

田径科技动态

2017 年第 01-02 期

2017 年 02 月出版

国家体育总局田径运动管理中心

国家体育总局体育科学研究所合编

- 国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地工作总结；
- 体育科学技术助力 2020 年中国田径“东京登峰计划”
- 基于牛顿运动定律为 10 秒以内水平的百米运动员建模；
- 对现代短跑技术若干问题的重新审视。

国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地 工作总结

国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地（简称：田径后备人才基地或基地）创建已经两个奥运周期了，历经近 8 年的时间。田径后备人才基地建设工作认真贯彻落实《奥运争光计划纲要》，以“选好苗子、打好基础、系统训练、着眼未来、积极提高”为指导方针，多年来培养输送了一大批高水平后备人才，较好地实现了争取成为国家队优秀运动员，参加奥运会、世锦赛、世界杯三大赛勇夺奖牌的宏伟目标。随着里约奥运会的结束，新的奥运周期又开始了。面对新时期、新形势和新任务，为了进一步加强工作，促进基地建设更加科学、系统、健康发展，现以上一奥运周期为主对基地工作进行总结。

一、国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地创建的战略抉择

2008年北京奥运会后，国家体育总局田径中心以杜兆才同志为主任的新领导班子于2009年初对我国田径项目发展情况经过认真考察调研，发现我国田径运动存在后备人才严重不足及其后备人才的培养机制不健全问题。在我国重点发展的项目中，因竞走项目技术要求高、比赛中技术风险大等原因，上世纪90年代中期安徽、江西、上海、山西、宁夏等诸多省市相继取消了竞走项目；女子投掷、中长跑、短跨、跳跃等项目也正处于萎缩低迷或走入低谷的态势。中心领导对此高度重视，高瞻远瞩做出了正确判断，从长远发展考虑决定创建全国田径单项奥林匹克高水平后备人才基地。

（一）田径后备人才基地的发展概况

2009年，田径中心首先制订了“全国田径单项奥林匹克高水平后备人才基地”检查验收标准，在各单位申报并经各省市体育局复查后，于5月中旬开始由田径中心选调有关专家，首先对申报竞走、中长跑项目的单位进行了逐一考核评估和验收工作，并于当年7-8月先后举办了这两个单项基地的训练营活动。其后，在9月又对申报短跨、投掷、跳跃项目基地的单位进行考核评估和验收工作，统一命名并颁发了统一制作的基地牌匾。这项工作得到了各省市体育局有关部门的大力支持和协助。2009-2012年伦敦奥运会周期先后分五批次共命名了132个全国田径单项奥林匹克高水平后备人才基地。

2013年启动第二周期（2013-2016年度）全国田径单项奥林匹克高水平后备人才基地的创建工作。经过上一周期基地的创办实践和工作展现，各地对田径后备人才基地创建工作更加重视，申报更加踊跃，各申报单位的工作尤其是苗子的选拔和训练质量也有所提高。

在第一周期基地建设的基础上，第二个奥运周期田径后备人才基地检查验收工作分为复评考核和新申报单位的考核评估两大类，对第一奥运周期已经成为基地的采取复评，对新申报基地的体校（单位）对照指标逐一

进行考核评估。第二奥运会（即里约）周期分三批次共命名了 135 个全国田径单项奥林匹克高水平后备人才基地，后来因故撤消了 2 个，最终实际建立了 133 个基地（见表 1）。

表 1 国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地数统计

竞走	中长	短跨	铅球/ 铁饼	标枪	链球	跳远/ 三级跳	跳高	撑竿跳	合计
33	22	21	16	7	7	11	9	7	133

田径后备人才基地创建的早期，运动员年龄分为 12-13 岁、14-15 岁两个年龄段。中心领导和专家组认为，16-17 岁的运动员再经过 4 年的基础训练正应该是优秀苗子表现专项潜能的时候，是重要的继续训练和选材的重要阶段，同时也是参加世界级青少年比赛的年龄阶段，如果输送不到省级以上运动队而让其去上学或处理掉可能会造成遗漏或丢失优秀后备人才结果。因此，之后基地运动员年龄要求又增加了 16-17 岁一个年龄段，分成三个年龄段涵盖 12-17 岁六个年龄。目前，133 个田径后备人才基地共有在训运动员 3992 名、在职专项教练员共 331 人（见表 2）。在职教练中具有高级教练职称的达 101 名。

表 2 目前国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地人数统计

项目	竞走	中长跑	短跨	女子投掷	跳跃	合计
运动员	1063	980	830	535	584	3992
教练员	72	61	75	65	58	331

（二）以训练营和组织参加国内外比赛为主要抓手，促进各基地后备苗子的选拔、训练和培养工作

田径后备人才基地建立以后，我们以训练营和组织参加国内外比赛为主要抓手，这是我们抓基地建设最为重要的环节。首先，我们每年都要举办高水平后备人才基地青少年训练营。训练营既是运动员集中训练，又是教练员的集中培训，在每年的训练营中运动员之间、教练员之间还可

以互相学习、交流，取长补短；经过训练营的测试、考核，专家们对各基地运动员进行优秀苗子评选，鼓励和促进各基地大力做好优秀后备人才的选拔、训练和培养工作。据不完全统计，自 2011 年以来田径中心连续举办的后备人才基地青少年训练营参加学习、集训、培训人员总量达到 6600 多人次，其中运动员 5700 多人次、教练员 900 多人次（见表 3）。训练营项目设置包括：竞走、短跑、中长跑、跳高、撑竿跳高、跳远、三级跳远、跨栏、女子铅球、铁饼、链球、标枪等我国田径重点发展所有单项。

表 3 2011-2016 田径训练营统计表

年	项目	时间	地点	天数	运动员数	教练员数
2011	女子链球、标枪	3.6--19	南昌	15	104	22
	中长跑	3.13--21	贵阳	8	103	35
	竞走	7.15--31	秦皇岛	15	491	48
	跳远、三级跳	8.1--16	大连	15	36	13
	中长跑	8.12--22	西安体院	11	476	49
	女子铅球、铁饼	8.17--31	大连	15	78	20
	短跑、跨栏	12.20--29	南宁	10	103	29
2012	中长跑	7.15--24	秦皇岛	10	220	43
	竞走	7.28--8.11	沈阳体院	14	360	40
	女子铅球、铁饼	8.12--24	沈阳体院	13	77	21
	女子链球、标枪	11.26--12.7	南昌	12	84	22
2013	竞走	8.15--26	沈阳体院	12	380	58
	女子投掷	7.8--21	沈阳体院	14	161	38
	中长跑	7.31--8.11	秦皇岛	12	375	54
2014	中长跑	6.3--7.13	河北崇礼	14	285	36
	女子投掷	7.29--8.10	浙江温岭	13	127	28
	短跑、跨栏	10.9--20	青岛	12	98	15
	竞走	10.10--25	江苏吴中	15	214	37
	跳跃	10.21--11.2	青岛	13	110	22
2015	竞走	7.15--28	乌兰察布	14	320	35
	短跑、跨栏	7.23--8.3	四川绵阳	12	98	26
	跳跃	7.24--8.6	浙江温岭	14	141	29
	女子投掷	7.24--8.6	江苏如皋	14	175	42
	中长跑	7.28--8.10	江苏如皋	14	319	38
2016	女子投掷	7.12--27	江苏如皋	15	147	32
	短跑、跨栏	7.28--8.12	江苏如皋	15	106	19
	中长跑	7.23--8.6	江苏如皋	15	178	36
	跳跃	7.31--8.14	浙江温岭	15	123	20
	竞走	8.16--26	四川西昌	11	283	42
合计					5772	901
累计					6673	

训练营在探索中逐渐丰富其活动内容和形式。2013 至 2014 年我们与北体大有关团队一起，以科研课题的形式研究以训练营为主的高水平后备基地建设运营模版，确定训练营的基本活动安排包括：训练、交流、测试与优秀苗子评定、教练员培训、运动员文化学习等。2016 年我们又增加以加强织纪律性和强化团队意识为目的的军训内容。在运动员训练和教练员培训上，从一开始我们就注意聘请相关专家介入，让青少年运动员、基层教练直接与高水平训练实践甚至是当今世界最顶尖教练直接对接，感受和承接国内甚至是世界最前沿的训练理念，训练方法、手段。据不完全统计，2011 年以来共聘请国内外专家、各专项国家队教练或者青少年队伍训练优秀教练员、著名运动员参加了训练营超过了 300 人次。其中包括：意大利著名竞走教练桑德罗 达米拉诺、新西兰著名女子铅球教练海勒、德国著名铁饼教练卡尔 海茵兹、美国奥运会金牌教练李犁，我国著名教练王魁、孙海平、余维立、袁国强、阚福林、张景龙、叶奎刚、欧喜元、张阜新、孙荔安、苏文仁、王万培、李怀光、王水琪、崔麟、徐志谦等，俄罗斯的竞走教练谢苗诺夫维克多，白俄罗斯链球教练齐佐林伊格尔、芬兰的标枪教练 UNPO PAANANEN，奥运会金牌运动员王丽萍、陈定、丹纳伯格（德国，铁饼）等，以及一大批训练、科研专家、教授和我国年轻优秀教练员。

经费投入是训练营活动得以开展的根本保障，特别是总局投入大量经费保证了训练营的成功举办。2011 年以前因经费支出科目与其它队伍训练合并难以单列统计、2016 年经费支出具体仍在结算中，2012 年至 2016 年总局下拨专项经费加上我中心自筹经费投入训练营支出累计达 900 万元（见表 4）。

表 4 2012 年以来训练营支出统计

年	2012	2013	2014	2015	2016	合计
支出（万元）	101.67	173.75	134.11	233.31	252.84	895.68

总局田径中心领导大力推动基地运动员积极参加国内外训练和比赛，特别是参加国际比赛和国内高水平的比赛，要在大赛中锻炼队伍，强调要主动融入国际田径大家庭，包括主动出击寻找机会出国训练和比赛，要求教练员和青少年运动员在参加国内外训练、比赛中揣摩和学习、掌握正确技术，狠抓训练促进提高。教练员要努力学习、掌握先进训练理念，学习、探索先进的训练方法、手段；运动员要从小不断锻炼自己，积累经验，逐步提高训练水平、心理素质和比赛能力。从 2010 年开始中心投入专项经费分别组织竞走、中长跑、短跨等项目基地运动员参加在华举办的国际田联挑战赛、越野锦标赛、钻石联赛等，以及每年组织各个单项基地参加全国锦标赛、项群赛、全国少年田径锦标赛等。2013 年以来，连续每年选派竞走、女子投掷等重点项目基地和国少队运动员分别赴瑞士、意大利、葡萄牙和德国训练和参加国际比赛。

（三）基地选拔、培养和输送优秀后备人才情况

国家田径单项奥林匹克高水平后备人才基地创建以来，我们始终坚持贯彻落实《奥运争光计划纲要》，以“选好苗子、打好基础、系统训练、着眼未来、积极提高”为指导方针，七年来选拔、培养、输送了一大批优秀高水平后备人才。据统计，2010-2016 年七年来各基地共向省市运动队输送了 1064 名运动员，向不同时期的国家田径队输送了 69 名运动员（见表 5）。其中有的基地向上级运动队输送运动员输送率高达 35% 以上，比如：广西体校输送率 36.7%、浙江绍兴体校输送率 36.6%。

表 5 2011-2015 年基地输送运动员统计

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合计
省市队	58	68	112	113	187	167	359	1064
国家队	5	10	5	3	21	25		69

