

MANUAL OF ROAD CONSTRUCTION  
AND MAINTENANCE EQUIPMENT OF CHINA

# 中国筑养路机械设备手册

(上册)

《中国筑养路机械设备手册》编委会 编



人民交通出版社  
China Communications Press

# 中国筑养路机械设备手册

## (上册)

《中国筑养路机械设备手册》编委会 编



YZLI0890163282

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书对我国目前常用的各种筑养路机械设备的分类、特点、适用范围、工作原理、主要结构、选型原则与步骤、主要参数计算、主要生产厂家的典型产品及技术性能和参数等内容进行了详细的汇总介绍。本书分为上下册,上册包括的机械类型有:土石方机械设备、压实机械设备、水泥混凝土机械设备、沥青混凝土机械设备;下册包括的机械类型有:桥梁机械设备、隧道机械设备、养护机械设备。

本书适于从事公路、桥梁及隧道工程施工的技术人员及相关机械设备操作、管理人员使用,也可供相关院校师生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国筑养路机械设备手册/《中国筑养路机械设备手册》  
编委会 编. —北京:人民交通出版社,2011.12  
ISBN 978-7-114-08582-6

I. ①中… II. ①中… III. ①筑路机械—机械设备—  
手册②养路机械—机械设备—手册 IV. ①  
U415.5-62②U418.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 037796 号  
许可证号:京朝工商广字第 8042 号(1-1)

书 名:中国筑养路机械设备手册(上册)  
著 作 者:《中国筑养路机械设备手册》编委会  
责任编辑:郑蕉林

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:36

插 页:20

字 数:1078 千

版 次:2011 年 12 月 第 1 版

印 次:2011 年 12 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08582-6

印 数:0001-3500 册

总 定 价:500.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 《中国筑养路机械设备手册》编委会

顾问:孙祖望

编委会主任:焦生杰 刘 桦 樊江顺

主编(按姓氏笔画排序):

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 田晋跃 | 刘 权 | 安建国 | 江瑞龄 | 张国旗 | 张爱山 | 李世坤 |
| 李培元 | 李清泉 | 杨 光 | 杨永生 | 易小刚 | 段会强 | 高德忠 |

副主编(按姓氏笔画排序):

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 方子帆 | 王 宁 | 王 德 | 王希仁 | 王新增 | 王模公 | 代中利 |
| 叶友胜 | 甘勇义 | 白春芳 | 刘卫东 | 刘长溪 | 刘育贤 | 孙立安 |
| 朱大林 | 朱新春 | 许明恒 | 严汉平 | 何清华 | 吴国进 | 宋 皓 |
| 张 铁 | 张 强 | 张新波 | 李 伟 | 李 丽 | 李 宗 | 李 强 |
| 李自光 | 杨东来 | 陈继昌 | 陈铭宋 | 周永红 | 姚 军 | 赵国普 |
| 赵家宏 | 赵智华 | 赵静一 | 钟春彬 | 敖福龙 | 聂在禄 | 梁 涵 |
| 黄文悦 | 董大为 | 董寿伟 | 滕万里 | 褚彦林 | 雷 彪 |     |

主要编写人(按姓氏笔画排序):

|     |     |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 于睿坤 | 马义平 | 马云朗 | 毛庆洲 | 王 鑫 | 王军伟 | 王成模  |
| 王柏刚 | 王荣庆 | 王晓波 | 付 陆 | 冯扶民 | 史亚飞 | 石秀东  |
| 任化杰 | 刘士杰 | 刘西栋 | 刘春荣 | 刘斌锋 | 吕孝臣 | 宇文德成 |
| 孙振军 | 朱雪伟 | 余晓明 | 初长祥 | 吴继锋 | 张二平 | 张伟栋  |
| 张忠海 | 张春阳 | 李 莉 | 李万莉 | 李俊林 | 李贵荣 | 杜海若  |
| 杨解清 | 沈 炬 | 肖翀宇 | 陆忠义 | 陈 刚 | 陈 萍 | 陈以田  |
| 季 明 | 官应旺 | 罗 群 | 郑竹林 | 姚志明 | 段心龙 | 胡 健  |
| 胡永彪 | 胡继洪 | 赵志欣 | 赵怀竹 | 赵春霞 | 赵铁栓 | 倪少虎  |
| 徐永杰 | 聂 涛 | 郭小宏 | 郭志奇 | 高顺德 | 崔 钧 | 黄松和  |
| 黄静波 | 蒋 彬 | 谢 华 | 谢立扬 | 赖仲平 | 靳世杰 | 管会生  |
| 颜中玉 |     |     |     |     |     |      |

# 《中国筑养路机械设备手册》编写分工

| 章 节   | 编 写 人 员                                                                                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 上 册   |                                                                                                                                                             |
| 第 1 章 | 田晋跃、张国旗、杨永生、方子帆、王宁、何清华、李宗、赵家宏、赵静一、钟春彬、董寿伟、王军伟、刘西栋、刘斌锋、孙振军、宇文德成、初长祥、张二平、张忠海、张春阳、李俊林、陈以田、季明、郑竹林、姚志明、郭志奇、赖仲平、靳世杰                                               |
| 第 2 章 | 安建国、张爱山、叶友胜、刘育贤、吴国进、宋皓、张铁、杨东来、敖福龙、梁涵、董寿伟、雷彪、王成模、沈炬、罗群、赵志欣、徐永杰、谢华、赖仲平、颜中玉                                                                                    |
| 第 3 章 | 刘权、安建国、杨永生、易小刚、李伟、李强、赵国普、董寿伟、付陆、吕孝臣、张伟栋、沈炬、肖翀宇、官应旺、胡永彪、赵铁栓、谢立扬、颜中玉                                                                                          |
| 第 4 章 | 刘权、安建国、张国旗、李世坤、杨光、杨永生、王德、王希仁、白春芳、刘卫东、孙立安、张强、李丽、李自光、陈继昌、周永红、姚军、梁涵、董寿伟、马云朗、王成模、王柏刚、石秀东、孙振军、李莉、李贵荣、杨解清、沈炬、陆忠义、聂涛、郭小宏、谢立扬、靳世杰                                   |
| 下 册   |                                                                                                                                                             |
| 第 5 章 | 王模公、朱大林、许明恒、严汉平、何清华、李宗、赵静一、马义平、冯扶民、刘春荣、孙振军、张忠海、杜海若、陈以田、段心龙、胡继洪、郭志奇、高顺德、黄松和、管会生                                                                              |
| 第 6 章 | 王模公、甘勇义、刘育贤、许明恒、陈铭宋、黄文悦、于睿坤、马义平、余晓明、李万莉、杜海若、黄松和、管会生、颜中玉                                                                                                     |
| 第 7 章 | 田晋跃、安建国、江瑞龄、张国旗、张爱山、李清泉、段会强、高德忠、王新增、代中利、刘长溪、朱新春、张新波、李丽、李宗、赵智华、聂在禄、董大为、褚彦林、毛庆洲、王鑫、王荣庆、王晓波、史亚飞、任化杰、刘士杰、朱雪伟、吴继锋、沈炬、陈刚、陈萍、陈以田、胡健、胡永彪、赵怀竹、赵春霞、倪少虎、郭志奇、崔钧、黄静波、颜中玉 |

