

工程机械电动化：电动化进程取得突破， 国内龙头有望通过电动化弯道超车

证券分析师：周尔双

执业证书编号：S0600515110002

联系邮箱：zhouersh@dwzq.com.cn

二零二四年七月十五日

请务必阅读正文之后的免责声明部分

- ◆ **电动化打开工程机械新一轮增长空间。**2023年全球工程机械电动化率不足1%，我们判断技术突破并实现充分降本后电动化渗透率有望达到30%以上。从各角度观察工程机械电动化趋势：**①经济性：**国内锂电产业链降本成果显著，电动工程机械经济效益明显；**②工作场景：**固定或封闭工作场景便于各类充电方式；**③客户：**工程机械更受B端客户青睐；**④吨位：**中小设备电动化渗透率较高，大型设备尚处于起步阶段；**⑤政策：**部分场景&欧洲环保政策驱动电动化加速渗透。近年来各主机厂全球化逻辑盈利兑现，但24M5以来政治风险&贸易摩擦使其出口增速承压。各主机厂正积极寻求建立新的海外市场竞争优势，电动化或将成为其全球化布局的关键一环。
- ◆ **技术革新推动工程机械电动化提速。**工程机械电动化发展将经历由浅入深“三步走”。**电动化1.0阶段：**动力系统电动化，蓄电池+电控器+电机泵替换传统内燃机+液压泵结构；**电动化2.0阶段：**在1.0的基础上实现行走/回转系统电动化，使用电机+减速器代替液压马达，执行机构采用液压系统；整体电液混合式架构，半分布式布局提高能量效率；**电动化3.0阶段：**执行机构电动化，引入高传动效率电缸技术（EHA/EMA）。考虑到其在功率密度、成本上逊色于液压缸，我们认为未来电缸将广泛应用于小型工程机械、液压缸仍是中大型工程机械主流，EHA有望部分用于中型工程机械。
- ◆ **经济&环保打开未来广阔市场空间。**电动化工程机械海外市场广阔，重点聚焦欧洲与一带一路沿线地区。**①美国：**环保推力弱，油电经济性差异小，电动化替换意愿较差；本土龙头地位稳固，销售渠道网络建立难度较大；**②欧洲：**高度重视电动化产品，三一日前与荷兰达成历史性电中挖大订单，在中大挖上迈出从0到1的一步。主要阻力在于产品认证复杂、标准严格、维修人员要求高；**③一带一路地区：**工程机械需求景气度高，上路标准与国内持平，便于产品大规模铺开；**④中国地区：**电动化工程机械排头兵，将率先进入电动化渗透率极值。
- ◆ **复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车。**复盘小松的全球化之路，技术创新是弯道超车的制胜法宝，上世纪80年代小松通过掌握了全球领先的液压技术在美国市场大幅侵蚀卡特份额。我们认为国产品牌有望复制小松路径，依靠全球领先的电动化技术以及碳化硅产业突破实现新一轮的弯道超车。
- ◆ **盈利预测与投资建议：**长期来看电动化有望成为工程机械实现弯道超车的破局之路，当前电动化产品技术已经开始实现突破，看好电动化渗透率提升带来的广阔发展空间，推荐【三一重工】【徐工机械】【中联重科】【柳工】【恒立液压】【浙江鼎力】，建议关注【山推股份】。
- ◆ **风险提示：**国内宏观经济波动；行业竞争格局加剧；国际贸易争端；电动化技术突破不及预期。



- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

1.1 电动化打开工程机械新一轮增长空间

- ◆ 2023年全球工程机械电动化率不足1%，我们判断技术突破并实现充分降本后电动化渗透率有望达到30%以上。叉车23年电动化率达67.9%，高机24Q1电动化率高达92.6%。后发工程机械中，装载机24M6电动化渗透率已从23年全年6%迅速提升至25%，新能源搅拌车23年内销电动化率高达29%，同比+18pct。

图：各类工程机械电动化进程

产品	电动化率	代表性产品	电动化特点	轮式	道路机械	作业方式	主攻方向
叉车	68% (2023)	杭叉A系列电动叉车 	叉车主要用于车站、机场、工厂及仓库等； 对油烟、噪声要求较高，充电条件较好。 由于叉车铅酸电动化开始较早，电动化进程始终走在行业前列。	是	否	即开即停	输出功率
高机	93% (2023)	浙江鼎力JCPT1012PA电动剪叉式高空作业平台 	高机主要用于港口、城建等封闭或固定工作环境，上升位置固定时耗电量较少，属于间歇式工作模式，具有显著电动化优势。	是	否	间歇式	基本实现电动化
搅拌车	国内29% (2023)	三一SYM5310GJB5BEV新能源搅拌车 	新能源搅拌车作为道路机械， 电动化难度较低 ，政策推动&市场需求下电动化转型较快。	是	是	匀速作业	续航能力
装载机	国内25% (24M6)	柳工856E电动装载机 	装载机2023年来主要用于砂石骨料、港口物流等场景， 对油烟、噪声要求较高，充电条件较好 ，且电装经济性较油装提升明显。	是	否	匀速作业	续航能力 输出功率
挖掘机	不足1% (2023)	三一SY215E电动挖掘机 	电动挖掘机主要使用电机直接替代发动机并使用传统液压传动，整机效率不到30%， 对电池续航能力要求较高 。且挖掘机多用于矿山或封闭施工路段，充电条件较差。	否	否	高负载复杂工况	传动效率 续航能力 输出功率 充电基础
起重机	起步阶段 (2023)	三一STC250C5-8插电版汽车起重机 	起重机功率要求较大，且长时间处于高负载工作状态， 对电池、电动机要求较高 ，多使用插电方式。	是	否	高负载复杂工况	传动效率 续航能力 输出功率 充电基础

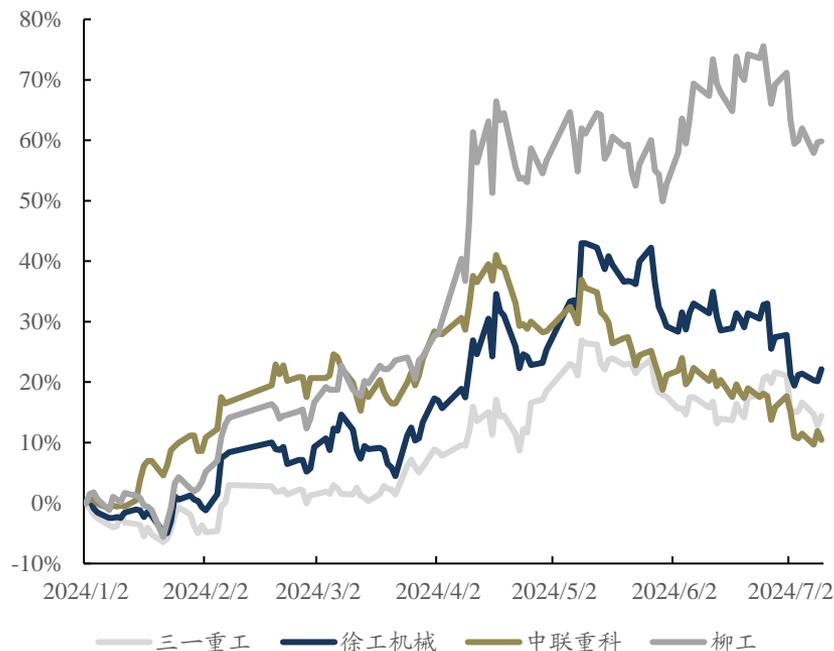
1.2 电动化成为主机厂全球化关键一环

- ◆ **全球化成为工程机械主机厂盈利驱动的重要因素。**近年来，国内各主机厂全球化市场开拓顺利，海外收入增速可观，成功抚平国内下行周期波动并较大程度提高公司盈利能力与质量，24年来全球化逻辑盈利加速兑现推动工程机械头部主机厂股价迅速上行。24M5以来国际政治贸易格局出现短期波动：24年5月，美国针对中国发布301关税声明；24年6月，欧洲对高机采取反倾销调查。政治风险&贸易摩擦加剧下，国内主机厂海外收入增速预期放缓，股价出现大幅回调。**关税因素使市场对国内产品以成本优势突破海外市场的预期迅速走弱。**

图：24年国际贸易摩擦情况

主体	时间	法规	细则
美国	2024/5	301关税声明	电动车301关税由25%加至100%；锂电池和零部件关税从7.5%加至25%；非动力锂电（主要储能电池）：26年开始关税从7.5%加至25%等
欧洲	2024/6	高机反倾销调查	对四家被抽样的中国高空作业平台制造商拟征收临时关税税率分别为：星邦智能56.1%、浙江鼎力31.3%、特雷克斯（常州）25.6%、捷尔杰（天津）23.6%；其余为32%或56.1%
印尼	2024/7	/	印尼将对从鞋类到陶瓷等进口产品，征收100%至200%的进口关税，并重启其保护国内产业的计划

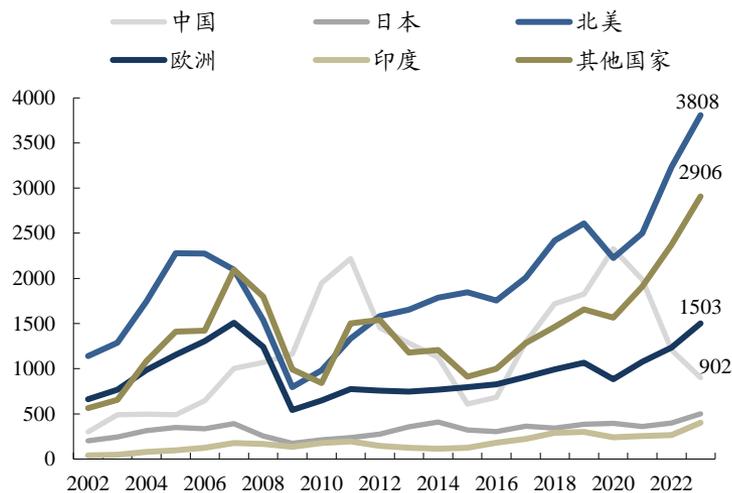
图：24年全球化逻辑驱动公司股价波动（涨跌幅）



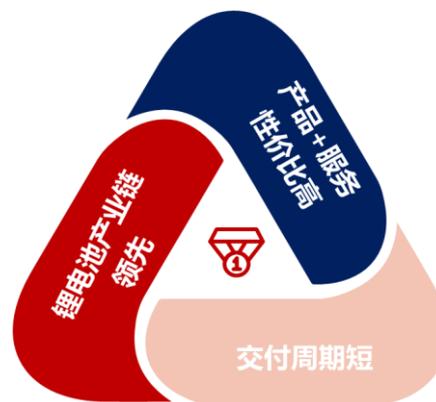
1.2 电动化成为主机厂全球化关键一环

- ◆ 电动化有望促进中国工程机械产品力走强，技术突破成为全球化布局关键一环。中国具备全球最齐全、最领先的电动化产业链，电动化或成为工程机械主机厂全球化进程的关键变量。2023年以来随着电动化技术突破、电池价格下降，电动化工程机械的回本周期大幅缩短，产业化进程迎来较大突破。电动化突破有望带来海外市场突破契机：
 - ①**电动化将成为国产品牌的独有标签**：工程机械行业具备一定的消费品属性，尤其是欧美市场对品牌具有一定品牌黏性，中国市场具有全球最完善、最领先的电动化产业链，我国的电动化工程机械在全球市场具备稀缺性。
 - ②**电动化是后市场服务破局的关键**：电动化产品的大面积推广将大幅提高工程机械售后和维保难度，中国品牌有望成为极少数能够提供完整电动化售后维保方案的主体，大幅降低后市场建设难度。

图：全球各地区市场容量（亿元）



图：三大优势促进电动工程机械突破海外市场



1.3.1 电动化驱动因素1: 电动工程机械经济性凸显

◆ 锂电产业链降本成果显著，电动工程机械经济效益明显。购置成本方面，电池成本占工程机械总成本40%-50%。2023年以来国内锂电产业链降本成果显著，2024年工程机械标准化磷酸铁锂pack价格已降至800-1000元/kW·h。以市场主流5吨电动装载机为例，市场售价已从超100万元降至约60万元。使用成本方面，工程机械一般具有功率能耗较大、连续工作时间长、维护保养成本较高等特点。以300天/年，8h/天工作时长保守计算，同在水泥厂工况下，柳工5吨油装/电装年使用费用为33.6万元/6万元，年均可节省能源成本27.6万元。而油装电装购置成本差仅为约20万元，不到1年即可覆盖。

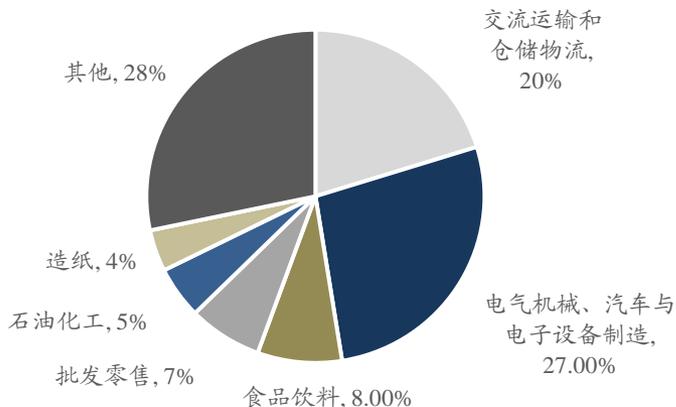
图：市场主流5吨电动/柴油装载机综合使用成本对比

	电装	油装
价格（以5吨为例）	60万元	40万元
油费/电费	1h耗费25度电，1度电1元，一小时25元，每天工作8小时，一天电费200元，一年电费6万元	每小时20升，每天工作8小时，油费7元/升，一天油费1120元，按照300天计，一年油费33.6万元
维保费用	忽略不计，基本不需要维保	每年2万元
综合成本（按照5年使用寿命）	$60+6*5=90$ 万元	$40+34*5+2*5=220$ 万元
节省成本		$220-90=130$ 万元
综合成本（按照10年使用寿命）	$60+6*10+24=144$ 万元	$40+34*10+2*10=400$ 万元
节省成本		$400-144=256$ 万元
	电装的电池寿命约5年，若考虑到5年后换电池，电池成本占比40%，换电池成本约24万元	

