



有备无患:运动员自备比赛器械参赛的三冗余理论

Be Prepared: The Triple-Redundancy Theory of Self-providing Competitive Apparatus for Athletes in Competition

王效红, 石 岩

WANG Xiao-hong, SHI Yan

摘要:运用文献资料调研、访谈和逻辑分析等方法,提出运动员自备比赛器械参赛的三冗余问题,并对其进行理论分析。主要结论:1)在运动员参赛系统中,运动员自备比赛器械参赛的三冗余起着基础性和根本性作用。比赛中,在理想状态下,运动员可以以良好的竞技状态参赛,正常发挥竞技水平;当比赛器械出现意外或突发事件时,运动员能迅速利用冗余器械(或者用关键部位或易损件的冗余部件)做出反应,调整竞技状态,正常参赛;2)在经费、器材质量和维护等因素限制条件下,把三冗余定为运动员自备比赛器械参赛的基本原则;3)运动员对自备比赛器械参赛三冗余基本原则的应用中,确定冗余度的依据有运动项目的竞赛规则、赛制、运动员的训练和参赛经验、运动员对对手的重视程度;对备用器械的换用依据有比赛条件、运动员的主观感觉、比赛器械故障或损坏和针对对手技术特点的战术选择需要;4)国际乒联新规则出台后,运动员自备比赛器械参赛的三冗余理论在中国乒乓球队参加世界大赛中有所体现。

关键词:运动员;自备比赛器械;三冗余

Abstract: By using the literature review, interview and logic analysis, this paper analyzes triple-redundancy of self-providing competitive apparatus for athletes in competition. The conclusions are as follows: 1) In the system of athletes competing in, "the triple-redundancy of self-providing competitive apparatus for athletes in competition" plays a basic and fundamental role. Under ideal conditions, the athletes can perform the normal competitive level with a good competitive state in competition; when the competitive apparatus has accidents or emergencies, the athletes can quickly take advantage of the redundant apparatus (or redundant components of key parts or wearing parts) to react, adjust the competitive state, and make sure that the competition goes smoothly. 2) Due to the limits of funding, apparatus quality and maintenance, the triple-redundancy is set up as the basic principle for the athletes to provide the competitive apparatus by them. 3) In the application of the basic principles, redundancy is determined by the competition rules, the competition system, the athletes' experience of training and competition and to what degree the athletes take the rivals seriously; some factors should be taken into consideration when adopting the back-up—competing conditions, subjective feeling of the athletes and the breakdown, damage of competitive apparatus or the needs of tactical options against rival's technology. 4) After introduction of ITTF new rules, "the triple-redundancy theory of self-providing competitive apparatus for athletes in competition" was applied by Chinese table tennis team in the international competition.

Key words: athlete; self-providing competitive apparatus; triple-redundancy

中图分类号: G80-05

文献标识码: A

1 研究背景

随着竞技体育竞争激烈程度的白热化,竞技体育赛事的多样化,迫使人们对竞技体育的研究越来越系统化,追求完美的竞技表现,于是绝大部分研究都集中于训练方法、运动技术和战术的运用以及新的科研成果的采用等等,然而忽略了一些细节问题,尤其对比赛器械准备方面的策略性研究相对缺乏。

“未雨绸缪”和“有备无患”两个成语分别出自《诗经》

收稿日期:2013-03-24; 修订日期:2013-07-10

基金项目:国家体育总局重点研究领域攻关课题(2013B029)。

作者简介:王效红(1975-),女,山西运城人,讲师,硕士,在读博士研究生,主要研究方向为一般训练学, E-mail: wxh7589@163.com;石岩(1966-),男,山西汾阳人,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为体育心理学与一般运动训练学, E-mail: tyshiyang@163.com。

作者单位:山西大学 体育学院,山西 太原 030006

Shanxi University, Taiyuan 030006, China.

的“迨天之未阴雨,彻彼桑土,绸缪牖户”和《左传·襄公十一年》的“居安思危,思则有备,有备无患”,意思都是指做任何事情要考虑周全,事先做好准备和预防,将可能要发生的情况思考在计划之内,并尽量找到相应的解决方案,以备不时之需。从管理学角度来讲,未雨绸缪和有备无患就是对可预见的危机^①进行认知并进行防范性处理。

如果说“未雨绸缪”和“有备无患”是对可预见的危机进行认知并进行防范性处理的指导思想,那么,“冗余”则是进行防范性处理的操作技术。冗余(redundancy)的概念最初来源于自动控制可靠性理论,是指利用多余资源来保证设备在发生故障时仍能正常工作^[10]。现实生活中也存在着冗余现象,最典型的例子就是医院手术室的电源一般是专用电源,采用双回路或者三回路以防在某条线路出故障时仍能维持正常的工作。

