

团体标准

T/JYBZ XXX—202X

义务教育阶段开源硬件技术规范

Technical specifications for open source hardware in compulsory education
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国教育装备行业协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总体架构 2

5 硬件要求 3

5.1 教学用主控板和扩展板 3

5.2 传感器 5

5.3 执行器 6

5.4 通信模块 7

5.5 人工智能模块 8

6 软件生态与资源要求 9

6.1 编程软件功能要求 9

6.2 编程软件运行环境要求 12

6.3 教学资源平台 12

7 安全与环保 13

7.1 概述 13

7.2 电气安全 13

7.3 电池安全 14

7.4 结构与机械安全 14

7.5 静电防护 14

7.6 信息与数据安全 14

7.7 环保要求 15

8 试验方法 15

8.1 试验条件 15

8.2 硬件试验 15

8.3 软件与资源试验 16

8.4 安全试验 16

9 检验规则 17

9.1 检验分类 17

9.2 检验项目 17

9.3 定型检验程序 18

9.4 出厂检验程序 18

9.5 周期检验程序 19

10 标志、说明书、包装、运输与贮存 19

10.1 产品标志 19

10.2 使用说明书..... 19

10.3 包装..... 20

10.4 运输..... 20

10.5 贮存..... 20



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。

本文件由上海市教育委员会教育技术装备中心提出。

本文件由中国教育装备行业协会归口。

本文件起草单位：上海市教育委员会教育技术装备中心、上海交通大学、上海市普陀区教师教育学院、上海市黄浦区教师教育学院、华东师范大学、上海师范大学、北京师范大学、温州市教育技术中心、上海智位机器人股份有限公司、深圳盛思科教文化有限公司、北京布局未来科技发展有限公司、上海市浦东教育发展研究院、上海市金鼎中学、上海市曹杨第二中学附属学校、上海市普陀区朝春中心小学、上海市宝山区南大实验学校、上海市嘉定区古猗小学。（拟）

本文件主要起草人：曹晓清、徐晓君、田昊轩、江丰光、周赟、王世达、徐嫣琼、余静、徐州、缪志强、杨亦霏、季隽、叶博文、刘文婷、邵振磊、林喜煌、石慧、李冬、李宏亮、刁钰曦、王莉莉、庄天纬。（拟）

本文件为首次发布。



义务教育阶段开源硬件技术规范

1 范围

本文件规定了义务教育阶段教学用开源硬件的总体架构、硬件要求、软件生态与资源要求、安全与环保要求，描述了相应的试验方法，并规定了检验规则及标志、说明书、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于义务教育阶段信息科技、科学、劳动、综合实践活动等课程教学以及课后服务、社团活动、科技竞赛中使用的开源硬件产品的设计、生产、检验和选型采购，包括：

- 主控板及扩展板；
- 传感器模块；
- 执行器模块；
- 通信模块；
- 人工智能模块；
- 配套的编程软件及教学资源平台。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.7 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ec：粗率操作造成的冲击（主要用于设备型样品）

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

GB/T 5465.2 电气设备用图形符号 第2部分：图形符号

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB 21746 教学仪器设备安全要求 总则

GB 21748 教学仪器设备安全要求 仪器和零部件的基本要求

GB/T 25000.23 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE） 第23部分：系统与软件产品质量测量

GB/T 26572—2011 电子电气产品中限用物质的限量要求

GB 31241 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范

GB/T 42728 锂离子电池组安全设计指南

GB/T 42729 锂离子电池和电池组安全使用指南

JY 0009 教学用电子仪器的环境要求和实验方法

JY 0010 教学用电子仪器的标志、说明书、包装、运输和贮存通用技术条件
SJ/T 11364 电子电气产品有害物质限制使用标识要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

开源硬件 open source hardware

依照开放许可协议公开发布原理图、印制电路板图、物料清单、固件源代码等设计文件，允许任何人学习、修改、分发、制造及销售其设计或基于该设计的硬件产品。

3.2

主控板 main control board

集成主控芯片、存储器、供电电路、基本输入输出接口及无线通信功能，可独立完成程序烧录与运行的电路板。

3.3

扩展板 expansion board

通过排针/排母或金手指等承插方式与主控板连接，为主控板扩展电机驱动、舵机驱动、音频播放、传感器接口等功能电路板。

3.4

传感器模块 sensor module

将温度、湿度、光照、声音、距离、姿态等物理量转换为可供主控板读取的电信号，经模块化封装并具备标准化接口的功能部件。

3.5

执行器模块 actuator module

接收主控板输出的控制信号并将其转换为光、声、位移、转动等输出动作，经模块化封装并具备标准化接口的功能部件。

3.6

图形化编程 block-based programming

以具有特定形状和颜色的图形积木块代替文本代码，通过拖拽、拼接积木块构建程序逻辑的编程方式。

3.7

教学资源平台 teaching resource platform

为开源硬件教学提供课程资源、项目案例以及课程管理与学情分析功能的软件系统。

4 总体架构

义务教育阶段开源硬件（以下简称开源硬件）总体架构由硬件层、软件生态与资源、安全与环保保障体系及标准规范体系构成，见图1。

硬件层包括教学用主控板、扩展板、传感器模块、执行器模块、通信模块及人工智能模块；软件生态与资源包括编程软件功能、运行环境及教学资源平台；安全与环保保障体系及标准规范体系贯穿硬件与软件的设计、生产、检验和教学应用全过程。



图1 义务教育阶段开源硬件总体架构

5 硬件要求

5.1 教学用主控板和扩展板

5.1.1 主控板

5.1.1.1 芯片与核心性能要求

为保障义务教育阶段图形化编程教学的流畅性及耐用性，主控芯片应满足以下基准要求：

- a) 主频：宜为240 MHz双核；
- b) SRAM 存储器：≥512 kB，支持外挂PSRAM；
- c) Flash：外置2 MB~128 MB，建议≥16 MB；
- d) 支持语言：C/C++、MicroPython；
- e) 编程环境：支持图形化及代码编程；
- f) 输出信号：UART/I²C/PWM/ADC/LCD/Camera全支持；
- g) 无线通信：2.4G Wi-Fi+BLE 5.0。

