 第4圈   |       | 双总    | %  | 单总    | %  | 双/单比值 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|----|-------|
|     | 双支撑   | 单支撑   | 双支撑   | 单支撑   | 双支撑   | 单支撑   | 双支撑   | 单支撑   |       |    |       |    |       |
| 王×1 | 0.334 | 0.276 | 0.284 | 0.217 | 0.242 | 0.209 | 0.217 | 0.233 | 1.077 | 54 | 0.935 | 46 | 1.15  |
| 张×× | 0.360 | 0.317 | 0.325 | 0.259 | 0.226 | 0.234 | 0.225 | 0.242 | 1.136 | 49 | 1.151 | 51 | 0.99  |
| 刘×× | 0.317 | 0.326 | 0.359 | 0.275 | 0.268 | 0.242 | 0.225 | 0.242 | 1.169 | 52 | 1.085 | 48 | 1.07  |
| 燕×  | 0.342 | 0.309 | 0.309 | 0.251 | 0.250 | 0.259 | 0.192 | 0.259 | 1.093 | 50 | 1.078 | 50 | 1.01  |
| 罗×  | 0.351 | 0.276 | 0.325 | 0.242 | 0.251 | 0.234 | 0.225 | 0.226 | 1.152 | 54 | 0.987 | 46 | 1.17  |
| 王×2 | 0.359 | 0.268 | 0.359 | 0.234 | 0.292 | 0.209 | 0.267 | 0.208 | 1.277 | 58 | 0.919 | 42 | 1.39  |
| 李×× | 0.360 | 0.317 | 0.309 | 0.309 | 0.234 | 0.283 | 0.226 | 0.285 | 1.129 | 49 | 1.194 | 51 | 0.95  |
| 宗×  | 0.301 | 0.317 | 0.359 | 0.259 | 0.234 | 0.242 | 0.259 | 0.242 | 1.153 | 52 | 1.060 | 48 | 1.09  |



沃达



王×1



张××



刘××



燕×



罗×



王×2



李××



宗×

图2 沃达和我国选手第一圈右脚离地瞬间左侧轴位置图

Figure2 Position map of left axis of Voda and Chinese players at the moment when their right foot is off the ground in the first lap



沃达



王×1



张××



刘××



燕×



罗×



王×2



李××



宗×

图3 沃达和我国选手第四圈器械高点瞬间右膝位置图

Figure 3 Voda and Chinese players' right knee position map at the moment of the fourth lap equipment high point

据研究表明：世界纪录保持者沃尔达奇克投掷 78 m 时的四圈时间分别为 0.650 s、0.568 s、0.502 s、0.451 s，最后用力时间为 0.251 s，总的投掷用时为 2.422 s。和世界优秀运动员相比，我国选手在旋转节奏上普遍存在第

1 圈进旋转不积极, 第 3、4 圈加速节奏不明显的特点, 特别是第 4 圈对器械继续加速的能力有待进一步提高, 第 4 圈单支撑阶段普遍存在右髌转动不积极现象, 从图 3 第 4 圈器械高点位置瞬间右腿膝关节的位置可以反映出这一问题, 和世界优秀运动员相比, 右侧整个髌、膝关节超越幅度偏小, 而且我国部分选手右膝关节折叠现象非常严重, 增加了右侧下肢的转动半径, 进一步造成右脚着地速度减慢, 不利于最后用力前良好的用力姿势的形成。也就是说右脚着地瞬间下肢对上肢和器械超越的幅度偏小, 也是造成最后用力时间偏短的一个主要原因。同时我国选手在最后用力阶段对器械加速时间短, 还和用力过程身体鞭打幅度小有关系。和世界优秀选手相比, 我国链球选手的优势是旋转速度快、身体灵活, 存在差距的主要是专项素质和专项能力, 特别是对链球持续加速能力有待进一步提高, 集中体现在第 4 圈和最后用力阶段。以上是我国选手在旋转节奏上的技术特点和需要完善的地方。

由表 2、3 可知, 王×1 旋转时间只有 2.21 s, 进一步体现了她是迄今为止世界上旋转速度最快的运动员(图 2), 这也是她技术的最大优点。但在节奏上存在第 4 圈加速不清晰问题, 第 3、4 圈时间差只有 0.001 s。训练中应当适当降低进旋转速度, 提高 3、4 圈的加速节奏。总的双支撑时间比单支撑时间长, 整体上技术是合理的。但第 4 圈单支撑时间反而比第 3 圈延长了 0.021 秒, 表明第 4 圈身体重心向投掷方向移动的速度降低了。造成这一问题的主要原因是右腿第 4 圈上腿不积极(图 3), 影响了右脚在着地瞬间(最后用力前)下肢的超越效果, 在旋转节奏上应该通过提高脚下反应速度能力增加第 4 圈的节奏。

由表 2、3 可知, 张××虽然是世界级优秀选手, 但加速节奏上也存在一定问题, 第 1 圈旋转时间偏长, 和进旋转方式及左腿膝关节伸展幅度偏大有关(图 2), 增加了身体重心向左腿移动的难度。其次第 4 圈旋转时间比第 3 圈时间长是不合理的。总的双支撑时间比单支撑时间短(比值小于 1), 进一步验证了技术上存在一定不合理性。主要问题集中在第 3、4 圈, 两圈的单支撑时间都比双支撑时间长, 表明第 3、4 圈右脚离地后右腿上腿不积极, 右小腿也存在严重折叠现象(图 3), 增加了右侧下肢转动半径, 影响了右脚着地速度。训练中应该适当的加快第 1 圈进旋转速度, 增加第 3、4 圈右腿上腿和右脚着

地速度，提高旋转节奏。通过对张××多年的技术研究发现：她在投掷 76—77 m 左右成绩时第 3、4 圈的旋转节奏明显加快，而且总的双支撑时间是长于单支撑的，进一步验证了第 3、4 圈加速节奏对掷链球成绩的影响。

由表 2、3 可知，刘××总用时是所有选手最长的，主要是第 1 圈和第 2 圈用时偏长，第 1 圈进旋转技术存在一定不合理，预摆结束后的“迎球”动作没有，第 1 圈双支撑阶段几乎对器械形成加速，再有第 2 圈的时间也比较长，虽然双支撑时间较长，但做功效率并不高，也就是说没有对器械形成加速。她旋转节奏中主要存在的问题是第 1、2 圈，相比第 3、4 圈的加速节奏较好。训练中改进的技术主要集中在前 2 圈，通过适当提高右脚着地速度，缩短第 1、2 圈单支撑时间，提高脚下反应速度能力，使整个旋转技术形成一个明显加速整体，提高训练节奏。

燕×的旋转节奏整体上是合理的，不足的是第 1 圈也存在进旋转问题，预摆结束后没有完成“早迎球、早放球”的动作，第 1 圈右脚离地瞬间左腿伸展幅度过大，和张××存在的问题相同（图 2）。在时间分配上，存在第 3、4 圈单支撑时间偏长，训练中应该适当提高脚下反应速度能力和右脚着地速度，缩短单支撑时间。

李××整个旋转时间较长，第 1 圈是所有选手中最长的，而且从解析的技术情况看，“迎球”动作幅度并不大，旋转节奏上主要是第 1、2 圈偏慢，第 4 圈加速效果不明显，存在右脚着地不积极的问题，右脚落地前有一个明显的停顿动作，和多年的用力习惯有关。同时最后用力时间也存在偏短的现象，没有最大限度为最后用力创造良好的姿势。在训练中应该进一步提高进旋转的速度，培养良好的加速节奏，总的单支撑时间比双支撑时间长，这是不合理的，进一步验证了整体节奏和第 4 圈单支撑阶段存在一定的问题，也是技术进一步完善的关键。

宗×整体旋转时间比较长，同样存在第 1、2 圈时间偏长的现象，前 2 圈时间相同，说明第 2 圈没有形成加速，但两圈的情况不一样，主要区别在第 2 圈双支撑时间突然延长，在右脚着地后没有及时的蹬转用力动作，本质上没有对器械形成加速。第 4 圈时间反而比第 3 圈长，这是不合理的，说明了第 4 圈是一个减速。第 3、4 圈双支撑阶段存在右腿蹬转幅度小的现象，没有完全

