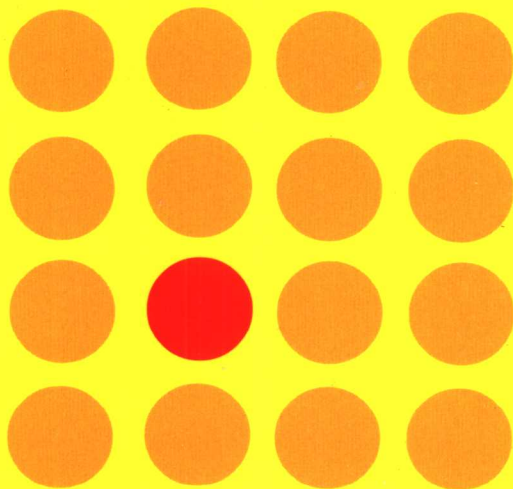


中国体育博士文丛

现代 田径运动专项 速度研究

——短跑专项速度系统的理论构建与实证分析

谢慧松 著



北京体育大学出版社

现代田径运动专项速度研究

——短跑专项速度系统的理论构建与实证分析

谢慧松 著

北京体育大学出版社

策划编辑 梁 林
责任编辑 梁 林
审稿编辑 李 飞
责任校对 潘 帅
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

现代田径运动专项速度研究/谢慧松著. —北京:北京
体育大学出版社, 2006. 4
ISBN 7-81100-470-4

I. 现… II. 谢… III. 田径运动—速度(体育)—研
究 IV. G82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 139700 号

现代田径运动专项速度研究 谢慧松 著

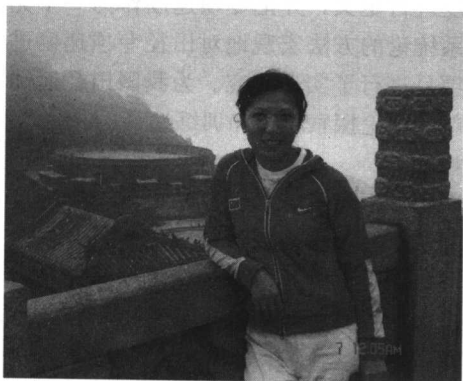
出 版	北京体育大学出版社
地 址	北京海淀区中关村北大街
邮 编	100084
发 行	新华书店总店北京发行所经销
印 刷	北京市昌平阳坊精工印刷厂
开 本	787×1092 毫米 1/16
印 张	10.5

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 33.00 元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

作者简介



谢慧松 女，四川人，生于1968年1月，体育教育训练学博士，副教授。1984年至1988年，就读于西南师范大学体育学院，获教育学学士学位。1988至1991年，在重庆邮电学院体育教研室任助教。1991年至1993年，在重庆交通大学体育部任讲

师。1995年至1998年，在北京体育大学读研究生，获教育学硕士学位。1998年至1999年，在重庆交通学院任教，评为副教授。2000年至2003年获北京体育大学教育训练学博士学位，专业研究方向为田径运动训练理论与方法。2003年8月留北京体育大学田径教研室任教，硕士生导师。近年来，先后在中文体育类核心期刊发表学术论文30余篇，主编《业余田径训练计划制定与范例》、出版专著1本，参与编写教材4部，主持和参与了国家及省部级课题研究3项。

《田径专项速度系统的理论研究》获全国高等院校体育教学训练研讨会论文一等奖；《对短跑专项速度、专项力量及专项技术的研究》为第七届全国体育科学大会入选论文；《高校体育教学中美育的实施》选为二十一届世界大学生运动会论文研讨会论文。

序

众所周知，速度是各项田径项目获得优异运动成绩的基础。在田径竞赛中，是否具备项目特征的专项速度将对运动水平的高低起着最重要的作用。谢慧松博士论文首次对专项速度进行定义，并把专项速度作为一个完整的独立的系统来进行分析，运用系统论的方法宏观地对田径专项速度进行了理论构建，在微观方面对短跑项目进行了实证研究。为我国田径运动的理论研究与训练实践提供了一种新的理论探索思路和训练途径。