5.1.1.2 物理接口与电气接口要求

物理接口与电气接口要求如下：

- a) 物理接口：使用Micro-USB或Type-C接口，预留并标识VIN/BAT+和GND电源输入端，方便外接直流电源。I/O接口选用标准2.54 mm间距排针排母或PH 2.0间距连接器，接口寿命≥5 000次；
- b) 数字信号电压：兼容3.5V/5V逻辑电平；

c) 防反接要求：GND采用黑色标识，VCC采用红色标识，信号采用其他醒目色；

d) 扩展接口防呆：扩展接口应设计物理防反插结构（如PH 2.0接口凹槽防呆）；如接口本身无法实现物理防呆，应在板面以醒目红色丝印或图形明确标注「严禁反接」字样与正负极方向；

e) 板载功能：带消抖的复位按键、用户可编程按键，按键寿命 ≥ 2 万次，电源指示灯 $\times 1$ ，用户可编程LED ≥ 2 ，建议板载可编程全彩屏幕；

f) 外观和结构：四角采用圆角处理，避免学生使用过程中划伤；板边倒角处理，丝印标识清晰耐磨；PCB厚度 ≥ 1.5 mm。

5.1.1.3 引脚定义、数量与标注要求

引脚定义、数量与标注要求如下：

a) 引脚形式：排针/排母或金手指均可，须保证与杜邦线、XH 2.54、PH 2.0可靠插接；

b) 引脚能力数量下限：数字输入/输出引脚17路（含内置资源占用引脚）；PWM输出引脚2路；模拟输入引脚4路；通信接口引脚1路I²C；

c) 引脚标注：板载接口与引脚均应在PCB丝印层标注功能名称（如Type-C、BAT、I²C、P0、GND等），标识须靠近对应位置。

5.1.1.4 文档与开源完整性要求

主控板宜提供以下文档以保证开源完整性：

a) 开源原理图：公开PDF版或源文件；

b) 系统框架图：包含系统网络连接关系；

c) 底层源代码（HAL层）：提供引脚驱动、时钟配置等核心代码；

d) 固件编译工具链：明确指出编译环境及烧录方式；

e) 中文使用文档：包含引脚功能表、电源说明、烧录步骤、常见问题排查等指南性内容；

f) PCB图：公开PDF版或源文件。

5.1.2 扩展板

5.1.2.1 扩展接口连接与机械要求

扩展接口连接与机械要求如下：

a) 连接简易度与稳固性：扩展板与主控板应通过排针/排母或金手指承插式连接，严禁仅依靠USB线悬空吊挂，插拔力适中；

b) 接口兼容性：扩展板引脚排序应与5.1.1规定的主控板接口定义兼容（通过金手指或排针对齐）；

c) 结构要求：扩展板堆叠后，应有机械支撑点或外壳固定。

5.1.2.2 扩展功能要求

扩展功能要求如下：

a) 扩展功能：含供电、数字输入/输出、PWM输出、模拟输入、通信接口等；

b) I/O扩展能力：扩展I/O口 ≥ 4 个；I²C接口 ≥ 2 个。

5.1.2.3 扩展板标注信息

扩展板标注信息如下：

- a) 接口丝印：每个扩展接口旁标注正极（V 或 +）、负极（G 或 -）、信号引脚号（如 P8、P13）；总线接口（I²C）标注SCL、SDA；串口标注TX、RX；丝印应清晰耐磨；
- b) 极性与方向：接口应设计物理防反插，若物理防反插无法实现，应有明确标识。

5.2 传感器

5.2.1 传感器类型与参数

本文件涉及的传感器应与义务教育阶段各课程教学内容和需求相关，或在《中小学实验教学基本目录》中出现。

传感器模块应采用统一接口标准（如 PH 2.0 系列3P/4P 接口），需与5.1教学用主控板中接口标注一致，3.3V/5V双电平兼容，工作电流≤100 mA，工作温度-10℃~60℃，板载防反插接口，每种传感器需配套提供中文使用说明与图形化编程积木封装。

义务教育阶段开源硬件项目涉及的传感器类型、推荐参数等见表1。

表 1 传感器类型、推荐参数与对应课标

序号	名称	传感器功能和规格	对应课标和实验目录
1	温湿度传感器	支持同时测量空气温度与相对湿度，满足智能家居、生物培养等探究实验需求； 支持单总线数字接口； 3.3V/5V 兼容； 温度量程覆盖 0~50℃、精度 ±2℃； 湿度量程覆盖 20~90%RH、精度 ±5%RH	课标「过程与控制」模块 课标「物联网实践与探索」模块
2	光强/光照传感器	支持测量环境可见光照强度，满足光照探究、植物光合作用实验等需求； 支持模拟或I ² C接口； 3.3V/5V 兼容； 量程覆盖 0~6 000 Lux（模拟输出）或 0~120 000 Lux（数字I ² C宽量程）	课标「过程与控制」模块 课标「物联网实践与探索」模块
3	土壤湿度传感器	支持测量土壤含水量，满足植物培育、智慧农场等探究需求； 支持模拟或数字接口； 3.3V/5V 兼容； 量程覆盖 0~100% 湿度； 检测部分防水，宜防腐蚀	课标「过程与控制」模块 课标「物联网实践与探索」模块
4	称重传感器	支持测量物体重量或压力，满足科学探究、物体重力实验等需求； 量程覆盖1g~1kg	课标「过程与控制」模块
5	超声波距离传感器	支持非接触测量物体距离，满足小车避障、距离感知等需求； 支持模拟或数字接口； 3.3V/5V 兼容； 量程覆盖 2~200 cm，分辨率 1 cm	课标「过程与控制」模块 课标「物联网实践与探索」模块
6	人体红外传感器	支持感应人体，满足人体运动、安防、入侵检测等需求； 支持数字接口； 3.3V/5V 兼容； 感应距离覆盖 0~7 m	课标「过程与控制」模块
7	声音传感器	支持声音采集，通过声音强度转换为电信号供主控板采集； 支持模拟接口； 量程覆盖课堂及环境噪声监测范围	课标「过程与控制」模块 课标「物联网实践与探索」模块
8	电导/接触开关	支持检测电路通断或物理接触状态，满足开关控制、按键模拟等需求；	课标「过程与控制」模块