冗余和鲁棒性^②通常与系统的可靠性联系在一起有两点考虑:一方面,是即使一些物理部件发生故障时系统的

运行能力;另一方面,是系统对不利条件的应对能力^[15]。冗余的部位一般是关键件^③(部位)或易损件^④。如:控制系统的關鍵零部件通过备份的方法实现预定功能;神舟六号运载火箭的控制计算机采用了混合冗余容错技术,返回舱的计算机采用了三冗余设计。

高水平竞技比赛具有“目的的综合性”、“对抗的激烈性”、“影响因素的庞杂性、随机性及边界的开放性”和“比赛结果的不确定性”等基本特征^[2]。运动员为了确保能在比赛中充分发挥竞技水平,在参加重大比赛时对比赛器械准备方面也充分体现了“有备无患”的思想。例如,林丹在比赛时至少都要带 6 支以上的球拍。林丹对此的解释:“我们打比赛全靠球拍,多放几支心里会比较踏实。”也就是说,林丹认为球拍对于打比赛来说是关键。无论如何,运动员对比赛器械的准备和应用情况确实是直接关系其竞技能力水平发挥程度的重要因素之一(表 1)。

表 1 本研究高水平运动员对比赛器械的准备和使用事例一览表

Table 1 The Situation of Some Elite Athletes' Preparing and Using Competitive Apparatus

事件	原因分析
2007 年 第 6 届城运会,25 m 手枪速射运动员丁峰在第 1 阶段的最后一组比赛中,5 发子弹只打出 3 发,成绩为 29 环,惨遭淘汰。	枪械小零件磨损,打不出子弹,又没有备用枪。
2008 年 奥运会乒乓球女子单打 1/4 决赛,张怡宁用备用拍打赢冯天薇,有点吃力。	1 块主板,1 块备用板。备用板 4 天没有刷胶,海绵有点硬。
2008 年 北京奥运会上,伊辛巴耶娃带了 10 多根撑杆,每根撑杆都不一样。	与运动员的技术能力和战术有关系,运动员跳不同高度时用的杆不一样。
2011 年 第 51 届世乒赛上,李晓霞使用备用板打进女双 1/8 决赛。	1 块主板,2 块备用板。备用板和主板基本一样,天天粘、更换海绵。

注:根据体育官方网站整理。

在体育领域,已经有把“冗余”作为赛前准备原则的相关研究。高等教育出版社 2006 年出版的《运动训练学》一书中,首次使用“冗余备赛”一词。如今,“冗余备赛”已经作为一条原则,出现在竞技参赛学领域。田麦久(2011)提出了“冗余备赛原则^[7]”,认为在赛前准备工作中对器材设备做好必要备份是参赛顺利进行的保障之一。在前人研究的基础上,引入自动化控制领域的冗余理论与方法,提出运动员自备比赛器械参赛的冗余问题,探讨我国运动员自备比赛器械参赛的三冗余理论。

2 研究对象与方法

在中国知网(CNKI)上查阅近年来与本题相关的文献和书籍;搜集搜狐、新浪、网易等各大体育官方网站上有关运动员参加重大赛事在比赛器械方面的相关报道 200 余篇,涉及的运动项目有撑杆跳、艺术体操、羽毛球、网球、乒乓球、射击、射箭、击剑、皮划艇、自行车等 16 个项目。

在结合文献资料分析的基础上,针对运动员对自备比赛器械的准备和换用问题、运动员自备比赛器械冗余参赛的优势、劣势、机会和风险问题进行了半结构性访谈(表 2)。

访谈提纲:1)运动员参加国际和国内重大比赛,比赛

器械都备些什么?各备多少?一般都考虑哪些因素?2)运动员在参加国际和国内重大比赛中,什么情况下会换用备用的比赛器械?3)运动员参加重大赛事多准备比赛器械有什么优势和劣势?4)运动员参加重大赛事多准备比赛器械有什么潜在的机会和可能的风险?