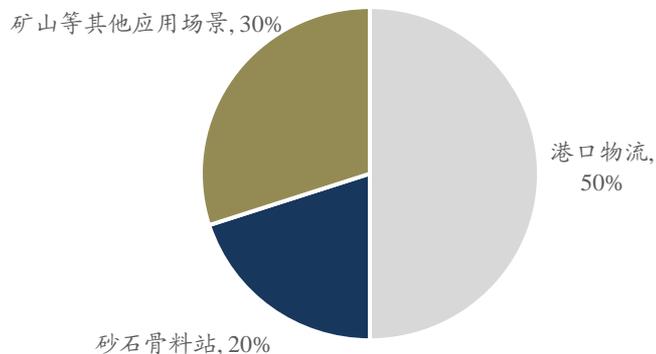
1.3.2 电动化驱动因素2: 固定&封闭工作场景电动化趋势明显

- ◆ 工作场景直接关系充电便利程度。电动化程度较高的叉车、高机多用于封闭、固定场景，目前电动化趋势较明确的装载机也源于其应用场景从上一轮周期的地产、矿山转为港口物流、砂石骨料此类固定场景。24年来小挖销量增长明显，多用于市政工程等具备充电条件的场景，挖掘机电动化出现切入良机。

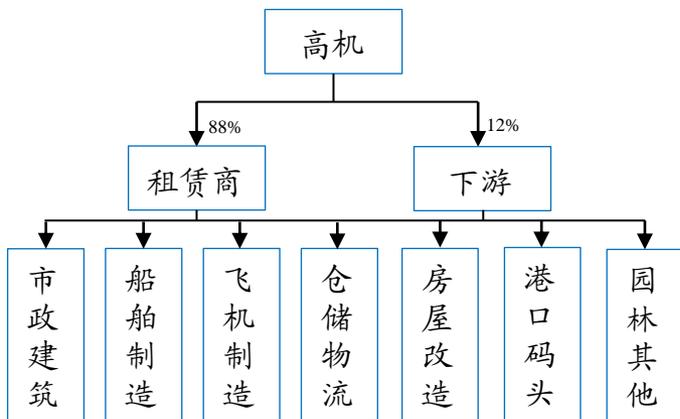
图：2020年叉车下游应用场景



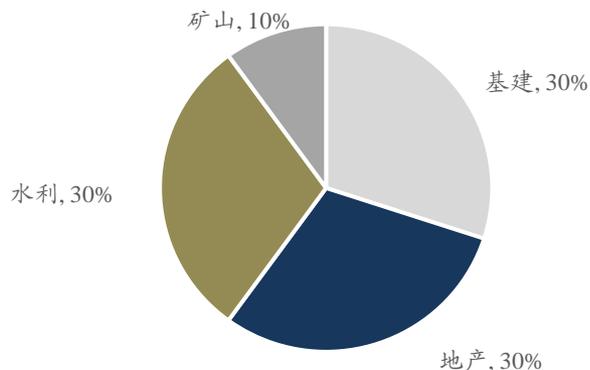
图：2023年电动装载机下游应用场景



图：2022年高机下游应用场景



图：2023年挖掘机下游应用场景



1.3.3 电动化驱动因素3: 电动化产品更受B端客户青睐

- ◆ **电动工程机械较为符合大客户需求。**工程机械属于重资产生产工具，客户对其经济效益十分敏感。对于**大B端客户**来说，购买工程机械主要用于自身项目，能够保证较长的工作年限和年均工作时长。电动工程机械具有较低的使用成本，较高强度工作下1-2年内可覆盖油/电机械差价，长期来看经济效益明显。对于**小B客户和C端客户**来说，购买工程机械主要由于短期承包工程项目，无法保证覆盖机械生命周期的工作年限，从而对后市场残值需求较高。然而，由于电动工程机械电池衰减较快，部分产品上市时间较短，后市场建设不够完善，暂不具备准确的残值定价体系，短期内无法满足小B客户和C端客户的诉求。

图：各类工程机械下游客户情况

产品	下游客户情况
叉车	基本为机械制造、物流储运此类大B端客户。
高机	88%为租赁商（B端）
搅拌车	下游多为大型工程企业，为大B端客户
装载机	作为运输体系的一部分，多用于运输物料、矿石，下游客户大多以大B端客户为主
挖掘机	微小挖存在少量小B端和C端用户（农场庄园等）
起重机	下游多为大型工程企业，为大B端客户

图：电动工程机械多以大客户订单打开局面

产品	主机厂	客户	电动化订单
电动装载机	柳工	瑞士豪瑞集团	2021年起购买首批电动装载机服务于混凝土搅拌站，2024年签订600台电动装载机订单
电动挖掘机	三一	荷兰DNL	2024年6月，三一20台电动中型挖掘机SY215E售往荷兰，合同金额高达3000万元

1.3.4 电动化驱动因素4: 中小设备电动化加速渗透

- ◆ **电动化迅速渗透中小设备，大型工程机械电动化任重道远。** 电动工程机械中，中小型设备渗透率明显较高。首先，三电技术并未实现在持续较高负载工况下保持稳定的功率输出，中大型工程机械大多使用传统液压传动，整机能量转换率不到40%，对电池提出较高需求，从而使其购置成本处于较高区间，对经济效益具有较大负面影响。其次，中大型工程机械多用于矿山、大型基建和土方工程等，此类场景利润率较高，客户对经济性反应不敏感，路径依赖较强，短期内不具备电动化渗透条件。

图：各类工程机械电动化现状

产品	电动化特点
叉车	乘驾式仓储车辆、步行式仓储车辆已实现电动化转型；较大带电量的平衡重叉车渗透率逐渐提升，2023年电动化渗透率为31%，同比+5%
装载机	电动装载机行业处于井喷状态，24M6国内电装渗透率高达25%，主要吨位为3吨、5吨、7吨，主要用于港口物流、砂石骨料等场景
挖掘机	电动挖掘机处于起步阶段，纯电机型以中小挖为主，售往欧洲等环保需求较高的区域；大挖采用拖电方式，用于固定场景

图：大中小挖经济性测算（万元）

产品参数	微小挖	中挖	大挖
吨位（吨）	2	20	40
电池容量（kW·h）	22	422	600
电池价格	2	38	54
整机成本	4.4	84.4	135.0
整机价格	7.3	140.7	225.0
同吨位油机价格	5	80	120
油/电差价	2.3	60.7	105.0
年节约使用成本	0.9	16	24
差价覆盖时间（年）	2.6	3.8	4.4

1.3.5 电动化驱动因素5：环保政策成电动化最强推力

- ◆ **政策驱动电动化加速渗透。**国内方面，自2021年“碳达峰”“碳中和”被写入政府工作报告以来，国内环保节能需求与日俱增。工程机械作为高能耗、高排放的重型机械，国家层面已出台了多项相关政策刺激下游需求向电动化转移。海外方面，欧洲政府高环保要求&企业强社会责任感推动欧洲市场对于电动工程机械需求提升，2024年电动化节奏全球领先。截至2024年6月，国内电动装载机、电动挖掘机大额订单均来自欧洲市场。

图：港口物流、砂石骨料环保要求提升带动电装渗透率快速提升

时间	发布主体	政策内容
2019/11/4	工信部	《关于推进机制砂石行业高质量发展的若干意见》提出砂石企业要坚持绿色低碳循环发展，按照相关规范要求建设绿色矿山
2021/5/12	广东省人民政府办公厅	《广东省促进砂石行业健康有序发展实施方案的通知》提出按照绿色矿山建设标准，实行“绿色开采、绿色生产”，打造一批生产智能化、环保效果好的精品砂料产业化示范项目
2023/3/13	交水发	《关于加快沿海和内河港口码头改建扩建工作的通知》提出优先将码头改建扩建项目纳入环评管理台账，提前介入并加强对环评文件编制和环境调查要求的指导
2023/7/12	交通运输部	《突出四个协同发挥港口绿色低碳引领作用》提出系统谋划新能源清洁能源供给体系，加快区域内部绿色低碳协同发展，为全国港口绿色低碳发展发挥示范引领作用

图：欧洲环保政策成为工程机械电动化突破口

时间	发布主体	政策内容
2019年	欧盟	《欧洲绿色新政》设置2030减排目标和2050中和目标，构建欧盟可持续发展模式
2020年	欧盟	《欧洲气候法》对碳中和立法，以法律形式推动碳中和目标实现
2021年	欧盟	《欧盟适应气候变化战略》提出通过技术创新、数智化发展、碳减排、提高新兴技术投资等方式实现碳中和
2021年	欧盟	《Fit for 55》计划要求欧盟推进产业转型、碳定价和能源税
2023年	欧盟	《绿色协议工业计划》推动欧盟工业向零排放发展

1.3.5 电动化驱动因素5：环保政策成电动化最强推力

- ◆ 自3月《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》印发以来，工程机械设备更新换代政策备受关注。上海政府积极响应政策号召，明确了上海地区国二非道路移动机械更新补贴的具体管理办法。根据我们测算，2023年国内装载机、叉车、挖机保有量分别为100万台、400万台、170万台，存量国二设备占比约10%-15%，对应国二待报废更新台量分别约13万台、52万台、22万台。但此次政策补贴要求报废国二车辆并购置同机型的新能源才可享受补贴，且限定购机人须在上海本市完成新能源机械申报登记。此次补贴政策限定电动化对挖掘机影响不明显，对电动化程度较高的装载机和叉车具有较强刺激作用。
- ◆ 在中性假设条件下，补贴带动的装载机、叉车更换量约为2.6/10.4万台。此外，该政策设有时限性，在2025年12月31日之后申请的补贴金额仅为补贴标准的80%，因此更新替换的最佳期限为2年内。按两年折算，2024年补贴带动的装载机/叉车更换增量分别为1.3/5.2万台。2023年装载机、叉车内销分别为5.6/77万台，以2023年内销为基数，2024年补贴带动的装载机/叉车增量分别为23%/7%，对装载机拉动作用较强。

图：上海发布电动工程机械更新替代政策（万台）

机械类型	2023年保有量	2023年待更新量	2023年销量	补贴带动更新需求		
				乐观（30%）	中性（20%）	悲观（10%）
装载机	100	13	5.6	3.9	2.6	1.3
叉车	400	52	77	15.6	10.4	5.2
挖机	170	22	9	/	/	/

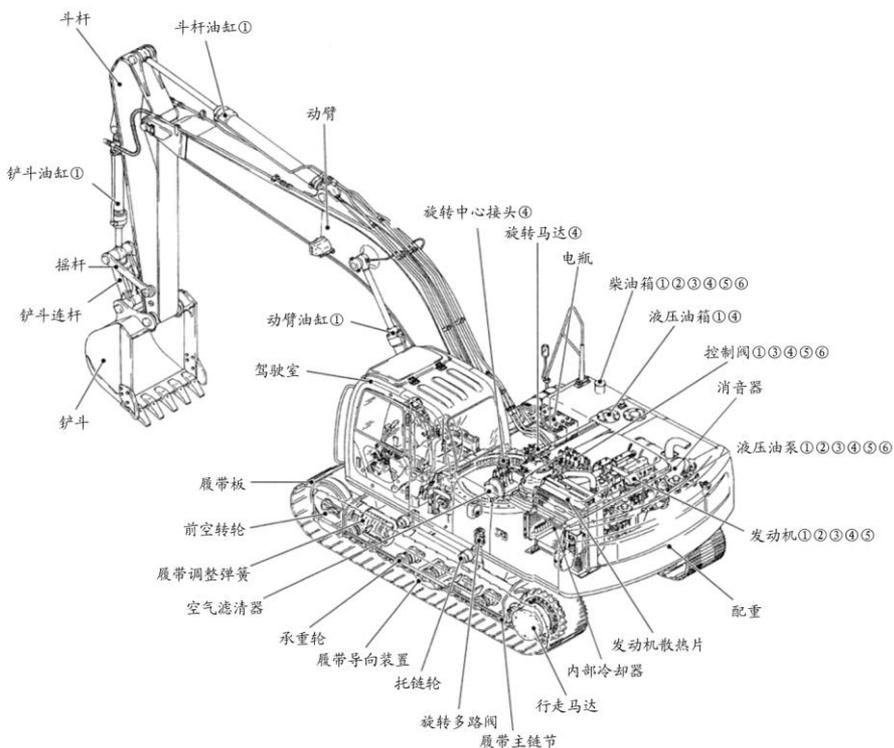


- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

2.1 工程机械电动化：从组件电动化替代到传动架构革新

- ◆ **传统液压挖掘机的结构：**主要由动力系统（柴油箱+发动机）、行走回转系统（行走马达+履带+回转马达等）、执行机构（动臂、斗杆、铲斗等）组成。
- ◆ 工程机械的电动化，即使用电动化组件（电池、电泵、电驱、电缸等）部分或全部替代原有的机械结构，以达到提高传动效率、节能减排、提高适应能力、接轨智能化等目的。以电动挖掘机为例，广义上认为：电动挖掘机是以车载电源、蓄电池为动力，用电动机驱动行走回转系统和执行机构的挖掘机。

