

(以下附錄節錄自中華人民共和國廣東省工業和信息化廳的網站，全文可參閱  
[http://gdii.gd.gov.cn/gkmlpt/content/3/3739/post\\_3739427.html#2888](http://gdii.gd.gov.cn/gkmlpt/content/3/3739/post_3739427.html#2888))

附錄

**广东省工业和信息化厅**  
**关于发布《广东省首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2021年版）》的通告**  
**通告[2021]48**

为贯彻落实《广东省加快先进制造业项目投资建设若干政策措施》(粤府〔2021〕21号)，不断提高我省重大技术装备创新水平，加快推进首台（套）重大技术装备推广应用，省工业和信息化厅组织编制了《广东省首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2021年版）》，现予发布。原《广东省首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2019年版）》同时废止。

特此通告。

附件：广东省首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2021年版）

广东省工业和信息化厅  
2021年12月29日

(联系人：王纬福，电话：83133343)

附件：

# 广东省首台(套)重大技术装备推广应用指导目录 (2021 年版)

2021 年 12 月

# 目 录

1.高端数控机床 .....	1
2.高技术船舶与海洋工程装备 .....	5
3.卫星及应用 .....	7
4.轨道交通装备 .....	8
5.机器人及增材制造 .....	9
6.新能源及智能网联汽车 .....	12
7.高端医疗装备 .....	15
8.新能源装备及关键制造装备 .....	17
9.重大技术装备关键配套基础件 .....	19

---

\*注：1、为便于规范管理，根据首台(套)重大技术装备产品的不同类别(成套、单台、部件)，本《目录》将重大技术装备产品的单位统一规范为“套”、“台”、“件”三种类型。

2、广东省首(台)套重大技术装备必须符合其所对应的目录产品领域，其性能指标不低于本《目录》所列的相应技术参数指标(所有量化的技术参数必须依据相关的技术方法标准进行检测)，必须拥有相关核心技术的授权发明专利，其中成套装备产品的关键设备及部件、单台设备的关键零部件及系统的自主化率必须达到 70%以上(按设备及部件的价值量计算)。

