



优秀男子举重运动员成功与失败抓举技术的对比研究

毕志远¹,艾康伟^{2*},张 龙¹,温志宏¹,韩 旭²

摘要:运用三维运动学的研究方法,对我国9名举重国际健将比赛条件下抓举同等杠铃重量时成功与失败的18次试举技术进行对比研究,探讨优秀运动员特定负荷下成功试举与失败试举技术特点及差异。研究表明,从动作的时空特征来看成功试举与失败试举间不具有显著性差异,成功试举与失败试举伸膝提铃阶段合加速度矢量方向具有显著性差异,成功试举时提铃用力较均匀,而失败试举时运动员对杠铃不稳定作用力的方向是造成试举失败的主要原因。

关键词:举重;抓举;成功;失败;运动学

中图分类号:G804.6 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2015)02-0018-05

Comparative Study on the Successful and Unsuccessful Performance of the Elite Male Weightlifters' Snatch Technique

BI Zhiyuan, AI Kangwei, ZHANG long, WEN Zhihong, HAN Xu

(Taiyuan Normal University physical education department, Shanxi Jinzhong 030619, China)

Abstract: Using the methods of 3D motion analysis, this paper made a comparative analysis of the 9 elite Chinese male weightlifters' 18 trials. Their successful and unsuccessful snatch lifts with the same load under competitive conditions were recorded so as to seek the characteristics and differences between the successful and unsuccessful lifts of the specific loads. The result shows that there is no significant difference between the successful and unsuccessful lifts based on the temporal and spatial characteristics of the snatch movements. However, significant difference was found in the vector of the resultant linear acceleration of the barbell in the first pull of the successful and unsuccessful lifts. It seems that a proper direction of force application to the barbell leads to successful lift and the direction of unstable force application to the barbell is the main reason for unsuccessful lift.

Key Words: weightlifting; snatch; success; unsuccessfulness; kinematics

举重是我国体育传统优势项目,抓举技术日趋完善,运动员所能举起的重量越来越接近人类的极限重量^[1,2]。前人对优秀运动员试举极限重量时的技术特征研究较多,缺乏对优秀运动员试举大重量时,成功试举与失败试举技术之间差异的研究^[3-5]。本文通过收集大量优秀运动员近几年在国内重大举重比赛中的技术资料,通过整理得到9名世界级运动员(国际健将)抓举同等杠铃重量时成功与失败的18次试举的技术资料,研究特定杠铃重量下运动员成功试举与失败试举之间的技术差异,了解影响抓举成功与失败的因素,从而提高运动员抓举特定杠铃重量时试举的成功率,在比赛中为运动员节省更多的能量来试

举更大的重量,以期能为举重抓举的训练、教学、实践提供帮助和借鉴。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本文解析数据均为近几年国内举办的重大举重比赛中收集的抓举比赛前三名的抓举技术资料,共研究了4个级别的9名运动员的18次试举(每一重量下,一次成功与一次失败),运动等级均为国际健将,其中包括3名奥运会冠军和2名世锦赛冠军(表1)。

收稿日期:2015-01-08

基金项目:国家体育总局体育科学研究所基本科研业务费资助项目(14-04)

第一作者简介:毕志远,男,助教,硕士。主要研究方向:运动生物力学。

* 通讯作者:艾康伟,男,研究员。主要研究方向:运动生物力学。

作者单位:1.太原师范学院体育系,山西 晋中 030619; 2.国家体育总局体育科学研究所,北京 100061



表 1 运动员信息一览表

Table 1 Basic information of the subjects

序号	姓名	级别/kg	身高/m	试举重量/kg	运动等级	备注
1	龙清泉	56	1.55	130	国际健将	奥运会冠军
2	吴景彪	56	1.60	133	国际健将	世锦赛冠军
3	丁建军	62	1.56	148	国际健将	
4	张杰	62	1.65	140	国际健将	世锦赛冠军
5	林清峰	69	1.60	153	国际健将	奥运会冠军
6	陆浩杰	77	1.73	165	国际健将	
7	田涛	77	1.72	165	国际健将	
8	苏达金	77	1.65	165	国际健将	世锦赛亚军
9	吕小军	77	1.72	167	国际健将	奥运会冠军

