

# 团 体 标 准

T/ISC XXX—XXXX

## 基于人工智能的儿童青少年体质健康测评 与运动干预系统技术规范

XXXX—XXXX

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利与支持性文件一并附上。

（征求意见稿）

2026-4-16

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国 互 联 网 协 会 发 布



# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和缩略语 .....	2
5 系统架构与组成 .....	2
6 功能要求 .....	4
7 性能要求 .....	7
8 数据接口与平台对接要求 .....	8
9 安全要求 .....	9
10 测试与验证方法 .....	9
附 录 A（核心测试项目说明） .....	11
参 考 文 献 .....	13

# 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。

本文件由中国互联网协会提出并归口。

本文件起草单位：山东爱优动教育体育科技有限公司

本文件主要起草人：

# 基于人工智能的儿童青少年体质健康测评与运动干预系统技术规范

## 1 范围

本文件规定了基于人工智能的儿童青少年体质健康测评与运动干预系统技术规范的术语、定义、系统架构与组成、测-评-练一体化核心算法功能要求、算法性能指标、数据接口与平台对接要求、安全要求以及测试与验证方法。

本文件适用于面向 3~15 岁儿童青少年在校园体育教学及体质健康测评场景中使用的 AI 运动教练系统。系统通过深度学习姿态估计、时序动作分析、多模态数据融合、个性化推荐等技术，实现动作智能识别与计数（测）→多维体质评估与短板定位（评）→个性化运动处方生成与实时纠错训练（练）的全流程闭环。学校采购选型、教育行政部门评估、系统研发企业产品设计、第三方机构检测认证可参照本文件执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 34285-2017 健身运动安全指南

GB/T 35273-2020 信息安全技术 个人信息安全规范

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 36464.2-2018 信息技术 智能语音交互系统 第2部分：智能家居

GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

人工智能对儿童青少年体质健康测评与运动干预系统 AI-based physical health assessment and exercise intervention system for children and adolescents

集成深度学习姿态估计、时序卷积网络、强化学习、个性化推荐等人工智能算法，能够实时识别学生运动动作、提供毫秒级纠错反馈、监测运动负荷、生成自适应运动处方的软硬件一体化系统。系统实现“智能测评（测）-多维评估（评）-数字干预（练）”闭环。

### 3.2

时序动作分类与计数模型 English: temporal action classification and counting model

采用时序卷积网络（TCN）或双向LSTM，以连续帧的关键点序列为输入，输出动作类别概率（跳绳、仰卧起坐、立定跳远等）。计数模块使用峰值检测算法（Peak Detection）结合动态规划平滑，在周期性动作中识别有效周期，自动过滤无效摆动。计数准确率 $\geq 98\%$ 。

### 3.3

违规动作检测算法 English: violation action detection algorithm

构建规则引擎+孤立森林异常检测混合模型。首先基于人体运动学先验定义违规规则（如立定跳远踩线、仰卧起坐借力），使用关节角度阈值判定；同时训练孤立森林模型捕捉不符合正常模式的异常姿态，漏检率 $\leq 3\%$ 。

### 3.4

实时纠错算法 English: real-time error correction algorithm

将学生动作的关键点序列与标准动作模板库进行动态时间规整（DTW）对齐，计算余弦相似度或关节角度均方根误差（RMSE）。当相似度低于阈值（如0.85）或角度偏差超过设定值时，通过语音合成（TTS）、动画标注、文字提示即时反馈错误类型与纠正建议。端到端反馈延迟 $\leq 2$ 秒。

### 3.5

运动负荷监测模型 English: exercise load monitoring model

基于心率变异性（HRV）时频域分析：从连续心率序列中提取时域指标（SDNN、RMSSD）和频域指标（LF、HF、LF/HF），评估自主神经平衡状态。采用卡尔曼滤波估计实时能量消耗（METs）。当心率超过 $(220 - \text{年龄}) \times 85\%$ 时自动触发语音预警。

### 3.6

个性化运动处方生成模型 English: personalized exercise prescription generation model

采用图神经网络（LightGCN）构建学生-运动项目-难度等级知识图谱，融合28维特征（年龄、性别、BMI、各项目标准分、进步趋势、短板Z-score、历史完成度、心率恢复速率等），通过图卷积传播学习学生偏好，输出Top-3个性化训练方案。支持在线学习（FTRL算法）根据训练反馈实时更新模型参数