当本《目录》所列技术参数指标为区间范围时，首台(套)重大技术装备的相应区间范围指标必须完全覆盖本《目录》所列的区间。

3、本《目录》中涉及大气污染物的测量值均指在相应标准中规定的标准参比条件下的数值，每小时产能指装备产品须连续运行 1 小时的产能。

4、本《目录》产品名称后标注“\*”的装备产品为 2019 年版《目录》的保留产品。

### 1.高端数控机床

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
1.1	数控机床			
1.1.1	数控蜗杆砂轮磨齿机 *	台	联动轴数 $\geq 5$ ; 表面粗糙度 $\leq Ra0.6 \mu m$ ; 工件尺寸精度 $\leq 0.005 mm$ ; 加工速度 $\leq 7 min/pcs(40 mm 零件)$ ; 加工齿轮精度等级不低于 5 级	
1.1.2	精密复合数控磨床	台	X 轴定位精度 $\leq 0.004 mm$ , 重复定位精度 $\leq 0.002 mm$ ; Z 轴定位精度 $\leq 0.008 mm$ , 重复定位精度 $\leq 0.004 mm$ ; 磨削圆度 $\leq 0.0003 mm$ ; 外圆圆柱度 $\leq 2 \mu m/400 mm$ ; 磨削长度 $\geq 400 mm(最大长度)$ , 磨削直径 $\geq \phi 100 mm(最大直径)$ , 表面粗糙度 $Ra \leq 0.4 \mu m$ ; 具备内外圆复合磨削功能	
1.1.3	箱型动龙门直线导轨复合磨床	台	移动速度 $\geq 60 m/min(最大速度)$ ; 加工长度 $\geq 4000 mm(最大长度)$ ; 加工精度: 两侧滚道之间、两侧滚道与侧面平行度 $\leq 0.002 mm/1000 mm$ ; 滚道与底面基准平行度 $\leq 0.003 mm/1000 mm$ ; 左右滚道水平方向距离一致性 $\leq 0.003 mm/4000 mm$ ; 左右滚道到底面距离高度差 $\leq 0.004 mm/4000 mm$ , 滚道表面粗糙度 $Ra \leq 0.4 \mu m$	
1.1.4	六轴卧式镗铣加工中心 *	台	X/Y/Z 轴行程 $\geq (3000/2000/1500) mm$ ; 镗杆直径 $\geq \phi 130 mm(最大直径)$ ; 联动轴数 $\geq 4$ , X/Y/Z 轴定位精度 $\leq 0.016 mm/全行程$ ; 重复定位精度 $\leq 0.01 mm/全行程$ ; 回转轴定位精度 $\leq 7''$ , 重复定位精度 $\leq 3.5''$	
1.1.5	五轴龙门加工中心	台	X/Y/Z 轴行程 $\geq (3000/3000/1500) mm$ ; X/Y/Z 轴定位精度 $\leq 0.025 mm/全行程$ ; 重复定位精度 $\leq 0.015 mm/全行程$ ; A/C 回转轴定位精度 $\leq 10''$ , 重复定位精度 $\leq 6''$ ; 主轴最高转速 $\geq 20000 rpm$ ; 主轴功率 $\geq 45 kW$ ; X/Y/Z 轴进给速度 $\geq 20 m/min(最大速度)$	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
1.1.6	激光五轴加工中心	台	联动轴数 $\geq 5$ ; 刃口尺寸误差 $\leq \pm 3 \mu\text{m}$ ; X/Y/Z轴定位精度 $\leq 0.005 \text{ mm}$ , 重复定位精度 $\leq 0.003 \text{ mm}$ ; 回转轴定位精度 $\leq 10''$ , 重复定位精度 $\leq 6''$ ; 加工表面粗糙度 $\leq \text{Ra}0.3 \mu\text{m}$ ; X/Y/Z轴行程 $\geq (350/400/400) \text{ mm}$	
1.1.7	大功率平面切割机	台	光纤激光器功率 $\geq 15 \text{ kW}$ ; 切割碳钢厚度 $\geq 60 \text{ mm}$ (最大厚度); 切割误差 $\leq \pm 0.02 \text{ mm}$	
1.1.8	高精度数控曲面激光加工装备	台	X/Y/Z轴行程 $\geq (500/400/300) \text{ mm}$ ; 切割幅面 $\geq (3000 \times 1500) \text{ mm}$ (最大幅宽); 主机最大速度 $\geq 150 \text{ m/min}$ (最大速度); 定位精度 $\leq 0.02 \text{ mm}$ ; 重复定位精度 $\leq 0.02 \text{ mm}$	
1.1.9	激光连续落料生产线	套	切割综合速度 $\geq 180 \text{ m/min}$ (最大速度); 切割板厚覆盖 $\geq (0.50 \sim 4.0) \text{ mm}$ ; 加工卷料尺寸(长度 $\times$ 宽度) $\geq (4000 \times 2200) \text{ mm}$ (最大尺寸); 切割横梁数量 $\geq 2$ ; 激光器数量 $\geq 2$ ; 激光器功率 $\geq 6 \text{ kW}$ (最大功率)	
1.1.10	模具全自动柔性加工生产线	套	加工工件(长 $\times$ 宽 $\times$ 高)(含夹具) $\geq (140 \times 100 \times 200) \text{ mm}$ ; 运行定位精度 $\leq 0.005 \text{ mm}$ , 检测重复定位精度 $\leq 0.003 \text{ mm}$ ; 加工误差 $\leq \pm 0.01 \text{ mm}$ ; 产品合格率 $\geq 90\%$ (一次加工); 产品更换调整时间 $\leq 60 \text{ s}$ , 换刀时间 $\leq 15 \text{ s}$ ; 容纳工件类型 $\geq 70$ 种; 容纳工件数量 $\geq 140$	
1.1.11	家具数控钻孔柔性生产线*	套	加工速度 $\geq (130 \times 75 \times 30) \text{ m/min}$ (最大速度); 加工尺寸 $\leq (250 \times 80 \times 10) \text{ mm}$ (最小尺寸); 输送速度 $\geq 30 \text{ m/min}$ ; 加工尺寸误差 $\leq \pm 0.2 \text{ mm}$ ; 加工速度 $\geq 130 \text{ pcs/h}$	
<b>1.2</b>	<b>数控成形装备</b>			
1.2.1	六辊可逆液压铜板带精轧机组*	套	机组轧制速度 $\geq 600 \text{ m/min}$ (最大速度); 成品厚度 $\leq (0.03 \pm 0.002) \text{ mm}$ ; 带材宽度 $\geq 650 \text{ mm}$ (最大宽度); 速度误差 $\leq \pm 0.05\%$ (( $600 \pm 0.3$ ) $\text{m/min}$ )	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
1.2.2	波纹钢板加工生产线*	套	卷板厚度 $\geq 12$ mm(最大尺寸); 卷板宽度 $\geq 1850$ mm(最大尺寸); 机组工作速度 $\geq 10$ m/min(最大速度); 机组送料速度 $\geq 40$ m/min; 板面平面度 $\leq 6.0$ mm/4.0 m	
1.2.3	搪瓷智能化生产线*	套	生产节拍 $\geq 120$ pcs/h(60 L 容量), 单位工件负载 $\geq 300$ kg; 总功率 $\leq 700$ kW, 烧成温度 $\geq 820$ °C, 最高温度 $\geq 900$ °C, 升温时间 $\leq 60$ min; 涂搪工位 $\leq 3$ , 涂搪方式: 自动滚搪; 搪瓷涂料粉末利用率 $\geq 95\%$ , 涂搪成品合格率 $\geq 98\%$ ; 智能输送系统: 输送速度 $\geq 3.0$ m/min, 输送定位精度 $\leq \pm 1.0$ mm	
1.2.4	闭式四点精密压力机	台	公称力 $\geq 12500$ kN; 移动工作台尺寸 $\geq (5500 \times 2500)$ mm; 拉伸垫承受力 $\geq 3500$ kN(最大); 滑块与工作台挠度 $\leq 0.125$ mm/1000 mm(最大压力下)	
1.2.5	塑料固废资源化再生注塑成型成套生产线	套	注塑机数量 $\geq 3$ 台; 每台注塑机锁模力分别 $\geq 320$ t、1000 t、1200 t(最大锁模力); 注射容积 $\geq 1755$ cm <sup>3</sup> 、7960 cm <sup>3</sup> 和 7960 cm <sup>3</sup> (最大容积); 生产线包括中央集中供料系统、六轴机器人、输送带、MES 管理系统等	
1.2.6	高阻隔热收缩薄膜生产线	套	产能 $\geq 380$ kg/h(最大产能); 制品直径覆盖( $\phi 800 \sim \phi 1600$ ) mm; 制品厚度覆盖(20~50) $\mu$ m; 厚度相对误差: $\leq \pm 6\%$ (厚度范围(20~39) $\mu$ m), $\leq \pm 5\%$ (厚度范围(40~50) $\mu$ m); 共挤层数 $\geq 9$	
1.2.7	铝塑膜挤出复合生产线	套	机械速度 $\geq 20$ m/min(最大速度); 有效复合宽度 $\geq 650$ mm; 螺杆规格和挤出量: 直径 $\phi 65$ mm 的螺杆挤出量 $\geq 120$ kg/h(最大挤出量, 以挤出 LDPE 计), 直径 $\phi 90$ mm 的螺杆挤出量 $\geq 300$ kg/h(最大挤出量); 挤出树脂厚度 $\geq 30$ $\mu$ m, 单联三共挤工艺	
1.2.8	真空离子镀膜机	台	沉积效率(多元合金靶) $\geq 8$ $\mu$ m/h; 耗材利用率 $\geq 80\%$ ; 一次沉积厚度 $\geq 80$ $\mu$ m(最大厚度); 极限真空度 $\leq 5 \times 10^{-4}$ Pa, 工作真空度 $\leq 5 \times 10^{-3}$ Pa	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
1.2.9	数字化光刻设备	台	光刻线宽 $\leq(20\pm 2)\mu\text{m}$ (最小尺寸); 成像尺寸 $\geq(520\times 350)\text{mm}$ (最大尺寸); 正反对位误差 $\leq\pm 7\mu\text{m}$ ; 具备卷对卷自动上料机构, 双面同时光刻功能	
1.2.10	激光阵列直写曝光设备	台	加工 PCB 板材尺寸 $\geq(1440\times 630)\text{mm}$ (最大尺寸); 最小步进位移 $\leq 1\mu\text{m}$ ; 曝光时间 $\leq 10\text{ s}@500\text{ mJ}/\text{cm}^2$ (PCB 板材尺寸 $600\text{ mm}\times 700\text{ mm}$ ); 聚焦光斑直径覆盖( $\phi 5\sim\phi 20$ ) $\mu\text{m}$ ; 线宽线距 $\leq(40\pm 4)\mu\text{m}$ (最小尺寸)	
1.2.11	新型证卡特种材料加工装备	台	激光开孔误差 $\leq\pm 0.1\text{ mm}$ ; 芯片封装产能 $\geq 2800\text{ pcs}/\text{h}$ (最大产能); 芯片或防伪标签封装误差 $\leq\pm 0.1\text{ mm}$	
1.2.12	板式家具柔性封边线	套	加工速度 $\geq 30\text{ m}/\text{min}$ (最大速度); 加工尺寸范围覆盖 $\geq(180\times 240\times 9)\text{ mm}\sim(1200\times 2750\times 60)\text{ mm}$ ; 自动柔性切换功能单元数量 $\geq 14$	
1.2.13	石材大板扫描仪*	台	扫描速度 $\geq 3.0\text{ m}/\text{min}$ (最大速度); 扫描厚度范围覆盖( $10\sim 60$ ) $\text{ mm}$ ; 扫描区域 $\geq(3200\times 2200)\text{ mm}$ (最大尺寸); 版面尺寸误差 $<\pm 0.5\text{ mm}$	