1.2 研究方法

1.2.1 运动视频采集与三维运动视频解析法

在比赛场地使用 Panasonic NVGS55 和 Sony DCR-HC52E 数码摄像机各一台,按照三维摄像测量的要求架设摄像机,两台摄像机通过举重台中心的主光轴之间的夹角约为 90°,两机主光轴对准运动平面,拍摄距离 14 m,机高 1.5 m,拍摄频率为 50 帧/s。

摄像机架设完毕后,用 PEAK 三维标定框架对运动范围进行标定,运动员在同一区域进行举重比赛,维持两台摄像机的位置及各种拍摄条件不变,选择运动员抓举技术进行拍摄。

使用 SIMI 三维运动解析系统对运动员抓举技术动作影像进行解析分析,解析采样频率为 50 Hz,运用截断频率为 6 Hz 的低通滤波方法对原始数据进行平滑处理,使用 DLT 方法计算解析点的三维空间坐标。

1.2.2 统计学分析

通过 spss17.0 对 9 名运动员抓举成功试举与失败试举的各阶段杠铃垂直、水平位移、杠铃最大高度、各阶段持续时间、提铃总时间、杠铃关键特征点速度、最大铃速、伸膝提铃阶段、发力阶段做功和功率及杠铃最大输出功率等参数进行描述性统计,并用配对样本 T 检验对成功试举和失败试举各参数均值进行对比分析, P < 0.05 为显著性差异水平。

1.2.3 划分动作阶段

根据抓举的运动学特征和研究的目的,本文将抓举动作技术分为:伸膝提铃阶段、引膝提铃阶段、发力阶段、惯性上升、下蹲支撑、接铃完成 6 个阶段^[6]。划分动作阶段的特征画面见图 1。



图 1 抓举动作各阶段特征画面

Figure 1 Characteristics Pictures of the Different Snatch Phases

2 研究结果与分析

2.1 时间位移类参数分析

由表 2 可知,运动员在抓举同样重量条件下成功试举与失败试举提铃各阶段时间参数方面表现出相同的趋势:T 伸膝提铃阶段 > T 惯性上升阶段 > T 发力阶段 > T 引膝提铃阶段。对比成功试举与失败试举提铃各阶段时间参数,统计学分析表明:成功试举与失败试举伸膝提铃阶段,引膝提铃阶段,发力阶段,惯性上升阶段以及提铃总时间均无显著性差异(P > 0.05)。

表 2 相同杠铃重量下成功试举与失败试举提铃各阶段时间与提铃总时间(单位:s)

Table 2 Barbell Pull Duration of the Separate Phases and the Total Duration in Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads (s)

时间参数	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
伸膝提铃阶段	0.53±0.04	0.55±0.04	0.073
引膝提铃阶段	0.14±0.03	0.15±0.04	0.088
发力阶段	0.18±0.01	0.17±0.01	0.081
惯性上升阶段	0.26±0.01	0.26±0.02	0.594
总时间 t	1.11±0.06	1.14±0.06	0.135

注:P < 0.05 具有显著性差异。

由表 3 可知,运动员在抓举同样重量条件下成功试举与失败试举提铃各阶段垂直方向上的位移参数方面也表现出相同的趋势:S 惯性上升阶段 > S 伸膝提铃阶段 > S 发力阶段 > S 引膝提铃阶段。统计学分析表明:成功和失败试举杠铃各阶段垂直方向上的位移、杠铃最大高度均无显著性差异(P > 0.05)。

2.2 速度类参数分析

为了使杠铃在相对固定的时间和相对固定的距离内达到必要的高度,在提拉杠铃的过程中必须使杠铃获得一定速度,因此在提拉杠铃过程中杠铃所获得的最大速度是评价发力效果的重要指标,杠铃最大速度与杠铃至膝时的



表 3 相同杠铃重量下成功试举与失败试举提铃各阶段杠铃垂直位移与杠铃最大高度(单位:m)

Table III Vertical Barbell Displacement of the Separate Pull Phases and the Maximal Barbell Height of the Successful and Unsuccessful Lifts (m)

