

《国外机械工业基本情况》参考资料

# 工程机械概况

(综述,工程施工机械化,标准化,系列化,通用化,科研工作)

国外工程机械基本情况编写组

第一机械工业部技术情报所

一九七九年

## 内 容 提 要

行业总的情况，服务对象和产品范围，各主要国家发展的特点，促进发展的因素及对未来的预测；各类工程的施工机械化水平（衡量水平的标志与实例及提高施工机械化水平的措施）；整个行业与各单机开展标准化、系列化、通用化工作的情况，组织专业化生产的办法以及属于行业范围内的科学研究工作情况、特点、重要的科研机构、研究项目和内容、试验研究的手段等。本篇是工程机械七十年代中期基本情况的概略论述，可供各级领导和管理干部了解国外水平、制订技术政策的参考。

## 工 程 机 械 概 况

国外工程机械基本情况编写组

（内部资料）

第一机械工业部技术情报所出版

天津红旗印刷厂印刷

中国书店（北京琉璃厂西街）经售

1979年6月北京

代号：79-20 · 定价：1.15元

# 出版说明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。《国外工程机械基本情况》共分八分册：一分册—工程机械概况（综述，工程施工机械化，标准化、系列化、通用化，科研工作）；二分册—挖掘机械；三分册—铲土运输机械；四分册—工程起重机械；五分册—路面机械、压实机械；六分册—桩工机械；七分册—钢筋混凝土机械；八分册—凿岩机械与风动工具。

## 编写单位及主要执笔人

一、综述 天津工程机械研究所 宋廷兰

二、工程施工机械化 建筑科学研究院机械化研究所 吴济民 葛庆湘

三、标准化、系列化、通用化 天津工程机械研究所 贾毅

四、科研工作 天津工程机械研究所 陈强业

五、挖掘机械 天津工程机械研究所 抚顺挖掘机厂 高衡 贾毅 彭达武  
陈一文 吴恩华

六、铲土运输机械 天津工程机械研究所 谢锦生 王永鑫 刘祖同 林信华  
刘玉春 华中杰 吴恩华

七、工程起重机械 北京起重机器厂 长沙建筑机械研究所 田科 皮齐宝  
言正 黄金新 李道棧 王骆祥 华凡

八、路面机械 天津工程机械研究所 胡观身 贾毅

九、压实机械 长沙建筑机械研究所 李道棧 翁炎良 蔡素云

十、桩工机械 长沙建筑机械研究所 顾美珍 王秀龙

十一、钢筋混凝土机械 长沙建筑机械研究所 盛春芳 陶格兰 龚铁平

十二、凿岩机械与风动工具 天水风动工具研究所 葛振兴 周二如 陈宝春

参加这项工作的先后有科研、工厂、大专院校共40个单位、83位同志。此外，一些单位和同志还承担了大量翻译工作。

第一机械工业部技术情报所

# 目 录

综 述	1
一、工程机械的服务对象和产品范畴及其在建设中的作用	1
二、各国工程机械行业的某些特点	1
(一) 美国	2
(二) 日本	2
(三) 西德	3
(四) 苏联	4
(五) 瑞典	5
三、七十年代工程机械发展的特点	5
(一) 各国在技术上互相渗透日益普遍	5
(二) 重视安全、舒适和公害问题	6
(三) 广泛应用液压技术	6
(四) 重视为用户服务, 从用户的经济性着眼考虑发展新产品	6
(五) 产品设计开始进入历史发展的第三阶段	7
(六) 对产品质量已由“检查结果”进展到“检查原因”	8
四、为七十年代工程机械发展铺平道路的几个重要因素	9
(一) 材料	9
(二) 轮胎	10
(三) 柴油机	10
(四) 液压技术	11
(五) 电子计算机	12
五、科学技术研究工作	12
(一) 重视科研基地的建设	12
(二) 重视科技情报工作	13
(三) 重视科技人员的培训	14
(四) 重视台架上的整机快速试验	14
(五) 重视基础理论及应用技术的研究	15
六、七十年代发展中的工程机械	15
(一) 提高生产率是发展产品首要考虑的问题	15
(二) 值得注意的部分产品	16
(三) 工程机械施工配套的一个例子	16
七、工程机械发展的趋势和远期或“2000年”遐想	17
(一) 近期发展的一般趋势	17
(二) 远期发展的推测或“2000年”遐想	18

1. 对远期机械化施工现场的一个设想	18
2. 能源发展对工程机械发展可能产生的影响	18
3. 科研要搞什么	18
八、关于工程机械的生产与工艺	19
(一) 工程机械生产中三化的基本原则	19
(二) 七十年代生产厂的一般加工情况	19
(三) 对未来的设想	20
参考资料	21
工程施工机械化	24
一、什么是施工机械化水平	24
(一) 机械化程度	24
(二) 装备率	24
(三) 设备完好率	24
(四) 设备利用率	24
(五) 怎样评论施工机械化的水平	24
(六) 施工机械化的根本问题是解决施工速度	25
二、六十、七十年代各类工程施工机械化简介	25
(一) 水电工程施工	25
1. 土石坝	26
2. 混凝土坝	27
(二) 矿山开发	29
1. 露天铁矿的开采	29
2. 有色金属露天矿的开采	31
(三) 煤矿建设	31
1. 井巷施工	31
2. 特殊凿井法	33
3. 土建工程施工机械化与装配化	34
(四) 铁路工程	34
1. 苏联巴姆干线施工	35
2. 日本青函隧道工程	37
(五) 公路工程	38
1. 美国公路施工	39
2. 加拿大多年冻土地区公路施工	41
(六) 高层建筑	42
1. 美国	42
2. 日本	43
3. 西德	44
4. 苏联及东欧集团	45
三、七十年代国外提高施工机械化水平的措施	46

