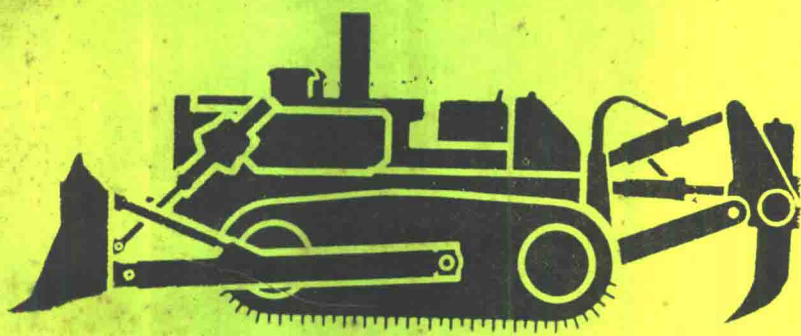


履带推土机 结构与 设计

潘文农 主编 杨红旗 南新旭 审



机械工业出版社

履带推土机结构与设计

诸文农 主编

杨红旗 南新旭 审



机械工业出版社

履带推土机结构与设计

诸文农 主编

杨红旗 南新旭 审

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $20^{3/4}$ · 字数 509 千字

1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数 0,001—1,250 · 定价 4.90 元

*

统一书号: 15033 · 6414

前 言

近些年来我国引进了不少由日本小松公司和美国卡脱匹勒公司生产的大、中型履带推土机。这些推土机结构新颖、工作可靠，在发动机、底盘和工作装置等各方面，均采用了当代的一些最新技术成果。但是，由于国内这方面的资料尚缺乏系统介绍，因此使用部门对其结构原理还不熟悉，使用维修过程中经常遇到困难，而设计部门对其技术设计特点也不完全了解。为了更好地吸收这方面的国外先进技术，提高我国对推土机产品的设计水平，特编写了这一本技术和教学参考书。

全书共分十一章，结合国内外大、中型履带推土机的结构，分别从工作原理、性能与设计方法作了分析介绍。本书主要供科研、工厂和使用部门的技术人员以及有关大专院校的高班学生阅读参考。

本书由吉林工业大学诸文农教授主编，许纯新、马永辉、南基信副教授协编。由机械工业部重型矿山机械总局杨红旗高级工程师和华北水利水电学院北京研究生部南新旭副教授主审。

本书编写工作，得到了有关兄弟院校、工厂和研究所的一些科技人员的协助；宋玉中同志为本书的编写做了不少具体工作。作者在此一并致谢。

由于我们水平有限，编写时间仓促，书中定会存在缺点与错误，望读者批评指正。

作者
一九八五年

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 柴油机基础知识	18
-------------------	----