位移参数	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
伸膝提铃阶段	0.27±0.03	0.26±0.03	0.334
引膝提铃阶段	0.14±0.02	0.15±0.03	0.085
发力阶段	0.26±0.03	0.25±0.02	0.117
惯性上升阶段	0.29±0.03	0.29±0.03	0.538
最大高度 Hmax	1.18±0.05	1.18±0.04	0.269

注:P<0.05 具有显著性差异。Table III Vertical Barbell Displacement of the Separate Pull Phases and the Maximal Barbell Height of the Successful and Unsuccessful Lifts (m)

速度和发力点时的速度密切相关。由表 4 可知,比较同等重量下成功试举与失败试举的杠铃至膝时速度、杠铃发力点速度、杠铃最大速度、杠铃最大回落速度,统计学分析表明均无显著性差异(P>0.05)。

表 4 相同杠铃重量下成功试举与失败试举关键时刻点杠铃垂直速度与加速度

Table IV Vertical Linear Velocity and Acceleration of the Barbell at the Key Points of the Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads

	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
杠铃至膝速度/(m/s)	0.98±0.11	0.95±0.12	0.232
杠铃发力点速度/(m/s)	1.13±0.10	1.12±0.08	0.758
杠铃最大速度 Vmax/(m/s)	1.77±0.10	1.77±0.13	0.926
杠铃最大回落速度-Vmax/(m/s)	-0.68±0.11	-0.60±0.24	0.393
杠铃最大加速度/(m/s ²)	4.62±0.78	4.65±0.72	0.881

注:P<0.05 具有显著性差异。

用提铃各阶段速度增长绝对值比上杠铃最大速度得到提铃各阶段速度增长的相对值,研究提铃各阶段速度增长节奏发现,试举成功时提铃阶段 53.50%,引膝阶段 9.41%,发力阶段 37.09%,试举失败时提铃阶段 52.44%,引膝阶段 10.93%,发力阶段 36.64%,发现成功试举和失败试举提铃各阶段速度增长节奏一致,伸膝提铃阶段>发力阶段>引膝提铃阶段,伸膝提铃阶段和发力阶段是杠铃速度主要增长阶段(见图 2),两阶段平均增长 90.87%。统计学分析表明:成功试举和失败试举提铃各阶段速度增长百分比无显著性差异(P>0.05)。

2.3 相同重量下成功试举与失败试举杠铃做功与功率对比分析

根据本文研究的需要,通过计算得到如下力学参数^[7]:
 运动员对杠铃的作用力:FZ=m(Abz+g) (1)
 运动员的输出功率:P= FZ× Vbz (2)

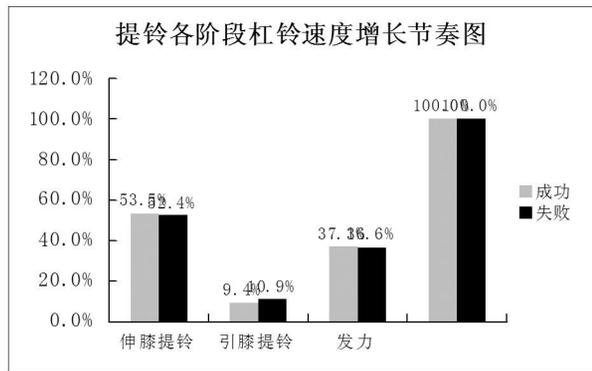


图 2 相同杠铃重量下成功试举与失败试举提铃各阶段垂直方向上速度增长节奏

Figure 2 Growth Rhythm of the Barbell Vertical Velocity in the Separate Phases of the Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads

其中,m 为杠铃质量(kg),FZ 为运动员对杠铃垂直方向上的作用力(N),Abz 为杠铃垂直方向上的加速度。

统计学分析表明(见表 5):相同杠铃重量下抓举成功试举与失败试举运动员对杠铃最大作用力、杠铃最大输出功率均无显著性差异(P>0.05)。进一步比较伸膝提铃阶段、发力阶段的做功和平均功率发现,同等杠铃重量下成功试举与失败试举在伸膝提铃阶段、引膝提铃阶段做功和功率均无显著性差异(P>0.05),成功试举与失败试举在伸膝提铃和发力两阶段表现出相同的特点:伸膝提铃阶段做功与发力阶段做功均无显著性差异,但发力阶段功率均显著性高于伸膝阶段功率(P<0.05),表明:优秀运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举在用力特征和功能特征上是一致的,伸膝提铃阶段和发力阶段做功不具显著性差异的条件下,发力阶段功率却显著性高于伸膝提铃阶段功率,发力阶段体现出了爆发式发力特点。