## 2.高技术船舶与海洋工程装备

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
<b>2.1</b>	<b>船舶与海洋工程装备</b>			
2.1.1	节能环保大型油船*	台	载重量 $\geq 110000$ t(最大重量); EDDI 比 IMO 基线值低 27% 以上; 油耗及排放满足 Green Ship I 及 EEDI(II)的要求	
2.1.2	双燃料化学品成品油轮	台	船长 $\geq 186$ m; 载重量 $\geq 49900$ t(最大重量); 航速 $\geq 14.5$ 节(最大速度, 静水); 具备甲醇和燃油双燃料推进模式; 采用燃料加水的方式控制氮氧化物排放, 满足 TIERIII的排放要求	
2.1.3	大型测量无人船	台	船长 $\geq 7.5$ m; 载重量 $\geq 200$ kg(最大载重量, 甲板机械及任务载荷); 航速 $\geq 10$ 节(最大速度, 静水); 续航能力 $\geq 300$ km(静水工作航速); 通信距离 $\geq 10$ km(最大距离); 遥控距离 $\geq 1$ km(海况IV级)	
2.1.4	无人远控场桥设备	台	单机额定起重量 $\geq 41$ t; 单机作业速度 $\geq 30$ 箱/时; 集装箱定位误差 $\leq \pm 20$ mm; 跨距 $\geq 31$ m(最大距离); 起升高度 $\geq 21$ m(最大高度); 吊具转动角度范围覆盖(-5°~5°); 起吊速度 $\geq 20$ m/min(负载 41 t)	
<b>2.2</b>	<b>船舶与海洋工程装备关键零部件和系统</b>			
2.2.1	船用对转轮缘式电推进系统	件	螺旋桨直径 $\geq 460$ mm(最大直径); 电机额定功率 $\geq 400$ kW; 达到最大转速时间 $\leq 10$ s; 推进效率 $\geq 0.5$ ; 传动效率 $\geq 0.9$	
2.2.2	海上非嵌岩桩风机导管架装置	件	钢管椭圆度误差 $\leq 0.5\%$ D(D 为直径), 最大允许误差 $\leq 6$ mm; 结构垂直度 $\leq 0.1\%$ H(H 为高度), 最大允许误差 $\leq 3$ mm; 设备尺寸(长 $\times$ 宽 $\times$ 高) $\geq (24.5 \times 24.5 \times 67.5)$ m(最大尺寸), 设备重量 $\geq 1200$ t, 应用于 6.25 MW(含 6.25 MW)以上系统设备	



编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
2.2.3	船用低振动高效直流变频螺杆式空调冷水机	件	额定制冷量 $\geq 160$ kW; 能效优于 COP4.5(R410A 冷媒, 冷却进水温度 30 °C, 冷媒出水温度 7 °C); 振动噪声: 振动 $\leq 108$ dB, 噪声 $\leq 65$ dB(A); 环境适应性: 盐雾浓度 2 mg/m <sup>3</sup> , 横摇范围覆盖 $\pm 45^\circ$ , 横倾范围覆盖 $\pm 15^\circ$ , 纵摇范围覆盖 $\pm 15^\circ$ , 纵倾范围覆盖 $\pm 30^\circ$	
2.2.4	海上风机单体桩基抱桩器	件	上抱臂高度 $\geq 9700$ mm(最大高度, 以主甲板标高为基准); 下抱臂高度 $\geq 3500$ mm(最大高度, 以主甲板标高为基准); 主臂合拢力 $\geq 1.96 \times 10^3$ kN(最大合拢力); 主臂开合角速度 $\geq 0.5$ °/s; 抱桩桩径 $\geq 8$ m	