把身体重心推到左侧转动轴上，出现了走捷径现象，这也是她双支撑时间延长的原因。训练中应该提高第2圈和第4圈的旋转节奏，提高右脚落地后的蹬转速度，克服右侧身体转动过程中走捷径的问题。

罗×整个旋转加速的节奏意识较为明显，双支撑时间也比单支撑时间长，主要存在第1圈和第2圈节奏偏慢，对器械加速效果不明显的现象，第3、4圈的节奏相对好一些，第4圈存在单支撑比双支撑时间长的现象，说明上腿和右脚着地不积极（图3），在训练中应该改进第1圈右脚着地的方式，采用前脚掌落地，提高右脚着地的速度，加快第1、2圈的节奏，同时进一步增加第4圈单支撑阶段上腿的速度，提高旋转节奏。

王×2的整个旋转节奏相对比较好，四圈旋转时间分配较为合理，整个双支撑时间占到了58%，和单支撑时间比例达到了1.39，是我国所有选手中最大的，最后用力的时间也是所有选手中最长的。节奏上主要存在第1圈进旋转速度慢，预摆起始阶段对器械的加速幅度偏小，进旋转速度较慢的现象。从器械速度的变化情况看，各圈双支撑阶段存在加速能力偏弱的现象。在训练中应该适当提高预摆阶段器械速度，在保持原有技术节奏的情况下，进一步提高双支撑阶段对器械有效用力效果。

### 3.2 我国女子链球选手各圈器械速度变化特征的研究

旋转中对器械形成直接加速的只有双支撑阶段（张桃臣，2011），单支撑阶段主要完成人体向投掷方向移动和下肢对上肢的超越，所以器械的速度峰值出现在单支撑阶段是不合理的，必然存在上肢提前用力，从高点向下拉球加速的现象（王安治，2013）。旋转过程中器械速度变化反映了加速的合理性，特别是加速的时机反映了单、双支撑阶段人体及器械节奏的合理性。器械加速节奏主要通过加速的时机和时间长短来判断，在一定程度上受到人体重心加速效果和自身加速能力（专项速度能力）影响。

表4 旋转过程中重心器械速度情况 m/s

Table4 Speed of center of gravity instrument during rotation

| 研究对象 | 开始   | 第1圈   |       | 第2圈   |       | 第3圈   |       | 第4圈   |       | 出手速度  |       |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |      | R↑    | R↓    | R↑    | R↓    | R↑    | R↓    | R↑    | R↓    |       |       |
| 王×1  | 重心速度 | 0.60  | 0.70  | 1.38  | 0.38  | 1.46  | 0.90  | 1.79  | 0.29  | 2.03  | 1.07  |
|      | 器械速度 | 15.08 | 18.99 | 17.61 | 21.70 | 21.63 | 23.55 | 24.61 | 25.35 | 25.38 | 28.26 |
| 张××  | 重心速度 | 0.18  | 0.37  | 1.51  | 0.42  | 1.13  | 1.03  | 1.30  | 0.63  | 1.64  | 0.65  |
|      | 器械速度 | 13.82 | 17.35 | 19.00 | 21.17 | 21.99 | 23.33 | 23.65 | 24.66 | 25.09 | 28.18 |
| 刘××  | 重心速度 | 0.67  | 0.65  | 0.85  | 0.33  | 1.35  | 0.50  | 1.40  | 0.70  | 1.59  | 1.45  |
|      | 器械速度 | 13.68 | 14.33 | 16.35 | 19.01 | 19.48 | 20.63 | 21.01 | 23.12 | 22.11 | 27.94 |

|     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 燕×  | 重心速度 | 0.85  | 1.01  | 1.17  | 0.69  | 1.73  | 0.74  | 2.09  | 0.40  | 1.85  | 1.24  |
|     | 器械速度 | 14.13 | 16.48 | 16.94 | 18.95 | 19.57 | 21.33 | 21.54 | 24.83 | 22.52 | 27.23 |
| 罗×  | 重心速度 | 0.79  | 0.38  | 1.23  | 0.63  | 1.15  | 0.77  | 1.47  | 0.86  | 1.84  | 0.55  |
|     | 器械速度 | 11.44 | 15.46 | 16.01 | 20.28 | 20.12 | 21.19 | 22.34 | 24.13 | 22.28 | 27.44 |
| 王×2 | 重心速度 | 0.94  | 0.43  | 1.54  | 0.74  | 1.26  | 0.62  | 1.55  | 0.42  | 1.59  | 0.61  |
|     | 器械速度 | 11.28 | 12.95 | 14.70 | 17.59 | 19.23 | 19.69 | 20.83 | 21.61 | 22.27 | 26.98 |
| 李×× | 重心速度 | 0.66  | 1.09  | 1.27  | 0.68  | 1.20  | 1.45  | 1.49  | 0.38  | 1.55  | 1.19  |
|     | 器械速度 | 11.99 | 15.97 | 15.95 | 20.09 | 21.53 | 21.88 | 23.32 | 23.33 | 21.76 | 24.89 |
| 宗×  | 重心速度 | 0.04  | 0.46  | 1.11  | 0.55  | 1.29  | 0.15  | 1.29  | 0.62  | 1.63  | 0.55  |
|     | 器械速度 | 11.44 | 14.87 | 16.55 | 19.52 | 21.16 | 21.67 | 22.30 | 22.71 | 23.55 | 25.57 |

表5 旋转过程中各圈器械最大速度及各圈速度增量和贡献率情况 m/s  
Table5 Maximum speed of each circle of equipment during rotation and speed increment and contribution rate of each circle

| 运动员 | 预摆    | %  | 第1圈   | 增量   | %  | 第2圈   | 增量   | %  | 第3圈   | 增量   | %  | 第4圈   | 增量   | % | 用力   | 增量 | % |
|-----|-------|----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|---|------|----|---|
| 王×1 | 15.08 | 53 | 19.05 | 3.97 | 14 | 22.80 | 3.75 | 13 | 24.20 | 1.40 | 5  | 25.61 | 1.41 | 5 | 2.65 | 10 |   |
| 张×× | 13.82 | 49 | 19.01 | 5.19 | 18 | 22.16 | 3.15 | 11 | 24.68 | 2.51 | 9  | 25.48 | 0.80 | 3 | 2.70 | 10 |   |
| 刘×× | 13.68 | 50 | 15.91 | 2.23 | 8  | 19.42 | 3.51 | 13 | 22.81 | 3.39 | 12 | 24.69 | 1.88 | 7 | 2.65 | 10 |   |
| 燕×  | 14.15 | 52 | 18.72 | 4.57 | 17 | 21.53 | 2.81 | 10 | 23.57 | 2.04 | 7  | 25.09 | 1.52 | 6 | 2.14 | 8  |   |
| 罗×  | 11.34 | 41 | 15.99 | 4.65 | 17 | 20.54 | 4.55 | 17 | 23.14 | 2.60 | 9  | 25.27 | 2.13 | 8 | 2.17 | 8  |   |
| 王×2 | 12.35 | 46 | 16.58 | 4.23 | 16 | 20.83 | 4.25 | 16 | 23.61 | 2.78 | 10 | 24.27 | 0.68 | 3 | 2.51 | 9  |   |
| 李×× | 12.08 | 49 | 15.97 | 3.89 | 16 | 21.35 | 5.38 | 21 | 22.44 | 1.09 | 4  | 24.55 | 2.11 | 8 | 0.34 | 1  |   |
| 宗×  | 11.44 | 45 | 15.98 | 4.54 | 18 | 21.03 | 5.05 | 20 | 22.89 | 1.86 | 7  | 24.03 | 1.14 | 4 | 1.54 | 6  |   |