图：液压挖掘机示意图与电动方案涉及结构①~⑥



图：主要的电动化驱动模式概述

直线运动执行器解决方案	原组件	电动化替代组件	驱动模式	驱动原理
①	柴油箱（下同）	蓄电池（下同）	蓄电池-电动机-电控-电机泵-电动缸	采用电动缸技术，无液压传递损失，能耗较低。
	柴油发动机（下同）	电动机（下同）		
	液压油箱	/		
	控制阀	电控模块		
	液压油泵	电机泵		
	斗杆油缸	电动缸		
铲斗油缸	电动缸			
动臂油缸	电动缸			
②	液压油泵	电机泵	蓄电池-电机泵-液压阀-液压缸	保留传统阀控液压技术
	控制阀	静液压系统	蓄电池-电机泵-液压缸	基于电传动的基础上，采用新型电液控制节能技术，进一步降低液压系统能耗
③	控制阀	电机泵	蓄电池-电机泵-液压缸	
	液压油泵	电机泵		
旋转运动执行器解决方案	原组件	电动化替代组件	驱动模式	驱动原理
④	控制阀	电控模块	蓄电池-电动机-电动马达-减速器	类似新能源汽车，直接电传动，无液压系统能量损失
	液压油箱	/		
	液压油泵	电机泵		
	旋转中心接头	电控旋转马达+减速器		
⑤	旋转马达	电控旋转马达+减速器	蓄电池-电机泵-阀-液压马达-减速器	保留传统阀控液压技术
	液压油泵	电机泵		
⑥	控制阀	/	蓄电池-电机泵-液压马达-减速器	采用泵控马达技术，液压系统能耗降低

2.2.1 电动化1.0：动力系统电动化，工程机械的“电心”

- ◆ 目前电动化工程机械的供电方式主要有纯电、混电、换电、拖电等。
- ◆ **拖电**：电动化发展初期以及限定/固定作业场景下的电动化产物，通常需要通过外置电缆接通电源，很好地解决了供电与成本问题。但**电缆也一定程度限制了作业范围与作业场景**。
- ◆ **混动**：电动化发展的过渡技术，兼具了电供能与油供能的优势。核心在于燃油供能与电池功能的耦合：提升了电池续航能力，同时这一模式使燃油机维持在相对高效的功率区间，提高输出效率。
- ◆ **纯电**：最理想的供能方式，实现零排放、低能耗成本、除极寒外几乎所有环境下的作业适应性。但目前仍存在**续航不足、部分作业场景（如土石方）充电难的问题**。
- ◆ **换电**：基于纯电的一种供电解决方案，施工现场使用移动换电站提供电池更换，充分利用电池电量峰谷配比的成本优势。但**充分发挥这一优势需要10台以上工程机械**，这在实操中难以满足，且大部分工程机械由于外形原因无法使用标准电池更换方案，非标（叉车）更换电池的操作也更加复杂。

表：目前市面上四种主流的供电方式

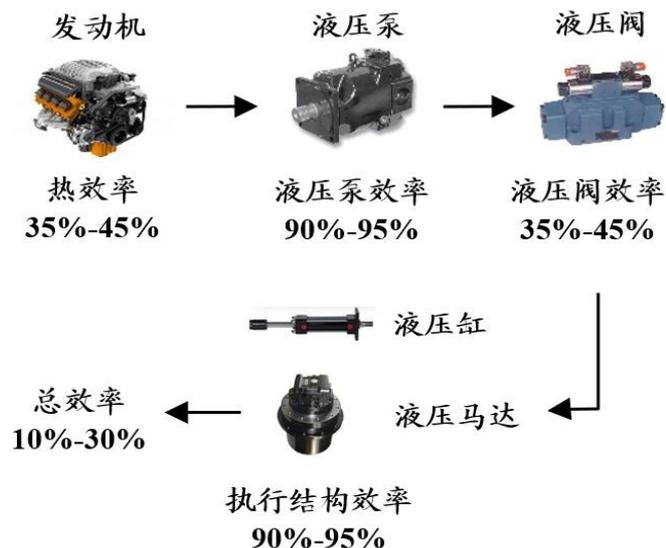
技术路径	概念	常见施工场景	优势	短板	示意图
拖电	通过电缆外接电源的动力模式。	固定或小范围作业场景，如室内、港口、部分矿山。	技术难度低；成本低，回本周期短。	作业场景与作业条件受限，无法大规模推广。	
混动	电供能为主、燃油供能为辅，在电供系统的基础上装配燃油系统。	单次作业时长长、纯电无法覆盖单次排班的情况。	高性价比；燃油系统在保障续航的同时可以维持在高效输出功率区间。	电动化发展过程中的过渡性动力方案。	
纯电	使用可充电蓄电池驱动，完全以电能为能源的动力技术。	易燃物料、噪音/环保要求高、密闭环境、高原等场景具备绝对优势。	零排放；作业场景适应能力强；全生命周期成本低；易于接轨智能化。	前期投入成本高；续航不足；部分场景不具备纯电条件。	
换电	在纯电基础上提供的一种供电解决方案，主要以移动换电站的模式。	土石方等不便于充电的作业场景。	智能化跟踪电池电量，可实现峰谷配比成本优势；标准化换电方案简便。	单个施工场景的机械数量难以高效回本；工程机械结构非标准难以适配标准换电方案；叉车换电操作难度高。	

成本排序：换电=纯电 > 混动 > 拖电

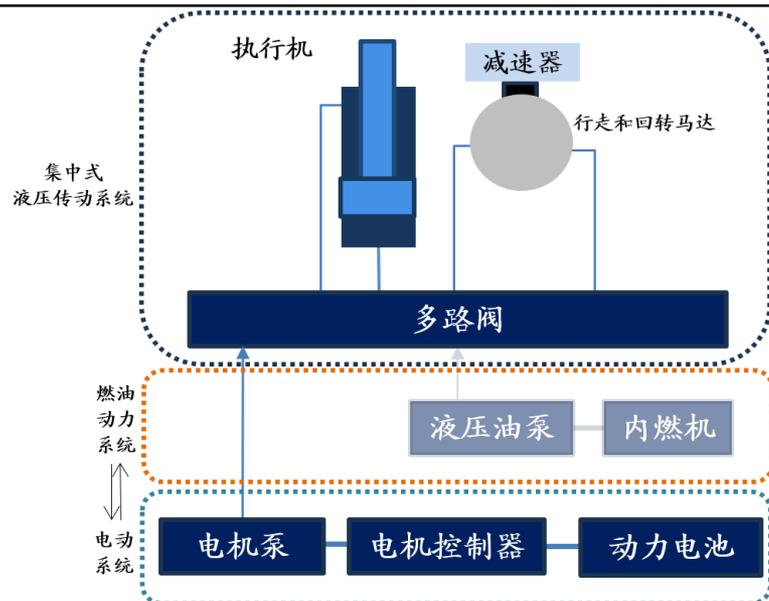
2.2.1 电动化1.0：沿用集中式液压传动架构

- ◆ 电动化第一阶段的工程机械在使用电动供能的同时，保留了传统液压系统的集中式液压传动架构。传统液压传动模式的能量流向为内燃机→液压油泵→多路阀，由多路阀同时控制执行机构油缸（动臂、斗杆、铲斗）与行走回转机构油缸（行走、回转系统）；而第一阶段电动化使用动力电池、电控器、电机泵（泵与电机的集成）代替了原有的内燃机和液压油泵，回转机构与执行机构依然沿用液压传动系统。
- ◆ 传液压传动具备高能量密度但低传动效率的属性。1) 核心优势：高功率密度。功率密度的定义是传动功率/质量，由于液压油的质量远低于其他传动部件，液压传动是功率密度最高的传动方式，小质量即可传输高功率；2) 劣势：传动效率低下。液压系统“单泵源多执行器”的工作模式不可避免地存在传动效率低下的问题。以液压挖掘机的液压系统为例，其效率仅30%~40%，能量损耗集中在液压多路阀，大量能量被浪费的同时造成系统升温、组件易损。

图：液压系统传动效率低，挖机整机效率仅10~30%



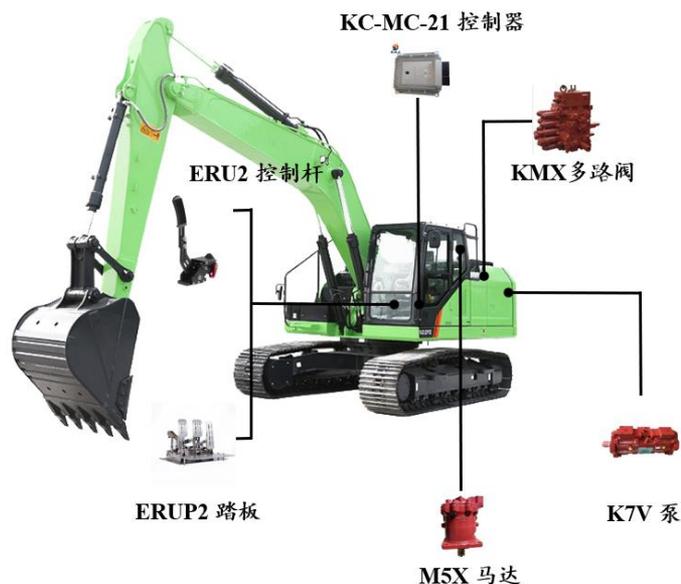
图：电动化1.0沿用集中式液压传动架构



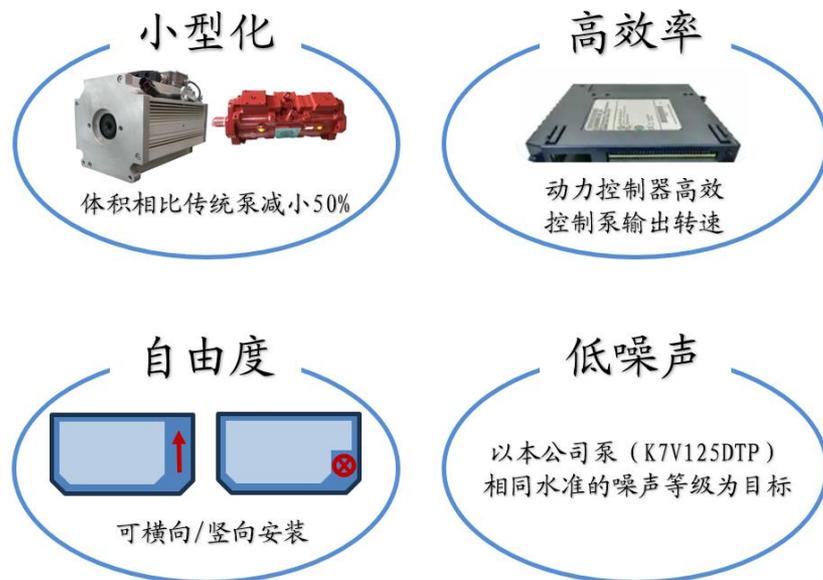
2.2.1 高速泵：提升电动机功率密度的关键技术与瓶颈

- ◆ 电机泵功率密度天然低于同转速的液压泵。电机泵（电动机+电泵）是工程机械电动化的心脏，尽管提高了能量利用/传动效率，但由于自重远高于液压泵+内燃机，在功率密度上存在天然劣势。
- ◆ 高速泵的引入为解决电动机能量密度问题提供了可行性。根据功率密度公式，在相同的质量下，传动功率越大，功率密度越大（ $\eta=P/m$, $\eta \propto P$ ），因此对于自重大的电机泵而言，提高转速是解决功率密度问题的重要途径。电机泵只有在转速达到20000转/分钟（rpm）以上，才能在功率密度上超越传统液压泵。但目前，20000rpm高速泵只出现在航空航天、军用工业以及部分其他领域，工业用高速泵以川崎最新发布的K-ALxe为例，尽管在小型化、高效、自由度、低噪音等方面表现优秀，转速也仅达到5000rpm左右。高转速、小体积、小重量将成为工业泵的发展趋势，未来冲击20000rpm将成为工业泵的大势所趋，但工业化研发与降本工作依然有很长的路要走。

图：川崎电动化挖掘机是电动化1.0的标志性产品



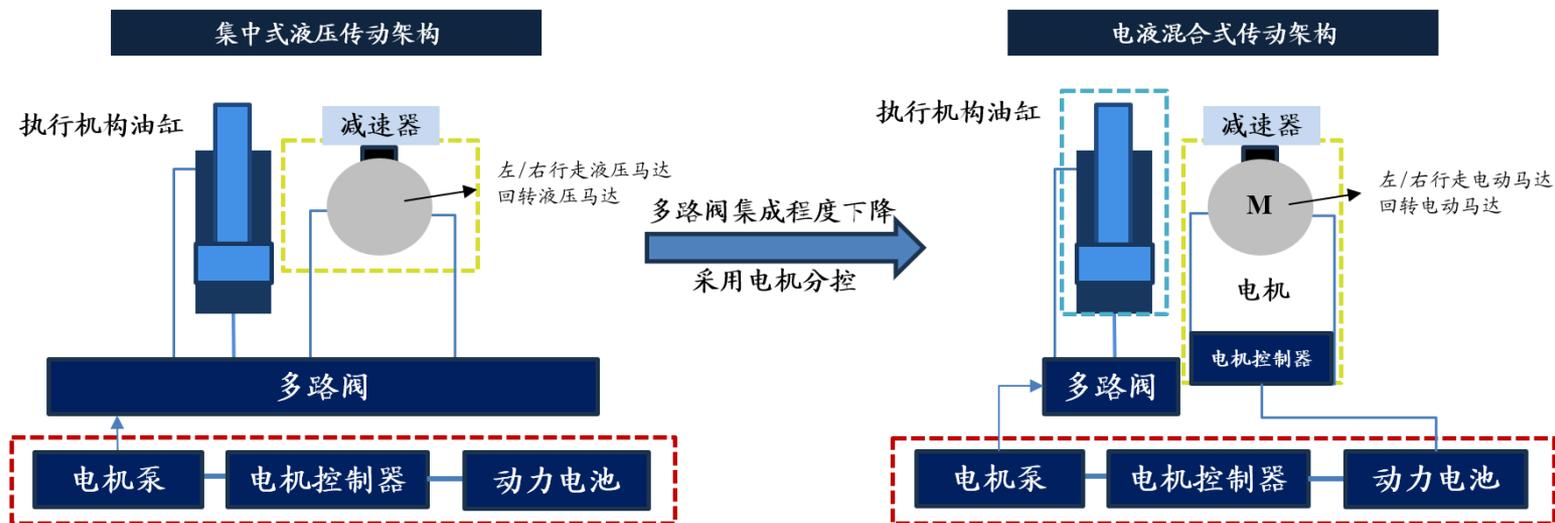
图：川崎于2023年9月推出K-ALXE高速泵



2.2.2 电动化2.0：行走/回转系统电动化，兼并电动化与液压系统二者之长

- ◆ 电动化2.0采用电液混合式传动架构，实现行走回转系统电动化。1) 布局：在电动化1.0的基础之上，使用电机+减速机替代液压马达，即类似商用电动车的驱动模式；2) 架构：使用电液混合式传动架构，多路阀的集成程度下降：多路阀由电动化1.0的总控行走/回转系统+执行机构，演变为电动化2.0的仅总控执行机构，不再控制行走/回转系统；动力电池直连行走/回转系统以直接控制左右履带与回转马达。由于多路阀的能量损耗占液压系统绝大部分，整机的多路阀集成程度下降可以有效降低液压系统的能量损耗，而行走回转系统采取电机分控的模式能够进一步提高传动效率。
- ◆ 此阶段产品兼并电动化与液压系统的优势，具有不可替代性。电动化3.0将引入电缸，而电缸在成本与能量密度上不及液压系统，短期内不适配中大挖高功率的工作特点与降本需求。因此，尽管液压系统的传动效率相对低下，但能量密度高、成本优势显著，同时又兼具电动化的节能等属性，我们认为大型工程机械（如中大挖）将长期处在这一阶段。

