

附件

首台（套）重大技术装备推广应用指导目录

（2024 年版）

二〇二四年九月

目 录

1. 高端工业母机	1
1.1 数控机床	1
1.2 铸造装备	3
1.3 锻压装备	4
1.4 焊接装备	4
1.5 热、表面处理装备	4
1.6 增材制造装备	4
1.7 工业机器人	5
1.8 其他成形装备	6
1.9 高端工业母机核心系统和关键零部件	6
2. 电子专用装备	8
2.1 集成电路生产装备	8
2.2 片式元件生产装备	10
2.3 新型显示生产装备	10
2.4 太阳能电池生产装备	10
3. 电力装备	11
3.1 核电机组	11
3.2 大型火电机组	12
3.3 大型水电机组	12
3.4 大型风电机组	12
3.5 太阳能机组	12
3.6 生物质能发电装备	12
3.7 新型储能装备	12
3.8 新型电力系统输配电装备	13
3.9 电力装备核心系统和关键零部件	14
4. 大型矿山和冶金装备	17
4.1 千万吨级井工综采综掘成套装备	17

4.2	千万吨级大型露天矿用装备	17
4.3	金属冶炼铸造装备	17
4.4	金属压延及加工装备	18
4.5	物料搬运及港口机械装备	18
4.6	大型矿山和冶金装备核心系统和关键零部件	19
5.	大型石油和化工装备	20
5.1	陆地油气钻采装备	20
5.2	油气管道集输装备	20
5.3	千万吨级炼油装置	21
5.4	百万吨级乙烯装置	21
5.5	百万吨级精对苯二甲酸装置	22
5.6	煤化工成套装备	22
5.7	气体分离、压缩装备	22
5.8	大型石油和化工装备核心系统和关键零部件	23
6.	先进节能环保装备	24
6.1	节水与水处理装备	24
6.2	大气污染治理装备	24
6.3	固体废物处理利用装备	24
6.4	先进节能环保装备核心系统和关键零部件	25
7.	先进轨道交通装备	26
7.1	动车组	26
7.2	铁路机车车辆	26
7.3	铁路工程机械	26
7.4	城市轨道交通车辆	26
7.5	先进轨道交通装备核心系统和关键零部件	27
8.	船舶与海洋工程装备	28
8.1	船舶	28
8.2	海洋工程装备	29

8.3	海上油气钻采装备	29
8.4	船舶与海洋工程装备核心系统和关键零部件	29
9.	航空航天装备	37
9.1	固定翼飞机	37
9.2	直升机	37
9.3	无人机及其他航空器	38
9.4	航天运载器	38
9.5	航天飞行器	39
9.6	机场地面设备	40
9.7	航空航天装备核心系统和关键零部件	40
10.	新型农业机械装备	41
10.1	新型高效拖拉机	41
10.2	自走式收获机	41
10.3	大型播种机	42
10.4	植保机械	42
11.	大型工程机械	44
11.1	掘进机械	44
11.2	起重机械	44
11.3	挖掘铲运机械	44
11.4	路面压实与桩工机械	44
11.5	安全应急装备	44
11.6	大型工程机械核心系统和关键零部件	45
12.	新型轻工和纺织机械	46
12.1	食品机械	46
12.2	药品机械	46
12.3	印刷机械	46
12.4	织造机械	46
12.5	印染整理机械	47
12.6	化纤与非织造布机械	47

13. 高端医疗装备	48
13.1 手术装备	48
13.2 医学影像装备	48
13.3 放射治疗装备	49
13.4 体外诊断装备	49
13.5 卫生应急装备	49
13.6 高端医疗装备核心系统和关键零部件	50
14. 精密仪器仪表	51
14.1 仪器	51
14.2 仪表	52
14.3 测量检测装备	52
15. 重大技术装备关键配套及基础件	53
15.1 液压气动密封装置及系统	53
15.2 轴承	53
15.3 传动系统及连接件	53
15.4 控制部件及系统	53

1. 高端工业母机

编号	装备名称	核心技术指标
1.1 数控机床		
1.1.1	重型精密立式车床	最大加工直径：3500~5000mm； 最大加工工件高度≥2500mm； 工作台跳动（端面、径向）<0.015mm； X/Z（直线轴）定位精度≤12μm（行程≤2000mm），行程每增加1000mm精度增加4μm； X/Z（直线轴）重复定位精度≤6μm
		最大加工直径>5000mm； 最大加工工件高度≥4000mm； 工作台跳动（端面、径向）<0.02mm； X/Z（直线轴）定位精度≤12μm（行程≤2000mm），行程每增加1000mm精度增加5μm； X/Z（直线轴）重复定位精度≤8μm
1.1.2	精密车削中心	加工工件圆度≤0.5μm，圆柱度≤1μm； 直线轴定位精度≤2μm； 直线轴重复定位精度≤1μm
1.1.3	高精度车铣复合加工中心	转台直径：630~1000mm； 直线轴定位精度≤5μm； 直线轴重复定位精度≤3μm； 回转轴定位精度≤5"； 回转轴重复定位精度≤3"
		转台直径：1000（不含）~3000mm； 直线轴定位精度<10μm； 直线轴重复定位精度<6μm； 回转轴定位精度≤10"； 回转轴重复定位精度≤5"
1.1.4	五轴联动铣车复合加工中心	最大加工直径：630mm； 直线轴定位精度≤6μm； 直线轴重复定位精度≤3μm； 回转轴定位精度≤6"； 回转轴重复定位精度≤3"

编号	装备名称	核心技术指标
		最大加工直径：630（不含）～1100mm； 直线轴定位精度 $\leq 8\mu\text{m}$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 5\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $\leq 8''$ ； 回转轴重复定位精度 $\leq 5''$
1.1.5	五轴立式龙门镜像铣削机床	最小壁厚 $\leq 0.9\text{mm}$ ； 壁厚精度： $\pm 0.1\text{mm}$
1.1.6	五轴立式加工中心	工作台尺寸 $> 1000\text{mm}$ ； 直线轴定位精度 $\leq 5\mu\text{m}$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 3\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $\leq 5''$ ； 回转轴重复定位精度 $\leq 3''$
1.1.7	五轴卧式加工中心	工作台尺寸 $< 800\text{mm}$ ； 直线轴定位精度 $\leq 4\mu\text{m}$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 2\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $\leq 4''$ ； 回转轴重复定位精度 $\leq 2''$
		工作台尺寸：800～1250mm； 直线轴定位精度 $\leq 6\mu\text{m}$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 4\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $\leq 6''$ ； 回转轴重复定位精度 $\leq 4''$
		工作台尺寸：1250（不含）～1600mm； 直线轴定位精度 $< 10\mu\text{m}$ ； 直线轴重复定位精度 $< 6\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $< 10''$ ； 回转轴重复定位精度 $< 6''$
1.1.8	精密坐标镗加工中心	工作台尺寸 $\geq 630\text{mm}$ ； 定位精度 $\leq 3\mu\text{m}$ ； 重复定位精度 $\leq 1.5\mu\text{m}$ ； 回转轴定位精度 $\leq 3''$ ； 回转轴重复定位精度 $\leq 1.5''$
1.1.9	卧式数控高速拉床	Y/Z（直线轴）定位精度 $\leq 15\mu\text{m}$ ； Y/Z（直线轴）重复定位精度 $\leq 10\mu\text{m}$ ； A/C（回转轴）定位精度 $\leq 15''$ ；

编号	装备名称	核心技术指标
		A/C（回转轴）重复定位精度 $\leq 10''$ ； 粗糙度 $\leq Ra0.8\mu m$
1.1.10	高精度立式磨床	最大磨削直径 $\geq 1000mm$ ； 直线轴定位精度 $\leq 4\mu m$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 2\mu m$ ； 内圆圆度 $\leq 0.6\mu m$ ，粗糙度 $\leq Ra0.2\mu m$ ； 工作台跳动（端面、径向） $\leq 0.002mm$
1.1.11	精密数控坐标磨床	主轴转速 $\geq 45000r/min$ ； 直线轴定位精度 $\leq 4\mu m$ ； 直线轴重复定位精度 $\leq 2\mu m$
1.1.12	精密复合磨削中心	加工精度：外圆圆度 $\leq 0.2\mu m$ ，内圆圆度 $\leq 0.4\mu m$ ； 圆柱度 $\leq 1\mu m$
1.1.13	复合材料飞秒激光切割装备	加工幅面 $\geq 250mm \times 250mm$ ； X/Y（直线轴）定位精度 $\leq 0.5\mu m$ ； 切割厚度 $\geq 2mm$ ； 热影响区 $\leq 5\mu m$ ； 拉伸强度 $\geq 95\%$
1.2 铸造装备		
1.2.1	超大型冷室压铸机	锁模力 $\geq 90000kN$ ，最大压射力 $\geq 3500kN$ ； 最大铸造面积：2250cm ² （40MPa）； 最大空压射速度 $\geq 9m/s$ ； 建压时间 $\leq 40ms$ ； 压铸周期 $\leq 120s$
1.2.2	单晶定向炉	额定容量 $\geq 50kg$ ； 温度控制精度： $\pm 1^{\circ}C$ ； 拉晶柱精度误差： $\pm 0.1mm$ ； 工作真空度 $\leq 1Pa$ ，极限真空度 $\leq 0.01Pa$
1.2.3	高效精密无模成形装备	最大成形尺寸 $\geq 5000mm \times 3000mm \times 1000mm$ ； 成形精度 $\leq 0.1mm/1000mm$ ； X/Y（直线轴）最大进给速度 $\geq 30m/min$

编号	装备名称	核心技术指标
1.3 锻压装备		
1.3.1	高效精密径向锻机	锻造力 $\geq 6\text{MN}$; 最高锻造频次 ≥ 310 次/分钟; 锤头调节精度: $\pm 0.2\text{mm}$; 夹头行走定位精度: $\pm 1\text{mm}$; 夹头旋转定位精度: $\pm 0.5^\circ$
1.3.2	伺服电动螺旋压机	公称压力 $\geq 250\text{MN}$; 运动部分能量: 5000kJ ; 行程次数: 8 次/分钟
1.3.3	精密冷温锻造压机	工位数量 ≥ 5 ; 公称压力 $\geq 16\text{MN}$; 公称力最大行程 $\geq 16\text{mm}$; 最大行程次数 ≥ 40 次/分钟; 成形精度 ≥ 6 级
1.4 焊接装备		
1.4.1	大型线性摩擦焊装备	焊接力 $\geq 1000\text{kN}$; 顶锻力 $\geq 1200\text{kN}$; 频率: $10\sim 90\text{Hz}$
1.4.2	大型惯性摩擦焊装备	主轴转速 $\geq 600\text{r/min}$; 最大转动惯量 $\geq 8700\text{kg}\cdot\text{m}^2$; 最大顶锻力 $\geq 10000\text{kN}$
1.4.3	高功率激光—电弧复合焊接装备	激光功率 $\geq 12\text{kW}$; 激光输出功率不稳定性 $\leq 1.5\%$; 电弧电流 $\geq 400\text{A}$; 有效行程 $\geq 30\text{m}$; 定位精度 $\leq 0.5\text{mm}$; 重复定位精度 $\leq 0.3\text{mm}$
1.5 热、表面处理装备		
1.6 增材制造装备		
1.6.1	微尺度粉末床熔融装备	粉末粒径 $\leq 10\mu\text{m}$; 成形精度: $\pm 2\mu\text{m}$; 表面粗糙度 $\leq \text{Ra}1.6\mu\text{m}$