据研究表明,世界优秀运动员预摆阶段的器械速度占整个器械速度的50%-60%,世界纪录保持者沃达在投78 m时预摆阶段器械速度贡献率达到了54%、各圈增量分别为7%、9%、11%、11%、最后用力阶段增量为6%,器械速度贡献率呈现出了逐圈增加的趋势,而且分配相对比较合理,说明了她对器械的加速能力是逐圈提高的,并没有出现突然提高或者降低的现象,进一步验证了她对器械的控制能力较强,这也是她专项能力较强的直接体现。不足的是最后用力阶段对器械加速能力有待进一步提高,造成她用力效果差的主要原因是器械在出手瞬间垂直和水平方向速度分配不合理,水平速度偏小,垂直速度过大,也是她出手角度过大的原因。

预摆进旋转技术在整个掷链球过程中占有重要的地位,对后续旋转阶段器械的运行轨迹及节奏的形成起到了决定性作用(董海军,2011b),在我国链球项目的训练中并没有引起教练足够重视。大邱世锦赛冠军赖申科在投掷77.13m时的预摆速度达到了16.4m/s。预摆阶段我国部分选手器械速度偏慢,如罗×、王×2等选手只有45%左右,王×1的器械预摆速度达到了15.08 m/s,进旋转技术是我国所有选手中最好的。张××预摆阶段的球体速度并不高。从第1圈对器械加速情况看,我国选手右脚离地后的单支撑阶段大部分选手器械的速度也下降,直到下一圈双支撑阶段的开始,其中张××、李××、宗×、

刘××4名选手右脚着地前的器械速度出现了一定程度增加，特别像张××在右脚着地瞬间器械速度达到第1圈的峰值，说明这4名选手器械在从高点向下运动的过程中，手臂有拉球加速现象，这在技术上也是不合理的。其他选手王×1、罗×、王×2和燕×第1圈器械速度的峰值都出现在双支撑阶段，第1圈加速时机也比较合理，右脚落地后单支撑阶段器械速度并没有增加，在右脚着地前处于下降趋势。

第2圈器械速度的增量有下降趋势。我国选手除李××和宗×两名选手器械的速度峰值出现在单支撑阶段外，加速时机不合理，进一步说明单支撑阶段有拉球现象。其他6名选手的速度峰值都出现在第2圈双支撑阶段，器械加速时机合理，6名选手中刘××和王×2虽然速度峰值出现在双支撑阶段，但单支撑阶段器械速度有增加现象，然后右脚着地前又呈现了下降趋势，说明这两名选手器械在(90-180°位置)有对器械加速现象，在一定程度上不利于下肢对器械超越，存在一定的不合理性。其他4名选手不但速度峰值出现在双支撑阶段，单支撑阶段器械速度呈现了下降或者平缓运行的趋势，加速时机较为合理。

我国选手第3圈器械速度增量进一步呈现了幅度减小的趋势，说明整体上对器械的加速能力在逐渐减弱。王×1、李××和宗×3名选手表现较为突出，其他选手中只有刘××速度增量呈现了上升趋势，这和她前2圈增量偏小有一定关系。从加速时机看，李××和宗×器械速度峰值出现在单支撑阶段的右脚着地前，从高点向下拉球现象较为严重，其他6名选手第3圈器械速度峰值时机都出现在双支撑阶段，加速时机较为合理。其中王×1、张××单支撑阶段右脚离地后器械速度出现了一个较为明显的降速现象，这说明两人向高点的三角加速动作幅度较小，和球体力量向身体方向转移有关，这个问题上面已经进行了论述。

第4圈对器械的速度增量进一步降低，加速能力也呈现了下降的现象，也是四圈平均增量最小的一圈，说明我国选手普遍存在第4圈对器械加速效果差的现象，逐渐提高对器械持续加速能力是我国选手现阶段应该解决的主要问题之一。从加速时机看，8名选手第4圈器械速度峰值都出现在双支撑阶段，虽然加速能力弱，但加速时机都还是合理的。表现突出的是燕×、李××、罗×

3位选手在单支撑阶段器械速度明显出现下降，而且一直持续到右脚着地前，说明这3名选手器械在第4圈向高点运行过程中，球体力量有向身体方向转移的现象，集中在第4圈的单支撑阶段，右腿上腿不积极（图3），这也是我国选手第4圈对器械加速能力偏弱的一个主要原因。

最后用力阶段是对器械加速的最后一个阶段，最后用力的效果直接关系到成绩的好坏（陈洁明，2004）。从增量情况看，我国选手中李××和宗×增量只有0.34 m/s和1.54 m/s，说明两人最后阶段的用力效果较差。运动成绩和最后用力阶段器械的速度增量有直接关系（前3名都达到了10%）。据研究表明世界纪录保持者沃达尔奇克最后用力阶段的器械速度增量达到4.2 m/s左右，表现出了对器械超强的持续加速能力。不难发现我国选手普遍都存在用力阶段对器械持续加速能力偏弱的现象，这也是未来提高我国该项目整体水平的需要解决的一个主要问题，提高对器械持续加速的能力。

### 3.3 我国女子链球选手器械运行轨迹特征的研究

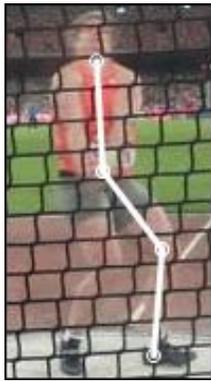
掷链球过程中器械的整个运行轨迹反映了不同技术阶段的器械和人体之间的关系（董海军，2014）。在一定程度上，时间和速度恒定的情况下，器械运行轨迹越长，对器械做功的距离也就越长。每圈对器械加速的时机主要在双支撑阶段，也就是延长双支撑阶段器械的轨迹长度，缩短单支撑阶段的轨迹长度是从另一个角度反映技术优劣的重要标准（张新民，2010）。影响器械运行轨迹长度的除了技术原因外，主要受到身高、臂展等身体条件因素的影响，在技术上主要反映了上肢肩带肌肉群的放松程度（董海军，2016）。

表6 旋转过程中器械运行轨迹情况 m

Table6 Running track of instruments during rotation

| 运动员 | 第1圈  |      | 第2圈  |       | 第3圈  |      | 第4圈  |       | 双总    | 单总    | 用力阶段 | 总长度   |
|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|     | 双支撑  | 单支撑  | 双支撑  | 单支撑   | 双支撑  | 单支撑  | 双支撑  | 单支撑   |       |       |      |       |
| 王×1 | 4.90 | 4.33 | 5.25 | 4.13  | 4.86 | 4.33 | 4.12 | 4.98  | 19.13 | 17.77 | 4.98 | 41.87 |
|     |      | 9.22 |      | 9.38  |      | 9.19 |      | 9.10  |       |       |      |       |
| 张×× | 4.58 | 4.97 | 5.67 | 4.86  | 4.73 | 4.77 | 4.99 | 5.18  | 19.97 | 19.78 | 5.63 | 45.38 |
|     |      | 9.55 |      | 10.53 |      | 9.49 |      | 10.17 |       |       |      |       |
| 刘×× | 4.17 | 4.28 | 5.28 | 4.57  | 4.84 | 4.49 | 4.46 | 4.72  | 18.75 | 18.06 | 5.46 | 42.26 |
|     |      | 8.45 |      | 9.85  |      | 9.32 |      | 9.18  |       |       |      |       |
| 燕×  | 4.45 | 4.46 | 5.06 | 4.17  | 4.77 | 4.80 | 4.11 | 4.92  | 18.39 | 18.35 | 5.04 | 41.81 |
|     |      | 8.91 |      | 9.22  |      | 9.58 |      | 9.09  |       |       |      |       |
| 罗×  | 4.10 | 3.96 | 4.94 | 4.49  | 4.51 | 4.42 | 4.55 | 4.55  | 18.10 | 17.42 | 5.77 | 41.26 |
|     |      | 8.07 |      | 9.39  |      | 8.93 |      | 9.10  |       |       |      |       |
| 王×2 | 4.15 | 3.52 | 5.31 | 3.99  | 4.76 | 3.94 | 4.74 | 4.16  | 18.96 | 15.61 | 5.45 | 40.01 |
|     |      | 7.67 |      | 9.30  |      | 8.70 |      | 8.89  |       |       |      |       |
| 李×× | 4.57 | 4.41 | 5.03 | 5.18  | 4.57 | 5.14 | 4.65 | 5.22  | 18.82 | 19.95 | 4.23 | 42.99 |

|    |      |       |       |      |      |      |       |      |       |       |      |       |  |
|----|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|--|
|    | 8.97 | 10.21 | 9.72  | 9.87 |      |      |       |      |       |       |      |       |  |
| 宗× | 4.01 | 4.48  | 5.75  | 4.61 | 4.69 | 4.68 | 5.24  | 4.85 | 19.65 | 18.62 | 5.34 | 43.67 |  |
|    | 8.49 |       | 10.36 |      | 9.38 |      | 10.09 |      |       |       |      |       |  |