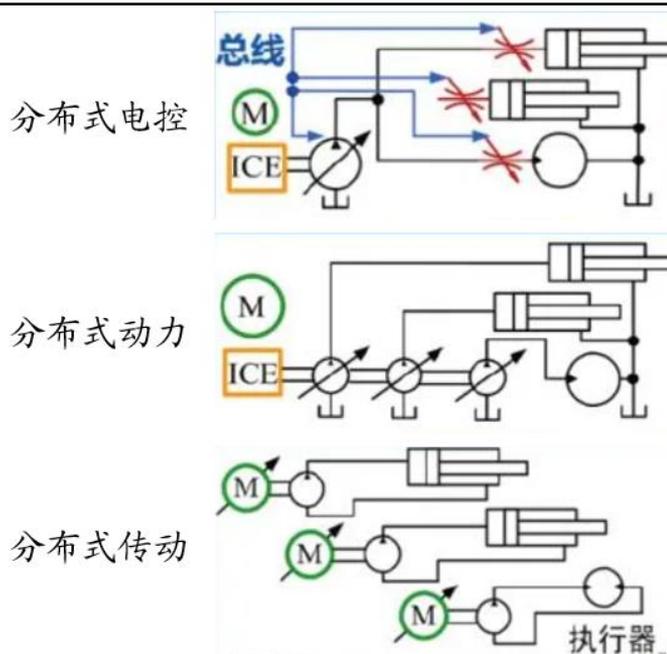
表：电动化第二阶段布局从集中式液压传动架构向电液混合式传动架构转变



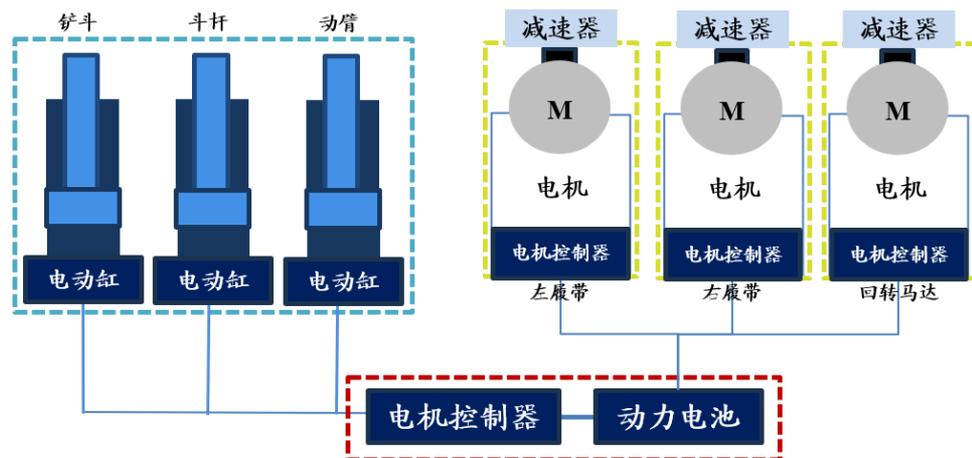
2.2.3 电动化3.0：采用纯电驱方案，分布式电控布局画龙点睛

- ◆ 引入纯电驱执行机构，完全舍弃液压泵阀式设计。使用电缸、电控器等纯电驱结构完全代替液压、泵阀等驱动执行机构，实现工业级控制精度、高传动效率、实现系统闭环控制、与智能化工业接轨。
- ◆ 分布式电控是纯电驱方案的关键布局。回顾电动化发展“三步走”，电动化的核心逻辑在于降能耗与降本，而分布式布局是理论能耗最低的总控布局。过去，工程机械用电动机与内燃机几乎都是定量泵和定输出功率，分布式布局并没有出现在传统液压布局中。未来进入电动化时代，电动机、变量泵与高速泵的普及将使分布式布局成为可能，这种“一对一”的布局将最大限度提升整机的传动效率。

图：三种常见的广义分布式传动布局



图：电动挖掘机分布式电控示意图



2.2.3 电动化3.0：电动缸在传输效率与功率密度上存在天然矛盾

- ◆ 电动缸主要具备传动效率高、控制精确等优势，但传动机制决定效率与密度不可兼得。1) 电动缸优势：由于电控的引入，电动缸的传输效率可以高达90%以上，并且步进电机/伺服电机的引入能够精确控制执行机构的运行状态和位置。2) 电动缸劣势：①**造价高昂**：以1.9t微型挖掘机的部件为例，电动缸的价格是液压缸的5倍以上；②**重量大**：由于能量密度低，与液压缸同等的传输功率的电动缸重量是液压缸的7倍以上，且执行机构为悬出结构，带来的力矩将成倍增加。电动缸的传输效率与能量密度矛盾是物理机制决定的，无法从根源上解决功率密度低的问题。
- ◆ 电动缸技术分为**电动液压缸（EHA）**与**电动机械缸（EMA）**两种类型。1) **传动效率**：德国一研究机构对EHA和EMA驱动六自由度平台的特性进行了对比，测试结果显示EHA驱动整机效率约为71%、EMA驱动整机功率约为74%，远高于传统液压驱动的10%~30%。2) **功率密度**：理论上，液压驱动的功率密度排序为：液压缸 > EHA > EMA，尽管EHA传动效率略低于EMA，但EHA的最大输出功率约为EMA的3倍。综合来看，由于电动缸高成本、高重量的特性，以及EMA、EHA之间的差异性，**EMA未来可能在小型工程机械中被大规模应用，而EHA更有可能被应用在中型以上工程机械中。**

表：液压缸、EHA、EMA在各参数上的横向定性比较

	液压缸	电动液压缸EHA	电动机械缸EMA
成本	低	高	高
重量	低	高	很高
传动效率	低	高	高
功率密度	很高	中等	低



- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

3.1 电动化市场：经济性导向的高渗透率预期

- ◆ **电动化拓展的主要动力是经济性。**绝大多数电动化工程机械的回本周期在1-2年，使用频次高/开机时间长的工程机械回本周期会更短。以5吨电动装载机为例，与油装的差价大约在20万元左右，而每年的使用成本（电/油）价差测算约为30万元，回本周期小于一年，全生命周期成本仅为油装的三分之一。综合来看，相比于燃油产品，部分电动化工程机械回本快，经济性强，长期可以为用户提供较大的降本空间。
- ◆ **当前电动化推广的主要阻力在于充电场景难推广、回本周期不确定以及高贬值属性。**当前的电动化产品主要处在电动化1.0~2.0阶段，综合技术门槛较低，推广难主要来自充电解决方案与施工场景不匹配、前期投资大后期残值预期较低。**1) 充电场景：**目前可充电场景比较局限，大多集中在室内或对工程机械作业范围要求不高的区域（如港口），大部分施工场景（土石方、矿山等室外场景）不具备充电条件；若考虑换电法，标准化换电方案主要面向工程车辆，工程机械使用换电方案难度较高；**2) 回本周期：**回本周期受开工时长影响大，开工时长短、使用频次低的机械回本周期较长，加上电动产品前期投入大，减弱下游投资意愿；**3) 残值预期：**电动化机械以及电池产品迭代速度快，导致电动化产品自带快速贬值属性，下游厂商在考虑成本性时可能为了追求“一步到位”而推迟电动替代计划。
- ◆ **对于适合电动化推广的作业领域，高经济性带来远期高渗透率预期。**电动化趋势推动下，在叉车、装载机、高机等适合电动化推广的领域，中长期电动化渗透率被市场给予较高预期；而其余目前存在阻力的推广领域，基础设施建设、电池技术革新成为电动化推广亟待解决的问题。

3.1 电动化市场：经济性导向的高渗透率预期

表：全球装载机、挖掘机、叉车、高空作业平台的电动化渗透率及市场空间预测

	2023	2024E	2025E	2026E	...	远期		2023	2024E	2025E	2026E	...	远期
装载机销量 (万台)	27.1	27.3	27.6	27.9	...	28	装载机销量 (万台)	189	195	201	210	...	300
yoy	1%	1%	1%	1%	...		yoy	7.0%	3.2%	3.1%	4.5%	...	
全球电装平均单价 (万元)	110	105	100	95	...	80	全球电叉平均单价 (万元)	8	8	9	10	...	10
电装销量 (乐观, 万台)	0.3	0.5	0.8	1.3	...	25.20	电叉销量 (乐观, 万台)	86	101.4	108.5	117.6	...	300
电装销量 (中性, 万台)	0.3	0.4	0.6	0.8	...	22.40	电叉销量 (中性, 万台)	86	91.7	99.5	111.3	...	270
电装销量 (悲观, 万台)	0.3	0.3	0.4	0.6	...	16.80	电叉销量 (悲观, 万台)	86	89	91	105	...	240
电装渗透率 (乐观)	1%	2%	3.0%	4.5%	...	90%	电叉渗透率 (乐观)	45.5%	52%	54%	56%	...	100%
电装渗透率 (中性)	1%	1.5%	2.0%	3.0%	...	80%	电叉渗透率 (中性)	45.5%	47%	49.5%	53%	...	90%
电装渗透率 (悲观)	1%	1.2%	1.6%	2%	...	60%	电叉渗透率 (悲观)	45.5%	45.6%	45.3%	50%	...	80%
电装市场规模 (乐观, 亿元)	29.8	57.4	82.8	119.1	...	2016	电叉市场规模 (乐观, 亿元)	679.6	836.2	938.7	1176	...	3000
电装市场规模 (中性, 亿元)	29.8	43.0	55.2	79.4	...	1792	电叉市场规模 (中性, 亿元)	679.6	755.8	860.5	1113	...	2700
电装市场规模 (悲观, 亿元)	29.8	34.4	44.1	53.0	...	1344	电叉市场规模 (悲观, 亿元)	679.6	733.9	787.0	1050	...	2400
挖掘机销量 (万台)	48.1	50.5	49.1	50.6	...	60	高空作业平台销量 (万台)	17.1	17.0	17.8	19.6	...	25
yoy	4%	5%	4%	3%	...		yoy	10%	-1%	5%	10%	...	
全球电挖平均单价 (万元)	130	120	115	110	...	110	全球电高机平均单价 (万元)	7	7	8	8	...	10
电挖销量 (乐观, 万台)	0.1	0.5	2.5	5.1	...	24	电高机销量 (乐观, 万台)	13.7	14.6	16.0	18.2	...	24.5
电挖销量 (中性, 万台)	0.1	0.3	1.5	3.5	...	18	电高机销量 (中性, 万台)	13.7	14.4	15.7	17.8	...	23.8
电挖销量 (悲观, 万台)	0.1	0.2	0.7	2.0	...	15	电高机销量 (悲观, 万台)	13.7	13.9	15.0	16.9	...	22.5
电挖渗透率 (乐观)	0.2%	1.0%	5%	10%	...	40%	电高机渗透率 (乐观)	80%	86%	90%	93%	...	98%
电挖渗透率 (中性)	0.2%	0.5%	3%	7%	...	30%	电高机渗透率 (中性)	80%	85%	88%	91%	...	95%
电挖渗透率 (悲观)	0.2%	0.4%	1.5%	4%	...	25%	电高机渗透率 (悲观)	80%	82%	84%	86%	...	90%
电挖市场规模 (乐观, 亿元)	12.5	60.6	282.4	556.4	...	2640	电高机市场规模 (乐观, 亿元)	96.0	102.2	128.3	145.9	...	245
电挖市场规模 (中性, 亿元)	12.5	30.3	169.4	389.5	...	1980	电高机市场规模 (中性, 亿元)	96.0	101.0	125.5	142.7	...	237.5
电挖市场规模 (悲观, 亿元)	12.5	24.2	84.7	222.6	...	1650	电高机市场规模 (悲观, 亿元)	96.0	97.4	119.8	134.9	...	225