序号	名称	传感器功能和规格	对应课标和实验目录
		支持数字输出接口； 3.3V/5V兼容； 金属触点或导电探针	
9	加速度/姿态传感器	支持测量物体三轴加速度或姿态，满足运动检测、倾角测量等需求； 支持I ² C或SPI接口； 3.3V/5V兼容； 量程±2g/±4g/±8g/±16g可选	课标「物联网实践与探索」模块
10	分贝仪	将声音强度转换为电信号供主控板采集，量程覆盖课堂及环境噪声监测范围； 支持模拟接口； 可直接输出物理量； 量程 30~130 dBA，精度 ±1.5 dB	跨学科主题：小型扩音系统
11	防水温度传感器	支持测量水和土壤的温度； 支持单总线数字接口； 3.3V/5V 兼容； 温度量程宜覆盖 -10~+85 ℃，精度 ±0.5 ℃	跨学科主题：小型开关系统
12	空气质量传感器	支持检测VOC、eCO ₂ 、AQI等空气质量指数，满足教室空气监测、智能家居等需求； 支持I ² C接口； 输出TVOC、eCO ₂ 、AQI指数	跨学科主题：人工智能预测出行
13	PM2.5 颗粒物传感器	支持检测空气中细颗粒物浓度，满足大气环境监测等需求； 支持串口或I ² C接口； 3.3V/5V 兼容； 量程 0~1 000 μg/m ³	跨学科主题：人工智能预测出行
14	气象站	支持测量风速、风向、温度、湿度、气压五项气象要素，满足校园气象站、智慧农业、环境监测等场景需求； 支持I ² C/UART通信接口； 风速 0.5~12 m/s； 风向八方位； 温度-20~60℃，精度±0.2℃； 湿度0~99%RH，精度±2 %RH； 气压300~1100 hPa，相对精度±1 Pa； U盘空间16 M	跨学科主题：在线气象站
15	按钮传感器	支持检测开关的按下与松开，利用按压按钮使开关闭合和断开； 支持数字接口； 3.3V/5V兼容	常用
16	旋钮传感器	支持通过调节旋钮角度控制模拟信号输入的大小，从而控制其他部件运行； 支持模拟接口； 3.3V/5V兼容	常用

5.3 执行器

义务教育阶段开源硬件项目涉及的执行器类型、推荐参数见表2。

表2 执行器类型、功能规格与对应课标

序号	名称	执行器功能和规格	对应课标和实验目录
1	LED 灯模块	支持控制单色LED灯的开/关与亮度变化； 支持红/黄/绿等基本色； 支持数字或PWM接口； 3.3V/5V 兼容；	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块

序号	名称	执行器功能和规格	对应课标和实验目录
		板载限流电阻保护	
2	全彩 LED 灯模块	支持256级灰度与全真色彩显示，支持单总线控制与多灯级联，满足氛围灯、显示屏等教学需求； 支持PWM或单总线接口； 3.3V/5V 兼容	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块
3	舵机模块	支持控制旋转角度0~180°，满足课堂机械传动需求； 分度 1°； 工作扭矩宜 $\geq 1.6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ ； 支持PWM控制接口； 3.3V/5V 兼容	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块
4	电机模块	支持控制直流电机正反转与调速，满足小车驱动、机械传动等需求； 工作电压 3~7.5 V； 支持PWM控制接口； 3.3V/5V 兼容	课标「过程与控制」模块
5	蜂鸣器模块	支持通过高/低电平触发蜂鸣发声，满足报警器、提示音等需求； 支持数字接口； 3.3V/5V 兼容	课标「过程与控制」模块
6	继电器模块	支持通过低压信号控制高压电路通断； 触点容量 $\geq 2\text{A}/12\text{V}$ ； 支持 3.3V/5V 控制信号	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块
7	风扇模块	支持驱动小型风扇满足散热、空气流动模拟等需求； 支持PWM调速控制； 3.3V/5V 兼容； 工作温度宜为 -20~85 ℃； 要求配置软质风扇叶	课标「过程与控制」模块
8	水泵模块	支持驱动小型水泵满足自动浇花、液体输送模拟等需求； 支持5V或12V直流供电； 扬程宜为 25~45 cm	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块
9	智能小车	作为教学载体的可编程移动平台，集底盘、轮胎、电机、避障传感器等； 支持编程控制与功能扩展	课标「过程与控制」「物联网实践与探索」模块
10	MP3 播放模块	支持播放存储的音频文件； 支持UART通信与TF卡扩展； 板载存储容量宜 $\geq 128 \text{ MB}$ ，满足语音播放、音乐播放等需求	跨学科主题：小型扩音系统

5.4 通信模块

5.4.1 通用要求

采用模块化设计，引脚标准清晰，接口需采用统一标准（如PH 2.0系列接口），支持免焊排针，连接具备防反插、防短路保护电路，保障教学安全。

模块需板载直观的状态指示灯（如电源指示与通信状态），便于学生直观理解通信过程并排查故障。

兼容义务教育阶段主流开源硬件核心板，支持图形化编程软件直接调用控制模块。

提供简明调试指南，包含连接步骤、测试代码、常见通信故障解决方案。

5.4.2 近距离通信模块

5.4.2.1 蓝牙通信模块

采用蓝牙4.0及以上版本，通信距离不小于20 m，支持GATT/SPP等常用蓝牙协议，默认波特率115200 bps；

适配手机、平板等移动设备连接，支持图形化编程模块，可实现设备与设备、设备与终端间的简单数据传输；

支持配对密码简化设置，降低学生的操作难度。

5.4.2.2 NFC 通信模块

工作在13.56 MHz频段，通信距离不小于30 mm，支持多点通信，最高速率不低于106 kbps。

5.4.2.3 Wi-Fi 通信模块

支持 IEEE 802.11 b/g/n 协议（2.4 GHz），通信距离不小于30 m，支持家庭/校园Wi-Fi网络，平台与数据传输需符合国家关于未成年人信息保护的规范；