2015 北京世界田径锦标赛和 2016 年里约奥运会，我国田径健儿连续创造辉煌的业绩。在这支实现历史性突破的队伍中，也有我们各基地选拔、

培养和输送的年轻选手，比如：竞走项目运动员王镇来自黑龙江大庆体校基地、蔡泽林是云南会泽体校基地培养输送的，女子铅球运动员卞卡来自江苏连云港市体校基地，女子 100 米选手韦永丽来自广西自治区体校基地，男子撑竿跳高运动员姚捷来自上海市徐汇区体校基地等。2016 年里约奥运会，从田径后备人才基地输送的运动员共有 19 人参加了这届奥运会，其中 18 人入选中国田径队参加 12 个单项比赛，并勇夺男子 20 公里竞走金、银牌；有 1 人入选水上项目国家队参加帆船比赛。田径后备人才基地输送运动员参加 2016 年里约奥运会田径比赛统计（见表 6）。

表 6 基地运动员入选里约奥运会参加田径比赛统计

序号	运动员	项目	名次	省市	原基地	备注
1	王镇	竞走	1	黑龙江	大庆体校	超龄
2	蔡泽林	竞走	2	云南	会泽体校	
3	杨家玉	竞走		内蒙古	乌海体校	
4	王振东	竞走		江苏	徐州体校	
5	王凯华	竞走		广东	兰州体校	
6	谢震业	100 米	4	浙江	绍兴体校	兼接力
7	袁琪琪	100 米接力	9	江苏	苏州体校	
8	莫有雪	4x100 接力	4	广东	深圳体工队	
9	姚捷	撑竿跳		安徽	徐汇区体校	
10	朱仁学	马拉松		云南	会泽体校	
11	华绍青	马拉松		河北	邯郸体校	
12	张新艳	障碍跑		甘肃	定西体校	
13	汤星强	4x100 接力	4	福建	省体校	
14	卞卡	铅球		江苏	连云港体校	
15	吴水娇	100 米栏		广东	珠海体校	
16	王嘉男	跳远		江苏	徐州体校	
17	韦永丽	100 米	9	广西	广西体校	兼接力
18	梁小静	4x100 接力		广东	肇庆体校	

除此之外，田径后备人才基地选拔、培养、输送出去的许多运动员正在逐渐进入国家优秀运动员行列，其中马振霞、段丹丹、郭甜茜、梁瑞、单冬雪、成昱龙、孙康平、邓雪琳、丁硕、黄佳欣、余玉珍、尚宁瑜等就

是典型的代表。他们已经分别在世界少年锦标赛、青年锦标赛、青奥会上初露锋芒，名列前茅。

随着田径后备人才基地创建和训练的加强，几年来优秀后备人才不断涌现，我国参加国际青少年大赛也取得了辉煌成绩，2013年第届世界少年田径锦标赛我国运动员共获得11枚奖牌；2014年第二届青奥会在参加人数受极大限制的情况下派出9人参赛，夺得6金1铜共7枚奖牌，以绝对优势名列金牌榜第一。金牌数占中国代表团金牌总数36枚的六分之一。运动训练学理论认为，运动员从事运动训练，最佳成绩一般应在6至8年或6至10年的训练周期（不同项目有差异），上述运动员大都是在第一周期后的4-6年崭露头角，2018年至2020年东京奥运会，正是这些运动员竞技能力表现最佳状态的时候，期待这些基地运动员能在东京奥运会上再创辉煌。

二、训练理念更新与专项技术更加精准

（一）理念、方法、技术

在这两个奥运周期的田径后备人才基地建设过程中，为了改进技术、使各单项技术规范化的，专家组和教练员们积极配合做出了极大的努力，每年举办的训练营训练中安排改进技术和全面发展身体素质的练习都占很大的比重。在抓好技术训练的同时，教练员积极与国内外专家开展交流和研讨。通过多年的努力，教练员对各自项目规律、特性认识深刻了，训练理念得到了更新，正确的理念得到了加强。今年专家组下基地检查督导时，明显感到运动员选材好了，教练员抓技术有方法了。链球教练员能够重视轮摆时肘关节的位置与用力；标枪教练员对持枪跑的节奏至最后出手动作的衔接连贯加强了；竞走项目重视髋部技术的练习，注意发展髋部的柔韧、灵敏、协调能力和围绕前后转动的技术；投掷项目重视了主要肌群与小肌群力量的训练；跨栏项目强调了积极下栏落地与栏间跑速度与节奏的训练；

跳跃项目加强了对起跳与空中（过杆）动作衔接的训练。

在所有田径后备人才基地中竞走基地数量最多，本周期达到 33 个。2016 年专家组对其中 22 个基地进行了检查督导，随后在竞走国少队的训练营中明显感到运动员技术都有了较大改进，每个基地都有数个技术好的运动员。但也有部分基地运动员的技术动作尚显粗糙，在技术环节和细节上还需改进，这部分仅有 4、5 个基地，约占竞走基地总数的 18%。其他单项也有类似现象，主要原因是初学运动员把控技术的能力有限，以及该项目教练少、运动员多，技术训练时照顾不过来，就会出现技术环节和技术细节粗糙的现象。技术是提高运动成绩最为重要的基础，技术要适应运动成绩提高的需求，田径后备人才基地各个项目的技术都还有待于进一步加强，任重而道远。

（二）训练典范与技术训练分析

河北石家庄体校是女子铅球/铁饼基地，教练员范焕文在铅球项目的选材和基本技术训练上，甚至在专项训练上有很深的造诣，培养出一个又一个高水平后备人才，其中李梅素、李梅菊、巩立姣等都成为了世界级的选手。近年来他又选拔、培养出郭甜茜等这样的新秀。郭甜茜个人最好成绩达到了 18.59 米。田径中心副主任、国家田径队冯树勇总教练曾谈到，少年年龄能投出这样高的水平说明她的技术训练扎实。

基地专家组李老民教授感到，现在基层的教练员对跳高技术已经达到一定共识，而不像上世纪一谈技术认知程度差异明显。竞走技术是以规则为准则的，经过多年来的培训与实践，基地教练员观念有了较大改变，技术训练手段也越来越多了。从这两年竞走少年参加的比赛中的表现看，2016 年 4 月竞走基地组和国少队两场比赛技术情况比 2015 年以前的技术有所进步，但技术优劣差异明显。总体看出年龄小的组技术优于年龄大的组，女子技术优于男子，国少队优于基地组。

教练员是训练的关键。为拓宽教练员国际视野，学习国外训练的先进经验和手段，提高基地教练员科学训练能力和综合素质，2011年以来，国家体育总局田径中心连续多年分别选派国少队、基地教练、运动员赴意大利、德国等先进国家训练、参加国际比赛，2015年还组织了基地部分教练前往北京观摩世界田径锦标赛。教练员们深受启发，得益非浅。

各省市也非常重视基地教练的培训工作，如上海体校2015年1月组织部分基地教练和队员，赴澳洲参加为期十天的学习交流比赛活动，还推荐两名基地教练赴日本参加学习班；广东珠海，深圳，佛山等地教练员，每年必须参加广东省专业技术人员培训班72学时的课程教育。类似的培训班很多省市年度培训课时超80个学时。各基地学校内部也有严格的培训制度，坚持每周教练员一次专业理论学习，每周一次教研组会议等，极大提高了教练员理论知识和业务水平。

三、体教结合与改革教学模式的现状

国务院办公厅2010年国办发〔2010〕23号文《关于进一步加强运动员文化教育和运动员保障工作的指导意见》指出：运动员是我国体育事业发展的重要群体，加强运动员文化教育、切实做好运动员保障工作，对体育事业的全面、协调、可持续发展具有重要意义。在田径后备人才基地建设过程中，田径中心始终强调体教结合，要加强运动员文化教育。从今年5月开始的专家组检查督导情况看，各基地所在学校体教结合发展不平衡，有的地方行动快，有的改革步幅小且慢，有的观念没改变，未能实质性的体教结合。

目前，各基地所在学校的体教结合有以下几种情况：

1、原来就是教育局管理的中学，这类学校属于某体育项目是该市(区)的传统重点项目，教育、体育部门都比较支持，经过申报被评为了单项田

径后备人才基地，这类基地其本身就体现了体教结合的特点。如：河南郑州的会济一中和金水一中的中长跑基地。

2、体校划归教育局管理，文化学习由教育局负责，有比赛任务时体育局参与组队和负责训练参赛。如：徐州体育运动学校、河南鹤壁淇滨中学（原鹤壁体育运动学校）。

3、体育运动学校文化课教师由教育局派出授课，有的甚至校长也由教育局派出，其编制、工资仍在教育局。这类学校教师需参加教育局各类检查、评估、培训、考核、研讨、观摩课等，以保证教师质量不下降。如：丹东市体育运动学校。

4、教育局与体育局合作，形成体育局、教育局联合办学，体校学生全部在教育局所属中小学、有的还是县区重点学校上学，运动员实行训练、住宿“二集中”。有的为运动员专设特长班，由该学校和体校老师共同担任班主任，体校班主任负责上学、放学接送学生，如：马龙竞走体育学校；有的是专车接送。如：深圳体工队、保山体育运动学校。

5、教育局与体育局联合办学，体育运动学校和多个学校合作，运动员按照年龄分散到各个小学、初中去学习文化，有该学校学籍，体校则自己承担中职阶段的教学任务。

6、基本延续原来体校“三集中”模式，只是重视了学习的管理和调整训练时间，以保证学习质量与学习管理，重视教师的来源和培训。如：河南漯河体校，训练时间调整为上午两节课后训练，下午两节课后训练。

7、继续以往体校的“三集中”模式，体教结合尚未进入实质性的改变。表现在体育局、教育局尚未较好配合，体教结合观念上尚未脱离原“三集中”模式，只是加强了对学生的学习管理。

以上情况说明，总体上看是各基地重视了运动员的文化课学习，重视了体教结合，尽管还有困难，如：学习与训练时间的矛盾、教师的来源

与质量，训练、比赛与学习的关系处理等，但总体各基地所属学校努力、积极地贯彻落实国办 23 号文件精神。

体教结合不仅能够保持教学质量，也使运动员综合素质得以提高，而且发生了有利于选材的变化，如：鹤壁、新余、江津、马龙运动员的学习，均纳入教育局系统的重点学校，并在食宿、训练诸方面得以保障，学习质量与运动员管理正规化，在入学、升学、输送方面得以保证。由于体教结合基本是与当地重点学校联办，基地选拔苗子时已改过去难招的局面，家长也为孩子能到重点中学读书而高兴，有的家长还主动送运动员参加训练。

当前这种体教结合的形式虽然较多、复杂，但这正是发展过程需要摸索创新的方面。我们相信，通过实践、探索、积累经验，必将出现符合国情的体教结合模式来。

四、基地的创建和发展促进保障系统的完善

基地创建和发展经过这两个周期，促进了基地所在体育运动学校的发展，促进了他们在软、硬件上注意与评估指标要求的对接，训练设施现代化程度与时俱进。内蒙乌海市（县级）、浙江长兴市（县级）资金投入较大，满足了学校发展和参加各项活动与比赛、训练的需要。这两个地方的特点，一是领导重视、二是领导班子团结、三是一把手有魄力。