参考资料	48
标准化、系列化、通用化	49
一、前言	49
二、国际标准化组织(ISO)以及日本、西德、美国、苏联、 法国等国的工程机械标准的基本情况	50
(一)国际标准化组织(ISO)制订有关工程机械国际标准的基本情况	50
1. 概    况	50
2. ISO与工程机械行业有关的几个技术委员会(TC)	51
(二)日、西德、美、苏、法等国工程机械标准化的情况	57
1. 日本工业标准(JIS)	57
2. 西德标准(DIN)	59
3. 美国国家标准学会(ANSI)	60
4. 苏联国家标准(ГОСТ)	61
5. 法国国家标准(NF)	63
三、设计标准化	63
四、工程机械生产专业化	65
(一)生产专业化是发展生产的重要途径	65
(二)“三化”是专业化生产的基础	70
五、工程机械的试验方法	71
六、结合当前国际标准化发展情况,谈谈我们今后的三化工作任务	72
参考资料	76
附表	76
科研工作	99
一、国外工程机械科研的一般情况和特点	99
(一)概述	99
(二)重视基础理论的研究	100
(三)技术情报工作的现代化	102
(四)科技人员的继续教育和培养	104
(五)科学的产品设计与发展程序	105
(六)不断提高产品的可靠性和寿命——质量管理问题	108
(七)科研的组织管理和“科技中心”的设立	111
二、科研的主要内容和手段	112
(一)基础理论研究之一——土壤切削力学、行走力学和岩石力学的研究	112
(二)基础理论研究之二——强度理论与测试技术的研究	113
(三)基础理论研究之三——磨料磨损机理的研究	115
(四)基础理论研究之四——液压和液力传动理论的研究	116
(五)新技术的研究和应用之一——电子计算机辅助设计和辅助制造	118
(六)新技术的研究和应用之二——电子计算机在大型挖掘机科研中的应用	120
(七)新技术的研究和应用之三——激光在工程机械施工中的应用	122

(八) 整机试验——现场测试技术的发展.....	123
(九) 零部件试验台的研究与发展.....	124
(十) 工程机械用材料的研究.....	126
(十一) 司机安全性和环境保护的研究.....	127
三、主要科研机构介绍.....	130
(一) 美国卡特彼勒拖拉机公司的技术中心——规模巨大的科研部门.....	130
(二) 美国B—E公司的研究与技术发展中心——采用先进的设备和研究方法 .....	131
(三) 美国阿伯丁试验场的军用车辆试验设施——设有各色齐备的试验跑道 和场地.....	132
(四) 日本小松制作所的试验研究机构——在多方面深入开展试验研究工作， 特别在提高产品质量方面狠下功夫.....	134
(五) 日本建设机械化研究所——人员精焊，成果显著.....	137
(六) 苏联的建筑与筑路机械科研机构——庞杂的科研机构.....	138
参考资料.....	140

# 综 述

## 一、工程机械的服务对象和产品范畴 及其在建设中的作用

工程机械主要是为建筑、筑路、水利、电力、矿山、海空港口等建设施工机械化服务的。其技术水平是随着施工工艺和工业技术的发展而不断前进的。一个国家能够生产的工程机械产品品种和数量的多少,技术水平与产品质量的高低,都直接影响国民经济生产建设的发展。尤其是二次世界大战以后,各国对经济建设施工,无不千方百计抢时间抢进度,力求缩短工期早日建成发挥投资效果。实践证明,只有机械化才是解决施工速度的根本出路。日本建成年产100万吨的钢厂或年产900万吨的炼油厂,都只要两年半的时间。美国庞恰特伦湖第二号桥,长38.4公里,采用预应力丁字形梁,每孔4片,每片长25.6米,全部工程27个月完成。法国建一座10000米<sup>2</sup>的预应力混凝土装配式厂房,跨距达40米,工期只要4个月。丹麦大板住宅建筑,每米<sup>2</sup>只要8.2工时。上述情况,如果不机械化施工,都将是难以想象的。所以,为了满足建设施工机械化不断增长的需要,各工业较先进的国家,无不对工程机械的发展给以很大的重视。〔1〕

工程机械包括的产品范围,各国并不一致。按照我国生产规划的习惯,主要包括①挖掘机械,②铲土运输机械,③工程起重机,④压实机械,⑤桩工机械,⑥钢筋混凝土机械,⑦路面机械,⑧凿岩机械与风动工具,计八大类。〔2〕美国称建筑机械,还包括碎石机械、空气压缩机、自卸卡车等。日本称建设机械,还包括挖泥船、空压机、钻坑凿孔机、自卸卡车等。苏联称建筑与筑路机械,还包括石料加工机械、水泥制品和钢筋混凝土结构工艺设备和机械工具等等。一般说来,都比我国的工程机械所包括的范围宽一些。

