

Based on sports fatigue theory —Take Nanshan National Forest Park in Dongyang City, Zhejiang Province as an example

Weitao Sun Weiya Chen

East China Academy of Inventory and Planning of NFGA, NFGA, Hangzhou, Zhejiang, 310019, China

Abstract

Urban forest park is the type of natural protected area with the highest use of residents. It is an important work content of planning and design to better serve urban residents. In Zhejiang dongyang nanshan national forest park as an example, the movement fatigue theory and walking physical consumption calculation model into the forest park trail system analysis and planning, from the perspective of different crowd movement suitability forest park trails layout evaluation and planning provides a new way of thinking, all kinds of natural ecological space, and the living space closest to the natural park, is the urban forest park. How to plan and build the urban forest park and its affiliated recreation and leisure infrastructure, and provide the best ecological service product scheme, has become a topic worth research.

Keywords

urban forest park; walking path; sports fatigue; planning

基于运动性疲劳理论的公园游步道规划研究—以浙江省东阳市南山国家森林公园为例

孙伟韬 陈未亚

国家林业和草原局华东调查规划院，中国·浙江 杭州 310019

摘 要

城市型森林公园是居民使用度最高的自然保护地类型，更好的服务城市居民日常休闲锻炼是规划设计的重要工作内容。本文以浙江省东阳市南山国家森林公园为实例，将运动性疲劳理论和步行体力消耗计算模型融入森林公园游步道体系分析和规划之中，从不同人群运动适宜性角度进行森林公园游步道布局评价和规划提供了一个新思路，各类自然生态空间中，与群众生活空间最接近的自然公园，就是城市型森林公园。如何规划建设好城市型森林公园及其附属游憩休闲基础设施，提供最佳的生态服务产品方案，成为当前值得重点研究的课题。

关键词

城市型森林公园；游步道；运动性疲劳；规划

1 引言

党的十九大报告提出，中国特色社会主义进入新时代，国家社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。新时期各级政府和林业主管部门，不仅要在物质文化生活不断满足人民群众提出的新要求，而且在生态环境、生态产品上也面临着人民群众日益增长的不同需求。

2 国家对自然公园合理利用政策导向

2019 年中共中央、国务院办公厅发布《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》，成为新时期开展自然公园建设发展的纲领性文件。在该文件中，规定自然保护地体系按生态价值和保护强度高低依次分为国家公园、自然保护区、自然公园；文件按明确提出“探索全民共享机制。在保护的前提下，在自然保护地控制区内划定适当区域开展生态教育、自然体验、生态旅游等活动，构建高品质、多样化的生态产品体系。完善公共服务设施，提升公共服务功能^[1]”的要求。从国家政策上看，提升自然公园的建设水平，更好的发挥其生态服务功能，提升其服务人民群众的能力，是未来自然公园建设发展的一个重要方向。

【作者简介】孙伟韬（1982-），男，中国浙江杭州人，硕士，高级工程师，注册城市规划师，从事林业工程规划设计研究。

3 城市型森林公园游步道体系的需求特点

由于城市型森林公园主要服务城市居民日常锻炼游憩需求,因此其游步道体系需要根据城市不同人群需求进行设置。具体上可以分为以下需求:

(1) 65岁以下中年人群锻炼需求。该类人群是城市型森林公园最主要的服务人群,其以中短时间登山步行锻炼为主要需求。使用时间一般为清晨和傍晚,连续运动时长一般为20-40分钟最为常见。

(2) 65岁以上老年人群锻炼需求。该类人群总体体力较差,但是自由支配时间较多,在森林公园内,以缓坡散步和森林公园聚会休闲居多。使用时间不固定,连续运动时间较短,一般不超过15分钟。

(3) 青少年人群的休闲游憩需求。该类人群体力好,活动力强。以森林公园内登山游览,节假日小群体出游休闲为主。使用时间一般以周末居多,能够完成较长时间有一定难度的登山游览活动。

使用人群的不同需求,是开展城市型森林公园游步道体系规划建设的重要依据^[2]。

4 运动性疲劳理论

对运动性疲劳,1982年第五届国际运动生物化学会议做出了明确定义:机体生理过程不能维持其机能在一定水平上和(或)不能维持预定的运动强度。一般人类疲劳分为脑力疲劳和体力疲劳。脑力疲劳是指由于运动刺激,导致大脑皮质细胞工作能力下降,大脑皮质出现抑制而产生的疲劳;体力疲劳是指运动导致机体工作能力下降所产生的疲劳,无论是体力疲劳还是脑力疲劳都是大脑皮质保护性抑制的结果。目前在体育科研中尚没有一个公认的运动负荷量化标准,因此目前尚缺少一个大家认同的具有量化的和可比性的疲劳评价体系[3]。

