

中华人民共和国体育行业标准

TY/T ××××—××××

跳台滑雪风洞训练指南

Guidelines for ski jumping training in wind tunnel

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2023年12月22日)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家体育总局 发布

目 次

前 言	IV
引 言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原则	1
4.1 科学性	1
4.2 针对性	1
4.3 有效性	1
5 训练条件	2
5.1 风洞试验段	2
5.2 人员配备	2
5.3 安全应急预案	2
6 训练流程和内容	2
6.1 训练流程图	2
6.2 准备活动	3
6.3 风速适应	3
6.4 正式训练	3
6.5 数据采集和导出	4
7 训练效果评价与改进	4
7.1 定性评价	4
7.2 定量评价	4
7.3 评价方法和结果	5
7.4 改进	5
参 考 文 献	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家体育总局体育科学研究所提出。

本文件由国家体育总局体育经济司归口。

本文件起草单位：宁波大学、国家体育总局体育科学研究所、中国航空工业空气动力研究院、首都体育学院。

本文件主要起草人：顾耀东、张妍、黄希发、李庆利、李海鹏、刘雨薇、王崇利、张栋、杨玮、陈小平、洪扬。

引 言

风洞是以人工的方式产生并且控制气流，用来模拟实体周围气体的流动情况，并可量度气流对实体的作用效果以及观察物理现象的一种管道状设备。在体育领域，风洞可应用于测试运动员的气动数据。根据相对运动原理，利用风洞内人工风速模拟运动速度，为运动员开展专项训练提供风阻模拟环境。跳台滑雪项目中，运动员在助滑、起跳和飞行阶段受空气动力影响较大，优化各阶段的姿态减阻技术是增大飞行距离的关键。我国已建成跳台滑雪专用风洞，风洞训练已成为跳台滑雪训练的重要组成部分。然而，在实施过程中存在过度依赖教练员主观经验的问题，在一定程度上限制了训练效果的提升。

本文件旨在形成系统化、规范化、科学化的跳台滑雪项目风洞训练体系，指导跳台滑雪运动员在仿真风阻环境中进行训练，帮助跳台滑雪运动员优化身体姿态、加强肌肉记忆、提升技术水平，提高运动成绩。