同时支持STA（终端）和AP（热点）模式；

在校园网络受限或需Web认证时，可通过AP模式实现局域网内的数据交互；

支持图形化编程，适配物联网基础应用，提供简化版云平台接入指南。

5.5 人工智能模块

人工智能模块应至少包括视觉感知、语音识别、语音合成三类，宜采用模块化设计，可与主控板分离以降低耦合。具体应满足以下通用要求：

a) 功能完整性：三类模块应覆盖义务教育阶段信息科技课程中“人工智能与智慧社会”模块所需的典型AI能力（视觉理解、语音交互），支持图形化编程软件直接调用；

b) 端侧与离线：基础AI功能宜支持端侧推理或校园内网部署，不应依赖境外在线云服务；

c) 电气与接口：模块工作电压宜支持3.3V/5V双电平兼容，应提供统一标准接口（如I²C/UART/USB等），便于与主控板对接；

d) 安全与本地化：板载电源应具备防反接、过流自恢复保护等基本电路保护能力；应提供完整中文使用说明与图形化编程积木示例；

e) 教学适配：典型AI算力应能满足教学场景的多任务并发需求；模块功耗应适配课堂教学主控的供电能力。具体功能要求见 5.5.1、5.5.2、5.5.3。

5.5.1 视觉感知模块

视觉感知模块按功能方向应满足以下要求：

a) 算法能力：至少支持人脸检测与识别、物体识别（内置不少于80类）、颜色识别、巡线追踪、标签识别（AprilTag等）、二维码/条形码识别、物体分类（不少于1 000类）；推荐支持人体17点及手掌21点关键点检测、手势识别、姿态识别、跌倒检测、注视方向检测、人脸朝向检测（俯仰/偏航/滚转角）、深度检测、OCR中英文字符识别、实例分割（不少于80类轮廓标记）、纯视觉自动驾驶（输出转向与油门控制指令）；

b) 算力与模型：AI算力不低于6 TOPS，内置基础模型；支持端侧自学习分类（无需电脑，设备端采集与实时识别）；支持用户自定义训练模型部署，涵盖目标检测、物体分类、实例分割等算法流；宜提供模型评分测试评估功能，引导掌握模型优化方法；

c) 运行方式：模块应可端侧独立运行，无需依赖云端在线服务即可完成上述视觉任务；支持USB及Wi-Fi 6无线实时图传；内置MCP服务，支持与大语言模型对接，赋予大模型物理世界感知能力；支

持教师自定义模型列表简化操作界面，满足分层教学需求；宜内置照相机、录像机、相册功能，支持多角度素材采集与本地化回看；

d) 功耗与交互：模块功耗不宜大于3 W；宜集成不小于2.4寸IPS全贴合电容触摸屏（分辨率不低于640×480），支持触控操作与本地结果展示；板载按键、麦克风、扬声器、RGB 灯、补光灯等交互与指示部件。

5.5.2 语音识别模块

语音识别模块按功能方向应满足以下要求：

- a) 离线识别：模块应支持离线语音命令词识别，端侧完成识别，满足课堂实时交互需求；
- b) 命令词能力：宜内置不少于100条固定命令词（覆盖动作、家居、控制等教学场景）；支持自主学习命令词功能，可通过语音学习口哨、响指等任意音频作为自定义命令词；
- c) 收音能力：宜支持双麦克风收音，提升抗噪声能力与识别距离，适配课堂多人同时说话的声学环境；
- d) 功耗与指示：最大工作电流不宜大于400 mA；板载电源指示灯与识别状态指示灯。

5.5.3 语音合成模块

语音合成模块按功能方向应满足以下要求：

- a) 语音合成：应支持中文普通话TTS，输出音量可调，满足课堂语音播报与教学反馈需求；宜同时支持英文及中英文混合合成；
- b) 文本控制：宜支持音量、语速、音调、英文发音方式等文本控制标识，便于灵活调节播报效果；
- c) 功耗与温度：工作电流不宜大于200 mA；工作温度范围宜覆盖-40~85 ℃，适应教室与户外教学环境；
- d) 音频输出：宜自带扬声器；宜提供音频输出接口，可外接D类功放与外置扬声器扩展。

6 软件生态与资源要求

6.1 编程软件功能要求

6.1.1 图形化编程功能

针对小学及初中低年级学生，依据《义务教育信息科技课程标准（2022年版）》中关于身边的算法、过程与控制、物联网实践与探索、人工智能与智慧社会的要求，图形化编程环境应以国内中小学常用平台为主要参照，通过“积木块”方式降低语法错误带来的挫败感，让学生专注于逻辑构建、硬件控制和数据采集过程，其图形化编程功能要求见表3。

表 3 图形化编程功能要求

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
1	底层平台与框架	建议以Mind+、mPython、Mixly等国内开源硬件教学平台的图形化积木组织方式为主要参照； 支持传感器、执行器、显示模块、物联网通信和人工智能功能的模块化封装； 基础编程、烧录和调试功能应支持本地化部署，不应依赖境外在线服务才能完成课堂教学； 平台应支持图形化积木编辑、代码编程视图切换、本地库管理与离线示例工程加载

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
2	双向转译	支持图形化积木与代码之间的实时对照与转换； 代码侧宜支持Python、MicroPython或C/C++等教学常用语言接口，便于学生由图形化编程逐步过渡到代码编程
3	中文本地化	编程积木的标签、提示信息、帮助文档及报错内容提供完整中文支持； 术语应符合《义务教育信息科技课程标准（2022年版）》及中国中小学信息科技教材中的通用表述，如“循环”“变量”“条件判断”等
4	自定义扩展	应允许用户导入或开发第三方硬件扩展包； 以积木形式加载外部传感器驱动、执行器控制、物联网通信和人工智能功能模块； 扩展包应提供中文说明、示例程序和离线安装方式，便于学校在内网环境下统一部署

6.1.2 代码编程功能

针对小学高年级、初中阶段，软件环境应支持学生使用程序设计语言实现算法，并能与国产开源硬件主控板、传感器模块和物联网平台形成完整工程链路。代码编程功能应面向真实硬件控制、数据处理和项目调试，而不仅限于屏幕端模拟，其要求见表4。