3 运动员自备比赛器械参赛的三冗余理论

3.1 相关概念的界定

体育器材(sports equipment)是指竞技体育比赛和健身锻炼所使用的各种器械、装备及用品的总称。依据体育器材的性质一般可分为指定器材、自备器材、场地器材和其他器材等 4 类。

① 可预见的危机,是指使个人或团体感到出其不意的一个或者一连串的时间,尽管事前已经察觉到可预测事件发生及其后果的全部必要信息。

② 鲁棒是 Robust 的音译,也就是健壮和强壮的意思。“鲁棒性”,是指控制系统在一定(结构,大小)的参数摄动下,维持某些性能的特性。

③ 关键件(部位):含关键特性的单元件(部位)。

④ 易损件:是指传递主要负荷而自身又较薄弱的零件,传动环节经常摩擦而损耗较大的零件,保持设备主要精度的重要运动零件,受冲击负荷或反复载荷的零件,结构设计不良而故障频率高的零件等。

表 2 本研究访谈对象及基本情况一览表
Table 2 Interviewees and Their Basic Situation

	专业	职业/职称(学位)	访谈时间	工作单位
胡 ×	网球	科研教练/博士	2012/10/15	国家体育总局网球运动管理中心
张 ×	铁人三项	副领队/博士	2012/10/16	国家体育总局自行车击剑运动管理中心
严 ×	乒乓球	科研人员	2012/10/17	上海体育学院
任 ×	乒乓球	科研人员/博士	2012/10/22	石油大学体育部
徐 ×	羽毛球	科研人员/博士	2012/10/22	首都体育学院
许 ×	射 击	主教练	2012/11/21	国家体育总局现代五项中心
王 ×	射 箭	科研教练/博士	2012/11/26	国家体育总局射击射箭运动管理中心
陈 ×	皮划艇	科研人员/教授	2012/11/26	宁波大学体育学院
李 ×	皮划艇	科研人员	2013/03/06	北京奥运城市发展促进会
张 ×	田 径	教师/教授	2012/11/21	北京体育大学
谢 ×	一般训练学	教师/副教授	2012/12/08	天津体育学院
李 ×	篮 球	教师/博士	2012/12/10	北京体育大学
张 ×	田 径	教练/副教授	2012/12/11	浙江大学

自备比赛器械(self-providing competitive apparatus)是指某些项目运动员自己准备器械参加比赛。在比赛过程中,比赛器械难免会出现这样或那样的问题,指定器材、场地器材和其他器材不属于运动员的准备范围,因此,运动

员自备比赛器械三冗余理论的研究范围限于自备比赛器械的项目。以夏季奥运会为例,体能主导类和技能主导类项群中都有一些涉及运动员自备比赛器械的项目(表 3)。

表 3 本研究运动员自备比赛器械项目及比赛器械一览表
Table 3 Athletes' Competitive Apparatus of Self-Providing Competitive Apparatus Events

	运动员自备比赛器械	关键件	易损件
田径(撑杆跳)	撑杆		
赛艇	艇、桨		桨
帆板	帆板		帆
皮艇	皮艇和皮艇桨		皮艇桨
划艇	划艇和划艇桨	划艇桨	
自行车	自行车		轮胎
现代五项	气手枪、子弹、剑;鞭子和马刺		扳机
铁人三项	自行车		轮胎
射箭	弓、箭	弓片	箭
射击	枪支、子弹	枪托	扳机
马术	马鞍、马鞭、衔铁、水勒、缰绳和其他	水勒和缰绳	
艺术体操	绳、圈、球、棒、带		
曲棍球	球、球棍和其他	球棍	
击剑	剑(花剑、重剑、佩剑)	剑条	
乒乓球	乒乓球、乒乓球拍	备用板	乒乓球、胶皮
羽毛球	羽毛球、球拍		羽毛球
网 球	网球、球拍		网球、拍弦

注:根据各项目协会网站整理。

借鉴认知(Rognition)-优先处理(Preferential treatment)-动员(Mobilization)模型^[4], 尽早地识别运动员参赛时自备比赛器械方面存在的问题, 优先考虑问题的关键所在并提出防范措施, 进而为运动员的防范行动提供支持(图 1)。

运动员自备比赛器械的三冗余是优先考虑运动员在比赛中可能遇到的自备比赛器械方面的关键问题, 并提出的有效防范措施之一。运动员自备比赛器械参赛的三冗余是指自备比赛器械项目的运动员在参赛时对比赛器械(或者比赛器械的关键部件和易损件)的准备采用三冗余