### 3.卫星及应用

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
3.1	卫星及应用平台			
3.1.1	高光谱微纳卫星*	台	平台供电能力 $\geq 180$ W(最大功率); 卫星三轴稳定度 $\leq 0.002^\circ$ /s( $3\sigma$ ); 姿态指向精度 $\leq 0.02^\circ$ ( $3\sigma$ ); 姿态机动能力(三轴) $\geq 45^\circ$ /80 s; 空间分辨率 $\leq 10$ m@500 km; 幅宽 $\geq 150$ km; 谱段数 $\geq 32$ ; 影像信噪比 $\geq 140$ ; 数据传输能力: 300 Mbps, 图像定位精度 $\leq 100$ m, 辐射分辨率 $\geq 1.5$ dB, 卫星重量 $\leq 80$ kg	
3.1.2	毫米波紧缩场无线性能(OTA)测试系统	套	测试频段覆盖(24~40) GHz(可扩展至 53 GHz); 测试静区(直径 $\times$ 高度): ( $\phi 30 \times 30$ )cm; 静区相位最大波动量 $\leq 10^\circ$ ; 幅度最大波动量 $\leq 1.5$ dB; 幅度纹波范围覆盖(-0.3 dB~0.3 dB)	
3.1.3	协同式精细化天气观测系统	套	协同观测融合产品生成延迟时间 $\leq 15$ s(系统); 交互数据量 $\geq 1$ GB/s; 协同式观测数据空间分辨率 $\leq 30$ m $\times 30$ m(高度 $\leq 15$ km); 协同式观测数据时间 $\leq 45$ s	
3.2	卫星关键零部件			
3.2.1	霍尔全电推进电源控制器	件	输出功率 $\geq 5$ kW; 阳极电源效率 $\geq 95.5\%$ (最高效率); 功率密度 $\geq 300$ W/kg	
3.2.2	Ka 频段功率放大器	件	额定输出功率 $\geq 315$ W(+55 dBm); 饱和输出功率 $\geq 400$ W (+56 dBm); 三阶互调抑制 $\leq -25$ dBc@额定输出功率回退 3 dB	

#### 4.轨道交通装备

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
4.1	氢能源有轨电车 *	台	载客量 $\geq 388$ 人(最大载客量,三模块编组);运行速度 $\geq 70$ km/h(最大速度);续航能力 $\geq 200$ km(最大续航能力);启动平均加速度(0~35)km/h $\geq 0.9$ m/s <sup>2</sup> ,运行平均加速度(0~70 km/h) $\geq 0.6$ m/s <sup>2</sup>	
4.2	高铁货运集装箱及滚装地板智能锁紧系统*	台	集装箱滚装货运地板连带锁紧器总重量 $\leq 2.2$ t;单个锁紧器锁紧力 $\geq 400$ N(最大锁紧力);锁紧时间 $\leq 3.0$ s(含旋转上升时间);控制系统电磁兼容满足铁路机车标准 GB/T 24338.4;可适应环境温度范围覆盖(-40~70) °C	
4.3	轨道交通用铝型材挤压机辅机机组	套	牵引力 $\geq 14700$ N(最大牵引力);锯切速度 $\geq 200$ mm/s;拉伸型材 $\geq 50000$ mm(半成品);扁型材宽度 $\geq 850$ mm(最大宽度),型材外接圆直径 $\geq \phi 600$ mm(最大直径)	
4.4	城市轨道交通供电设备在线监测系统 *	套	并发连接客户数 $\geq 50000$ (最大客户数);光纤光栅温度传感器最大允许误差 $\leq \pm 2$ °C (-20~120)°C;局部放电量 $\leq 5.0$ pC(高频传感器:(60~120) dBmV),局部放电量 $\leq 0.5$ pC(特高频传感器:(30~90) dBmV),局部放电量 $\leq 10$ pC(超声波传感器:(-10~68) dBmV);避雷器泄漏电流相对误差 $\leq 1\%$ (100 $\mu$ A~100 mA);具备例外偏差、线性分段、历史库无损等数据压缩方式;具备实时判断城市轨道配电设备健康程度的功能	
4.5	地铁车辆 360 度智能监测系统	套	车底走行部图像监测分辨率 $\leq 1$ mm/pixel;车侧走行部图像监测分辨率 $\leq 1$ mm/pixel;车侧车窗图像监测分辨率 $\leq 1$ mm/pixel;车顶图像监测分辨率 $\leq 1$ mm/pixel;车号识别准确率 $\geq 99.9\%$	