§ 1-1 柴油机的特性	18
--------------------	----

§ 1-2 国产 I 号系列喷油泵的调速器	24
-----------------------------	----

§ 1-3 液压机机械式调速器	26
-----------------------	----

§ 1-4 寇明斯柴油机的 PT 燃油系	28
----------------------------	----

§ 1-5 柴油机的废气涡轮增压	40
------------------------	----

第二章 液力变矩器	44
-----------------	----

§ 2-1 概述	44
----------------	----

§ 2-2 液力变矩器的结构和工作原理	45
---------------------------	----

§ 2-3 液力变矩器的特性	52
----------------------	----

§ 2-4 液力变矩器的类型	57
----------------------	----

§ 2-5 液力变矩器与柴油机的共同工作特性	59
------------------------------	----

§ 2-6 液力变矩器与发动机共同工作的匹配	64
------------------------------	----

§ 2-7 液力变矩器有效直径 D 的确定	66
-------------------------------	----

§ 2-8 液力变矩器的补偿压力与冷却	71
---------------------------	----

§ 2-9 液力机械变矩器	73
---------------------	----

第三章 行驶理论与牵引动力性能	76
-----------------------	----

§ 3-1 履带行走机构的运动学	76
------------------------	----

§ 3-2 履带行走机构的动力学	77
------------------------	----

§ 3-3 履带推土机的附着性能	81
------------------------	----

§ 3-4 履带推土机的功率平衡	83
------------------------	----

§ 3-5 履带推土机的牵引性能	86
------------------------	----

§ 3-6 履带推土机的动力性能	92
------------------------	----

第四章 总体设计	97
----------------	----

§ 4-1 任务与要求	97
-------------------	----

§ 4-2 总体参数的选择	97
---------------------	----

§ 4-3 推土机的重心位置和稳定性	111
--------------------------	-----

§ 4-4 推土铲在主机上的布置和运动学分析	114
------------------------------	-----

§ 4-5 驾驶室布置	117
-------------------	-----

§ 4-6 性能匹配	119
------------------	-----

第五章 推土机工作装置	123
-------------------	-----

§ 5-1 推土作业装置	123
--------------------	-----

§ 5-2 松土器	139
-----------------	-----

第六章 工作装置液压系统	152
--------------------	-----

§ 6-1 概述	152
----------------	-----

§ 6-2 典型系统的分析	152
---------------------	-----

§ 6-3 液压系统设计	161
--------------------	-----

第七章 湿式主离合器	174
------------------	-----

§ 7-1 主离合器的功用和要求	174
------------------------	-----

§ 7-2 离合器的结构和工作原理	174
-------------------------	-----

§ 7-3 湿式主离合器主要参数的确定	178
---------------------------	-----

§ 7-4 离合器接合过程中的滑磨功和热负荷	180
------------------------------	-----

§ 7-5 杠杆压紧机构	186
--------------------	-----

§ 7-6 湿式主离合器的摩擦副设计	189
--------------------------	-----

§ 7-7 液压助力机构	191
--------------------	-----

第八章 变速箱	194
---------------	-----

§ 8-1 变速箱的结构类型与特点	195
-------------------------	-----

§ 8-2 变速箱的传动比	210
---------------------	-----

§ 8-3 变速箱的中心距与模数	215
------------------------	-----

§ 8-4 变速箱的配齿	217
--------------------	-----

§ 8-5 行星传动的动力学分析	222
------------------------	-----

§ 8-6 行星变速箱的设计示例	231
------------------------	-----

§ 8-7 变速箱零件的寿命计算	234
------------------------	-----

第九章 换档离合器与制动器	237
---------------------	-----

§ 9-1 离合器的扭矩容量	237
----------------------	-----

§ 9-2 离合器的热负荷能容计算	239
-------------------------	-----

§ 9-3 换档离合器旋转油缸的离心油压与活塞行程	241
---------------------------------	-----

§ 9-4 快速排油阀设计	242
---------------------	-----

§ 9-5 旋转油缸的密封选择	246
-----------------------	-----

§ 9-6 换档操纵液压系统的调压控制	247
---------------------------	-----

§ 9-7 D150A、D155A 推土机换档操纵液压系统	253
-------------------------------------	-----

§ 9-8 动力换档变速箱的冷却与润滑	261
---------------------------	-----

第十章 后桥	265
--------------	-----

§ 10-1 概述	265
-----------------	-----

§ 10-2 转向离合器的工作原理	266
-------------------------	-----

§ 10-3 转向离合器的液压操纵系统	266	§ 11-2 悬架元件的计算	307
§ 10-4 带式制动器及其液压助力系	277	§ 11-3 橡胶弹簧设计	310
§ 10-5 最终传动	280	§ 11-4 推土机的振动	312
§ 10-6 转向理论	284	§ 11-5 行走装置的主要尺寸	314
§ 10-7 中央传动与最终传动设计	290	§ 11-6 驱动轮和啮合形式	315
§ 10-8 转向离合器设计	295	§ 11-7 履带	318
§ 10-9 制动器设计	296	§ 11-8 引导轮和张紧装置	320
第十一章 履带行走系统	302	§ 11-9 支重轮与托轮	322
§ 11-1 悬架	302	主要参考文献	325

绪 论

一、推土机的用途与分类

推土机是工程机械的一个主要机种，在城市建筑、公路铁路施工、水利水电建设、露天采矿和国防施工等各种工程中，用来做推移积土、开渠、填土、清理场地等各种作业。大中型履带推土机还可用来顶推铲运机、做助铲工作，配备松土器后，可进行破土作业。

推土机按其底盘形式，分为轮胎式和履带式两类。履带式推土机由于具有较好的附着性能，能发挥较大牵引力，因此在国内外，其产品的品种与数量都远远超过轮胎式推土机。

履带式推土机按其推土铲在主机上的可调性，分为直铲推土机、斜铲推土机和角铲推土机。

(1) 直铲推土机 推土铲垂直于主机的纵轴线，水平面内不能调整角度，垂直面内可使推土铲刀刃的切土角 L 作 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 变更(图1)。直铲只能向前方运土，但在沉重的土石方作业中，其结构强度与刚度较斜铲为好。

(2) 斜铲推土机 推土铲除能按直铲安装外，还能在水平面内调整成适当的角度 J (图1)。斜铲推土时，土壤可沿推土铲斜向移往一侧，因此可进行一边向前推土一边完成填土的作业，如在山腰修路等。