该论文研究的创新点主要概括如下：

第一，田径竞技项目中，不同性别、不同竞技水平运动员的专项速度系统的宏观结构都是由核心层、基础层、环境层三方面构成。微观结构是核心层，由于专项特点，田径各项目核心层三个子系统的构成要素存在着不同程度的差异：快速力量性专项速度（投掷、跳跃）主要是由专项位移速度和专项动作速度组成；速度性专项速度（100米、200米、400米）主要是由反应速度和位移速度组成；耐力性专项速度（中长距离走、跑）主要由位移速度组成。

第二，突出了对百米是短跑项目的研究。在专项速度系统理论构建的基础上，采用层次分析法建立了百米专项速度的理论框架。将国内外优秀男子百米高水平运动员的专项速度进行了实证分析，从宏观和微观两层建立了百米专项反应速度、动作速度和位移速度与成绩的关系的模型，对国内百米专项速度的提高进行了全面、准确的诊断。

第三，具有实战应用价值，该论文通过对国内外不同百米水平专项速度系统结构的对比分析，提供了短跑训练计划制定的定向化和定量化方案，为教练员训练提供了科学思路与相应手段。有利于教练员对男子专项速度进行科学的训练与调控，为我国田径其他项目专项速度系统理论的研究及模型的构建开启思路，提供参考与借鉴。

总之，这部论文能得以出版，成果来之不易。作为谢慧松的导师，我十分赞赏她在学术上的执著精神和认真态度，并应邀欣然为之作序。



二〇〇五年八月五日

中文摘要

专项速度是指运动员完成特定体育项目时的竞技运动速度。包括快速完成专项动作的能力和对外界信号刺激快速反应的专项能力以及快速专项位移的有序状态整合的能力。在研究短跑专项速度系统的理论模式基础上,对优秀男子百米专项速度系统进行了理论层次构建。本文是以国内外优秀男子短跑 100 米作为范例进行实证性的研究。

本文利用先进的高速摄像机对我国男子优秀百米比赛进行了定点拍摄和全程摄像。采用了文献检索法、问卷调查法、影片解析法、系统分析法、逻辑论证法与数理统计法等研究方法,从宏观的角度对国内外优秀男子百米跑专项速度进行了定性和定量化分析,进而建立了优秀男子百米成绩的优化控制系统模型。从微观的角度对专项动作速度进行了运动学研究,运用灰色系统分析法建立了我国优秀男子专项动作技术结构的运动学模型。研究表明,短跑专项速度系统具有鲜明的层次性特征。

主要结论:

1. “专项速度”是体育运动项目中专项素质的核心。田径竞技项目中,不同性别、不同竞技水平的运动员专项速度系统的宏观结构都是由核心层、基础层、环境层三方面构成;田径项目核心层三个子系统的构成要素根据各项目的特点存在着不同程度的差异。

2. 专项反应速度和男子百米成绩有着中度相关,反应时短,会促进百米成绩的提高;在水平接近的高水平选手中,A 组和 B 组反应时与百米成绩的差异没有显著性,但是百米成绩在 10 秒以内时,反应时是决定比赛胜负的主要因素之一;在百米成绩差距较大时,反应时对成绩的影响不明显。

3. 依据男子百米全程跑运动员小于、大于或达到其本人最大速度的 98% 时所跑过的距离为标准,对百米全程各段落进行了重新划分:起跑加速段(0~30 米),途中跑加速段(30~50 米),最大速度段(50~80 米),速度下降段(80~100 米)。百米成绩越优异者维持最大速度的能力越强,具体表现在世界 A 组选手维持最大速度的距离是 20 米,高水平 B 组和 C 组选手维持最大速度的距离只有 10 米。