# 序

---

随着我国实施改革开放政策,国民经济快速发展,我国的公路建设,特别是高等级公路建设得到迅猛发展。高等级公路的建设和养护需要先进的筑养路机械设备。目前,中国筑养路机械行业已基本形成规模,虽然与发达的工业化国家相比还有一定差距,但已能生产出筑养路工程所需的绝大多数产品。筑养路机械的新机种、新技术不断涌现,产品的开发、生产和销售也十分兴旺,已进入全面的发展时期。

现代科技日新月异,筑养路机械设备厂家在不断利用新技术、新成果改进、创造出更多更好的筑养路机械新产品和新设备。筑养路机械也正在向高水平、高性能、高技术和大型、成套、专用机型方向发展,许多性能优良的筑养路机械已逐步进入国际市场,我国筑养路机械的技术水平跃上了一个新台阶。

对于我国广大从事公路建设和养护的工程技术人员来说,筑养路机械设备的知识是他们迫切需要了解和掌握的。本手册介绍了土石方机械设备、压实机械设备、水泥混凝土机械设备、沥青混凝土机械设备、桥梁机械设备、隧道机械设备、养护机械设备等筑养路机械设备的结构、性能特点、工作原理和主要参数,同时还介绍了国内外筑养路机械设备主要制造企业的产品特点,是一部技术和应用兼备的工具书,对于从事筑养路机械科研、设计、生产、管理、施工、维修的广大工程技术人员都有很好的参考价值。

参与编写的作者们和出版人员为本书的付印,付出了很多心血和辛勤劳动,相信本手册的出版对于我国筑养路机械事业的进一步发展将起到积极的推动作用。

孙祖望

2011年10月

# 前 言

---

由长安大学负责组织编写的《中国筑养路机械设备手册》，是一套系统反映中国筑养路机械设备技术标准和技术参数的大型工具书，书中详细介绍了各种筑养路设备的发展、结构、特点、工作原理和主要性能参数，重点介绍了国内外筑养路机械设备厂家生产的设备，其中以实用新型设备为主。

本书为上、下两册，共七章，分别是上册土石方机械设备、压实机械设备、水泥混凝土机械设备、沥青混凝土机械设备；下册桥梁机械设备、隧道机械设备、养护机械设备。内容包括各设备的概述、分类、特点及适用范围、工作原理和主要结构、选型原则与步骤、主要参数计算以及主要生产厂家的典型产品及技术性能和参数。

本书可作为筑养路机械施工单位管理和技术人员、筑养路机械生产厂家技术人员、筑养路机械营销人员参考，特别是可用作设备选型工具书，亦可作为有关大专院校的教学参考和现场工人的培训教材。

本书在编写过程中得到了有关单位和专家的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编写时间和作者水平有限，书中缺点和错误难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

# 目 录

## 上 册

|                |     |
|----------------|-----|
| 第1章 土石方机械设备    | 1   |
| 1.1 推土机        | 1   |
| 1.2 装载机        | 37  |
| 1.3 挖掘机        | 82  |
| 1.4 平地机        | 144 |
| 1.5 稳定土厂拌设备    | 177 |
| 本章参考文献         | 200 |
| 第2章 压实机械设备     | 201 |
| 2.1 静力式压路机     | 201 |
| 2.2 振动压路机      | 241 |
| 2.3 轮胎压路机      | 276 |
| 2.4 冲击式压路机     | 303 |
| 2.5 夯实机械       | 328 |
| 本章参考文献         | 348 |
| 第3章 水泥混凝土机械设备  | 349 |
| 3.1 水泥混凝土搅拌设备  | 349 |
| 3.2 水泥混凝土搅拌运输车 | 379 |
| 3.3 混凝土输送泵     | 403 |
| 3.4 水泥混凝土摊铺机   | 435 |
| 本章参考文献         | 468 |
| 第4章 沥青混凝土机械设备  | 469 |
| 4.1 沥青混凝土搅拌设备  | 469 |
| 4.2 沥青混凝土摊铺机   | 504 |
| 4.3 改性沥青设备     | 557 |
| 本章参考文献         | 562 |

# 第 1 章 土石方机械设备

土石方机械是工程机械中应用最广泛的一类机械,也是公路建设特别是高等级公路建设土石方工程施工中的主要施工设备,在公路路基工程中,应用推土机、装载机、挖掘机、平地机等土石方机械,承担土石方的铲装、填挖、运输和整平等作业,而各种稳定土材料以及石料又需要稳定土厂拌设备和破碎、筛分机械等来制备。使用土石方机械不仅能加快施工进度,而且能提高作业质量和生产效率,其已成为现代公路建设中不可缺少的机械。