资料来源：Wind，东吴证券研究所预测

3.2.1 美国：电动化产品经济性逻辑成立，实际落地阻力重重

- ◆ **油电成本差与中国相近，电动化产品在美经济性逻辑成立。**电动化产品的核心逻辑在于降本，相比于燃油产品，电动化产品初始成本较高但全生命周期成本仅为燃油产品的约1/3，而回本周期很大程度取决于当地油电价格差。我们选取中美两国的柴油价格、工业用电电价（均换算为元/升、元/kWh），构建参数油电价格比（柴油价格/工业电价），发现中美地区油电价差基本处于同一水平，证明降本逻辑成立。
- ◆ **碳排放政策模糊，环保推动力度不足。**电动化“零排放”产品在高环保要求地区的吸引力更强，而美国环保需求不敏感、碳排放政策驱动力远低于欧洲等地区，本地厂商工程机械替换意愿较弱，电动化受阻。
- ◆ **本地品牌影响深远，渠道铺设困难重重。**美国本土工程机械市场已经非常成熟，卡特、小松等龙头企业经过数十年经营在美国建立了非常牢固的经销网络和品牌形象，“一机开三代”在美国成了十分普遍的现象，导致国内工程机械企业进入美国市场时一定程度受到消费者与渠道商的排挤。

图：中美地区油电价格比相近，经济性逻辑成立



图：卡特在北美生产/销售网点分布图



3.2.2 欧洲：环保驱动力强，基建欠佳、电池回收与人员专业标准成难题

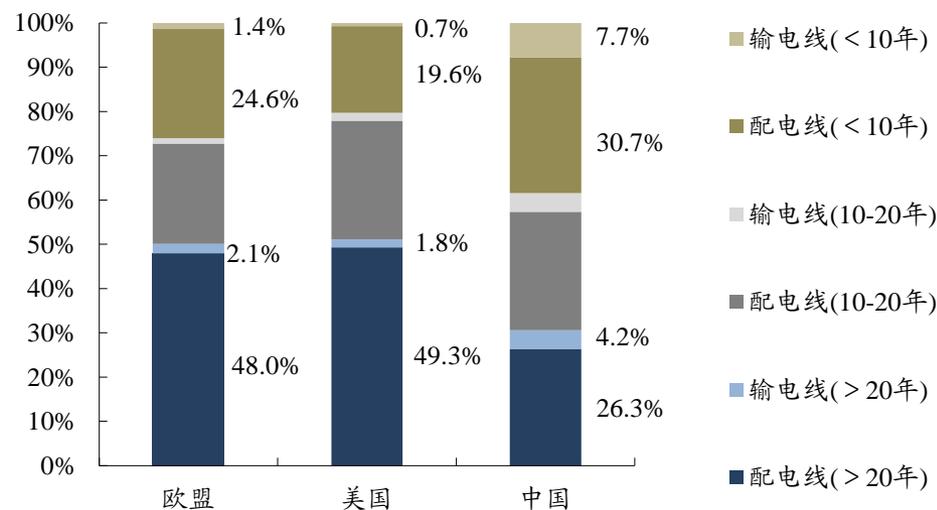
- ◆ 欧洲是目前中国电动化工程机械出口重点关注地区，主要推动因素在于欧洲严格的环保要求。欧洲地区作为环保的带头先锋，对发动机排放有着严格的要求，因此欧洲对中国的纯电系列工程机械产品一直持以积极态度。2024年6月，三一重工与荷兰达成一笔超20台纯电中挖的订单，标志着中挖成为继电动装载机、电动起重机、电动叉车、电动小挖之后，又一成功出海并进入欧洲高端市场的电动化工程机械品类。
- ◆ 电池环保高标准&专业人员高要求成推广阻力。1) 新电池法：欧洲《新电池法》对五类电池的成分、性能、回收等进行了详细规定，配套电池要求提高；2) 专业人员标准：根据欧盟有关规定，B级电压部件（>60V DC 或 >30V AC）维修人员须经过专门培训、持有相关电工证，提高了人员选拔标准与培养成本。
- ◆ 欧美地区电网基础设施老旧，“充电难”或影响电动化出海。截止至2022年，欧美地区寿命超20年的电网占比均为50.1%，部分地区面临变压器供应不足的问题，对于电动化出海配套基建提出了新的挑战。

图：欧洲工程机械排放标准较高（截至2023年底）

	施行时间	功率范围 (kW)	排放限值 (g/kWh)
Stage I	1999	所有功率段	CO:5.0; HC:1.3; NOx:9.2; PM:0.54
Stage II	2001	19-37	CO:5.5; HC+NOx:7.5; PM:0.60
Stage II	2001	37-75	CO:5.0; HC+NOx:4.7; PM:0.40
Stage II	2001	75-130	CO:5.0; HC+NOx:4.0; PM:0.30
Stage II	2001	130-560	CO:3.5; HC+NOx:4.0; PM:0.20
Stage IIIA	2006	< 19	CO:5.5; HC+NOx:8.0; PM:0.80
Stage IIIA	2006	19-37	CO:5.5; HC+NOx:7.5; PM:0.60
Stage IIIA	2006	37-75	CO:5.0; HC+NOx:4.7; PM:0.40
Stage IIIA	2007	75-130	CO:5.0; HC+NOx:4.0; PM:0.30
Stage IIIA	2007	130-560	CO:3.5; HC+NOx:4.0; PM:0.20
Stage IIIB	2012	37-56	CO:5.0; HC:0.19; NOx:3.3; PM:0.025
Stage IIIB	2012	56-75	CO:5.0; HC:0.19; NOx:3.3; PM:0.025
Stage IIIB	2011	75-130	CO:5.0; HC:0.19; NOx:2.0; PM:0.025
Stage IIIB	2011	130-560	CO:3.5; HC:0.19; NOx:2.0; PM:0.025
Stage IV	2014	56-130	CO:5.0; HC:0.19; NOx:0.4; PM:0.025
Stage IV	2014	130-560	CO:3.5; HC:0.19; NOx:0.4; PM:0.025
Stage V	2019	< 19	CO:5.0; HC+NOx:4.7; PM:0.015
Stage V	2019	19-37	CO:5.0; HC:4.7; NOx:0.4; PM:0.015
Stage V	2019	37-56	CO:5.0; HC:0.19; NOx:0.4; PM:0.015
Stage V	2019	56-130	CO:5.0; HC:0.19; NOx:0.4; PM:0.015
Stage V	2019	130-560	CO:3.5; HC:0.19; NOx:0.4; PM:0.015

资料来源：EEA，东吴证券研究所

图：截止至2022年，欧美地区过半电网使用时长超20年

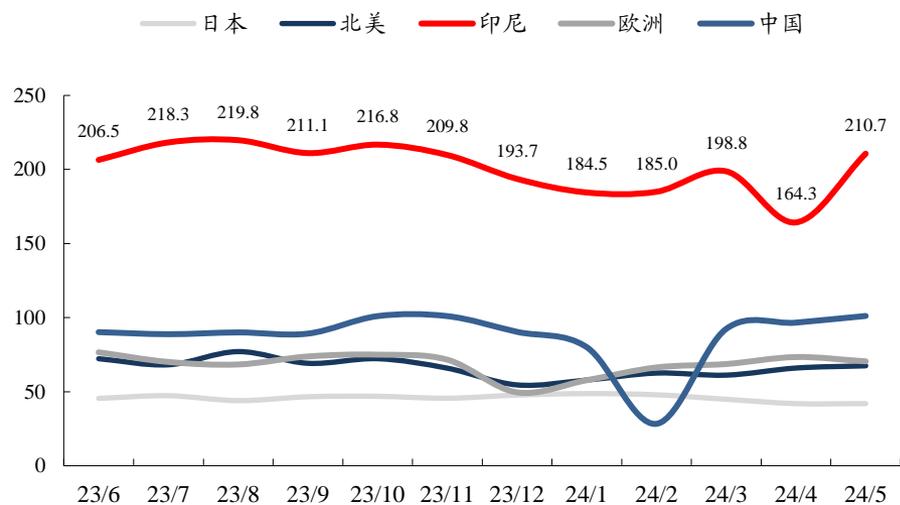


资料来源：IEA，东吴证券研究所

3.2.3 一带一路地区：工程机械高景气度，标准直接接轨中国出海便利

- ◆ 一带一路地区掀起基建热潮，工程机械板块持续高景气度利好工程机械出口。当前一带一路沿线国家基建繁荣，利好工程机械产品出口。以印尼地区为例，印尼的小松开机小时数远超出其他地区，代表工程机械市场高景气度。
- ◆ 标准与中国接近，低门槛便于国内产品在一带一路地区推广。中国从2022年12月起对非道路工程机械实行国四标准，对标欧洲Stage IIIB和美国Tier IV。东南亚等一带一路沿线地区在工程机械板块的标准目前主要对标欧洲Stage II ~ Stage IIIA，与中国目前市场上主流国三产品标准持平且低于国四标准，只要产品在中国市场能够顺利推广，就自然能进入一带一路沿线国家；而中国产品进入欧美地区时则要进行严格的排放标准考核，对产品铺开形成一定的阻力。因此电动化产品进入一带一路沿线地区的阻力更小，便于产品的推广。

图：一带一路沿线地区工程机械板块持续高景气度



资料来源：Komatrix，东吴证券研究所

图：东南亚地区目前工程机械集中在欧二标准

对应标准	对标欧洲	对标美国	施行时间
国三	Stage IIIA	Tier III	2016年
国四	Stage IIIB	Tier IV	2022年
新加坡	Stage IIIA	Tier III	2009年
马来西亚	Stage II		2015年
泰国	Stage II		2017年
印尼	Stage II		2015年
菲律宾		Tier II	2018年

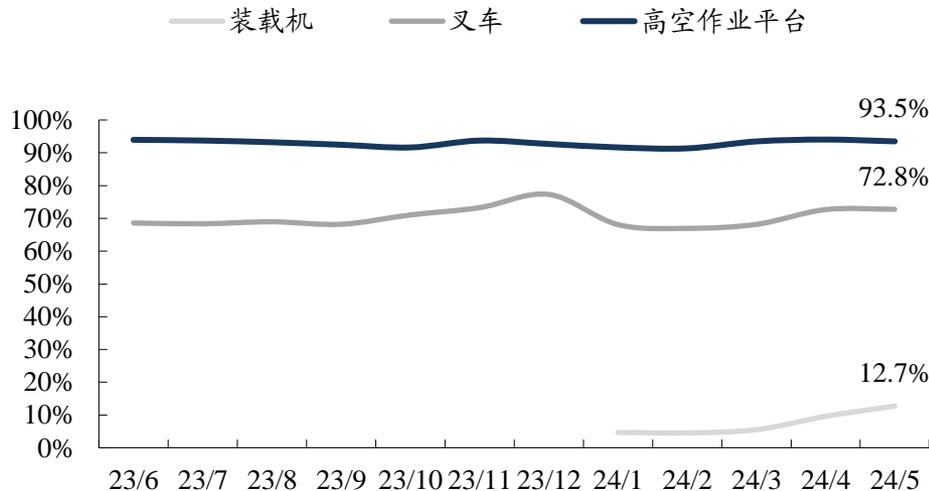
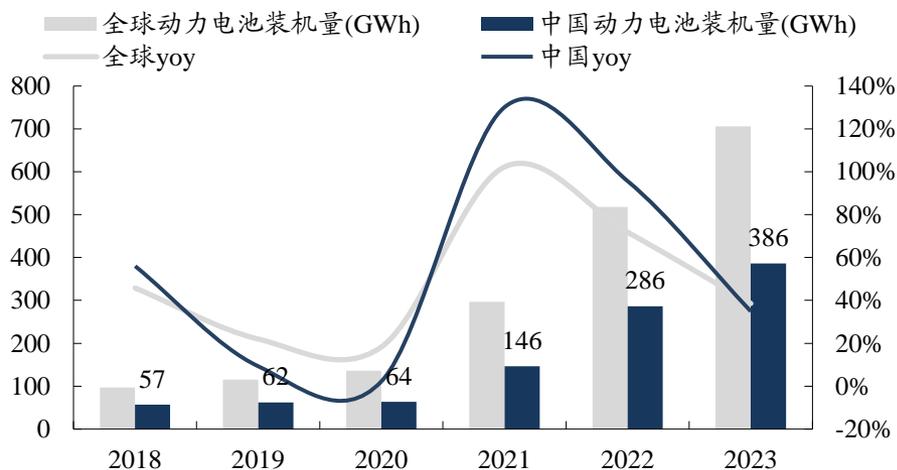
资料来源：东南亚各国环境署，东吴证券研究所

3.2.4 中国：全球电动化工程机械领头羊，预期电动化渗透率先探顶

- ◆ **电池技术领先世界+成本优势显著，助力中国电动化工程机械一马当先。**中国动力电池行业发展迅猛，2023年全球动力电池装机706GWh、中国动力电池装机386GWh，成为全世界动力电池主要增长极。在快速增长的同时，电池产品持续快速迭代降本，成为电动化工程机械产品降本当中的关键一环。以电动挖掘机为例，电池占电挖总成本约40%，电池降本对于降低下游企业前期投资成本、缩短电动化产品回本周期起到显著影响；而经济性是电动化工程机械推广的重要因素，因此中国电池行业的蓬勃发展直接利好电动化工程机械发展。
- ◆ **主要品类电动化渗透率快速提升，预期电动化渗透率先探顶。**国内电动化工程机械发展速度领先世界。目前已有的品类中，叉车、高机已建立起成熟的电动化体系，而新型品类如装载机、挖掘机等也逐渐崭露头角。未来随着电动化进程不断推进，中国将成为世界率先在各个品类实现电动化探顶。

