

·运动与训练·

# 运动员体能训练课生理负荷量的现场分析报告

范晓燕, 孙学川, 邓伟明

(解放军体育学院, 广东 广州 510500)

**摘 要** 借助于体能运动训练计算机实时监测技术和动态数理分析方法,初步建立了一套主要面向教练员,含有5大类127项量化具体指标的体能训练课生理负荷量的现场分析方法、指标体系,以及相应的训练分析报告,丰富了运动员体能训练和心肺机能评定的指标体系,为进一步提高体能运动训练的科学化程度和运动员体能状况的评价提供了方法学上的参考。

**关键词** 体能训练;生理负荷量;现场分析;训练评估方法

中图分类号:G804.6 文献标识码:A 文章编号:1006-7116(2002)01-0113-04

## Tentative study on on-the-spot analysis reports on physiological workloads in athlete's PWC training

FAN Xiao-yan, SUN Xue-chuan, DENG Wei-ming

(PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510500, China)

**Abstract** By means of computer's real-time monitoring technique and the methods of dynamical math analysis on physical working capacity(PWC)training, it is established mainly for the coaches in the study that the on-the-spot analysis methods, index system and, which consists of 5 kinds of indexes, and 127 parameters. The study richened the index system for athlete's PWC training and the evaluation of the cardiopulmonary functions, and provided a methodological reference for raising scientific level of PWC training and the assessment of athlete's PWC conditions.

**Key words** PWC training; physiological workload; on-the-spot analysis; method for training evaluation

利用微型计算机和电子遥测技术,对运动员在体能训练中的生理负荷反应数据进行现场分析处理,并将结果及时反馈给教练员和体育科技人员,对于教练员深入了解本次训练课的实际执行情况,客观评价课的质量,科学地制定下一次训练计划,以提高体能训练的效率,具有重要的理论意义和实际应用价值。本研究旨在借助于体能运动训练计算机实时监测技术和动态数理分析方法,探索一套主要面向教练员的体能训练课生理负荷量的现场分析方法、指标体系,以及相应的训练分析报告,为进一步提高体能运动训练的科学化程度和运动员体能水平的评价提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 信息资源的获取

我们就体能运动训练的实际情况、国内外的研究进展,以及有关体能素质的实验研究数据等信息进行了广泛的收

集、检索、调阅。因此,本项探索实际上是在我们多年体能训练实验研究、文献数据资料积累基础之上的一次提炼和总结。

(1)运动训练信息。为了获取我国体能训练实际工作中有关科学化训练方面的信息,如主要科研方法、训练手段、运动员体能水平的评估方法和指标体系,以及教练员在体能训练课后最为迫切需要了解的训练(生物学)数据信息等,我们分别到云南、四川省田径队体能训练现场进行了调研,并对云南、四川、甘肃省体工队罗为信等5名高级(中长跑项目)田径教练员、14名健将级和一级中长跑运动员,以及10名我国著名运动训练学专家和运动训练一线的科技人员进行了专访。

(2)文献资源。为了较全面、准确地了解和掌握国内外相关研究的动态,保证研究工作具有科学性、先进性和创新性,我们分别在国家体委国家体育科技信息研究所、华西医

科大学、四川省科技信息研究所进行了文献的光盘检索以及人工查阅。涉及的文献数据库包括 :Biological Abstracts、中国生物医学文献光盘数据库、MEDLINR、Excerpta Medical、Journal of Applied Physiology 《体育科学》、《体育学刊》、《中国运动医学杂志》等。

(3)实验数据。以在国家体育科学研究所测试中心和四川省体育科学研究中心实验室 利用心肺功能仪(德国 Erich Jaeger 公司产)对 21 名我国优秀耐力性运动员的心肺功能测试所得的数据为基础 并参考了孙学川等人在 20 世纪 90 年代初对 250 名体育学院运动员和学生的心肺功能测试数据。