部分体校所处地方虽然经济并不发达，但政府给予投资较大。竞走基地校迁入新校址或改建的就有七、八所，如：扬州、兰州、安阳、昆明、巴彦淖尔、新余、马龙、榆林。投掷基地有兰州市体校、如皋市体校、巴彦淖尔体校、青岛市体校、河南漯河市体校等由政府专门划拨土地新建了学校。中长跑云南昭通新校址已开工，政府投资 1.09 个亿；山东潍坊 2016 年 2 月开工的体校新址占地 1100 亩。这些新迁校址大都占地面积大，设备现代化，各项设施齐全，甚至比部分省级体工队条件还要完备。短跨基地中广东深圳、珠海、河南焦作、洛阳等部分基地训练器材、科研设备、运

动场馆甚至不亚于省队训练条件，达到较高水平；河南焦作市体育运动学校加大投入，努力改善训练条件，投入三十万元铺设了田径软跑道，建成了六百平方米田径身体训练房，投入二百万元增添身体素质、科研医疗设施设备，投入八十万元购买了骨龄拍摄仪器。现代训练理念促进了现代训练器械的更新，现代训练器械又丰富、促进了运动方法的改进。

几年来，各基地的住宿条件、洗浴条件都大大得到改善，运动员的伙食除个别基地外，大多数基地的伙食标准都提高了，有的基地每年都会投入资金提高伙食标准或给予补贴。根据掌握的信息，除阜新、定西、马龙伙食标准维持在 25 元/天外，大都能在 30 元/天以上，甚至更高。今年还出现了这样一种新现象，专家组前几年去基地检查、调研、督导时，当地领导不太愿意让专家到运动员餐厅就餐，怕说不好；而今年不同了，专家组所到基地反而主动请专家到运动员食堂与队员们同时进餐，明确反应出伙食改善了不担心专家提意见。

基地运动员、教练员训练装备在中心配给的赞助服装外，不少基地也有足够的装备配套。

另外，各个基地对反兴奋剂的力度加大了，除制定常规的规章制度加强管理外，对伙食管理及采购也有定点或专门采购的要求，一是更加注意运动员的营养搭配；二是防止违禁食品的误购。

五、田径后备人才基地可持续发展的思考与建议

1、各基地基本都迫切需要专家下基地指导、辅导，因此中心应加大培训、督导、指导的力度，每年督导、指导纳入当年的经费预算，保证在训练营掌握的现代训练理念和方法，能够始终贯穿在日常的实际训练中。训练营的时间仅占全年训练时间的 0.4% 不到，绝大部分仍然是在原体校体制下训练、运作，不少基地教练为完成地方任务突强度、抓能力的现象还是时有发生。

这也是今年对基地的检查督导中各基地提出最多的要求，绝大部分基地都提出专家要常来指导，他们说：“专家说一句话，顶教练苦口婆心说100句”。除专门聘请的离退休专家外，国家队教练大赛后调整时也可以下基地指导、辅导。

2、建议今后比赛和训练营放在中部地区，以减少边远地区路途疲劳和交通费用。或者，参加比赛和训练营的路途交通费用争取能向边远地区和西部地区倾斜，如：超过多少公里的可报一半，或者划地区（西部部分地区）补贴。另外，耐力性项目对运动鞋的磨损程度较大，可否考虑赞助商每年为耐力性项目配给1-2双鞋。

3、在体教结合、加强文化课学习的形势下，各校十分重视教学质量，建议训练营最好放在暑假或春节在2月的寒假期间举办，以保障学习和考试。

4、对领导不重视，基地管理不善的，不能很好贯彻田径中心决定和要求的基地，以及教练人数少、不敬业的，运动员人数不达标的、输送极少的，应考虑提出警告，对不及时加以改正的基地要摘牌。

5、建立田径国少队。在进一步加强田径后备人才基地建设的基础上，采取分散与集中相结合的办法建立国家田径少年队，使基地涌现出来的优秀苗子得到进一步的保障和培养，同时更进一步的打牢基础，严防拔苗助长。国少队是国家人才梯队建设的重要组成部分，是国家优秀运动队的基础，肩负承上启下的责任，基地高水平后备人才进入国青队、国家队，直至成为奥林匹克优秀运动员，国少队要做好衔接工作，培养和输送更高质量的优秀后备力量。

青少奥保部 2016年12月

体育科学技术助力2020年中国田径“东京登峰计划”

《田径科技动态》编辑部 苑廷刚

一、体育科学技术是推动体育运动发展和提高的第一生产力

1988年9月，邓小平同志在全国科学大会上提出了“科学技术是第一生产力”的论断，这充分说明了老一辈无产阶级革命家、军事家和政治家对科学技术的重视和崇尚。科学技术是社会生产力的重要组成部分，是生产力中的最重要元素和动力，是人类社会发展和变革的第一动力。邓小平同志的这一论断，体现了马克思主义的生产力理论和科学观。“科学技术是第一生产力”，既是现代科学技术发展的重要特点，也是科学技术发展必然结果，更是推动人类社会进步和人们物质文化生活提高的根本途径和方法。

社会生产力是人们改造自然和提高人类生活环境的能力，作为人类认识自然、改造自然能力的自然科学，必然包括在社会生产力之中。科学技术一旦渗透和作用于生产过程中，便成为现实的、直接的生产力。现代科学技术发展的特点和现状告诉我们，科学技术正以越来越快的速度向生产力诸要素全面渗透，并且推动社会进步和人类生存环境的改善。

纵观中国体育和世界体育的发展和进步，都是体育科学技术不断发展和进步直接推动的。体育科学技术是体育运动发展和提高的第一生产力，是帮助人类提高运动竞技技能能力，改善和提高人类自身体质健康的第一途径和方法，运动是良医的健康理念是体育科学在人们日常体育健身行为的最重要指导思想。体育科学技术的发展不仅仅帮助和提高了人们的竞技能力水平，带来了先进的训练方法、手段和器械，帮助和改善了人们的日常体育健身行为，带来更加赏心悦目的体育比赛和精神愉悦，更是大大促进和提高人们的体质健康水平。是“更高、更快和更强”的奥林匹克精神的直接发展动力和决定因素。目前世界范围内的体育科学技术在不断的发

展和提高，并且在不同的运动项目领域内得到了广泛的应用和发展，同时对提高项目运动的整体水平和科学性发展都具有划时代的意义和影响。

如现代体育科学技术的发展和应用，对于世界和中国竞技体育的发展和提高起到了较好的帮助和保障作用。可以说体育科学技术是体育运动发展和进步的第一生产力。

1.网球和羽毛球竞技比赛中的“鹰眼判定技术”，使得比赛的判罚更加公正和科学；

2.足球竞技比赛中的“门线技术”，减少了进球误判和有争议进球判罚；

3.排球比赛中的“视频回放技术”，全场监控使得比赛全程都处于电子眼的监督之下；

4.短跑项目中的“激光测速技术”，可以即时反馈运动员的跑动速度、时间和距离等数据变化曲线；

5.航空航模中的“雷达测速技术”，可以精准测量和控制航空模型飞行的轨迹和速度；

6.直线跑的“数字跑道传感器矩阵技术”，可以即时测量出运动员的着地时间、腾空时间、步长、步速度和步频等技术参数；

7.精确到mm级的“光电跑道测量技术”，可以即时测量出运动员的跑动时间、速度和距离等参数；

8.射击和射箭中精确判定到0.2mm级的“激光电子靶”技术，使得得分判定更加精密、公平、科学和合理；

9.帆船帆板运动中的高精度GPS定位和导航技术，可随时追踪帆船帆板的运动轨迹、运动速度、空间定位和运动方向；

10.高尔夫球运动中的高清摄像移动轨迹追踪技术，可以准确测量出球的打击力度、运动轨迹、移动距离和方向等关键技术参数；

11.拳击和击剑运动中得分自动感应应答技术，可以精准判定肉眼看不

到得分判定；

12.举重运动中的杠铃三维数据自动提取和视频跟踪技术，可以即时监控杠铃的运动轨迹、高度和速度等参数；

13.全维度视频数据监测可穿戴设备，可随时监控人体运动姿态、空间坐标、运动动量和惯量参数；

14.游泳和水球等运动中的水下运动监测耳机，可即时监测运动员的心率、位置和速度等参数；

15.体感游戏和3D虚拟现实眼镜，可以随时调动和调节人体的运动动感体验和心态；

16.人体关键环节marks自动识别和追踪技术，可以即时监测关键点的位置坐标、速度、角度和距离等参数；

17.球类比赛中的视频标注技术，可以随时检索和调取比赛的视频图像；

18.美国NBA运动中的Sports VU视频技战术即时追踪统计技术，可以全方位的监测场上运动员的得分、篮板、犯规、控球率、跑动距离和位置等运动表现；

19.肌肉动力学仿生和再现，可实时再现运动动作的肌肉动力学内在结构和模型，科学掌握技术动作的微观规律和原理；

20.三维人体运动扫描和运动仿真，可以真实再现人体运动的三维场景，可以科学的预测、设计和学习新型技术动作模型；

21.体育健康大数据和海量存储，能够很好保存、统计和揭示人体健康数据规律，能够全面和综合掌控人体健康和长寿的内在规律；

22.个体运动信息和数据云端管理，可以实现体育科学信息和资源的共享和互传，增加体育运动信息资料的点点连接、点面连接和面面连接；

23.体育运动的互联网+和信息共享，可以把信息技术、运动技术、生理生化和心理等多学科综合信息监控数据科学整合，专家诊断和报告，全

面监控和全局把握，科学监测和评价现代体育科学技术的发展和应用；

24.先进的运动医学伤病手术和运动康复功能训练，可以做到足不出户实现运动康复和伤病手术，真正实现体育科学健身、健康管理和功能康复的全方位发展和提高。

这些都是较好体育高科技产品，对人类的体育健身、健康和竞技能力提高有着重要的帮助和支持作用。但必须清醒认识到以欧美等发达国家的体育高科技处于世界领先，而我们的体育科学技术还需要再奋进和追赶。

二、中国田径运动非常重视体育科学技术的普及、发展和应用

目前世界范围内的体育科学技术在不断的发展和提高，并且在不同的运动项目领域内得到了广泛的应用和发展，同时提高了该项目的整体发展水平和竞技表现水平。国家体育总局田径运动管理中心一直非常重视体育科学技术在田径项目中的应用和发展，多年来一直在吸收国内外最好的科技人才为中国田径科学化运动发展和提高服务。近年来中国田径运动科学技术也在不断地发展和提高，对于中国田径项目运动的整体运动成绩的发展和提高都具有重要的支持和帮助作用。

多年来田径运动管理中心也非常支持和鼓励《田径科技动态》专项信息资料的编辑和出版，并免费发放给全国田径界著名的教练员和教练员，免费赠送给国家体育总局局长、副局长、总局办公厅等有关管理部门、北京体育大学、全国各大体育学院田径教研室、全国田径训练基地和知名田径工作者等。田径科技的动态以宣传、普及和推广世界田径科学化运动和实践，普及和提高中国田径科学化运动为办刊主旨，对中国田径运动整体发展起到了较好的促进和帮助作用。

多年来对田径优势项目运动员备战世锦赛和奥运会一直成立专项科研团队和专项科技服务课题组。广大科研人员在为我国田径健儿备战世界大赛的服务中进行了大量的和卓有成效的科学技术监控和服务，帮助和支持