沃达



王×1



张××



刘××



燕×



罗×



王×2



李××



宗×

图4 沃达和我国选手第四圈双支撑加速阶段左侧膝关节角度示意图

Figure 4 Schematic diagram of left knee joint angle of Voda and Chinese players in the fourth lap of double support acceleration stage

据研究表明,世界高水平运动员第四圈和最后用力阶段对器械的加速轨迹长度比例较大(DR ALEX DINSDALE, 2017),世界纪录保持者沃达的投掷 78 m 时的器械总轨迹长度为 42 m,4 圈的长度分别为 8.91 m、9.11 m、9.23 m、9.29 m,最后用力阶段为 5.45 m,虽然总的加速距离并不长,但每圈器械轨迹长度呈现出了逐圈延长的现象,而且最后用力阶段器械也比较长。对她每圈的轨迹分布研究发现,沃达双支撑阶段器械轨迹呈现出了逐圈延长的现象,而单支撑阶段轨迹呈现了逐圈缩短的现象,这在技术原理上合理的,也是现代掷链球技术“延长双支撑、缩短单支撑”的直接体现。

由表 6 可知,我国选手整体上表现出第 1 圈短、第 2 圈最长、第 3、4 圈又逐渐缩短的趋势,而且整个用力阶段的器械运行轨迹偏短,这和最后用力时间偏短有直接关系。

每圈双支撑阶段器械轨迹的长度是有效的加速阶段,据最新研究,在单支撑阶段也有加速的情况(F. JAVIER ROJAS-RUIZ, 2009),除了受到身高、臂展等先天条件影响外,加速技术也起到至关重要的作用。从技术角度分析,影响双支撑阶段加速轨迹长度的主要为上肢肩带肌肉群的向外舒展能力和左腿的压紧效果,肩带肌肉过渡收缩和左腿膝关节蹬伸幅度过大,都会造成器械上的离心力向身体方向转移,造成加速轨迹长度缩短。和世界优秀运动员相比,我国选手每圈双支撑阶段存在的主要问题是下肢蹬伸幅度偏大,沃达每圈双支撑阶段左腿膝关节压紧效果远远好于我国选手(图 4),特别是王×1 这一现象非常严重。据研究资料表明,王×1 第 4 圈左膝角达到了 160°,直接影响了身体重心的高度,并造成器械上的离心力减小(LI QIANG LI, 2018),这也是目前影响她双支撑技术的最大问题。左侧轴压紧效果差,不但会造成器械向身体方向转移,同时也造成身体重心位置过高,对克服器械上的离心力不利。存在同样问题的还有李××、罗×、刘××、王×2 等选手(图 4),相比左侧轴压紧效果较好的只有张××和宗×、燕×等选手。

我国选手整体上总的双支撑器械轨迹都比单支撑阶段轨迹长,只有李××单支撑轨迹长于双支撑阶段,张××、燕×、刘××、罗×等选手双支撑阶段器械轨迹略长于单支撑阶段,说明这几名选手单支撑阶段器械运行轨迹还存在偏长现象,训练中通过提高右腿上腿以及右脚着地速度来完善单支撑阶段的技

术，缩短单支撑器械的轨迹长度。王×1器械总的运行轨迹并不长，但双支撑阶段远远比单支撑阶段长，有效的利用了对器械加速距离，进一步增加器械水平速度，减少双支撑阶段身体重心上下起伏程度，减小左腿双支撑阶段蹬伸幅度是她今后技术改进的方向。王×2在加速节奏上问题并不大，但加速的距离过短，在动作的机构上存在一定的问题，进一步提高上肢的舒展能力，延长双支撑阶段的用力距离是她技术完善的方向。宗×整体技术结构较为合理，不足的加速节奏较差，器械在双支撑阶段的轨迹变化幅度较大，动作结构没有形成定型。

#### 4 结论与建议

1) 我国选手普遍存在进旋转不积极，第3、4圈对加速节奏不明显的特点，训练中通过提高右脚着地速度和发展专项速素质能力，进一步缩短第4圈单支撑阶段时间，增加最后用力前超越器械的效果。

2) 我国选手普遍存在第1、2圈器械速度增量幅度偏大，第3、4圈器械速度增量偏低的特点，对器械持续加速能力偏弱，特别是第四圈和最后用力阶段持续加速能力有待提高，进一步完善第3、4圈双支撑阶段的用力效果。

3) 我国选手普遍存在进旋转器械轨迹短的现象，“迎球、放球”动作不充分，第3、4圈对器械加速轨迹长度有缩短趋势，特别是第4圈双支撑阶段和最后用力阶段对器械加速距离偏短。训练中需要进一步提高第3、4圈上肢的舒展能力，克服左肩回撤现象，延长双支撑阶段对器械的加速距离。

# 优秀短跑运动员苏炳添阻力跑和助力跑训练研究

彭秋艳<sup>1</sup>, 苏炳添<sup>1,2</sup>, 章碧玉<sup>1</sup>, 王国杰<sup>3</sup>

1. 北京体育大学, 北京 100084; 2. 暨南大学体育学院, 广东广州 510632;

3. 南京体育学院, 江苏南京 210014

阻力跑训练 (RST) 和助力跑训练 (AST) 是提高速度能力最常用且有效的方法之一, 两者的动作模式分别与短跑起动的加速和最大速度阶段较为接近 (姜自立等, 2015; Murray et al., 2005), 可以给神经肌肉系统带来较强的负荷刺激, 产生专项训练适应, 提高速度能力。阻力跑可以发展下肢力量输出速率, 增加向前的驱动力, 提高加速能力; 阻力跑中的变阻跑可以提高起动的加速的转换能力; 助力跑可以发展最大速度阶段步频, 突破速度障碍 (姜自立等, 2015), 提高最大速度能力。

当前在训练实践中阻力跑训练手段主要包括阻力雪橇、阻力伞、阻力带、上坡跑等 (Alcaraz et al., 2008, 2018; Clark et al., 2010), 但都存在负荷强度不易量化的弊端, 且阻力负荷在不同设备、不同跑道材质、不同附着点和不同距离的浮动范围较大, 一般为 10%~120% 自身体重 (BW) (Alcaraz et al., 2018; Hichs, 2017; Kawamori et al., 2014; Martinez et al., 2014; Petrakos et al., 2016), 过大的阻力负荷会导致运动员躯干前倾幅度增加和踝、膝、髌关节屈伸范围减小, 带来蹬伸不充分的问题, 不利于提高力量输出速率和掌握正确的短跑技术 (Bachero et al., 2014; Lockie et al., 2003; Slawinski et al., 2008; Zafeiridis et al., 2005)。助力跑训练手段主要有下坡跑、牵引跑和高速跑台等 (Bret et al., 2002; Clark et al., 2009), 助力负荷相对统一, 采用下坡跑时, 斜坡角度一般在 3°~5° (姜自立等, 2015)。助力跑速度训练强度为超过 5%~10% 最大速度 ( $V_{max}$ ), 但同样存在负荷强度不易量化的问题。当助力跑练习超过一定负荷, 可能会导致运动员髌、膝、踝关节活动范围增大, 着地距离增加、随之制动时间和制动力增加, 破坏正确的短跑技术结构并增加膝关节和腓绳肌的运动损伤概率 (Clark et al., 2009; Ebben, 2008)。此外, 关于阻力跑和助力跑训练研究多为一般水平人群的单次负荷干预研究, 鲜有针对高水平短跑运动员系统的阻力跑和助力跑训练干预研究。