以下所说的国外工程机械七十年代发展情况,主要是结合我国工程机械发展情况和所掌握的资料叙述的。

## 二、各国工程机械行业的某些特点

各类工程机械的发展,因各国的具体情况不同而各有特点,但总的说来,随着科学技术的进步和生产建设的发展需要,都在六十年代的基础上有了显著的提高。



## (一) 美国

美国是生产工程机械最多的国家, 据报导, 其1974年的产量占世界工程机械设备供应量的70%。1976年总发货量约为105亿美元。1977年总发货量约为109亿美元。1967至1976年, 产品发货额的年综合增长率(compound annual rate)为12.0%, 而职工的年综合增长率为1.4%。〔8〕

美国工程机械行业生产比较集中, 如1972年有644个企业, 其中50家大企业的发货总额占全国发货总额的80%, 4家最大的企业发货总额占全国发货总额的43%。〔4〕

美国在1972年和1977年的工程机械销售额分别为60.3亿和116亿美元, 五年增长93.3%; 出口额分别为16.18亿和45.7亿美元, 五年增长近180%; 进口额分别为0.85亿和3.85亿美元, 五年增长了353%; 但进口占出口的比率则由19%下降到11.8%。〔3〕

美国工程机械产品种类比较齐全, 产品多, 产量大, 质量好, 技术输出多, 特别是向日本技术输出比较多。铲运机和巨型矿用单斗挖掘机总是走在世界前列。例如液力变矩器、电动马达车轮、链板自装铲斗、双发动机、液力变矩器锁定装置等等, 都是首先在美国的铲运机上作为新技术出现的。据1977年统计资料, 美国主要生产铲运机的8家公司生产54个型号, 其中链板自装式的28个。堆尖容量15.3~41.3米<sup>3</sup>, 功率330~550马力, 双发动机功率450~950马力。目前美国施工土方工程量有40%是用铲运机完成的。美国单斗挖掘机一直在世界上领先, 到七十年代, 矿用正铲挖掘机斗容提高到30米<sup>3</sup>, 但用得最多的仍为斗容10~20米<sup>3</sup>, 大型剥离挖掘机斗容由65米<sup>3</sup>(85码<sup>3</sup>)发展到100米<sup>3</sup>(130码<sup>3</sup>)、110米<sup>3</sup>(145码<sup>3</sup>)。最大搞到153米<sup>3</sup>, 以后将为巨型步行式挖掘机所代替。B—E公司的4250W型步行式单斗挖掘机的斗容为168米<sup>3</sup>, 是世上最大的拉铲, 在现场装配前后达三年才投入生产。〔5〕

美国生产工程机械的大公司如凯特皮勒、阿里斯·恰默尔、约翰·迪尔、国际收割机等, 除在世界各地设立分公司外, 有的还建立跨国公司, 如在日本有凯特皮勒——三菱公司, 在印度有凯特皮勒——孟买公司, 在意大利有菲亚特——阿里斯·恰默尔公司等等。

美国生产备件比较多, 如挖掘机的备件产量, 一般要占总产量的50%, 可换零部件及备件商品产值占主要设备产值的25%以上。〔6〕

## (二) 日本

日本生产工程机械增长的比较快, 1955年总产值只占资本主义世界工程机械总产值的1%, 而到1972年就猛增到16%。工程机械平均年增长率英国为9%, 西德为11.9%, 法国为15.9%, 美国为18.6%, 而日本为29.1%。

日本工程机械大发展是从五十年代开始的, 原有的技术基础比较落后, 他们采取大量购买专利、与国外技术先进的企业搞技术合作等办法, 来加速发展。如1956年神户制钢和美国工程机械企业中研究成果较多获得技术专利最多(56~65年共取得专利797项)的阿里斯——恰默尔公司合作生产阿里斯恰默尔的轮胎装载机; 三菱重工与美国最大的工程机械公司凯特皮勒合作, 成立凯特皮勒——三菱公司, 生产凯特皮勒的推土机、装载机、捣实压路机等; 三菱重工与霍夫公司技术合作生产桩工机械; 酒井与西德O&K

公司技术合作生产O&K公司的轮胎装载机；神户制钢从美国P&H公司、住友建机从美国林克·贝尔特公司、石川岛播磨从美国柯灵·劳兰公司分别引进各种起重机技术；渡边机械工业从法国Albert公司引进ISOPactor 轮胎压路机；酒井重工从西德 Hamm公司引进液压全轮振动全轮转向的串联压路机；川琦重工自西德引进 CF—S型混凝土摊铺机技术，从而促进行业的技术迅速提高，进而生产出自己的工程机械。例如神户制钢在生产引进的545H、645H、745H轮胎装载机后，近年就自己设计和制造出日本最大的轮胎式装载机LK—1500。又如小松公司，在六十年代初期，其技术水平并不高，他从国外大量引进技术，如肯明思（Cummins）的柴油机、伟百科（WABCO）的重型自卸车、国际收割机公司的装载机，B—E公司的一些工程机械技术专利，凯特皮勒公司的油浴多片离合器专利等等，经过消化吸收，从而使自己的产品达到世界先进水平。小松的推土机畅销世界各国，而且出口到美国的也不少，77年上半年小松出口的推土机有30%是销售到美国的，实现了他的“世界一小松”计划，现又进一步为“生产世界上最高水平的大型推土机”而努力。

日本工程机械中以推土机、装载机、汽车起重机和挖掘机几类通用性机械所占比重最大，1976年合计产值（4974亿日元）占全部工程机械总产值（5963亿日元）的83%，其中又以推土机装载机为主要代表产品，占总产值的一半左右。