编号	装备名称		核心技术指标
1.6.2	全覆盖多激光粉末床熔融装备		成形尺寸 $\geq 300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 300\text{mm}$; 激光器数量 ≥ 8 个; 每个激光器覆盖全幅面
1.6.3	超大幅面粉末床熔融装备		成形尺寸 $\geq 1500\text{mm}\times 1500\text{mm}\times 1000\text{mm}$; 激光器数量 ≥ 20 个; 制造效率 $\geq 900\text{cm}^3/\text{h}$
1.6.4	多电子束选区熔化增材制造装备		成形尺寸 $\geq 800\text{mm}\times 800\text{mm}\times 800\text{mm}$; 电子枪数量 ≥ 4 个; 单枪功率 $\geq 4.5\text{kW}$; 成形精度 $\leq 0.5\text{mm}$; 孔隙率 $\leq 0.3\%$; 制造效率 $\geq 200\text{cm}^3/\text{h}$
1.7 工业机器人			
1.7.1	电子制造用高速高精度工业机器人		负载 $\geq 12\text{kg}$; 自由度: 6; 重复定位精度: $\pm 0.02\text{mm}$; 防护等级: IP67
1.7.2	汽车制造用工业机器人	1.7.2.1 点焊机器人	负载 $\geq 150\text{kg}$; 重复定位精度: $\pm 0.05\text{mm}$; 平均无故障时间 $\geq 80000\text{h}$
		1.7.2.2 弧焊机器人	负载 $\geq 6\text{kg}$; 重复定位精度: $\pm 0.02\text{mm}$; 重复轨迹精度: $\pm 0.1\text{mm}$; 平均无故障时间 $\geq 80000\text{h}$
		1.7.2.3 喷涂机器人	重复定位精度: $\pm 0.2\text{mm}$; 换色时间 $\leq 15\text{s}$; 平均无故障时间 $\geq 80000\text{h}$; 防护等级: IP66
1.7.3	冶炼炉高温强冲击载荷工业机器人		工具末端最大冲击载荷 $\geq 90000\text{N}$; 定位精度: $\pm 5\text{mm}$; 最大速度 $\geq 1.8\text{m/s}$; 无故障冲击次数 ≥ 12000 次; 机器人本体耐受环境温度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$

编号	装备名称	核心技术指标
1.7.4	重载工业机器人	负载 $\geq 700\text{kg}$; 重复定位精度: $\pm 0.08\text{mm}$; 绝对定位精度: $\pm 1\text{mm}$; 平均无故障时间 $\geq 80000\text{h}$
1.8 其他成形装备		
1.8.1	大型薄膜平行双螺杆挤出机	螺杆直径 $\geq 190\text{mm}$; 长径比 $\geq 34:1$; 额定转速 $\geq 200\text{r/min}$; 产能 $\geq 9\text{t/h}$; 装机功率 $\geq 2000\text{kW}$
1.9 高端工业母机核心系统和关键零部件		
1.9.1	数控机床滚珠丝杠	中径: $25\sim 63\text{mm}$; 噪声 $\leq 72\text{dB}$ (48m/min 以上); 精度达到 P1 级
1.9.2	数控机床导轨	宽度: $25\sim 55\text{mm}$; 噪声 $\leq 70\text{dB}$ (60m/min 以上); 精度达到 P1 级
1.9.3	数控机床直驱转台	A/C (回转轴) 定位精度 $\leq 10''$; A/C (回转轴) 重复定位精度 $\leq 4''$
1.9.4	数控机床电主轴	回转误差 $\leq 0.1\mu\text{m}$; 静刚度 $\geq 1000\text{N}/\mu\text{m}$; 转速 $\geq 15000\text{r/min}$; 低速输出扭矩 $\geq 300\text{N}\cdot\text{m}$
1.9.5	数控机床双摆角铣头	A/C (回转轴) 驱动扭矩 $\geq 5000\text{N}\cdot\text{m}$; 夹紧扭矩 $\geq 6000\text{N}\cdot\text{m}$; 主轴扭矩 $\geq 1250\text{N}\cdot\text{m}$; 定位精度 $\leq 8''$; 重复定位精度 $\leq 4''$
1.9.6	数控机床高速精密转台轴承	DN 值 $\geq 7\times 10^5\text{mm}\cdot\text{r/min}$; 刚性 $\geq 175\text{kN}\cdot\text{m/mrad}$; 精度达到 P2 级
1.9.7	数控机床光栅/时栅回转编码器	精度: $\pm 1''$; 平均无故障时间 $\geq 10000\text{h}$

编号	装备名称	核心技术指标
1.9.8	数控机床光栅/时栅直线编码器	精度： $\pm 1\mu\text{m}/\text{m}$ ； 平均无故障时间 $\geq 10000\text{h}$
1.9.9	数控机床数控装置	最高支持通道数 ≥ 8 ； 单通道插补周期 $\leq 1\text{ms}$ ； 平均无故障时间 $\geq 30000\text{h}$ ； 具备 RTCP 误差补偿、刀轴矢量控制动态前馈控制功能
1.9.10	数控机床伺服驱动器	位置输出最高分辨率：28 位； 最大调速比：1:100000； 最大载波频率：8K； 具备 2 倍过载能力（持续 3s），支持动态精度优化、全闭环接口
1.9.11	重载工业机器人 RV 减速器	传动精度 $\leq 50''$ ； 背隙回差 $\leq 1'$ ； 传动效率 $\geq 85\%$ ； 寿命 $\geq 6000\text{h}$

2. 电子专用装备

编号	装备名称	核心技术指标
2.1 集成电路生产装备		
2.1.1	硅外延炉	晶圆直径：300mm； 工艺节点等于或优于 28nm； 应用材料：硅、锗硅
2.1.2	湿法清洗机	晶圆直径：300mm； 工艺节点优于 28nm； 用于关键层清洗
2.1.3	氧化炉	晶圆直径：300mm； 工艺节点等于或优于 28nm
2.1.4	涂胶显影机	晶圆直径：300mm； 工艺节点等于或优于 28nm； 用于关键层涂胶显影
2.1.5	氟化氪光刻机	晶圆直径：300mm； 照明波长：248nm； 分辨率 $\leq 110\text{nm}$ ； 套刻 $\leq 25\text{nm}$
2.1.6	氟化氪光刻机	晶圆直径：300mm； 照明波长：193nm； 分辨率 $\leq 65\text{nm}$ ； 套刻 $\leq 8\text{nm}$
2.1.7	高能离子注入机	晶圆直径：300mm； 注入均匀性 $\leq 0.5\%$ ； 能量范围 $\geq 1\text{MeV}$ ； 能量纯度：99.9%
2.1.8	低能离子注入机	晶圆直径：300mm； 能量范围：200eV $\sim$ 50KeV； 注入剂量： $5\times 10^{13}\sim 5\times 10^{16}\text{ions/cm}^2$ ； 束流大小：0.5 $\sim$ 30mA
2.1.9	等离子干法刻蚀机	晶圆直径：300mm； 工艺节点等于或优于 28nm； 用于关键层刻蚀
2.1.10	特种金属膜层刻蚀机	刻蚀晶圆规格：12 英寸； CD1 σ 均匀性（片内、片间、批间） $\leq 3\%$ ；

编号	装备名称	核心技术指标
		MTJ 特征 CD: 25~80nm; MTJ 侧壁损伤 $\leq 2\text{nm}$; MTJ 侧壁陡直度 $\geq 80^\circ$
2.1.11	化学气相沉积装备	晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 28nm; 用于关键层沉积
2.1.12	物理气相沉积装备	晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 28nm; 用于关键层沉积
2.1.13	化学机械抛光机	铜抛光: 晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 14nm; 片内及片间非均匀性 $\leq 5\%$; 抛光速率 $> 5000\text{\AA}/\text{min}$
		钨抛光: 晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 14nm; 片内及片间非均匀性 $\leq 5\%$; 抛光速率 $\geq 2000\text{\AA}/\text{min}$
		铝抛光: 晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 28nm; 片内及片间非均匀性 $\leq 5\%$; 抛光速率 $\geq 2500\text{\AA}/\text{min}$
		介质抛光: 晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 28nm; 片内及片间非均匀性 $\leq 5\%$; 抛光速率 $\geq 1000\text{\AA}/\text{min}$
2.1.14	激光退火装备	晶圆直径: 300mm; 工艺节点等于或优于 28nm
2.1.15	光学线宽量测装备	动态重复性: 宽度 $\leq 0.1\text{nm}$, 高度 $\leq 0.15\text{nm}$, 角度 $\leq 0.08^\circ$; 准确性: 线性度 ≥ 0.9 , 斜率: within 1 ± 0.1 ; 表面颗粒增加 ≤ 4 颗@ $> 30\text{nm}$

编号	装备名称	核心技术指标
2.2 片式元件生产装备		
2.2.1	多层片式陶瓷电容器用辊压机	有效运行时间 $\geq 80\%$; 膜卷最大可安装直径 $\geq 500\text{mm}$; 印刷宽度 $\geq 330\text{mm}$; 印刷速度 $\geq 100\text{m/min}$; 印刷辊与黑胶辊之间的平行度 $\leq 30\mu\text{m}$
2.2.2	多层片式陶瓷电容器用叠层机	叠层尺寸 $\geq 310\text{mm} \times 310\text{mm}$; 叠层效率 $\leq 7\text{s}$; 图像重复精度: $\pm 2\mu\text{m}$, 对位台定位精度: $\pm 2\mu\text{m}$; 叠层图形变形量: $\Delta X \leq 0.015\text{mm}$, $\Delta Y \leq 0.015\text{mm}$; 单膜厚度 $\leq 2\mu\text{m}$, 层数可达 1000 层; 有效运行时间占比 $\geq 85\%$
2.2.3	薄膜流延机	适用 PET 膜宽: 350mm ; 最大流膜宽度 $\geq 310\text{mm}$; 流延厚度: $1 \sim 10\mu\text{m}$, 流延速度 $\geq 100\text{m/min}$; 烘干温度 $\leq 120^\circ\text{C}$; 流延极差: $\pm 5\%$
2.3 新型显示生产装备		
2.3.1	超薄玻璃一次拉制成形装备	厚度 $\leq 70\mu\text{m}$; 厚度差 $\leq 10\%$; 透过率 $\geq 90\%$
2.4 太阳能电池生产装备		
2.4.1	钙钛矿真空镀膜机	膜厚均匀性 $\leq 5\%$; 片间膜厚稳定性 $\leq 2\%$; 组件尺寸 $\geq 0.72\text{m}^2$; 生产节拍 $\leq 60\text{s}$
2.4.2	钙钛矿涂布机	膜厚均匀性 $\leq 5\%$; 片间膜厚稳定性 $\leq 5\%$; 组件尺寸 $\geq 0.72\text{m}^2$; 生产节拍 $\leq 60\text{s}$

3. 电力装备

编号	装备名称		核心技术指标
3.1 核电机组			
3.1.1	三代核电 (华龙一号、CAP 系列) 核心系统和 关键零部件	3.1.1.1 主回路系统 装备及堆芯测量 系统	机组额定功率≥1200MWe; 设计寿命≥60 年; 堆芯损坏概率≤1.0×10 ⁻⁵ /堆年; 大量放射性物质释放概率≤1.0×10 ⁻⁶ /堆年; 换料周期≥18 个月
		3.1.1.2 主泵变频器	
		3.1.1.3 主蒸汽与 主给水隔离阀门及 高灵敏度调节阀	
		3.1.1.4 数字化仪控 系统	
		3.1.1.5 乏燃料运输 容器	
		3.1.1.6 核级专用焊材	
3.1.2	高温气冷堆 核心系统和 关键零部件	3.1.2.1 一回路系统 装备和测量系统	堆芯出口温度≥750℃; 单模块热功率≥250MW _e ; 设计寿命≥60 年; 满足第四代核电安全特性
		3.1.2.2 燃料及其 装卸系统	
		3.1.2.3 数字化仪控 系统	
		3.1.2.4 氦气冷却 回路相关设备及 阀门	
		3.1.2.5 氦气回路 核级专用焊材	
3.1.3	快中子反应堆 核心系统和 关键零部件	3.1.3.1 钠回路系统 装备	机组额定功率≥600MWe; 设计寿命≥40 年; 堆芯损坏概率≤1.0×10 ⁻⁶ /堆年; 大量放射性物质释放概率≤1.0×10 ⁻⁷ /堆年
		3.1.3.2 钠回路仪控 和检测装备	
		3.1.3.3 钠回路核级 专用焊材	