(3) 角铲推土机 推土铲在垂直平面内，两侧可作倾斜安装，使一侧刀刃离地 K (图1)，以便在倾斜地面进行推土作业或开挖沟渠等。

现代大中型履带推土机，通过换装推土铲，可兼具有这三种功能，故又称全能型推土机。

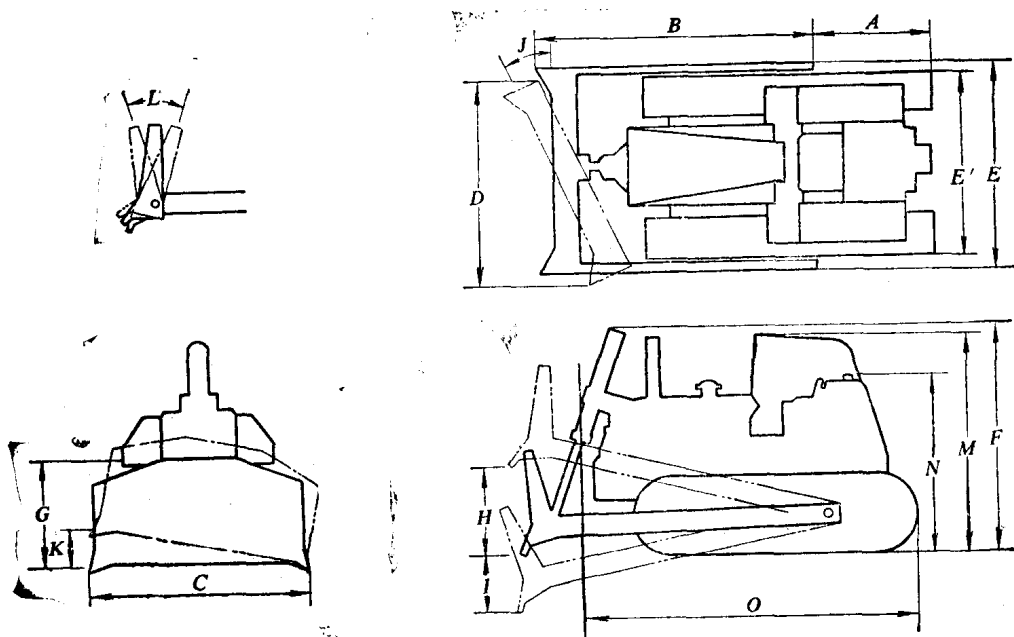


图1 履带推土机的外形尺寸图

表 1 194kW履带推土机外形尺寸 (m)

项 目 符 号	配装角铲	配装直铲	配装U形铲	项 目 符 号	配装角铲	配装直铲	配装U形铲
推土铲铰点至机后尺寸 A	1.651	1.651	1.651	推土铲油缸到挂钩长 O	4.674	4.674	4.674
推土铲铰点至铲端尺寸 B	4.445	4.445	4.775	推土铲长度 C	4.750	3.737	4.039
推土铲放直时宽度 C	4.750	3.737	4.039	推土铲高度 G	1.245	1.372	1.372
推土铲倾斜时宽度 D	4.318	—	—	推土铲最大提升高度 H	1.346	1.346	1.321
推土机带铲宽度 E	3.581	—	—	推土铲最大切入深度 I	0.559	0.508	0.508
推土机主机宽度 E'	2.540	2.540	2.540	推土铲最大倾斜角 J	25°	—	—
推土机到油缸端全高 F	3.039	3.039	3.039	推土铲最大斜置尺寸 K	0.584	0.470	0.508
推土机到翻车保护架高 M	3.099	3.099	3.099	推土铲切土角最大可调度 L	15°	15°	15°
推土机到驾驶室高 N	2.623	2.623	2.623				

履带推土机按其履带的接地比压,分为普通型与湿地型两种。后者实际是前者的变型,装用加宽加长的履带(图2)或专门设计的三角形履带板(图3),使接地比压降到 $4 \times 10^4 \text{Pa}$ 以下,以适应潮湿地带使用。三角形履带板具有自动清除履带上夹杂泥土的作用,因此适用于粘土和多杂草的地方。

履带推土机按其传动系结构形式的不同,分为机械式、液力机械式和液压式三种。目前中型履带推土机,大多兼有机械传动与液力机械传动两种型号。大型履带推土机则都采用液力机械传动。液压传动推土机只在外国某些厂家的中小型履带推土机上采用,目前还处于发展阶段。