目前随着 1080Sprint (Hicks, 2017) 阻力助力训练系统在训练中的普及, 可以实现负荷强度的精确控制, 最大限度地提高训练负荷的针对性和有效性。苏炳添作为国内优秀短跑运动员, 在近 2 年的训练中, 运用 1080Sprint 训练取得了一定的突破 (王国杰等, 2019)。通过对苏炳添阻力跑和助力跑训练的梳理, 以丰富高水平短跑运动员阻力跑和助力跑训练理论研究。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以我国优秀短跑运动员苏炳添 (身高 1.72 m, 体重 70 kg, 60 m 最好成绩 6.42 s, 100 m 最好成绩 9.83 s) 2018 赛季阻力跑和助力跑训练周期安排、负荷设定、训练效果为研究对象。与历年成绩相比较, 苏炳添 2018 赛季在 60 m 和 100 m 项目上均取得了巨大的成功。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 跟踪记录法

跟踪记录苏炳添 2018 赛季 (时间跨度为 2017 年 10 月 5 日—2018 年 11 月 11 日) 结合 1080Sprint 训练系统 (瑞典) 的阻力跑和助力跑训练安排与负荷设定, 记录阻力跑和助力跑练习距离、练习组数、负荷强度、跑动时的功率、力值、速度和加速度。训练中, 1080Sprint 放置于距离起跑线后 10 m 处位置, 将与人体连接部分的阻力绳标定在距离起跑线后 0.50~0.60 m 处, 并设置好负荷强度 (图 1)。待运动员就位后, 根据预备姿态再次标定起点位置, 并记录该位置与起跑线差值, 留作后续测试时继续使用, 从而保证测试条件的一致性。记录从起动至运动结束时的速度、力值和功率数据。

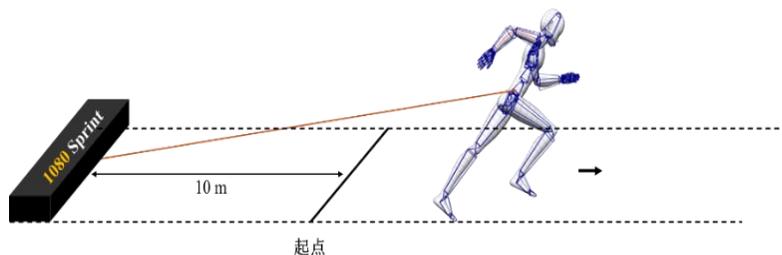


图 1 1080 阻力助力跑训练系统

Figure 1 1080 resisted sprint and assisted sprint training system

## 1.2.2 数理统计法

运用 Microsoft excel 2016 对数据进行整理, 对苏炳添不同训练阶段中 1080 Sprint 阻力助力跑训练系统的功率、力值、速度和加速度等数据进行对比分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苏炳添 2018 赛季训练安排与任务

苏炳添 2018 赛季共参加 25 场比赛 (包含 4×100 m 接力比赛), 其中室内 60 m 比赛 11 场, 室外 100 m 比赛 14 场。比赛时间跨度为: 1 月 26 日—3 月 3 日 (室内赛阶段)、5 月 6 日—26 日 (室外赛第 1 阶段)、6 月 22 日—7 月 19 日 (室外赛第 2 阶段) 和 8 月 25 日—9 月 9 日 (室外赛第 3 阶段), 主要竞赛目标依次为: 检验冬训效果、室内赛适应性比赛; 逐渐进入竞技状态、提高竞技水平; 稳定竞技状态、逐渐达到最佳竞技状态; 达到最佳竞技状态、完成年度重要比赛 (亚运会)。所以根据比赛安排和时间分布, 将苏炳添 2018 年度训练安排分为 4 个准备期 (表 1)。

表 1 苏炳添 2018 赛季训练安排

Table 1 Training arrangements for Su Bingtian in 2018 season

| 训练安排 | 准备期 1                       | 竞赛期 1    | 准备期 2                      | 竞赛期 2              | 准备期 3            | 竞赛期 3          | 准备期 4          | 竞赛期 4                 | 恢复期        |
|------|-----------------------------|----------|----------------------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------------|------------|
| 时间   | 2017/10/5-2018/1/25         | 1/26-3/3 | 3/4-5/5                    | 5/6-5/26           | 5/27-6/21        | 6/22-7/19      | 7/20-8/6       | 8/25-9/9              | 9/10-11/11 |
| 训练目标 | 夯实基础体能; 改进技术, 提高起跑及起跑后的加速能力 | 检验冬训效果   | 巩固提高起跑及加速能力, 建立 100m 跑全程节奏 | 室外赛适应性比赛, 逐渐形成竞技状态 | 预防伤病, 强化体能, 优化技术 | 提高竞技水平, 稳定竞技状态 | 提高专项训练强度, 防治伤病 | 达到最佳竞技状态, 完成年度重要比赛亚运会 | 休息调整       |

### 2.2 苏炳添阻力跑和助力跑训练安排

#### 2.2.1 冬训准备期 (准备期 1)

准备期 1 是冬训阶段, 本阶段的主要目标是改进和优化跑动技术、提高起跑和起跑后的加速能力, 并为后续的室内 60 m 比赛做好准备。改进和优化跑动技术的主要手段为轻阻力 2.9% BW、中长距离 15~50 m、中等量 160~300 m 的辅助性练习, 如小步跑、快速下压腿、快速绞剪腿和垫步下压等, 通过上述手段来提高单步着地动作效果, 加大臀肌用力比例、减小着地距离、提高下

压与前摆配合紧密程度、提高下肢支撑刚度 (Bret et al., 2002; Chelly et al., 2001; Morin et al., 2006)。在优化改进单步跑动技术的同时, 采用负荷 9%~11.4% BW、长距离 30~50 m、中等量 200~300 m 的抗阻力小栏架跑 (栏高 25~35 cm、间距 1.90~2.10 m) 提高单步技术组合后的连贯性和流畅性, 提高跑动配合效果 (王国杰等, 2019)。提高起跑能力方面, 采用中等负荷 10%~17.1% BW、短距离 10~15 m、低量 60 m 的抗阻力起跑。一方面可以在阻力负荷下加大起跑躯干前倾角、减小胫骨角和力线 (force line) (Kawamoriet al., 2014; Keogh et al., 2010; Winwood et al., 2016), 提高用力效果; 另一方面, 可以提高启动加速阶段蹬地力量, 强化伸膝、伸髋肌群力量, 提高起跑阶段功率输出 (Lockie et al., 2003)。本阶段周训练课次为 2~3 次, 持续 6 周以上。

### 2.2.2 室外赛前准备期 (准备期 2)

准备期 2 是室外赛前准备阶段, 本阶段的训练目标是巩固提高起跑及加速能力, 建立 100 m 跑全程节奏。本阶段阻力跑训练距离逐渐延长, 阻力负荷“重-轻”结合, 抗阻力起跑训练, 采用重负荷 22.9%~37.1% BW、短距离 5~10 m、低量 40~50 m 与中等负荷 17.1% BW、中等距离 20~40 m、中高量 60~490 m 的加速跑相结合以提高起跑能力和起跑后的加速能力。有研究显示, 短距离、重负荷阻力跑后, 会产生 PAP 效应 (Comyns et al., 2010; Kawamoriet al., 2014) 在处理好疲劳与恢复关系的前提下, 可以提高后续无阻力起跑能力, 提高加速效果。