模式。

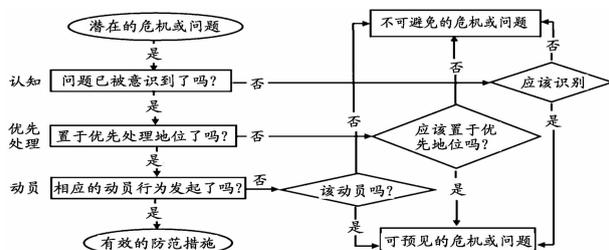


图 1 RPM 模型示意图
Figure 1. RPM Model

3.2 运动员自备比赛器械参赛三冗余理论的逻辑

冗余是容错控制的关键技术^[3]。“容错”原是计算机系统设计技术中的一个概念,容错(fault-tolerance)是容忍故障的简称^[8]。容错控制的基本思想是利用系统的冗余资源来实现关键部位的故障容错^[10],从而提高系统的可靠性。借鉴容错控制的思想,运动员自备比赛器械冗余是利用赛前准备的冗余器械(或器械的关键件和易损件)或来应对比赛中的器械方面意外或突发事件,以满足运动员完成技战术的选择性寻求,从而保证运动员顺利参赛。

机制,原是指机器的构造和工作原理。现在也泛指自然现象和社会现象的内部组织和运行变化规律。三冗余机制的思想主要来源于自动化控制领域。以三冗余伺服机构系统为例来解释三冗余的工作原理,三冗余伺服机构系统能够对自身产生的故障容错,当一个冗余通道或者两个冗余通道出现故障时,系统仍能正常工作(图 2)。

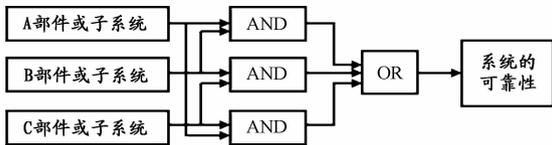


图 2 三冗余方式示意图

Figure 2. The Schematic Diagram of Triple-Redundancy

借鉴自动化控制领域的三冗余工作原理的逻辑,运动员参赛自备比赛器械的三冗余能够提高运动员成功参赛的可靠性。在运动员参赛系统中,运动员自备比赛器械三冗余起着基础性和根本性作用。比赛中,在理想状态下,运动员可以以良好的竞技状态参赛,正常发挥竞技水平;当比赛器械出现意外或突发事件时,运动员能迅速利用冗余器械(或者用关键部位或易损件的冗余部件)做出反应,调整竞技状态,正常参赛。

3.3 运动员自备比赛器械参赛三冗余基本原则的确立

3.3.1 三冗余作为最常用容错方式的析因

中国古人对“三”字似乎有一种情结,古人认为天为一,地为二,天地相加为三。“三”不仅作为一个数的概念,还作为事物整体的象征,所以,称宇宙有三才:天、地、人;天上有三光:日、月、星;帝王有三帝:神农、伏羲、黄帝。用现代的科学观点来看,“三”是一个稳定的数字,如三角形是最稳定的图形。在自动化控制领域,三冗余被广泛应用于能够保障系统正常运行的关键部位,如飞行器电源系统可靠性总体结构设计、轨道交通运行控制系统的安全计算机平台等方面。这充分表明三模冗余是系统关键部位容错最常用的一种冗余方式。

根据陈建国(2004)提出的概率计算基本公式^[1]:1)事件 A 或事件 B 任一发生的概率为: $P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B)$; 2)事件 A 和事件 B 同时发生的概率为: $P(AB) = P(A)P(B)$ ($P(A)$ ——表示事件 A 发生的概率;

$P(B)$ ——表示事件 B 发生的概率)

仲旻等(2009)由这两个基本公式出发,得出了三冗余和双冗余方式的任务可靠性概率计算公式^[14]。三冗余、双冗余和无冗余方式的任务可靠性概率计算公式分别为:

$$P(AB+BC+CA) = P(AB+BC) + P(CA) - P(AB+BC)P(CA) \quad (1)$$

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B) \quad (2)$$

$$P(A) = P(A) \quad (3)$$

对公式(1)、(2)、(3)的子部件可靠性系数赋以 0~1 之间的数值,可以得出三冗余、双冗余和无冗余 3 种冗余方式的系统任务可靠性概率(表 4)。双冗余的任务可靠性概率要大于无冗余;当单个部件或子系统的可靠性系数小于 0.85 时,三冗余方式的任务可靠性概率低于双冗余;当大于 0.85 时,三冗余方式的任务可靠性概率略大于双冗余。