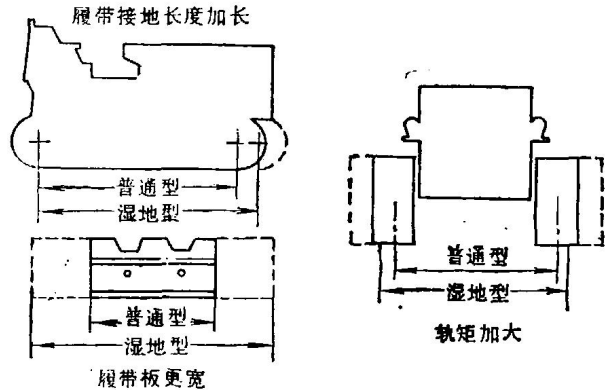


图 2 履带推土机的基型与湿地变型

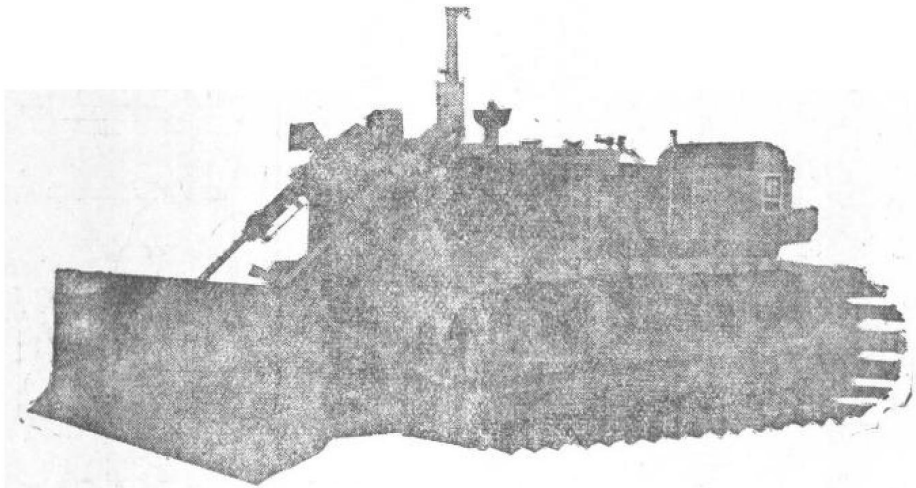


图 3 三角形履带板的推土机

二、履带推土机的大型化发展

履带推土机最早出现在二十年代,是在农用履带拖拉机上安装推土铲的方式实现的,并用钢丝绳操纵推土铲。现代履带推土机,推土铲都已采用液压操纵(图4),推土机各个部件的结构与性能也日趋完善,形成了独立于农用拖拉机的产品系列。为了改善司机操作的舒适性与安全性,一些大公司生产的履带推土机,还备有供用户选购的带翻车保护架的驾驶室。

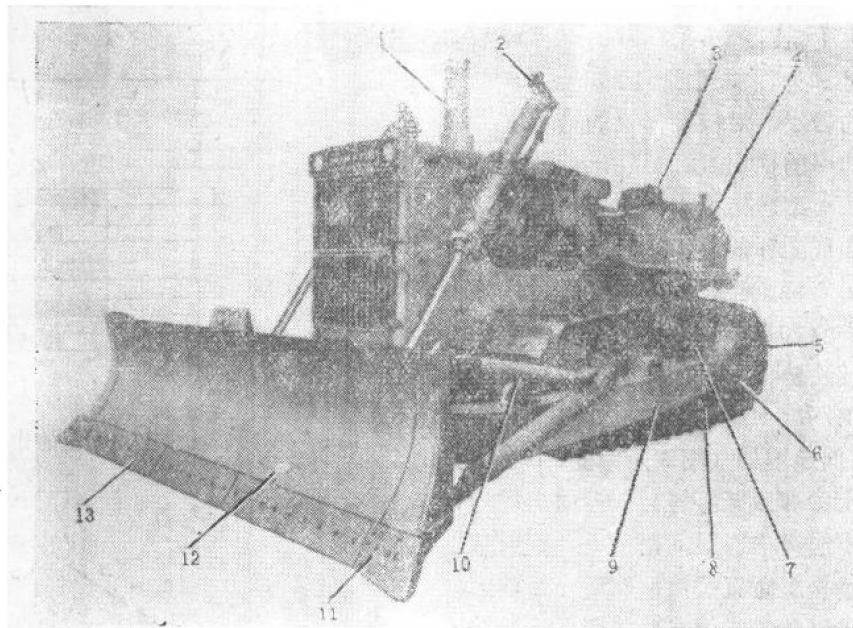


图4 小松D150A履带推土机

1—排气管 2—推土铲升降油缸 3—驾驶座 4—燃油箱 5—履带 6—支重轮架 7—托轮 8—支重轮 9—顶推架 10—撑臂 11—端刃 12—刀板 13—切削刃

六十年代以后,履带推土机开始向大型化发展。促使履带推土机大型化,主要是由于下列一些需要:

(1) 对轮式铲运机进行助铲。六十年代大型轮式工程机械的研制急速发展,其中尤以轮式铲运机最为突出。六十年代初,美国卡脱匹勒公司生产的以内燃机为动力的651型铲运机,最大功率已达411kW,而其后出现的一些电动铲运机,最大功率达到了735kW以上。这样高功率的铲运机,单依靠自身的牵引附着性能,是不能充分发挥铲掘力的,特别是在上坡和松软土壤上作业时。因此迫切需要履带推土机的助铲。而六十年代初期,最大功率的推土机,是美国卡脱匹勒公司生产的D9G型履带推土机,功率为283