编号	装备名称		核心技术指标
3.2 大型火电机组			
3.2.1	燃气轮机		额定功率<30MW，单循环热效率≥20%； 额定功率：30~50MW，单循环热效率≥26%； 额定功率>50MW，单循环热效率≥32%
3.2.2	高效二次再热煤电机组技术装备		额定功率≥1200MW； 再热蒸汽温度≥630℃； 蒸汽压力≥30MPa
3.3 大型水电机组			
3.3.1	大型变速抽水蓄能机组		单机容量≥300MW； 转子交流励磁系统额定电压≥3kV
3.4 大型风电机组			
3.4.1	海上风力发电机组	3.4.1.1 近海抗台型风电机组	额定功率≥15MW； 风能利用系数（Cp 值）≥0.47； 设计寿命≥25 年； 极限生存风速≥45m/s（10min 平均值）
		3.4.1.2 深远海漂浮式风电机组	额定功率≥7MW； 风能利用系数（Cp 值）≥0.47； 设计水深≥50m； 设计寿命≥25 年； 极限生存风速≥55m/s（10min 平均值）
3.5 太阳能机组			
3.6 生物质能发电装备			
3.7 新型储能装备			
3.7.1	全钒液流电池储能系统		额定功率≥200MW； 额定能量≥800MWh； 系统能量效率≥65%； 设计寿命≥20 年
3.7.2	铁铬液流电池储能系统		额定能量≥6MWh； 额定功率≥1MW； 额定能量效率≥65%； 设计寿命≥20 年

编号	装备名称		核心技术指标
3.7.3	钠离子电池储能系统		额定能量 $\geq 1\text{MWh}$; 额定能量效率 $\geq 85\%$; 设计寿命 ≥ 3000 次
3.7.4	超级电容储能系统		单体能量 $\geq 30\text{Wh}$; 比能量 $\geq 120\text{Wh/kg}$; 80%DOD 循环寿命 ≥ 20 万次
3.8 新型电力系统输配电装备			
3.8.1	特高压柔性直流换流阀		额定电压： $\pm 800\text{kV}$ 及以上; 输送容量 $\geq 5000\text{MW}$; 控制链路延时 $\leq 70\mu\text{s}$
3.8.2	海上风电换流站		额定电压： $\pm 400\text{kV}$ 及以上; 额定电量 $\geq 1100\text{MW}$; 极限生存风速 $\geq 33\text{m/s}$ （10min 平均值）; 抗震烈度 ≥ 7 度
3.8.3	混合换相换流阀		额定直流电压 $\geq 120\text{kV}$; 额定直流电流 $\geq 3000\text{A}$; 最大关断电流 $\geq 5500\text{A}$; 过负荷电流 $\geq 3600\text{A}$ （持续 2h）
3.8.4	直流干式电容器		最大电压 $\geq 2.8\text{kV}$; 最大电容 $\geq 9\text{mF}$; 损耗 $\leq 0.05\%$; 可重复峰值电流：30kA
3.8.5	高海拔特高压换流变压器		额定电压： $\pm 800\text{kV}$; 应用海拔 $\geq 2500\text{m}$
3.8.6	天然酯绝缘油变压器		额定容量 $\geq 240\text{MVA}$; 电压等级 $\geq 220\text{kV}$
3.8.7	开关设备	3.8.7.1 环保气体开关设备	额定电压 $\geq 120\text{kV}$; 额定电流 $\geq 4000\text{A}$; 额定短路开断电流：40kA; 绝缘介质：干燥环保气体; 断口满足工频耐受电压（230+73）kV， 雷电冲击耐受电压（550+103）kV; 机械寿命 ≥ 10000 次

编号	装备名称		核心技术指标
		3.8.7.2 单断口高压真空断路器	额定短路开断电流 $\geq 40\text{kA}$; 断口满足工频耐受电压（230+73）kV， 雷电冲击耐受电压（550+103）kV； 工作环境温度：-40 $\sim$ +40 $^{\circ}\text{C}$ ； 机械寿命 ≥ 10000 次
		3.8.7.3 高电压大容量高通流能力开关设备	额定电压 $\geq 550\text{kV}$ ； 额定电流 $\geq 8000\text{A}$ ； 额定短路开断电流 $\geq 80\text{kA}$ ， 短时/峰值耐受电流 $\geq 80\text{kA}/210\text{kA}$ ； 机械寿命 ≥ 10000 次
		3.8.7.4 海上风电高电压环保型开关设备	额定电压 $\geq 70\text{kV}$ ； 额定电流 $\geq 1250\text{A}$ ； 额定短路开断电流 $\geq 30\text{kA}$ ，额定短时耐受电流 $\geq 30\text{kA}$ （持续 3s）； 绝缘介质：干燥环保气体
3.8.8	智能配电网控制装备	3.8.8.1 时间敏感网络交换机	时间同步精度 $\leq 50\text{ns}$ ，时延 $\leq 1\mu\text{s}$ ， 抖动 $\leq 500\text{ns}$ ； 支持 802.1AS/Qbu/Qbv/Qci/Qch/CB 等主流 TSN 协议； 功耗 $\leq 4\text{W}$
		3.8.8.2 全控型次同步振荡抑制装置	额定输入电压/频率：10kV/50Hz； 额定功率 $\geq 2.5\text{MW}$ ； 治理次同步频率范围：5 $\sim$ 35Hz； 效率 $\geq 98.5\%$ ； 补偿时间 $\leq 1\text{ms}$
3.9 电力装备核心系统和关键零部件			
3.9.1	核主泵机械密封		正常工况密封压力 $\geq 15\text{MPa}$ ； 正常工况密封温度：30 $\sim$ 74 $^{\circ}\text{C}$ ； 特殊工况密封温度：110 $^{\circ}\text{C}$ ； 密封运行周期 ≥ 4 个运行周期； 密封介质：冷却水（含硼）
3.9.2	燃气轮机关键部件	3.9.2.1 透平叶片	配套应用于燃气轮机要满足本目录编号 3.2.1 所规定产品的核心技术指标
		3.9.2.2 燃烧室喷嘴	
		3.9.2.3 火焰检测器	

编号	装备名称		核心技术指标
3.9.3	抽水蓄能机组控制与保护装备		测频分辨率 $\leq 0.0001\text{Hz}$; 励磁系统所有通道间跟踪精度 $\leq \pm 0.2\%$; 灭磁开关额定分断电流 $\geq 80\text{kA}$; 整流桥间均流系数 $\geq 96\%$
3.9.4	海上风电机组核心零部件	3.9.4.1 变流器	主机额定功率 $\geq 10\text{MW}$; 效率 $\geq 97\%$; 平均无故障工作时间 $\geq 18000\text{h}$
		3.9.4.2 发电机	主机额定功率 $\geq 10\text{MW}$; 效率 $\geq 96\%$
		3.9.4.3 叶片	主机额定功率 $\geq 10\text{MW}$; 风能利用系数 (C_p 值) ≥ 0.47
		3.9.4.4 主轴承	主机额定功率 $\geq 16\text{MW}$; 精度: P4 级; 工作环境温度: $-40 \sim +80^\circ\text{C}$; 设计寿命 ≥ 25 年
		3.9.4.5 齿轮箱	主机额定功率 $\geq 16\text{MW}$; 传动效率 $\geq 98\%$; 振动速度 $\leq 3.0\text{mm/s}$; 工作噪声 $\leq 105\text{dB (A)}$; 设计寿命 ≥ 25 年
3.9.5	压缩空气储能系统	3.9.5.1 压缩机子系统	额定功率 $\geq 300\text{MW}$; 额定效率 $\geq 70\%$; 变工况运行范围: $40\% \sim 110\%$; 启动时间 $\leq 8\text{min}$ (冷态启动至并网); 非补燃式
		3.9.5.2 膨胀机子系统	
		3.9.5.3 蓄热换热子系统	
3.9.6	飞轮储能装置	3.9.6.1 大功率电力级飞轮单体设备	单机输出功率 $\geq 100\text{kW}$; 单机输出能量 $\geq 30\text{MJ}$
		3.9.6.2 五自由度磁轴承稳定控制装置	
		3.9.6.3 火储联合调频控制装备	
3.9.7	特高压分接开关		额定电流 $\geq 1600\text{A}$; 容量 $\geq 6400\text{KVA}$; 切换同步时间 $\leq 12\text{ms}$; 切换开关绝缘介质: 空气

编号	装备名称		核心技术指标
3.9.8	特高压直流套管		电压等级：±800kV 及以上
3.9.9	新型数智 电缆	3.9.9.1 新型感知电缆	感知距离 $\geq 3\text{m}$ ； 数据安全等级：满足《GM/T 0035.2-2014》 中规定的 II-B 级； 测温范围：-40 $\sim$ +150℃； 测温精度： $\pm 1^\circ\text{C}$
		3.9.9.2 超导电缆	电压等级 $\geq 35\text{kV}$ ； 额定电流 $\geq 2200\text{A}$ ； 额定容量 $\geq 133\text{MVA}$ ； 电缆单位漏热：2.5 $\sim$ 3W/m； 额定运行温度：77K（-196℃）

4. 大型矿山和冶金装备

编号	装备名称	核心技术指标
4.1 千万吨级井工综采综掘成套装备		
4.1.1	半煤岩掘锚一体机	截割功率 $\geq 560\text{kW}$; 掘进断面 $\geq 12\text{m}^2$; 截割煤岩硬度 $\leq 85\text{MPa}$; 机载锚杆钻机数量 ≥ 6
4.1.2	硬岩竖井钻机装备	装机功率 $\geq 2000\text{kW}$; 钻孔深度 $\geq 1000\text{m}$; 提吊力 $\geq 18000\text{kN}$; 综合成井速度 ≥ 60 米/月; 适应岩层单轴极限抗压强度 $\geq 200\text{MPa}$
4.2 千万吨级大型露天矿用装备		
4.2.1	大型无人值守露天矿用挖掘机	标准斗容 $\geq 45\text{m}^3$; 行走速度 $\geq 0.8\text{km/h}$; 铲斗定位和控制精度 $\leq 0.1\text{m}$; 目标重构和识别精度 $\leq 0.2\text{m}$
4.2.2	X 射线与可见光双识别选矿机	图像特征识别精度 $\geq 0.1\text{mm}$; 矿石信息处理、硬件分选能力 ≥ 1300 万颗/小时; 兼容矿石表面可见光、内部射线多通道图像信息同步采集、同步处理能力
4.3 金属冶炼铸造装备		
4.3.1	双辊薄带铸轧装备	最大拉速 $\geq 120\text{m/min}$; 铸带坯规格: 最大宽度 $\geq 1500\text{mm}$, 厚度: 1.4~2.1mm; 产品规格: 最大宽度 $\geq 1500\text{mm}$, 厚度: 0.7~1.9mm
4.3.2	多功能连铸机	不锈钢圆坯直径: 160~700mm; 不锈钢方坯尺寸: 190mm $\times$ 190mm; 不锈钢矩形坯尺寸: 300mm $\times$ 500mm; 不锈钢工或模具钢板坯尺寸: 300mm $\times$ 810mm; 不锈钢板坯: 厚度 $\leq 300\text{mm}$, 不锈钢圆坯 直径 $\leq 700\text{mm}$

编号	装备名称		核心技术指标
4.3.3	超大断面重型异形坯连铸机		最大拉坯速度 $\geq 0.60\text{m/min}$; 最大断面: 1300mm $\times$ 510mm $\times$ 140mm; 质量合格率 $\geq 98\%$; 年产量 $\geq 1\times 10^6\text{t}$
4.4 金属压延及加工装备			
4.4.1	高精度铝热连轧机		最大轧制速度 $\geq 10\text{m/s}$; 产品厚度精度: $\pm 0.014\text{mm}$ (2mm 厚); 产品凸度公差: $\pm 0.28\%$
4.4.2	宽幅镁合金板带轧制机	4.4.2.1 宽幅镁合金板带铸轧装备	板材宽度 $\geq 1200\text{mm}$; 产品厚度精度: $\pm 0.003\text{mm}$ (0.3mm 厚); 产品卷径 $\geq 1500\text{mm}$
		4.4.2.2 宽幅镁合金板带卷式轧制装备	辊面宽度 $\geq 1400\text{mm}$; 板材宽度 $\geq 1200\text{mm}$; 产品板厚 $\leq 0.3\text{mm}$; 产品厚差 $\leq 0.003\text{mm}$; 产品卷径 $\geq 1500\text{mm}$
4.4.3	宽幅铝带单机架冷轧机		辊面宽度 $\geq 1850\text{mm}$; 轧制速度 $\geq 1500\text{m/min}$; 厚度精度: $\pm 2.5\mu\text{m}$ (0.2mm 厚)
4.4.4	高强钢钢板精整装备		产品钢板抗拉强度 $\geq 2000\text{MPa}$; 钢板厚度: 0.7~3.5mm; 钢板宽度: 800~1850mm; 机组速度 $\geq 400\text{m/min}$; 拉矫平直度 $\leq 3\text{I}$
4.4.5	液力挤压装备		最大挤压力 $\geq 32\text{MN}$; 挤压筒内径 $\geq 150\text{mm}$; 产品长度 $\geq 1200\text{mm}$
4.5 物料搬运及港口机械装备			
4.5.1	穿越式双车岸边集装箱桥式起重机		小车运行速度 $\geq 300\text{m/min}$; 满载额定起升速度 $\geq 135\text{m/min}$; 单机效率 ≥ 45 循环/小时; 双梁四轨道结构及双车交叉穿越自动化作业