了中国田径健儿提高竞技水平和运动成绩水平。

如在2002~2012年的近10年内成立了刘翔专项科研攻关和科技服务课题组，帮助和支持了刘翔在2004年雅典奥运会以平世界纪录的12.91s夺得奥运会冠军，并创造了中国田径的历史辉煌，从那时起黄种人终于打破直道项目都是黑人的垄断地位，也破除了直道栏项目黄种人不能夺冠的思想枷锁，为中国人和黄种人在世界大赛上同样能够夺得冠军，能够创造历史辉煌成绩奠定基础，在2006年的瑞士洛桑，刘翔以12.88s的成绩打破原来英国人科林杰克逊保持了二十多年的世界纪录，更是震撼和鼓舞了中国人和黄种人创造历史的神迹。在此过程中刘翔和孙海平指导多次表扬和感谢了国家体育总局体育科学研究所刘翔课题组给予的科学技术支持和保障的贡献。可以说科技的力量对刘翔打破世界纪录和创造历史起到了有力的支持和帮助作用。

在2016年巴西里约奥运会上，中国田径队获得2枚金牌、2枚银牌和2枚铜牌，此外还收获了3个第四名、4个第五名、1个第六名、2个第七名和1个第八名。中国队在走跳投三大项群中都收获了奖牌，证明中国田径整体实力进步明显，项目结构更趋合理，项目发展更为均衡，而且呈现出男女同步发展、齐头并进的良好局面。男女竞走和女子投掷保持强势，男女20公里竞走取得2金1银1铜，创历史最佳战绩；女子四个投掷项目全部进入前八名，参加了四届奥运会的女子链球张文秀获得一枚宝贵的银牌，铁饼3名小将首次参加世界大赛，全部进入前八。以往的短板项目男子跳跃和短跑项目取得了突破，董斌历史性的一跳(第1跳17.58m)为中国男子三级跳远首夺奥运奖牌，曹硕以17.13m获得第四名，男子跳远王嘉男以8.17m的成绩获得第五名；男子4×100米接力在预赛中以37.82s打破亚洲纪录并在决赛中取得第四名(决赛成绩37.90s)；男子撑竿跳高薛长锐第一次闯进决赛，并获得第六名；男子100米赛场上，苏炳添和谢震业双双进

入复赛，开创历史。可以说在巴黎里约奥运会上中国田径全面进步，群星璀璨，为项目全面崛起奠定了良好的基础。这其中是我们广大运动员刻苦训练和顽强拼搏的结果，有广大教练员和管理人员的辛苦努力和多年来共同付出的结果，也有我们广大科研人员应用当代先进的体育科学技术帮助了中国田径健儿提高运动成绩和竞技能力水平的辅助作用。

2016年里约奥运会备战周期内成立了竞走专项课题组、投掷专项课题组、跳跃专项课题组、短跑和接力专项课题组、运动员机能监测课题组、运动伤病防治课题组和运动心理学课题组等，体育科学技术为我国田径项目优秀运动员提供了最直接、最先进和最前沿的科学技术服务内容和方法体系，建立了适合我国田径项目发展特点的科学技术体系和理论内容，对中国田径项目整体运动水平的发展和提高起到了重要的支持和帮助作用。

三、科学管理和科技服务保障和支持了“1516 突破行动计划”成功，对中国田径运动发展影响深远，意义重大

科学管理也是科学技术应用的一个重要组成部分，先进、高效和英明的管理科学对于一个项目运动的发展也有着极为重要的意义。2013 年度中国田径协会提出“1516 突破行动计划”，该计划是由中国田径协会制定并于里约奥运周期的“起步年”（2013 年）正式启动的，其目的是为中国田径队备战 2015 年北京田径世锦赛和 2016 年里约奥运会，其目标是在这两届大赛中争取获得 4 枚奖牌，其中力争 1 枚金牌，保证 8 到 10 个小项目进前八名，不出现任何兴奋剂或赛风赛纪问题。采取的具体措施主要有：首先是新周期，中心加强顶层设计和整体谋划，理清项目发展思路，研究和制定了“1516 突破行动计划”，努力推动中国田径的全面崛起。这是在科学管理方面给中国发展和运动指明的方向，打下了基础。是向管理要科学，管理要效益的最好体现。中国田径自 2013 年后也就是在 1516 突破行动计划的指引下，检查科学管理和科学技术创新应用，确保了我国田径不断创造历

史的辉煌。

中国田径运动管理中心在具体管理方面采取了以下措施：一是坚持“走出去、请进来”，走国际化发展道路；二是坚持突出重点、突破次重点的原则；三是加大突破与创新的力度，改革管理体制，创新管理机制。2013年，将原有的两个训练部门拆分为三个，分别成立耐力项目部、投掷项目部和短跨跳项目部，划小核算单位，提高精细化和专业化管理水平，加大督训力度。同时，国家队建立目标管理责任制，加大政策激励力度，实行科学动态管理，进一步激发国家队备战的积极性。备战过程突出目标管理和过程管理，坚持高标准、严要求，逐人逐项研究，定点攻关，有针对性地解决存在的问题。在科学管理、统筹安排和计划实施方面给予了重要的支持和保障，确保了“1516突破行动计划”的圆满完成，并创造中国田径的历史辉煌。

同时中国田径运动管理中心在科技服务支持保障方面做出了许多非常重要工作。如在运动技术分析和运动训练学领域内，建立了以“高清 DV 摄像机+1394 视频传输火线+笔记本电脑+投影仪+专业视频图像处理软件”等软、硬件结合起来的快速视频反馈系统；在视频图像采集方面购买 HDMI 超高清晰度的数字摄像机、高清运动 4K 摄像机、高清电视显示器等等，帮助教练员、运动员和科研人员提高视频采集的精度和清晰度；购买多种运动视频快速反馈和多重处理技术的专业视频分析软件 Dartfish 等运动技术分析软件系统，帮助科研人员提高科技服务的效率和质量；引进和购买了多种先进的肌力训练设备，确保运动员科学化训练的定量监控和调节；购买了多种速度训练、节奏训练、稳定性训练、协调性训练和灵敏性训练等仪器，来精确地帮助运动员提高科学化训练的质量和效益。同时在优秀运动员机能监测、营养品供应和采购、运动心理学监测、专项信息采集和反馈、运动员疲劳和康复设备的采购和引进等多学科、综合性和全面性的

帮助和支持中国田径健儿备战 2015 年北京世锦赛和 2016 年的里约奥运会。并且成立的 20 多项专门进行科技服务的优秀运动员科技服务课题组，在中心青少奥保部的正确领导下，各位科研人员积极跟队进行全面的科技支持和保障工作，也为中国田径项目实现“1516 突破行动计划”的光荣任务提供了强有力的科学技术支持和服务。

四、体育科学技术必然会助力中国田径运动实现 2020 年“东京登峰计划”

在新的奥运会备战周期内，2016 年 12 月中国田径协会和国家体育总局田径运动管理中心在总结、归纳和吸收中国田径“1516 行动计划”取得较好成绩的基础上，中国田径协会又制定“2020 年东京登顶计划”，以更加高瞻远瞩的指导方针、科学有力的指导思想、超前和有效的行动计划、先进性的科学技术应用、突出重点优势项目和加强落后项目建设等重要发展措施，全方位、多角度和综合性地保障和提高中国田径运动的整体水平和成绩。同时中国田径协会将继续加大宣传和积极引导中国田径运动的科学化水平，牢固树立“科学技术是第一生产力”理念，促进中国田径运动整体科学技术素养提高，

里约奥运会已经成为过去，中国田径队又踏上了备战东京奥运会的新征程。四年后，他们将面临更多的挑战，首先参加里约奥运会并取得好成绩的一些老将有可能在本周期退役，培养更多优秀的年轻人才成为当务之急。其次，中国田径在里约周期虽然更加均衡，但短板依然明显。里约奥运会尚有一半项目未能达标参赛，其中男子中长跑、男子投掷无人达标参赛，女子中长跑、女子跳跃表现一般，这些项目的落后已经严重制约了田径整体发展，必须改变。田管中心希望到 2020 年东京奥运会时争取有三分之二的小项能够达标参赛，近一半的参赛项目能够进入前八名。这个目标实现起来并不容易。另外，里约奥运会上由于受到兴奋剂事件影响而未能参赛的俄罗斯队到东京奥运会时，应该会重新复出，这会在很多项目上对

中国运动员形成威胁。作为东道主，日本田径很早就开始摩拳擦掌，争取在家门口创造好成绩，从里约周期来看，他们的男子短跑、男子竞走等项目已经具备了很强的实力，而且拥有一批可供东京奥运会使用的后备军。

中国田径“核心竞争力”是包含着项目运动发展的指导思想和方针、科学管理、科学化训练和恢复、科学参赛和科学发展的核心因素进行。其中中国田径协会提出和制定的“1516 突破行动计划”和“2020 年东京登峰计划”，是中国田径科学化发展的最好指导思想和行动纲领。同时优秀田径运动员核心竞争力的提高是中国田径在 2016 年巴西里约奥运会取得优异成绩单核心因素。其次中国田径协会面向 2016 年里约奥运会所采取的科学化管理，使得中国田径整体水平提高并彰显出管理的效益，还有中国田径教练员执教能力的提高，以及田径项目科研能力的提高和发展等。

先进的体育科学技术帮助和保障了中国田径运动实现“1516 突破行动计划”，在新的历史时期，高效的体育科学技术在服务于中国田径协会指导方针的制定、科学化管理和采取切实有效行动方面，以及在优秀运动员拥有的过硬竞技水平和综合能力，是决定中国田径实现“2020 东京登峰计划”的核心竞争力。打铁还需自身硬，只有中国田径健儿拥有世界级最高水平的竞争能力，才是保障中国田径在东京奥运会上取得成功的关键动力和根本因素，而最高水平的竞技能力又必将是通过先进的体育科学技术来支持和保障的。

因此我们需要更加科学的管理理念、更加先进的体育科学技术发展和应用、创新的科学思想和科学训练、科学合理的参赛、科学的营养供给和科学的恢复保障等等，在“2020 东京登峰计划”的指引下，在先进体育科学技术支持和保障下，中国田径项目运动必将在 2020 年实现东京登峰计划，这是中国田径项目运动的规律和发展的根本驱动力，也是中国田径可持续发展的根本途径。

基于牛顿运动定律为 10 秒以内水平的百米运动员建模

JeremyRichmond

作者：Jeremy Richmond 是澳大利亚的一位运动生理学家、私人教练。他取得了应用物理学专业的学士学位和运动科学专业的硕士学位。

摘要：在 2008 和 2009 年尤塞恩博尔特取得了优秀成绩后，许多人问：人类怎么可能跑得这么快？对于那些想缩小差距的他的竞争对手来说，力量训练这一现代短跑训练体系中的核心要素只能给最大速度的提高带来有限的帮助，而这却是博尔特能够统治比赛的关键因素。

本文探讨了多种力量训练的效果。我们基于牛顿运动定律建立了百米成绩在 10 秒以内情况下的力的生成模型，数据均来自世界级短跑运动员。研究显示在 30 米后，水平方向上的力非常小，只略高于个人体重。如此低的力量水平，使得最大力量对成绩的影响消失，而力的生成速率则成为了影响跑速的主导因素。提高最大速度，要求运动员在固定的着地时间内产生更多的力。这要求训练更加专项化，把重点更多地放在提高位移速度而非力量上。作者认为通过诸如超等长这类爆发性力量训练，并减小力的生成、缩短着地时间提高关节运动速度，可取得较好的效果。

一、引言

在尤塞恩博尔特于 2008 年北京奥运会上取得了优异成绩之后，观众中的许多人不禁会问：人类怎么可能跑得如此之快？在百米决赛前 4 秒，由于运动员间的启动和加速情况相似，故而其他对手似乎对博尔特构成了威胁。但这一情况此后不久就发生了变化，因为博尔特的最大速度要明显优于其他运动员。比赛开始后 6.2 秒，此时他和银牌获得者理查德汤普森(TRI)的距离是 0.7 米；但仅仅过了 1 秒之后（7.3 秒时），博尔特已经跑完了 73.3 米，这时两人的差距拉大到了 1.2 米。