### 5.机器人及增材制造

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
5.1	智能机器人			
5.1.1	架空输电线路巡检机器人*	台	适应架空输电线路电压值 $\geq 500$ kV(最高电压); 负载能力 $\geq 10$ kg; 非巡检不下线生存环境: 低温 $\leq -40$ °C, 高温 $\geq 55$ °C, 风力 $\geq 12$ 级	
5.1.2	电梯智能施工机器人	台	八大模块协同作业(轿厢、打孔块、底码、导轨、激光定位、钢筋探测、OCR检测、动力控制); 竖井道激光定位误差 $\leq \pm 5$ mm; 施工轿厢升降速度 $\geq 0.5$ m/s; 导轨搬运速度 $\leq 60$ 秒/根; 单钻孔速度 $\leq 90$ 秒/个; 单装底码速度 $\leq 30$ 秒/个	
5.1.3	移动式智能搬运机器人	台	导航定位误差 $\leq \pm 4$ mm; 载荷 $\geq 3000$ kg(最大载荷); 加速度 $\geq 0.4$ m/s <sup>2</sup> (最大加速度); 举升背负载重 $\geq 3000$ kg(最大载重); 举升速度 $\geq 20$ mm/s(最大速度); 举升行程 $\geq 110$ mm(最大行程); 工作速度 $\geq 72$ m/min(最大速度)	
5.1.4	移动 DR 机器人	台	行走速度 $\geq 1.2$ m/s(最大速度); 回转空间尺寸 $\leq 2400$ mm(最小尺寸), 可越过间隙和底框梁宽度 $\geq 20$ mm, 导航位置误差 $\leq \pm 10$ mm; 最大输出功率 $\geq 40$ kW(100 kV, 400 mA); 管电压调节范围覆盖(40~150) kV, 管电流调节范围覆盖(50~400) mA	
5.1.5	网面插接机器人	台	能识别三层织物的纬线(密度 70 条/厘米, 线径为 0.13 mm), 识别准确度 $\geq 99\%$ ; 机器手臂位置重复定位精度 $\leq 0.2$ mm; 夹头力控制误差 $\leq \pm 1$ mN; 插线速度 $\geq 50$ 线/分钟(最大速度)	
5.2	机器人加工及集成装备			
5.2.1	环形变速自动喷涂生产线*	套	转速范围覆盖(20~250)rpm; 涂层厚度均匀性 $\leq 0.02$ mm; 结合强度 $\geq 70$ MPa	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
5.2.2	静电粉末自动喷涂生产线*	套	压缩空气用量 $\leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$ (每支喷粉枪); 出粉量 $\geq 450 \text{ g}/\text{min}$ (最大出粉量); 工件尺寸( $H \times W$ ) $\geq (1900 \times 800) \text{ mm}$ (最大尺寸); 出风量 $\geq 22000 \text{ m}^3/\text{h}$ (最大出风量); 粉末回收率 $\geq 98\%$	
5.2.3	大型车厢多轴静电粉末自动喷涂设备	台	生产线节拍 $\leq 20 \text{ min}$ ; 喷涂机械手数量 $\geq 3$ ; 喷涂机械手定位精度 $\leq 20 \text{ mm}$ ; 工件尺寸( $L \times W \times H$ ) $\geq (9500 \times 2450 \times 2900) \text{ mm}$ (最大尺寸)	
5.2.4	机器人智能焊装生产线	套	生产节拍 $\leq 48 \text{ s}$ ; 可切换车型种类数量 $\geq 8$ ; 摩擦输送线平均传送速度 $\geq 1.1 \text{ m}/\text{s}$ ; 机器人焊接速度 $\geq 20 \text{ m}/\text{min}$	
5.2.5	钢结构机器人智能化焊接生产线	套	加工尺寸(长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $\times$ 筋板壁厚 $\times$ 腹板壁厚) $\geq (12000 \times 175 \times 350 \times 6 \times 9) \text{ mm}$ (最大尺寸); 适用工件种类数量 $\geq 38$ ; 重复定位精度 $\leq 0.04 \text{ mm}$ ; 焊接尺寸误差 $\leq \pm 0.08 \text{ mm}$ , 激光切割尺寸误差 $\leq \pm 0.02 \text{ mm}$ ; 控制轴数量 $\geq 11$	
5.2.6	压缩机壳体自动焊接线	套	生产线节拍 $\leq 5 \text{ s}$ ; 三管泄漏率 $\leq 10 \text{ ppm}$ (工序); 整线不合格率 $\leq 300 \text{ ppm}$ ; 系列内换型时间 $\leq 15 \text{ min}$ (每台); 产品转型时间 $\leq 6 \text{ h}$ (整线); 电极修磨频率 $\geq 1000$ 次(三管), $\geq 5000$ 次(接线柱)	
5.2.7	全自动高精高效后焊 PCM 生产线	套	整线产能 $\geq 3000 \text{ pcs}/\text{h}$ (最大产能); 装配误差 $\leq \pm 0.05 \text{ mm}$ ; PCB 板 CNC 分板误差 $\leq \pm 0.02 \text{ mm}$ ; FPC 冲压分板误差 $\leq \pm 0.01 \text{ mm}$ ; 产品良率 $\geq 99.5\%$	
5.2.8	PSF 轧辊修复成套设备	套	生产效率(沉积速度) $\geq 100 \text{ kg}/\text{min}$ ; 加工能力: 直径 $\geq \phi 530 \text{ mm}$ (最大直径), 宽幅 $\geq 2200 \text{ mm}$ (最大宽幅); 大尺寸产品加工误差 $\leq \pm 0.05 \text{ mm}$ ; 多金属覆层面冶金结合, $100 \mu\text{m}$ 状态下的金相组织, 观察不到物理断层(结合面)	
5.2.9	浴缸一体化加工智能生产线	套	喷涂工序: 加工速度 $\geq 1000 \text{ mm}/\text{min}$ (最大速度); 切割打孔工序: 打孔误差 $\leq \pm 1.5 \text{ mm}$ , 磨背误差 $\leq \pm 1.5 \text{ mm}$	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
5.2.10	内墙砖磨边分选及机器人包装一体化生产线	套	单线产量 $\geq 9000(1\pm 10\%) \text{ m}^2/24 \text{ h}$ ; 对角线误差 $\leq \pm 0.5 \text{ mm}$ ; 磨边破损率 $\leq 0.5\%$ ; 最大包装速度 $\geq 8 \text{ pcs/min}$ ; 包装合格率 $\geq 99\%$	
5.2.11	精密激光锡球焊锡机	台	焊接尺寸误差 $\leq \pm 10 \text{ }\mu\text{m}$ ; 产品间隙 $\leq 100 \text{ }\mu\text{m}$ (最小间隙); 产品锡球规格覆盖(100~1500) $\mu\text{m}$	
5.2.12	OLED 全自动贴合机	台	贴合误差 $\leq \pm 0.1 \text{ mm}$ ; 折弯重复精度 $\leq \pm 20 \text{ }\mu\text{m}$ ; 对应产品折弯角度范围 $0\sim 180^\circ$ ; 缺陷(crack)比例 $\leq 0.3\%$ ; 每片贴合时间 $\leq 12 \text{ s}$	
<b>5.3</b>	<b>增材制造设备</b>			
5.3.1	增减材金属粉末床熔融装备 *	台	成形精度(尺寸误差) $\leq \pm 0.01 \text{ mm}$ ; 零件致密度 $\geq 99\%$ ; 打印成形和过程精加工同时进行, 成形材料性能达到同类材料锻件力学性能(模具钢: 抗拉强度(1080~1200) MPa、拉伸率(3.4~3.9)%; 或者钛合金: 抗拉强度(1100~1200) MPa、拉伸率(9.0~9.6)%)	
5.3.2	SLA 3D 光固化成型的双扫描头打印机 *	台	成型尺寸 $\geq (1700\times 8000\times 600) \text{ mm}$ (最大尺寸); 垂直分辨率 $\leq 0.0005 \text{ mm}$ ; 打印层厚度 $\leq 0.01 \text{ mm}$ (最小厚度); 打印尺寸误差 $\leq \pm 0.05 \text{ mm}$	
5.3.3	砂型 3D 打印机 *	台	打印分辨率 $\geq 600 \text{ dpi}$ (最高分辨率); 成型空间尺寸 $\geq (2200\times 1000\times 800) \text{ mm}$ (最大尺寸); 打印层厚(0.15~0.5) $\text{ mm}$ 可调; 型芯尺寸误差 $\leq \pm 0.5 \text{ mm}$ ; 单层最快成形时间 $\leq 60 \text{ s}$	