编号	装备名称	核心技术指标
4.5.2	门架式链斗卸船机	最大单机生产率 $\geq 5000\text{t/h}$ （卸矿石）， $\geq 4000\text{t/h}$ （卸煤）； 理论单位电耗 $\leq 0.4\text{kWh}$ ； 需清仓机工作舱位 $\leq 5\%$ 舱位； 全过程封闭、自动化卸料
4.6 大型矿山和冶金装备核心系统和关键零部件		
4.6.1	大吨位矿用自卸车电动轮	牵引功率 $\geq 4\text{MW}$ ； 传动效率 $\geq 92\%$ ； 减速比 ≥ 30 ； 输出扭矩 $\geq 1 \times 10^6\text{N}\cdot\text{m}$ ； 无故障运行里程 $\geq 24000\text{km}$ ； 矿用自卸车载重 $\geq 200\text{t}$

5. 大型石油和化工装备

编号	装备名称	核心技术指标
5.1 陆地油气钻采装备		
5.1.1	智能钻机	钻井深度 $\geq 15000\text{m}$; 最高工作压力 $\geq 70\text{MPa}$; 控制设备数量 ≥ 10 台,系统响应时间 $\leq 0.1\text{s}$; 实时识别 25 种以上钻井工况
5.1.2	卧式五缸高压钻井泵	额定输入功率 $\geq 2000\text{kW}$; 额定工作压力 $\geq 7500\text{psi}$; 额定排量 $\geq 77.6\text{L/s}@24\text{MPa}$ (缸套直径 180mm)
5.1.3	旋转地质导向钻井装备	最高工作温度 $\geq 175^{\circ}\text{C}$; 最高工作压力 $\geq 140\text{MPa}$; 姿态测量精度:井斜角: $\pm 0.1^{\circ}$,方位角: $\pm 1^{\circ}$; 实钻造斜率: $15.3^{\circ}/30\text{m}$; 具有零度造斜功能
5.1.4	大功率电驱压裂装备	最高工作压力 $\geq 140\text{MPa}$; 单机输出功率 $\geq 5800\text{kW}$; 压裂柱塞泵单泵流量 $\geq 2.5\text{m}^3/\text{min}$
5.1.5	高温高压成像测井装备	最高工作温度 $\geq 200^{\circ}\text{C}$; 最大工作压力 $\geq 140\text{MPa}$; 具备伽马、电阻率、中子、密度、阵列声波、微电阻率扫描成像、核磁共振测井评价能力
5.1.6	电驱连续油管作业机	最大提升力 $\geq 450\text{kN}$; 最大注入速度 $\geq 48\text{m}/\text{min}$; 最低运行速度 $\leq 0.01\text{m}/\text{min}$
5.1.7	油气开采及增产气举压缩机	排气压力 $\geq 35\text{MPa}$; 排气量 $\geq 5 \times 10^4\text{Nm}^3/\text{d}$
5.2 油气管道集输装备		
5.2.1	天然气田用丙烷冷剂压缩机	流量 $\geq 40\text{t}/\text{h}$; 转速 $\geq 6000\text{r}/\text{min}$; 额定功率 $\geq 5000\text{kW}$; 入口温度 $\leq -40^{\circ}\text{C}$,

编号	装备名称		核心技术指标
			入口压力 $\geq 0.2\text{MPa (a)}$; 出口温度 $\geq 85^{\circ}\text{C}$, 出口压力 $\geq 1.5\text{MPa (a)}$
5.2.2	液化天然气高压外输泵		最大流量 $\geq 500\text{m}^3/\text{h}$; 最大扬程 $\geq 2700\text{m}$; 最大工作压力 $\geq 16\text{MPa}$; 最低工作温度: -196°C
5.2.3	液化天然气装船泵		最大流量 $\geq 2000\text{m}^3/\text{h}$; 最大扬程 $\geq 180\text{m}$; 最低工作温度: -196°C
5.2.4	液化天然气接收站卧式闪蒸气压缩机		活塞力 $\geq 40\text{t}$; 气量 $\geq 14000\text{kg/h@-120}^{\circ}\text{C}$; 最低工作温度: -196°C
5.2.5	天然气往复式压缩机		功率 $\geq 5500\text{kW}$; 排气压力 $\geq 45\text{MPa}$; 流量 $\geq 1.5\times 10^6\text{Nm}^3/\text{d}$
5.3 千万吨级炼油装置			
5.3.1	重整装置用离心式氢气增压机		轴功率 $\geq 30000\text{kW}$; 处理量 $\geq 53000\text{Nm}^3/\text{h}$; 配套装置生产能力 $\geq 4.3\times 10^6\text{t/a}$
5.3.2	重整装置用往复式氢气压缩机		活塞力 $\geq 1250\text{kN}$; 配套装置生产能力 $\geq 8\times 10^5\text{t/a}$
5.3.3	加氢反应器		设计压力 $\geq 18\text{MPa}$; 设计温度 $\geq 450^{\circ}\text{C}$; 配套装置生产能力 $\geq 2.6\times 10^6\text{t/a}$
5.3.4	高压螺纹锁紧式换热器		最大设计压力 $\geq 20\text{MPa}$; 最大设计温度 $\geq 400^{\circ}\text{C}$; 设备直径 $\geq 1700\text{mm}$
5.4 百万吨级乙烯装置			
5.4.1	乙烯裂解装置机组	5.4.1.1 裂解气压缩机	配套装置生产能力 $\geq 1.5\times 10^6\text{t/a}$
		5.4.1.2 丙烯压缩机	
		5.4.1.3 乙烯压缩机	
5.4.2	聚乙烯挤压造粒机		配套装置生产能力 $\geq 4.5\times 10^5\text{t/a}$; 设计输入功率 $\geq 15000\text{kW}$;

编号	装备名称	核心技术指标
		混炼段转子直径 $\geq 500\text{mm}$; 齿轮泵设计排量 $\geq 69\text{L/r}$; 切粒模板孔数 ≥ 5300 (直径: 3.4mm)
5.4.3	聚丙烯挤压造粒机	配套装置生产能力 $\geq 3.5 \times 10^5\text{t/a}$; 设计输入功率 $\geq 13000\text{kW}$; 螺杆直径 $\geq 350\text{mm}$; 齿轮泵设计排量 $\geq 55\text{L/r}$; 切粒模板孔数 ≥ 2400 (直径: 2.6mm)
5.5 百万吨级精对苯二甲酸装置		
5.5.1	精对苯二甲酸加压过滤装备	生产能力 $\geq 3 \times 10^6\text{t/a}$; 出口最大干基物料量 $\geq 77000\text{kg/h}$; 过滤后对甲基苯甲酸含量 $\leq 150\text{ppm}$
5.5.2	粗对苯二甲酸加压过滤装备	生产能力 $\geq 3 \times 10^6\text{t/a}$; 系统进水 $\leq 139\text{kg/h}$; 滤液含固率 ≤ 0.2
5.5.3	精对苯二甲酸干燥机	生产能力 $\geq 1.8 \times 10^6\text{t/a}$; 直径 $\geq 4\text{m}$
5.6 煤化工成套装备		
5.6.1	水煤浆气化废锅—激冷流程 气化炉	单炉投煤量 $\geq 1800\text{t/d}$; 蒸汽产量 $\geq 0.7\text{t}/1000\text{Nm}^3$ ($\text{CO}+\text{H}_2$) ; 蒸汽压力: $4.0\sim 9.0\text{MPa}$
5.6.2	大型高压水煤浆水冷壁气化炉	单炉投煤量 $\geq 5000\text{t/d}$; 碳转化率 $\geq 98\%$; 冷态开车时间 $\leq 2\text{h}$
5.7 气体分离、压缩装备		
5.7.1	大型空分装置用空压机	最大工作流量 $\geq 5.2 \times 10^5\text{Nm}^3/\text{h}$; 压比 ≥ 6
5.7.2	氢气压缩机	充装: 最大排气压力 $\geq 30\text{MPa}$, 最大容积 流量 $\geq 1200\text{Nm}^3/\text{h}$; 加注: 最大排气压力 $\geq 45\text{MPa}$, 最大排量 $\geq 500\text{Nm}^3/\text{h}@12.5\text{MPa}$

编号	装备名称	核心技术指标
5.8 大型石油和化工装备核心系统和关键零部件		
5.8.1	大型顶部驱动钻井装置	最大载荷 $\geq 11250\text{kN}$; 主电机额定功率 $\geq 2 \times 1100\text{kW}$
5.8.2	超高压管汇	公称通径 $\geq 180\text{mm}$; 工作压力 $\geq 175\text{MPa}$

6. 先进节能环保装备

编号	装备名称		核心技术指标
6.1 节水与水处理装备			
6.1.1	振动膜高效浓缩与分离装备		振动幅度：5~15mm，振动频率：40~60Hz； 化学清洗周期≥3 个月； 脱盐率≥95%（反渗透）
6.1.2	高盐废水处理装备		进水 CODcr：100~3×10 ⁴ mg/L； 出水 CODcr≤100mg/L； COD 去除率：50%~99%； 回收盐品质达到《GB/T 2006-2014》Ⅱ类一等品、《GB/T 5462-2015》工业日晒盐优等要求
6.1.3	有机废液超临界水氧化装备		反应压力：25~40MPa，反应温度：400~650℃； 固体不溶物<100mg/L； CODcr 处理浓度>1.2×10 ⁵ mg/L，CODcr 去除率>99.9%
6.2 大气污染治理装备			
6.2.1	百万吨级电厂二氧化碳捕集装备		二氧化碳捕集规模≥150 万吨/年； 碳捕集热耗≤2.3GJ/tCO ₂ ； CO ₂ 纯度≥99.5%，CO ₂ 捕集率≥90%，碳捕集电耗≤70kW·h/tCO ₂ ； 吸收剂损耗≤1.0kg/tCO ₂
6.2.2	环保岛型大气污染物治理装备	6.2.2.1 脱硝装备	脱硝效率≥90%，控制设备出口 NO _x 浓度≤50mg/Nm ³ ；
		6.2.2.2 除尘装备	总除尘效率≥99.9%，除尘设备出口烟尘排放浓度≤15mg/m ³ ；
		6.2.2.3 脱硫装备	脱硫效率≥98.8%，控制烟囱出口 SO ₂ 浓度≤35mg/Nm ³ ；
		6.2.2.4 挥发性有机物治理装备	燃烧类设备挥发性有机物去除效率≥97%，出口排放浓度≤20mg/m ³ ； 非燃烧类设备挥发性有机物去除效率≥90%，出口排放浓度≤60mg/m ³
6.3 固体废物处理利用装备			
6.3.1	含油污泥高值资源化利用装备		最大处理量≥7×10 ⁴ t/a； 出料含油率≤0.3%； 设备回收油率≥80%； 热解炉机械密封压力≥500Pa