图：中国动力电池装机量超过全世界装机量50%

图：国内部分电动化品类渗透率已接近探顶





- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

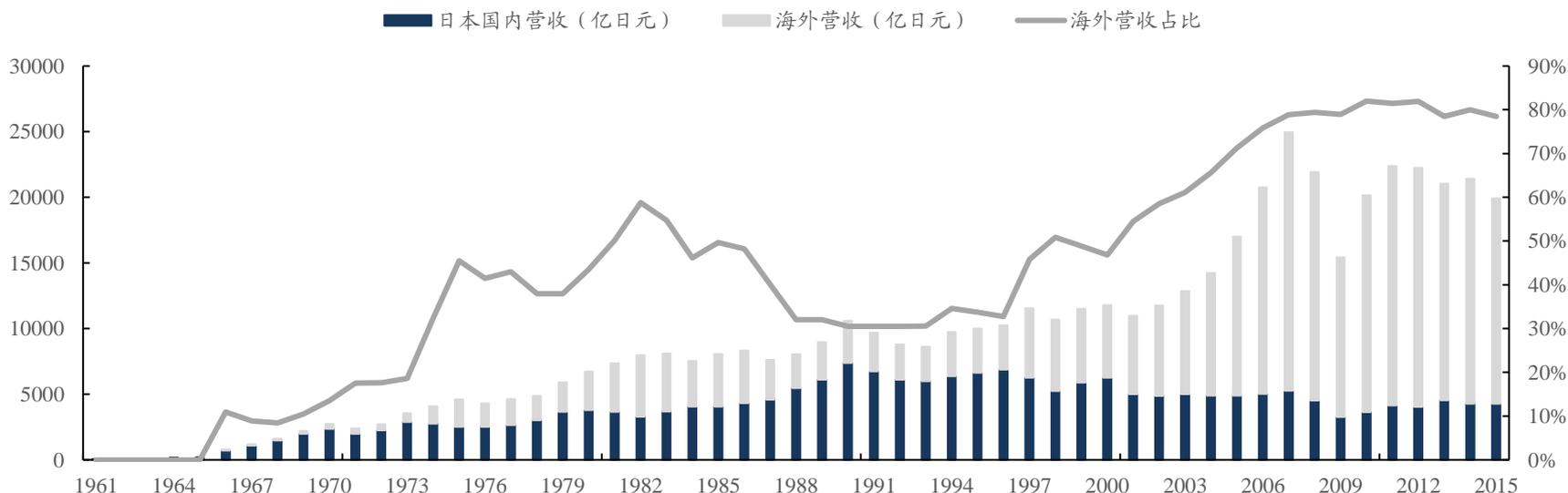
4.1 小松复盘：技术突破助力开拓海外市场，挑战全球龙头

- ◆ 复盘小松全球化之路，技术创新是弯道超车的制胜法宝。小松抓住1980s全球经济危机日元贬值窗口，以全球领先的液压技术迅速开展全球化布局。1984年实现北美市占率19%，全球市占率25%。2003年全球工程机械需求井喷，全球化布局进入收获期。

图：小松技术突破带动全球化关键节点



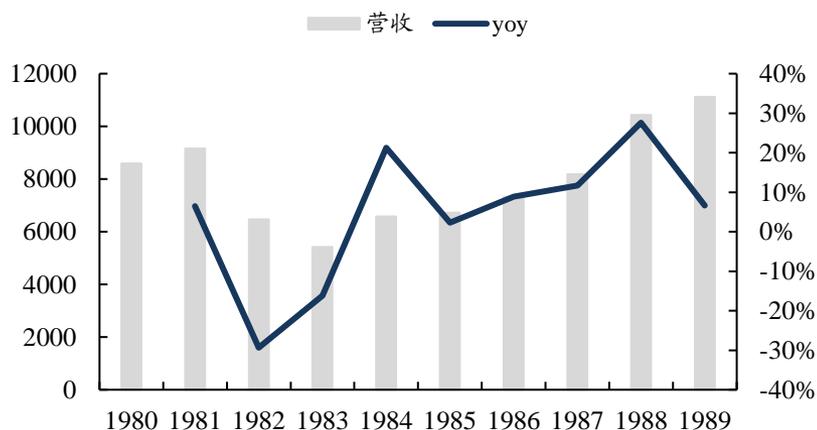
图：小松海外收入及占比情况



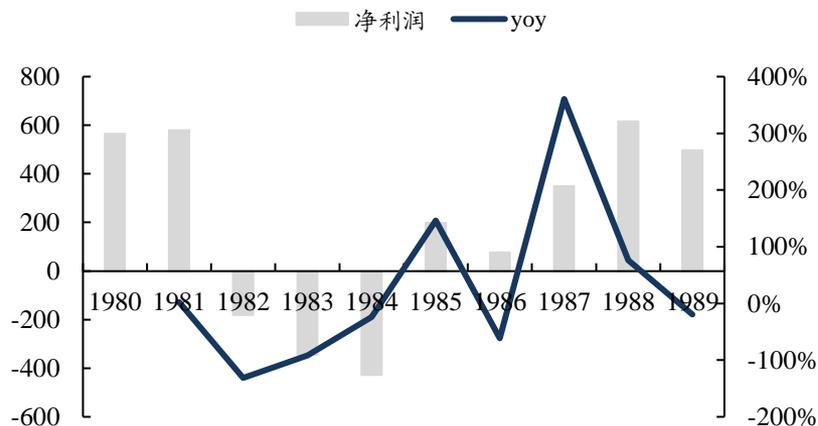
4.1 小松复盘：技术突破助力开拓高端市场，挑战全球龙头

- ◆ 小松80年代在北美市场虎口拔牙挑战卡特彼勒，奠定数十年全球领先地位。80年代初期，随着日元大幅贬值，小松向美国大量出口推土机和液压挖掘机，靠价格&技术双重优势迅速抢占美国市场份额，并于1984年实现美国市场份额19%。1982~1984年，经济危机叠加市场份额下降，卡特彼勒净利润连续三年亏损，1984年亏损扩大至4.28亿美元，1986年卡特彼勒在美国市场被日系企业全面包围，市场份额同比再次下滑7pct，公司发展陷入困境。
- ◆ 1987年起，由于小松战略让步&卡特彼勒重视加大研发投入，卡特于90年代再次重回增长，1993年实现扭亏为盈，再次稳固世界第一的宝座。液压技术的突破为小松争取了近20年全球快速成长时期，为未来数十年的全球领先地位打下坚实基础。

图：1980s卡特彼勒收入规模（百万美元）



图：1980s卡特彼勒净利润水平（百万美元）

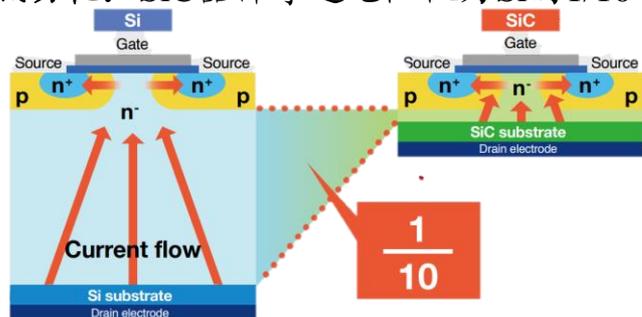


4.2 未来电动化技术突破依赖碳化硅技术成熟

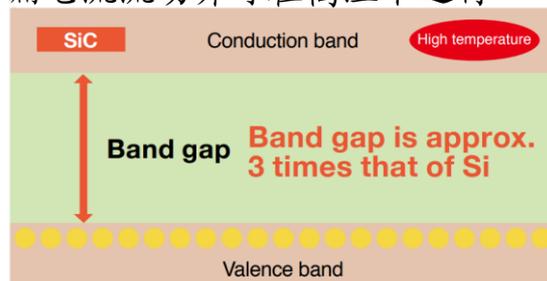
- ◆ 电动工程机械技术瓶颈主要集中于中大型设备功率输出&续航能力。对于中大型工程机械来说，为满足长时间高负载工况&较短充电时长，必须保证稳定的高功率输出输入能力。原有功率器件IGBT支持的中低压平台（一般小于650V）下，高功率要求较高的电流，电路损耗 I^2R 成倍提升，且电流热效应使功率器件散热压力显著增大，严重影响电池续航能力。SiC功率器件能够提供在高电压（1000V以上）下的大电流稳定输出，较低的导通电阻、较低的电流和在高温下稳定的性能表现使得SiC功率器件功率损耗较IGBT减少50%以上，可有效提升整机续航5%-10%。综上所述，随着国内碳化硅行业成熟，成本、良率不断提高，碳化硅将是工程机械电动化的唯一选择。

图：第三代SiC和第一代Si材料性能对比

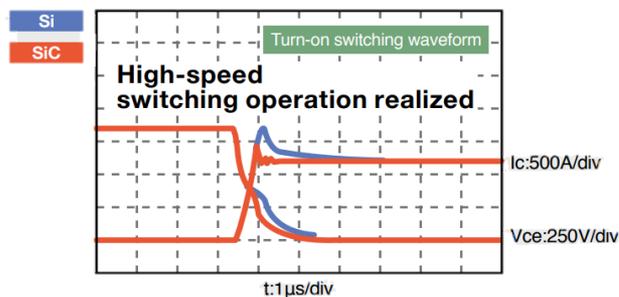
a.低功耗：SiC器件导通电阻仅为Si的1/10



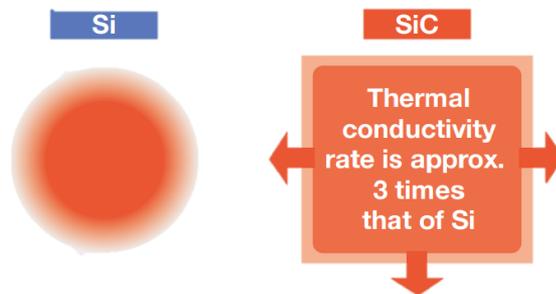
b.耐高温：SiC的带隙宽度是Si的3倍，可防止漏电流流动并可在高温下运行



c.高速开关：SiC高电子迁移率更高，开关快



d.散热：SiC的热导率约是Si的3倍，散热快





- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

5.1. 三一重工：深耕电动化研究，重点布局挖掘机方向

- ◆ 加大电动化研发投入，公司有望率先建立电动化护城河。2021年，公司在每个事业部成立并列的电动化事业部，研发覆盖电池、电驱、电控、电子电器、控制算法和热管理等多个领域。2022年公司电动化研发人员从不足百人迅速提升至超1600人，占总研发人员比例超21%。截至2023年底，公司于可商业化落地的新能源工程设备领域均处于行业领先地位，电动搅拌车、电动起重机销售市占率均居行业第一。2024年6月公司在荷兰发布首款海外市场中型电动挖掘机SY215E并取得20台签约预售订单，标志公司在电动挖掘机市场取得新突破。

图：三一重工电动化进展

	2020年	2021年	2022年	2023年
电动化产品数量	下线10款	当年开发34款，上市20款	当年开发79款，上市67款	推出新品130多款，欧美新增产品上市35款，海外大设备新增上市15款
产品拆分	覆盖挖机、起重机、搅拌车、自卸车和路面机械	4款纯电搅拌车、4款纯电自卸车、4款电动挖掘机	电动挖机开发11款，上市7款	产品涉及工程车辆、挖掘机械、装载机械、起重机械等领域，取得行业领先地位
收入规模（亿元）	/	电动化工程车辆产品销量破千，收入近10亿元	销售额突破27亿元，增速超200%	实现收入31.46亿元
电动化研发人员数量	/	不足100人	超1600人	/

5.1. 三一重工：深耕电动化研究，重点布局挖掘机方向

- ◆ 公司电动化产品矩阵丰富，能够迅速响应市场需求。公司全面推进工程车辆、挖掘机械、装载机械、起重机械等产品的电动化，目标成为行业电动化领导者。公司已实现相对完整的电动化产品矩阵，目前主要研发攻关聚焦于挖掘机械领域。

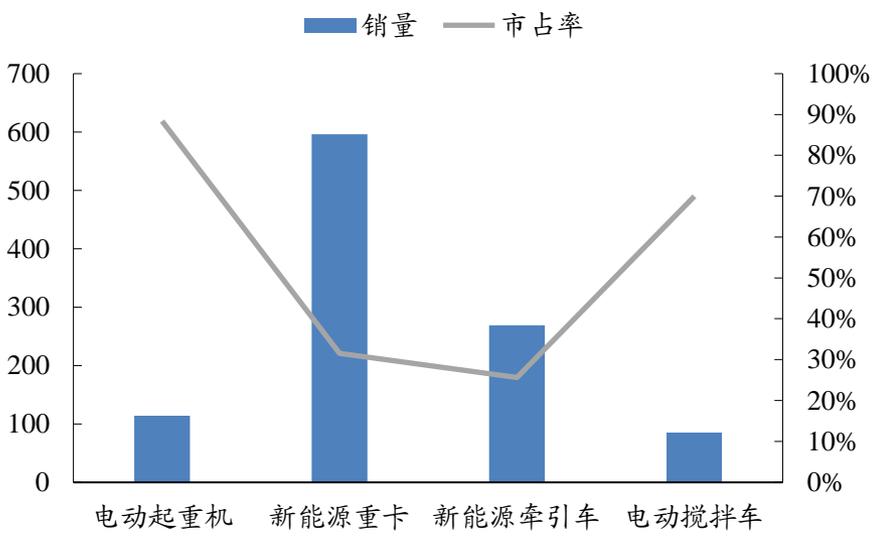
图：三一重工电动化产品矩阵

种类		代表性产品				
土石方机械	微型电动挖掘机 SY19E		中型电动挖掘机 SY215E		电动轮式装载机 SW966E	
	混凝土机械	408 充电版搅拌车 SYM5316GJB1BEV		412充换电一体版搅拌车 SYM5311GJB3BEV		412 充电版搅拌车 SYM5311GJB1BEV
起重机		汽车起重机 STC500E 插电版		汽车起重机 STC120T5-1插电版		汽车起重机 STC250C5-8插电版
	自卸车	城建工程电动自卸车 SYM3180ZZX6BEV1		城建渣土电动自卸车 SYM3314ZZX1BEV		矿山坑口混动自卸车 SYM3311ZM6PHEV

