



# 冬残奥高山滑雪运动概述

陈玉霞<sup>1,2</sup>, 徐青华<sup>3</sup>, 金哲<sup>4</sup>, 张田<sup>4</sup>, 王向东<sup>5\*</sup>

**摘要:**高山滑雪作为“冬残奥”雪上项目的金牌大项,是我国备战2022年北京冬奥会的重点突破方向。冬残奥高山滑雪项目因为竞赛规则、参与对象、场地特点、运动器材等的特殊性,决定了其具有不同于健全人高山滑雪的特点。了解冬残奥高山滑雪项目的发展历史及技术发展历程,研究冬残奥高山滑雪的场地及器材特点,有助于全面认识其项目发展规律。通过对坐姿高山滑雪技术研究现状的梳理,有助于未来在该项目的研究及技术发展上取得突破。

**关键词:**残疾人体育;冬残奥;坐姿高山滑雪

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)02-0045-05

DOI:10.12064/ssr.20220207

## The Overview of Winter Paralympic Alpine Skiing Sports

CHEN Yuxia<sup>1,2</sup>, XU Qinghua<sup>3</sup>, JIN Zhe<sup>4</sup>, ZHANG Tian<sup>4</sup>, WANG Xiangdong<sup>5\*</sup>

(1.Key Laboratory of Exercise and Health Sciences of Ministry of Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 2.Henan Institute of sport science, Zhengzhou 450044, China; 3.China Administration of Sports for Persons with Disabilities, Beijing 101318, China; 4.Beijing Sports University, Beijing 100084, China; 5.Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Alpine skiing is a key breakthrough direction for China to prepare for the Beijing 2022 Winter Paralympic Games because it contains major gold medals. Winter paralympic alpine skiing has the particularity of participating objects, and sports equipment which different from normal alpine skiing. To understand the development process and technology evolution of winter paralympic alpine skiing which helps fully understand the law of its development. It also helps to progress on research and technical development of this project in the future through review of the research status of sitting alpine skiing technology.

**Keywords:** paralympic sports; Winter Paralympic; para sitting alpine skiing

残疾人体育是残疾人事业的重要组成部分。残疾人体育是指个体在生理、肢体等方面有功能障碍,通过参加体育锻炼改善身体机能的运动<sup>[1]</sup>。残疾人参与体育的目的在于:以体育活动为载体,为残疾人树立体育康复健身的意识;为残疾人康复提供健身锻炼的途径,提高其生活质量;为实现残疾人平等参与社会生活、享受社会文明成果、获得社会的认知构建平台,“它超越缺陷,通过意志、技能、体能的较量,向生命的潜能挑战,展示人的创造力和价值。同时促进康复,陶冶情操,增强生活信心和勇气,推动

平等参与”<sup>[1]</sup>。发展残疾人体育是建立平等、互助、尊重的人类社会价值观念的体现。

残奥运动诞生于“二战”后的欧洲。由最初在英国进行的针对脊髓损伤的士兵展开的体育活动发展为至今的规范化和正规化的国际残疾人体育运动,已然超出初期参与、展示的意义。残奥会已成为竞技体育的一部分。1984年美国纽约残奥会拉开了我国参加残奥会的序幕,自此,我国残奥运动由弱到强,逐步确立了在国际残奥竞技舞台上的领先地位,自2004年雅典残奥会至今,我国残奥体育代表团已连

收稿日期:2021-08-21

基金项目:冬残奥运动员运动表现提升的关键技术(2018YFF0300605)。

第一作者简介:陈玉霞,女,博士研究生,助理研究员。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:chenyuxia0371@126.com。

\*通信作者简介:王向东,男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:wangxiangdong@jmu.edu.cn。

作者单位:1.上海体育学院 运动健身科技省部共建教育部重点实验室,上海 200438;2.河南省体育科学研究所,河南 郑州 450044;3.中国残疾人体育运动管理中心,北京 101318;4.北京体育大学,北京 100084;5.集美大学,福建 厦门 361021。



续4次蝉联夏季残奥会金牌、奖牌榜榜首。但是,由于我国冬季残疾人奥林匹克运动会(简称冬残奥)项目起步较晚,同传统冰雪运动强国相比还存在很大差距,迄今为止只在2018年平昌冬残奥会上取得过一枚集体项目金牌。为提升我国冬残奥竞技水平,发挥体育科技在奥运备战中的助力作用,在第13届冬残奥会举办之际,了解冬残奥高山滑雪项目的发展历史及技术发展历程,对全面认识其项目发展规律具有重要意义。对坐姿高山滑雪技术研究现状的梳理,有助于未来在该项目的研究及技术发展上取得突破。