4. 具备了高水平的世界 A 组运动员,在百米比赛中速度曲线才会表现出单高峰、双高峰或多高峰的特点;世界 B 组百米速度曲线表现为单高

峰;中国优秀男子 C 组百米速度曲线 98% 都表现为单高峰。

5. 男子百米成绩首先是由途中跑最大速度所决定,其次是起跑后的加速段,它们分别占百米成绩的 76% 和 16%。百米跑速度模型: $\hat{y}=19.572-0.503X_3-0.440X_1$,百米跑成绩的优化控制指标系统是由 (s',v',t') 决定。

6. 决定百米成绩的重要因素首先是 60~90 米段的步长,其次是该段落的步频,最后是 0~30 米的步长。通过回归方程 $\hat{y}=15.799-0.503X_3$ (X_3 :最大速度)、 $\hat{y}=16.108-0.338X_1-2.006X_2$ (X_1 :步频; X_2 :步长),决定了短跑运动员所应达到的步频、步幅范围与跑速之间的关系。

7. 我国优秀男子百米途中跑着地瞬间对动作速度起主要贡献的技术指标是:支撑腿的踝关节角、着地瞬间脚的水平速度、大腿夹角及支撑腿的髌角、膝角和前支撑距离;垂直缓冲瞬间是摆动腿髌关节角、上臂前摆幅度、支撑腿和摆动腿膝关节角、支撑腿髌关节角;后蹬瞬间是踝关节角、支撑腿髌关节角、大腿前摆角速度、摆动腿的髌角及支撑腿膝角。

8. 短跑专项速度训练负荷结构的特点是由刺激量、刺激强度、刺激时间、刺激频率、间歇休息、刺激距离六方面组成;本文针对短跑专项速度的构成因素(专项反应、专项动作及专项位移)制定了相应的主要训练手段和途径。

关键词:百米跑 系统 专项速度 模型

英文摘要

Abstract: The special speed is the speed for completing the particular athletic events, including the ability for completing special movements quickly, and the special ability to respond to the outside signals quickly and the integrating ability for fast special movement. Based on a theoretical study on the special velocity—system of sprints, a theory was set up for the special speed system of elite male 100m runners.

This research used the fixed position photochronographer and video recorder to record national elite male 100m run during the ninth national sports meeting. This paper adopted literature, investigation, questionnaire, analysis of the film, systematic analytic approach, logic and statistical methods etc, and set up the optimal control system model of elite male 100m runner on the basis of the quantitative and qualitative analysis about 100m run special speed.

This dissertation set up national elite male special movement kinematical structure model by kinematical study and gray systematic analysis approach. Studies showed that special speed system of sprint possesses distinct characteristics.

The main conclusions as follows:

1. "Special speed" is a core among all of special qualities of sports events. All athletic macrostructure of special speed are made up of core layer, foundation layer and environment layer in the track and field. There are differences among the composition elements of three subsystems.

2. The reaction time has the moderate correlation with the performance of 100 meter run, if the reaction time is getting shorter, which can improve the performance. There are no difference between group A and group B on the reaction time. However, the reaction time is the crucial factors to the performances of below 10 seconds, but it is not important factor to the performances with big difference.

3. 100m run includes four phases: start and acceleration phase (0~30m), middle—distance race accelerate phase (30~50m), maximum

speed phase (50~80 m), speed decrease phase (80~100 m). The distance that the world level group can keep the maximum speed for 20m, but for 10m by B and C groups.

4. The athletes of group A own the single—peak, double—peak, and multi—peak characteristics of speed respectively. The athletes of group B mostly own the single—peak characteristic of speed. The Chinese athletes of group C also own the single—peak characteristic of speed.

5. The maximum speed is the most important factor that determines male 100m run performance, the second one is acceleration ability. They account for 76% and 16% of 100m run performance respectively. The 100m run speed model is $\hat{y} = 19.572 - 0.503X_3 - 0.440X_1$.