由于森林公园游步道体系的锻炼休闲游憩活动属于体力活动,本文参照国标GB3869-1997《体力劳动强度分级》,利用体力劳动强度标准来对应分析实际运动性疲劳负荷状况。根据国标GB3869-1997,将体力劳动强度划分为4个等级(表1所示)。

表1 体力劳动强度分级表

体力劳动强度级别	体力劳动强度指数
I	≤15
II	> 15-20
III	> 20-25
IV	> 25

其中,体力劳动强度指数 $I=T \times M \times S \times W \times 10$ 。

式中:I—体力劳动强度指数;T—劳动时间率,%;M—8h工作日平均能量代谢率, $\text{kJ}/\text{min} \cdot \text{m}^2$;S—性别系数:男性=1,女性=1.3;W—体力劳动方式系数:搬=1,扛=

0.40,推/拉=0.05;10—计算常数。

按照计算公式,I级工作日平均耗能值为3558.8KJ/人,净劳动时间为293分钟,折算强度为212.5J/s。II级工作日平均耗能值为5560.1KJ/人,净劳动时间为320分钟,折算强度为289.5J/s。III级日平均耗能值为7310.2KJ/人,净劳动时间为350分钟,折算强度为348J/s。IV级日平均耗能值为11304.4KJ/人,即净劳动时间为370分钟,折算强度为509.16J/s。

参考以上标准,不产生运动疲劳的运动强度,低于II级289.5J/s,一般作为休闲运动。II-III级会产生一定的运动疲劳,适宜作为轻度锻炼运行。连续大于IV级强度的,就属于高等以上劳动强度,一旦持续时间较长,不但容易有运动疲劳,甚至有运动损伤的可能。

5 步行体力消耗计算模型

森林公园内的步行,一般分为平坡步行、坡道步行、台阶步行三个大类。针对三类步行模式,国外科研人员很早就给出了计算模型。

(1) 平坡步行消耗模型,最为著名的是K.B.Pandolf等在1977年提出的计算模型:

$$M = 1.5W + 2.0(W + L)\left(\frac{L}{W}\right)^2 + \eta(W + L)(1.5V^2)$$

式中:M—平地步行的消耗率(J/s),W—体重(kg),L—负重(kg), η —路面状况系数,V—运动速度(m/s)。

(2) 坡道步行消耗模型,K.B.Pandolf等在1977年提出的计算模型:

$$M = 1.5W + 2.0(W + L)\left(\frac{L}{W}\right)^2 + \eta(W + L)(1.5V^2 + 0.35VG)$$

式中:M—平地步行的消耗率(J/s),W—体重(kg),L—负重(kg), η —路面状况系数,V—运动速度(m/s),G为坡度比(tan)。

同时,为了分别计算上坡和下坡不同的速度和坡度关系,W·G·Rees分别提出了计算模型:

其中上坡为 $\frac{1}{v} = a + bi (i \geq 0)$;式中 $a=0.72\text{s}/\text{m}$, $b=10\text{s}/\text{m}$,i表示的是坡度。

下坡为 $\frac{1}{v} = a + bi + ci^2$;中 $a=0.75\text{s}/\text{m}$, $b=0.09\text{s}/\text{m}$, $c=14.6\text{s}/\text{m}$,i为坡度($|i| < 0.35$)。

将K.B.Pandolf与W·G·Rees模型融合后,分别得出上下坡能耗计算模型为:

$$M = 1.5W + 2.0(W + L)\left(\frac{L}{W}\right)^2 + \eta(W + L)$$

$$\left[1.5\left(\frac{1}{0.75 + 0.09G + 14.6G^2}\right)^2 + 0.35\left(\frac{1}{0.75 + 0.09G + 14.6G^2}\right)G\right]$$