编号	装备名称		核心技术指标
6.3.2	高热值固废焚烧水冷炉排炉装备		最大处理能力 $\geq 1200\text{t/d}$; 整体热能效率 $\geq 98\%$; 炉排表面温度 $\leq 150^{\circ}\text{C}$; 炉渣热灼减率 $\leq 1.3\%$; 使用寿命 ≥ 8 年
6.3.3	废旧锂电池资源化利用装备	6.3.3.1 密封破碎装备	电芯处理能力 $\geq 1\times 10^4\text{t/a}$; 电极材料回收率 $\geq 98\%$; 黑粉纯净度 $\geq 98\%$ （铜铝等其他 $\leq 2\%$ ）
		6.3.3.2 低温挥发装备	
		6.3.3.3 综合分选装备	
6.4 先进节能环保装备核心系统和关键零部件			
6.4.1	退役风电叶片综合利用装备	6.4.1.1 高温除尘器	处理能力 $\geq 2000\text{t/a}$; 回收纤维纯度 $\geq 99\%$; 回收纤维强度降低 $\leq 10\%$
		6.4.1.2 回收反应炉	
6.4.2	磁悬浮鼓风机		磁轴承控制精度 $\leq 10\mu\text{m}$ ，位移重复定位精度： $\pm 2\mu\text{m}$; 多变效率 $\geq 87\%$; 工作噪声 $\leq 88\text{dB（A）}$
6.4.3	磁悬浮真空泵		功率 $\geq 600\text{kW}$; 磁轴承控制精度 $\leq 10\mu\text{m}$ ，位移重复定位精度： $\pm 2\mu\text{m}$; 流量范围：80 $\sim$ 920 m^3/min ; 真空度范围：10 $\sim$ 70 kPa ; 工作噪声 $\leq 80\text{dB}$

7. 先进轨道交通装备

编号	装备名称	核心技术指标
7.1 动车组		
7.1.1	高速动车组	最高运营速度：400km/h； 轴重：14.5t； 剩余加速度≥0.05m/s ² （400km/h 运行）
7.1.2	中国标准市域列车	速度等级：160km/h； 启动加速度≥1.0m/s ² ，常用制动减速度≥1.0m/s ² ， 紧急制动减速度≥1.2m/s ² ； 最大载客能力≥8 人/平米
		速度等级：200km/h； 启动加速度≥0.8m/s ² ，常用制动减速度≥0.9m/s ² ， 紧急制动减速度≥1.12m/s ² ； 最大载客能力≥6 人/平米
7.2 铁路机车车辆		
7.2.1	混合动力机车	最高运行速度≥100km/h； 最大功率≥2200kW； 轮周功率：混合工况≥1900kW，柴油机工况（持续制）≥870kW，动力电池工况≥900kW
7.2.2	电-电混合动力调车机车	牵引功率：接触网工况≥2000kW，动力电池工况≥900kW； 最高运行速度≥100km/h； 供电模式：接触网+动力电池
7.3 铁路工程机械		
7.4 城市轨道交通车辆		
7.4.1	中国标准地铁列车	轴重≤17t； 时速 80 公里：平均加速度≥0.6m/s ² ， 时速 120 公里：平均加速度≥0.5m/s ² ； 紧急制动平均减速度≥1.2m/s ²
7.4.2	新能源电子导向胶轮列车	续航里程≥200km； 最高时速≥100km/h； 爬坡能力≥12%； 循迹转向精度：转角控制精度≤0.05°，循迹控制精度≤150mm，响应时间≤200ms； 动力形式：动力电池或氢电混合动力

编号	装备名称		核心技术指标
7.5 先进轨道交通装备核心系统和关键零部件			
7.5.1	高速动车组永磁牵引电机		额定功率：750kW； 额定效率≥97%； 功率密度≥1.05kW/kg
7.5.2	动车组关键 零部件	7.5.2.1 车轮	满足 350km/h 及以上动车组运行要求
		7.5.2.2 车轴	
		7.5.2.3 轮对	
		7.5.2.4 齿轮箱轴承	满足 350km/h 及以上动车组运行要求； 精度：P5 级； 使用寿命≥290 万公里； 免维护周期≥145 万公里； 输入端转速≥6120r/min, 输出端转速≥2600r/min
		7.5.2.5 牵引 电机轴承	满足 350km/h 及以上动车组运行要求； 精度：P5 级； 使用寿命≥145 万公里； 免维护周期≥20 万公里； 绝缘电压≥1000V（DC），绝缘电阻≥1000MΩ， 击穿电压≥5000V（DC）
7.5.3	城 市 轨 道 交 通 车 辆 轴 承	7.5.3.1 轴箱 轴承	精度：P5 级； 温升≤50℃； 使用寿命≥240 万公里； 免维护周期≥1 个架修期； 满足 80~160km/h 使用要求
		7.5.3.2 齿轮箱轴承	精度：P5 级； 使用寿命≥240 万公里； 免维护周期≥80 万公里； 输入端转速≥6200r/min, 输出端转速≥1200r/min
7.5.4	重载列车运行控制系统		测速误差≤2%； 满足 SIL4 级要求； 闭塞制式：移动闭塞
7.5.5	轨道交通高性能时间 敏感网络控制系统		最小控制指令周期≤1ms； 通讯带宽≥100Mbps； 控制通讯抖动延时≤1ms； 满足 SIL2 安全等级、TSN 通信、千兆通信速率要求

8. 船舶与海洋工程装备

编号	装备名称		核心技术指标
8.1 船舶			
8.1.1	大中型邮轮		总吨位≥50000t; 最大航速≥20 节; 载客量≥1000 人
8.1.2	大型液化天然气运输船		最大运输能力≥75000m³; 最大航速≥15 节; 货舱蒸发率≤0.14%
8.1.3	大型滚装船		车道米≥7800m, 甲板最大均布载荷≥4.0t/m², 或载车量≥8000; 适用于重型车辆运输或新能源汽车运输; 满足国际海事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶段要求
8.1.4	甲醇燃料 动力船舶	8.1.4.1 油船	设计吃水下服务航速≥14 节; 载重吨≥10 万吨; 满足国际海事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶段要求
		8.1.4.2 集装箱船	设计吃水下服务航速≥20 节; 可载运标准集装箱数≥10000 箱; 满足国际海事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶段要求
		8.1.4.3 散货船	设计吃水下服务航速≥13 节; 载重吨≥20 万吨; 常规燃油时船舶设计能效指数满足国际海 事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶 段要求
		8.1.4.4 矿砂船	设计吃水下服务航速≥13 节; 载重吨≥30 万吨; 常规燃油时船舶设计能效指数满足国际海 事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶 段要求
8.1.5	氨燃料动力船舶		使用氨燃料可实现的最大替代率≥80%; 经过处理后的船舶废气逃逸氨浓度≤30ppm

编号	装备名称	核心技术指标
8.1.6	纯电动船舶	续航能力 $\geq 300\text{km}$; 总功率 $\geq 600\text{kW}$
8.1.7	液态二氧化碳运输船	最大运输能力 $\geq 7500\text{m}^3$; 最大航速 ≥ 14 节; 货舱蒸发率 $\leq 0.12\%$; 满足国际海事组织船舶能效设计指数 (EEDI) 第三阶段要求
8.1.8	高耐波性地效翼船	起降抗浪性 ≥ 3 级海况; 巡航速度 $\geq 200\text{km/h}$; 续航航程 $\geq 1000\text{km}$; 有效载荷系数 ≥ 0.3 ; 巡航升阻比 ≥ 14
8.2 海洋工程装备		
8.2.1	大洋钻探船	无隔水管钻探作业: 最大钻深 (含水深) $\geq 11000\text{m}$; 隔水管钻探作业: 最大作业水深 $\geq 2500\text{m}$, 最大钻孔深度 $\geq 3500\text{m}$, 最大钻深 (含水深) $\geq 6000\text{m}$; 最大可变载荷 $\geq 15000\text{t}$; DP3 级动力定位
8.2.2	大型渔业养殖工船	单船养殖水体 $\geq 80000\text{m}^3$; 设计航速 ≥ 10 节; 配备自动投饵、成鱼起捕等养殖设施设备; 配备养殖设施设备、养殖水质、海域水文 气象等监测及远程监控系统
8.2.3	超大功率海洋液压打桩锤	最大打击能量 $\geq 3500\text{kJ}$; 最大打击频率 ≥ 16 次/分钟; 最大打击速度 $\geq 6\text{m/s}$
8.3 海上油气钻采装备		
8.4 船舶与海洋工程装备核心系统和关键零部件		
8.4.1	船用高速发动机	标定功率 $\geq 4000\text{kW}$; 标定转速: 1800r/min ; 标况燃油消耗率 (UIC 标准条件) $\leq 195\text{g/kWh}$

编号	装备名称		核心技术指标
8.4.2	船用中速发动机	8.4.2.1 中速气体机/ 双燃料机	缸径：160~180mm； 单缸功率 $\geq 100\text{kW}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 42\%$ ； 燃气消耗率 $\leq 8800\text{kJ/kWh}$
			缸径：210mm； 单缸功率 $\geq 200\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.1\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率（甲醇模式） $\geq 43\%$ ； 额定工况热耗率（甲醇模式） $\leq 8500\text{kJ/kWh}$ ； 额定工况替代率 $\geq 90\%$
			缸径：230mm； 单缸功率 $\geq 200\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 1.8\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 42\%$ ； 燃气消耗率 $\leq 8800\text{kJ/kWh}$
			缸径：240mm； 单缸功率 $\geq 200\text{kW}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 42\%$ ； 最大氢能替代率 $\geq 80\%$ ； 柴油模式和氨柴双燃料模式（通过后处理装置）下排放均满足国标第二阶段要求
			缸径：270mm； 单缸功率 $\geq 300\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.2\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率（氨模式） $\geq 40\%$ ； 额定工况能量消耗率（氨模式） $\leq 9000\text{kJ/kWh}$ ； 最高替代率 $\geq 70\%$
			缸径：320mm； 单缸功率 $\geq 405\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.0\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 43\%$ ； 燃气消耗率 $\leq 8350\text{kJ/kWh}$ ； 重量功率比 $\leq 11\text{kg/kW}$

编号	装备名称		核心技术指标
		8.4.2.2 中速柴油机	缸径：450mm； 单缸功率 $\geq 1150\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.4\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 47\%$ ； 燃气消耗率 $\leq 7700\text{kJ/kWh}$
			缸径：270mm； 单缸功率 $\geq 360\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.5\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 46\%$ ； 燃油消耗率 $\leq 180\text{g/kWh}$
			缸径：320mm； 单缸功率 $\geq 500\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.3\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 44\%$ ； 燃油消耗率 $\leq 180\text{g/kWh}$
			缸径：390mm； 单缸功率 $\geq 850\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 2.5\text{MPa}$ ； 发动机有效热效率 $\geq 46\%$ ； 燃油消耗率 $\leq 185\text{g/kWh}$
8.4.3	船用低速发动机	8.4.3.1 低速双燃料机	缸径：400mm； 单缸功率 $\geq 950\text{kW}$ ； 平均有效压力 $\geq 1.8\text{MPa}$ ； 燃油模式下，有效热效率 $\geq 45\%$ ，燃油消耗率 $\leq 185\text{g/kWh}$ ； 燃气模式下，有效热效率 $\geq 48\%$ ，燃气消耗率 $\leq 7420\text{kJ/kWh}$ ； 满足 IMO Tier III 排放标准
			缸径：600mm； 最大功率 $\geq 13600\text{kW}$ ； 转速 $\geq 97\text{r/min}$ ； 满足 IMO Tier III 排放标准
			缸径：820mm； 最大功率 $\geq 33250\text{kW}$ ；

编号	装备名称		核心技术指标
			转速 $\geq 84\text{r/min}$; 满足 IMO Tier III 排放标准
			缸径: 920mm; 功率 $\geq 63800\text{kW}$; 转速 $\geq 80\text{r/min}$; 平均有效压力 $\geq 17.3\text{bar}$; 燃油消耗率 $\leq 173.3\text{g/kWh}+5\%$; 燃气消耗率 $\leq 7026\text{kJ/kWh}+5\%$; 满足 IMO Tier III 排放标准
		8.4.3.2 氨燃料 低速机	缸径: 520mm; 有效热效率 $\geq 48\%$; 氨替代率 $\geq 90\%$; 氨逃逸率 $\leq 10\text{ppm}$; 满足 IMO Tier III 排放标准
		8.4.3.3 甲醇 燃料低速机	缸径: 920mm; 单缸功率: $5200\text{kW}@75\text{r/min}$; 能耗指标: $153.2\text{g/kWh}+7\%$ (燃油模式), $6542\text{kJ/kWh}+7\%$ (甲醇模式); 甲醇运行范围: $10\%\sim 100\%$; 有效热效率 $\geq 48\%$; 甲醇替代率 $\geq 95\%$
8.4.4	高速艇用发动机		最大升功率 $\geq 40\text{kW/L}$; 最低油耗率 $\leq 210\text{g/kWh}$; 满足船用国二排放标准
8.4.5	超低温流体装卸臂		公称尺寸: $16\sim 20\text{in}$; 设计压力 $\geq 1.89\text{MPa}$; 设计温度: $-196\sim +65^{\circ}\text{C}$; 单台装卸能力 $\geq 4000\text{m}^3/\text{h}$
8.4.6	喷水推进装置		最大持续功率 $\geq 10000\text{kW}$; 功率密度 $\geq 5\text{MW/m}^2$; 喷水推进泵效率 $\geq 90\%$; 流道效率 $\geq 90\%$
8.4.7	超大锚绞机		系统负载 $\geq 320\text{kN}\times 15\text{m/min}$; 电动液压驱动