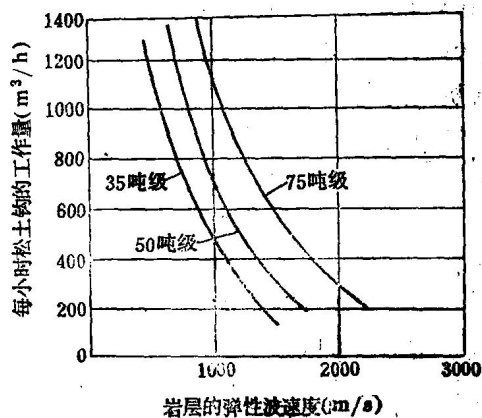


图5 不同等级推土机的松土生产率

kW, 远不能满足对大型铲运机助铲的需要, 因而导致产生以两个 D9G 型推土机相串联, 专供助铲用的 566kW 的 DD9G 型机种。

(2) 利用履带推土机做松土工作。用履带推土机带松土器做破碎岩层的松土工作, 由于不需要穿孔与爆破, 在经济性与安全性上有极大好处, 特别是由于没有爆破, 因而避免了公害, 因此日益受到欢迎。但是中小型履带推土机的松土能力是很有限的, 通常 294kW 的中型履带推土机, 如小松 D355A 和卡脱匹勒 D9H, 只能处理弹性波速度为 2000 m/s 左右的中等硬度的岩层, 对较硬岩层的松土, 必须仰赖于更大功率的推土机。另外, 即使对同样硬度的岩层, 大型履带推土机比中型的更具有高的生产率和低的作业成本 (图 5、图 6)。

(3) 提高推土作业的生产能力。推土机标准推土铲的容量 V 是与发动机功率成正比增加的, 而反映铲掘能力的参数单位推土铲宽度的铲掘力 W/B (t/m), 则近似以功率的 $2/3$ 次方成比例地增加 (图 7)。因此, 中小型推土机只能以土砂和砂砾等容易铲掘的土质为作业对象, 而不能铲推岩层。相反, 大型履带推土机可以不经松土而直接铲推软岩。目前大型履带推土机采用角铲, 能够直接铲推弹性波速度为 1000 m/s 左右的软岩。

履带推土机的大型化, 首先是产生新的机型, 如日本小松公司先后生产的 D355A 和 D455A 履带推土机 (功率分别为 301kW 和 455.7 kW) 和美国卡脱匹勒公司 1977 年生产的 522 kW 的 D10 履带推土机 (图 8); 其次则是提高原有机型的发动机功率, 以卡脱匹勒 D9G 型推土机为例, 在 1955 年其功率为 210kW, 采用机械传动, 而到 1974 年发展到 D9H 型时, 功率已达 301kW, 并采用液力机械传动。

履带推土机在实现大型化的过程中, 为了实现相邻机型零部件的通用化和保持原有生产工艺, 均按相似原则设计。例如, 当发动机功率提高后, 对主离合器、转向离合器等由摩擦元件构成的部件, 提高其扭矩容量的方法主要是增加摩擦片的片数。对齿轮传动的部件, 满足其强度与刚度的方法主要是增大模数、加大轴颈、改变传动比等。但是, 当发动机功率增大到一定程度后, 推土机越是大型化, 按相似原则设计就越困难。这是因为履带推土机的设计, 在重量与发动机功率之间, 保持有一定的比例关系, 即整机单位重量的发动机功率应为 0.735 kW/N 左右, 而材料许用的应力 σ 与挠度 δ , 却分别只能以重量的 $1/3$ 次方和 $2/3$