## 1 残疾人高山滑雪的发展

### 1.1 残疾人高山滑雪的起源及发展

残疾人滑雪于1935年起源于欧洲,并在20世纪40年代首次在美国受到关注。脑瘫、多发性硬化症、脊髓损伤、截瘫、截肢、失明、脊柱裂和营养不良症等残疾类型人群均能参加该运动。该项目在发展初期受到参与人群、技术难度和缺少必要的适应性器械的制约。最早在瑞典出现时该项目被称为“手杖滑雪”(Crutch Skiing)。1940年,奥地利的齐格弗里德·德雷克斯勒成为第一位“残障人士”滑雪者,他原来是一名健全人高山滑雪运动员,在一次滑降比赛中膝盖受伤,此后只能利用一个雪板参与该项目,这是残疾人高山滑雪的雏形。在20世纪50年代,残疾人滑雪技术和滑雪器械得到了快速发展,到20世纪60年代,残疾人滑雪呈现出更加有组织的形式,许多职业俱乐部开始出现。越南战争推动了美国残疾人滑雪的进一步发展。1968年,在科罗拉多州丹佛市 Fitzsimons 综合医院和丹佛儿童医院的整形外科医生 Paul Brown 博士和 William Stanek 医生开始使用滑雪作为康复计划的一部分。高级滑雪教练 Edwin Lucks 发明了一种直立滑雪方法,用于双侧膝关节截肢者,通过髋关节运动和躯干屈伸来控制滑雪姿势。1967年,Jim Winthers 带领一个团队组建了国家截肢滑雪者协会,旨在统一为截肢滑雪者服务,并为不断增加的人群提供技术指导<sup>[2]</sup>。

### 1.2 残疾人滑雪技术的历史演变

#### 1.2.1 三点支撑滑雪技术

三点支撑滑雪技术(Three-Track Skiing)(图1)。该技术要求运动员利用一侧下肢和双侧上肢完成全程滑行,早期的截肢、脊髓灰质炎或创伤性损伤以及偏瘫患者主要利用该技术进行高山滑雪比赛。



图1 “三点支撑”滑雪图

Figure1 The picture of "Three-point support" skiing

#### 1.2.2 四点支撑滑行技术

四点支撑滑行技术。该技术是指在滑行过程中,滑雪者利用2个普通滑雪板滑行,2个雪杖用于辅助支撑。该技术最常用于脑瘫、多发性硬化症、肌肉营养不良或骨髓增生异常的患者人群。由于下肢肌肉不平衡和痉挛,滑雪者利用该器材滑行时需要躯干经常前倾状态。

#### 1.2.3 坐姿滑行技术

坐姿滑行技术(图2)。目前,轮椅人群(例如,截瘫或低位四肢截瘫人群)进行滑雪比赛或训练时多采用该技术。1978年 Peter Axelson 在美国残疾人滑雪锦标赛上展示了这种滑雪器材,从而推动了该技术的发展。该技术早期主要适用于胸椎截瘫平面在第2至第4的脊髓损伤患者。当高山滑行时,该技术需要运动员借助身体前倾或侧倾完成转向,因此需要固定绑带穿过躯干进行固定,以便辅助支撑和控制平衡。同时,患者躯干需要紧抵支撑舱以获得足够的支撑力,其技术特点与健全人滑雪者充分利用雪鞋控制方向和进行应急反应类似。



图2 早期的坐姿滑雪器

Figure2 The early sitting skiers



### 1.2.4 单板滑行技术

单板滑行技术。单板滑行是高山站姿项目中的一种滑行技术。该技术最早出现于1982年的德国西部,1985年被引入美国。单板滑行技术的发展加速了健全人滑行技术在残疾人项目中的应用。

## 2 冬残奥高山滑雪场地及坐式滑雪器特点

根据2022年北京冬残奥会设项规定,本届冬残奥会高山滑雪项目共设5个小项,分别为回转、大回转、超大回转、滑降和全能项目,包含站姿、坐姿和盲人3个组别。残奥高山滑雪每个小项的比赛场地各不相同,主要体现在起、终点的垂直落差和旗门的数量与设置。5个小项的比赛场地设置如表1所示。