表 5 相同杠铃重量下成功试举与失败试举做功与功率参数一览表

Table V Power Parameters of the Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads

功和功率参数	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
最大用力 Fzmax/N	2150.10±254.73	2151.01±252.04	0.976
最大输出功率 Pmax/W	3276.48±444.85	3302.05±524.45	0.762
伸膝提铃阶段做功/J	393.23±71.71	386.61±71.75	0.379
发力阶段做功/J	374.84±62.64	362.61±57.25	0.110
伸膝提铃阶段功率/W	744.64±150.13	700.79±138.10	0.092
发力阶段功率/W	2134.19±288.60	2145.28±291.69	0.504

注:P<0.05 具有显著性差异。

2.4 杠铃轨迹分析

杠铃在整个抓举过程中并不是沿直线垂直上升的,而会出现水平方向前后的移动,杠铃出现水平方向的移动是高效利用肌肉功的结果,因此抓举期间杠铃的水平位移是用来评价运动员抓举技术的一个常用的运动学变量^[8]。

杠铃水平方向上移动的轨迹说明运动员在杠铃重心和人体支撑面之间转换的重量,常用来评价技术不稳定的程度或正确执行完整动作需要修正的程度。尽管过多的杠铃水平移动对最大产生力量是不利的,但是一定的杠铃水平移动却有利于充分发挥人体的杠杆原理优势。

通过研究杠铃轨迹发现(见表 6、图 3):优秀运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举的杠铃轨迹在各阶段水平位移与垂直位移不具有显著性差异 ($P > 0.05$),不同运动员间的杠铃轨迹表现出了不同的杠铃轨迹,以杠铃起始点为原点做垂直参考线,有的运动员杠铃轨迹穿过垂直参考线,有的杠铃轨迹未穿过垂直参考线。不同运动员间表现出了不同的杠铃轨迹说明高水平运动员间抓举技术存在个体差异。同一运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举间表现出了相同杠铃轨迹说明高水平运动员在试举同等杠铃重量时的技术结构相同。

表 6 相同杠铃重量下成功试举与失败试举提铃各阶段杠铃水平位移(单位:m)

Table VI Horizontal Barbell Displacement in the Separate Phases of the Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads (m)

水平位移	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
伸膝提铃阶段	-0.04±0.03	-0.04±0.03	0.232
引膝提铃阶段	0.00±0.01	0.00±0.01	0.472
发力阶段	0.03±0.01	0.03±0.02	0.596
惯性上升阶段	-0.02±0.02	-0.01±0.02	0.267
接铃完成阶段	-0.03±0.03	-0.03±0.03	0.087

注: $P < 0.05$ 具有显著性差异。

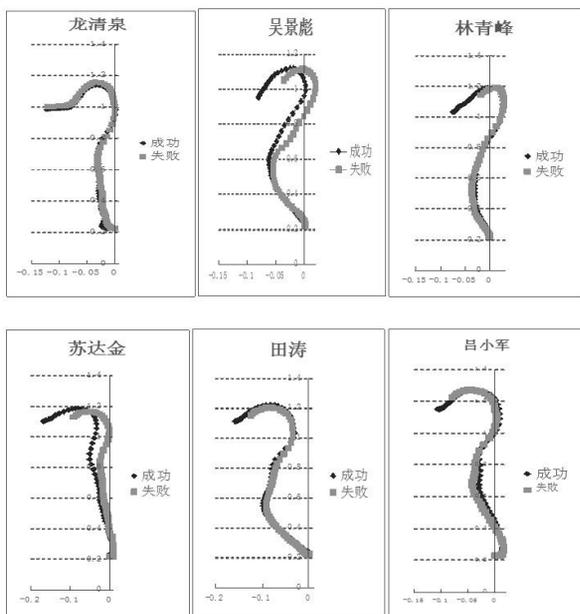


图 3 不同运动员同等杠铃重量下成功试举与失败试举时的杠铃轨迹

Figure 3 Barbell Trajectories of the Different Athletes in Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads

优秀运动员由于长期的系统性训练,技术动作已经达到稳固的动力定型,整个动作高度自动化,从动作的时空特征来看成功试举与失败试举没有明显差异,要通过其它指标去分析成功和失败的原因,如用力的方向等。

2.5 加速度矢量分析

研究发现:优秀运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举的伸膝提铃阶段合加速度矢量与 Z 轴夹角 θ 的平均值有显著性差异 ($P < 0.05$),而同等杠铃重量下成功试举与失败试举的引膝提铃阶段、发力阶段、惯性上升阶段合加速度矢量与 Z 轴夹角 θ 的平均值均不具有显著性差异 ($P > 0.05$)。图 4 为一名运动员试举同等杠铃重量下成功试举与失败试举杠铃重心轨迹和合加速矢量图^[9],由图可以看出两次试举杠铃运行轨迹没有明显差异,但是加速度矢量方向却明显不同。

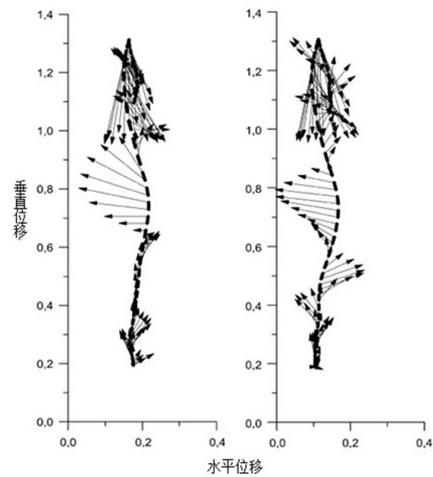


图 4 同一运动员同等负荷下成功试举与失败试举杠铃重心轨迹及合加速矢量

Figure 4 Barbell Trajectories and Vector of the Resultant Linear Acceleration of the Barbell in Successful and Unsuccessful Lifts with the Same Loads

在同等杠铃重量下成功试举与失败试举杠铃运行轨迹不具有显著性差异的情况下,成功试举与失败试举伸膝提铃阶段合加速度矢量方向却具有显著性差异 ($P < 0.05$),成功试举时提铃用力较均匀,而失败试举时运动员对杠铃不稳定作用力的方向是造成试举失败的主要原因(见表 7)。

表 7 同等杠铃重量下成功试举与失败试举各提铃阶段合加速度矢量与 Z 轴夹角 θ 的平均值(单位:°)

Table VII Mean Value of the Z Axis Angle (θ) and the Vector of the Resultant Linear Acceleration of the Barbell in the Separate Phases of the Successful and Unsuccessful Lifts (°)

与 Z 轴夹角 θ	成功 (N=9)	失败 (N=9)	P 值
伸膝提铃阶段	24.74±5.52	17.66±4.64	0.010
引膝提铃阶段	40.33±20.80	40.21±21.45	0.991
发力阶段	-30.20±3.46	-29.04±3.22	0.164
惯性上升阶段	-12.47±4.84	-11.94±4.92	0.473

注: $P < 0.05$ 具有显著性差异。



3 结论

3.1 优秀运动员由于长期的系统性训练,技术动作已经达到稳固的动力定型,整个动作高度自动化,从动作的时空特征来看试举同等重量下成功试举与失败试举没有明显差异。

3.2 相同杠铃重量下抓举成功试举与失败试举运动员对杠铃最大作用力/杠铃最大输出功率均无显著性差异。优秀运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举在用力特征和功能特征上是一致的:伸膝提铃阶段做功与发力阶段做功均无显著性差异,但发力阶段功率均显著性高于伸膝提铃阶段功率。

3.3 不同运动员间表现出了不同的杠铃轨迹,说明高水平运动员间抓举技术存在个体差异。同一运动员在同等杠铃重量下成功试举与失败试举间表现出了相同杠铃轨迹,说明高水平运动员在试举同等杠铃重量时的技术结构相同。