据有关资料分析，日本工程机械发展得如此之快，其主要原因是：

（1）战后复兴，国内建设工程量日益增长，而劳动力不足，土建工程使用的工程机械数量每年上升20~30%。〔1〕

（2）大量引进先进技术，与外国著名公司搞技术合作，购买专利、图纸和技术文献，聘请外国专家和派员出国考察。

（3）积极开展技术交流和科研活动；建立建设机械化协会及研究所，专门负责组织行业的技术业务活动。

（4）政府积极干预行业的发展，多次颁布工业振兴的措施办法。71年4月又制定一套“特定电子工业与特定机械工业振兴法”，包括范围很广，规定很细，除法令条例外，还规定政府准备振兴的各行业产品发展计划与合理化计划；在特定机械中规定有群控的挖掘机和拖拉机、水下工程机械、工程机械用的燃气轮机、液压与气压装置等。〔7〕〔8〕

### （三）西德

西德工程机械生产多集中在少数垄断联合企业，如克虏伯、德马克、O&K、利布赫尔等公司。生产工程机械只是他们兼营的事业之一。像克虏伯和德马克都是以生产钢铁联合企业的炼铁、炼钢、炼焦、轧钢等成套设备闻名于世的。利布赫尔就拥有液压挖掘机公司、搅拌机技术公司、齿轮有限公司、起重机公司、住宅建筑公司、发动机公司、家用器械公司，在瑞士有Rothrist建筑机械公司，在法国建有大型挖掘机厂，在南非、爱尔兰、英国、美国、法国、奥地利都设有分公司。他们生产工程机械也是兼营多类产品，如O&K公司就生产叉车、小型建筑机械、齿轮及变速箱、液压元件、液压挖掘机、斗轮挖掘机、液压起重机、轮胎式装载机等。

西德由于境内工程建设不多，房屋建筑已达饱和状态，七十年代建筑投资不断下降，

工程机械只有向国外找市场。<sup>[9]</sup>如1975年承担的工程定货,包括西德在内的欧洲只占3.2%,美洲占3%,非洲占36.6%,亚洲占57.2%,西德生产的工程机械,很多都是销售给发展中国家。<sup>[10]</sup>产品质量很好。

西德是斗轮挖掘机的发源地,并一直是世界上斗轮挖掘机的主要生产国,主要有三大制造公司:①O&K公司自三十年代迄今,一直生产较大型的斗轮挖掘机,战后至1972年累计共生产150多台,其中1000吨以上的11台,5000吨以上的5台。②克虻伯公司二次大战后开始生产斗轮挖掘机,生产率大多在1000米<sup>3</sup>/小时以上,克虻伯和O&K公司都是当今世界上最大型斗轮挖掘机制造商。③德玛克—劳赫玛(Demag-Lauchhammer)从四十年代中期迄今,生产斗轮挖掘机约37台,它在劳赫玛设计所有250人,是个专门以生产斗轮挖掘机及其配套设备为主的公司。

世界上第一台全液压全回转式单斗挖掘机也是西德Demag公司首先做出来的,美、日、苏联都从西德进口液压单斗挖掘机。

西德工程机械所用的柴油机大多为风冷式。

西德是混凝土泵发展最快和使用最普及的国家。赛勒公司第一个在汽车式混凝土泵上采用分配臂,埃皮恩公司首先制造液压驱动的混凝土泵。目前(77年)世界上输送量最大(155米<sup>3</sup>/时)、分配臂最长(44米)、输送高度最高(310米<sup>3</sup>)、输送距离最远(700米)的混凝土泵是西德混凝土泵公司制造的。<sup>[11]</sup>

#### (四) 苏联<sup>[12]</sup>

苏联为发展工程机械,1965年特成立建筑筑路与通用机械制造部,下属156个厂,1978年增加到162个厂。由于技术水平和质量都比较低,六十年代末七十年代初大力搞企业的技术改造,用新设备新工艺代替旧的,上流水线、自动线,搞专业化生产,发展企业与企业之间的协作。如在零部件通用化的基础上,由傲德萨液压件厂专门生产液压马达、泵,莫斯科胶管厂专门生产金属胶管,由乌萨姆轮轴厂专门生产高压胶管与软管,完全实现专业化生产。

在1971~1976年,实现综合机械化的2562个车间和工段,采用1738条流水线、自动线、半自动线,9000台自动、半自动和专用高生产率的设备,1272个机械化仓库。对铸造、锻造、焊接、机加工、热处理、零部件试验装配、喷漆和电镀、运输装卸和仓库作业机械化自动化,以及自动控制系统和计算中心的建立等等,在各个方面作了全面的现代化,使工程机械产品产量大为提高,其中尤以推土机、铲运机增长比较突出。<sup>[12]</sup>推土机1970年产33490台,1977年生产50580台。铲运机1972年生产11650台,1975年生产14509台,为美国产量三倍多,成为世界上铲运机年产量最多的国家。苏联由于土方工程量的增多,而铲运机是中距离搬运土方最有效的工具,因此大力发展铲运机。但苏联产品仍然比较落后,生产落后的拖式铲运机较多;1975年自行设计的自行式铲运机只占总产量的25%,而且斗容只有3~7米<sup>3</sup>;斗容为15米<sup>3</sup>和25米<sup>3</sup>的刚在试制,而美国77年生产的61种自行式铲运机,其平均斗容量已达24.5米<sup>3</sup>,最大的已达70米<sup>3</sup>。苏联装载机,到现在还基本上停留在以拖拉机作底盘,轮胎式的所占比重很小,而且均为非铰接式的刚性底盘。苏联履带式推土机工作装置还有许多采用落后的钢绳操纵,轮胎式推土机还采用拖拉机底盘整体车架。而各国先进的轮胎推土机均已采用了铰接式车架,可以变换