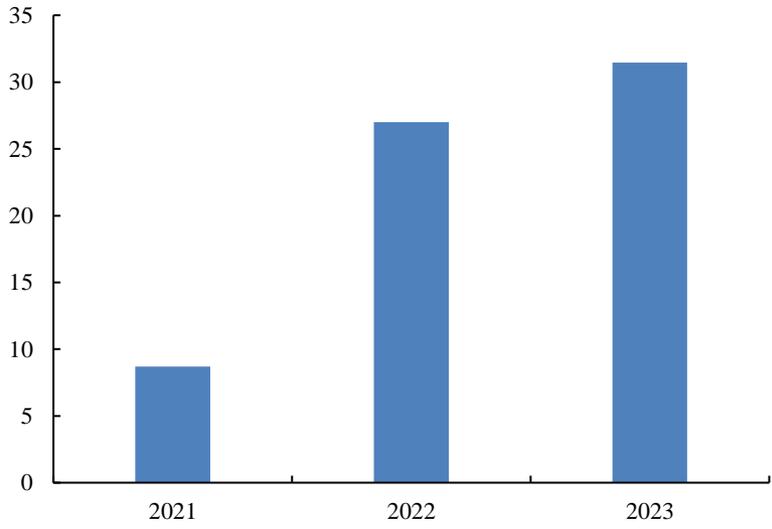
5.1. 三一重工：深耕电动化研究，重点布局挖掘机方向

◆ 多类电动化产品市占率行业领先，电动化龙头地位凸显。公司2022年电动化产品收入突破27亿元，同比+200%。截至2022年9月，三一多款电动化产品市占率行业领先。其中，电动起重机9月累计销量905台，市占率93.5%；新能源重卡9月累计销量2648台，市占率30%+，全国第一；新能源牵引车9月销量269台，市占率25.6%，领先第二名103台；电动搅拌车9月累计销量1150台，市占率62%。2022年至今，三一电动工程机械市场行情高涨，销量稳步攀升，电动化龙头地位凸显。

图：2022年9月各电动工程机械销量（台）及市占率



图：公司电动化产品收入逐年增长（亿元）



数据来源：三一重工官网，东吴证券研究所

5.1. 三一重工：深耕电动化研究，重点布局挖掘机方向

- ◆ 公司全面推进主机产品电动化及相关核心零部件与技术开发。公司2023年获得专利1533件，其中电动化专利275项，实现电动及混动产品收入31.46亿元。公司在电动化领域深度推进自主开发、对外战略合作，针对挖掘机相关电芯、VCU集控平台、充换电站及控制技术等核心零部件和技术，突破行业难点，达到行业领先水平。公司于2022年先后成立三一锂能、三一红象电池，重注加码电动化。

图：三一重工电动化子公司布局

子公司	成立时间	主营业务
三一锂能	2022年8月	专注于电池制造、蓄电池租赁、储能技术服务和充电基础设施运营
红象电池	2022年10月	专做电芯的研发
三一智能 三一智控	/	开发变速器，专注于控制器的线下开发

图：头部工程机械主机厂专利情况（项）

公司	截至2023年累计专利数量
三一重工	17336
中联重科	15795
徐工机械	10913
柳工	2882

5.1. 三一重工：深耕电动化研究，重点布局挖掘机方向

- ◆ 挖掘机械是公司拳头产品，技术&渠道壁垒较高。公司近期在电动挖掘机领域也取得重大突破，2024年6月公司在荷兰发布首款海外市场中型电动挖掘机SY215E并取得20台签约预售订单，标志公司在欧洲电动化市场取得新突破。我们认为欧洲市场环保要求高，发达经济体已明确提出电动化补贴政策及零碳排放政策，鼓励电动化设备推广；且欧洲市场需求以小挖为主，小挖电动化难度较低，电动化挖掘机推广难度较低。挖掘机是公司核心拳头产品，技术&渠道壁垒高，我们认为公司在欧洲电动挖掘机市场已经取得先发优势，未来将率先受益于欧洲挖掘机电动化渗透率提升。

图：现场挖机操作及性能展示



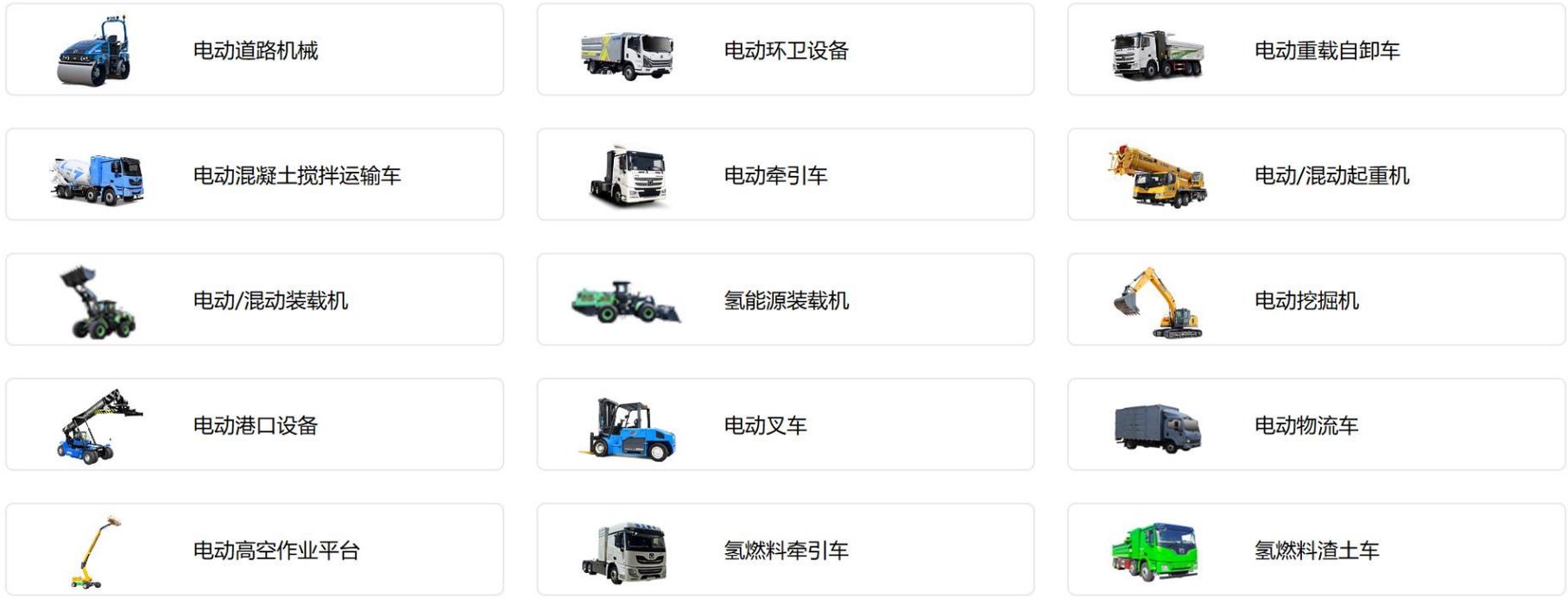
图：SY215E性能参数

性能参数	SY215E
整机重量	22000kg
斗容	1.1m ³
额定存储能量	422kWh
综合续航时间	6-10h
额定功率	150kW/1800rpm
行走速度	5.4/3.3(km/h)
年节约成本(3000h)	16万元
智能充电	标配双枪直流快充，充电时间≤1.5h

5.2. 徐工机械：新能源产品引领增长，构建产业链闭环

◆ 工程机械产业绿色化趋势加速落地，老牌工程机械龙头加码电动化赛道。作为工程机械龙头企业，徐工积极贯彻电动化战略，推出全品类电动化产品矩阵。截至2024年6月，公司电动化产品销量主要集中于装载机、环卫车和自卸车板块。

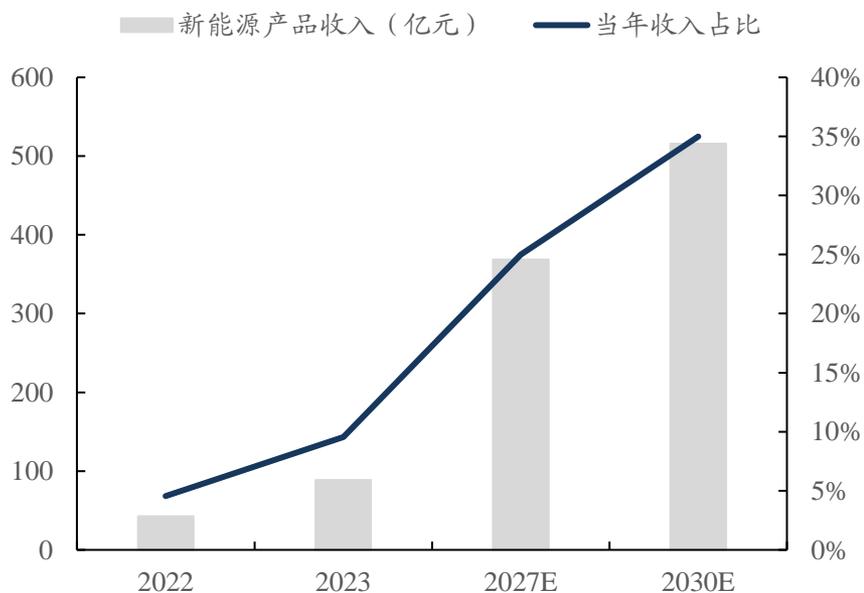
图：徐工机械电动化产品矩阵



5.2. 徐工机械：新能源产品引领增长，构建产业链闭环

- ◆ 公司积极推进高质量发展，新能源产品收入迅速增长。2023年，公司新能源产品实现收入88.7亿元，同比增长108%，连续3年实现翻倍及以上增长。公司提供的新能源产品已经涵盖了纯电、混合电力、氢燃料电池三大技术路线，广泛应用于起重机、装载机、高空作业平台、正面吊等产品线。2023年新能源产品占公司总收入的比例约为10%，其中，矿山机械板块新能源矿车的收入同比增长4倍。公司预计2027年公司新能源产品收入占比25%，2030收入占比35%。

图：公司新能源产品收入增长预测



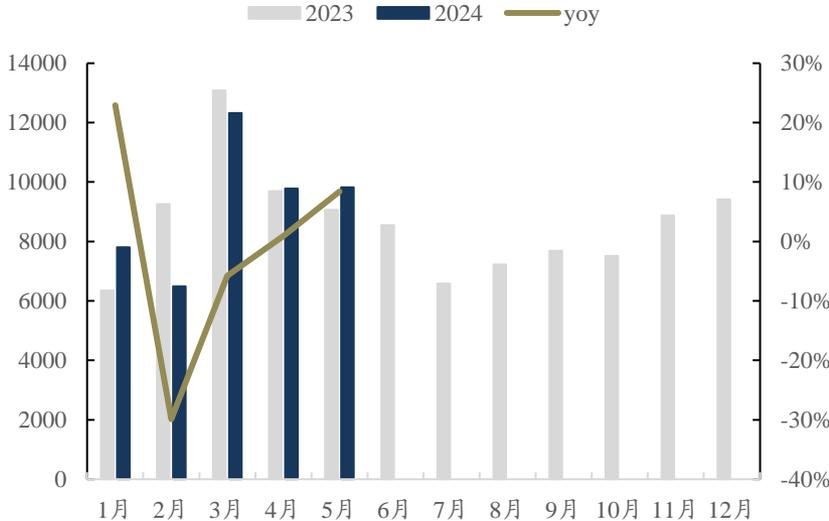
图：徐工机械纯电动矿车XDR80TE



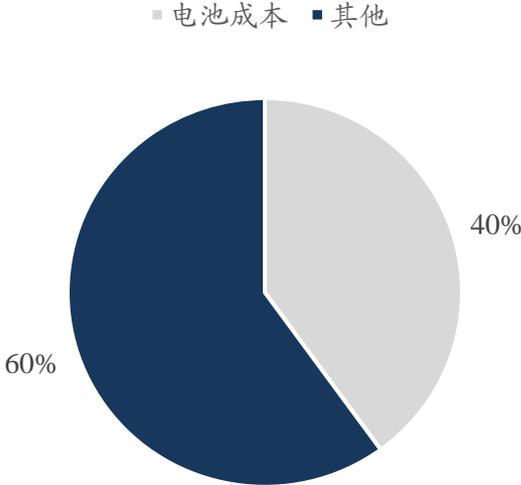
5.2. 徐工机械：新能源产品引领增长，构建产业链闭环

- ◆ **公司电动装载机优势明显，2024M5市占率行业第一。**据中国工程机械工业协会统计数据，2024年5月，装载机实现销量9824台，同比+8%。其中，电动装载机实现销量1250台，行业渗透率达12.7%。公司高度重视电动装载机产品，销量表现较为突出。2024年5月，公司电动装载机实现单月产销500台，出口100台，电装市占率超40%，领先地位明显。
- ◆ **深化新能源布局，携手比亚迪打造电池产业闭环。**2023年3月29日，公司联合比亚迪共同注资10亿元成立徐州徐工弗迪电池科技有限公司。该项目计划总投资100亿元，主要生产刀片电池产品，一期达产后可年产动力电池15GWh。目前电动化产品中，电池成本约占整机成本40%-50%。徐工比亚迪项目刀片电池的投产将协助公司进行上下游产业链延伸，较大幅度降低电池成本，提高电动化产品市场竞争力。

图：装载机销量及同比情况（台）



图：电动工程机械电池成本占比



数据来源：中国工程机械工业协会，徐工机械官网，东吴证券研究所

5.3. 中联重科：构筑绿色产业链，创新引领高机行业

◆ 全面推进绿色转型，构筑产业链核心竞争力。公司在2023年成功推出了49款新能源产品，包括行业首创的纯电动泵车和履带起重机等，同时在关键零部件研发上取得突破，建立了先进的实验平台，显著提升了研发实力。目前，公司在售新能源产品型号增至177款，全面覆盖工程机械各关键领域，并实现了纯电、混合动力、氢燃料等新能源形式的全系列化，其中部分产品已实现批量销售，行业领先地位确立。