## 6.新能源及智能网联汽车

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
6.1	新能源及智能网联汽车生产装备			
6.1.1	折叠式车身支撑臂双层汽车生产线*	套	生产节拍 $\leq 70$ s; 额定载荷 $\geq 700$ kg; 车体尺寸 $\geq (4000 \times 1800 \times 550)$ mm(最大尺寸); 适用车型种类数 $\geq 5$ ; 具有车型、品质相关检知、指示接收、低压检知、安全检知等功能	
6.1.2	新能源汽车双电机装配线	套	生产节拍 $\leq 156$ s; 转子初始动平衡量 $\leq 3$ mg; 可实现双电机同步装配, 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.1.3	新能源汽车动力电池铝外壳高频焊制管机生产线	套	焊接线速度 $\geq 130$ m/min(最大速度); 壁厚范围覆盖(0.25~0.4) mm; 管型尺寸范围覆盖(11~116) mm; 管内耐压力 $\geq 1.2$ Mpa; 长度尺寸误差 $\leq \pm 0.5$ mm; 外形尺寸误差 $\leq \pm 0.05$ mm	
6.1.4	水氢电池动力模块全自动总装线	套	产能 $\geq 25$ 台/8 小时(最大产能); 流水线速度 $\geq 350$ mm/s; 四轴机器人数量 $\geq 13$ ; 六轴机器人数量 $\geq 8$ ; 视觉检测对位误差 $\leq \pm 1$ mm; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.1.5	制动蹄焊接自动线	套	单线节拍 $\leq 10$ s; 焊接完成后, 制动蹄弯板与腹板非焊缝位置的间隙 $\leq 0.1$ mm; 冷却时间 $\leq 15$ min(焊接后温度冷却到 40℃的时间)	
6.1.6	新能源汽车白车身柔性焊装生产线	套	额定产能 $\geq 40$ pcs/h; 适用车型数量 $\geq 6$ ; 总拼系统侧围夹具重复定位精度 $\leq 0.2$ mm, 滑台滑移节拍 $\leq 3$ s; 滚床台车重复定位精度 $\leq 0.2$ mm, 滚床工位输送节拍 $\leq 6.5$ s	
6.1.7	燃料电池汽车用氢气瓶多工位缠绕系统	套	产能 $\geq 100$ pcs/8 h(最大产能); 缠绕工件直径 $\geq \phi 800$ mm(最大直径); 小车速度 $\geq 60$ m/min(最大速度); 缠绕定位精度 $\leq \pm 0.1$ mm; 缠绕单件质量 $\geq 500$ kg(最大质量); 工位数量 $\geq 5$	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
6.1.8	圆柱锂电池模组组装生产线	套	模块尺寸(长×宽×高)≥(670×350×98) mm(最大尺寸); 单模块质量≤25 kg; 整线产能≥10 组/时(最大产能); 输送速度可调范围覆盖(3~15) m/min	
6.1.9	锂二次电池串联化成分容检测装置	台	串联电芯数量≥32; 输出额定电流≥30 A; 整机充电效率≥80%; 整机放电效率≥75%; 三相不平衡度≤5%	
<b>6.2</b>	<b>新能源及智能网联汽车领域综合利用装备</b>			
6.2.1	锂电池全自动干燥系统	套	产能≥16 pcs/min; 烘箱裸腔体状态下极限真空度≤3 Pa; 泄漏率≤3 Pa·L/s; 烘箱有效能源利用率>50%; 温控误差≤±1 °C; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.2.2	锂离子电池全自动装配注液生产线	套	生产速度≥50 pcs/min(最大速度, 双机); 产品合格率≥99%; 冲片尺寸误差≤±0.05 mm; 最大噪音≤60 dB; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.2.3	锂电池全自动卷绕装配生产线	套	生产速度≥60 pcs/min(最大速度); 卷绕对齐误差≤±0.5 mm; 产品合格率≥99.5%; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.2.4	锂电池化成分容智能自动化生产线	套	电流误差≤±0.025% FS+0.025% RD; 电压误差≤±1 mV; 模块充电效率≥90%; 模块放电效率≥90%; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
6.2.5	全自动激光切卷绕一体机	台	单机生产速度 8 pcs/min(最大速度); 相邻两极耳间距误差≤±0.3 mm; 隔膜与负极对齐度误差≤±0.3 mm; 正极与负极对齐度误差≤±0.3 mm; 隔膜整体对齐度误差≤±0.3 mm; 具备在线自动识别、检测及诊断功能	
<b>6.3</b>	<b>新能源及智能网联汽车核心关键零部件</b>			
6.3.1	新能源汽车用 16 线激光雷达	件	测量距离范围覆盖(70~200) m, 测距误差≤±3 cm; 垂直视场角范围覆盖(-15 °~+15 °), 水平视场角 360 °; 操作温度范围覆盖: (-20 °C~+60 °C)(B 型), (-40 °C~+60 °C)(D 型)	



编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
6.3.2	新能源特种车用牵引电机	件	峰值功率 $\geq 22$ kW，额定功率 $\geq 11$ kW；峰值转矩 $\geq 160$ N·m；额定转矩 $\geq 26$ N·m；峰值转速 $\geq 4200$ rpm；额定转速 $\geq 4000$ rpm	
6.3.3	新能源汽车用氢燃料电池发动机	件	额定功率 $\geq 56$ kW；体积功率密度 $\geq 350$ W/L；防护等级不低于 IP67；运行温度范围覆盖(-30 °C~45 °C)；噪音 $\leq 84$ dB	