多种工作装置，不仅工作装置用液压操纵，转向和动力传动也都采用了液压技术。

### （五）瑞典〔13〕〔14〕〔15〕

瑞典的风动工具和凿岩机械是世界上比较出名的，一直走在世界的前列。阿特拉斯公司（Atlas-Copco AB）在1946年就成功地创造了“瑞典凿岩法”，即用轻型气腿式凿岩机加上钎头镶上碳化钨合金的杆，赢得了世界声誉。目前该公司的空压机和风动装备产品多达800多种，90%以上销售到世界八十多个国家。该公司的RRD36型风铲，其重量比一般风铲轻1/4，而其后坐力只有一般风铲的1/10，噪音也比普通风铲低10~12分贝，即声压低50%以上。该公司的COP103BHD型液压凿岩机的进尺已达2000延米，90%的原件没有更换；有的达5500延米，尚未更换一个零件。据称COP1038型凿岩机活塞寿命为4000延米，钎尾2000延米，蓄能器8000小时，在1975年创造了台班效率达到630延米的记录。

瑞典是最早研制滚翻安全驾驶棚（ROPS）的国家，法国、英国和美国都是在瑞典试验研究经验的基础上，进一步研究订出较完善的标准及试验法规，对保障工程机械驾驶人员的安全，起了积极的作用。

## 三、七十年代工程机械发展的特点

### （一）各国在技术上互相渗透日益普遍

资本主义各国的工程机械厂家，为了增强竞争能力，一是到别的国家就地设厂生产销售，一是购买专利引进先进技术，一是技术合作组织跨国公司。例如意大利菲亚特和美国阿利斯—恰默尔两公司合资组织菲亚特—阿利斯（Fiat-Allis）跨国公司，除在意大利来切厂（Lecce）生产履带推土机和履带装载机，都灵厂（Durin）生产液压挖掘机，米兰厂（Milan）生产传动装置、液压阀、挖掘机焊接底盘；在美国春田厂（Springfield）生产铲运机和履带推土机，在迪尔菲尔德厂（Deerefield）生产轮胎装载机和平地机；而且在英国艾生丁厂（Essendine）生产轮胎装载机，在巴西拜罗浩里诺特厂（Belo Horinote）生产履带推土机和液压挖掘机。美国克拉克公司（Clark Equipment Co.）在比利时、日本、印度、英国、委内瑞拉、哥斯德黎加、波兰、罗马尼亚、新西兰、墨西哥、澳大利亚都设有特许制造公司。西德有德意志—波克兰公司生产法国波克兰的液压挖掘机。美国利布赫尔—亚美利加公司生产西德利布赫尔的液压挖掘机。英国Ruston-Bucyrus公司生产美国B—E公司的挖掘机。瑞典阿特拉斯公司（Atlas-Copco AB）在英国的子公司生产阿特拉斯公司的风动混凝土破碎机。日本大量引进外国技术的情况，如前所述。凡此种种，都在一定的程度上促进各国工程机械在技术上相互渗透加快普及。

从各国引进国外技术的情况来看，有两点是值得注意的：

①所谓技术或工艺，都是人们为研究或研制所应用的一种方法，除了（机器）产品而外，还有组织形式、生产过程和系统。

②一个国家要有效地引进国外技术，必须拥有能够掌握这些技术并能加以改进的科学技术人员。

日本战后生产能力殆尽，国内资源又十分匮乏，如果没有一批文化技术水平较高的劳动力和科技人员，是不可能如此迅速地吸收消化各项国外先进技术，并加以改进提高，从而取得经济上的飞速发展的。

## （二）普遍重视安全、舒适和公害问题

五十年代中期以来，保证安全被认为是工程机械造者、用户和驾驶人员的责任，因而受到人们的重视，从环境的、技术的和经济的多方面因素进行研究。到六十年代后期和七十年代初期，在确保驾驶人员安全方面，已有比较成熟的结果——滚翻安全保护驾驶室（ROPS）。在结构设计、材料选用、试验方法程序等方面都有深入的研究，订出了行业的或国家的标准。有的国家规定，没有合格的ROPS的机器是不许出厂的。

为提高驾驶人员的工作效率，对驾驶室的舒适性，各国在隔音、防震、空调、视野宽敞、操纵简便防止误操作等等，都下了不少功夫，与五十年代相比已有了很多的改进。

为了消除公害，尤其是在人口密集的都市，噪音、振动和环境污染问题，已日益引起人们的严重注意，研究解决办法。如发展无声无振不需吸气排气的液压打桩锤来代替冲击式和振动打桩机；改进发动机及燃烧室的设计、在发动机上加装隔音罩和废气净化装置等。有的国家对发动机废气含NO<sub>x</sub>的最高限量和噪音分贝数作出规定，超限者不准使用。关于公害问题的解决，到目前为止，距较理想的境界还有距离，有待继续努力。