表4 代码编程功能要求

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
1	语言支持	应支持Python、MicroPython等教学常用语言，宜兼容C/C++硬件控制接口以适配常见开源硬件； 固件与运行环境宜优先采用国内硬件厂商已适配的MicroPython固件或OpenHarmony轻量系统等本地化方案
2	代码编辑器特性	代码编辑器应具备语法高亮、代码自动补全、智能缩进、错误定位和示例程序调用功能； 编辑器宜与Mind+、mPython、Mixly等国内教学平台的工程文件格式或导出流程保持兼容
3	串口调试终端	内置串口监视器与数据绘图工具，能够实时打印温湿度、光照、声音、距离、姿态、定位等传感器数据，并支持表格化记录、曲线绘制和数据导出，服务数字化探究实验的数据采集与分析
4	库文件管理	提供便捷的库管理工具，允许一键安装常用硬件驱动库、物联网通信库和基础算法库。库文件来源宜支持国内镜像、Gitee等国内代码托管平台或学校本地资源库，以保证课堂环境下的访问稳定性

6.1.3 物联网接入功能

针对初中阶段，依据《义务教育信息科技课程标准（2022年版）》中“物联网实践与探索”内容模块的要求，物联网接入功能应支撑学生完整经历设备接入、数据采集与上报、远程控制和简单规则联动的过程，理解万物互联的基本原理。

表5 物联网接入功能要求

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
1	平台对接	软件平台应能对接阿里云IoT、腾讯云IoT、华为云IoT、中国移动OneNET等国内物联网平台，支持设备接入、数据上报、远程控制、规则触发和可视化看板等基础功能； 宜同时支持SIoT等可在校园内网部署的轻量级物联网服务器，满足无外网环境下的课堂教学需求
2	通信协议	应支持MQTT协议，宜支持HTTP/HTTPS、TCP/UDP等常用协议； 协议细节应由软件封装，学生无需理解底层报文格式即可完成教学任务
3	图形化封装	物联网功能应以图形化积木形式封装，提供连接服务器、发布消息、订阅主题、接收消息等基础积木，学生通过配置服务器地址、账号密钥、主题（Topic）等少量参数即可完成接入； 积木标签、提示及报错信息应提供完整中文支持
4	本地化部署	物联网基础教学流程应可在校园局域网内完整完成，不应绑定境外云服务或境外云端接

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
		口； 应提供内网部署指南及离线示例工程
5	数据可视化	宜提供数据看板、实时曲线、历史数据查询与导出功能，支持将传感器数据以表格、折线图、柱状图、饼状图等形式呈现，服务数字化探究实验的数据采集与分析
6	数据安全	设备接入应支持账号/密钥认证，数据传输宜采用加密方式； 涉及学生个人信息的采集、传输与存储应符合国家关于未成年人网络保护的有关规定，未接入账号并授权的情况下，不采集学生数据上传云端
7	典型教学场景	应提供不少于10个完整的物联网教学示例工程（如智慧农场、教室环境监测、智能家居模拟、智慧停车场、数字气象站等），包含硬件清单、接线图、示例程序和教学指导

6.1.4 人工智能功能

依据《义务教育信息科技课程标准（2022年版）》中“人工智能与智慧社会”内容模块及教育部《中小学人工智能通识教育指南（2025年版）》的要求，人工智能功能应让学生在真实软硬件环境中体验、理解和初步应用人工智能技术，并形成正确的人工智能伦理与安全意识，其功能要求见表6。

表 6 人工智能功能要求

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
1	AI平台对接	软件平台应能对接讯飞、百度等AI平台，实现图像识别、人脸识别、翻译、朗读、文字识别、车牌识别等功能
2	AI基础算法功能	宜支持KNN、贝叶斯、决策树、神经网络等至少10项传统算法运行
3	AI功能硬件部署	应支持语音识别、语音合成、图像分类、物体检测等基础人工智能功能中的至少10项； 宜支持人脸检测、关键点识别、颜色/形状/二维码识别、文字识别（OCR）等机器视觉功能，并能与5.5规定的人工智能模块硬件（摄像头、麦克风等）配合实现
4	图像分类训练功能	训练可以识别整张图像所属类别（例如画面中是猫还是狗）的模型
5	目标检测训练功能	训练可以检测和定位图像中多个目标的位置和标签（例如画面中猫和狗的具体位置）的模型
6	实例分割训练功能	训练可以精确分割识别图像中的每个目标区域（例如人物抠图）的模型，需较高性能的设备
7	时序模式训练功能	训练能分析和识别时间序列数据规律（例如传感器随时间变化的数据）的模型
8	语音分类训练功能	训练能识别和分类不同音频数据（例如猫叫和狗叫）的模型
9	文本分类训练功能	训练使用自然语言处理技术进行文本分析分类（例如文字情绪识别）的模型
10	姿态分类训练功能	训练识别人体骨架关键点，实现姿态动作分类的模型
11	手势分类训练功能	训练识别手部关键点，实现手势分类的模型
12	端侧与离线优先	基础AI教学功能宜采用端侧（本地）推理或校园内网部署方式实现，不应将基础教学流程绑定境外在线AI服务； 需联网调用的AI能力宜优先采用国内人工智能开放平台，并提供离线降级方案
13	模型训练体验	宜提供可视化的机器学习模型训练功能（如小样本图像分类训练），支持学生完整经历“采集数据—标注—训练模型—测试—部署应用”的过程，直观理解机器学习的基本原理； 训练过程宜显示样本数量、准确率等关键信息
14	图形化封装	人工智能功能应以图形化积木形式封装，提供完整中文标签、示例程序和帮助文档； 推理类积木宜返回并显示置信度等信息，帮助学生理解人工智能输出的不确定性
15	大模型应用（可选）	若产品提供基于大语言模型的对话、代码辅助等功能，所接入的生成式人工智能服务应符合国家关于生成式人工智能服务管理的有关规定，完成相应备案，并具备面向未成年人的内容安全过滤机制
16	伦理与数据安全	涉及人脸、声纹等生物特征信息的功能应默认在本地处理，不应在未取得学校及监护人同意的情况下采集、上传或存储学生生物特征原始数据； 产品文档应包含数据隐私、算法偏见、技术合理使用等人工智能伦理教育提示，供教师在教学中使用
17	典型教学场景	应提供不少于20个完整的人工智能教学示例工程（如语音控制小车、垃圾分类识别、智能门禁模拟、人工智能预测出行等），包含硬件清单、示例程序、数据集（如适用）和教学指导