(3) 台阶步行运动消耗模型较为复杂,美国运动与药品专业学院ACSM对于人体上台阶运动单位时间的耗氧量 Vo_2 给出了计算公式:

$$\text{Vo}_2 = 0.058 + (0.2 \times v) + (1.33 \times 1.8 \times h \times v)$$

式中： v 表示的是上台阶时的步频（步/s）， h 表示台阶的踏步高度（m）。

根据耗氧量与热量消耗之间的定量关系，可以得出人体进行上台阶运动时的体能消耗率 M （J/s）与单位时间的消耗氧气量 Vo_2 （ml/(kg·min)）之间的关系：

$$M = Vo_2 \times W \times 20.1$$

式中： M —台阶步行的消耗率（J/s）， W —体重（kg）， Vo_2 —消耗氧气量（ml/(kg·min)）。

下台阶步行运动消耗，明显比上台阶要小，根据国外相关研究，能耗基本是上台阶 1/3 左右。

通过以上计算模型，可以获得不同游步道路线方案的体力消耗程度，分析其针对不同使用人群的适宜性，从而不断修正优化整个游步道体系，以满足大多数市民的使用需求。

6 基于运动疲劳理论的城市森林公园游步道规划实例

6.1 浙江东阳南山国家森林公园概况

东阳市是浙江省著名的影视名城、工业大县，城市常住人口 40 多万人。东阳南山国家森林公园位于东阳市主城区，与主城区只有隔一条马路。由于南山国家森林公园距离城区很近，因此日常到森林公园休闲锻炼的群众极多，根据 2017 年视频监控调查，年入园人数达到 100 万人次以上。

6.2 现状游步道基本情况分析

目前游览主线：公园山脚—半山腰宝灵寺—东岷峰，有两条直线登高线路。

A 线路全长 1000 米，由条石台阶路面和缓坡路面组成，垂直高差 350 米。

B 线路 1200 米，由条石台阶路面和缓坡路面组成。垂直高差 350 米。

结合坡道步行和台阶步行两种计算模型进行，分析现状登山游步道的现状。其中，相关参数取值为：台阶高度为 0.15m，体重选择 60kg，蹬台阶 1 步/s，坡道步行速度 1m/s，负重为 0kg。具体两段游步道情况和计算结果，详见下表 2，表 3。

通过计算分析，可以发现登山游步道 a 段平均能耗 438 J/S，登山游步道 b 段平均能耗 475 J/S，平均单位能耗均大于Ⅲ级 348 J/s，对体力要求较高，活动强度过大，实际上并不适宜城市人口进行日常性休闲锻炼，只能满足周末假日中青年人群短期登山观景的需求。

7 结论

本文将运动性疲劳理论和步行体力消耗模型运用到城市型森林公园游步道体系分析评价和规划设计之中，以期对城市型森林公园游步道体系规划从运动适宜性角度提供具有一定科学性的实践方法，并为未来相关政策标准的制定以及计算机辅助规划设计提供了参考模型。由于目前在体育科研中大量涉及运动干预，关于运动负荷与机能反应的报道很

多，但各报道中涉及的负荷强度、负荷方式及负荷密度各异，尚没有一个大家公认的运动负荷量化标准，同时运动疲劳也具有一定的主观性和个体差异性。本文为解决标准问题，采用了体力劳动强度分级的国标作为标准，但是劳动强度与实际个人的运动负荷及疲劳感实际上依然有一定区别，未来需要进行一步进行针对性细化研究。

表 2 登山游步道 A 运动能耗计算分析表

上下情况	路段分类	距离 (m)	高差 (m)	坡度	用时 (s)	消耗强度 M(J/S)	总消耗 (J)
上坡	斜坡段 1	155	40	0.258	155	185	28675
上坡	斜坡段 2	250	20	0.08	250	182	45500
上坡	台阶段 1	595	290		1933	744	1438152
下坡	斜坡段 1	155	40	0.258	155	129	19995
下坡	斜坡段 2	250	20	0.08	250	141	35250
下坡	台阶段 1	595	290		1933	248	479384
	合计	2000			4676	438	2046956

表 3 登山游步道 B 运动能耗计算分析表

上下情况	路段分类	距离 (m)	高差 (m)	坡度	用时 (s)	消耗强度 M(J/S)	总消耗 (J)
上坡	斜坡段 1	150	30	0.2	150	104	15600
上坡	台阶段 1	325	90		600	744	446400
上坡	台阶段 2	300	110		733	744	545352
上坡	台阶段 3	375	170		1133	744	842952
下坡	斜坡段 1	150	30	0.2	150	145	21750
下坡	台阶段 1	325	90		600	248	148800
下坡	台阶段 2	300	110		733	248	181784
下坡	台阶段 3	375	170		1133	248	280984
	合计	2300			5232	475	2483622

参考文献

- [1] 关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见，中共中央办公厅、国务院办公厅 2019
- [2] 国家公园等自然保护地建设及野生动植物保护重大工程建设规划（2021—2035 年），国家林业和草原局、国家发展改革委、财政部、自然资源部、农业农村部，2022
- [3] 曲绵域. 实用运动医学[M]. 北京：北京大学医学出版社，2003. 36-44.