## 1.1 推 土 机

### 1.1.1 概述

#### 1.1.1.1 定义

推土机是以履带式或轮胎式拖拉机、牵引车等为主机,配以悬式铲刀,对土石方或散状物料进行切削或搬运的自行式的铲土运输机械。

推土机在建筑、筑路、采矿、油田、水利、水电、港口、农业、林业及国防建设等土方与石方工程中被广泛应用。它是工程机械中最基本、用途较广的一种。

推土机作业时,将铲刀切入土中,依靠拖拉机前进动力,完成土的切割和推运作业。推土机可进行以下工作:

铲土、运土——一般在 100m 运距以内铲、运松散物料,用来推铲基坑、路堑,构筑路堤;

填土——回填基坑,对壕沟、基槽、下水道等填土;

平地——平整施工现场、道路、广场及农田等;

松土——大型推土机的后部往往悬挂松土器,它能破硬土、冻土及破坏需要反修的路面;

开挖、堆积——开挖基槽、河床,堆积沙丘、粮食,堆筑路堤、水坝;

其他用途——作自行式铲运机助推机,清除树桩、积雪;拖挂压路机、铲运机等,作为牵引机械;推土机还易改型为其他工程机械,如改为除荆机、装载机、吊管机等。

#### 1.1.1.2 国内外发展现状

履带式推土机是由美国人 Benjamin Holt 在 1904 年研制成功的,它是在履带式拖拉机前面安装人力提升的推土装置而成。当时的动力是蒸汽机,之后又先后研制成功由天然气动力驱动和汽油机驱动的履带式推土机,推土铲刀也由人力提升发展为钢丝绳提升。Benjamin Holt 也是美国卡特彼勒 (Caterpillar) 公司的创始人之一,1925 年 Holt 制造公司和 C. L. Best 推土机公司合并,组成卡特彼勒推土机公司,成为世界首家推土设备制造者,并于 1931 年成功下线第一批采用柴油发动机的 60 推土机。随着技术的不断进步,目前推土机动力已经全部采用柴油机,推土铲刀和松土器全部由液压缸提升。

推土机除履带式推土机外,还有轮胎式推土机,它的出现要比履带式推土机晚 10 年左右。由于履带式推土机具有较好的附着性能,能发挥更大的牵引力,因此在国内外,其产品的品种和数量远远超过轮胎式推土机。

在国际上,卡特彼勒公司是世界上最大的工程机械制造公司,其生产的履带式推土机有大、中、小共9个系列(D3~D11),最大的是D11R CD(图1.1-1),柴油机飞轮功率达到634kW;日本的小松(Komatsu)公司列第二位,1947年才开始引进生产D50履带推土机,现在履带式推土机有13个系列(D21~D575),最小的为D21A,柴油机飞轮功率为29.5kW,最大的为D575A-3 SD(图1.1-2),柴油机飞轮功率达858kW,它也是当前世界上最大的推土机;另外一家独具特色的推土机制造企业是德国的利勃海尔(Liebherr),其推土机全部采用静液压驱动,该技术历经十几年的研究与发展,1972年推出样机,1974年开始批量生产PR721、PR731和PR741静液压驱动履带推土机,由于液压元件的限制,目前其最大功率仅为295kW,型号为PR751矿用。

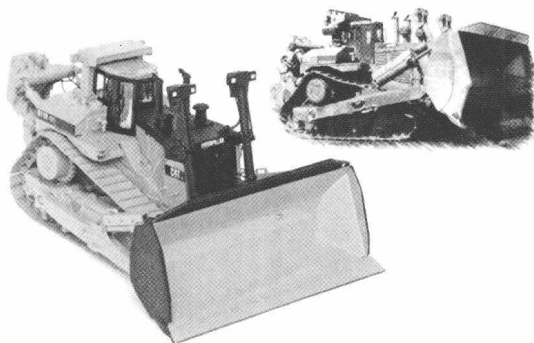


图 1.1-1 卡特彼勒公司的最大推土机 D11R CD



图 1.1-2 小松公司最大的推土机 D575A-3 SD

上述三家推土机制造企业,代表了当今世界上履带式推土机的最高水平。国外其他几家履带式推土机制造企业如约翰迪尔(John Deere)、凯斯(Case)、纽荷兰(New Holland)和德瑞斯塔(Dressta),其生产技术水平也较高。

中国的推土机是在新中国成立以后才开始生产的,最初是在农用拖拉机上加装推土装置。随着国民经济的发展,大型矿山、水利、电站和交通等部门对大中型履带式推土机的需求不断增加,国内大中型履带式推土机制造业虽有较大发展,但已不能满足国民经济发展的需要。为此,自1979年以来,中国先后从日本小松公司和美国卡特彼勒公司引进了履带式推土机生产技术、工艺规范、技术标准及材料体系,经过消化吸收和关键技术的攻关,形成了目前以20世纪80、90年代小松技术产品为主导的格局。国内产品主要有T系列、TY系列,功率为51.5~306kW(70~410马力)。

从20世纪60年代开始,国内推土机行业的生产企业一直稳定在7家左右,原因是推土机产品的加工要求高、难度大,批量生产需要较大的投入,因此一般企业不敢轻易涉足。但是随着市场的发展,从“八五”开始,国内一些大中型企业根据自身实力,开始兼营推土机,如内蒙古第一机械厂、徐州装载机厂和三一重工股份公司等,扩充了推土机行业队伍。与此同时,也有少数企业由于经营不善、不适应市场发展的需要开始走下坡路,有的已经退出本行业。目前国内推土机的生产企业主要有:山推工程机械股份有限公司、河北宣化工程机械股份有限公司、上海彭浦机器厂有限公司、天津建筑机械厂、陕西新黄工机械有限责任公司、一拖工程机械有限公司、三一重工股份公司等。上述公司除生产推土机外,也开始涉足其他工程机械产品的生产,如山推还生产压路机、平地机和挖掘机等。

进入21世纪,在三峡工程、南水北调、西气东输、青藏铁路、西电东送、上海世博会、北京奥运会、高速铁路这八大工程的强力带动下,国内工程机械形势一片大好,产销量连年强劲递增,预计今后国内的履带式推土机市场年产量将达到6000台,这与国际履带推土机市场逐年下降形成鲜明对比。