表1 冬残奥高山滑雪项目场地技术指标

Table1 The course technical index of Winter Paralympic Alpine Skiing

项目名称	旗门宽度 /m	旗门间距 /m	赛道落差 /m	项目特点
回转	5.5~6.5	6~13	120~200	距离最短、旗门最多
大回转	4~8	≥10	250~400	比赛线路比回转项目长,旗门更少
超大回转	6~8	8~12	350~600	比赛线路比滑降短,比回转和大回转长
滑降	≥8	-	500~1 100	速度最快
全能	可选择超大回转或者大回转比赛1次,回转1次			

与健全人高山滑雪项目相比,残疾人高山滑雪的一个特有比赛器材是坐式滑雪器(图3),是坐姿运动员专用滑行装备。滑雪器的结构包括3部分:上部的座舱部分用来支撑大腿、骨盆以及躯干下部并与包裹腿部的穴斗相连接;下部的底盘连接滑雪板;中部的减震系统用于连接上下两部分。座椅下面的悬挂系统一方面可以缓冲坡面起伏产生的作用力对运动员躯干的冲击,另一方面可以通过减震系统改变滑雪器的转动惯量,运动员通过主动收缩、伸展身体,借助可伸缩的减震系统可以改变重心高低,实现弹性储能的存储和释放<sup>[3]</sup>,从而发挥旗门转弯前的减速和直线滑行阶段的加速作用。运动员参与的比赛小项不同,坐式滑雪器的使用技巧也不同,Jörg Spörri等<sup>[4]</sup>的研究认为,为了充分发挥坐式滑雪器的系统性能,在快速转弯的技巧性项目中要尽量减小系统的惯性力矩(如回转项目),但是在大回转或滑降等速度型项目中,则可以通过增大惯性力矩来提高加速效果。



图3 残奥高山滑雪坐姿滑雪器示意图

Figure3 The sketch of sitting skier for Paralympic Alpine Skiing

## 3 坐姿高山滑雪的相关技术分析

高山滑雪项目需要运动员不断调整转弯技术以适应地形、坡度、旗门设置和雪地条件变化所设计的复杂技术,需要进行精细的生物力学分析<sup>[5]</sup>。

### 3.1 躯干肌群动作平衡控制

Weyand等<sup>[6]</sup>通过对脊髓损伤患者躯干肌群与动态坐姿平衡功能的相关性研究发现,躯干屈肌、伸肌和旋转肌群的肌力与坐姿平衡功能高度相关。根据该研究结果,在坐姿高山滑雪运动中,运动员如果要提高对坐姿滑雪器的控制,需要提高腹内斜肌、腹外斜肌、竖脊肌等肌群的肌力水平。Kim等<sup>[7]</sup>的研究发现,为了提高脊髓损伤人群的坐姿平衡能力,需要充分发挥横膈膜在姿势调整中的作用,他们在对手摇自行车运动员的研究中发现,当该残疾类型运动员在运动中摔倒时,横膈膜发挥了姿势调整的作用。还有研究发现,脊髓损伤的损伤平面在第9胸椎以下时,脊髓损伤与坐姿平衡之间没有明显的相关性。根据该研究结论,即便脊髓损伤平面较高,但如果躯干肌力较好,其动态坐姿平衡能力也可以达到较高水平<sup>[6]</sup>。Benedikt等<sup>[8]</sup>的研究认为,对于坐姿滑雪运动员来说,身体功能残疾导致部分运动功能和感觉功能受限,而在滑行中,身体姿势的调节往往需要整合本体感觉和外部感觉信息,当这些信息受到干扰时,姿势控制就会受到影响。这也是为什么残疾人功能分级既包含医学损伤评估又考虑功能表现的原因之一,同时为该项目的运动选材提供了参考。