6.2 编程软件运行环境要求

6.2.1 电脑硬件要求

应满足义务教育阶段编程教学、开源硬件开发等需求，见表7。

表 7 编程软件电脑硬件要求

序号	类别	义务教育阶段推荐要求
1	处理器架构	采用X86架构或ARM架构或LoongArch架构处理器，鼓励优先采用国产自主可控处理器
2	交互与接口	配置实体键盘； USB 接口不少于2个（至少1个USB3.0）； 屏幕分辨率不低于1080P
3	存储与内存	内存不低于8GB；外存储器容量不低于512GB，宜采用固态硬盘或eMMC
4	软件兼容	兼容主流图形化编程环境（Mind+、Mixly 等）及Python编程环境，支持免驱接入主流开源硬件

6.2.2 操作系统兼容性

国产桌面系统适配：应兼容Windows、鸿蒙NEXT、统信UOS、银河麒麟OS 等主流操作系统，并提供对应安装包、免安装运行方案或浏览器端访问方案。

国产处理器适配：宜支持龙芯、飞腾、鲲鹏、海光、兆芯等国产处理器架构环境下的安装、运行、串口通信和硬件烧录。

6.2.3 Web 端与本地化部署支持

Web端应优先适配统信浏览器、360安全浏览器、QQ浏览器、奇安信可信浏览器等国内常见浏览器环境，并支持学校内网部署、离线缓存和统一账号管理。

涉及硬件烧录、串口通信和数据采集时，宜通过本地串口服务、驱动助手或离线烧录工具完成，不应将基础教学流程绑定在境外浏览器服务或境外云端接口上。

6.2.4 移动端支持

鼓励提供适配HarmonyOS/OpenHarmony终端、国产平板或国产移动设备的应用程序或Web页面，通过蓝牙、OTG线缆或局域网方式连接硬件，支持户外观测、移动采集和跨学科主题学习。

软件平台应能够对接阿里云IoT、腾讯云IoT、华为云IoT、中国移动OneNET 等国内物联网平台，支持设备接入、数据上报、远程控制、规则触发和可视化看板等基础功能。

6.2.5 软件知识产权

配套编程软件应具有合法的软件著作权，提供国家版权局颁发的《计算机软件著作权登记证书》，确保软件知识产权清晰、来源合法，避免义务教育阶段教学使用中产生知识产权纠纷。

6.3 教学资源平台

教学资源平台为开源硬件教学提供课程资源与项目分享资源。

6.3.1 课程资源平台

课程资源平台宜支持学生在线学习与教师课程资源下载，包括但不限于：

- a) 课程资源内容建议包含硬件讲解及案例、软件编程、人工智能、学科案例以及依据国家课程标准开发的系列课程等各类课程；
- b) 课程资源文件建议包含视频、PPT、教案、学习任务单、基础程序代码等；
- c) 课程形式建议按照真实课堂的模式：有情景导入、知识点讲解、重难点区分、课堂练习、课堂总结、课后作业、单元测试等。

6.3.2 项目分享平台

项目分享平台宜支持学生、教师、创客爱好者进行项目分享与交流，包括但不限于：

- a) 项目案例内容建议包含项目名称、适用学段、项目目标、硬件清单、软件环境、实施步骤、硬件搭建说明、源代码及程序编写说明等；
- b) 项目案例的设计文档、源代码、教学资源应遵循开放许可协议，支持教师在开源社区分享原创项目案例，建立社区评价和反馈机制。

7 安全与环保

7.1 概述

义务教育阶段开源硬件直接面向中小学生在课堂及课外开放环境中使用，其安全要求应覆盖电气安全、电池安全、结构与机械安全、静电防护、信息与数据安全及环保要求。硬件模块的通用安全要求应符合GB 21746、GB 21748、JY 0009和 GB/T 2423.7的规定。

7.2 电气安全

7.2.1 供电电压

在正常工作条件下，提供给使用者可触及部分的电压不应超过直流安全电压（DC 12V）。板卡应在本体或说明书中标注电源输入电压范围及正负极。

7.2.2 抗电强度

对于含有电源适配器的套件，适配器部分应符合GB 4943.1的相关规定，并具有相应的安全认证标志。

7.2.3 接口过压、过流保护

接口防护应满足以下要求：

- a) 接口防护每路GPIO应具备TVS静电保护；
- b) 供电端口应集成自恢复保险丝；
- c) DC输入端口应具备防反接设计；
- d) 若插反会导致短路的扩展接口，应设计物理防反插；若物理防反插无法实现，应在板面以醒目方式标注“严禁反接”。

7.2.4 电源管理

严禁大电流负载（如电机、舵机等）直接连接主控芯片I/O引脚；须采用独立驱动电路供电，并应具备过流保护措施。

7.3 电池安全

采用锂离子电池或电池组的产品，应满足以下要求：

- a) 电池和电池组应符合GB 31241的规定；
- b) 电池组应具备过充、过放、过流和短路保护，充电电路应与电池参数相匹配；
- c) 电池接口应具备防反接措施，电池应可靠固定，避免正常使用及可预见误操作造成松脱、挤压、导线破损或短路；
- d) 不得向学生提供无保护电路的裸电芯，不得将锂电池短路、过充、拆解、刺穿、加热或自行串并联作为学生实验内容；
- e) 产品说明书应明确电池的充电、使用、贮存、异常停止使用和回收处置要求；
- f) 产品整机的充电、供电及电气安全应符合GB 4943.1中适用的规定；电池组的安全设计和使用宜符合GB/T 42728、GB/T 42729的规定。