为了保持市场占有率,加速企业发展,各企业越来越重视新产品开发和市场开发。如山推工程机械

股份有限公司最新推出的 SD42-3 履带式推土机(图 1.1-3),采用了模块化设计、先导操纵、机电一体化监控及低噪声驾驶室等先进技术;在小松 D85A-21 基础上开发的 TYG230 高原推土机,对原有的 TY220 推土机的传动系统、液压系统、操纵系统、行走系统等进行了全新设计,并针对发动机、电瓶、油品等作了特殊设计,以适应高原作业的特殊需求。宣化工程机械股份有限公司在国内独家推出了 SD7(图 1.1-4)、SD8 高架驱动型推土机,性能领先,填补了国内空白。三一重工股份公司推出了 TQ160A、TQ190、TQ230H 全液压推土机,使我国推土机行业产品的技术水平提高了一个档次。另外,推土机的外观质量普遍有了较大的提高,多数企业的产品一改过去的单调色彩,采用多种色调搭配,给人一种时代气息感。在驾驶室内装饰上开始采用整体铸塑仪表盘,给人以美观、舒适感。另外还推出各种变型产品,丰富产品系列,如湿地推土机、高原型推土机、环卫型推土机、森林伐木型推土机、推耙机、吊管机等,拓宽了推土机的使用范围。

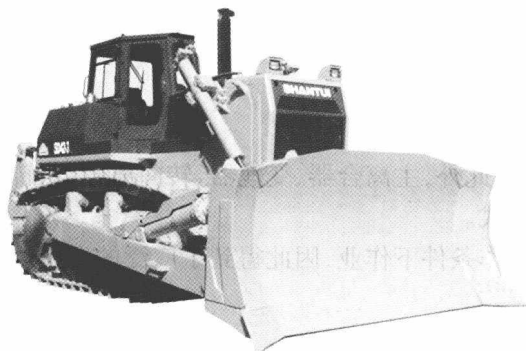


图 1.1-3 山推 SD42-3 履带式推土机



图 1.1-4 宣化工程机械股份有限公司的 SD7  
高架驱动链轮履带式推土机

以往对推土机编号,都是以 T 或 TY 字母开头,取推土机拼音的第一个字母,Y 表示液力传动。现在山推和彭浦机器厂都采用自己定义的编号规则,山推按照山东的拼音字母,其系列产品为 SD08 ~ SD32,彭浦机器厂的系列产品为 PD110 ~ PD410。

但总体来看,国内履带式推土机发展与发达国家相比,仍存在较大差距,主要表现在:

(1)产品品种不全,缺少大型和小型的产品,特别是重点工程需要的大型推土机,国内仍然不能提供,必须依赖进口;

(2)自主开发能力弱,有的产品结构几十年不变,性能落后,产品质量差,具体表现在耐久性及其可靠性与国外先进水平相比差距较大,平均无故障时间及第一个大修期仅为国外先进设备的一半;

(3)科技投入明显不足,对国外的技术仅停留在消化、吸收和提高国产化率的低层次上,没有上升到形成产品开发能力和技术创新能力的高度,引进的新技术又出现新的差距;

(4)产品在电子控制、自动监测和故障诊断、机电液一体化和智能化等方面还不能满足市场的需要。

#### 1.1.1.3 发展趋势

推土机是工程机械中最基本、用途最广泛的一个机种,目前推土机的发展大致有以下几方面。

##### 1)大型、专用、一机多用的推土机

大型推土机适应大规模施工作业的需要,生产率高,施工速度快,操纵人员少。虽然一开始的投资较高,但总的经济性能良好。国外目前最大型的推土机为 D575A-3SO 履带式推土机,其功率为 858kW。国内推土机生产也正向大型化方向发展,目前已研制成 392kW(320 马力)的推土机。

专用推土机是为适合某种专用工程需要而专门设计的特种推土机。例如有适应沼泽地作业的三角形履带板的湿地推土机,其接地比压国外有的不超过 0.01MPa,我国的 TS120 湿地推土机,其接地比压为 0.028MPa。为适应浅水及深水作业需要,国外有水陆两用的两栖式推土机,以及深达 60m 的水下推土机。

推土机的一机多用是提高作业性能和经济性能的良好途径。国外有的推土机在更换不同工作装置后可以达到 10 余种用途,例如在固定式铲刀上附加各种装置(图 1.1-5),以扩大使用范围。国内的推土机生产也注重了一机多用,目前有松土推土机、推土铲运机、推土装载机等。

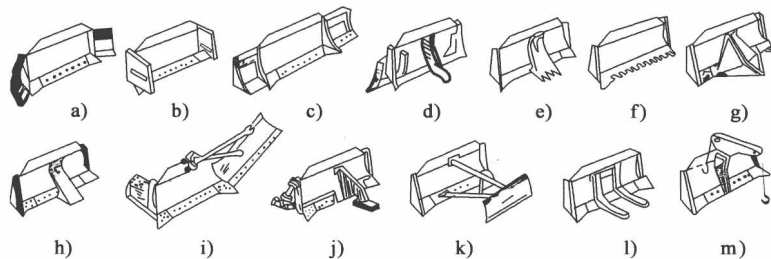


图 1.1-5 固定式铲刀上的附加装置

a) 倾斜加宽板;b) 侧边集土板;c) 延伸推土板;d) 前后松土齿;e) 破沥青路面镐;f) 破冻土齿;g) 除荆器;h) 开沟器;i) 斜坡括平器;j) 前后滑板;k) 助推板;l) 载重叉;m) 起重钩