3.4 成功试举与失败试举伸膝提铃阶段合加速度矢量方向具有显著性差异,从抓举开始时稳定的提铃作用力方向是决定优秀运动员试举能否成功的重要因素,成功试举时运动员提铃用力较均匀,而失败试举时运动员对杠铃作用力的方向不够稳定,建议教练在训练过程中一定要注意运动员从提铃开始时对杠铃的用力方向。

参考文献:

- [1] 刘平,张贵敏等.我国优秀男子举重运动员抓举技术结构研究[J].体育科学,2005,25(1):46-49.
- [2] 毕志远,艾康伟,陆浩杰与吕小军举重抓举技术的对比研究.第十六届全国运动生物力学学术交流会论文集[C].桂林,2013.
- [3] 王举涛,李建英.全国举重冠军伍超抓举 154kg 的技术特征分析[J].上海体育学院学报,2012,36(4):68-71.
- [4] 刘宗友,切尔诺梅尔金 197.5kg 抓举技术分析[J].湖北体育科技,2004(2):168-172.
- [5] 李建英,季跃龙.第 11 届全运会女子举重冠军抓举技术的运动学参数特征研究[J].成都体育学院学报,2009,35(2):50-53.
- [6] 郭廷栋.竞技举重运动[M].北京:人民体育出版社,1990.
- [7] 艾康伟,李方祥,郝卫亚,等.举重抓举和下蹲翻运动学比较与用力特征分析[J].体育科学,2005,25(7):39-42.
- [8] Hasan Akkusx. (2012). Kinematic analysis of the snatch lift with elite female weightlifters during the 2010 World Weightlifting Championship[J].*Journal of Strength and conditioning Research*. 26(4):897 - 905.
- [9] Vassilios Gourgoulis. (2009). Unsuccessful vs successful performance in snatch lifts: a kinematic approach[J]. *Journal of strength and conditioning research*. 23(2) :486 - 494.

(责任编辑:何聪)

(上接第 3 页)

的肌电变化特征,并尝试用 lifemod 动力学模拟仿真进行建模,对比发现动力学模拟所得的肌张力及变化趋势与表面肌电的结果基本相同,为动力学建模对技术动作的研究提供了理论参考和应用实践。

长久以来三维运动录像一直是运动生物力学研究的一种基本手段,在运动技术诊断与分析方面起着重要作用。为了提高图像的成效效果及分析结果的准确度,国家体育总局的艾康伟研究员结合我国优秀女子跳高运动员在训练条件下试跳 1.85 m 测试分析过程将三维跟踪扫描录像分析方法,特别是分析流程和可得到的三维运动学参数对分析技术动作的作用进行了专题报告。报告中他介绍了应用《控制点测量与坐标转换系统》的置平参数计算功能计算置平参数,并使用 SIMI[®] Motion 系统的坐标系平移和旋转功能来解决。三维跟踪扫描影像分析解决了以往的研究手段所不能解决运动范围大、运动目标成像小的问题,从而可对运动的全过程进行完整的分析,为今后深入的研究提供可借鉴的应用参考。在体育科研中为了得到肢体的(角)位移、(角)速度、(角)加速度等运动学测量参数,对以转动为主的运动项目,需要使用三维拍摄的方法

来解决,为了准确获取运动数据,进行摄像机标定是其中主要的任务之一。董琦奇做了三维运动解析软件及常用摄像机的标定方法的专题报告。摄像机标定方法随着计算机视觉技术的不断进步而不断改善,在实际应用中标定方法将变得更为便捷、有效、高精度。

会议期间,与会代表还参观了国内外公司展出的各种最新的技术诊断与训练系统、力量训练与测试设备及康复训练设备等。本届大会也得到了运动生物力学相关厂商的大力支持,共有 13 家厂商参加了体育科研仪器展,集中展示了近年来运动生物力学领域最新的科研仪器。

2 结语

通过本次学术交流,使我们及时了解当前运动生物力学界国内外关注的热点问题与研究动向,加强了国内外学界之间良好学术关系,为推动我国运动生物力学的建设与发展起到重要作用。

(责任编辑:何聪)