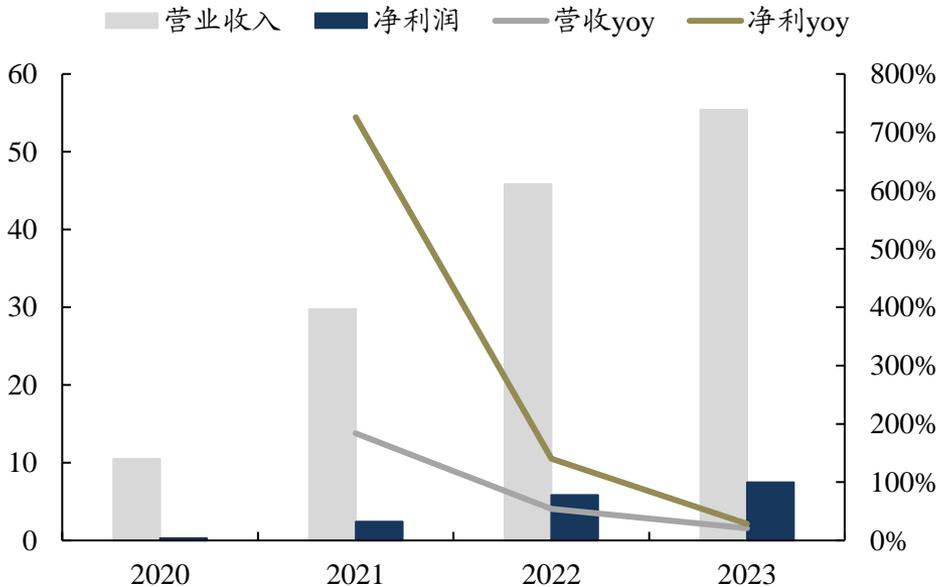
图：电动化产品矩阵图

产品	高空作业平台	起重机	挖掘机	搅拌车	混凝土泵车	自卸车
型号	ZS0407E-Li	ZTC250N-EV	ZE75GE	409型换电搅拌车	60X-6RZ电动泵车	ZT118HEV
外观						

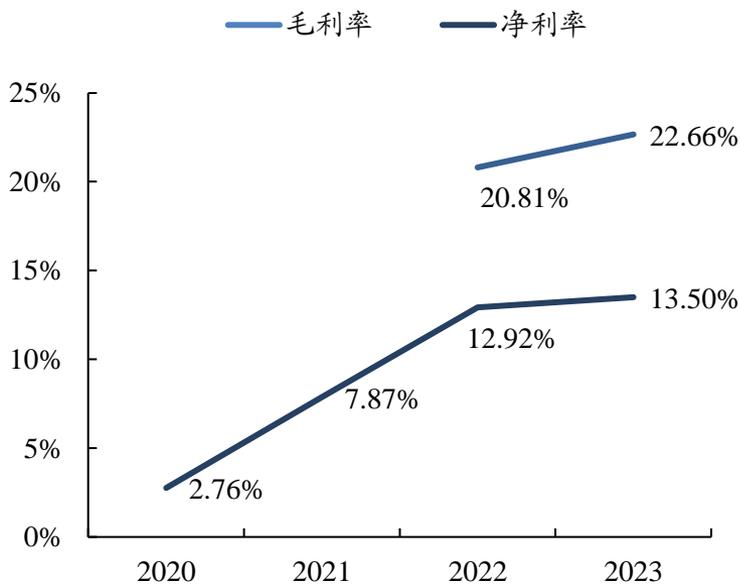
5.3. 中联重科：构筑绿色产业链，创新引领高机行业

◆ **重点布局高空机械，引领行业创新。** 公司的电动高空作业机械业务在行业内迅速崛起，产品线全面覆盖4至72米工作高度，2023年电动化产品渗透率超90%，居国内市场国产品牌之首。公司在超高米段臂式产品及关键技术达到国际领先水平，荣获中国机械工业科学技术一等奖，其中72米直臂产品刷新高机行业全球记录。

图：中联重科高机子公司收入净利情况（亿元）



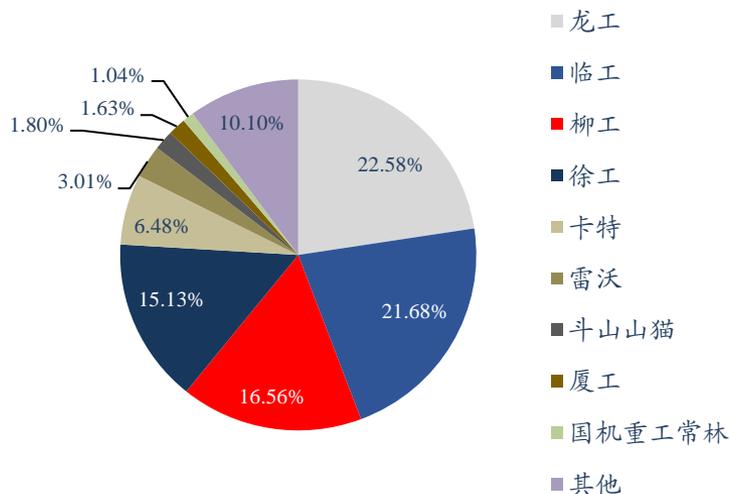
图：中联重科高机子公司毛利率、净利率情况



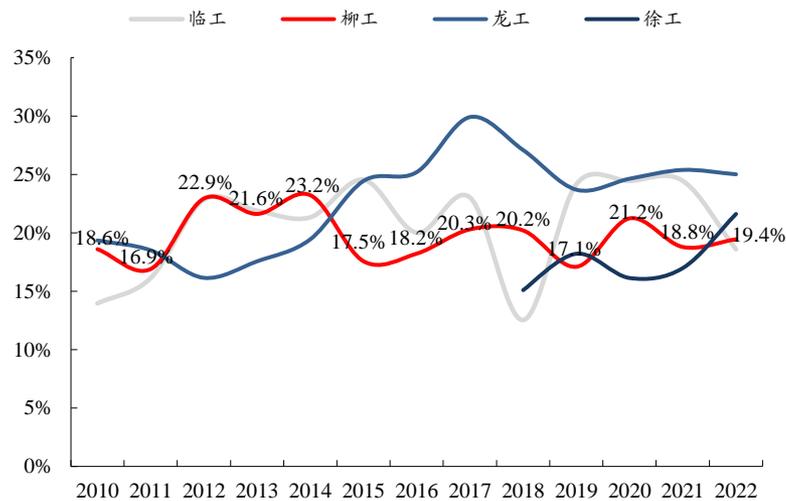
5.4. 柳工：电动化装载机渗透率提升速度快，装载机龙头充分受益

◆ 装载机为公司拳头产品，多年市占率稳居第一。2020年油装机市场竞争格局相对稳定，CR4近80%。柳工以装载机起家，经过二十余年探索，在传统油装机领域的技术成熟度、产品质量与稳定性、成本控制等方面都具有较大优势。2015-2016年间由于柳工战略性侧重不同，导致公司装载机份额下降至15%左右，后续经过7年调整，公司份额迅速回升并在2023年突破25%大关重回市场第一，充分说明公司一流的产品竞争力与市场化能力。

图：2020年油装机市场竞争格局基本稳定，CR4近80%



图：油装机头部企业市占率演变情况



5.4. 柳工：电动化装载机渗透率提升速度快，装载机龙头充分受益

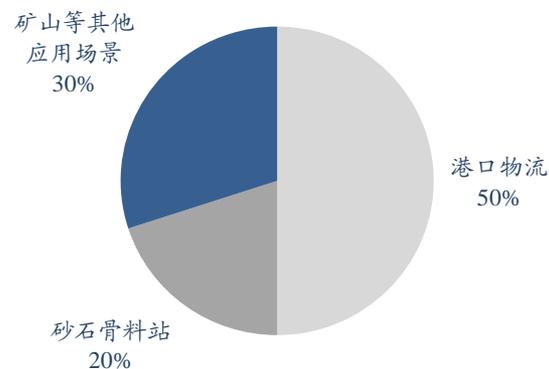
- ◆ **电动化降本环保，装机作业方式决定低电动化门槛。** 电动化装挖机在经济与环保方面表现均优于传统能源装挖机。以装载机为例，以每天开工8小时估算，每台纯电动装载机每年可节约油费约30-40万元，约1-1.5年可弥补电装机与油装机之间的价格差。装载机在作业方式、作业对象上与挖掘机存在显著不同，装载机的轮动方式以及作业场景集中决定了装载机拥有更低的充电桩建造门槛。

图：挖掘机与装载机在作业特征上的对比

	挖掘机	装载机
作业方式	挖掘、装载、吊装、破碎、行走、拆楼、坡面平整、土石方等作业，主要适用于定点范围内的作业，挖掘能力较强。	装载、搬运、刮平、推运等作业，由于能够进行较大距离的运转，更适用于较大场地的作业。
作业对象	土壤、煤和岩石等。	土壤、砂石、石灰、煤炭等散状物料，也可以对矿石、硬土等进行轻度铲挖作业。
作业场地集中度	挖掘机逐渐替代装载机，作业分布广、较为分散，集中度较低，难以统一建造充电桩。	多在公路、铁路、港口、采石场等场合进行铲挖作业，集中程度高，便于选址建立充电桩。
行动方式	履带式为主，液压系统，行动较慢，不便于往返充电桩充电。	轮式为主，行动较为方便。

数据来源：Wind，东吴证券研究所

图：电动装载机下游应用场景



数据来源：Wind，东吴证券研究所

5.5. 山推：电动化产品矩阵，引领行业经济效益突破

◆ 构建装载机、推土机、挖掘机电动化产品矩阵。公司在工程机械行业中以专注主业战略保持领先，推土机产品市场占有率稳居60%以上。公司推出了纯电推土机DE26、装载机LE60、挖掘机EE225等新能源产品，技术达到国际先进水平，其中DE26推土机技术国际领先。同时，超大马力机型SD60、SD90系列成功实现国产化替代，填补技术空白。

图：电动化产品矩阵图

电动化产品	装载机	装载机	装载机	推土机	推土机
型号	LE68K-X3	LE58K-X3	LE39-X3	DE17-X2	DE26-X2

外观



5.5. 山推：电动化产品矩阵，引领行业经济效益突破

◆ **电动化推动公司产品经济效益提升。** 公司推出的DE26-X2推土机、LE60-X3装载机和EE225-X2挖掘机，实现了成本的大幅降低，按照一年3000小时测算分别节省达51万元/32.8万元/27.5万元，同时提供了更长的续航和更强的动力输出。

图：山推电动化推土机、装载机、挖掘机经济效益分析

参数	纯电动推土机	纯电装载机	纯电挖掘机
型号	DE26-X2	LE60-X3	EE225-X2
经济性	每小时使用成本降低170元，按一年3000小时每年可节省费用51万元	每小时使用成本降低106元，一年3000小时测算省钱32.8万元	每小时使用成本降低89.5元，一年3000小时测算省钱27.5万元
效率提升	配备双电机直驱传动，最大牵引力240kN稳定输出效率提升10%	牵引力达到175kN，行业最大三项和缩短11%，效率提升8%	电机功率提升16%，林德泵阀主泵排量提升8%

5.6. 盈利预测与投资建议

- ◆ 2024年以来，工程机械主机厂全球化布局有效推动其盈利质量、盈利能力提升。中国市场具有全球最完善、最领先的电动化产业链，赋予电动工程机械较高的技术壁垒和成本优势。目前电动工程机械已于一带一路、欧洲等市场实现批量销售，电动化有望在本轮全球化浪潮中成为关键变量。长期来看电动化有望成为工程机械实现弯道超车的破局之路，当前电动化产品技术已经开始实现突破，看好电动化渗透率提升带来的广阔发展空间，推荐【三一重工】【徐工机械】【中联重科】【柳工】【恒立液压】【浙江鼎力】，建议关注【山推股份】。

图：公司估值表

2024/7/8		市值（亿元）	归母净利润（亿元）				PE			
代码	公司		2023	2024E	2025E	2026E	2023	2024E	2025E	2026E
600031.SH	三一重工	1,320	45.3	62.8	84.9	113.2	29	21	16	12
000425.SZ	徐工机械	776	53.3	66.7	88.2	117.1	15	12	9	7
000157.SZ	中联重科	582	35.1	45.1	56.3	68.8	17	13	10	8
000528.SZ	柳工	207	8.7	14.6	19.4	27.3	24	14	11	8
000680.SZ	山推股份	118	7.7	9.7	11.8	13.8	15	12	10	9



- 一、电动化打开工程机械新一轮增长空间
- 二、技术革新推动工程机械电动化提速
- 三、经济&环保打开未来广阔市场空间
- 四、复制小松路径，技术突破有望实现弯道超车
- 五、龙头主机厂强化电动化市场竞争力
- 六、风险提示

- ◆ **1、国内宏观经济波动：**工程机械属于周期性行业，“大规模设备更新+行业自身更新”双重周期共振可能不及预期，使公司面临下游需求风险。
- ◆ **2、行业竞争格局加剧：**电动工程机械起步阶段，中小主机厂进入导致行业竞争格局持续恶化，价格承压导致整体盈利空间收窄。
- ◆ **3、国际贸易争端：**当前公司依靠品类拓展和电动化出海抢占市场份额，出海受阻或进度不及预期将对公司财务状况造成不利影响。
- ◆ **4、电动化技术突破不及预期：**电动工程机械渗透需要国内三电技术不断突破更新，技术更新受阻将放缓工程机械电动化进程。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园