6. The first important factor that determines 100m run performance is the stride length in 60~90m, followed by the stride frequency and the stride length of the first 30m. The regression equation is: $\hat{y} = 15.799 - 0.503X_3$ (X_3 : the maximal speed), $\hat{y} = 16.108 - 0.338X_1 - 2.006X_2$ (X_1 : stride frequency, X_2 : stride length), we can know the relation between stride length and stride frequency and speed that sprinter should reach.

7. The main technical parameters which decide the movement speed are the ankle angle of the support leg, the horizontal velocity, the hip angle and the support leg's hip joint angle, knee angle and the former support distance at the moment of contact, and the latter leg's hip joint angle, the upper arm's movement scope, the support leg's knee angle, the swing knee's angle, the support leg's hip angle at landing phase, and the ankle angle, the support leg's hip angle, the swing velocity of the former leg, the hip angle of the swing leg and the angle of the landing knee at the pushing phase.

8. Sprints specific speed training loads are composed of intensity, duration, frequency, intervals of stimulation. According to the composition of specific speed of sprints, main training methods and exercises were chosen for enhancing performance.

Key word: 100m run system special speed model

目 录

第一章 田径专项速度研究导论	(1)
第一节 专项速度问题的提出	(1)
一、系统论、耗散结构论思想对田径专项速度的启示	(1)
二、专项速度问题产生的理论背景	(3)
三、专项速度在田径项目中的重要地位	(5)
第二节 短跑专项速度研究综述	(7)
一、短跑位移速度的研究	(7)
二、短跑动作速度的研究	(10)
三、短跑反应速度的研究	(12)
四、目前研究存在的问题	(13)
第三节 研究的任务与内容	(14)
一、研究目的	(14)
二、研究的任务与内容	(15)
第四节 研究的理论意义及实践价值	(15)
第二章 研究对象与方法	(17)
第一节 研究对象	(17)
第二节 研究方法	(17)
一、文献资料法	(17)
二、专家访谈与问卷调查法	(18)
三、逻辑法	(19)
四、数理统计法	(19)
五、个案分析法	(19)
六、系统分析法	(20)
七、数据来源	(20)



第三节 研究的技术路线	(21)
第三章 短跑专项速度系统的理论研究	(22)
第一节 速度系统的研究	(22)
一、速度概念的定义、划分及其相关概念的辨析	(22)
二、速度系统的结构组成	(25)
第二节 专项速度定义及专项速度系统结构的分析	(27)
第三节 田径专项速度系统的宏观和微观结构的划分	(30)
第四节 短跑专项速度的系统观及百米专项速度系统的理论 层次构建	(33)
一、短跑专项速度的系统观	(33)
二、百米专项速度系统的理论层次构建	(35)
第四章 现代短跑专项速度系统的科学理论基础	(38)
第一节 短跑专项速度内部结构的生理学特征	(38)
一、短跑专项速度中枢神经系统机能的特征	(39)
二、短跑专项速度呼吸机能变化特征	(41)
三、短跑专项速度血液和循环机能变化特征	(42)
第二节 短跑专项速度内部结构的生物化学特征	(42)
一、短跑专项速度的肌纤维特征	(42)
二、短跑专项速度的能量代谢特征	(44)
第三节 短跑专项速度系统外部结构的训练学基础	(50)
一、短跑专项速度与力量的研究	(50)
二、短跑专项速度与耐力的研究	(53)
三、短跑专项速度与灵敏、柔韧性素质的研究	(56)
第五章 优秀男子百米跑专项速度系统实践的研究	(59)
第一节 国内外男子百米优秀运动员专项反应速度的研究	(59)
第二节 国内外男子百米优秀运动员专项位移速度的研究	(63)
一、国内外男子百米优秀运动员起跑加速段平均速度的研 究(0~30 米段)	(64)