## （三）广泛应用液压技术

由于液压元件的发展，自六十年代初期起广泛用于小型工程机械而外，高压液压系统也开始出现在大型工程机械上。<sup>[17]</sup>现在，液压动力传动已日益广泛地用到挖掘机、起重机、压路机、汽车搅拌机等各种工程机械上。<sup>[18]</sup>美国1968~1975年液压力臂起重机占总产量的百分比，就由52%上升到77%。1975年自行式起重机产量占美国总产量46%的格柔夫公司（Grove），生产的全部是液压起重机。日本工程机械采用液压技术也在普遍增多，液压推土机61年有6种，72年增加到60种；液压装载机61年有2种，72年增加到88种；液压挖掘机65年有9种，72年增加到66种；液压元件产值，69年为818.5亿日元，70年增长到1057.5亿日元。液压传动用于压实机械、桩工机械以及凿岩机械等也在日益增多。<sup>[20][21][22]</sup>。

## （四）重视为用户服务，从用户的经济性着眼考虑发展新产品

资本主义世界的工程机械厂商发展新产品，已从过去那种“供人选择”的状态转入到充分考虑用户经济利益的阶段。发展新产品首先要研究如何符合用户的生产发展、工艺过程和设备配套的要求等等。例如77年初次出现在市场上的世界最大的推土机D10，据凯特皮勒称，在71年所以要研制它，是考虑到能源消耗日益增长，露天剥采益形重要。剥采的范围扩大和剥采深度加深了，从生态学的考虑，需要把剥采地面恢复到原状。在剥采施工中用大型铲运机，用一台最大的推土机D9助铲不行，而是需要两台，为了施工更有效更经济，需要研制出更大型的推土机担任助铲工作。该公司从生产效率、保养方便、检修停工时间短、司机工作方便效率高和有合理的可运输性等五方面考虑，认为

不能采用仅在已有的D9推土机上加以改进的办法，而是采取新的构思，完满地解决上述五方面的问题，最后设计研制成功D10型推土机。该机采用完全弹性的悬挂底盘，将驱动轮提高使履带围成三角形，使拖拉机总长缩短，既可降低脱轨啃轨的可能性，又可降低履带啮合件的磨损。配齐固定推土板、松土齿、滚翻安全驾驶棚（ROPS）并加足各种油料后总重81吨，比同样装备的D9H重71%，比D9生产能力大50%。经过验证试验场（Proving Ground）9000多小时的推岩石作业和8000多小时的推土/石作业试验后，在正式投产前，又用7台由司机在用户工地实际生产作业4000多小时后，才定型生产。用于某铀矿为Cat651轮胎铲运机助铲，一个班可助铲505次；而用D9助铲则需要两台串联，每个班只能助铲480次。<sup>[23]</sup>用户所非常关心的一个问题是保养和维修停机时间，根据实际使用验证，D10例行的每日保养时间只有其他大型推土机所需时间的一半；六个动力传动组件均可单独拆卸，发动机、变矩器、大小伞齿轮、变速箱、转向离合器和制动器以及终传动，在大修时均可作为一个单元拆卸下来更换，因而可以大大地缩短了停工时间。

日本小松公司提出“生产世界最高水平的大型推土机和对用户做到周到的服务”的口号，在72~75年间先后派出六个小组，对该公司的700多台推土机在使用中的故障和修理费用等现场数据进行了收集，并调查用户的要求；将收集的资料进行整理作为技术资料存入电子计算机；对30个主要部件和约200个主要零件进行了寿命计算；为了彻底追究原因研究切实的措施，选拔了138名有经验人员，组成4个分析原因小组和13个措施小组，进行研讨。<sup>[24]</sup>

小松公司研制新产品时，为了使用户都能满意，首先组织公司的研制、营业和服务部门人员，一同收集市场上关于①可靠性和耐久性、②用户的施工方法、③特殊作业、④其他公司的动向和新产品、⑤社会环境（公害）等等准确的情报进行分析。

各大公司如凯特皮勒、小松等等，为使用户熟习产品的特点、正确使用，发生问题能迅速修理，充分发挥产品的功能，高效地工作，不仅在说明书里详细说明结构、正确使用和维护方法，而且对自己的营业和服务人员进行专门的教育和训练，使他们能随时对用户进行恰当的指导。不仅生产整机，而且生产相当数量的易损备件，在世界各地设立供应服务点，用电子计算机管理，以备用户需要时能迅速及时地为用户服务。

### （五）产品设计开始进入历史发展的第三阶段

产品设计发展的第一阶段，是以生产技术经验为基础，现场试验往往是考核产品的最后方法。在这阶段，一般是要有多年经验的设计师，运用一些带有经验常数的计算公式进行设计。把样机做出来，反复试验分析研究，只能掌握整机的综合技术性能，对零部件的性能掌握就很少。一台机器往往要经过多次的试验和修改，才能定型生产。其首次设计的图纸可用率，一般不到50%。由于受到测试手段和技术的限制，对产品在临界、瞬时和动态情况下的性能，研究得就很不充分；对试验中出现的许多异常现象很不理解，由而采用不必要的大安全裕度，使材料消耗大，试制周期长，质量差。

四十年代中期到六十年代中期，设计进入到加强科学试验和技术分析的时期。在这一阶段，由于测试手段和技术的提高，有了电阻应变计、脆漆法等，出现了各种专用试验台，采用物理模型试验，引进了物理、化学、强度、材料等基础试验工作，在新产品

设计之前,进行了应力应变、疲劳、振动和重要零部件等试验和理论分析。由于产品设计的科学依据增强了,首次设计图纸可用率提高到75%。产品质量和寿命的提高和材料消耗降低均较显著。这一时期末,电子模拟计算机和数字计算机也开始出现用于产品设计了。