## 2) 液压化

推土机工作装置的操纵几乎全部采用液压操纵方式。此外,主离合器、变速器、转向离合器、转向制动器操纵系统,也从传统的机械杠杆式发展为液压操纵式。

传动系统中,液力机械传动推土机特别适宜在恶劣工作条件下作业,因此得到了广泛的发展。随着液压技术的提高,全液压推土机必将得到不断改善和发展。

## 3) 轮胎式推土机

由于轮胎式推土机具有行走速度快、机动灵活、生产率高、耗用金属量少、不损坏路面等优点,近年来得到了迅速的发展。美国的轮胎式推土机已占推土机生产总数的 1/3。中国也已生产了 TL160 轮胎式推土机。

虽然轮胎式推土机优点很多,但它对施工条件和作业场地的要求较高,因此目前推土机仍以履带式为主。

为了提高轮胎式推土机牵引性和通过性,往往采用全轮驱动,液力机械传动,以及铰接机架。轮胎方面主要向宽基、调压、充填料、无内胎等方面发展。为了提高轮胎寿命,国外已采用轮胎保护链环或在椭圆形轮胎上装置垫式履带。这样不仅保护了轮胎,而且提高了推土机的牵引能力,使其能适应较恶劣条件下作业。

## 4) 新技术、新结构

### (1) 行走机构

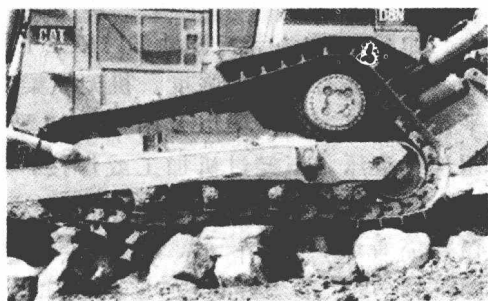


图 1.1-6 高架驱动链轮行走机构

卡特彼勒公司全面推出高架驱动链轮的三角形履带行走系统,如图 1.1-6 所示,可使驱动链轮和终传动主要传递转矩,不承受行走和作业时所产生的外部冲击和振动荷载,也减轻了泥沙对链轮的磨损和侵蚀作用,延长了使用寿命、降低维修费用。另一优点是履带架和履带接地部分相对于机体的位置布置自由度较大,后部接地位置不受链轮位置的影响,设计推土机时可按需要进行调整。这使得整机重心在履带接地长度上的位置更合理。国内宣化工程机械股份有限公司生产的 SD7 和 SD8 推土机亦属于此种结构。

大型推土机行走系统采用弹性悬架,适宜于高低不平地面的作业。卡特彼勒公司和小松公司都有自己独特的弹性悬架机构,见图 1.1-7。弹性悬架支重轮通过摆动架和橡胶弹簧与台车架相连,驱动链轮的轮缘与轮毂之间设有橡胶垫,因此在不平路面行走时,支重轮可以上下摆动,橡胶弹簧和橡胶垫的缓冲作用大大地减少了冲击荷载,提高了牵引附着性能和乘坐

舒适性。

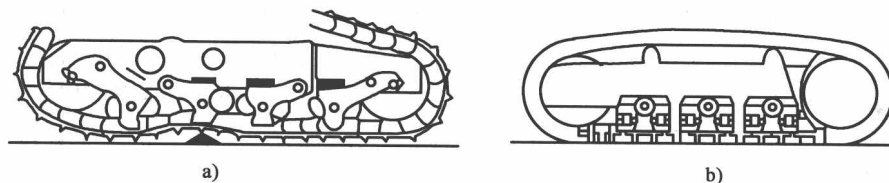


图 1.1-7 支重轮弹性悬架  
a) 卡特彼勒结构; b) 小松结构

## (2) 主要部件模块化

推土机的功率越来越大,零部件尺寸也在增大,对制造、安装要求越来越高。对于经常在偏远地区进行土方施工的推土机来说,由于施工现场的维修设施比较差,修理困难。为此将机器主要部件采取模块化设计,使它们尽量成为一个整体(即模块),这个模块独立安装调试,而且可以方便地安装在主机上。图 1.1-8 和图 1.1-9 分别为卡特彼勒和小松的模块化推土机。静液压传动推土机的模块化参见图 1.1-10,发动机与液压泵做成一个模块,液压马达和终传动、停车制动器及驱动链轮做成一个模块,结构更加简单。