二、国内外男子百米优秀运动员途中跑加速段平均速度的研究 (30~50 米段)	(65)
三、国内外男子百米优秀运动员途中跑最大速度段平均速度的研究 (50~80 米段)	(67)
四、国内外男子百米优秀运动员终点跑段平均速度的研究 (80~100 米段)	(70)
第三节 国内外男子百米优秀运动员速度曲线的研究	(71)
一、国内外男子百米优秀运动员双高峰速度曲线个案的研究	(71)
二、国内外男子百米优秀运动员单高峰速度曲线的研究	(75)
第四节 百米各段落速度与成绩的多元回归分析及优化控制系统模型的构建	(78)
一、国外优秀男子百米多元回归方程的建立与分析	(79)
二、国外优秀男子百米优化控制系统的建立	(83)
第五节 国内外男子百米优秀运动员途中跑专项动作速度的研究及模型的构建	(88)
一、国内外男子百米时空结构的研究	(89)
二、国内外男子百米优秀运动员途中跑技术结构的运动学研究	(103)
三、我国男子百米优秀运动员专项动作技术运动学指标的确定及技术模型构建	(121)
第六章 提高短跑专项速度的主要训练方法和途径	(128)
第一节 短跑专项速度训练负荷结构特点	(128)
第二节 提高短跑专项反应速度训练的主要方法和途径	(130)
一、提高简单反应时训练的主要方法和途径	(130)
二、提高起跑运动时(特殊动作速度)训练的主要方法和途径	(131)
三、提高短跑起跑技术主要训练方法和途径	(131)
四、短跑起跑起动力量训练的主要方法和途径	(132)

第三节 提高短跑专项动作速度训练的主要方法和途径·····	(133)
一、动作速度与动作频率训练的主要方法和途径·····	(133)
二、短跑专项动作技术练习的主要方法和途径·····	(134)
三、短跑反应力量和爆发力量训练的主要方法和途径·····	(136)
第四节 提高短跑位移速度训练的主要方法和途径·····	(137)
一、提高短跑位移速度的力量训练方法和途径·····	(137)
二、提高短跑位移速度的速度耐力的训练方法和途径·····	(138)
三、提高短跑位移速度运动技术的训练方法和途径·····	(141)
第七章 结论与建议 ·····	(143)
第一节 结 论·····	(143)
第二节 建 议·····	(145)
致 谢·····	(146)
主要参考文献·····	(147)

第一章 田径专项速度研究导论

第一节 专项速度问题的提出

一、系统论、耗散结构论思想对田径专项速度的启示

从 1979 年至今,我国竞技体育取得了突飞猛进的辉煌成就,特别是在 2000 年悉尼奥运会后,国内外报刊纷纷认为“中国已进入世界体育强国的行列,处于世界第二集团”。而与此形成强烈反差的是,作为奥运会重中之重的田径运动,中国军团却并没有同竞技体育总体保持着同步的发展态势,相反,运动成绩却有下降滑坡的危险。田径运动是最古老的运动项目,不仅是亚运会乃至奥运会的主旋律,同时也是金牌数目最多的项目,故在体育界有“得田径者得天下”之说。世界各主要竞技体育发达国家都把田径项目放在基础的战略位置。美国、前苏联和前东德无不是在田径等项目上实现其奥运会的金牌战略。在近 10 年的第二十四届、二十五届、二十六届奥运会上,田径项目数分别占总项目数的 15.91%、15.90%、15.88%,由此可见其地位举足轻重。在中国推出《为奥运争光计划》之后,对于中国田径运动发展问题的研究就显得尤为重要。在第二十五届奥运会之前(1992),我国的田径运动在金牌榜上寸金未得,这从根本上严重影响了我国在国际体坛上的地位。田径运动水平的高低,对整个国家竞技体育的整体水平有极大影响,而短跑项目又是构成田径水平的重要基础平台,怎样才能缩短我国田径与世界水平的差距,怎样才能能在奥运会上获得更多的田径奖牌,这是当前迫切需要解决的问题。