六十年代中期到七十年代中期,利用电子计算机辅助设计日渐广泛。结合数字计算机的应用,数学分析法特别是有限元法等在产品结构分析上的应用越来越多,因而对产品结构件的静态、动态应力应变的分析计算比以前更为精确。在试验方面,也从过去的以整体样机试验为主,进入到以试验产品结构关件零部件为主的阶段,从而找出产品结构的薄弱环节,为最佳设计方案的制定提出了充分的科学依据。在此基础上,又发展了自动化的软件系统,使产品设计走上自动化和设计方案最佳化。〔25〕〔26〕〔27〕。

例如美国阿克拉哈马大学流体动力研究室,根据各种液压元件的性能特性,拟定模拟计算程序和数学模型进行液压系统的研究。在样机未出来之前,通过计算机进行全面技术分析,得出最合理的最佳方案,从而克服了新产品试制周期长、产品寿命质量低和材料消耗大的缺点,使原有的经验设计得到改善和提高。

又如美国B-E公司用了很大的力量编制了一整套用计算机对挖掘机传动系统进行模拟试验的技术程序,包括推压机构和钢绳传动、提升机构与钢绳传动、回转机构和行走牵引传动等,并开始一项广泛的现场试验计划。然后把这些数据列成公式,将已测定的传动机构和钢绳系统的真实阻尼特性编入计算机模拟试验程序中,这就成为研究发展和改进各种不同传动系统的非常有用的工具。在72年新产品295-B型挖掘机设计中,就是以上述模拟试验手段,对推压传动系统中的不同参数进行最佳化,如齿轮速比、齿轮和轴的惯量、零件的弹簧常数和阻尼常数等。有了这些模拟试验技术,使B-E公司已经能够对不同类型传动装置和传动装置的子部件的影响进行比较。〔29〕

美国专门生产工程机械的TEREX公司,为利用计算机辅助整机设计,即将建一工程数据库(EDB),贮存有关零部件的几何尺寸、重量和材料等物理资料,马力、扭矩、流量等性能资料,负荷定义资料等等。由数据库管理系统(DBMS)的软件控制。利用这个数据库,可以根据老产品使用和施工要求,得出需要设计的新产品的有效载荷定义、外形尺寸、功率要求、估算的机重、轴的反应力,以及机器功能要求(运动方式)等,这些资料存入数据库(EDB),并用来和设计的中间结果比较,不断修改设计。用这个系统可取得零部件的估算尺寸数字,组成一个机器的数字“模型”,并由此算出机重和重心。将一系列模拟负荷加到“模型”上,可算出每个零件上的反作用力。同时按最严重的负荷条件进行零部件设计。将上述设计结果与要求不断比较,反复修改,直到满意为止。这个系统将不断积累资料,不断更新数据,越来越完善。〔30〕

总的看来,国外工程机械行业的产品设计技术,基本上还处在加强科学试验和技术分析阶段,而各大公司企业则已进入自动化设计和方案最佳化设计阶段。

#### (六)对产品质量已由“检查结果”进展到“检查原因”

工程机械的作业条件多样,环境恶劣,特别强调可靠性和寿命,因而各国都很重视产品质量。为了解决质量问题,美国很早就提出“科学管理方法”,日本则把质量问题提高到“国家存亡”的高度。

质量管理，最初是单纯依靠检查，看它是否符合某种标准或图纸的规定，都是事后检查其结果。后来又进而发展采用统计的方法，称作“统计的质量管理”，都是所谓“结果主义”。而产品质量最终是要体现在用户的使用过程中的。要使用户便于使用、便于维修、经济耐用，又要生产率高、作业生产成本低。六十年代以后，质量管理进入到“总体质量管理”阶段，即从设计、制造、检查、计量、外协、材料、试验、包装、搬运运输直到把质优价廉的产品送到用户投入生产使用的各个有关环节的一切影响质量的原因入手，把质量管理起来。七十年代的质量管理就更加完善。美国、日本、南斯拉夫等许多国家，根本没有什么“产品主要零部件合格率”或“零部件主要检查项目合格率”这种概念。凡是不合图纸要求的，即便是“无关紧要”的问题，也是不合格，不能返修就报废。所以产品中不存在不合格零件。生产工程机械的日本小松公司把质量管理定义为“以经济地研制、生产、销售全世界用户均满意的产品和技术为目的的各种活动”。可以说这是对“总体质量管理”的一个很好的注释。〔31〕，〔32〕，〔33〕，〔34〕

## 四、为七十年代工程机械发展铺平道路的几个重要因素

### （一）材料

随着工程机械的发展，对所用钢材强度也不断地提出更高的要求。二次战后，结构钢的屈服限强度已由战前的21~24.2公斤/毫米<sup>2</sup>提高到28~31.1公斤/毫米<sup>2</sup>，相应地改善了耐疲劳性能。五十年代前期又提高到69公斤/毫米<sup>2</sup>，才能使越野卡车的车身重量大为降低。例如同样40吨的越野卡车，车身重量就可由11000公斤降为7200公斤，而车身的可靠性不变。〔35〕