编号	装备名称		核心技术指标
8.4.8	潜液泵系统		流量 $\geq 1000\text{m}^3/\text{h}$; 扬程 $\geq 130\text{m}$; 水力元件效率 $\geq 78\%$
8.4.9	动力定位装置		定位标准偏差 $\leq 2\text{m}$; 艏向标准偏差 $\leq 1.5^\circ$; 达到 DP3 等级; 适用四级海况及以上
8.4.10	浮式生产储卸油装置艧输系统		软管绞车通径: DN200~600mm; 收放管速度: 0~18m/min; 大缆绞车工作拉力: 100~200kN; 收放缆速度: 0~36m/min; 具有本地和远程控制及监测功能
8.4.11	船用燃料供应系统	8.4.11.1 船用 甲醇燃料供应 系统	最大供给流量 $\geq 2700\text{kg/h}$; 供给温度范围: 10~50°C; 供给压力范围: 5~20bar; 供给精度要求: 10 μm
		8.4.11.2 船用 氨燃料供应 系统	液氨最大供给流量 $\geq 5300\text{kg/h}$; 氨气供给流量 $\geq 1000\text{kg/h}$; 燃料供给压力: 5~90bar; 燃料供给温度: 20~45°C
8.4.12	LNG 船用 低温核心 装备	8.4.12.1 高负荷 离心压缩机	满载航行工况下设计流量: 26000~35000 m^3/h ; 出口压力: 1.96~2.0bar (a) ; 进口温度: -140°C
		8.4.12.2 低负荷 压缩机	满载航行工况下设计流量: 2600 m^3/h ; 进口压力: 1.06bar (a) ; 出口压力: 14bar (a) ; 进口温度: -90°C
		8.4.12.3 深冷式 再液化装置	再液化能力覆盖: 0.5~3t/h; 磁悬浮轴承支撑、机组最高转速 $\geq 30000\text{rpm}$; 0~100%全工况运行; 集成式撬装结构, 即插即用; 5 年免维护
		8.4.12.4 LNG 惰性气体装置	惰性气体氧含量 $\leq 1\%$; 惰性气体一氧化碳含量 $\leq 100\text{ppm}$; 露点温度 $\leq -45^\circ\text{C}$

编号	装备名称	核心技术指标
	8.4.12.5 混合工质型再液化装置	液化能力：0~1500kg/h； 比功耗 $\leq 0.70\text{kW/kg}$ ； 噪声 $\leq 110\text{dB (A) @1m}$
	8.4.12.6 LNG 高效换热器	天然气处理量 $\geq 66000\text{kg/h}$ ； 加热功率 $\geq 4300\text{kW}$ ； 设计压力 $\geq 2.5\text{MPa}$
	8.4.12.7 LNG 低温复合软管	尺寸规格：DN200mm，DN250mm； 设计压力 $\geq 1.2\text{MPa}$ ； 爆破压力：不低于 5 倍设计压力； 最小弯曲半径 $\leq 910\text{mm}$ （DN200mm）， $\leq 1500\text{mm}$ （DN250mm）； 弯曲刚度 $\leq 10\text{kN}\cdot\text{m}^2$ （DN200mm）， $\leq 15\text{kN}\cdot\text{m}^2$ （DN250mm）； 导热率 $\leq 1\text{W/mK}$ ； 重量 $\leq 22\text{kg/m}$ （DN200mm）， $\leq 30\text{kg/m}$ （DN250mm）； 弯曲疲劳寿命：40 万次
	8.4.12.8 LNG 船绝缘层真空泵	抽速 $\geq 1250\text{m}^3/\text{h}$ ； 极限真空 $\leq 15\text{Pa}$
	8.4.12.9 天然气焚烧装置	闪蒸汽处理量：0~5000kg/h； 含氮废气浓度处理范围：0~100%； 排烟温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ ； 自由流压力：15kPa
8.4.13	主液货泵	流量 $\geq 1800\text{m}^3/\text{h}$ ； 扬程：165m； 汽蚀余量/泵停：1.4m/0.7m； 振动 $\leq 4\text{mm/s}$ ； 泵效率 $\geq 80\%$
8.4.14	船舶二氧化碳捕获存储装置	捕集效率 $\geq 80\%$ ； 解析能耗 $\leq 2.4\text{GJ/t}$ ； 纯度 $\geq 99\%$ ； 系统背压 $\leq 1800\text{Pa}$
8.4.15	海底挖沟铺缆机	工作水深 $\geq 200\text{m}$ ； 喷射式挖沟深度 $\geq 3\text{m}$ ； 挖沟宽度 $\geq 300\text{mm}$

编号	装备名称		核心技术指标
8.4.16	单点系泊系统		液滑环设计流量 $\geq 3000\text{m}^3/\text{h}$; 液滑环设计压力 $\geq 2.5\text{MPa}$; 承载弯矩 $\geq 1200\text{t}\cdot\text{m}$; 轴向载荷 $\geq 300\text{t}$; 设计寿命 ≥ 20 年
8.4.17	水下生产系统	8.4.17.1 深水水下采油/气树	设计水深 $\geq 1500\text{m}$; 设计压力 $\geq 10000\text{psi}$
		8.4.17.2 浅水水下采油/气树	设计压力 $\geq 10000\text{psi}$; 具备遥控操作功能
		8.4.17.3 水下控制系统	设计水深 $\geq 500\text{m}$; 功能配置: 复合电液控制、纯电控制
		8.4.17.4 水下井口装置	设计水深 $\geq 500\text{m}$; 压力等级 $\geq 15000\text{psi}$; 使用寿命 ≥ 25 年
		8.4.17.5 脐带缆	钢管最大内压 $\geq 10000\text{psi}$; 工作电压 $\geq 2.7\text{kV}$; 功能单元数量 ≥ 12
		8.4.17.6 水下连接器	压力等级 $\geq 5000\text{psi}$; 最大工作压力 $\geq 3000\text{psi}$; 通径: 18-3/4"
		8.4.17.7 水下复杂管汇系统	工作水深 $\geq 500\text{m}$; 额定工作压力 $\geq 10\text{MPa}$; 集成水下电液分配单元、水下控制模块、水下阀门、水下多相流量计、水下温压传感器、水下连接器等 3 项及以上关键零部件
		8.4.17.8 水下多相流量计	设计压力 $\geq 10000\text{psi}$; 设计深水 $\geq 1500\text{m}$; 多相流液量测量精度 $\leq 5\%$ (相对); 含水率精度 $\leq 2\%$ (绝对)
		8.4.17.9 水下液动闸阀	阀门设计压力 $\geq 5000\text{psi}$; 设计水深 $\geq 500\text{m}$; 匹配管道尺寸 $\geq 6\text{in}$; 执行器设计压力 $\geq 3000\text{psi}$
8.4.18	深水高性能动态柔性立管		管径 $\geq 6\text{in}$; 设计温度 $\geq 80^\circ\text{C}$;

编号	装备名称	核心技术指标
		设计压力 $\geq 10\text{MPa}$; 适用水深 $\geq 100\text{m}$
8.4.19	深水海洋钻探系统	工作水深 $\geq 1500\text{m}$; 钻探深度 $\geq 9000\text{m}$; 最大钩载 $\geq 9000\text{kN}$
8.4.20	海洋钻井隔水管系统	工作水深 $\geq 500\text{m}$; 额定载荷 $\geq 1250\text{kips}$; 节流压井管线额定压力 $\geq 15000\text{psi}$
8.4.21	钻柱升沉补偿系统	补偿载荷 $\geq 2700\text{kN}$; 最大静载 $\geq 4500\text{kN}$; 最大补偿行程 $\geq 7.6\text{m}$
8.4.22	海底液压动力系统	工作水深 $\geq 3000\text{m}$; 额定工作压力 $\geq 15000\text{psi}$; 排量可调
8.4.23	生产井测井仪	最高工作温度 $\geq 177^\circ\text{C}$; 耐压 $\geq 15000\text{psi}$
8.4.24	无线随钻测量仪	最高工作温度 $\geq 150^\circ\text{C}$; 最大耐压 $\geq 25000\text{psi}$; 传输速率范围: $0\sim 40\text{bps}$
8.4.25	水下伸缩节	伸缩节冲程 $\geq 50\text{ft}$; 阻流压井边管承压 $\geq 10000\text{psi}$; 盘根数量 ≥ 2 个
8.4.26	水下防喷器系统	工作水深 $\geq 1500\text{m}$; 额定工作压力 $\geq 10000\text{psi}$; 额定液压操作压力 $\geq 5000\text{psi}$
8.4.27	隔水管用挠性接头	耐井筒压力等级 $\geq 2000\text{psi}$; 最大偏转角度: $\pm 10^\circ$

9. 航空航天装备

编号	装备名称	核心技术指标
9.1 固定翼飞机		
9.1.1	单通道干线飞机	最大设计航程 $\geq 4000\text{km}$; 巡航马赫数 ≥ 0.78 ; 最大起飞重量 $\geq 70000\text{kg}$; 最大载客量 ≥ 130 人
9.1.2	90 座级支线飞机及系列化	满客航程 $\geq 2200\text{km}$; 巡航马赫数 ≥ 0.78 ; 最大起飞重量 $\geq 43000\text{kg}$; 系列化机型可满足货运、医疗、应急救援等特种需求
9.1.3	70 座级涡桨飞机	最大航程 $\geq 1000\text{km}$; 巡航速度 $\geq 550\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 27000\text{kg}$
9.1.4	50 座级涡桨飞机及系列化	最大航程 $\geq 900\text{km}$; 巡航速度 $\geq 400\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 21000\text{kg}$; 系列化机型可满足应急救援、医疗、灭火或人工影响气象等特种需求
9.1.5	双发多用途小型固定翼飞机	最大航程 $\geq 1300\text{km}$; 巡航速度 $\geq 270\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 5600\text{kg}$
9.1.6	轻型电动飞机	最大航程 $\geq 180\text{km}$; 巡航速度 $\geq 110\text{km/h}$; 航时 $\geq 1.5\text{h}$; 载客 ≥ 2 人
9.1.7	大型灭火/水上救援水陆两栖飞机	最大航程 $\geq 4000\text{km}$; 巡航速度 $\geq 450\text{km/h}$; 最大载水量 $\geq 12000\text{kg}$; 最大起飞重量 $\geq 50000\text{kg}$
9.2 直升机		
9.2.1	大型直升机	航程 $\geq 800\text{km}$; 巡航速度 $\geq 250\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 12000\text{kg}$; 有效载荷（外挂） $\geq 4800\text{kg}$

编号	装备名称	核心技术指标
9.2.2	中型直升机	航程 $\geq 600\text{km}$; 巡航速度 $\geq 220\text{km/h}$; 最大起飞重量: 4000~12000 (不含) kg; 有效载荷 (外挂) $\geq 600\text{kg}$
9.2.3	轻型直升机	航程 $\geq 600\text{km}$; 巡航速度 $\geq 200\text{km/h}$; 最大起飞重量: 2000~4000 (不含) kg; 有效载荷 (外挂) $\geq 600\text{kg}$
9.3 无人机及其他航空器		
9.3.1	中大型固定翼无人机系统	航程 $\geq 1000\text{km}$; 巡航速度 $\geq 160\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 1000\text{kg}$; 有效载荷 $\geq 500\text{kg}$
9.3.2	中大型无人直升机系统	航程 $\geq 300\text{km}$; 巡航速度 $\geq 100\text{km/h}$; 最大起飞重量 $\geq 500\text{kg}$; 有效载荷 $\geq 120\text{kg}$; 航时 $\geq 3\text{h}$
9.3.3	大载重无人灭火救援直升机	最大起飞重量 $\geq 500\text{kg}$; 有效载荷 $\geq 200\text{kg}$; 作业高度: 60~100m; 不间断作业时间 $\geq 12\text{h}$
9.3.4	载人飞艇	航程 $\geq 700\text{km}$; 航时 $\geq 10\text{h}$; 载客 ≥ 8 人
9.3.5	电动垂直起降航空器	最大起飞重量 $\geq 500\text{kg}$; 有效载荷 $\geq 125\text{kg}$ 或载人 ≥ 2 人; 最大飞行速度 $\geq 110\text{km/h}$; 取得中国民航局型号合格证
9.4 航天运载器		
9.4.1	中型运载火箭 (一次性)	低轨运载能力: 4000~20000kg (低轨为 42° 倾角, $200\text{km} \times 400\text{km}$ 轨道高度的轨道); 起飞质量: 200000~800000kg; 飞行可靠性 ≥ 0.95 ; 采用无毒无污染燃料