### 3.7

测-评-练一体化闭环 English: integrated assessment-evaluation-training closed-loop

以体质健康测试（测）为起点，通过AI评估模型生成多维度体质报告与短板定位（评），自动匹配个性化运动处方与实时纠错训练（练），并定期复测形成闭环迭代优化，实现数据驱动的精准体育教学。

## 4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

AI: 人工智能 (Artificial Intelligence)

CPU: 中央处理器 (Central Processing Unit)

GPU: 图形处理器 (Graphics Processing Unit)

FPS: 每秒帧数 (Frames Per Second)

API: 应用程序编程接口 (Application Programming Interface)

HR: 心率 (Heart Rate)

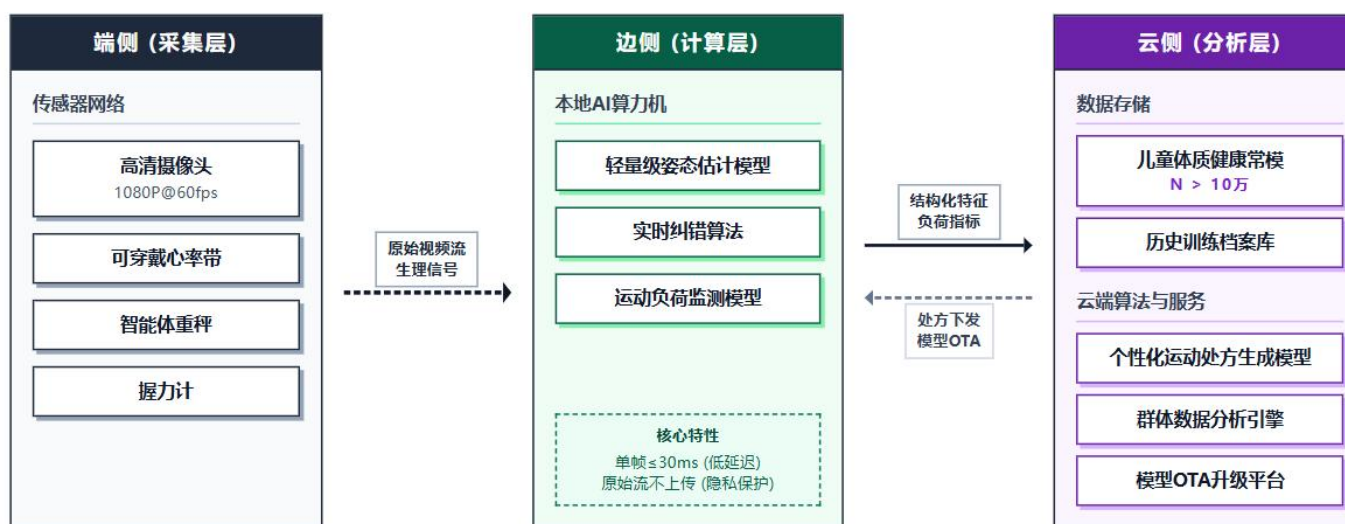
## 5 系统架构与组成

### 5.1 系统架构

系统应采用“端-边-云”协同架构，各层职责如下：

- a) 端侧（采集层）： 高清摄像头（1080P@60fps）、可穿戴心率带、体重秤、握力计等传感器，采集原始视频流和生理信号。
- b) 边侧（计算层）： 本地AI算力机运行轻量级姿态估计模型、实时纠错算法、运动负荷监测模型，实现低延迟推理（单帧 $\leq 30\text{ms}$ ）和隐私保护（原始视频不上传）。
- c) 云侧（分析层）： 存储中国儿童体质健康常模（ $N > 10\text{万}$ ）、历史训练档案；运行个性化运动处方生成模型和群体数据分析；支持模型OTA升级。

系统架构示意图：“端-边-云”协同架构



图例说明    - - - - 高频原始数据流 (局域网)    ——— 结构化数据流 (广域网)

图1 系统架构示意图

## 5.2 硬件组成

系统硬件应至少包含以下组件：

- AI算力机：提供边缘计算能力，GPU算力不低于4 TFLOPS；
- 高清摄像头：分辨率不低于 $1920 \times 1080$ ，帧率不低于60 fps，支持电动变焦和低光照补光；
- 交互显示终端：触摸屏尺寸不小于18英寸，支持户外防眩光、广视角显示；
- 可扩展传感器：包括体重秤、握力计、肺活量计、心率监测带等（根据测试项目选配）；
- 辅料道具：包括跳绳、锥桶、平衡木、方包、地贴标识等标准化测试配件。