本阶段助力跑训练采用次最大速度和最大速度训练结合的方法。助力跑练习形式为预跑 15~20 m (此阶段无助力), 随后在机械牵引下达到设定速度 (预定的速度强度和助力牵引强度) 跑动 20 m, 随后为 15~20 m 的无助力下的跑动。苏炳添的助力跑训练采用 98.3%~99.1%Vmax-10%BW 强度、中等距离 40 m、低量 60~80 m, 来发展次最大速度条件下跑动技术的稳定性, 采用 99.1%~102% Vmax-8.6%BW 强度、短距离 20 m、低量 60~80 m 来发展最大速度。此阶段中次最大速度和最大速度训练课次安排为每周 1 次课, 课训练中先是进行次最大速度训练 1~2 次, 随后进行最大速度训练 1~2 次。

### 2.2.3 室外赛前准备期 (准备期 3)

准备期3的目标是预防伤病、强化体能、优化技术和逐渐提升竞技状态。阻力跑训练多采用变阻训练,高强度→中强度(21.4% BW→10% BW,速度阈值7.5 m/s→8.5 m/s)、中等距离30~40 m、中等量120~240 m来发展起跑加速的转换能力。此阶段阻力跑训练课次减少,每周1~2次课。此阶段助力跑训练以次最大速度为主,重在提高途中跑技术的稳定性和对速度的控制能力,尤其是着地阶段鞭打动作效果和腾空阶段动作的舒展性。以86.4%~95.8%  $V_{max}$ -8.5%~10% BW强度、短距离20 m、低量60~120 m为主,每周1次训练课。

#### 2.2.4 室外赛前准备期(准备期4)

准备期4的目标是提高专项训练强度,防治伤病,为即将开始的第十八届亚运会做好准备。阻力跑训练以抗阻力起跑和起跑后的加速能力为主,中等强度17.1%~21.4% BW、短距离15~25 m、中等量130~200 m、每周1~2次训练。助力跑训练以次最大速度强度为主,次最大强度91.5%~94.9%  $V_{max}$ -10% BW、短距离20~25 m、中等量130~200 m,每周1次训练,以提高途中跑技术稳定性和规范性为主,突出动作幅度。助力强度相比上一个准备期有所提高。

#### 2.2.5 阻力跑和助力跑训练思路

阻力跑和助力跑是速度训练中的一部分,在采用上述方法进行训练的同时,也结合无阻力和助力条件下的加速跑训练,采用规定时间监控训练强度(表2)。常用的方法是1次阻力跑+2次加速跑(20~30 m)和1次助力跑+1次加速跑(40~60 m)。阻力负荷下,一方面可以对主要用力肌群产生预先负荷,在随后的训练中产生PAP效应,另一方面阻力跑也是一种理想的技术教学方法,形成正确的动作模式,如躯干前倾角度、小腿胫骨角等,通过阻力负荷可将上述的运动技术表现放大,并在随后的无负荷条件下产生痕迹效应,提高加速跑训练效果。

通过对苏炳添阻力跑与助力跑训练的梳理与总结,发现其冬训准备期的训练以改进跑动技术,建立良好的跑动技术动作模式(包含加速技术和途中跑技术)为重点,在此基础之上,不断提高加速能力训练强度,发展加速爆发力和加速转换衔接技术。期间,也较为注重跑动技术训练强度的提升和技术稳定性的发展,以便为后续最大速度训练(助力跑)建立良好的跑动技术和跑动能力

基础。在训练手段上以低强度、高负荷量的阻力跑动技术和轻负荷量的小栏架跑训练来完善跑动技术和实现跑动技术向专项跑的转化。在准备期2中，在保证加速技术和途中跑跑动技术训练日常化的同时，注重加速能力和最大速度能力的同步发展，并逐步提高训练强度。在训练手段上以中高强度、较高训练量的阻力起跑和阻力加速跑来发展加速能力、加速转换衔接能力及加速爆发力；采用最大速度、低训练量的助力跑发展最大速度能力。准备期3和4中，延续阶段2的训练内容，在确保足够训练强度的同时，逐步降低训练量，来促进运动员进入竞技状态。训练手段上以中高强度、低训练量的阻力起跑和加速跑加速爆发力及加速转换衔接能力；采用次最大速度的助力跑发展最大速度的稳定性（图2）。

表2 苏炳添 2018 赛季速度训练强度表

Table 2 Speed training intensity of Su Bingtian in 2018 season

| 距离(m) | 时间(s) | 强度    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |       | 105%  | 102%  | 98%   | 95%   | 92%   | 90%   | 85%   | 80%   | 75%   | 70%   | 65%   | 60%   |
| 400   | 44.15 |       |       | 45.04 | 46.36 | 47.68 | 48.57 | 50.78 | 52.98 | 55.19 | 57.40 | 59.61 | 61.81 |
| 300   | 32.05 | 30.45 | 31.41 | 32.69 | 33.65 | 34.61 | 35.26 | 36.86 | 38.46 | 40.06 | 41.67 | 43.27 | 44.87 |
| 250   | 26.71 | 25.37 | 26.17 | 27.24 | 28.04 | 28.85 | 29.38 | 30.71 | 32.05 | 33.39 | 34.72 | 36.06 | 37.39 |
| 200   | 19.95 | 18.95 | 19.55 | 20.35 | 20.95 | 21.54 | 21.94 | 22.94 | 23.94 | 24.94 | 25.93 | 26.93 | 27.93 |
| 150   | 14.91 | 14.17 | 14.62 | 15.21 | 15.66 | 16.11 | 16.40 | 17.15 | 17.90 | 18.64 | 19.39 | 20.13 | 20.88 |
| 120   | 11.93 | 11.33 | 11.69 | 12.17 | 12.53 | 12.89 | 13.12 | 13.72 | 14.32 | 14.91 | 15.51 | 16.11 | 16.70 |
| 100   | 9.88  | 9.38  | 9.68  | 10.08 | 10.37 | 10.67 | 10.87 | 11.36 | 11.85 | 12.35 | 12.84 | 13.34 | 13.83 |
| 90    | 8.89  | 8.45  | 8.71  | 9.07  | 9.34  | 9.60  | 9.78  | 10.22 | 10.67 | 11.11 | 11.56 | 12.00 | 12.45 |
| 80    | 7.90  | 7.51  | 7.74  | 8.06  | 8.30  | 8.53  | 8.69  | 9.09  | 9.48  | 9.88  | 10.27 | 10.67 | 11.06 |
| 75    | 7.41  | 7.04  | 7.26  | 7.56  | 7.78  | 8.00  | 8.15  | 8.52  | 8.89  | 9.26  | 9.63  | 10.00 | 10.37 |
| 70    | 6.91  | 6.57  | 6.78  | 7.05  | 7.26  | 7.47  | 7.61  | 7.95  | 8.30  | 8.64  | 8.99  | 9.34  | 9.68  |
| 60    | 6.43  | 6.10  | 6.30  | 6.55  | 6.75  | 6.94  | 7.07  | 7.39  | 7.71  | 8.03  | 8.35  | 8.67  | 9.00  |
| 55    | 5.89  | 5.60  | 5.77  | 6.01  | 6.18  | 6.36  | 6.48  | 6.77  | 7.07  | 7.36  | 7.66  | 7.95  | 8.25  |
| 50    | 5.35  | 5.09  | 5.25  | 5.46  | 5.62  | 5.78  | 5.89  | 6.16  | 6.43  | 6.69  | 6.96  | 7.23  | 7.50  |
| 45    | 4.82  | 4.58  | 4.72  | 4.92  | 5.06  | 5.20  | 5.30  | 5.54  | 5.78  | 6.02  | 6.26  | 6.51  | 6.75  |
| 40    | 4.28  | 4.07  | 4.20  | 4.37  | 4.50  | 4.63  | 4.71  | 4.93  | 5.14  | 5.35  | 5.57  | 5.78  | 6.00  |
| 35    | 3.75  | 3.56  | 3.67  | 3.82  | 3.94  | 4.05  | 4.12  | 4.31  | 4.50  | 4.68  | 4.87  | 5.06  | 5.25  |
| 30    | 3.66  | 3.47  | 3.58  | 3.73  | 3.84  | 3.95  | 4.02  | 4.20  | 4.39  | 4.57  | 4.75  | 4.94  | 5.12  |