19 世纪 40~50 年代,在控制论、信息论与电子计算机出现的同时,

还出现了系统工程 (Systems Engineering)、运筹学 (Operations Research) 和一般系统论 (General System Theory) 这样一些新的科学技术分支。到了 20 世纪 70 年代, 在系统工程的基础上, 出现了系统科学。马克思主义认为事物是普遍联系的, 在这个普遍联系之中, 世界构成一个有机的整体, 世界的普遍联系, 造成了事物普遍地以系统的形态存在着。事物之间以及事物诸要素之间的联系, 具有一定秩序、一定结构、形成一定系统^[1]。著名科学家钱学森指出“系统是指由若干相互联系、相互作用的要素所组成的、具有一定结构和功能的整体”^[2]。任何具体事物都是矛盾普遍性和特殊性、共性和个性的有机统一。运动训练学中对速度的研究是针对体育运动项目的共同性质进行的, 它们都具有速度的共同规律, 具有普遍性。然而, 运动项目因有各自的特点, 各项目对速度的要求侧重点也不一样。从运动员身体的有序状态来观察, 相同的是各自对于身体内部关系非常协调的有序性需要。而不同运动项目的能力特点根植于相应的人体有序状态的不同特点。所以在训练中应根据体育运动各个项目的速度特点, 进行专项速度的训练, 才能形成人体最佳的有序状态。

对专项速度进行研究主要是运用系统论的方法, 把专项速度作为一个系统来思考。系统的各个局部是紧密地联系在一起的, 也即相互作用、相互依存、相互结合和相互制约的。系统是一个整体, 系统的整体性效益又是靠系统中各局部之间的联系来实现的。各局部之间的联系越紧密越协调, 系统的整体性效益就越大, 就会超过各局部效益简单相加之和的功能放大效益。正如一般系统论的创始人贝塔朗非指出的那样“系统的功能大于各孤立部分之和”^[3]。也就是说, 如果各局部之间联系得好、非常紧密, 就会产生 $1+1>2$ 的功能放大效益。由于专项速度是一个可控的复杂的系统工程, 它既由多级子系统构成“纵向系统”, 同时, 还由每一级多个并列的子系统构成“横向系统”。彼此既相互联系, 又相互制约。从系统论的角度对专项速度进行研究为教练员和运动员提供了科学的训练方法, 对进一步提高我国竞技体育有着非常重要的理论价值和实际意义。

[1] 高等学校马克思主义理论课通用教材·马克思主义原理·北京: 高等教育出版社, 1988. 88

[2] 苗东升·系统科学精要·北京: 中国人民大学出版社, 2000. 26

[3] 萧南槐·大系统论·广州: 广州人民出版社, 1986. 78

由于专项速度系统是一个开放动态的、具有耗散结构的大系统。在外界环境控制作用的影响下,为了使运动员机体的整体机能状态提高,至少需要改变系统内一个以上的变量或子系统的局部状态。另外,运动员是耗散结构的有机体,在其系统目标的规范下,通过所处环境内外两方面因素的复杂非线性相互作用,造成系统内部相关要素偏离系统稳定状态的涨落得以放大,从而在系统中引起与新的序参量相联系的、强烈的大范围系统参数的相关变化。在单向时间过程中,系统的大范围相关变化,造成系统被推离原有的平衡状态,同时在系统偏离原平衡态的条件下,系统自身依据各相关参量初始水平,按照系统目标要求且基于涨落效应的自组织活动,使系统在新的序参量条件下实现相应的有序状态过程。

以上是从事系统论、控制论、耗散结构论的角度,把体育运动专项速度作为一个系统进行了分析,进一步说明了专项速度系统是一个开放的、动态的耗散结构系统。因此,对专项速度进行研究,应该摒弃原有的传统方法,对专项速度局部状况的某一方面的研究,即采用自底向上(Bottomup)的方法。而本研究采用宏观和微观相结合的方法,从系统的整体性出发,根据耗散结构原理,采用自顶向下(Topdown)的方法研究专项速度。