表 4 本研究 3 种冗余方式的

任务可靠性概率一览表

Table 4 Mission Reliability about Three Kinds of Redundancy

单个部件或子系统的可靠性系数	三冗余方式的任务可靠性	双冗余方式的任务可靠性	无冗余的任务可靠性
0	0	0	0
0.05	0.0075	0.0975	0.05
0.10	0.0297	0.1900	0.10
0.15	0.0660	0.2775	0.15
0.20	0.1153	0.3600	0.20
0.25	0.1760	0.4375	0.25
0.30	0.2464	0.5100	0.30
0.35	0.3423	0.5775	0.35
0.40	0.4073	0.6400	0.40
0.45	0.4928	0.6975	0.45
0.50	0.5781	0.7500	0.50
0.55	0.6607	0.7975	0.55
0.60	0.7379	0.8400	0.60
0.65	0.8074	0.8775	0.65
0.70	0.8673	0.9100	0.70
0.75	0.9163	0.9375	0.75
0.80	0.9533	0.9600	0.80
0.85	0.9786	0.9775	0.85
0.90	0.9931	0.9900	0.90
0.95	0.9991	0.9975	0.95
1.00	1.0000	1.0000	1.00

国军标 GJB451-90^[9]对可靠性的定义是产品在规定条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。可靠性分为基本可靠性和任务可靠性。基本可靠性是指,产品在规定条件下无故障的持续时间或概率;任务可靠性是指,产品在规定的任务剖面中完成规定功能的能力。在自动化控制领域,冗余度的选择主要从可靠性要求、冗余管理方式、工程实现难易程度、体积、重量、成本等方面综合考虑^[5,12]。

当单个部件或子系统的可靠性系数为 0.90,无冗余方式的任务可靠性概率是 0.90,双冗余方式的任务可靠性概率是 0.9900,三冗余方式的任务可靠性概率是 0.9931;

当单个部件或子系统的可靠性系数为 0.95,无冗余方式的任务可靠性概率是 0.95,双冗余方式的任务可靠性概率是 0.9975,三冗余方式的任务可靠性概率是 0.9991(表 4)。由此看出:1)随着冗余度的增加,系统的任务可靠性提高;2)随着冗余度的增加,任务可靠性概率增长幅度变小;3)随着单个部件可靠性系数的增加,任务可靠性概率增长幅度变小;4)随着冗余度增加,部件数增加,不仅使费用增加,而且使部件故障的可能性增加^[1];5)且随着冗余度的增加,系统的任务可靠性增长的同时,系统的基本可靠性降低(即维修成本等增加)。在自动化控制领域,冗余

系统的设计,要权衡任务可靠性、基本可靠性和经费维持。因此,三冗余方式是最常用的一种容错方式。

3.3.2 确立三冗余为运动员参赛自备比赛器械冗余的基本原则

竞技参赛学领域涉及到运动员自备比赛器械的问题,比赛器械准备的完善程度是运动员正常参赛的保障之一。运动员参加国际重大比赛,尤其是 4 年为一个周期的奥运会,如果仅因为自备比赛器械问题而影响了参赛,有可能让运动员抱憾终生。通过常用的态势分析法(SWOT 分析)来分析运动员自备比赛器械冗余参赛的问题(表 5)。

表 5 本研究运动员自备比赛器械冗余参赛 SWOT 矩阵一览表

Table 5 The SWOT Matrix about Athletes Participating in Competition Redundantly with Self-Providing Competitive Apparatus

	Strength;优势 1. 自备比赛器械的冗余能够提高运动员成功参赛的几率 2. 自备比赛器械的冗余能够增强运动员成功参赛的自信心	Weakness;劣势 1. 携带方面:行李体积大,重量超重,花在行李托运上的时间多、费用高 2. 器械维护方面:花在器械维护上的时间、精力和成本费用高
Opportunities;机会 1. 应对比赛器械的检测或损坏等问题 2. 对手准备不足时,合理获利	SO 策略 运动员在参赛前对自备比赛器械冗余的基础上,积极参赛	WO 策略 1. 只带不可或缺的自备比赛器械,一些器械只需带上关键部位或易损件的备份 2. 利用外部资源弥补比赛器械冗余的劣势。如:安排专门的器械维护人员、行李托运采用物流外包的方式
Threat;风险 1. 行李丢失,未能利用自备比赛器械冗余的优势 2. 运动员不适应备用比赛器械	ST 策略 1. 比赛器械(或关键件)分开携带,一部分随行李托运,一部分随身带 2. 对备用器械在平时要进行适应性训练	WT 策略 调整好心理,尽量减少自备比赛器械冗余劣势,回避外部环境的威胁。

总之,运动员自备比赛器械冗余不是保障运动员顺利参赛的充分条件,而是必要条件。运动员充分考虑到自备比赛器械冗余参赛的内部能力和外部因素,在参赛前和参赛期间,在器械维护人员或教练员的帮助下,都要对自己的器械进行适时的适应、调试和维护;在能顺利保证当次比赛任务的同时,应该考虑到对冗余器械的携带、适应和维护的成本。因此,在经费、器材质量和维护成本等因素限制条件下,把三冗余定为运动员参赛自备比赛器械冗余的基本原则。在具体应用中,运动员可根据不同的运动项目、个体差异对三冗余原则进行调整。