在前 1/3 段落，决赛运动员之间的差距看起来很小，但在那之后博尔特大幅甩开了对手并创造了 9”69 的世界记录，证明自己是当之无愧的“地球上最快的男人”（见图 1）。

比赛结束几天之后，博尔特又赢得了奥运会 200 米冠军并打破世界纪录，一年后他在 2009 年柏林田径世锦赛上又再次打破这 2 项世界纪录。这两次比赛，博尔特的竞争对手们都远远落在他的后面，毫无疑问，他们都想知道自己该怎么做来赶上博尔特甚至于超过他。

也许，他们已经反省过自己的训练计划，以找寻能够继续加以提高的不足之处。他们可能会注意的其中一方面即是他们的力量训练计划，因为过去的许多短跑关键都具有出色的力量水平。然而大负荷抗阻训练，这个现代教练员所普遍接受的用于提高力量和短跑成绩的训练方法，却已被证明对于提高跑速的效果很小。有一个研究发现当大负荷抗阻训练和冲刺跑结合在一起练时可提高短跑成绩，但我们不能确定这种提高是否只是来自结合于其中的冲刺跑所带来的效果。而且，其他许多力量训练方法如抓举、高翻、壶铃爆发力训练、超等长训练和阻力跑也没有被证明对提高短跑成绩非常有效，尤其是在将它们和冲刺跑训练相比时效果更是不明显。

上文提及的训练方法对提高短跑成绩的效果很小，这一事实会让那些想追赶并试图缩小与博尔特之间的巨大差距的运动员感到失望。但也可能是因为他们的训练方法存在问题，需要更加地专项化从而将获得的力量更好地转化至速度能力上。更专项化的训练之所以有意义，是因为即便不同的练习涉及相同的肌群，但专项训练可最大化地提高力量水平。因此只有在肌肉发力模式与短跑比赛中相同，此时对于短跑运动员来说提高的力量才是有用的。除此之外，我们知道只有在动作速度达到或接近专项速度时，此时才能使力量得到最大化的提高。似乎只有以与比赛相同的动作模式和速度训练，才会使主动肌和协同肌的协调用力能力得到有效改善。

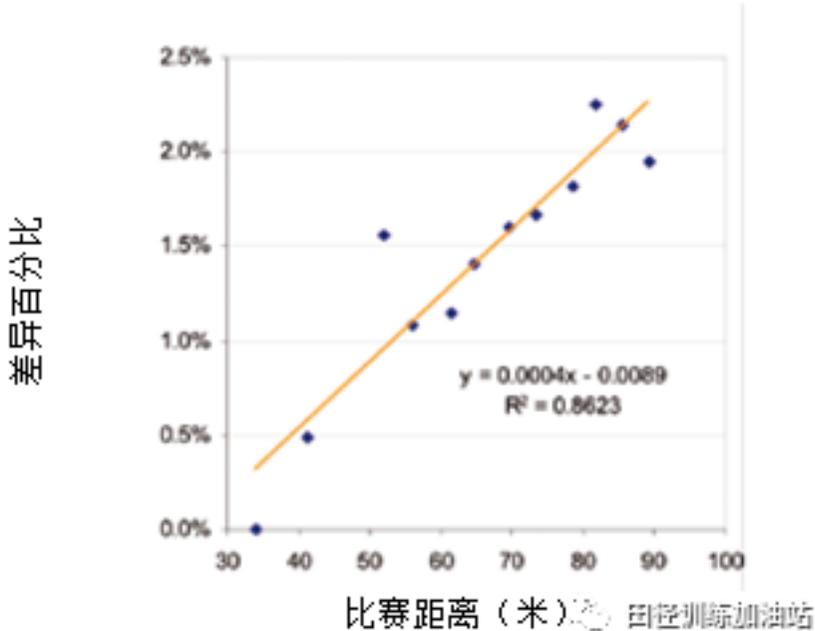


图 1 2008 年奥运会尤塞恩博尔特和第二名理查德汤普森在百米决赛中 2 人的间距(数据来自 ERIKSEN、KRISTAINSEN、LANGANGEN 和 WEHUS)

因此，在为高水平短跑运动员设计训练计划时必须强调的是力量训练能否以及能在多大程度上模拟短跑的实际需要。

诚然，有不少理论认为短跑训练和力量训练的比重应该相同。例如，研究发现在高水平足球运动员中，最大深蹲重量和冲刺跑成绩之间存在显著相关性。然而，1RM 深蹲重量和 10 米冲刺成绩之间的相关性 ($r=0.94$) 比 1RM 深蹲重量和 30 米冲刺成绩之间的相关性($r=0.71$)高出 25%。尽管作者最后总结认为足球运动员应该把训练重心放在最大力量上，因为这能提高的冲刺能力，但这可能只是对那些只需要做短距离冲刺的运动员来说更加合适，而不是百米运动员。田径短跑教练需要了解最大力量和较长距离冲刺跑项目的相关性，在这些项目中扮演更重要角色的应该是最大速度。有的研究人员相信：垂直方向上产生的力越大，运动员的最大速度越高。另有一些研究表明：水平方向上的蹬伸对于身体前移是必要的，而水平分

力比垂直分力对最大速度的影响更大。解答这类相矛盾的观点，最好的办法就是测出这两种力在比赛全程的表现情况，特别是世界级水平运动员的情况。但是目前我们可以说的是短跑项目的特点是发力时间短。在一个关于力量大小和短跑成绩之间的相关性的研究中，作者发现起跑后至 2.5 米时的成绩与总跳产生的最大峰值力量之间存在相关性 ($r=0.86$)，因为纵跳和起跑时的力学动作相似。该研究同样发现负重纵跳练习起跳后第 100ms 时的向心力量大小与最大速度之间具有相关性 ($r=0.80$)。此外，该研究还发现向下跳的能力 ($r=-0.79$) 和向上起跳时的最大力量 ($r=-0.79$) 这两者与最大速度之间存在高度相关性。这些结果表明短跑成绩与生成力的速率有关，也可能与爆发力水平有关。

运动员全力跑情况下的跑速与他/她腿的扒地后摆速度直接相关。研究发现，男运动员的跑速与大腿摆动的峰值角速度 ($r=0.98$) 以及与小腿摆动的峰值角速度 ($r=0.96$) 之间均具有高度相关性。类似地，在女运动员中也发现小腿的峰值角速度和跑速之间存在高度相关性。这些结果表明短跑成绩与肢体摆动速度呈高度相关，至少在运动员全力冲刺时是这样的。问题在于：要想赶上博尔特的话，到底应该重点提高生成力量的能力还是动作速度？要解决这个问题，我们要先了解博尔特之所以能够对他的对手构成优势的原因机制。尽管历届奥运会和田径世锦赛期间，国际田联有大量的关于短跑方面的生物力学研究课题，但能让我们用于了解世界级短跑运动员之所以能比其他人跑得更快的原因机制的相关信息却非常少。因此，我们只好通过建模的方式，从而深入认识在那些创造世界纪录的短跑比赛中所发生的事。

因此，本文旨在通过牛顿运动定律估算出能够促使世界级短跑运动员提高速度能力的原因机制。

二、牛顿模型

1.力量 and 速度

要让身体前移的话，运动员就必须对地面产生水平方向上的力。短跑时候一定会有垂直方向上的力产生。但在垂直方向上力的大小只需要使运动员能够摆腿完成后续的迈步以及产生水平分力即可。如果运动员产生的垂直分力过大，就会导致他通过向后蹬腿来获得向前的水平分力所需的时间增加。由于缺乏世界级短跑运动员在发力能力方面的数据，我们将用物理公式来估算出力的大小。

1686年艾萨克·牛顿先生（1642-1727）发表了三条关于力和运动的自然定律。这些定律给我们提供了关于产生力和速度的运动学公式。关于冲量对速度的影响的公式是： $Ft = m(u-v)$ 。

其中， $u-v$ 表示速度的变化（ u 指初速度， v 指末速度）， t 指的每一步所用时间的变化量， m 指短跑运动员的质量。引起短跑运动员身体前移的冲量只存在于他们的脚与地面周期性接触之时。因此，该冲量公式为： $F \times t_{\text{着地时间}} = m(u-v)$ 。

2.因摩擦产生的制动力

尽管可以说水平分力与水平速度直接相关，我们必须记住短跑运动员跑时可能需要产生更大的力，因为其中一部分是以诸如空气阻力这类摩擦力的形式被浪费的。运动员由于空气阻力使速度减慢，而空气阻力与短跑运动员身体的横截面积以及与他跑速的平方呈正比。根据先前已出版的文献，关于空气阻力的公式为： $F_{\text{阻}} = 0.549v^2A$ （用牛顿定律得出）。其中 v 指速度， A 是运动员冠状面上的横截面积。研究显示，短跑运动员的面积 A 大致在 $0.5m^2$ 。在腾空阶段，空气阻力使运动员的速度减慢，而在着地阶段运动员则必须克服阻力。另外，动作质量高的短跑运动员在着地阶段水平速度会损失 2-3%，而这一数值在动作质量差的短跑运动员中则是 5-6%。由于在我们的模型中缺乏有关着地阶段速度损失的精确数据，我

们预测该数值为 3%。因此，我们必须将这一因素考虑在内，即运动员每步必须产生更多的力才能维持计算得出的速度水平。理解这一点后，就可以得出关于力的完整公式： $F_{合} = F_{理想} + F_{空气阻力} + F_{着地损失的力}$ 。

三、方法

为了建立关于百米 10 内水平的短跑运动员的模型，我们结合了许多文献的数据。在不考虑反应时的情况下，每个研究中的短跑运动员的平均成绩基本相同，其中差异最大的是前 10 米的 1.75%，直到 60 米前每 10 米成绩的平均差异为 0.65%（见表 1）。据此，我们将所需要的平均步数和平均着地时间这两者与瞬时速度联系在一起分析。（表 2）。两个研究均对每 10 米段落做了视频分析。另外还通过激光枪（德国 LAVEGSport 测速系统）测出了前世界纪录保持者莫里斯格林（美国）跑出百米 9 秒 86 成绩时的瞬时速度。分析方法已在多个文献中被证明是合理的。最后，格林的体重被确定为 75KG，该数值引自相关文献。

表 1 根据已发表的关于世界级比赛的百米成绩所计算得出的差异（数据来自 BRÜGGEMAN 与 GLAD 和 KERSTING）

距离	1988 年奥运会百米比赛中 两名短跑运动员每 10 米分 段的平均成绩 (s)	莫里斯格林跑出百米 9 秒 86 时的每 10 米 分段成绩 (s)	差异 (%)
10m	1.74	1.71	1.75
20m	2.76	2.75	0.36
30m	3.70	3.67	0.82
40m	4.57	4.55	0.44
50m	5.43	5.42	0.18
60m	6.29	6.27	0.32
平均差异			0.65

表 2 将奥运会男子百米决赛运动员的步数和平均着地时间与莫里斯格林跑出百米 9 秒 86 时的瞬时速度相联系(数据来自 BRÜGGEMAN 与 GLAD 和 KERSTING)

距离	1988 年奥运会百米比赛中运动员每 10 米的平均步数 (n)	每 10 米分段的最后一步的平均着地时间 (ms)	莫里斯格林跑出百米 9 秒 86 时每 10 米分段的瞬时速度 (m/s)
10m	7	124.5	8.71
20m	5	95.5	10.47
30m	5	86	11.14
40m	4	83.75*	11.50
50m	4	81.5	11.67
60m	4	81	11.80
*数据由 86 经平滑处理得出 83.75 (即 (86-81.5) / 2)			