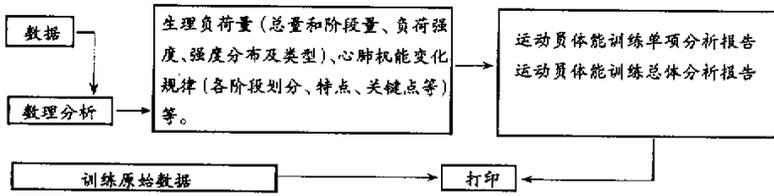


图 1 “体能(PWC)训练课生理负荷量现场分析报告”结构示意图

2.3 数据分析方法

(1)单项体能练习生理负荷变化趋势数学模型。根据单项体能练习过程中生理负荷变化的实际轨迹和生理负荷量数据形成的机理,采用 4 阶代数多项式数学模型拟合运动员的单项训练数据的变化趋势,即

$$y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 t^3 + \beta_4 t^4 + \epsilon = \beta_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_i t^i + \epsilon \quad (1)$$

式中,  $y$  为回归因变量,表示训练过程中的生理负荷量各具体指标(如心率 HR、吸氧量  $V_{O_2}$  等);  $t$  为回归自变量,表示运动的时间。

(2)单项体能练习分析报告主要生理指标的计算方法。生理机能第 1 拐点和第 2 拐点瞬时时刻值的确定,是对运动生理负荷反应曲线的拟合模型,求取连续二阶导数:

$$y'' = f''(\beta_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_i x^i + \epsilon) \quad (2)$$

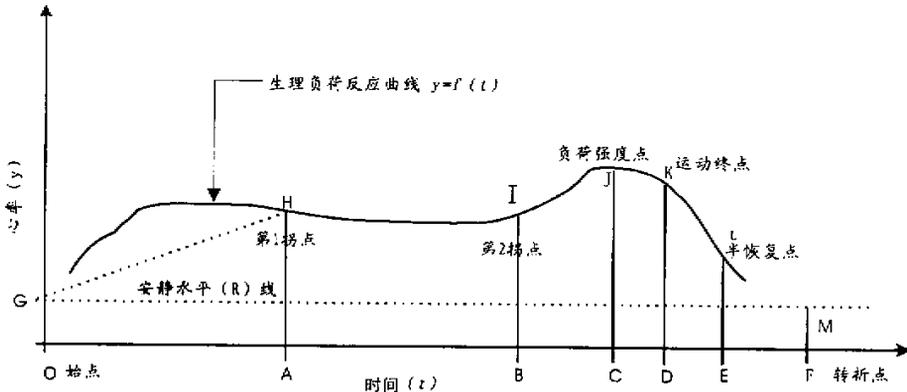


图 2 生理负荷反应曲线及各关键点示意图

(1)生理机能反应阶段。生理机能反应阶段是评价运动员的心肺机能状况和体能素质水平的重要依据之一。在一

2.2 研究设计

分析报告的数据来源一般是运动员在体能训练中的实测数据,如运动时的反应值心率及对应的瞬时运动时间等。

对数据进行拟合、建立数学模型、导数、求积分等一系列数理分析处理,计算出运动员在运动过程中的心血管、呼吸系统的生理机能变化规律、特点,以及各阶段的变化数据等参数指示,并将它们和训练数据、生理负荷强度反应曲线汇总成“体能训练单项/总体分析报告”的形式,现场显示(或打印)出来提供给教练员(见图 1)。

令  $y'' = 0$ , 解出  $x_1$  和  $x_2$ , 即分别为第 1、2 拐点的在时间 ( $t$ ) 轴上的数值。再将  $x_1$  和  $x_2$  的值再代入同一模型中,即可分别求出第 1、2 拐点在空间(生理值  $y$ ) 轴上相对应的瞬时数值。

运动生理负荷量的计算是根据对处理(建模)后的生理负荷反应曲线进行定积分而得到的:

$$y = \int_a^b f(t) dt \quad (3)$$

3 结果与讨论

3.1 评价指标及其生物学意义

分析报告的指标体系由生理机能反应阶段、关键点、生理负荷强度、各阶段生理负荷量、数学模型参数 5 大部分组成。现以实测心率指标为例分析说明。

个完整的单项训练过程中,人体的生理机能变化规律可分为 4 个阶段:动员阶段、稳定阶段、疲劳阶段、恢复阶段。这种

阶段性可从运动中的生理负荷反应曲线上体现出来(图 2)。

1) 动员阶段: 始点到第一拐点之间, 即 OA 段, 又称进入工作状态阶段。动员阶段的时程越短, 生理反应越小, 说明运动员的内脏机能动员快, 灵活性高。

2) 稳定阶段: 第 1 拐点到第 2 拐点之间, 即 AB 段, 又称稳定工作期。稳定阶段的时程长短和负荷积分值, 是评价耐力性项目运动员体能素质水平的关键指标之一。