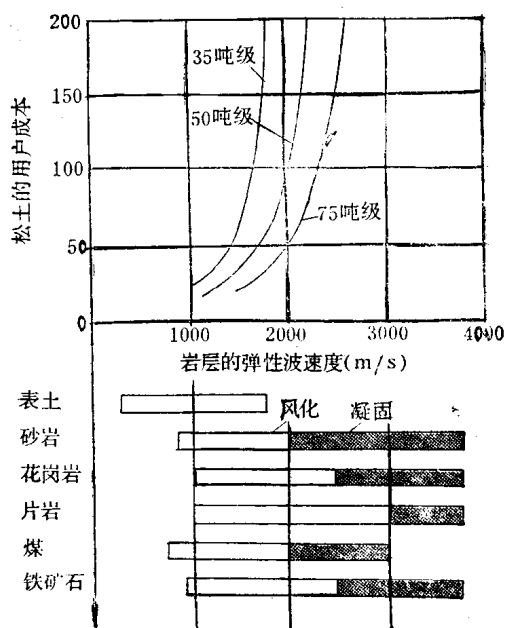


图 6 不同等级推土机松土的作业成本

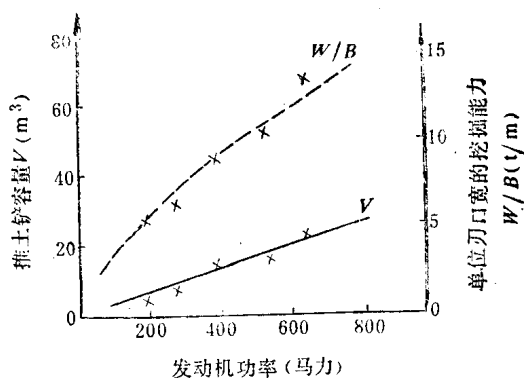


图 7 不同功率推土机的推土能力

次方的比例增大,所以履带推土机的大型化,首先会产生强度与刚度不足的问题。另外,系统的热平衡、油压的提高、操纵力的增大等也都会给设计与制造带来一系列困难。因此,大型履带推土机的设计,必须采用现代新的科学技术和探索新的设计方案。其中包括采用新的总体设计、新的部件结构和新的设计计算方法如优化设计和有限元强度计算,以及新材料、新工艺和现代测试技术等。在这方面比较成功的是美国卡脱匹勒D10履带推土机的设计,它突破了传统的履带推土机总体布置方法,采用了一系列新的设计构思。其特点表现为:(1)采用三角形布置的履带行走系统,使驱动链轮脱离支重轮架而布置在转向离合器的同一轴线上,以消除地面传来的冲击载荷;(2)

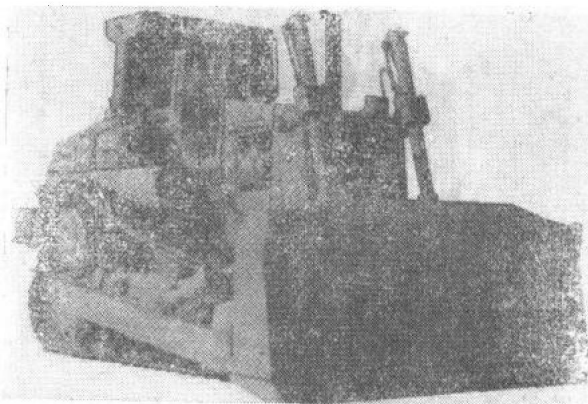


图8 卡脱匹勒D10履带推土机

采用平衡式弹性悬架,以缓和在崎岖不平的岩石场地作业时行走系受到的冲击;(3)取消了推土铲的斜撑杆,改为用随动杆连接推土铲与机体,从而缩短了推土铲与主机之间的距离,改进了整机性能和司机的视野。由于D10推土机的设计比较成功,因而卡脱匹勒公司从1980年开始,已先后生产与D10结构形式相同的D8L(246kW)和D9L(338kW)履带推土机来代替原有的D8K(220kW)和D9H(301kW)两个型号。

三、推土机的附属设备

推土机的附属设备分为前方附属设备和后方附属设备,前者包括推土铲、钉齿耙等,后者包括松土器、铰盘和挖掘装置等。

1. 推土铲

大中型履带推土机通常配备有多种推土铲。图9是用于卡脱匹勒履带推土机上的四种推土铲:

(1) S型直式推土铲(图9,a)。是专为连续进行重切削作业而设计的,其框架和连接部分都比较坚固,适用于做短程或中距离的推土作业。推土铲的板壁呈曲面形状,推土时可使土壤滚翻升起,从而减少推土阻力。

(2) A型可调角度推土铲(图9,b)。是供斜铲作业用的,可以摆直或向左右呈 25° 角安装。推土铲的板壁比直式铲有更大的曲面弯度,以便使用单边推土时,使土壤更易翻滚和升起。