二、专项速度问题产生的理论背景

运动员体能发展水平是由其身体形态、身体机能及运动素质的发展状况所决定的。在体育运动项目中,运动员的体能水平集中表现于力量、速度、耐力三种基本运动素质及三种之间的各种组合性运动素质的发展水平。对于优秀运动员来说,三个最主要而且也最难提高的生物运动能力是力量、速度和耐力^[1]。它们之间的相关程度取决于专项运动的特点以及运动的需要。Frank W. Dick (1997) 在《Sports Training Principles》一书中指出,运动训练的目的在于发展运动员的耐力、力量、速度和柔韧素质的基础上,再根据运动项目的专项特点进行专项速度、专项耐力、专项力量的训练。在整个运动过程中,这些运动素质相互联系相互依赖最终形成了不同的复杂的运动素质和能力(图 1-1)。

图 1-1 很清楚地表明了专项力量、专项耐力和专项速度之间的关系。

[1] 图多·博姆帕. 运动训练理论与方法. 北京: 人民体育出版社, 1990. 316

其中专项力量是以最大力量、力量耐力、柔韧性、速度力量为素质基础。目前对专项力量已经进行了大量的研究。例如,郑念军的博士论文“论体能主导类项群(田径、举重)运动员下肢蹬伸力量能力的同元异构特征”;我国短跑高级教练员余维力“关于短跑运动员力量训练问题的思考”;麦考姆·阿诺德的“短跑与跨栏选手力量的发展”等。

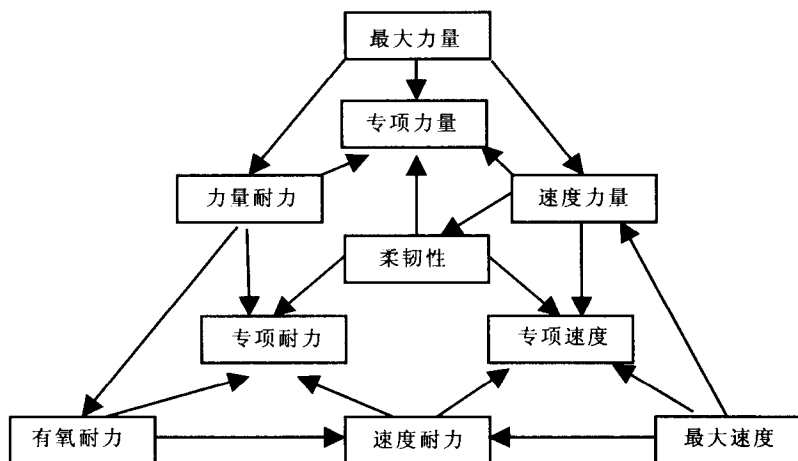


图 1-1 根据各运动项目特征所需求的专项复合素质与其他素质的相互作用的基本运动素质特征

(引自 Frank W. Dick 1997 Sports Training Principles)^[1]

专项耐力以力量耐力、柔韧性、有氧耐力、速度耐力为素质基础。有关耐力项群速度的研究主要有田麦久教授的博士论文“论周期性耐力项目的多种竞速能力”;杨善德的硕士论文“短时间耐力项目女运动员多年训练过程多种竞速能力的发展特点”;刘爱杰的博士论文“耐力性竞速项目专项运动素质的整合”等。

专项速度则是以速度力量、柔韧性、速度耐力、最大速度作为素质基础。目前,从查阅的国内外的大量资料中,没有发现对专项速度进行的明确定义,也没有对专项速度的构成因素及特点进行深入的分析,更没有把专项速度作为一个系统从理论和实践层面进行研究。因此,在对专项耐力和专项力量已经进行了大量研究的背景下,本文提出了对专项

[1] 刘爱杰. 耐力性竞速项目专项运动素质的整合: [学位论文]. 北京: 北京体育大学研究生部, 2001