四、结果与讨论

从来自 10 秒内水平的短跑运动员的步态模型(图 2)可发现,比赛开始至 30 米处,生成的水平分力快速减小,而 30 米后它仍在继续减小但下降速率明显降低。类似地,着地时间也有类似的趋势,它们二者随着距离的延长均逐渐趋于稳定。根据牛顿运动定律 $Ft=m(u-v)$,如果博尔特的对手们自 30 米处便一直落后,他们看起来只需要产生更大的水平分力或增加着地时间即可提高速度。但是考虑到实际跑速,我们在增加着地时间方面可能会受限。因为假定下肢长度不变的话,运动员跑得越快,就必然意味着他们在着地方面的时间会减少。因此看起来短跑运动员提高速度的唯一方法是提高着地阶段力的生成能力,但着地时间却又在不断减少。短跑运动员如何解决这个麻烦一直是个争论的话题。

如前所述,教练们普遍认为力量训练能够提高短跑速度。所使用的主要方法包括传统力量训练或爆发力量训练。复杂之处在于这些方法是如何

对力和生成力的时间产生影响，而生成力的时间在短跑中即指的着地时间。研究显示，在进行一段时间的传统力量训练后，产生 3000N（30%最大力量）所需要的时间减少了 31%。类似地，爆发力量训练则使产生 3000N 所需要的时间减少了 34%。然而，力量训练并没有使产生 500N 所需的时间发生变化，但爆发力量训练则使该时间减少了 18%（图 3 和图 4）。对于短跑运动员和教练员来说，产生 500N 的能力的训练与他们息息相关，因为该力量水平更加接近跑的实际情况。

经计算，当运动员百米跑进 10 秒内时，所产生的水平分力相当小，其在 30 米处大约为 20KG（-200N）。然而对运动员来说，他们要知道训练中产生的究竟是什么方向上的力，水平分力要和垂直分力结合在一起考虑。据研究显示，在 9.96 米/秒的跑速下，测得的最大垂直分力为 797N 或 81.2kg。我们无法推得当跑速超过 9.96 米/秒时，垂直分力会增大还是减小。有研究显示，在速度为 9.59 米/秒时的平均垂直分力净大小为 615N 或 62.7kg；而在次最大强度牵引跑中，此时运动员在水平方向上得到助力，测得在速度为 10.82 米/秒时该数值为 621N 或 63.3kg。因此，假定垂直分力大致在 81.2kg，这相当于在接近 30 米处时，产生的净合力大致在 824N 或 84kg。如果一名短跑运动员的体重为 75kg，那么总垂直分力将达到 1358N，这比向下跳所产生的 2879N 要远远小得多。可能该结论存在争议，我们猜测在大约 30 米处，也就是博尔特在北京奥运会上与他的对手拉开差距的地方，产生的总合力接近 1400N（143kg）。从 2 张对传统力量训练和爆发力量训练效果比较的图中（图 3、图 4），我们可以发现同样是产生 1400N，经过爆发力量训练后生成力的时间有所减少，而传统力量训练对此方面所产生的适应性变化则可基本忽略不计。

从另一种并且也可能是更合理的分析这些数据的角度，可以发现同样在 50ms 或 100ms 时，爆发力量训练比传统力量训练后在提高力量生成水

平方面的幅度更大。

为了使所获得的力量最大程度地转换到跑的能力上，建议所采用的力量训练在专项动作和速度上均应该模拟短跑时的实际情况。

对于牛顿运动定律中有关冲量方面的内容，我们需要考虑力的生成水平和力的生成时间（着地时间）两个方面。超等长训练被普遍认为是爆发力训练且负荷短跑专项要求的训练方法。它包含大量的水平方向上的训练，且不断地被证明能够提高那些 10 米以上段落的短跑的成绩。

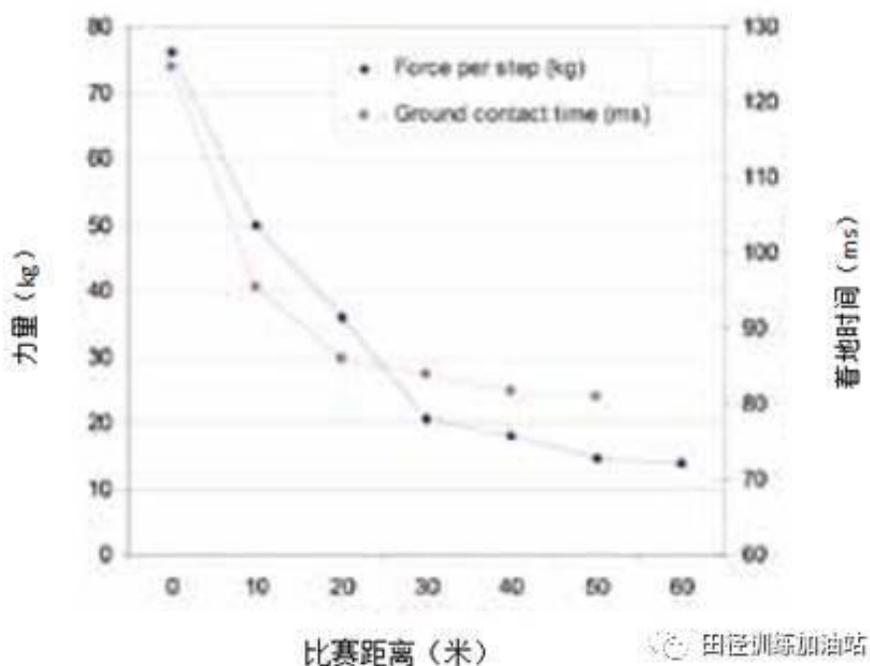


图 2 10 秒内水平的百米运动员的步态模型：对前 60 米中，每 10 米分段约每步的水平分力以及每 10 米分段最后一步的着地时间所做的对照

既如此，对于那些通过超等长训练没有大幅提高 10 米以上段落的短跑成绩的情况，我们就当寻找问题的原因。研究显示，在进行全力单足跳这类超等长练习时，所产生的合力比全力冲刺跑时高出大约 2 倍。同样重要地，全力单足跳时力的生成时间比短跑时长 1.9 倍，而它的速度却相对较

慢。因此如果为了更加贴近短跑的专项性，在进行单足跳这类练习时减小力的生成程度(但仍比短跑时的要大)、提高位移速度并缩短力的生成时间，看起来应该是合理的。



图3 经过24周力量训练后力的生成时间情况(数据来自 HAKKIN EN, KOMI 和 ALEN)

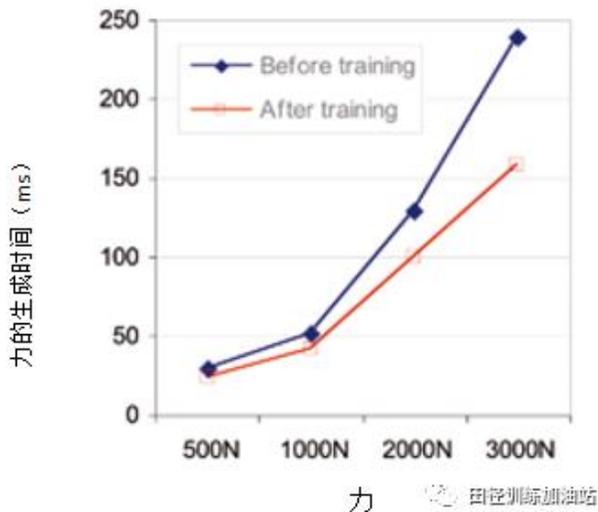


图4 经过24周爆发力量训练后力的生成时间情况(数据来自 HAKKIN EN, KOMI 和 ALEN)

五、结论

10秒内水平的百米运动员的模型显示，在高速跑动时水平方向上的力相当小，并且合力也只是略大于体重。如此低的力量水平，使得最大力量对成绩的影响消失，而力的生成速率则成为了影响跑速的主导因素。提高速度水平，要求运动员在同样的着地时间内产生更多的力，而通过爆发力量训练能够较好地解决这个问题。或许调整爆发力训练的负荷以更加符合短跑中的实际力的生成时间，会起到更好的训练效果。建议尝试诸如超等长这类爆发力训练，重点发展水平方向位移的能力，并减小力的生成程度、缩短着地时间并提高关节运动速度。

摘自 REL 田径训练网 2017-02-25 黄佳敏译自国际田联《田径新研究》

作者联系方式: jeremyrichmond@hotmail.com

对现代短跑技术若干问题的重新审视

姜自立李庆(清华大学体育部)

摘要: 基于短跑生物力学的最新研究成果，并结合多年的短跑训练经验，对现代短跑技术中存在争议的若干问题进行了重新审视，得出如下结论：起跑时，“左前右后”的蹲踞方式可以提高运动员的反应速度，双脚同时蹬离起跑器能比单脚蹬离起跑器产生更大的动作冲量；在纯加速阶段，增大步长比增加步频更有利于提高跑的经济性，“摇摆型”步态比“直线型”步态更有利于提高加速度；在途中跑阶段，“非对称反弹技术”比“弹簧-质点技术”产生更大的地反力，“五分法”比“四分法”更为准确地反映出短跑运动的技术特征和优化全程速度节奏。

前言

短跑是竞技体育中重要的基础性项目，短跑成绩的突破可带动其他运动项目的发展。在运动训练中，运动表现的突破主要依赖于运动员身体形态的改变、生理机能的提高和运动技术的完善3个方面。但是，随着人类体

能逐渐逼近极限，尤其是对于成年运动员而言，身体形态将维持在一个相对稳定的水平上，能量代谢的可塑空间也将受到限制，因此，运动成绩的提高就主要依赖于运动技术的进一步完善。近年来，随着短跑生物力学研究的不断深入，训练界对短跑技术的认识在很多方面已经达成了一致。然而，在当前的短跑训练实践中，关于“起跑时如何选择摆动腿、如何蹬离起跑器，加速跑时如何调整步长和步频、如何控制步态特征，途中跑时如何优化力量输出效率、如何调整全程速度节奏”等技术环节的认识仍然存在较大争议，且这些争议和分歧在一定程度上影响到了短跑运动水平的进一步提高。鉴于此，本研究基于短跑技术的最新研究成果，并结合多年的短跑训练经验，对上述具有争议和分歧的技术环节进行了重新审视，以期短跑训练实践提供参考。

1. 起跑技术

1.1 “个人习惯”与“左前右后”

在田径比赛中，反应时是指枪响后到力量出现变化之初的时距。在当今世界级男子100 m 比赛中，比赛胜负往往在毫秒之间，而运动员的起跑反应时间约占比赛总时间的5%，更为重要的是，反应速度的快慢还会影响到运动员的全程节奏。

对于短跑运动而言，运动员的双腿是同等重要的。因此，大多数短跑教练员在训练实践中主张运动员在起跑时根据个人偏好或习惯选择“摆动腿”。在神经传导速度既定的条件下，运动员的反应速度主要取决于运动条件反射的巩固程度，即起跑技术的熟练程度。然而，也有不少教练认为，就蹲踞式起跑技术而言，运动员双腿的作用是非对称的。因为蹲踞式起跑的技术特征决定了运动员的双腿需前后放置，摆动腿或后置腿在枪响后需率先做出反应，并在随后进行相对运动。而在人体内，肢体主要受对侧大脑半球的控制，即右侧大脑控制左侧肢体，左侧大脑控制右侧肢体。由于右脑具有更强的空间和口令处理能力(对信号的察觉能力)，而左脑则具有更强的执行肌肉力量的能力。因此，从理论上讲，“左前右后”的蹲踞方式可以使运动员获得更快的反应速度和动作速度。这一假设也得到 Eikenberry 等的证实，他们的研究表明，右脚在后比左脚在后的反应时间快80 ms，而右脚在后比左脚在后的动作时间快104 ms。因此，当右脚在后