7.4 结构与机械安全

外壳防护：核心控制器外壳防护等级宜不低于GB/T 4208规定的IP30，不应对手部造成机械伤害；

表面与边缘：模块表面不应有明显凹痕、划伤、裂缝、变形，边缘应光滑无毛刺、无飞边；

带电件防护：应设置有效的结构防护，确保在正常使用或可预见的误操作下，内部电路及裸露带电件不可触及，避免机械损伤或电气短路风险；

热表面：正常工作时使用者可触及表面温升不应超过规定限值，存在热表面的部位应有警示标识。

7.5 静电防护

核心部件应具备抗静电能力，按GB/T 17626.2进行接触放电试验时应符合相应ESD敏感度等级要求，确保在教学环境中不会因人体静电导致逻辑紊乱或器件损毁。

7.6 信息与数据安全

7.6.1 数据隐私保护

涉及联网、数据采集与上报功能的产品，平台与数据传输应符合国家关于未成年人个人信息网络保护的有关规定，宜支持数据加密存储与加密传输（如AES、HTTPS）；

教学编程软件及教学资源平台所部署的服务器或云服务环境，应通过国家网络安全等级保护测评；

涉及学生个人信息采集、存储与传输的，应同时符合《中华人民共和国个人信息保护法》及国家关于未成年人网络保护的有关规定。

7.6.2 固件安全保护机制

配套固件宜支持引脚冲突检测、电源异常保护、数据异常处理等安全保护机制；

异常情况下宜通过指示灯提示、串口日志输出等方式给出明确提示。

7.6.3 内容安全

配套软件平台及资源应符合本文件第6章关于本地化部署及资源内容安全的规定，不应包含与学习无关的不良信息。

7.7 环保要求

7.7.1 有毒有害物质限量

硬件模块所使用的材料应符合GB/T 26572关于电子电气产品中限用物质的限量要求。

7.7.2 污染控制标识

硬件模块应在本体或说明书上依据SJ/T 11364正确标示环保使用期限、有害物质名称及含量表，包装物亦应进行相应材料标识。

8 试验方法

8.1 试验条件

除非另有规定，试验均在下述正常大气条件下进行：

- 温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：25%～75%；
- 气压：86 kPa～106 kPa。

8.2 硬件试验

8.2.1 主控板功能试验

按产品随机文件中规定的芯片性能、存储、无线通信、板载功能等配置参数和文档逐项进行检查与实测，试验结果应符合5.1.1的规定。

8.2.2 物理接口与引脚试验

依照产品说明书，对供电接口、引脚间距、引脚数量、电平兼容性 & 接口丝印标注逐项进行功能和规格检查，使用万用表、逻辑分析仪等仪器实测电平与信号输出，试验结果应符合5.1.1、5.1.2的规定。

8.2.3 扩展板试验

将扩展板与主控板按说明书连接，检查连接方式、堆叠稳固性、接口兼容性 & 标注信息，并逐项验证电机驱动、舵机驱动等扩展功能，试验结果应符合5.1.2的规定。

8.2.4 传感器试验

在规定环境条件下，对各类传感器的量程、精度、响应时间进行实测，与标准仪器读数比对，试验结果应符合5.2的规定。

8.2.5 执行器试验

通过编程方式逐项驱动LED、全彩LED、舵机、蜂鸣器、直流电机、MP3播放、继电器等模块，检查其功能、参数（旋转角度、扭矩、工作频率、额定电流等）是否达标，试验结果应符合5.3的规定。

8.2.6 通信模块试验

按产品说明书，采用手动方式逐项检查蓝牙、Wi-Fi、NFC等通信模块的连接、配对、通信距离及传输速率，实际版本及协议应与产品标称一致，试验结果应符合5.4的规定。

8.2.7 部件使用寿命试验

a) 接口寿命：使用插拔试验机，插拔速度20~30次/min，每1 000次检查样品外观和功能，试验结果应符合5.1.1的规定；

b) 按键寿命：使用按键寿命试验机，按键力250 g，速度 30~50 次/min，每1 000 次检查按键结构和功能，试验结果应符合5.1.1的规定。

8.2.8 外观和结构检查

在正常照明条件下目测并手动操作检查，外观、涂覆层、机电部件、螺纹连接及机械安装接口应符合本文件相应条款的规定。

8.3 软件与资源试验

8.3.1 编程软件功能试验

按GB/T 25000.23进行试验，逐项检查图形化编程、代码编程、物联网接入、人工智能功能各项描述，检查产品是否具备对应功能，功能名称可有个性化区别，试验结果应符合6.1的规定。

8.3.2 运行环境兼容性试验

在6.2规定的操作系统、处理器架构、浏览器及移动端环境中分别安装并运行编程软件，完成典型的硬件连接、程序烧录与串口通信操作，试验结果应符合6.2的规定。

8.3.3 教学资源平台试验

按GB/T 25000.23进行试验，检查课程资源、项目案例等各项描述，试验结果应符合6.3的规定。

8.3.4 软件性能与稳定性试验

记录编程软件启动时间和响应时间，每个功能性场景测试10次取平均值，平均响应时间应满足应用需求规格要求，功能性操作过程中无明显卡顿和延迟现象。对软件连续运行典型烧录、调试流程，平均崩溃率应低于0.1%。

8.4 安全试验

8.4.1 电气安全试验

供电电压：用直流电压表测量使用者可触及部分电压，试验结果应符合7.2.1的规定；

抗电强度：含电源适配器的套件按GB 4943.1规定的方法进行，试验结果应符合7.2.2的规定。

8.4.2 接口保护试验

对GPIO施加规定的过压、过流条件，对供电端口施加短路条件，对DC输入端口施加反接条件，撤除异常条件后产品应能恢复正常工作，试验结果应符合7.2.3、7.2.4的规定。

8.4.3 电池安全试验

电池和电池组按GB 31241规定的适用试验方法进行验证；
检查保护功能、充电电路、防反接措施及安装结构是否符合7.3的规定。

8.4.4 外壳防护试验

按GB/T 4208规定的方法进行试验，试验结果应符合7.4的规定。

8.4.5 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2规定的方法进行接触放电试验，试验结果应符合7.5的规定。