3.4 运动员参赛对自备比赛器械三冗余的应用

3.4.1 运动员参赛自备比赛器械冗余度的确定

1. 运动项目的竞赛规则:规则,一般指由群众共同制定和公认或由代表人统一制定并通过的,由群体里的所有

成员一起遵守的条例和章程。竞赛规则是指运动员在比赛中必须遵守的条例和章程。例如,艺术体操比赛中,多数参赛运动员会在场边多摆一个比赛用的器械,比赛完收回,因为规则规定“器械和人出界都要扣分”。运动员们将备用器械放在场边,在比赛中出现因失误将器械抛出场外的情况时,人不出界就可以拿到备用器械继续比赛,减少扣分。运动员深刻理解项目规则,并巧妙利用规则对器械进行充分准备,力争把失误降到最低。

2. 赛制:运动员参加比赛需要参加的比赛轮数和场数是因赛制而定的。中国羽毛球队每名运动员都有 5 支备用球拍,林丹参加重大比赛时都带 6 支以上的拍子。以第 29 届和第 30 届奥运会男子羽毛球单打为例,对林丹的参赛场数进行分析(表 6、表 7)。

表 6 第 29、30 届奥运会男子羽毛球单打比赛人数和分组一览表

Table 6 The Number and Grouping of Men's Singles Badminton Competition on the 29th and 30th Olympic Games

	地点	参赛人数及分组
第 29 届奥运会	北京	男子单打运动员 64 人
第 30 届奥运会	伦敦	男子单打运动员 40 人;分为 16 个小组,16 位种子被依次分到各组中,每组 2 到 3 人,小组头名晋级 16 强;林丹被分在前 8 组,每组 2 人。

注:资料来源:根据奥运会官方网站整理。

表 7 第 29、30 届奥运会羽毛球男子单打比赛轮次安排一览表

Table 7 The Rounds Arrangements of Men's Singles Badminton Competition on the 29th and 30th Olympic Games

	赛制	人数/组	第 1 轮	第 2 轮	第 3 轮	第 4 轮	第 5 轮	第 6 轮
第 29 届奥运会	单淘汰赛	64 人	前 64 名	前 32 名	前 16 名	1/4 决赛	半决赛	决赛
第 30 届奥运会	第 1 阶段 (小组循环赛)	16 组	1~0 2~3	1~3 0~2	1~2 3~0			
	第 2 阶段 (单淘汰赛)	16 人	前 16 名	1/4 决赛	半决赛	决赛		

注:假设林丹代号是 1。

第 29 届奥运会羽毛球男子单打采用单淘汰赛制,共有 64 名参赛运动员。在每轮都获胜的情况下,林丹的整个夺冠过程一共参加 $6(64=2^6)$ 轮比赛,总的参赛场数为 6 场。第 30 届奥运会羽毛球男子单打分为两个阶段,分别采用小组循环赛和单淘汰赛制。第 1 阶段,林丹是被分在前 8 组,每组两人,林丹参加 1 轮比赛,比赛场数为 1;第 2 阶段,晋级 16 强后,采用淘汰赛制,林丹共参加 4 轮比赛 ($16=2^4$),每轮 1 场比赛,参赛场数为 4 场。所以,在第 30 届奥运会上,林丹一共参加 5 轮比赛,总的参赛场数为 5 场。

两届奥运会羽毛球男子单打的参赛人数、队数和赛制有所差别,参赛场数不同。只是第 30 届奥运会上,在小组循环赛阶段,林丹被分在了前 8 组,每组 2 人。于是,参赛场数比第 29 届奥运会少了 1 场;若被分在 3 人 1 组,轮数就要多两轮,多两场比赛。赛制决定了运动员的参赛场数,是运动员进行比赛器械准备时不可忽略的因素之一。

3. 运动员的训练和参赛经验:运动员的训练和参赛经验是运动员的直接体验,因此,运动员参赛时对比赛器械的准备会从一定程度上借鉴自身的训练和参赛经验。据羽毛球队的穿线师董俊峰所言,每个运动员使用的拍子是固定的型号,穿线磅数也是固定的,穿线频率也相对固定。如林丹的球拍是李宁 N90 一代(穿线磅数是 30 磅),付海峰用的是 F9,王晓理用的是 N50 一代;男双运动员一般 3、4 天就要打断一支拍子,是穿线最频繁的;林丹一般一周才穿一次。