(3) U形通用式推土铲(图9,c)。适宜作长距离和大量推土工作。两边的斜壁用来夹持土料,中部板壁则让土壤翻滚和升起。

(4) C型缓冲式推土铲(图9,d)。用于对铲运机做助铲和填土工作。推土铲正面焊有加强板,背面有橡胶弹性件,在作业中可吸收冲击负荷。

2. 钉齿耙

钉齿耙(图10)装有8~10个经过热处理的坚硬钉齿,可用来做拔树根、除草、除石和翻松

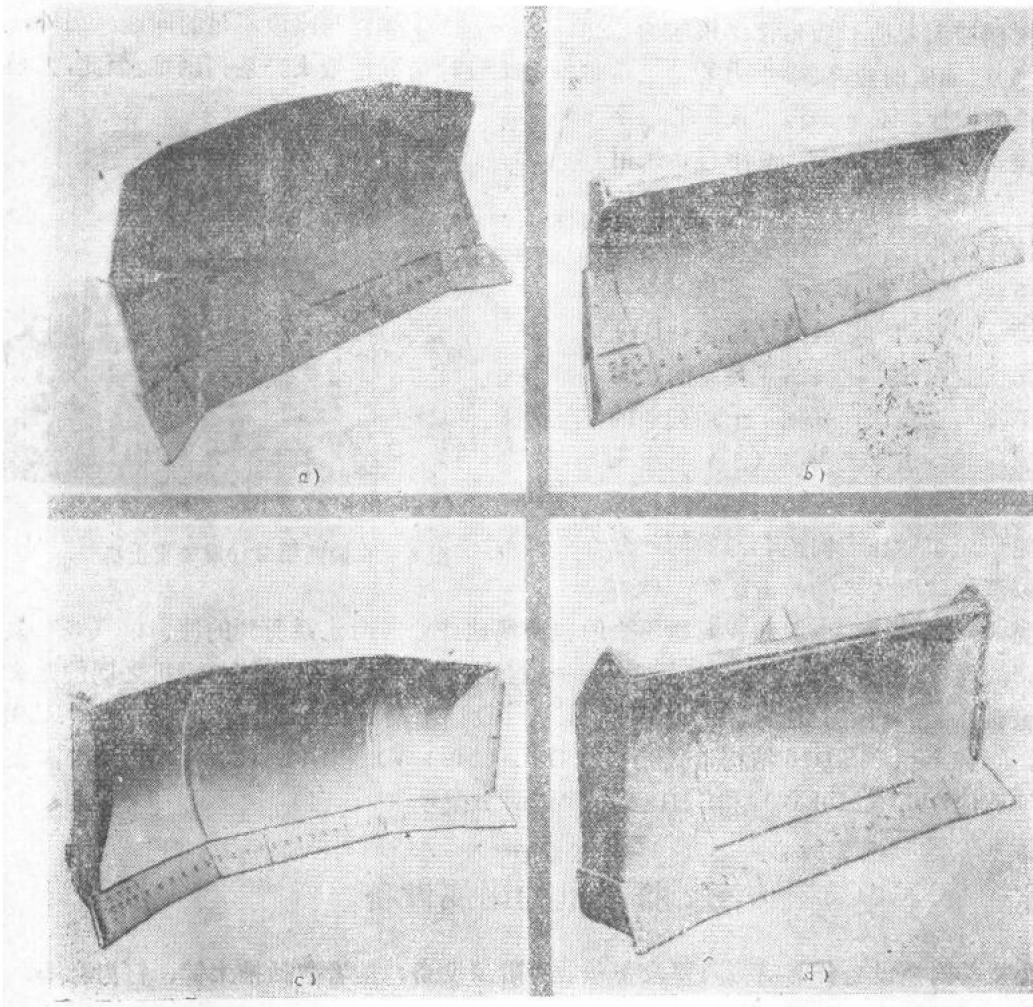


图9 各型推土铲

a) S型直式铲 b) A型可调角度铲 c) U型通用铲 d) C型缓冲铲

硬土等工作。钉齿与齿座的连接有的还做成可拆式的,可以调换不同长度的钉齿以改变掘削深度。钉齿耙一般用来拔40~50cm以下的小树。对于大树的树根,通常用铰盘来拖曳拔除。

3. 松土器

松土器用来进行破土工作。图11为单柱松土器,用于破裂坚硬的岩层如花岗岩和难于破碎的路面等。图12为多柱松土器,用于破裂硬土层、粘土和油页岩等软岩。松土器悬挂在推土机的后部,用油缸升降和变更铲尖的凿土角。松土器的铲尖是可以更换的,通常备有短型、中型和长型三种铲尖。短型铲尖主要用于坚硬岩层的