8.4.6 信息与数据安全试验

检查产品数据存储与传输方式、固件安全保护机制及异常提示方式各项描述，试验结果应符合7.6的规定。

8.4.7 有毒有害物质或元素试验

样品按GB/T 26572—2011中第5章和第6章的规定进行试验，试验结果应符合7.7.1的规定。

9 检验规则

9.1 检验分类

9.1.1 定型检验

定型检验是产品在批量生产前对样品进行的全项目型式检验，以验证制造商是否有能力生产符合本文件要求的产品。

9.1.2 出厂检验

出厂检验是由生产商质量检验部门对产线提交的出货产品批次进行的出厂检查，是对正式生产的产品在出厂时应进行的最终检验。

9.1.3 周期检验

周期检验是针对连续批生产的产品进行的全项目检验，以确定生产过程能否保证产品质量持续稳定。

9.2 检验项目

各类检验的检验项目按表8的规定。

表 8 检验项目

序号	检验项目	定型检验	出厂检验	周期检验	要求	试验方法
1	主控板及扩展板功能	●	●	●	5.1	8.2.1~8.2.3

序号	检验项目	定型检验	出厂检验	周期检验	要求	试验方法
2	传感器	●	●	●	5.2	8.2.4
3	执行器	●	●	●	5.3	8.2.5
4	通信模块	●	●	●	5.4	8.2.6
5	部件使用寿命	●	—	●	5.1	8.2.7
6	外观和结构	●	●	●	7.4	8.2.8
7	软件与资源	●	—	—	6	8.3
8	电气与电池安全	●	—	●	7.2、7.3	8.4.1~8.4.3
9	外壳防护与静电防护	●	—	—	7.4、7.5	8.4.4、8.4.5
10	信息与数据安全	●	—	—	7.6	8.4.6
11	有毒有害物质或元素	●	—	—	7.7	8.4.7
注：“●”表示必做项目；“—”表示可不做项目。						

9.3 定型检验程序

9.3.1 样品的抽取

定型检验的样品应从试制批量产品中随机抽取。

9.3.2 合格与不合格判定

如表8中规定的第2项~第11项试验均合格，第1项不出现A类不合格，则判定定型检验合格，否则判定不合格。

注：A类不合格为存在严重影响用户使用或学生使用安全的缺陷的不合格。

9.3.3 检验结果的处理

若定型检验不合格，则应查明原因并采取改进措施后，重新进行定型检验。

9.4 出厂检验程序

9.4.1 抽样方案

按照GB/T 2828.1的规定进行抽样检验，一次性抽样，采用一般检查水平Ⅱ。其中，外观、结构、包装和功能的接收质量限（AQL）如下：

- a) 外观、结构、包装：AQL为0.65；
- b) 功能：功能性抽样应100%通过。

9.4.2 样品的抽取

产品提交批的大小由制造商确定，一般以同一批所生产的同一型号的产品作为一批提交。根据提交检验批的大小，按9.4.1的规定确定样本大小，并在该批产品中随机抽取。

9.4.3 合格与不合格判定

当样品检查中出现的各类不合格品小于或等于9.4.1规定的AQL值和检查水平对应的合格判定数时，判定该批产品为合格批，否则为不合格批。

9.4.4 检验结果的处理

对合格批的产品由生产商出具合格报告，办理入库。由于不合格而被拒收的产品，生产商应对该批产品返工；经全数检验合格后，再重新提交抽验。在重新提交批的复验中如仍发现不合格而被拒收，则再返工，直至被合格接收。

9.5 周期检验程序

9.5.1 周期检验条件

有下列情况之一时，应进行周期检验：

- a) 正式生产后，当主要设计、工艺、材料有较大变更时；
- b) 正常生产时，每年不少于一次；
- c) 产品停产一个周期以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验与上次周期检验结果有较大差异时。

9.5.2 样品的抽取

周期检验样品应在出厂检验合格产品中随机抽取。

9.5.3 合格与不合格判定

同9.3.2的规定。

注：A类不合格为存在严重影响用户使用或学生使用安全的缺陷的不合格。

9.5.4 检验结果的处理

周期检验中不合格的产品，应暂停出厂检验；已生产的产品和已交付的产品，由交收双方协商解决。交方应查明不合格原因，提出分析报告，经改进修复后重新安排检验。

10 标志、说明书、包装、运输与贮存

10.1 产品标志

产品标志应符合有关法律法规和标准的要求，硬件模块表面的文字、图形符号及功能标识应清晰、耐磨、附着牢固，内容应符合GB/T 5465.2的要求。

核心控制器模块本体或包装应至少标注以下永久性信息：

- a) 产品型号、产品名称；
- b) 制造商名称或商标；
- c) 生产批次或唯一序列号；
- d) 产品应有的其他认证标志和代码标志。

若模块包含内置电池（不可拆卸），电池外壳应模刻或粘贴额定电压、额定容量及充电限制电压；若为可拆卸电池仓，仓内应有极性指示。

若套件包含电源适配器，适配器外壳应清晰标注额定输入电压（V $\sim$ ）、额定频率（Hz）、额定电流（A）或功率（W）、输出电压（V $\equiv$ ）及输出电流（A），并具有相应的安全认证标志。

10.2 使用说明书

使用说明书的编写应符合GB/T 9969的要求，并满足以下面向教学场景的特别要求：

- a) 资源对应：说明书的内容结构应与配套的教学资源形成明确的一一对应关系；
- b) 硬件索引与项目映射：说明书应包含硬件模块清单，并明确指出各模块在义务教育阶段推荐实施的教学项目中的典型应用场景；
- c) 参数与探究活动关联：传感器的量程、精度，执行器的驱动能力等技术参数，应在说明书中以学生可理解的方式呈现，并与教材或指导书中的探究实验步骤相衔接；
- d) 安全警示与教学环节绑定：涉及电气连接、热表面、运动机构等安全注意事项，应在说明书的对应操作步骤处以醒目方式重复提示，并标注对应的教学防范要点。

10.3 包装

产品应有牢固的包装，包装应符合JY 0010的相关规定，并喷刷“小心轻放”“防潮”等运输标志；包装箱外储运图示标志应符合GB/T 191的规定，并标明产品名称、型号、数量、外形尺寸及制造单位。

包装箱内应随附装箱单、产品合格证、使用说明书、必要的专用工具、连接线缆及备附件。箱内针对主控板等关键组件设置保护套或独立防静电等缓冲包装，确保运输及使用过程中的物理防护；箱内整体摆放区域划分明确，配备产品位置图示与完整清单，兼顾器材保护、取用便捷性与教学管理需求。

10.4 运输

运输应满足：

- a) 包装完好的产品使用正常的海、陆、空交通工具运输；
- b) 运输过程中应避免雨、雪直接淋袭，并应避免与带腐蚀性的物质同时装运；
- c) 含锂电池的产品，其运输应符合锂电池运输的有关安全规定。

10.5 贮存

贮存产品的场所应通风、干燥，周边无易燃、易爆物品，周围无强磁场、无强烈的机械振动和冲击，空气中无酸碱或其他腐蚀性气体。含电池的产品长期贮存时，电池宜保持适当荷电状态并定期检查。