### 3.2 转弯技术身体姿态角度的运动学

比赛成绩受滑雪者的初始速度、身体动作姿态的影响<sup>[5]</sup>。有学者从滑行动作角度方面对滑行中身



体姿态的平衡控制进行了研究。为了保持滑行中的平衡,运动员须以正确的角度提前转向旋转中心,以便充分利用滑雪板与雪面的接触面,提高转弯时的向心力,为此,在转弯时应通过降低内侧肩部高度、抬高外侧肩部高度的方式提高滑行效果<sup>[9]</sup>。此外,Klefbeck等<sup>[10]</sup>研究认为,在转弯过程中有效降低身体重心高度,有利于转弯时的平衡控制。Lenik等<sup>[11]</sup>利用运动员滑雪板前部到后部连线与踝关节速度矢量之间的夹角与平衡的关系研究发现,旗门转弯阶段该角度越大,转弯时越容易出现侧滑和摔倒现象,该研究认为,以卡宾技术完成的转弯中,该角度的平均值约为 $(6.1\pm 3.2)^{\circ}$ ,利用跳跃技术完成的转弯中,该角度的平均值约为 $(15.5\pm 10.5)^{\circ}$ 。

### 3.3 高山滑雪的动力学

高山滑雪动力学研究主要考虑滑雪器的性能,雪橇性能对高山滑雪运动员的运动表现产生很大的影响。高山滑雪项目衡量滑雪者和外部设备之间负荷的常用指标是地面反作用力(Ground Reaction Force, GRF)<sup>[12]</sup>。Supej等<sup>[9]</sup>对使用不同性能雪橇的滑雪者的速度、加速度、转弯半径的质量中心、转弯半径、GRF进行研究发现,在优秀运动员和一般滑雪运动员之间的GRF分布基本相似。Supej指出最短的轨迹不一定是最快的,特别是较小的转弯半径可能不利于滑雪者的瞬间表现<sup>[9]</sup>。空气阻力和滑雪器与雪面之间的摩擦阻力对滑雪性能产生不利影响。尽量减少滑雪者正面姿势的区域面积是减少空气阻力的关键,可提升速度、降低总时间<sup>[5]</sup>。而滑雪器与雪面的情况正好相反,在速度较慢,尤其是转弯时,地面摩擦力非常重要,在激烈的转弯过程中,滑雪者应更注意保持滑雪器的平稳,而不是尽量减少暴露的正面姿势区域<sup>[9]</sup>。

### 3.4 能量消耗

Supej等<sup>[9]</sup>的研究指出,在旗门附近的转向和转弯半径短( $< 15\text{ m}$ )时,大部分能量会消散,在开始转弯前的身体重心转移过程消耗的能量最少。在转弯半径较小时,机械能的差异与转弯半径直接相关<sup>[5]</sup>。良好的转弯通常有利于潜在的能量发挥(及将滑雪器与雪面摩擦力和空气动力学阻力与优化的滑雪轨迹相结合),这在要求速度和时间的大多数平坦滑道部分尤为重要。特别是在陡峭的坡面上,尽量减少能量消耗并不一定能确保整体用时最短。特别是对优秀滑雪运动员来说,身体重心高度和最佳轨迹相结合才能产生最好的效果<sup>[9]</sup>。

### 3.5 其他相关研究

高山滑雪项目的研究需考虑复杂的场地环境。由于受场地因素限制,传统的生物力学研究受到了限制。由于各种传感器的小型化和灵活性,可穿戴设备已广泛应用于许多领域,如体育科学、医学信息学、康复等<sup>[13]</sup>。一项最新的研究通过自主开发的一种可穿戴系统,实时监控并获取高山滑雪的多源信息,建立双链生物力学模型来分析运动员在高山滑雪雪橇的表现<sup>[13]</sup>。可穿戴设备的应用,将会推动高山滑雪项目研究的进一步发展。

### 4 目前研究的不足与展望

目前,坐姿高山滑雪运动员技术分析主要针对运动员的平衡控制能力,从肌力水平和滑行时的关节角度来探讨运动员的技术表现。但是,运动员的运动表现除了受肌力水平和滑行时的关节角度影响之外,还受到其他多重因素的影响。随着科技手段的发展,未来还需要对影响运动员技术表现的其他关键问题进行进一步研究,如肌肉形态、肌肉的协同模式、环节互动动力学,以及视觉、本体感觉交互作用等因素的影响。

高山滑雪是最危险的冬季运动项目之一<sup>[14][5]</sup>。最常见的损伤是膝关节损伤,且近三分之一膝关节损伤的滑雪者都患有严重的运动恐惧<sup>[5]</sup>。运动恐惧对高山滑雪运动员技术动作产生的影响尚不得而知。不同水平运动员技术动作的差异表现尚不清楚,未来的研究需着眼于通过对优秀运动员关键技术的研究,建立高山滑雪项目的最优化动作模型,阐明运动员提升运动表现的人体动作模式和发力的优化方案,这将对提升运动员的运动表现,助力运动员提高运动成绩具有重要意义。