## 5.3 软件组成

系统软件应包含以下核心算法模块：

- 动作识别模块

姿态估计子模块：BlazePose+HRNet，输出33关键点，置信度过滤。

动作分类子模块：TCN时序网络，输入关键点序列（窗口长度2秒，步长0.5秒），输出动作类别概率。

计数器模块：峰值检测+动态规划平滑，支持跳绳、仰卧起坐等周期性动作。

违规检测子模块：规则引擎+孤立森林，识别踩线、借力等违规。

b) 实时纠错模块

标准动作模板库：存储12个测试项目的标准关键点轨迹（由专业教练示范采集）。

相似度计算引擎：DTW对齐后计算余弦相似度，输出偏差最大的3个关节。

多模态反馈生成器：TTS语音合成、Canvas动画标注、文字提示。

c) 运动负荷监测模块

心率变异性分析：实时计算LF/HF、SDNN，评估疲劳度。

能量消耗估计算法：卡尔曼滤波融合心率、运动强度、体重，输出METs和卡路里。

d) 个性化运动推荐模块

特征工程：将原始测试数据转换为28维标准化特征。

知识图谱构建：学生节点、项目节点、难度节点，边权重基于历史表现。

LightGCN图神经网络：3层图卷积，嵌入维度64，输出Top-3推荐。

在线学习器：FTRL算法，每次训练后更新模型，损失函数为交叉熵。

e) 数据可视化与报告模块：雷达图、百分位曲线、趋势图，PDF/Excel导出。

f) 用户管理模块：多角色权限。

g) 系统配置模块：参数校准、日志审计。

## 6 功能要求

### 6.1 动作识别功能

系统应能识别并评估表1所列的核心运动项目。算法流程如下：

步骤1：视频帧采集 → 分辨率1920×1080，帧率60fps，RGB格式。

步骤2：人体检测与跟踪 → 使用轻量级目标检测器（SSD-MobileNet）定位人体边界框，卡尔曼滤波实现跨帧跟踪，目标丢失后自动重检测。

步骤3：姿态估计 → 在边界框内运行BlazePose，输出33个关键点坐标(x, y, z)及置信度。置信度<0.8的关键点触发局部重采样（使用光流法插值）。

步骤4：动作分割 → 采用隐马尔可夫模型（HMM）或基于能量的双阈值法自动识别动作起止帧。

步骤5：动作分类 → 将关键点序列（时间窗口2秒）输入TCN网络（5层膨胀卷积，感受野128帧），输出动作类别概率。分类准确率≥95%。

步骤6：计数 → 对周期性动作（跳绳、仰卧起坐），提取关节角度或脚部高度时序曲线，使用峰值检测算法（寻找局部极大值，最小间隔0.3秒），结合动态规划平滑去除假峰，输出有效次数。

步骤7：违规检测 → 并行运行规则引擎（检查关节角度阈值，如膝盖弯曲>150°为合格）和孤立森林异常检测（训练样本为合格动作特征），任一判定违规则记录。

系统应能识别并评估表1所列的核心运动项目，并支持扩展。

表1 核心运动项目识别要求

年龄段	测试项目	识别内容	对应设备/配件
幼儿版	身高/体重	身高数值(cm)、体重数值(kg)、	折叠高精度体重秤+视觉识

年龄段	测试项目	识别内容	对应设备/配件
(3~6岁)		BMI计算	别
	握力	握力数值 (kg)、左右手区分	可插拔握力计
	立定跳远	起跳距离 (cm)、起跳犯规 (踩线、垫步)	AI视觉+地贴标识
	走平衡木	通过时间 (s)、中途掉落次数	平衡木+视觉识别
	坐位体前屈	推动距离 (cm)、膝关节弯曲检测	双测位测试板
	双脚连续跳	跳跃连贯性、落地稳定性、完成时间 (s)	方包 (10个)+视觉识别
	15米绕障碍跑	通过时间 (s)、触碰障碍物次数	锥桶 (7个)+视觉识别
中小学版 (7~16岁)	身高/体重	身高数值 (cm)、体重数值 (kg)、BMI计算	折叠高精度体重秤+视觉识别
	肺活量	吹气量 (ml)、持续时间 (s)	可插拔肺活量手柄 (2人同时)
	立定跳远	起跳距离 (cm)、起跳犯规	AI视觉+地贴标识
	跳绳	1分钟次数、中断次数、手臂姿势	AI视觉 (5人同时)
	仰卧起坐	1分钟次数、有效次数 (肘触膝)、腰部贴合度	仰卧起坐测试板 (5人同时)
	坐位体前屈	推动距离 (cm)、膝关节弯曲检测	双测位测试板 (2人同时)