4. 运动员对比赛对手的重视程度:对高水平运动员来说,赛场上的最高境界就是“棋逢对手,将遇良才”。这种时刻,运动员都要做更充分的准备。例如,2011 年 8 月世锦赛上,林丹在与李宗伟决赛前很紧张,穿上了一向能给他带来他好运的红色球衣,专门带了 7 支拍子,而以往的比赛,一般带 4、5 支就够了,同样,李宗伟也在球包里面装了 6、7 支球拍。

3.4.2 运动员对备用器械的换用

1. 比赛条件:比赛条件包括地理条件、设备条件和社会条件^[6]。其中,地理条件包括气温、湿度、光线等。例如,网球场分为草地、红土和硬地网球场三类,运动员要根据不同的场地来准备不同磅数的拍子。

2. 运动员的主观感觉:运动员的主观感觉在比赛中对器械的使用起关键作用,主要是运动员的专门化知觉和身体疲劳程度。专项化知觉是专项运动对运动员心理要求的一个重要方面,它是运动员在运动实践中经长期专项训练所形

成的一种精细的综合性知觉,能对自身运动和环境线索做出敏锐和精确的识别和觉察。运动员身体状态不同,对器械的感觉也会有所不同。以网球为例,优秀的网球运动员一般准备几把磅数不一样的拍子,根据自己的疲劳程度,在需要的时候选择不同磅数的拍子。

3. 比赛器械故障或损坏:运动员自备比赛器械(或关键件与易损件)的冗余就是为了应对运动员比赛中器械方面出现意外或突发事件,以满足运动员完成技、战术的选择性寻求,从而尽量保证运动员顺利参赛。

4. 针对对手技术特点的战术选择需要:比赛对手是运动员参赛系统构成的要素之一。比赛中,运动员对备用器械的换用多是为了针对对手的技术特点而做出的战术选择,尤其是技术主导类项群。以乒乓球为例,乒乓球球拍有正手和反手两面,在比赛中,运动员一般根据对手的技术变化来选择使用不同的胶面,以便更有利于克敌制胜。例如,王涛正手用反胶,善于弧圈加快攻打法,反手用生胶适合近台打法;丁松擅长削球,反手用正胶,正手用反胶。

4 “有备无患”在中国乒乓球队参加世界大赛中的体现

50 多年来,中国乒乓球项目虽然也曾有处于低谷的状态,但总的来说,在世界乒坛还是长期处于领先地位。中国乒乓球项目之所以长期处于优势地位,肯定有其过人之处。单就乒乓球队对球拍的准备方面,就包含了“有备无患”的思想(表 8)。

从 2008 年 9 月 1 日起,国际乒联正式实施“禁胶令”;从 2009 年 1 月 1 日开始,采用赛后检测球拍的方式。以 2008 年 9 月为分水岭,在此之前,多数运动员都带 1 块备用板,如邓亚萍、张怡宁、王皓,马琳甚至不带备用板;从 2008 年 9 月开始,中国队就要求运动员每次都要带 2~3 块球板,即 1 块主板,2 块备用板^[13],如王皓、陈玟、李晓霞;参加重大赛事时,有的运动员还会带更多的球拍,如丁宁出征伦敦奥运会时就带了 5 块备用板和 20、30 块胶皮。

中国乒乓球运动员对球拍方面的准备越来越充分、细致,主要表现在两个方面:1)冗余度的变化,数量上从无冗余——三冗余——多冗余。从马琳的无冗余(没有备用板),到张怡宁的二冗余(1 块主板,1 块备用板),到王皓的三冗余(带 1 块主板,2 块备用板),最后到丁宁的多冗余(参加伦敦奥运会带了 5 块球板和 20、30 块胶皮);2)备用球拍状

表 8 本研究中国乒乓球队对球拍的准备和赛中应用情况一览表

Table 8 The Situation about Preparing and Applying Table Tennis Bat during Tournaments in Chinese Table Tennis Team