此外,残疾人运动员的分级级别是身体竞技能力的直接表现,级别不同,残疾程度和功能表现不同。现有分级规则多为定性描述标准,根据该标准无法准确判定运动员的真实技术水平。需要建立基于循证分级系统来量化残疾人的分级体系,为定量评价残疾人分级提供相对客观的评价标准。未来的研究可以通过环节惯性参数建立仿真模型。研发简单、高效的残疾人高山滑雪现场实时技术分析系统,对运动技术进行实时反馈。

### 5 小结

在残疾人体育运动的实践中发现问题,从科学理论的高度解决问题,推动运动项目的发展和运动表现的提升是现阶段快速提高竞技水平的直接需



求。根据残疾人竞技体育的发展规律和项目特点,量化残疾人功能分级体系;运用生物力学手段、方法为冬残奥高山滑雪项目关键技术进行集中攻关,建立运动学、动力学的优化动作模型;从指导运动实践、提高实际训练效果的目的出发,建立关键技术指标的评价体系。未来的研究内容需涵盖基础研究、技术攻关和成果转化等。

### 参考文献:

- [1] 邓朴方.人道主义的呼唤[M].北京:华夏出版社,2006.
- [2] KOMISSAROV S S. Modelling of carving turns in alpine skiing[EB/OL].[2021-08-20]. <https://arxiv.org/pdf/1812.02539.pdf>.
- [3] LASKOWSKI E R. Snow skiing for the physically disabled [J]. Revista De Derecho y Genoma Humano, 1991, 66(2):160-172.
- [4] SPORRI J, KROLL J, SCHWAMEDER H, et al. Course setting and selected biomechanical variables related to injury risk in alpine ski racing: An explorative case study [J]. British Journal of Sports Medicine, 2012, 46(15): 1072-1077.
- [5] SUPEJ M, HOLMBERG H C. Recent kinematic and kinetic advances in Olympic alpine skiing: Pyeongchang and beyond[J]. Frontiers in Physiology, 2019, 10:111.
- [6] WEYAND P G, BUNDLE M W, MCGOWAN C P, et al. The fastest runner on artificial legs: Different limbs, similar function? [J]. Journal of Applied Physiology, 2009, 107(3):903-911.
- [7] KIM S, CHANG Y, KIM G. Correlations between biomechanical characteristics, physical characteristics, and the ability to maintain dynamic sitting balance on an unstable surface in the disabled with spinal cord injury[J]. Journal of the Ergonomics Society of Korea, 2014, 33(1):15-25.
- [8] FASEL B, SPÖRRI J, KRÖLL J, et al. A Magnet-based timing system to detect gate crossings in alpine ski racing [J]. Sensors, 2019, 19(4):940.
- [9] SUPEJ M, KIPP R, HOLMBERG H C. Mechanical parameters as predictors of performance in alpine World Cup slalom racing[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2011, 21(6):e72-e81.
- [10] KLEFBECK B, MATTSSON E, WEINBERG J. The effect of trunk support on performance during arm ergometry in patients with cervical cord injuries[J]. International Journal of Nephrology, 1996, 34(3):167-172.
- [11] LEŠNIK, BLAŽ, ŽVAN, et al. Comparison of centre of mass trajectories in modern giant slalom techniques[J]. Kinesiology, 2003, 35(2):191-200.
- [12] SUPEJ M, KUGOVNIK O, NEMEC B. New advances in racing slalom technique[EB/OL].[2021-08-21]. [https://www.researchgate.net/publication/235935004\\_New\\_advances\\_in\\_racing\\_slalom\\_technique](https://www.researchgate.net/publication/235935004_New_advances_in_racing_slalom_technique).
- [13] WANG Y, SHAO T, JIANG P, et al. A pilot study on a multimodal wearable system by applying a two-chain biomechanical model in the alpine ski slalom[C]//Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2021 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR), New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021:1082-1086.
- [14] SONG Y, ZHANG W, ZHAO L, et al. Sports-related injuries sustained by disabled athletes in winter paralympic games: A systematic review[J]. Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 2020, 10: 1136-1143.
- [15] JEDVAJ H, KISELJAK D, PETRAK O. Kinesiophobia in skiers with knee injuries[J]. Polish Journal of Sport and Tourism, 2021, 28: 24-29.

(责任编辑:刘畅)