注：训练强度依据训练中途中跑 30m 跑成绩进行测算

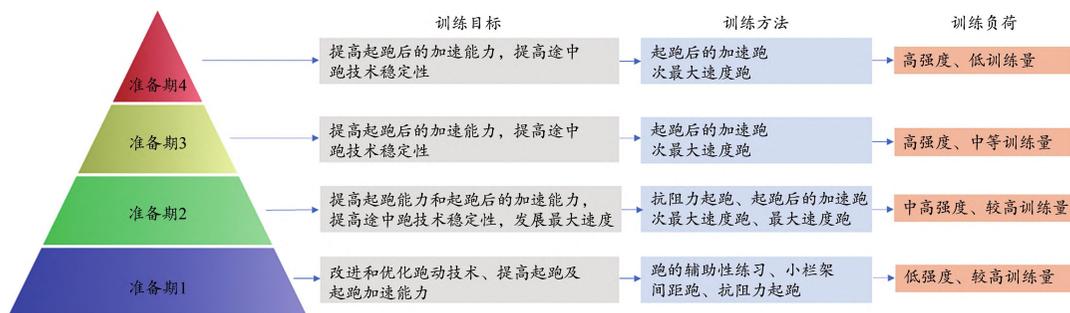


图 2 苏炳添 2018 年赛季阻力和助力跑训练思路

Figure 2 Su Bingtian's training ideas of resisted and assisted sprint in 2018 season

## 2.3 苏炳添阻力跑和助力跑训练示例

### 2.3.1 阻力跑训练示例

起跑时由于运动员处于静止状态, 需要产生较大的蹬地力值克服惯性, 从而摆脱静止状态, 因此起跑阶段表现出支撑时间长、腾空时间短和身体前倾幅度大的特点。优秀男子短跑运动员起跑至前 2 步, 支撑时间分别为 0.280 s、0.140 s 和 0.123 s, 腾空时间分别为 0.050 s、0.060 s 和 0.067 s, 躯干角分别为 35°、48° 和 47° (Ralph et al., 2015)。为达到产生较大作用力的效果, 在负荷设定上采用重负荷、短距离, 着重提高起跑阶段运动员的力量输出, 或者重负荷与轻负荷相结合, 提高起跑到加速跑的转换能力, 着重提高运动员的功率输出。

### 2.3.2 助力跑训练示例

教练员在助力跑训练中, 通常采用超过 100%  $V_{max}$  的助力速度来发展最大速度能力, 虽然可以给神经中枢带来高强度刺激, 提高大脑皮质兴奋与抑制的转换速度, 但是在超过运动员个人最大速度能力的牵引速度下, 运动员通常会出现着地制动、扒地不充分的问题, 无形间增加了腓绳肌和脚踝的损伤风险。所以, 苏炳添发展最大速度主要采用次最大速度与最大速度助力跑结合的训练方法。主要目的在于借助次最大速度的牵引, 使运动员降低主动用力同时实现最大速度, 重点是在接近最大速度的奔跑中实现跑动技术的协调放松, 提高跑动技术的实效性。在助力跑后, 采用小栏架跑练习, 进一步强化高速跑中的肌肉用力, 巩固助力跑训练效果 (表 3)。

表 3 苏炳添阻力跑和助力跑训练示例

Table 3 Su Bingtian's resistance running and resistance running training examples

| 训练方式    | 训练任务                       | 训练内容   | 目标与要求   |
|---------|----------------------------|--|---|
| 阻力跑训练示例 | 提高起跑阶段功率输出, 提高起跑加速能力       | ①热身<br>②站立起动加速 10m×3 次/组×3 组<br>③3 点支撑起动加速托雪橇 15m (30kg) × 3 次/组×3 组<br>④1080 起跑器起跑 15m (9-12kg) × 3 次/组×3 组<br>⑤起跑器起跑 15m×4 次/组×3 组<br>⑥起跑器起跑 30m×3 次/组×2 组<br>⑦起跑器起跑 45m×2 次/组×1 组<br>⑧直腿弹性跑 50m×4 次 | ①加大起跑躯干前倾角、减小胫骨角, 提高用力效果<br>②提高起动加速阶段蹬地力量, 强化伸膝、伸髋肌群力量  |
| 助力跑训练示例 | 提高最大速度能力和发展高速跑动中技术的规范性和稳定性 | ①热身<br>②助力跑 50m×6 次, 98.3-99.1% $V_{max}$ -10%BW<br>③小栏架跑×5 次 (18 个小栏架, 栏架间距 2.15m-2.25m-2.35m, 每个距离 6 个栏架)<br>④力量训练<br>⑤核心素质训练  | 高速跑中加快摆动腿下压鞭打的速度, 缩减着地距离, 体会空中放松动作, 要求其在高速条件下达到高规格的技术要求 |

## 2.4 苏炳添阻力跑和助力跑训练效果

在短跑训练实践中, 为了实现力量素质向速度的有效转化, 需要进行一些既包含有专项跑的成分、又包含力量训练成分的训练 (姜自立等, 2017), 而阻力跑和助力跑符合起跑加速和最大速度的技术要求, 能有效促进力量素质向速度的转化。苏炳添采用 1080Sprint 阻力助力跑训练系统开展训练, 取得了一定效果。30 m 和 60 m 分别反应运动员的加速能力和最大速度能力的指标, 通过图 3 可以看出, 苏炳添的 30 m 成绩从 5 月 16 日—8 月 6 日, 呈不断提升态势, 并在第十八届亚运会前达到年度高峰状态 3.48 s。60 m 成绩也是从 6 月 25 日 (竞赛期) 的 6.57 s, 提升至第十八届亚运会前准备末期 6.49 s, 进步幅度较大, 表明该年度整体阻力跑和助力跑训练对提升速度能力具有一定成效。

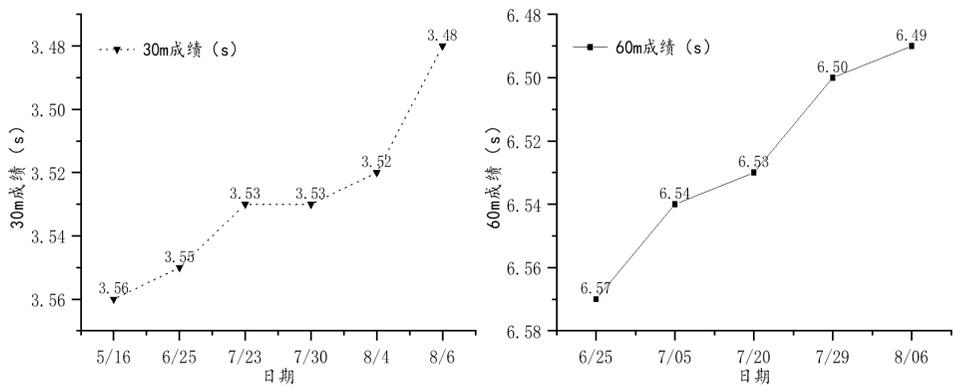


图 3 苏炳添起跑加速 30m 和 60m 跑成绩变化

Figure 3 Changes of Su Bingtian's speed of 30m and 60m sprint

表 4 苏炳添阻力起跑、阻力加速跑、阻力辅助训练、助力跑训练效果

Table 4 Effects of Resistance start, resistance acceleration, resistance assisted training and assisted running training of Su Bingtian

| 训练方式      | 训练阶段     | 阻力 (kg)                            | 峰值速度(m/s)      | 峰值力值 (N)         | 峰值功率 (W)           |
|-----------|----------|------------------------------------|----------------|------------------|--------------------|
| 阻力起跑训练效果  | 准备期 1    | 15 (21.4%BW)                       | 6.44           | 318.05           | 1121.91            |
|           | 准备期 4    | 15 (21.4%BW)                       | 7.97 (1.53 ↑)  | 232.01 (86.04 ↓) | 1178.83 (56.92 ↑)  |
| 阻力加速跑训练效果 | 准备期 2    | 12→7 (17.1%BW→10.0%BW)             | 8.62           | 214.82           | 1019.87            |
|           | 准备期 3    | 12→7 (17.1%BW→10.0%BW)             | 8.88 (0.26 ↑)  | 235.14 (30.32 ↑) | 1124.06 (104.19 ↑) |
| 阻力辅助训练效果  | 准备期 1 前期 | 2 (2.9%BW)                         | 8.24           | 71.83            | —                  |
|           | 准备期 1 后期 | 2 (2.9%BW)                         | 9.92 (1.68 ↑)  | 85.63 (13.8 ↑)   | —                  |
| 助力跑训练效果   | 准备期 3    | 7 (10%BW) (94.9%V <sub>max</sub> ) | 11.23          | 71.23            | —                  |
|           | 准备期 4    | 7 (10%BW) (94.9%V <sub>max</sub> ) | 11.57 (0.34 ↑) | 54.67 (16.56 ↓)  | —                  |