## 6.2 实时纠错功能

系统应具备以下实时纠错能力：

- a) 纠错方式：支持语音播报、文字提示、动画示范、图像标注中至少两种方式。
- b) 纠错内容生成：

将学生关键点序列与标准动作模板进行动态时间规整 (DTW)，计算余弦相似度。

若相似度 $<0.85$ ，计算各关节角度偏差（RMSE），定位偏差最大的3个关节。

映射到错误规则库（86种错误类型），生成对应的语音文本和动画标注（如“手臂抬高，肘关节角度应大于120度”）。

c) 响应延迟：从动作完成到给出纠错反馈的时间不超过2秒。

d) 纠错频次：连续相同错误采用指数退避策略（首次立即提示，后续间隔递增至10秒），避免过度干扰。

### 6.3 运动负荷监测功能

系统应支持以下运动负荷监测：

a) 心率监测：可连接心率带或PPG设备，采样率 $\geq 250\text{Hz}$ 。

b) HRV分析：实时计算时域指标（SDNN、RMSSD）和频域指标（LF:0.04-0.15Hz，HF:0.15-0.4Hz，LF/HF比值），每5秒更新一次。

c) 负荷预警：当心率超过 $(220-\text{年龄}) \times 85\%$ 时，发出语音预警。同时监测LF/HF比值 $>2.0$ （提示交感神经过度兴奋）时建议休息。

d) 能量消耗估计：采用卡尔曼滤波融合心率、运动强度（加速度计等效）、体重、年龄，输出METs（代谢当量）和累计卡路里，误差 $\leq 15\%$ 。

### 6.4 个性化运动推荐功能

系统应基于评估结果自动生成个性化运动处方。功能要求如下：

a) 特征采集：模型应能采集并利用多维特征，包括但不限于：基础特征（年龄、性别、BMI）、体质测试特征（各项目标准分）、动态特征（进步趋势、历史完成度）、短板特征（与常模对比识别出的薄弱维度）。

b) 靶点定位与映射：系统应内置中国儿童青少年体质健康常模，自动将个体测试数据标准化（Z-score），精准识别其在力量、耐力、柔韧、速度、协调等维度上的体质短板（即干预靶点）。推荐模块应能清晰建立干预靶点与推荐训练项目之间的映射关系，确保方案能够有的放矢地赋能体质提升。

c) 方案生成：基于靶点映射结果，生成包含训练项目、组数/次数、难度等级、预计时长、安全注意事项、预期改善指标的运动方案。

d) 通用性要求：为保障标准的通用性，本文件不规定具体的推荐模型架构或训练算法。但生成的方案应具备决策可解释性，能将训练项目与待改善的体质靶点关联。

### 6.5 数据可视化与报告功能

系统应提供以下数据展示和报告能力：

a) 实时看板：班级/个人当前测试成绩、排名、完成进度；

b) 历史趋势：单项成绩变化曲线、体质综合指数变化；

c) 班级/年级对比：平均值、优秀率、合格率对比；

d) 报告导出：支持PDF、Excel格式导出，包含图表和文字解读。

### 6.6 用户管理功能

系统应支持：

a) 学生、班级、年级信息的批量导入/导出；

b) 多角色权限（学生、教师、管理员）分级管理；

c) 测试成绩的自动归档和历史查询。

## 7 性能要求

### 7.1 动作识别准确率

系统对表1所列项目的识别准确率应符合表2的要求。

表2 动作识别准确率要求

指标类型	要求	算法依据
计数准确率（跳绳、仰卧起坐等）	$\geq 98\%$	峰值检测+周期一致性校验
距离/长度测量误差（立定跳远、坐位体前屈）	$\leq \pm 2 \text{ cm}$	脚后跟关键点地平面投影
时间测量误差（跑步、平衡木）	$\leq \pm 0.2 \text{ s}$	HMM动作分割+帧率插值
动作姿态合格判定准确率	$\geq 90\%$	关节角度余弦相似度（阈值0.85）
关键点检测平均精度（PCKh@0.2）	$\geq 85\%$	BlazePose+HRNet融合