时，运动员能得到近80 ms 的反应时间优势和104ms 的动作时间优势。本研究对近5 届世界田径锦标赛男子100 m 决赛的视频进行分析后发现，约93%的运动员采用“左前右后”的蹲踞方式。其中，黄种人最快纪录保持者苏炳添在将“右前左后”的蹲踞方式改为“左前右后”的蹲踞方式后，100 m 成绩也由10.04s 提高到了9.99 s。

因此，反应速度不仅取决于运动员的个人偏好或训练习惯(起跑技术的熟练程度)，还取决于大脑组织的特定功能。因此，对于青少年运动员而言，应从小养成“左前右后”的起跑习惯；而对于尚未形成“左前右后”起跑习惯的成年运动员而言，蹲踞方式的改变或许是运动成绩再次取得突破的重要途径。值得注意的是，起跑技术的改进一般应安排在过渡期或一般准备期内进行，只有这样才能使运动员有足够的时间来改进和适应新技术。

1.2 单脚蹬离起跑器与双脚蹬离起跑器

在短跑比赛中，起跑的主要目的是让运动员获得一个尽可能大的动作冲量和初速度，以使身体迅速地摆脱静止状态。为了达到此目的，运动员在蹬离起跑器时必须产生足够大的垂直力量以克服地球引力的作用。同时，运动员也必须产生尽可能大的水平力量以推动身体向前位移。

在当前的短跑训练实践中，运动员普遍采用“单脚蹬离起跑器”技术，即在听到发令枪响后，运动员以前置腿为支撑，迅速迈出摆动腿。其基本原理是，通过支撑腿的积极蹬伸和扩大摆动腿的摆动幅度来增加运动员的动作冲量和初速度。然而，我们通过对短跑训练和比赛的长期观察发现，“单脚蹬离起跑器技术”容易导致运动员起跑后的第1 步过大、身体重心的过早抬起和产生过大的垂直分量，进而导致“起跑-加速”技术衔接的脱节，最终导致运动表现的降低。为了避免“单脚蹬离起跑器技术”的缺陷，近年来世界级的短跑运动员开始采用“双脚蹬离起跑器技术”，即在听到发令枪响后，运动员双脚同时用力蹬离起跑器，并顺势迈出摆动腿。由于“双脚蹬离起跑器技术”减少了摆动腿的摆动幅度，因而可以防止运动员身体重心的过早抬起和避免产生过大的垂直分量。另一方面，“双脚同时蹬离起跑器”可以比“单脚蹬离起跑器”产生更大的动作冲量。2011 年，美国著名生物力学专家 Mann 等的研究发现，相对于普通组短跑运动员(10.10~10.35 s)，精英组短跑运动员(9.83~10.0 s)在起跑时有一个明显的“双脚同时蹬离起跑器”的动

作，而普通组短跑运动员却没有掌握此技术环节。精英短跑运动员单脚蹬离起跑器时产生的水平分量和垂直力量分别为900 N 和1 200 N，而双脚同时蹬离起跑器时产生的水平分量和垂直分量分别可达到1 200 N 和1 400 N，即两者之间的水平和垂直力量分别相差约300 和200 N。显然，300 N 的水平力量优势和200 N 的垂直力量优势对于一个爆炸性起跑的意义是非常重大的。

因此，“双脚蹬离起跑器技术”能比“单脚蹬离起跑器技术”产生更大的动作冲量，并能有效地避免身体重心的过早抬起，增加运动员的初速度和跑动时的向前性。但值得注意的是，一个流畅的蹬离技术同样也是获得最佳动作冲量和初速度的必要条件。因此，如何使运动员掌握“双脚蹬离起跑器技术”也是教练员必须重视的问题。在短跑训练实践中，“双脚蹬离起跑器技术”的常用辅助练习主要包括双脚半蹲式前抛实心球、后抛实心球、立定跳远等末端释放训练。

2.加速跑技术

2.1 增大步长与增加步频

步长与步频是影响跑速的两个基础变量，两者的合理组合是变换节奏、节省能量和提高跑步经济性的重要途径。在短跑训练实践中，运动员在蹬离起跑器后应该先通过加快步频来提高加速度，还是应该先通过增加步长来提高加速度，一直是短跑技术领域中具有较大争议的问题。有的教练员认为，起跑后迅速增加步频有利于获得更大的加速度；但也有教练员认为，起跑后先增加步长有利于节省能量、优化节奏和提高全程表现。

从100 m 跑的专项特征来看，加速跑的主要目的有两个：一是获得尽可能大的水平加速度，为运动员在随后的比赛中达到最大速度做准备；二是节省能量，为运动员保持最大速度作储备。前期研究表明，在世界级的100 m 比赛中，当跑速低于9 m/s 时，步长的增加比步频增加更加有利于运动员获得更大的动作加速度，而优秀运动员在纯加速阶段(0~20 m)的最大速度一般都在低于9 m/s，因此，步长是该阶段速度增加的主导变量；另有研究表明，在周期性运动中肌肉收缩的能量消耗与肌肉的收缩速度成立方比，即肌肉的收缩速度每增加1 倍，其耗氧量就会增加7 倍。因此，从能量代谢的角度来看，在加速阶段通过增加步长提高加速度比通过加快步

频提高加速度更具经济性。此外，运动员的最大速度取决于神经-肌肉系统的协调和放松能力，若运动员在蹬离起跑器后急于增加步频，必然会导致神经-肌肉系统的过度紧张，这不利于中枢神经系统快速发放神经冲动，也不利于ATP 的重新合成，从而对全程节奏和运动成绩产生不利影响。Ito等对优秀组短跑运动员(10.12~10.32 s, n=9 人)和普通组短跑运动员(10.40~10.90 s, n=9)加速阶段的步长和步频变化特征进行了对比研究。结果显示，在纯加速阶段(0~8 步)，优秀组短跑运动员的步长明显大于普通组，同时，优秀组短跑运动员的步频又明显小于普通组，这一结论也得到了Mann 等著名短跑生物力学专家的支持。

因此，在100 m 比赛的加速阶段，步长的增加比步频的增加更有利于运动员提高水平加速度和跑的经济性，进而提高整体运动表现。值得注意的是，运动员在蹬离起跑器后第1 步和第2 步的步长不宜过大，否则会导致运动员的身体重心过早抬起，不利于加速。研究表明，世界级短跑运动员(9.83~10.00 s)的起跑后第1 步和第2 步的步长分别为1.13 m 和1.30 m，优秀短跑运动员(10.10~10.35 s)分别为1.17 m 和1.40 m，一般短跑运动员(10.50~11.00 s)分别为1.21 m 和1.50 m。在短跑训练实践中，为了防止运动员在起跑后过早增大步长，教练员可以通过“跑格”的方式来限制运动员在加速阶段的步长。必须强调的是，步长的调整不能一蹴而就，而应循序渐进，如从每步增加或缩短2~3 cm 开始，逐渐使运动员在加速阶段达到理想的步长，否则将会破坏运动员的整体技术动作结构和全程节奏。

2.2 “直线型”步态与“摇摆型”步态

步宽是指运动员在跑动过程中双脚触地点之间的平行距离。在短跑比赛中，运动员在蹬离起跑器后应该采用什么样的步态模式也一直是短跑技术中具有争议的问题。在短跑训练实践中，有的教练员主张运动员在蹬离起跑器后使用触地点接近身体重心、步宽较小的“直线型”步态；也有的教练员则主张运动员使用触地点远离身体重心、步宽较大的“摇摆型”步态(图1)。

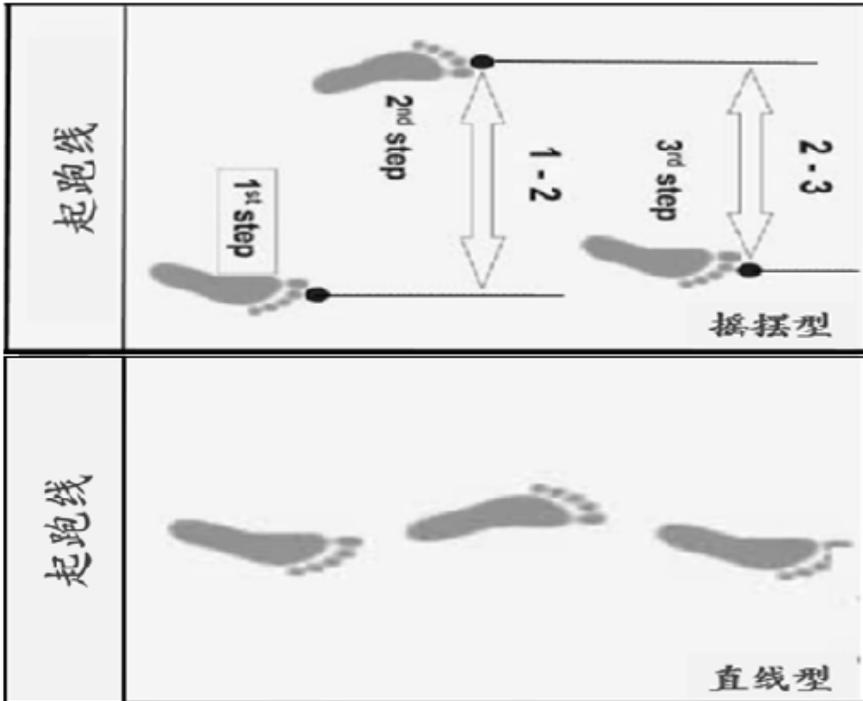


图1 摇摆型和直线型步态示意图

通过“倒立弹簧摆”理论模型分析可知，相对于直线型步态，摇摆型步态更有助于运动员获得更大的加速度。如图2 所示，脚的触地点与身体轴线方向的分开角度为 α ，触地阶段产生的小转角为 β ，转动方向如图2 中所示方向，绕轴顺时针转动，其中 L_1 为质心到触地点的距离，即腿的长度， L_2 为质心到转动轴的距离，令 I_1 为直线型步态转动时的转动惯量， I_2 为摇摆型步态的转动惯量，由此可以得出如下关系：

$$I_1 = mL_1^2$$

$$I_2 = mL_2^2 = m(L_1 \cos \alpha)^2 \quad (1)$$

由转动动能公式得出如下关系：

$$E_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 = \frac{1}{2} mL_1^2 \omega_1^2 \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2 = \frac{1}{2} m(L_1 \cos \alpha)^2 \omega_2^2 \quad (3)$$

其中, E_1 为直线型步态的转动动能, E_2 为摇摆型步态的转动动能, ω_1 为直线型步态的转动角速度, ω_2 为摇摆型步态的转动角速度。由公式(2)、(3)可知, 若想达到相同的角速度, 相对于直线型步态, 摇摆型步态所需的转动动能更小, 那么在前一次蹬摆中获得的水平动能则能较少地转化为转动动能, 从而有利于节省更多的能量消耗; 又由转动惯量公式可知, 若两种步态特征转过的角度相同, 在小角度转动中, 转动惯量较小的摇摆型步态在转过相同角度时的角速度会比直线型步态更快, 即摇摆型步态比直线型步态能获得更大的加速度, 从而更有利于运动员在加速阶段达到迅速摆脱静止状态的目的。