跳台滑雪风洞训练指南

1 范围

本文件确立了跳台滑雪风洞训练的原则，给出了跳台滑雪风洞训练的流程和内容，提供了训练效果评价与改进等方面的指导。

本文件适用于跳台滑雪风洞训练的管理、实施与评价。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

六分量天平 six-component balance

用于测定运动员风阻力、侧向力、竖向力及弯矩的测力装置。

3.2

动作捕捉系统 motion capture system

用于追踪拍摄运动员身体姿态的摄像系统。

注：包括与六分量天平进行数据同步采集的同步器。

3.3

试验段 test section

用于运动员进行风洞训练和测试的试验区域。

4 原则

4.1 科学性

跳台滑雪风洞训练以空气动力学原理为基础，结合运动实践，兼顾运动员的减阻姿态与肌肉发力模式，对最佳减阻姿态和姿态控制的稳定性进行训练。

4.2 针对性

跳台滑雪风洞训练关注运动员个性化特点。充分考虑不同运动员的技术水平和技术特点，制定个性化的姿态减阻训练计划。

4.3 有效性

跳台滑雪风洞训练进行训练效果评价，将定性评价与定量评价相结合，根据评价结果判断训练效果、分析技术薄弱点，找到问题所在，调整训练计划。

5 训练条件

5.1 风洞试验段

5.1.1 试验段可开展跳台滑雪助滑阶段、起跳阶段、飞行阶段的模拟训练。

注1：运动员离开出发台，沿助滑坡向下滑行获得初速度的过程为助滑阶段。

注2：运动员在助滑坡起跳点，快速跳向空中的过程为起跳阶段。

注3：运动员起跳后，在空中稳定飞行的过程为飞行阶段。

5.1.2 试验段宜分为水平试验段（0°）、起跳试验段（11°）和飞行试验段（32°）。

注1：助滑阶段运动员沿助滑坡向下滑行，0° 来流角适用于助滑减阻姿态训练。

注2：起跳位置倾斜角约为11°，11° 来流角适用于起跳减阻姿态训练。

注3：飞行阶段运动员身体与地面呈32° 的姿态占比较高，32° 来流角适用于飞行减阻姿态训练。

5.1.3 试验段风速宜在 0~42.0m/s 连续可调，流场湍流度小于 2%，气流偏角小于 1°。

5.1.4 试验段宜配备六分量天平和动作捕捉系统。

5.2 人员配备

5.2.1 跳台滑雪风洞训练宜配备教练员、操作员及安全员。

5.2.2 教练员应具备经所在运动队认定的执教资格，能够在风洞训练中观察运动员动作状态，向运动员下达姿态调整指令。

5.2.3 操作员宜熟练掌握风洞训练系统的操作流程与方法，能够开启、调试、操控和关闭风洞训练系统。

5.2.4 安全员应具备风洞硬件设施安全检查与确认的相关知识，能够在风洞训练中进行全过程安全监督和突发事件后的救助。

5.2.5 教练员、操作员及安全员宜参加相关培训并经考核合格后上岗。

5.3 安全应急预案

5.3.1 宜制定安全应急预案，安全应急预案内容包括但不限于：

- a) 突发运动员运动损伤应急处置预案；
- b) 突发设备故障应急处置预案；
- c) 突发火灾应急处置预案。

5.3.2 宜定期进行应急预案演练。

6 训练流程和内容

6.1 训练流程图

见图1。

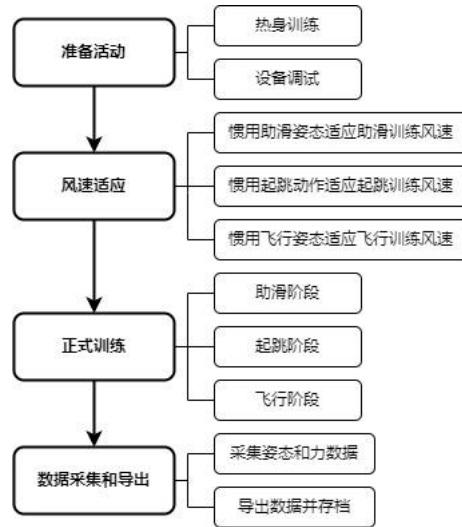


图1 训练流程图

6.2 准备活动

6.2.1 风洞训练前运动员进行风洞环境适应性热身训练。

6.2.2 风洞训练前操作员进行六分量天平和动作捕捉系统的校准与调试。

6.3 风速适应

6.3.1 宜根据训练内容选择对应的适应项，各项环境适应后分别展开对应内容的正式训练。

6.3.2 助滑阶段风洞训练宜选用风洞水平试验段，运动员站立在固定于六分量天平的雪板上，操作员调节气流角度和速度，风速逐渐增加至训练水平（助滑阶段实际风速），运动员自主调整惯用助滑姿态，逐步适应训练水平风速。

6.3.3 起跳阶段风洞训练宜选用风洞起跳试验段，运动员站立在固定于六分量天平的雪板上，操作员调节气流角度和速度，风速逐渐增加至训练水平（起跳阶段实际风速）。运动员自主调整惯用起跳动作，逐步适应训练水平风速。

6.3.4 飞行阶段风洞训练宜选用风洞飞行试验段，运动员在安全员的指导下穿戴吊飞带并升至空中，操作员调节气流角度和速度，风速逐渐增加至训练水平（飞行阶段实际风速），运动员自主调整惯用飞行姿态，逐步适应训练水平风速。

6.4 正式训练

6.4.1 助滑阶段

6.4.1.1 助滑阶段训练运动员保持最优助滑减阻姿态的能力。

6.4.1.2 风速宜设定为 23.6m/s~25.0m/s。

6.4.1.3 教练员宜根据实时气动阻力，向运动员下达姿态调整指令，指导运动员在维持双侧下肢发力平衡的前提下，减小髌、膝、踝关节屈曲角度。运动员宜根据自身技术特点，适当调整髌、膝、踝关节角度。

6.4.1.4 运动员宜对 6.4.1.3 反复进行练习。

6.4.2 起跳阶段

6.4.2.1 起跳阶段训练运动员完成最佳减阻起跳模式的能力。

6.4.2.2 风速宜设定为 24.4m/s~25.6 m/s。

6.4.2.3 教练员宜根据实时气动阻力，向运动员下达姿态调整指令，指导运动员在维持双侧下肢发力平衡的前提下，先进行髌、膝关节的同步伸展，随后膝关节加速伸展，同时带动髌关节缓慢伸展。运动员宜根据自身技术特点，适当调整髌、膝关节伸展模式。

6.4.2.4 运动员宜对 6.4.2.3 反复进行练习。

6.4.3 飞行阶段

6.4.3.1 飞行阶段训练运动员保持最优飞行减阻姿态的能力。

6.4.3.2 风速宜设定为 24.4m/s~25.6 m/s。

6.4.3.3 教练员宜根据实时气动阻力，向运动员下达姿态调整指令，指导运动员在保证飞行稳定性的前提下，保持髌关节屈曲 $162^{\circ} \sim 168^{\circ}$ ，小腿与雪板夹角 $16^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，雪板 V 角 $24^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 。运动员宜根据自身技术特点，适当调整髌关节角度、小腿与雪板夹角和雪板 V 角。