### 7.2 响应时间要求

指标	要求
动作识别单帧处理延迟	$\leq 50 \text{ ms}$
从动作完成到成绩显示	$\leq 1 \text{ s}$
实时纠错反馈延迟	$\leq 2 \text{ s}$
并发测试时系统响应（50人同时）	无明显卡顿

### 7.3 多模态数据融合能力

系统应支持以下多模态数据融合：

- a) 至少支持两种数据源（如视频+心率、视频+语音）；
- b) 多源数据时间同步误差  $\leq 20$  ms；
- c) 融合后决策准确率不低于单模态最优准确率。

指标	要求	统计方法
推荐方案采纳率（Top-1）	$\geq 75\%$	用户主动选择比例 / 总推荐次数
训练完成度提升率	$\geq 20\%$	与无推荐历史基线对比（同群体）
体质成绩改善相关性（Pearson r）	$\geq 0.6$	推荐方案与复测成绩变化的相关性
在线学习收敛速度	$\leq 5$ 次训练	FTRL损失降至稳定值的95%
知识图谱推理时间	$\leq 100$ ms	单次推荐端到端延迟

### 7.4 系统稳定性

- a) 连续运行时间：系统应支持连续8小时不间断运行，无崩溃或显著性能下降；
- b) 故障恢复：异常断电或网络中断后，系统应能在3分钟内自动恢复，数据不丢失；
- c) 并发支持：单台设备应支持至少5人同时测试（如5人跳绳），识别无串扰。

### 7.5 环境适应性

- a) 工作温度： $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 工作湿度：20%~90% RH，无凝结；
- c) 光照条件：在200 lx~5000 lx光照范围内可正常工作（户外阳光下可识别）；
- d) 防尘防水：摄像头及户外终端应达到IP54防护等级。

## 8 数据接口与平台对接要求

### 8.1 数据格式

系统应提供标准化的数据导出接口，支持JSON、CSV、XML格式。数据字段应至少包含：

- a) 学生标识（学号/姓名/班级）
- b) 测试项目及成绩
- c) 测试时间戳
- d) 动作质量评分（可选）
- e) 推荐运动处方内容：训练项目列表、每组次数/时长、难度等级、预期时长、安全提示

f) 训练完成记录：实际完成度（%）、动作规范度评分（0-1）、心率曲线摘要、卡路里消耗

## 8.2 传输协议

数据传输应采用HTTPS或MQTT over TLS加密协议。

## 8.3 平台对接

系统应支持与以下平台的对接：

- a) 学校统一数据平台（如教务系统、一卡通系统）；
- b) 国家学生体质健康标准数据管理系统；
- c) 区域教育信息化平台。
- c) 对接方式包括：RESTful API、消息队列、文件导入导出。

## 9 安全要求

### 9.1 数据安全与隐私保护

- a) 系统应符合GB/T 35273-2020的规定；
- b) 学生个人信息（姓名、学号、照片、成绩）应加密存储；
- c) 未经监护人同意，不得向第三方提供学生个人信息；
- d) 视频数据应在本地处理，不得上传云端（模型训练所需的脱敏数据除外）。

### 9.2 网络安全

- a) 系统应符合GB/T 22239-2019第二级及以上安全要求；
- b) 应具备访问控制、日志审计、防攻击等基本安全能力。

### 9.3 设备安全

硬件设备应符合GB 4943.1-2022的相关规定，确保电气安全、机械安全和辐射安全。

### 9.4 运动干预安全

为避免运动损伤，在运动干预过程中系统应具备以下硬性安全保障机制：

- a) 运动前筛查：首次使用应通过基础指标或问卷评估运动风险，高风险个体须给出限制性运动建议或禁止某些项目。
- b) 实时监测与强制预警：必须实时监测心率，当心率超过 $(220-\text{年龄}) \times 85\%$ 时，系统应强制触发语音告警并提示休息；当心率变异指标显示交感神经过度兴奋时，应给出停止运动的建议。
- c) 运动处方强度硬性限制：系统生成的个性化运动处方，其推荐的运动强度、时长、频率及总负荷量，必须严格符合GB/T 34285-2017等现行国家标准中针对儿童青少年的运动安全指南。
- d) 动作风险提示：对跳跃、负重等高风险动作，训练前应进行安全要点语音或视频提示。