编号	装备名称	核心技术指标
9.4.2	中型运载火箭（可重复）	低轨运载能力：4000~20000kg（低轨为 42° 倾角，200km×400km 轨道高度的轨道）； 起飞质量：200000~800000kg； 飞行可靠性 ≥ 0.95 ； 回收可靠性 ≥ 0.9 ； 复用次数 ≥ 10 次； 发动机点火次数 ≥ 3 次； 采用无毒无污染燃料
9.4.3	大型运载火箭（一次性）	低轨运载能力：20000~100000kg（低轨为 42° 倾角，200km×400km 轨道高度的轨道）； 起飞质量：800000~2500000kg； 飞行可靠性设计指标 ≥ 0.95 ； 采用无毒无污染燃料
9.4.4	大型运载火箭（可重复）	低轨运载能力：20000~100000kg（低轨为 42° 倾角，200km×400km 轨道高度的轨道）； 起飞质量：800000~2500000kg； 飞行可靠性设计指标 ≥ 0.95 ； 回收可靠性 ≥ 0.9 ； 复用次数 ≥ 10 次； 发动机点火次数 ≥ 3 次； 采用无毒无污染燃料
9.5 航天飞行器		
9.5.1	低轨宽带通信卫星	单星发射最大重量 $\geq 500\text{kg}$ ； 有效载荷功率 $\geq 4000\text{W}$ ； 单星交换容量 $\geq 50\text{Gbps}$ ； 支持多星堆叠发射
9.5.2	低轨手机直连通信卫星	单星发射最大重量 $\geq 500\text{kg}$ ； 有效载荷功率 $\geq 4000\text{W}$ ； 采用全数字相控阵天线，波束不小于 16 个
9.5.3	中轨通信卫星	卫星重量 $\geq 1000\text{kg}$ ； 有效载荷承载重量 $\geq 250\text{kg}$ ； 有效载荷功率 $\geq 3\text{kW}$ ； 设计寿命 ≥ 10 年； 搭载星上处理载荷、通信组网载荷和激光通信载荷实现卫星宽带通信和天基组网功能
9.5.4	高轨通信卫星	最大发射重量 $\geq 8000\text{kg}$ ； 载荷功率 $\geq 15\text{kW}$ ；

编号	装备名称	核心技术指标
		设计寿命 ≥ 12 年； 搭载高通量载荷实现卫星通信功能
9.5.5	北斗卫星	系统定位精度 $\leq 10\text{m}$ ； 系统授时精度 $\leq 50\text{ns}$ ； 系统测速精度 $\leq 0.2\text{m/s}$
9.6 机场地面设备		
9.7 航空航天装备核心系统和关键零部件		
9.7.1	民用涡轴发动机	起飞功率 $\geq 1000\text{kW}$ ； 起飞状态耗油率 $\leq 0.287\text{kg/kWh}$
9.7.2	民用涡桨发动机	起飞功率 $\geq 900\text{kW}$ ； 起飞状态耗油率 $\leq 0.31\text{kg/kWh}$
9.7.3	冲压空气涡轮系统	典型工况涡轮功率提取效率 $\geq 40\%$ ； 典型工况液压泵和发电机效率 $\geq 85\%$ ； 全包线复杂工况启动时间 $\leq 7.4\text{s}$
9.7.4	Ka 频段机载宽带卫星通信系统	上行频率：29.46~30.0GHz， 下行频率：18.7~20.2GHz； 上行峰值速率 $\geq 8\text{Mbps}$ ，下行峰值速率 $\geq 100\text{Mbps}$ ； 支持空地数据传输
9.7.5	高通量卫星机载前后舱协同应用系统	飞行数据全航程实时空地下传，更新频率 $\leq 1\text{s}$ ； 实时下传参数 ≥ 2000 组； 可接入不同制式卫星系统数量 ≥ 2 ； 峰值速率 $\geq 150\text{Mbps}$
9.7.6	平视显示器系统	视场 $\geq 36^\circ$ （水平） $\times 27^\circ$ （垂直）； 进近引导能力（跑道视距） $\geq 450\text{m}$

10. 新型农业机械装备

编号	装备名称	核心技术指标
10.1 新型高效拖拉机		
10.1.1	智能大马力拖拉机	配套功率 $\geq 190\text{kW}$; 最大提升力 $\geq 70\text{kN}$, 最大牵引力 $\geq 90\text{kN}$; 平均无故障工作时间 $\geq 350\text{h}$; 传动方式: 动力换挡或无级变速; 整机智能化水平相当于道路车辆 L2 级
10.1.2	大马力橡胶履带拖拉机	配套功率 $\geq 190\text{kW}$; 静态接地比压 $\leq 35\text{kPa}$; 最高行驶速度 $\geq 30\text{km/h}$; 牵引效率 $\geq 85\%$; 仿形轮系、高速减震
10.1.3	智能大型混合动力拖拉机	配套功率 $\geq 190\text{kW}$; 牵引效率 $\geq 78\%$; 最大牵引力 $\geq 75\text{kN}$; 最大提升力 $\geq 59\text{kN}$, 提升时间 $\leq 2.5\text{s}$; 平均无故障工作时间 $\geq 350\text{h}$; 能效等级: 1 级; 整机智能化水平相当于道路车辆 L2 级
10.1.4	丘陵山地多功能拖拉机	配套功率 $\geq 35\text{kW}$; 最小转向半径 $\leq 3.0\text{m}$; 最大爬坡度 $\geq 20^\circ$, 最大坡地作业坡度 $\geq 15^\circ$; 动力输出装置输出功率 $\geq$ 发动机额定功率 85%; 平均无故障工作时间 $\geq 250\text{h}$; 具有独立驻车制动系统
10.2 自走式收获机		
10.2.1	自走式棉包采棉机	配套功率 $\geq 360\text{kW}$; 作业行数 ≥ 6 行; 最高作业速度 $\geq 7\text{km/h}$; 采净率 $\geq 95\%$; 棉包密度 $\geq 230\text{kg/m}^3$, 棉包质量: 2~2.2t; 采用带式打包系统, 实现不停机自动打包裹膜
10.2.2	大喂入量智能谷物联合收获机	喂入量 $\geq 15\text{kg/s}$; 总损失率: 小麦 $\leq 1.2\%$, 大豆 $\leq 3\%$, 玉米 $\leq 3\%$;

编号	装备名称	核心技术指标
		实现损失率等在线监测，监测精度 $\geq 95\%$ ； 具备作业参数监控、割台、脱粒、分离、清选等 关键零部件智能控制功能
10.2.3	大型青贮玉米收获机	配套功率 $\geq 485\text{kW}$ ； 割台幅宽 $\geq 6\text{m}$ ； 作业速度：8~10km/h； 收获总损失率 $\leq 2\%$ ； 籽粒破碎率 ≤ 4 粒完整籽粒/升； 切割长度无级可调
10.2.4	马铃薯联合收获机	最小离地间隙 $\geq 280\text{mm}$ ； 转弯半径 $< 5.5\text{m}$ ； 最高行驶速度 $\geq 20\text{km/h}$ ； 作业效率 $\geq 0.3\text{hm}^2/\text{h}$ ； 伤薯率 $\leq 2\%$ ，损失率 $\leq 4\%$
10.3 大型播种机		
10.3.1	玉米（大豆）气吸式 高速精密播种机	作业速度 $\geq 12\text{km/h}$ ； 漏播指数 $\leq 3\%$ ； 重播指数 $\leq 5\%$ ； 合格粒距变异系数：玉米 $\leq 20\%$ ，大豆 $\leq 35\%$ ； 播种行数 ≥ 8 行，粒距合格指数 $\geq 93\%$
10.3.2	谷物气流输送式高速 精量播种机	作业速度 $\geq 10\text{km/h}$ ； 作业行数 ≥ 18 行； 各行排种量一致性变异系数 $\leq 4\%$ ； 总排量稳定性变异系数 $\leq 1.3\%$ ； 具备施肥功能
10.4 植保机械		
10.4.1	高地隙自走式大型 喷杆喷雾机	旱田： 配套功率 $\geq 95\text{kW}$ ； 作业幅宽 $\geq 24\text{m}$ ； 载药量 $\geq 3000\text{L}$ ； 最低离地间隙：1350mm； 具备大流量排药、在线混药、变量喷雾控制等功能

编号	装备名称	核心技术指标
		水田： 配套功率 $\geq 15\text{kW}$ ； 作业幅宽 $\geq 12\text{m}$ ； 最低离地间隙：800mm； 具备大流量排药、在线混药、变量喷雾控制等功能

11. 大型工程机械

编号	装备名称	核心技术指标
11.1 掘进机械		
11.1.1	高原凿岩台车	最大凿岩功率 $\geq 22\text{kW}$; 最大钻孔直径 $\geq 108\text{mm}$; 钻孔定位精度 $\leq 80\text{mm}$; 工作海拔 $\geq 4000\text{m}$
11.1.2	大直径竖井掘进机	掘进直径 $\geq 14\text{m}$; 自转扭矩 $\geq 150\text{kN}\cdot\text{m}$; 公转扭矩 $\geq 300\text{kN}\cdot\text{m}$
11.2 起重机械		
11.2.1	履带起重机	最大起重量 $\geq 4500\text{t}$; 最大起重力矩 $\geq 98000\text{kN}\cdot\text{m}$; 主臂长度 $\geq 120\text{m}$
11.3 挖掘铲运机械		
11.3.1	超大型液压挖掘机	斗容 $\geq 40\text{m}^3$; 整机工作重量 $\geq 700\text{t}$
11.4 路面压实与桩工机械		
11.4.1	双轮铤削搅拌机	最大铤削搅拌深度 $\geq 85\text{m}$; 铤轮扭矩 $\geq 2 \times 100\text{kN}\cdot\text{m}$; 搅拌成墙墙体垂直度: 2/1000; 搅拌墙厚度: 1000~2000mm
11.5 安全应急装备		
11.5.1	耐高温防爆消防机器人	消防炮流量 $\geq 80\text{L/s}$; 水平回转角范围: $-30^\circ \sim +30^\circ$; 俯仰角范围: $-5^\circ \sim +70^\circ$; 在 1000°C 环境中工作时间 $\geq 30\text{min}$; 防爆等级: Ex d IIB T4 Gb 及以上
11.5.2	大流量多剂联用举高喷射消防车	消防泵流量 $\geq 12000\text{L/min}$ (出口压力 $\geq 1.2\text{MPa}$); 消防炮流量 $\geq 9000\text{L/min}$ (出口压力 $\geq 1.0\text{MPa}$);

编号	装备名称	核心技术指标
		水、泡沫、干粉混合喷射扬程 $\geq 90\text{m}$; 超细干粉粉喷率 $\geq 35\text{kg/s}$; 搭载灭火剂容量: 水 $\geq 8000\text{L}$, 抗复燃泡沫 $\geq 4000\text{L}$, 超细干粉 $\geq 6000\text{L}$; 适用于大型石油储罐灭火场景, 集成配备水、抗复燃泡沫、超细干粉多种灭火介质, 可单独作业, 也可多种灭火剂混合喷射作业
11.6 大型工程机械核心系统和关键零部件		
11.6.1	超大流量车载消防泵	最大流量 $\geq 26000\text{L/min}$ (吸深 $\geq 3\text{m}$); 吸深流量 $\geq 14000\text{L/min}$ (吸深 $\geq 7\text{m}$); 出口压力 $\geq 1.2\text{MPa}$ (扬程 $\geq 125\text{m}$)
11.6.2	盾构机轴承	精度: P5 级; 轴向跳动 $\leq 0.1\text{mm}$; 适用转速: $1\sim 3\text{r/min}$; 平均无故障时间 $\geq 10000\text{h}$ (或累计掘进 10km 以上); 15 米级及以上盾构机用