3) 疲劳阶段: 从第 2 拐点到终点, 即 BD 段。疲劳阶段的时程和积分指标数据, 在运动医学领域中是用以评价运动员耐疲劳能力的敏感指标, 同时在运动心理学上也是评价运动员毅力品质的新指标。

4) 恢复阶段: 又称恢复期, 从本次单项练习的运动终点到下一个单项练习的始点(转折点), 即 DF 段。指运动停止后, 人体处于相对休息状态下的恢复。恢复期由半恢复期和续恢复期组成。

半恢复期: 指在运动停止时刻的生理负荷反应强度完全恢复到安静状态水平的过程中, 当其恢复了全程的 1/2 时所用的时间, 即 DE 段。该段生理机能的恢复速度很快, 斜率值较大, 所用时间占整个恢复期的比例较小。

续恢复期: 生理负荷反应强度从半恢复期完全恢复到安静状态水平, 即 EF 段。该段生理机能的恢复速度较慢, 斜率值较小, 所用时间占整个恢复期的比例较大。

5) 恢复期/运动时间百分比值: 反映训练密度的一个重要指标, 常用百分比值表示:

$$\text{训练密度} = \frac{\text{恢复期时间(半恢复期 + 续恢复期)}}{\text{运动时间(动员阶段 + 稳定期 + 疲劳期)}} \times 100\%$$

6) 运动期间: 即单项运动时间, 从运动开始点 O 到运动终点 D。

(2) 生理机能变化关键点。生理机能变化关键点指在生

理负荷反应曲线上的一些重要瞬时点, 包括运动始点 G、第 1、2 拐点、负荷强度点, 以及半恢复点。

1) 第 1 拐点 H: 动员阶段与稳定阶段的分界点, 其坐标值是评价运动员机体在克服内脏器官的惰性, 加速生理机能动员过程的能力之重要指标。

2) 第 2 拐点 I: 又称疲劳始点, 标志着稳定阶段结束而进入疲劳阶段, 是人体在运动中生理机能和生化过程变化的一个重要的关键点。

3) 负荷强度点 J: 指在本次单项练习中出现的最高生理负荷强度(极大值)点, 是评价训练时运动强度所产生的生理负荷刺激强度的一个主要参照指标。

4) 运动终点 K: 又称衰竭点, 指运动员再也不能按照既定的强度进行运动而被迫停止练习的界点, 同时也是恢复期的始点。

5) 转折点 M: 是上下两个单项练习的界点。

6) 半恢复点 L: 指半恢复期的结束点。它是评估人体心血管、呼吸系统机能调节能力的一个有价值的参考指标。

(3) 生理负荷强度。生理负荷强度是训练中(外部)运动强度作用于人体而引起机体的(内部)反映。

1) 生理负荷反应强度: 简称负荷强度。一般指负荷强度点的数值大小。

2) 强度变化幅度: 指在各阶段的持续运动时间内, 最高值与最低值之差。该指标为分析各阶段的反应平稳程度及体能训练强度的选择等提供参考数据。

3) 强度水平(PWI): 根据与运动员自身能达到的最大生理负荷反应强度的百分比, 将强度水平划分为 10 个等级, 如  $\leq 40\%$ 、 $40\% \sim 50\%$ 、 $75\% \sim 80\%$  等区间范围(见图 3)。用  $PWImax$  的百分比表示。