## 10 测试与验证方法

### 10.1 测试环境

测试应在符合第7.5条环境要求的场地进行，使用标准测试道具和不少于30名不同身高体重的儿童作为测试样本。

## 10.2 功能测试

按照第6章的要求，逐项验证各功能模块是否正常运行，输出结果是否符合预期。

## 10.3 准确率测试

选取至少3个核心项目（如跳绳、立定跳远、仰卧起坐），分别进行不少于100次测试，以人工标注为基准，计算识别准确率、测量误差。

## 10.4 响应时间测试

使用高精度计时设备，测量从动作完成到系统反馈的时间间隔，重复测试不少于50次，取平均值。

## 10.5 并发测试

模拟5人同时进行同一项目测试（如跳绳），检查系统是否存在串扰、漏检、成绩错位等问题。

## 10.6 稳定性测试

连续运行系统8小时，期间执行正常测试操作，记录系统是否出现崩溃、卡顿、数据丢失等异常。

## 10.7 安全测试

委托第三方权威机构，按照第9章要求进行数据安全、网络安全和个人信息保护合规性测试。

## 附录 A（核心测试项目说明）

将附录A的标题和内容进行替换，使其与表1一致，并补充各项目的详细技术参数（参考产品手册中的性能参数）。

### A.1 幼儿版测试项目（3~6岁）

#### A.1.1 身高/体重

识别要求：自动测量身高（50cm~210cm）和体重（0~150kg），精度身高 $\pm 0.2\%$ 、体重 $\pm 0.2\%$ 。

输出指标：身高（cm）、体重（kg）、BMI。

测试效率： $\geq 120$ 人次/小时（单台）。

#### A.1.2 握力

识别要求：区分左右手，测量最大握力值。

输出指标：握力（kg）。

#### A.1.3 立定跳远

识别要求：从起跳线到最近落地点垂直距离；检测踩线、垫步犯规。

输出指标：跳跃距离（cm），量程0~320cm，精度 $\pm 1$ cm。

测试效率： $\geq 120$ 人次/小时。

#### A.1.4 走平衡木

识别要求：通过平衡木的时间；检测中途掉落（脚触地）。

输出指标：通过时间（s），精度 $\pm 0.1$ s。

#### A.1.5 坐位体前屈

识别要求：手指推动游标的最大距离；检测膝关节弯曲。

输出指标：推动距离（cm），量程-20cm~+35cm，精度 $\pm 0.5$ cm。

#### A.1.6 双脚连续跳

识别要求：连续跳过10个方包（间距可调）；检测跳跃连贯性、落地稳定性。

输出指标：完成时间（s）、中断次数。

#### A.1.7 15米绕障碍跑

识别要求：绕过7个锥桶（间距1.5m）；检测触碰障碍物。

输出指标：完成时间（s）、触碰次数。

## A.2 中小学版测试项目（7~16岁）

### A.2.1 身高/体重（同幼儿版）

### A.2.2 肺活量

识别要求：一次性吹气最大通气量；检测漏气、二次吸气。

输出指标：肺活量（ml），量程0~9999ml，精度 $\pm 2\%$ 。

测试效率： $\geq 150$ 人次/小时（单台2人同时）。

### A.2.3 立定跳远（同幼儿版）

### A.2.4 跳绳

识别要求：计数准确；区分双脚跳、单脚交换跳；检测绊脚、断绳。

输出指标：1分钟次数、中断次数。

测试效率： $\geq 300$ 人次/小时（单台5人同时），计数精度 $\pm 2\%$ 。

### A.2.5 仰卧起坐

识别要求：背部触及垫面、肘部触及膝盖；检测借力（臀部抬起、手部拉头）。

输出指标：1分钟次数、有效次数。

测试效率： $\geq 300$ 人次/小时（单台5人同时），计数精度 $\pm 2\%$ 。

### A.2.6 坐位体前屈（同幼儿版，量程扩展至-20cm~+40cm）

### 参 考 文 献

- [1] 国家学生体质健康标准（2014年修订）
  - [2] 《教育信息化2.0行动计划》（教技〔2018〕6号）
  - [3] 《“健康中国2030”规划纲要》
  - [4] 《体育强国建设纲要》（国办发〔2019〕40号）
  - [5] 《中华人民共和国体育法》（2022年修订）
  - [6] ISO/IEC JTC 1/SC 42 Artificial intelligence series
  - [7] ASTM F3100-19 Standard Guide for Smart Venues
-