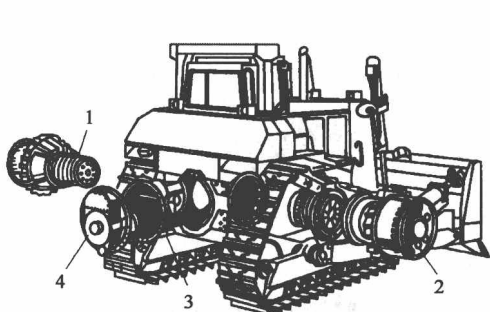


图 1.1-8 卡特彼勒模块化推土机的模块结构  
1-转向制动器;2-终传动;3-圆锥齿轮;4-变速器

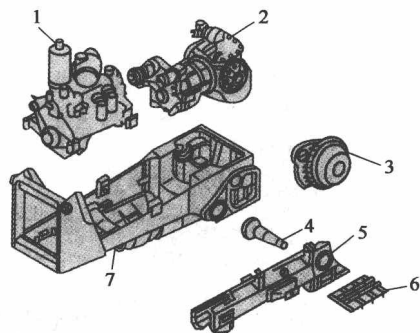


图 1.1-9 小松模块化推土机的模块结构  
1-发动机;2-变矩器变速器;3-终传动;4-枢轴;5-台车架;  
6-履带板;7-主机架

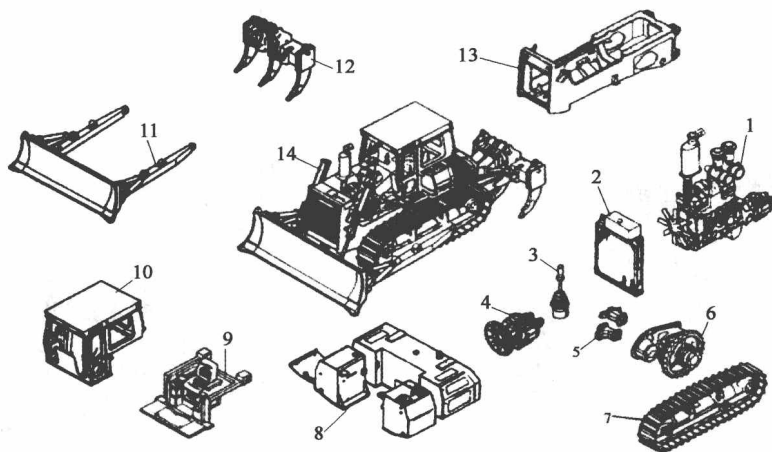


图 1.1-10 履带式静液压传动推土机的总体结构拆装图

1-柴油机;2-散热器;3-操纵手柄;4-分动箱和液压泵;5-驱动马达;6-终传动和驱动链;7-行走系统;8-油箱;9-座椅和控制台;10-驾驶室和仪表盘;11-推土铲;12-松土器;13-机架;14-工作液压系统

### (3) 主机架

图 1.1-11 为卡特彼勒 D11RCD 的主机架,它的设计可很好地吸收高强度冲击和扭转荷载,保证有足够的强度。机架纵梁采用全箱形断面设计,确保纵梁平行排列。后桥箱、平衡梁鞍座、前横梁以及附加连杆耳轴采用重型铸钢件,增加强度。纵梁的上下护板采用连续滚压,不经过机加工或焊接,保证主机架的超强耐用性。终传动提升后的后桥箱可免受冲击、磨损及污染。单根直通枢轴和销连接平衡梁保证台车架直线排列。后桥箱整体铸造,其上安装松土器和翻车保护结构(ROPS)架。新型超强铸造平衡梁鞍座带有加强肋,增加抗疲劳寿命。整体铸造前横梁上安装散热器、发动机和横拉杆,减少在主机架前部的焊接量。

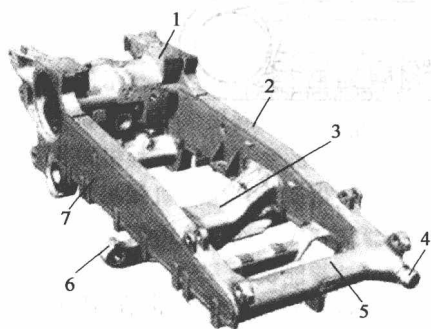


图 1.1-11 主机架

1-后桥箱;2-纵梁上护板;3-平衡梁鞍座;4-横拉杆耳轴;  
5-前横梁;6-平衡梁;7-纵梁

横拉杆(图 1.1-12)使推土铲上的侧向力直接传递给机体,由于取消了工作装置上的斜撑,使推土铲和机器靠得更近,增加了刀板的下压力和提升力,使推土和负载控制更加精确,同时改善了视野,并使重心后移,提高了机器的稳定性和机动性。

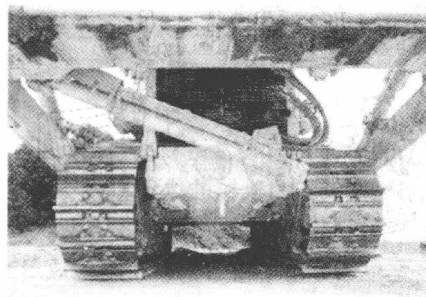
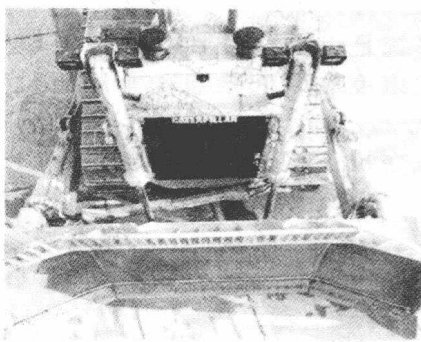


图 1.1-12 横拉杆

### (4) 新型驾驶室

驾驶室为新型全密封六面体驾驶室(图 1.1-13),具有翻车保护结构(ROPS)和落物保护结构(FOPS),安装减振器,驾驶室后桥箱内宽敞明亮,安装冷暖空调,座椅可调,左右单操纵手柄,驾驶员耳边噪声可低到 70dB。

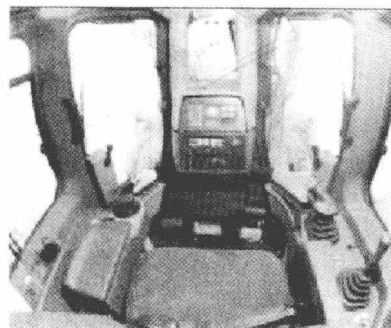
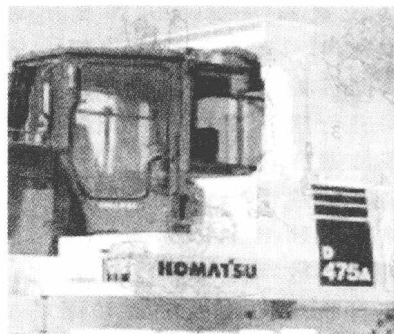


图 1.1-13 驾驶室

### 5) 履带推土机智能化

现代科学技术的发展,极大地推动了不同学科的相互交叉与渗透,导致了几乎所有工程领域的技术

革命与改造,纵向分化、横向综合已成为当代科学技术发展的重要特点。在机械工程领域,由于微电子技术的飞速发展及其向机械工业的渗透所形成的机电一体化,使机械工业的技术结构、产品结构、功能与构成、生产方式及管理体系均发生了巨大的变化,使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的发展阶段。在工程机械领域内,电液控制技术兼备了电子和液压技术的双重优势,形成了具有强大竞争力的自身技术特点,为各种工程机械自动控制提供了一种新手段。机电液一体化技术的发展使传统的液压系统和元件发生了实质性的变化,是工程机械发展的一种必然趋势。

所谓的智能化就是在工程机械机电液一体化的基础上,与微电脑控制结合起来,通过安装各种传感器来获取工作环境的信息,使其具有自我感知、自主决策、自动控制的功能。智能化工程机械是智能机器人的一类。