### 7.高端医疗装备

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
7.1	呼吸道 OCT 影像设备	套	横向分辨率 $\leq 45\ \mu\text{m}$ 、纵向分辨率 $\leq 50\ \mu\text{m}$ ；探测深度范围(0.3~1.5) mm；传输效率 $\geq 40\%$ (平放)；探头旋转速率 $\geq (600\pm 60)\ \text{rpm}$ ；适用探头外径：1.7 mm/2.5 mm(允差 $\leq \pm 0.1\ \text{mm}$ )、长度：1.5 m $\pm 20\ \text{mm}$ ；激光波段：1310 nm $\pm 45\ \text{nm}$ ；观测分辨率 $\leq 12.5\ \mu\text{m}$ (最高分辨率)；可用于 1.7 mm 以上气道检测	
7.2	远程超声诊断系统	套	病人端机械臂扫描尺寸 $\geq 850\ \text{mm}$ (最大尺寸)，灵敏度 $\leq 0.1\ \text{N}$ ；端对端业务延时 $\leq 200\ \text{ms}$ ，恶劣网络丢包率 $\leq 5\%$ ；实现远程参数实时调节；支持 5G 信号网络，通过传输协议加密，支持凸阵和线阵扫描；支持超声探头种类 $\geq 2$	
7.3	多排螺旋计算机断层扫描(CT)系统	套	球管热容量 $\geq 8\ \text{MHU}$ (最大热容量)；高压 $\geq 80\ \text{kW}$ ；探测器 $\geq 64$ 排；单圈扫描时间 $\leq 0.37\ \text{s}$ ；空间分辨率 $\geq 21$ 线对；胸部 CT 最小剂量 $\leq 0.7\ \text{mSv}$	
7.4	磁共振成像系统*	台	移动式；静磁场强度 $\geq 0.23\ \text{T}$ ； $\phi 21\text{cm}$ 球峰谷值 $\leq 60\ \text{ppm}$ ；磁场中心强度变化率 $\leq 10\ \text{ppm/h}$ ；水平径向 5 高斯线 $\leq 1.4\ \text{m}$ ，垂直径向 5 高斯线 $\leq 1.5\ \text{m}$ ；磁体外壳上下板间距 $\geq 280\ \text{mm}$ ；成像系统软件组件提供的序列类型数 $\geq 10$	
7.5	全容积超声诊断系统*	台	乳腺专用探头可探测宽度 $\geq 133\ \text{mm}$ (最大宽度)；乳腺专用探头阵元数 $\geq 512$ ；扫查装置一次扫查时间 $\leq 50\ \text{s}$ ，多档可调；扫查装置扫查范围 $\geq 160\ \text{mm}$ (最大范围)；成像频率范围覆盖(5~12) MHz；成像断层厚度 $\leq 0.1\ \text{mm}$ ；具备乳腺“横断面”、“矢状面”、“冠状面”成像	
7.6	血液辐照仪*	台	放射源种类：X 射线装置；参考点吸收剂量(率)：测量值与预置值相对误差 $\leq \pm 10\%$ ；剂量场均匀度 $\leq \pm 25\%$ ；辐射时间相对误差 $\leq \pm 1.0\%$ ；距辐照仪可触及表面 50 mm 处任意位置的剂量当量率 $\leq 2.5\ \mu\text{Sv/h}$	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
7.7	地氟烷麻醉气体载药设备	台	输出浓度相对误差 $\leq\pm 15\%$ (设定浓度)或 $\pm 0.5\%$ (输送介质); 流量范围覆盖(0.2~15) L/min; 加药量 $\geq 250$ mL(最大加药量); 适用流量范围覆盖(0.2~15) L/min	
7.8	头部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统	台	定位参考点偏差 $\leq 0.18$ mm; 焦点标称吸收剂量率 $\geq 3.0$ Gy/min(初装放射源时); 敏感组织保护模块: 遮挡区域内剂量与照射区域内剂量之比 $\leq 3.6\%$ ; 最小聚焦野与最大聚焦野的焦点吸收剂量之比 $\geq 0.75$ ; 千伏级正交 X 光成像时间 $\leq 3$ s, 单次成像剂量 $\leq 0.6$ mGy	
7.9	基因测序仪	台	单次运行芯片数(芯片数/Run) $\geq 4$ ; 通道/芯片(Lane/芯片) $\geq 1$ ; 有效序列数/芯片 $\geq 5000$ M; 支持读长: PE100、PE150	
7.10	膝关节置换手术辅助系统	套	机械臂重复定位精度 $\leq 0.5$ mm; 机器人自由度数量 $\geq 6$ ; 光学定位跟踪系统定位精度 $\leq 1$ mm	
7.11	清创水刀系统	套	压力范围(11~100) Mpa; 压力允差 $\leq \pm 5\%$ ; 档位数量 $\geq 14$ ; 水流速度 $\geq 440$ m/sec, 水柱直径 $\leq \varnothing 0.12$ mm(最小直径)	
7.12	大功率全电子聚焦超声发射装置	台	焦点横向电子调控范围(-6 dB) $\geq 148$ mm; 焦点纵向电子调控范围/焦点高度范围(-6 dB) $\geq (30\sim 200)$ mm; 焦点横向聚焦偏差 $\leq 2.5$ mm; 焦点纵向聚焦偏差 $\leq 4.5$ mm; 声功率 $\geq 450$ W(最大功率)	