性别	在国家队服役时间	事 例	乒乓球拍准备情况	
邓亚萍	女	1984—1997	备用球拍真正征战沙场的机会并不多,但在平时和比赛中,给予了最大的精神支持和鼓励。	1支主拍,1支备用球拍。
张怡宁	女	1993—2011	北京奥运会乒乓球女子单打1/4决赛,张怡宁用备用拍打赢冯天薇,有点吃力。	1块主板,1块备用板。备用板4天没有刷胶,海绵有点硬。
马琳	男	1996—	“好运北京”国际乒联职业巡回赛时,马琳在单打半决赛和双打前被查出球拍海绵过厚,借用了王皓的备用板。	无备用板
王皓	男	2000—	第50届世界乒乓球团体锦标赛上,王皓对阵萨卡申科夫时被通知“球拍检测不合格”,换了一块备用板。	1块主板,2块备用板。
陈玘	男	2002—	第51届世乒赛男子单打比赛,陈玘用备用板击败萨姆索诺夫。	1块主板,1块备用板。两块球拍打起来感觉差不多,都比较适应。
李晓霞	女	2001—	第51届世乒赛上,李晓霞使用备用板打进女双1/8决赛。	1块主板,2块备用板。备用板和主板基本一样天天粘、更换海绵。
丁宁	女	2005—	出征伦敦奥运会	5块备用板和20、30块胶皮。

注:资料来源:根据官方网站新闻报道整理。

态上的变化,从“冷备用”——“温备用”。借鉴自动化控制领域冷备用^①和温备用^②的概念,中国乒乓球队对球拍的准备从张怡宁的冷备用(4天没对备用板进行维护),到李晓霞、陈玘的温备用(每天都对备用板进行适应、保养),实现了对主板与备用板都比较适应。

5 小结

1. 在运动员参赛系统中,运动员自备比赛器械参赛的三冗余起着基础性和根本性作用。比赛中,在理想状态下,运动员可以以良好的竞技状态参赛,正常发挥竞技水平;当比赛器械出现意外或突发事件时,运动员能迅速利用冗余器械(或者用关键部位或易损件的冗余部件)做出反应,调整竞技状态,正常参赛。

2. 在经费、器材质量和维护等因素限制条件下,把三冗余定为运动员自备比赛器械参赛的基本原则。

3. 运动员参赛对自备比赛器械三冗余基本原则的应用中,确定冗余度的依据有运动项目的竞赛规则、赛制、运动员的训练和参赛经验、运动员对对手的重视程度;对备用器械的换用依据有比赛条件、运动员的主观感觉、比赛器械故障或损坏和针对对手技术特点的战术选择需要。

4. 国际乒联新规则出台后,运动员自备比赛器械参赛的三冗余理论在中国乒乓球队参加世界大赛中有所体现。

参考文献:

- [1] 陈建国. 液压跳闸回路4取2、3取2、2取1的比较[J]. 东方汽轮机, 2004, (2): 16-21.
- [2] 刘建和. 运动竞赛学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2008: 31.
- [3] 柳振华. 三模冗余容错计算机的设计与实现[D]. 西安电子科技大学硕士学位论文, 2010.

[4] 马克斯·H巴泽曼, 迈克尔·D沃特金斯. 未雨绸缪——可预见危机及其防范[M]. 北京: 商务印书馆, 2007.

[5] 石立. 载人航天高可靠伺服技术[J]. 导弹与航天运载技术, 2002, (5): 49-52.

[6] 田麦久. 运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2001: 66.

[7] 田麦久, 熊焰. 竞技参赛学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2011: 48.

[8] 王福利, 张英伟. 容错控制[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2003: 1.

[9] 王毓兰. 近年来美国军用仿真技术的发展动向[J]. 现代防御技术, 1996, (2): 18-29.

[10] 王仲生. 智能故障诊断与容错控制[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2005.

[11] 叶宏, 曾广商. 三冗余数字伺服控制系统结构与可靠性分析[J]. 固体火箭技术, 2002, 25(3): 669-672.

[12] 曾广商, 沈卫国, 石立, 等. 高可靠三冗余伺服机构系统[J]. 航天控制, 2005, 23(1): 35-40.

[13] 张楠. 王皓球板检测不合格启用备板, 丢两局3-2险胜对手[N]. 青年报, 2010-05-27.

[14] 仲旻, 许其品, 赫卫国, 等. 励磁调节器三冗余、双冗余和无冗余工作方式的比较[J]. 水电自动化与大坝监测, 2009, 33(6): 36-39.

[15] NIKOLAIDIS E, KAPANIA R K. System reliability and redundancy of marine structures: a review of the state of the art [J]. J Ship Res, 1990, 34(1): 48-59.

① 冷备用就是备份(backup)通过备份所有正常运行的组件在房子一旁或仓库里,等组件坏了以后更换新的组件以完成系统的正常运行。

② 温备用(warm standby)是两套完全一样的配置组件,一个正常运行被视为主,另一个待机并不运行备用视为从,每隔一段时间主从的内容相互交换一次,当运行组件出现故障,备用组件才会运行,承担工作。