目前,针对工程机械所推出的智能化控制技术体现在两个方面:一是以简化驾驶员操作,提高车辆的动力性、经济性、作业效率及节省能源等为目的的机械、电子、液压融合技术;二是以提高作业质量为目的的机电液一体化控制技术。

### (1) GPS 全球定位系统

GPS (Global Positioning System) 卫星全球定位系统是由美国开发的通过卫星向全球用户提供连续实时三维位置(经度、纬度、高度)、三维速度和时间信息的全球定位系统。GPS 包括:空间部分——GPS 卫星星座;地面控制部分——地面监控系统;用户设备部分——GPS 信号接收机,是用户设备的核心。近几年,GPS 在推土机上的应用越来越广泛,主要用来确定和控制作业时工程机械的位置和移动路径,即导航;确定和控制作业装置的位置和姿态,即自动找平控制。

在 GPS 定位和导向的指引下,在施工成型要求、确定和控制机械运动的方向和移动距离以及确定和控制作业装置的动作和运动轨迹时,可以不用人工操纵或简化人工操纵,实现推土机的自动化和无人驾驶。如图 1.1-14 所示三维 GPS 推土机控制系统,基本组成有笔记本电脑、驾驶室内控制微机和显示屏幕、固定 GPS 基准站和移动 GPS 接收机。笔记本电脑将设计数据传输给控制微机,控制微机将 GPS 测量数据进行坐标变换,在显示屏幕上显示推土机刀板位置和设计数据,同时微机发出控制信号(高度和倾角)。利用 GPS 接收器确定推土机当前位置和推土铲高程,并与预先输入在控制微机里的数字地形模型进行比较。彩色显示屏真实直观地把刀板位置和路的横截面图显示出来。GPS3D 用于推土机进行土地粗平,其高程控制精度为  $2 \sim 3\text{cm}$ ,克服了激光、木桩、线绳等限制,可减少测量和工程造价,广泛用于公路、铁路、堤坝等大型土方工程建设,该系统尤其适用于立体交叉高速公路的复杂曲面形状路面的推土施工。

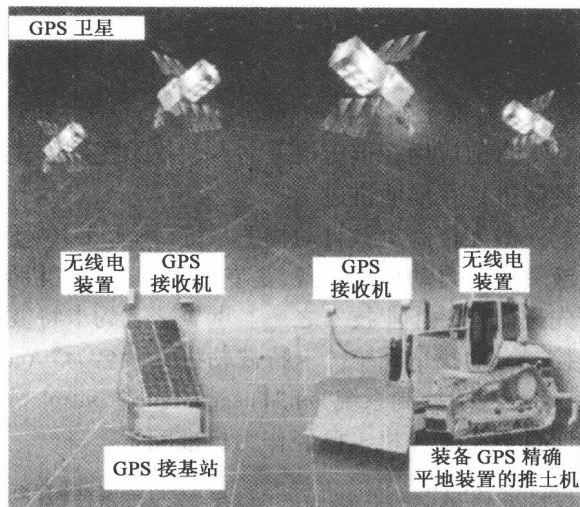


图 1.1-14 GPS 全球定位系统在推土机上的应用

GPS 系统还可以给销售商、银行和用户提供安全销售、安全贷款和安全使用的保障,安装了 GPS 系统的推土机不论在全球的任何位置都可以被侦测到,并且可以发出指令使其停止工作,迫使用户及时还款,也可以使用户防盗。

目前,卡特彼勒、天宝(Trimble)、莱卡(Leica)、拓普康(TOPCON)和 MOBA 公司均开发了基于 GPS 的推土机定位系统,大大提高了推土机的作业生产率。

## (2) 动力传动系统控制

动力传动系统控制包括发动机控制、换挡操纵控制、转向控制,可根据推土机行驶速度与负载状态自动换挡,并使发动机转速与运行工况相匹配,达到节能目的。

图 1.1-15 为小松推土机的控制系统。在该机器内部有 3 个电子控制器, 分别对发动机、变速器和

转向制动系统进行控制。在控制器内记录着大量的操作数据,利用传感器随时检测推土机在工作中的各种状态。控制器精确地计算出变矩器、变速器、转向离合器和制动器的最佳工作状态,必要时可以自动地变换挡位。这些都使机器操作方便,生产率大大提高。对一般推土机来说,使用转向离合器是很难实现平稳转向的,小松推土机的转向控制器能根据负荷状态自动地控制转向离合器和制动器之间的比例关系,实现平稳转向。利用这种控制器也可以实现机器下坡行驶时不需要转向反向操作。在换挡过程中,变速器控制器自动地控制换挡离合器,以保证换挡过程平稳,提高机器部件的可靠性和寿命。发动机的油门是通过旋钮用电子信号控制的,这样可以减少由于联动机构带来的问题。