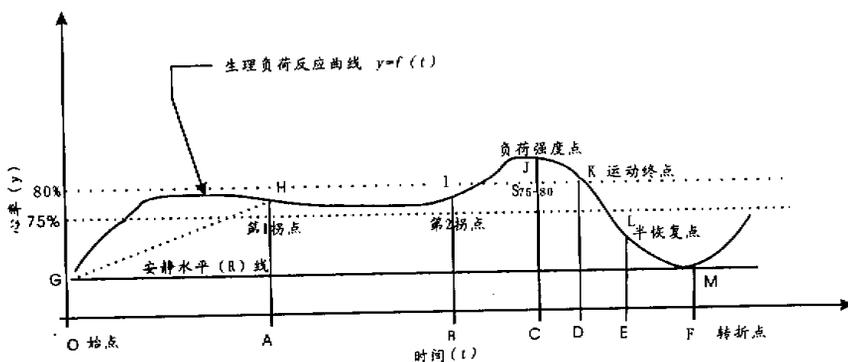


图 3 强度水平及其负荷量划分示意图

强度水平的划分主要协助教练员制定和分析训练中各强度的匹配、分布, 为合理安排运动量, 达到预期训练目的提供帮助。

4) 平均反应强度: 指训练中所有心率样本的平均值。教练员有时用该指标反映整个训练中的负荷强度。

(4) 生理负荷量。运动生理负荷量, 简称负荷量, 是运动生理负荷反应曲线的一个积分量值, 为教练员监测和调控训练中的运动量, 提供了一个重要的方法学参考。

1) 单项纯运动生理负荷量: 指纯因运动而产生的生理负荷量。

2)各强度水平的纯运动负荷量:定量描述在各强度区间的生理负荷量。

3)各阶段纯运动负荷量:各阶段的生理负荷反应曲线积分量减去安静水平曲线的积分量。

4)恢复生理负荷量:从上一个练习结束到下一次练习开始之间的生理负荷反应曲线积分量,减去安静水平曲线的积分量。

5)负荷积分指数:各阶段负荷积分量与恢复阶段负荷积分量的百分比值,旨在为研究运动中人体机能变化规律和探讨练习密度提供新的指标参数和新的思路。

6)平均生理负荷量:是反映在整个体能训练过程中人体所承受的运动生理负荷量的总体平均情况。该指标对于教练员宏观估计体能训练的运动量,及时调整训练计划很有价值。

(5)数学模型参数。主要参数包括:数学模型的各项系数、回归方程的效果检验的统计量(方差分析) $F$ 值、显著性水平 $P$ 值、复相关系数 $R$ 值和剩余标准差 $S_e$ 值。

### 3.2 体能训练课现场数据分析报告的类型

(1)运动训练单项分析报告:对每次训练课中的每一个单项练习进行精细分析,将详细的指标参数数据浓缩而成的一页简洁的报表。

(2)运动训练总体分析报告:总体分析报告是将全部单项练习分析报告中的一些主要技术指标数据进行累加汇总而成,并对训练课进行整体的宏观分析,以展现课中总运动负荷变化的总体趋势,为研究和改善体能训练的科学化结构,提高训练的效率提供参考数据。

## 4 小结

(1)借助于体能运动训练数据的动态(建模)数理分析方法,初步建立了一套主要面向教练员的体能训练课生理负荷

量的现场分析指标体系和训练分析报告。

(2)整套分析报告的指标体系包括5个大类,127项量化具体分析指标。

(3)分析报告由反映每次单项练习的生理负荷量的单项分析报告和反映每次训练课总体生理负荷量的总体分析报告组成。

(4)许多指标是过去从未有的,从而丰富了运动员体能训练和心肺机能评定的指标体系,为进一步提高体能运动训练的科学化程度和运动员体能状况的评价提供了方法学上的参考。

### 参考文献:

- [1]刘丹,何加才,马元安,等.中国女子足球队速度、速度耐力训练负荷强度的研究[J].体育科学,1996,16(1):37-42.
- [2]Astrand PO,Rodahl K.Textbook of Work Physiology:Physiological Bases of Exercise[M].McGraw-Hillbook Company,N.Y.,1997:320-342.
- [3]过家兴.现代运动训练和马俊仁训练负荷安排的主要特征及对负荷原则的思考[J].体育科学,1994,14(4):36-42.
- [4]Thierry B,Christian D,Regis B,et al.Modeling of adaptations to physical training by using a recursive least squares algorithm[J].J Appl Physiol,1997,83(5):1685-1963.
- [5]孙学川.人体体能评定数模法[J].体育科学,1990,10(5):44-48.
- [6]孙学川,陈槐卿.人体心肺机能第二拐点与某些生理生化指标的关系[J].成都体育学院学报,1997,23(4):67-70.

[编辑 李寿荣]