6.4.3.4 运动员宜对 6.4.3.3 反复进行练习。

6.5 数据采集和导出

6.5.1 训练过程中，操作员宜操作动作捕捉系统和六分量天平同步采集姿态数据和力数据。

6.5.2 训练结束后，操作员宜对采集的姿态数据和力数据进行导出和存档，用于后续训练效果评价。

7 训练效果评价与改进

7.1 定性评价

7.1.1 运动员主观感觉

7.1.1.1 训练结束后，运动员宜对当次训练中的主观感觉进行书面记录。

7.1.1.2 宜重点强调本次风洞训练对技术动作提升的作用和训练后的主要收获，分析自身在动作技术动作上仍存在的薄弱环节。

7.1.1.3 宜对运动员主观感觉记录进行存档，存档周期宜为 4 年。

7.1.2 教练员反馈评价

7.1.2.1 训练结束后，教练员宜对运动员训练效果进行反馈评价。

7.1.2.2 宜基于运动员主观感觉报告，补充说明运动员在本次风洞训练后单一技术动作和综合运动表现提高的情况，明确运动员现存技术动作的薄弱环节。

7.1.2.3 宜对教练员反馈评价进行存档，存档周期宜为 4 年。

7.2 定量评价

7.2.1 概述

宜根据 6.5.1 中采集的数据对运动员助滑、起跳和飞行阶段的减阻姿态进行运动学和动力学评价。

7.2.2 运动学评价指标

7.2.2.1 助滑阶段风洞训练运动学评价指标包括但不限于：

- a) 髋关节角度；
- b) 膝关节角度；
- c) 踝关节角度。

7.2.2.2 起跳阶段风洞训练运动学评价指标包括但不限于：

- a) 髋关节角度；
- b) 膝关节角度。

7.2.2.3 飞行阶段风洞训练运动学评价指标包括但不限于：

- a) 髋关节角度；
- b) 小腿与雪板夹角；
- c) 雪板夹角 V 角。

7.2.2.4 宜对运动学评价数据进行存档，存档周期宜为 4 年。

7.2.3 动力学评价指标

7.2.3.1 助滑和起跳阶段风洞训练动力学评价指标包括但不限于：

- a) 双侧天平力；
- b) 总阻力。

7.2.3.2 飞行阶段风洞训练运动学评价指标包括但不限于总阻力。

7.2.3.3 宜对动力学评价数据进行存档，存档周期宜为4年。

7.3 评价方法和结果

7.3.1 教练员和运动员宜结合 6.3.1.3、6.3.2.3、6.3.3.3，综合分析定性评价和定量评价结果的一致性，对助滑、起跳和飞行阶段运动员的减阻姿态进行评价，明确姿态减阻的关键优势和薄弱环节。

7.3.2 定性评价结果由运动员根据 7.1.1.2 填写主观感觉，由教练员根据 7.1.2.2 填写反馈评价。

7.3.3 定量评价结果由操作员根据 6.5.2 中导出的数据，如实填写。

7.3.4 评价结果的格式见跳台滑雪风洞训练效果评价卡（见附录 A）。

7.4 改进

运动员与教练员宜通过定期例会，总结问题、分析原因，根据评价结果对训练过程和内容进行改进。

附录 A
(资料性)

跳台滑雪风洞训练效果评价卡示例

跳台滑雪风洞训练效果评价卡示例见表 A. 1。

表 A. 1 跳台滑雪风洞训练效果评价卡示例

运动员：

教练员：

训练日期：

操作员：

安全员：

训练地点：

评价内容	定量评价								定性评价		综合评价结果
	髋关节角度 (°)	膝关节角度 (°)	踝关节角度 (°)	小腿与雪板夹角 (°)	雪板 V 角 (°)	左天平力 (F)	右天平力 (F)	总阻力 (F)	运动员主观感觉	教练员反馈评价	
助滑阶段 保持最优助滑减阻姿态的能力				—	—						
起跳阶段 完成最佳减阻起跳模式的能力			—	—	—						
飞行阶段 保持最优飞行减阻姿态的能力		—	—			—	—				

参 考 文 献

- [1] 刘丹妮. 航天科技助力冬奥我国首座体育综合训练风洞落成[J]. 军民两用技术与产品, 2021, (1):46-48.
- [2] BROWNLIE LEN. Aerodynamic drag reduction in winter sports: The quest for “free speed”[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part P Journal of Sports Engineering and Technology, 2021, 235(4):365-404.
- [3] 胡 齐, 陈 骐, 张文毅. 滑雪板夹角对跳台滑雪飞行阶段气动特性的影响[J]. 体育科学, 2018, 38(7): 42-49.
- [4] 胡齐, 张文毅, 陈骐. 跳台滑雪空气动力学研究进展[J]. 中国体育科技, 2018, 54(5): 132-139.
- [5] 胡齐, 刘宇. 运动员姿态对跳台滑雪空中飞行气动特性的影响[J]. 医用生物力学, 2021, 36(3): 407-414.
- [6] 张栋, 邹晓双, 刘钰, 等. 动作姿态对北欧两项运动员跳台滑雪助滑和起跳气动阻力的影响[J]. 中国体育科技, 2023, 59(09):3-12.
-