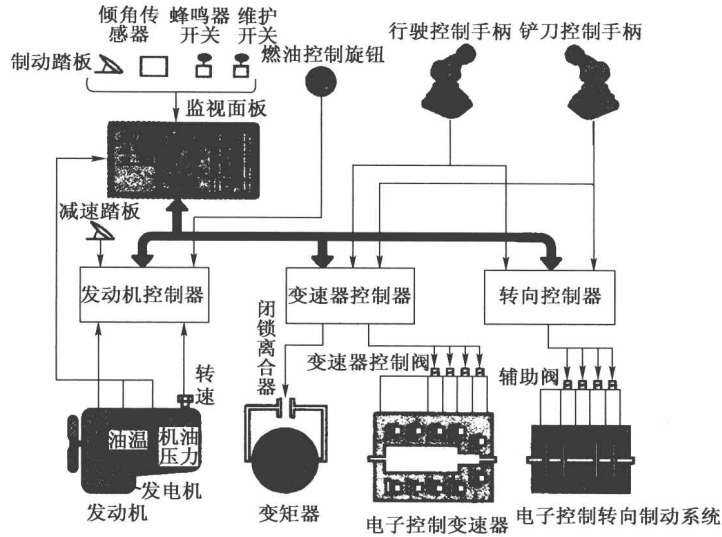


图 1.1-15 小松推土机动力传动控制系统

(3)推土作业自动找平

目前应用在推土机上的自动找平控制方式有两种:GPS 三维高程控制和激光控制。GPS 三维高程控制已经在前面讲过。

激光控制机械自动找平系统(图 1.1-16)是一种专门用于对施工作业面进行高精度平整的光机电液一体化自动控制设备,是专门与相关施工机械配套并提高其自动化水平的重要手段,是当今世界上最先进的整平作业技术之一。世界著名的卡特彼勒公司和小松公司在其中小马力推土机上都应用了激光控制自动找平系统。卡特彼勒将其命名为“Accu Grade”(精确找平),包括“GPS Grade Control System”(GPS 找平控制系统)和“Laser Grade Control System”(激光找平控制系统),其中激光找平控制系统在 D5G 以下推土机上已经作为标准配置。

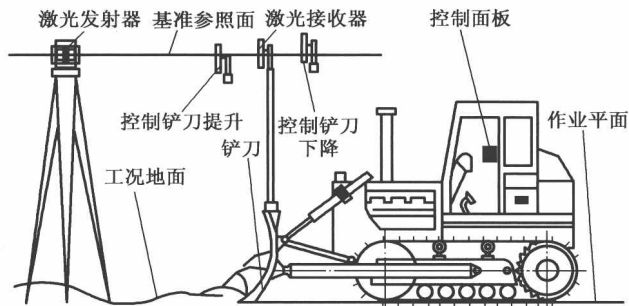


图 1.1-16 推土机激光控制机械自动找平系统

推土机安装激光控制机械自动找平系统主要是将激光信号转化为电信号,根据电信号的变化控制电磁比例液压换向阀,最终控制铲刀提升液压缸实现平整作业。系统包括:激光发射器、激光接收器、驾

驶室内控制器。

#### (4) 计算机控制状态监测和故障诊断

卡特彼勒推土机上的微机监控系统具有能同时监控发动机燃油液面高度、冷却水温、变矩器油温和液压油温等多种功能。该监控系统还具有故障诊断能力,并可向驾驶员提供三级报警。

卡特彼勒开发的电子技师故障诊断系统为设备的维修保养提供了可靠的技术手段,机载式诊断功能将停机时间减少到最少,最大限度提升机器性能。机载计算机可根据各种传感器的检测信号,结合专家知识库对机器的运行状态进行评估,预测可能出现的故障,在出现故障时发出故障信息或指导驾驶员查找和排除故障。

卡特彼勒已将状态监测和故障诊断系统命名为关键信息管理系统(Vital Information Management System, VIMS)。

#### (5) 网络化与机群控制

通过GPS和无线电通信技术CDMA、GPRS、GSM等使机载电子控制系统与地面机站实现网络化,并通过基站控制,使工程机械机群作业统一管理。

#### 6) 新材料、新工艺

履带推土机的材料按质量计算约98%是钢铁,因此研究冶炼新品种钢材和改进热处理工艺,对于提高零部件的寿命和降低成本有很重要的意义。目前推土机选材的明显趋势是:除了一些重要的零部件采用高强度合金钢外,其他零部件从昂贵的合金钢转移到廉价的合金元素含量极少的合金钢及普通碳钢。例如从镍铬钼钢或铬钼钢转移到低锰钢、硼钢或碳钢。选材的这种变化,主要是由于热处理技术的发展,疲劳及脆性断裂等基础理论在材料技术上应用,以及材料制造、加工工艺、质量管理等方面的改进。它用廉价金属材料经过新的热处理方法,使其达到或超过昂贵合金材料的物理力学性能。例如柴油机的曲轴,以前大多用铬钼钢,现在大部分是含碳量0.40%~0.53%的碳钢进行高频淬火。

推土机的行走机构及工作装置的工作条件十分恶劣,其零部件要求耐磨性和冲击韧性较高、疲劳强度和低温韧性良好的钢,就其材质而言,大多是淬火、低温回火的中碳马氏体钢。

推土机的刀片,以前是采用锰钢进行火焰淬火或高频表面淬火,使其具有表面硬、芯部软的性能。但是这样还往往因强度不足易产生裂纹。现在采用淬透性好的低合金钢或硼钢,进行水淬,使芯部为全淬透的马氏体组织,这样使得刀片强度提高65%,并且耐磨性大大提高。

推土机齿轮的热处理,几乎都是渗碳或感应淬火,只有一部分承载较小的齿轮为调质处理。

对于承载较大的轴类,大多已采用碳钢、低锰钢和硼钢进行快速水淬,使其产生较大的表面残余压应力。它和油淬的合金钢轴相比,硬度提高,疲劳强度显著增加。

在挡油环材料上,已由合金铸铁改为锰青铜合金,寿命可达8000h。

粉末冶金技术得到了广泛应用。目前利用粉末冶金在湿式离合器摩擦片上烧结成衬垫,在履带支重轮滑轮轴承上作为双金属衬瓦。但最近为了保养方便,对无脂润滑的轴承材料研究和应用予以特别重视。例如已有用聚四氟乙烯复合材料作为高载荷轴承。

目前对塑料及其他非金属材料的应用也日益增多,并取得良好效果。例如尼龙轴承、塑料密封垫等。

推土机的零部件多采用焊接件,这是因为焊接件有许多优点,如设计的自由性、材料的可靠性、质量减轻、装卸容易等。目前焊接设备及工艺得到不断发展,例如国外已采用高效率的二氧化碳气体保护自动电弧焊、熔嘴电渣焊、摩擦焊接等新工艺,以提高焊缝质量,改善焊接工作环境,降低材料费用,提高焊接效率。

### 1.1.2 分类、特点和适用范围

推土机可按用途、施工现场、发动机功率、行走装置及传动方式等方面分类。

#### 1.1.2.1 按用途和施工现场分

(1) 标准型:这种机型一般按标准进行生产,应用范围较广。