### 8.新能源装备及关键制造装备

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
8.1	三代核电用汽水分离再热器*	台	壳侧压力 $\geq 1.5$ MPa/-0.1 MPa; 二级再热器管侧压力覆盖(8.5 MPa/-1.5 Mpa); 壳侧温度 $\geq 300$ °C; 分离器出口蒸汽干度 $\geq 99.5\%$	
8.2	太阳能光伏密封胶双螺杆自动生产线	套	产能 $\geq 1500$ kg/h; 物料计量质量相对误差 $\leq \pm 0.5\%$ ; 物料脱水、脱泡真空度 $\leq 0.08$ Mpa	
8.3	晶硅光伏太阳能电池激光转印机	套	单机产能 $\geq 3600$ pcs/h; 硅片光电转化率 $\geq 23.6\%$ ; 栅线转印误差 $\leq \pm 5$ $\mu\text{m}$ ; 硅片破损率 $\leq 0.2\%$	
8.4	制氢工艺气锅炉装置	套	制氢产能 $\geq 1.215 \times 10^5$ m <sup>3</sup> /h(最大产能); 壳程设计压力 $\geq 5.4$ MPa, 水压试验压力 $\geq 8.1$ MPa; 管程设计压力 $\geq 3.2$ MPa, 水压试验压力 $\geq 4.4$ MPa	
8.5	调相机水冷系统	套	单台调相机空气冷却器流量 $\geq 500$ m <sup>3</sup> /h(水冷条件下); 系统压力 $\leq 1.0$ Mpa; 调相机冷却器进水温度(控制值) $\leq 38$ °C	
8.6	锂电池储能系统	套	额定充放电功率 $\geq 560$ kW; 额定储电量 $\geq 1.6$ MWh; 储能系统转换效率 $\geq 88\%$ ; 能量保持率 $\geq 90\%$ ; 低电压穿越的并网点电压 $\leq 0.2$ PU	
8.7	质子交换膜燃料电池膜电极生产线	套	产品合格率 $\geq 99\%$ ; 成品尺寸误差 $\leq \pm 0.1$ mm; 泄漏流量 $\leq \pm 0.1$ mL/min(不透膜测试)	
8.8	锂电池集流体复合铜箔卷绕式真空镀膜设备	台	可镀基材最薄厚度 $\leq 4.5$ $\mu\text{m}$ ; 膜层剥离强度 $\geq 4.9$ N/cm <sup>2</sup> ; 极限真空度优于 $8 \times 10^{-4}$ Pa	
8.9	大功率高频一体化换向工业电源装置*	台	电能转换效率 $\geq 92\%$ ; 单个模块输出电流 $\geq 2500$ A; 电流稳定相对误差 $\leq 0.3\%$ ; 采用同步整流、换向一体化技术	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
8.10	大功率双向岸电系统	台	单机额定容量范围覆盖(500~2000) kVA; 转换频率 $\geq 96\%$ ; 输出电压波形失真度 $\leq 2.5\%$	
8.11	平面刚性基材电子束固化设备 *	台	可加工尺寸 $\geq (1200 \times 2700)$ mm(最大尺寸); 生产速度 $\geq 50$ m/min(最大速度); 无 VOCs 排放; 节能 $\geq 50\%$	
8.12	IGBT 超高功率储能与动力电池组测试设备	台	通道直流输出功率 $\geq 800$ kW(最大功率); 输出直流电压范围覆盖(100~1600)V; 输出直流电压分辨率 $\leq 1$ mV; 输出直流电流分辨率 $\leq 1$ mA; 整机效率 $\geq 96\%$	

### 9.重大技术装备关键配套基础件

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
9.1	超高功率多模块连续光纤激光器*	件	输出功率 $\geq 30$ kW; 光束质量 $BPP \leq 8$ mm-mrad; 波长 $\leq (1080 \pm 10)$ nm; 故障率 $\leq 2.0\%$ ; 单模块功率 $\geq 4.5$ kW	
9.2	高精度紫外激光器调阻机*	件	$\theta$ 角切线偏差 $\leq 10$ $\mu\text{m}$ ; 平台重复定位精度 $\leq 3.0$ $\mu\text{m}$ ; 切线宽度 $\leq 8.0$ $\mu\text{m}$ (最小宽度); 修阻 $SD \leq 0.3(22 \Omega、1 \text{ M}\Omega)$ , 电阻最大允许误差 1.0%); 切线间距误差 $\leq 5.0$ $\mu\text{m}$	
9.3	激光模切分切一体机 CCD 模组	件	运行线速度 $\geq 100$ m/min(最大速度); 幅宽 $\geq 500$ mm(最大幅宽); 系统检测误差 $\leq \pm 0.05$ mm; 系统控制贴标误差 $\leq \pm 20$ mm; 误检率 $\leq 0.05\%$	
9.4	高速超声波电主轴*	件	连续额定输出功率 $S1 \geq 6.0$ kW; 转速 $\geq 32000$ rpm(最高转速); 连续周期工作时的额定输出扭矩 $\geq 3.5$ N·m; 谐振频率范围覆盖(16~25) kHz; 振幅覆盖(6~10) $\mu\text{m}$ ; 主轴轴端静态回转精度 $\leq 0.008$ mm/120 mm	
9.5	大型精密铣削电主轴*	件	安装尺寸范围覆盖(150~280) mm; 转速 $\geq 24000$ rpm(最高转速); 额定功率范围 $S1$ 覆盖(13~42) kW; 额定扭矩范围 $S1$ 覆盖(20~240) N·m; 锥孔径向跳动 $\leq 0.008$ mm/300 mm	
9.6	高档数控装备丝杠专用轴承单元*	件	轴承精度 P4 级; 轴向跳动 $\leq 0.003$ mm	
9.7	高性能焊枪*	件	焊接压力 $\geq 9000$ N(最大压力); 焊接电流 $\geq 20$ kA; 变压器与伺服电机部件更换时间 $\leq 10$ min	
9.8	永磁同步伺服直驱电机	件	额定功率 $\geq 280$ kW; 额定转速 $\geq 330$ rpm; 频率 $\geq 88$ Hz; 转矩响应时间 $\leq 300$ ms; 转矩 $\geq 8000$ N·m(最大转矩); 效率 $\geq 94\%$	

编号	产品分类及名称	单位	产品性能技术参数	备注
9.9	大扭矩力矩电机	件	瞬时输出扭矩 $\geq 2000$ N·m(最大扭矩); 额定扭矩 $\geq 750$ N·m; 额定功率 $\geq 6$ kW; 额定转速 $\geq 60$ rpm; 转角误差 $\leq \pm 80''$ , 重复定位精度 $\leq 2.5''$ ; 负载安装面机械误差 $\leq 10$ $\mu$ m	
9.10	氢燃料电池系统*	件	额定功率 $\geq 45$ kW; 系统质量比功率 $\geq 200$ W/kg; 系统体积比功率 $\geq 240$ W/L; 低温启动温度 $\leq -20$ °C	
9.11	重载机器人用精密行星摆线减速器	件	额定输出扭矩 $\geq 11700$ N·m; 额定输出转速 $\geq 15$ rpm; 最大减速比 $\geq 280$ ; 匀速传递误差 $\leq 1$ arcmin; 回程间隙 $\leq 1$ arcmin; 效率 $\geq 80\%$ ; 摆线外齿加工精度等级不低于 3 级; 针壳内齿加工精度等级不低于 4 级	
9.12	中性点接地电阻器	件	额定电压 $\geq 80$ kV; 故障时短时冲击电流 $\geq 24$ kApeak(30 ms); 短时冲击能量 $\geq 260$ MJ; 雷电耐受电压 $\geq 715$ kVpeak; 工频耐压 $\geq 360$ kV RMS(1 min)	