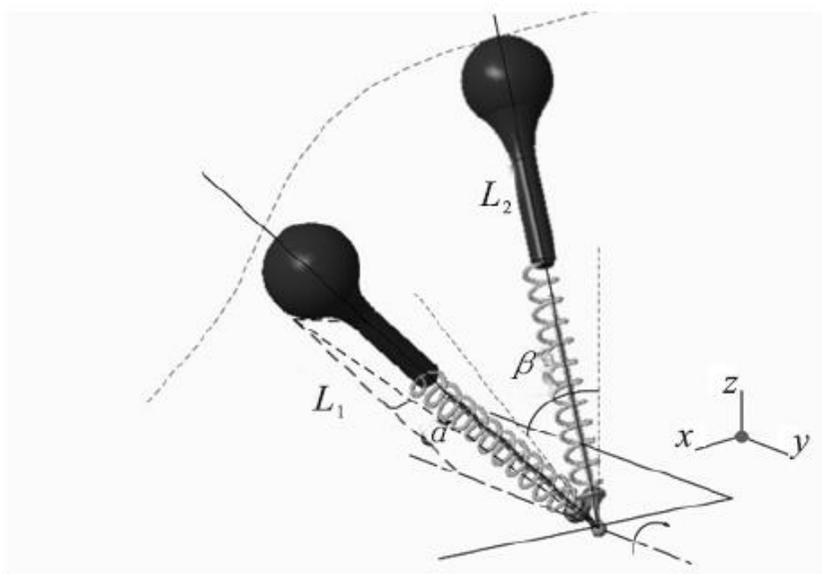


图2 步态特征与倒立弹簧摆模型的相互关系

进入到途中跑阶段后, 运动员已经获得了较大的动作惯性和水平加速度, 因此, 此阶段的主要目的也就变成了“达到和保持最大速度”。由于摇摆型步态的步宽较大, 跑动时向两侧损失的地反力分量也就比直线型步态大, 这不利于运动员将所产生的地反力转化成水平速度; 而“直线型”步态因步宽较小, 蹬地时向两侧损失的地反力分量也相对较小, 因此, 更有利于将运动员所产生地反力转化成水平速度, 推动身体向前位移, 以达到和保持最大速度。在世界短跑名将中, 采用“摇摆型”步态的典型代表有尤塞

恩·博尔特、约翰·布雷克、泰森·盖伊等，而采用“直线型”步态的典型代表只有阿塞法·鲍威尔。另外，Ito等研究表明，优秀短跑运动员(10.12~10.32 s, n=9)在蹬离起跑器后0~7步的步宽在28~38 cm之间，但随着比赛的推进，运动员会逐渐将步宽缩小，当进入到途中跑阶段后，步宽缩小到了17 cm左右，变成了直线型步态。

因此，在纯加速阶段，步宽较大的“摇摆型”步态更有利于运动员迅速地摆脱静止状态，获更大的加速度；而进入到途中跑阶段后，步宽较小的“直线型”步态则有利于减少运动员触地时地反力分量的损失，将所有地反力转化成水平位移，以达到和保持最大速度。

3 途中跑技术

3.1 “弹簧-质点技术”与“非对称反弹技术”

“弹簧-质点”理论最早形成于20世纪80年代，也正是从那时起，世界短跑技术的发展就一直受到“弹簧-质点”理论的影响，即在触地时的制动阶段，当地心引力拉动运动员身体重心下沉时，肢体被压缩的同时将肌肉中的弹性成分拉长，储存弹性势能，并在触地时的驱动阶段通过弹性回缩释放弹性势能，提升身体重心，推动身体向前位移。迄今为止，仍有不少训练学专家和教练认为，运动员在跑步过程中的每次触地都是通过“类似于弹簧的方式”来优化力量输出、提高跑的经济性和整体表现。在“弹簧-质点”理论的影响下，教练员们在短跑训练实践中会特别重视通过大量的杠铃深蹲练习和超等长练习来提高运动员的髋部伸肌的力量和地反力。毋庸置疑，杠铃深蹲和超等长练习都是提高短跑运动表现的有效手段。但也有不少学者认为，“弹簧-质点”理论并不能合理地解释精英短跑运动员为什么比普通运动员跑得更快这一现象。

2014年，Clark等通过不同水平运动员跑步时的地反力参数进行了对比研究。结果显示，精英短跑运动员与一般运动员触地时的地反力波形曲线存在明显差异，即普通运动员触地时的地反力波形曲线与“弹簧-质点”模型的地反力波形曲线基本一致，但精英短跑运动员触地时的地反力波形曲线却与“弹簧-质点”模型的地反力波形曲线不符，即精英短跑运动员在触地时制动阶段的地反力波形曲线出现了明显的向左偏移。这说明，精英短跑运动员之所以能比普通短跑运动员跑得更快，在于他们独特的肢体动力学

特征。

从技术结构的层面而言，普通运动员在触地时仅被动地利用了腿部的“地反力”来推动身体向前位移，而精英短跑运动员会在触地前尽量抬高膝盖，并在最初触地后将膝和踝关节的角速度降低2%，同时使踝关节保持僵硬，以降低小腿的摆动或晃动，并最终通过阻止小腿的晃动来提高脚对地面的冲击力。由此可见，相对于普通运动员而言，精英短跑运动员掌握了一种独特的“鞭打和力量传送”技术，而普通运动员却没有掌握这种技术。由于精英短跑运动员在触地时力量的输出和传递过程存在着明显的非对称性，因此，可将这种独特的力量输出和传输过程称之为“非对称反弹技术”。“非对称反弹技术”是在“弹簧-质点技术”的基础上更加强调运动员触地时的“趴地”或“鞭打”动作，因此这种技术对运动员髋关节的灵活性和柔韧性、髋部屈肌以及股后肌群的力量也提出了更高的要求。在短跑训练实践中，弹力带屈髋练习、负重弓箭步、跨步跳等辅助练习在生物力学特征上与“非对称反弹技术”相近，因此，有助于运动员掌握“非对称反弹技术”。

3.2 “四分法”与“五分法”

全程速度节奏既是短跑技术的一个重要组成部分，也是教练员制定比赛策略、诊断专项能力、设计训练方法和手段的重要依据。

在过去的研究和训练实践中，训练学专家和教练员们根据世界高水平短跑运动员比赛中的“速度曲线变化特征”，将100 m 跑的全程节奏划分为起跑、加速跑(0~30 m)、途中跑(30~80 m)和冲刺跑(80~100 m)4个阶段(简称“四分法”)，并以此为依据安排和设计短跑训练。然而，由公式“速度=步长×步频”可知，以速度曲线的变化特征为依据对100 m 全程节奏进行划分并不能准确地反映出短跑项目的技术特点，因此，以此为依据设计的训练方法和手段也就不能有效地发展短跑运动员的专项能力或掌握合理的短跑技术。本研究认为，应以运动员比赛中“步长与步频的变化特征”为依据对100 m 跑的全程节奏重新进行划分。在100 m 跑全程中，世界优秀短跑运动员的步长一直保持着稳步增加的趋势，但步频会出现多次明显的波动。在0~20 m，运动员的步频为4.1~4.2 Hz；但在20~40 m，步频则由4.1 Hz 急剧增加到了4.8 Hz；并在40~80 m和80~100 m，步频两次出现明显的下降。在短跑训练实践中，教练员一般将20~40 m 运动员步频急剧增加的阶段称之为“转

换阶段”。这就是说，根据运动员步长和步频的变化特征可将100 m 跑重新划分为起跑、纯加速(0~20 m)、转换(20~40 m)、最大速度(40~80 m)和降速(80~100 m)5个阶段(简称“五分法”)。由图3可知，“五分法”是在“四分法”的基础上将“加速跑阶段”进一步细分为“纯加速阶段”和“转换阶段”。

另外，从100 m 跑中运动员腿部肌电活性的变化特征来看，加速跑和途中跑是短跑运动中两个不同的专项阶段，即在加速跑阶段，触地时间相对较长，运动员有相对充分的时间来完成蹬伸动作，因此，运动员在此阶段主要以髋部伸肌(臀大肌)和腿部前群伸肌(股直肌、股外肌、腓肠肌)的最大收缩为主；但当进入到途中跑阶段后，触地时间相对较短，运动员已经没有足够的时间来进行蹬伸，这将导致腿部前群肌肉参与收缩的比重逐渐下降，髋部屈肌和股后肌群肌肉参与收缩的比重逐渐上升。因此，为了实现两个专项阶段的顺利过渡，也需要一个特殊的衔接阶段，即转换阶段。

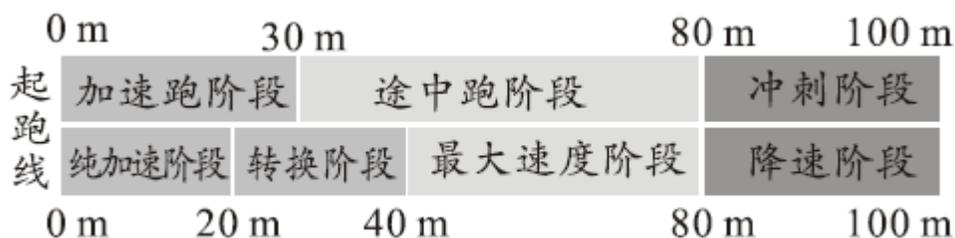


图3 100 m 全程节奏的两种不同划分方法示意图

“转换阶段”的技术特点是，充分利用“纯加速阶段”获得的速度惯性，在稳定步长的同时通过“顺势跑”将步频增加至最大。在“顺势跑”时，运动员不需100%用力，肌肉处于相对放松的状态，这一方面有助于节省能量的消耗和加速ATP-CP 的再合成，为达到和保持最大速度储备能量；另一方面，放松的肌肉状态是中枢神经系统快速发放神经冲动、获得最大步频，进而达到最大速度的基本前提。在短跑训练实践中，教练员可通过变速跑(20 m 快+20 m 慢+20 m 快+20 m 慢)、阻力跑和助力跑等手段来帮助运动员掌握由“纯加速阶段”向“途中跑段”过渡的“转换技术”。

运动技术的不断改进和完善是短跑运动成绩不断取得突破的重要因素，但合理短跑技术的掌握并非一日之功。因此，从青少年运动员接触短跑专项训练伊始，教练员就应该向其灌输正确的短跑技术理念，使其掌握科学

合理的短跑技术，因为错误的技术动作结构一旦定型，就难以纠正。对于成年运动员而言，即使当运动成绩遇到瓶颈，不得不对运动技术进行改造时，也切忌大刀阔斧地进行，而只能在原有技术动作的基础上进行微调，否则将会破坏整个技术动作结构系统，导致运动成绩的急剧下降。必须强调的是，科学训练的基本前提是区别对待，聪明的教练员不应将所谓“完美的短跑技术”强加于任何运动员，而是应在其理解正确短跑技术原理的基础上，结合运动员的个人特点，选择合适的训练方法和手段，形成独具风格的短跑技术。

摘自2016年7月《体育学刊》第23 卷第4 期：6-11页

主 编：王 楠、冯连世 副 主 编： 杨继敏、苑廷刚
责任编辑：王国杰、郑富强 电子信箱：yuantinggang@ciss.cn
联系电话：010-87182520（苑廷刚），13552729697；微信名：ytg1122；
地 址： 北京市东城体育馆路 11 号国家体育总局科研所；邮编：100061。