12. 新型轻工和纺织机械

编号	装备名称	核心技术指标
12.1 食品机械		
12.1.1	多功能高速一体化灌装装备	生产速度 ≥ 48000 瓶/小时; 生产效率 $\geq 95\%$; 合格率 $\geq 99.5\%$; 灌装精度: $\pm 5\text{ml}$ (瓶型 $\leq 500\text{ml}$ 计, 其他按标准折算)
12.1.2	高速食品包装柔性生产装备	生产速度 ≥ 20000 杯/小时; 合格率 $\geq 99.5\%$; 柔性包装型态: 单杯、三联、单层六联、双层六联
12.2 药品机械		
12.2.1	超大规模生物反应装备	反应规模 $\geq 10000\text{L}$; 表达量 $> 3\text{g/L}$; 最终原液得率 $> 70\%$
12.2.2	高端注射剂微纳米化装备	物料加压 $\geq 20000\text{psi}$; 聚集度指数 (PDI) ≤ 0.3 ; 处理量 $\geq 200\text{L/h}$
12.3 印刷机械		
12.3.1	卷筒料连续式高速智能胶印装备	最大走料宽度 $\geq 700\text{mm}$; 最大印刷宽度 $\geq 680\text{mm}$; 最高印刷速度 $\geq 160\text{m/min}$; 印刷重复长: $430\sim 690\text{mm}$; 套印误差: $\pm 0.05\text{mm}$
12.4 织造机械		
12.4.1	自动穿经机	自动穿经速度 ≥ 140 根/分钟; 穿经准确率: 100%
12.4.2	全成型电脑横机	电子选针器: 8 段; 最高速度 $\geq 1.4\text{m/s}$; 纱嘴数: 16
12.4.3	满锭子三维编织机	总锭子数 ≥ 480 锭; 可编织角度范围: $15^\circ\sim 85^\circ$; 编织角精度 $\leq \pm 3^\circ$

编号	装备名称	核心技术指标
12.5 印染整理机械		
12.5.1	双层定形机	幅宽：1800~3600mm； 车速 $\geq 80\text{m/min}$ ； 天然气耗量 $\leq 100\text{m}^3/\text{t}$
12.6 化纤与非织造布机械		
12.6.1	集约式长丝卷绕装备	工艺速度 $\geq 3200\text{m/min}$ ； 卷绕位距：800~1600mm； 锭轴长度：1800mm

13. 高端医疗装备

编号	装备名称	核心技术指标
13.1 手术装备		
13.1.1	内窥镜计算机手术系统	自由度 ≥ 7 ; 主从控制延迟时间 $\leq 80\text{ms}$; 图像畸变 $\leq 15\%$; 镜头景深: 40~110mm
13.1.2	神经外科手术导航定位系统	系统定位误差 $\leq 1\text{mm}$, 位置重复性 $\leq 0.05\text{mm}$; 机械臂末端位移 $\leq 0.1\text{mm}$; 定位功能: 支持 MRI、CT、PET 等多模态图像融合, 支持多靶点路径规划
13.2 医学影像装备		
13.2.1	正电子发射磁共振成像装备 (PET/MR)	PET 参数: 空间分辨率 $\leq 4\text{mm}$; 横向视野 $\geq 600\text{mm}$, 轴向视野 $\geq 320\text{mm}$; 灵敏度 $\geq 16\text{cps/kBq}$; TOF 时间分辨率 $\leq 450\text{ps}$; MR 参数: 主磁场强度 $\geq 3.0\text{T}$; 射频接收通道数 ≥ 48
13.2.2	超高场强磁共振成像系统	主磁场强度 $\geq 5.0\text{T}$; 梯度强度 $\geq 120\text{mT/m}$, 梯度切换率 $\geq 200\text{T/m/s}$; 容积发射通道 ≥ 8 , 接收通道数 ≥ 96 ; 零液氮挥发
13.2.3	人体多核磁共振成像系统	主磁场强度 $\geq 3.0\text{T}$; 梯度强度 $\geq 42\text{mT/m}$; 支持多种原子核成像
13.2.4	心磁成像设备	传感器灵敏度 $\leq 10\text{fT/HZ}^{1/2}$; 磁场测量误差: $\pm 5\%$; 时间基准偏差 $\leq 0.1\%$; 磁通摆率 $\geq 500\text{pT/ms}$
13.2.5	数字 X 射线血管造影机	液态金属轴承球管阳极热容量 $\geq 3.0\text{MHU}$; 球管焦点 $\leq 0.4\text{mm}/0.6\text{mm}/1.0\text{mm}$; 探测器像素 $\leq 160\mu\text{m}$; 探测器动态范围 $\geq 16\text{bit}$

编号	装备名称	核心技术指标
13.2.6	彩色多普勒超声系统	物理通道数 ≥ 256 ; 声像图指标: 侧向分辨率 $\leq 1.0\text{mm}$, 轴向分辨率 $\leq 0.5\text{mm}$; 支持造影成像、三维成像、弹性成像; 凸阵、线阵、相控阵探头为单晶体探头
13.2.7	超声电子内窥镜系统	视野角: 140° , 视野方向: 前方斜视 45° , 景深: $3\sim 100\text{mm}$, 带器械孔道; 扫描角度: 150° ; 频率覆盖范围: $4\sim 12\text{MHz}$, 支持 B 模式、 M 模式、PW 模式、CMF 模式
13.2.8	正电子发射断层扫描系统 (PET/CT)	CT 探测器物理排数 ≥ 64 ; PET 灵敏度 $\geq 13.5\text{cps/kBq}$ (NEMA); TOF 时间分辨率 $\leq 210\text{ps}$; PET 轴向视野 $\geq 240\text{mm}$
13.2.9	电子胃肠镜系统	广角视野角: 140° , 广角景深: $3\sim 100\text{mm}$; 长焦视野角: 90° , 长焦景深: $1.5\sim 3\text{mm}$, 带器械孔道; 像素 $\geq 2\times 10^6\text{Pi}$
13.3 放射治疗装备		
13.3.1	质子治疗装备	回旋加速器束流能量 $\geq 230\text{MeV}$; 引出流强 $\geq 1.2\text{nA}$; 剂量率 $\geq 2\text{Gy/Liter/min}$; 束斑直径: $4\sim 9\text{mm}$, 束斑位置精度 $\leq 1.0\text{mm}$; 最大射野 $\geq 20\text{cm}\times 20\text{cm}$; 旋转机架等中心精准度 $\leq 1.0\text{mm}$
13.4 体外诊断装备		
13.5 卫生应急装备		
13.5.1	体外膜氧合系统	氧气通量: $1.2\sim 7\text{ml}/(\text{cm}^2\cdot\text{min}\cdot\text{bar})$; 二氧化碳通量: $1.2\sim 8\text{ml}/(\text{cm}^2\cdot\text{min}\cdot\text{bar})$; 血浆渗透时间 $\geq 96\text{h}$; 连续运行时间 $\geq 14\text{d}$

编号	装备名称	核心技术指标
13.6 高端医疗装备核心系统和关键零部件		
13.6.1	医用 X 射线球管	实际等效热容量 $\geq 6\text{MHU}$; 功率 $\geq 80\text{kW}$
13.6.2	高分辨 CT 探测器	视野中心投射尺寸 $\leq 0.625\text{mm}$; 排数 ≥ 256

14. 精密仪器仪表

编号	装备名称	核心技术指标
14.1 仪器		
14.1.1	液相色谱三重四极质谱联用仪	质量范围：5~2000 (m/z)； 分辨率：0.3~2.0FWHM 可调； 扫描速度>30000amu/s； MRM 采集速度：500 通道/秒； 灵敏度：ESI+，MRM 模式：1pg 利血平，柱上进样，S/N≥200000:1 (RMS)； ESI-，MRM 模式：1pg 氯霉素，柱上进样，SN≥200000:1 (RMS) (@扫描速度 10000amu/s，分辨率：0.6~0.8)； 液相色谱最小流速≤5ul/min
14.1.2	超导核磁共振波谱仪	磁场强度≥14T； 可检测观察核范围： ¹⁵ N~ ¹ H； 分辨率≤10 ⁻⁹ ； 最高频率≥600MHz； 高屏蔽性 (≤1m)
14.1.3	高精度激光跟踪仪	最大跟踪测量半径：80m； 水平方向测量旋转角度范围：±320°； 垂直方向测量旋转角度范围：±60°； 空间坐标精度：15μm+6μm/m； 最大跟踪速度≥4m/s； 姿态测量直径：60m，测量精度≤0.03°
14.1.4	场发射扫描电子显微镜	分辨率≤0.7nm@15kV，≤1.1nm@1kV； 加速电压：20V~30kV； 放大倍数：10~2000000； 电子枪真空度≤1.3×10 ⁻⁷ Pa
14.1.5	太赫兹特征谱线分析仪	工作频率：0.11~1.1THz； 频率分辨率≤50Hz； 动态范围≥50dB； 全波段测试精度：±5%
14.1.6	高精度组合式六维力测试仪	Fz 方向测量范围：1~500kN； Fx、Fy 方向测量范围：0.5~200kN； 力矩分量测量范围：10~5000N·m；

编号	装备名称	核心技术指标
		各分量耦合误差：±0.5%FS； 组合示值误差：±0.5%FS
14.1.7	惯性系统方位角高精度校准仪	寻北范围：0°~360°（全自动寻北）； 寻北精度≤3″； 定位时间≤6min； 操作温度：-20~+50℃
14.1.8	中子衍射深度应力检测仪	样品台线性位移精度≤0.02mm； 样品台旋转精度≤0.002°； 钛合金应力检测深度≥10mm
14.1.9	细胞水平表面等离子共振仪	细胞在线培养时间≥72h； 空间分辨率≤500nm； 折射率测量范围：1.33~1.40RIU； 折射率测量分辨率≤1×10 ⁻⁶ RIU； 24 小时基线漂移≤5×10 ⁻⁵ RIU
14.2 仪表		
14.3 测量检测装备		
14.3.1	北斗卫星施工定位测控装备	测量高度≥500m； 水平精度：±（2.5+0.5×10 ⁻⁶ D）mm； 垂直精度：±（5.0+0.5×10 ⁻⁶ D）mm； 初始化置信度≥99.9%
14.3.2	齿轮传递误差检测装备	最大加载扭矩≥20000N·m； 最小试验转速≤50r/min； 角度测量精度≤1″，位移测量精度≤0.04mm/m； 可实现接触斑点检测、齿轮啮合错位量模拟

15. 重大技术装备关键配套及基础件

编号	装备名称	核心技术指标
15.1 液压气动密封装置及系统		
15.1.1	静液压驱动装置	额定压力 $\geq 25\text{MPa}$ ，最高压力 $\geq 32\text{MPa}$ ； 公称排量 $\geq 37\text{ml/r}$ ； 输入转速：1000~3000r/min， 输出转速：0~3000r/min； 集成油滤总效率 $\geq 73\%$
15.1.2	气动阀岛	流量：300~1500L/min； 控制 I/O 点 ≥ 512 个； 模拟量输入/输出模块：0~10V，4~20mA； 集成诊断、系统优化、环境监测等功能
15.1.3	定位气动执行系统	工作压力 $\geq 0.4\text{MPa}$ ； 工作速度 $\geq 50\text{mm/s}$ ； 重复精度： $\pm 0.2\text{mm}$
15.1.4	超高压气体密封	泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$ （压力：70MPa， 温度：-40~+85℃，介质：氢气）； 压力循环 ≥ 12000 次
15.1.5	超高压大流量电液比例伺服 二通插装阀	最高压力 $\geq 70\text{MPa}$ ； 公称通径：25~130mm； 额定流量：400~8000L/min； 滞环： $\pm 0.1\%$ ，线性度： $\pm 0.1\%$
15.2 轴承		
15.3 传动系统及连接件		
15.4 控制部件及系统		
15.4.1	压接型绝缘栅双极型晶体管	额定电压 $\geq 4500\text{V}$ ； 额定电流 $\geq 5000\text{A}$ ； 导通压降 $\leq 3.5\text{V}$