六十年代的液压汽车起重机，因受钢材强度的限制，起重量总是停留在40~65吨左右。到了七十年代，由于有了高强度低合金钢，为提高起重量创造了条件，从而1975年出现了起重量为130吨的汽车起重机（Demag产品），1976年出现了140吨的（Grove产品），1977年出现了160吨的（Demag产品），1978年出现了200吨的（Gottward产品）。哥特瓦耳特的200吨汽车起重机所采用的调质合金钢板，屈服限强度为70公斤/毫米<sup>2</sup>，极限强度为77公斤/毫米<sup>2</sup>。

六十年代后期，美国马利昂公司（Marion Power Shovel Co.）制造85码<sup>3</sup>挖掘机拉铲斗，用屈服限为36.55公斤/毫米<sup>2</sup>（50000磅/英寸<sup>2</sup>）的钢材就感到强度不够；经过研究，并结合刚度的要求，由卢肯思（Lukens）钢铁公司提供了屈服限为54.8公斤/毫米<sup>2</sup>（75000磅/英寸<sup>2</sup>）、在-75°F情况下缺口冲击值为2.07公斤·米<sup>3</sup>（15英尺·磅）的高强度钢才解决了问题，又从而使制造130码<sup>3</sup>、145码<sup>3</sup>的拉铲挖掘机铲斗成为可能。〔36〕

镍钢可使挖掘机卷扬滚筒减少钢绳的磨损，离合器磨擦片要用冷轧锰钢。用美国Haynes93合金钢作履带导轮密封，既耐磨，磨损又均匀，在污水中抗腐蚀，在极恶劣的工作条件下保证平均寿命能达15000小时。〔37〕

### （二）轮胎



轮胎的发展与自行式工程机械的发展是相互促进又相互制约的。〔38〕、〔39〕、〔40〕、〔41〕、〔42〕

轮胎帘线材料，最初是用棉线和人造丝。五十年代出现了尼龙线，由于其强度高，使制造大型耐热工程机械用轮胎提高载荷容量成为现实，同样强度的胎壳，帘线层数可以减少30%，在同样载荷下运行，其温度比用其它帘线的低，综合性能好，且价格便宜，所以尼龙帘线轮胎，应用广泛。用钢丝作帘线，胎壳可显著减薄，散热性好而又耐穿刺，宜用于矿山和采石场作业，但制造成本较高。七十年代初发现凯夫拉（Kevlar）化学纤维（Dupont FiberB或“Aramid”），强度为钢的五倍，刚度为钢的十倍，已用于飞机轮胎。

胎壳帘线最初为斜交结构，六十年代出现了子午线结构，这种轮胎用于好路面行驶，其耐磨性比前者高1.8~2倍，但成本高，且用作工程机械越野胎，优越性不显著。六十年代后期又出现了带束斜交结构，美国目前已大量采用作为工程机械的轮胎。

过去一般以空气作为轮胎的充气介质，为了防爆，六十年代有用泡沫塑料代替空气的，但内压不能调整，行驶时轮胎发热，故只能用于低速行驶。最近美国固特异（Good-year）公司用聚氨胎橡胶代替泡沫塑料，使发热与散热问题都有所改善。为了解决穿刺问题，有所谓无内胎轮胎。自从无内胎轮胎的密封与穿刺后的修补问题得到解决后，无内胎轮胎已成为当前工程胎特别是大型工程胎的发展趋势之一。〔35〕

### （三）柴油机〔43〕〔44〕〔45〕〔46〕

为城乡建设环境修整的许多小型工程节省大量劳动力，各种小型微型工程机械就相发展和普及起来；另一方面随着工矿、交通、水利、电力等大型工程建设的日益增地规模大，工期短，使大型工程机械也随之不断地发展。被普遍用作工程机械动力的多，机，也随着工程机械的发展，在相互助进的情况下得到不断地发展。

柴油工程机械所用柴油机有其特殊的要求：一是工程机械作业时，柴油机所受冲击和振动因而机体和附件要有较高的刚度和强度。二是发动机扭矩要大，扭矩储备系数一般要1.25~1.4，不得低于1.15~1.20。三是为适应工作装置或辅助设备的需要，需要有侧向动力输出装置PTO。四是工程机械经常在速度和负荷急骤变化的情况下工作，发动机必须备有性能良好的全制调速器。五是要能在环境温度 $\pm 40^{\circ}\text{C} \sim \pm 50^{\circ}\text{C}$ 多种情况下工作，对燃油、润滑油、冷却系统和起动方式都应作特殊考虑。六是常在空气含尘量达 $1.5 \sim 2$ 克/米<sup>3</sup>的工地工作，需要有高效的燃油、机油和空气滤清器。七是工程机械常在倾斜的地面上作业，发动机要能保证在前、后、左、右倾斜 $30 \sim 35^{\circ}$ 的坡地上可靠地运转。八是有时在地下或坑道工作，要有废气净化装置；有的要在水下工作，则需要用防水密封结构。九是为能适应军用工程机械行驶机动性和战地空运空投的需要，发动机要具有较小的比重量和较高的体积功率。十是要能调整功率输出，使与工地的海拔高度相适应，能够稳定地运转。十一是维护方便，大修间隔期长，额定油耗低，寿命长。围绕这些问题，在六七十年代中各柴油机生产企业和研究机构，如肯明思、凯特皮勒公司的技术中心，里卡多（Ricardo）发动机顾问公司等，都下了不少功夫，从冲程缸径比 $S/D$ 怎样才能使发动机具有最大的紧凑性、最低的燃料消耗率、最低的燃烧噪音、可承受最高的增压压力，涡轮增压，燃烧室设计，废气处理、动力的输出等等方面的研究，虽