“—”表示缺失值，“↑”表示前后两个时期的数据对比出现增长，“↓”表示前后两个时期的数据对比出现减少。

#### 2.4.1 阻力起跑训练效果

从表 4 中可见，2 个不同训练阶段采用相同的 15 kg (21.4% BW) 负重、15 m 阻力起跑训练手段时，准备期 1 中有更高的峰值力值 (318.05 N)，准

备期 4 中则有相对高的峰值速度 (7.97 m/s) 和功率 (1 178.83 W)。早期训练处于力量训练分期中的最大力量训练阶段, 此时的阻力起跑与最大力量训练分期相匹配, 更注重力量输出; 而后期训练中力量训练分期逐渐向功率和专项速度转移, 更加凸显速度和功率的重要性。就整体而言, 通过 3 个阶段的阻力起跑训练, 苏炳添起跑后的峰值速度 (+1.53 m/s) 和功率 (+56.92 W) 有所提高, 加速能力有所提升。

为达到较大的作用力的效果, 苏炳添起跑能力训练主要采用重阻力负荷, 12~26 kg (17.1%~37.1% BW) 和短距离 5~20 m, 着重提高起跑阶段运动员的力量输出和功率输出。在重阻力负荷下不仅可以加大起跑躯干前倾角、减小胫骨角和力线 (Kawamori et al., 2014; Keogh et al., 2010; Winwood et al., 2016), 提高用力效果, 而且可以提高启动加速阶段蹬地力量, 强化伸膝、伸髋肌群力量, 发展起跑阶段的蹬伸能力。

#### 2.4.2 阻力加速跑训练效果

加速跑阶段的力学特点与起跑不同, 随着跑动距离的加长和跑动速度的提高, 运动员逐渐过渡到途中跑阶段, 此时速度和功率是主要目标, 因此负荷强度有所降低, 并采用了变阻形式, 负荷重量由 17.1% BW 转至 10.0% BW (速度阈值 7.0 m/s), 旨在提高加速爆发力和加速转换衔接技术的稳定性, 跑动距离在 30~40 m。由表 4 可见, 通过 2 个阶段的阻力加速跑训练, 苏炳添准备期 3 中阻力加速跑的峰值速度、峰值力值和峰值功率相比准备期 2 均有提升, 增值分别为 0.26 m/s、30.32 N 和 104.19 W。

变阻训练是根据运动员跑动中速度变化 (由低速转为高速)、阻力形式变化 (水平推动力逐渐减小)、躯干角度变化 (由前倾转为竖直) 的专项需求而进行的, 其中变阻的速度阈值设定是关键。此方法不仅可以发展启动加速阶段能力, 而且可以通过变阻的形式实现“重-轻”负荷的转换, 在发展起跑能力的同时, 可以针对性的发展起跑后加速跑的转换衔接能力。

#### 2.4.3 阻力辅助性练习训练效果

辅助性练习通常是每周的调整训练内容, 多在速度训练或者力量训练的次日进行, 以阻力跑的辅助性练习和小栏架跑为主, 该练习一般在冬训阶段, 室

外赛季准备阶段训练较少。在进行辅助性练习时较为注重峰值力值,原因在于跑的辅助性练习是完整跑动技术的分解练习,其中多数练习以着地时的鞭打下压作为动作重点,而下压着地效果的好坏可以通过着地阶段的峰值力值来体现。如表 4 所示,准备期 1 后期中辅助性练习峰值速度和峰值力值均较准备期 1 前期有所提升,增值分别为 1.68 m/s 和 13.8 N。

辅助性练习主要是用于提高单步技术组合后的连贯性和流畅性,提高跑动配合效果。提高单步着地动作效果,加大臀肌用力比例,减小着地距离,提高下压与前摆配合紧密程度,提高下肢支撑刚度(Bret et al., 2002; Chell et al., 2001; Morin et al., 2006)。

#### 2.4.4 助力跑训练效果

助力跑一般采用高出运动员 5%~10%  $V_{max}$  的区间范围来进行。为减少腓绳肌和脚踝损伤风险,苏炳添的助力跑训练多采用 89.8%~94.9%  $V_{max}$  10% BW 的负荷强度,超过最大速度强度的训练比重较少。本研究选取了 2 个不同训练阶段,7 kg (10% BW) 助力牵引助力、11.2 m/s (94.9%  $V_{max}$ ) 和 50 m 距离,相同训练条件下的助力跑训练数据,从表 4 可知,准备期 3 和准备期 4 阶段的助力跑训练后,相同负荷强度下,准备期 4 中苏炳添的峰值速度较准备期 3 提高了 0.34 m/s,制动力下降 16.56 N,表明其自身奔跑速度已超出了助力速度,且跑动中着地支撑距离有所缩减,是助力跑训练适应良好的表现。

助力跑目的在于提高高速跑中技术的稳定和最大速度能力,苏炳添助力跑采用次最大速度和最大速度训练相结合的方法。采用次最大速度强度助力跑,运动员无须主动加速用力即可达到较高的速度水平,此时运动员将注意力放在跑动技术的保持与核心技术环节的细致要求上(如高速跑进中加快摆动腿下压鞭打速度、缩减着地距离、体会空中放松动作),提高运动员对速度的控制能力和跑动技术的稳定性。采用最大速度强度进行助力牵引,旨在提高最大速度条件下,中枢神经系统的兴奋性,加强神经肌肉快速收缩能力,突破速度障碍,提高最大速度。

### 3 结论

1) 苏炳添 2018 赛季的阻力跑和助力跑训练在发展起跑、加速跑、最大速度能力方面具有明显的效果。结合年度竞赛计划,划分训练准备阶段,根据

不同训练阶段时间跨度和专项需求特点,系统、交替安排阻力跑和助力跑训练是苏炳添 2018 赛季在 60 m 和 100 m 两个项目上均取得重大突破的主要原因之一。

2) 教练员主要采用 17.1%~37.1% BW 阻力负荷和 5~20 m 练习距离提高苏炳添的起跑能力;采用 10%~17.1%BW 和 30~40 m 练习距离提高苏炳添的加速能力;采用 8.6%~10% BW 助力负荷、86.4%~99.1% Vmax 助力速度和 20~40 m 牵引距离来提高苏炳添次最大速度条件下跑动技术的稳定性;采用 10% BW 助力负荷, 99.1%~102%Vmax 助力速度和 20 m 牵引距离来提高苏炳添的最大速度能力;苏炳添常用的辅助性练习阻力负荷为 2.9% BW, 练习距离为 40~45 m, 小栏架跑的阻力负荷为 9%~11.4% BW, 练习距离 30~50 m。

---

★.《田径科技动态》编委会: 主席: 于洪臣; 副主席: 田晓君、赵杰修。

主编: 苑廷刚; 副主编: 刘冉、王国杰; 编辑: 韩鹏鹏、冷欣、刘嘉伟、侯金宝。

★.联系人: 韩鹏鹏; 电话: 010-87182520、13233033817, 微信名:hpp9797; E-mail: [tkshpp@163.com](mailto:tkshpp@163.com); [yuantinggang@ciss.cn](mailto:yuantinggang@ciss.cn)。

★.定价为 15 元/本, 全年 12 期为 1 份, 共 6 本/份, 全年定价为 90 元/份。