图10 钉齿耙

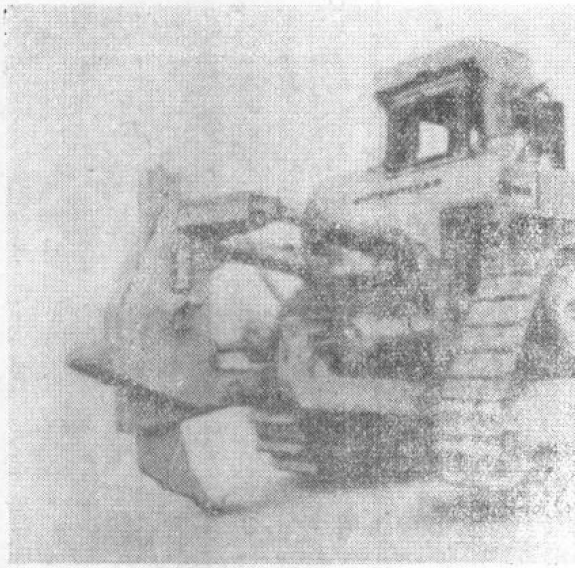


图11 单柱松土器

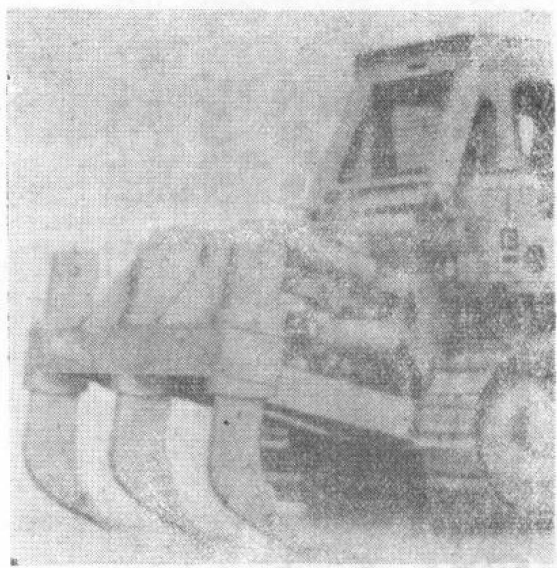


图12 多柱松土器

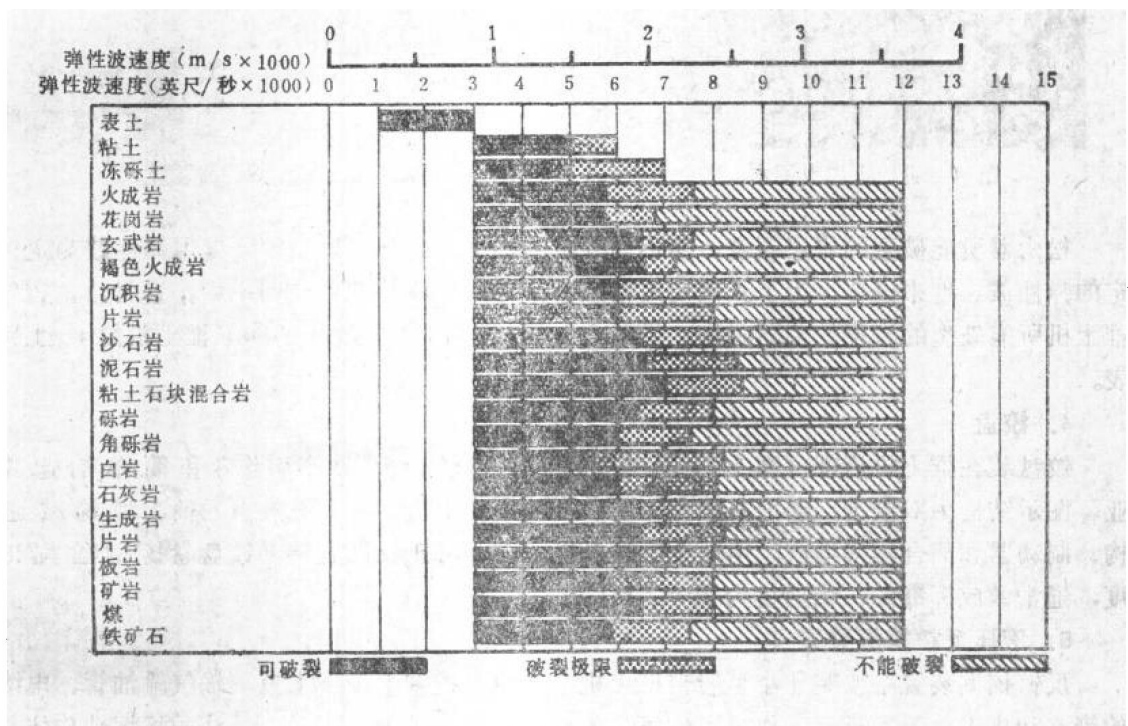


图13 卡特匹勒 D8K 推土机松土判断表

破土，可防止在过大的掘土力下断裂。中型铲尖主要用于一般硬度土壤的破土工作，由于铲尖长，可以获得较大的破土效率。长型铲尖主要用于松软而易磨损铲尖的土质的破土工作，在这一使用条件下，铲尖的折断不是主要矛盾，而铲尖的磨损往往是报废的主要原因。

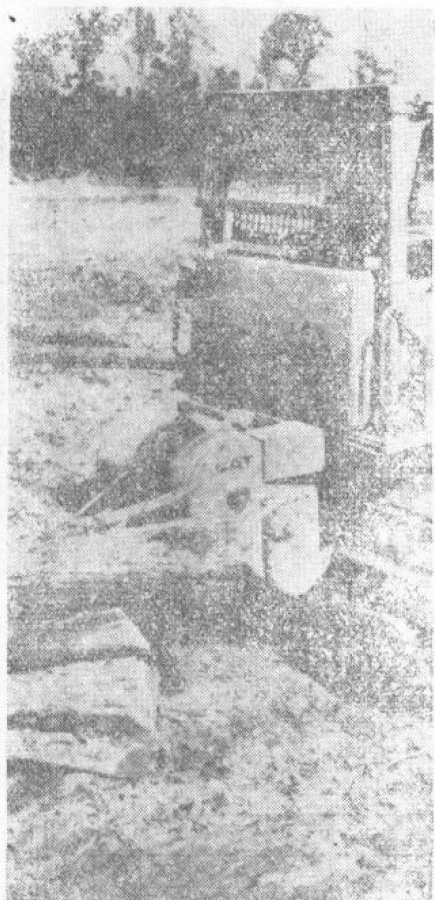


图14 用绞盘拖曳圆木

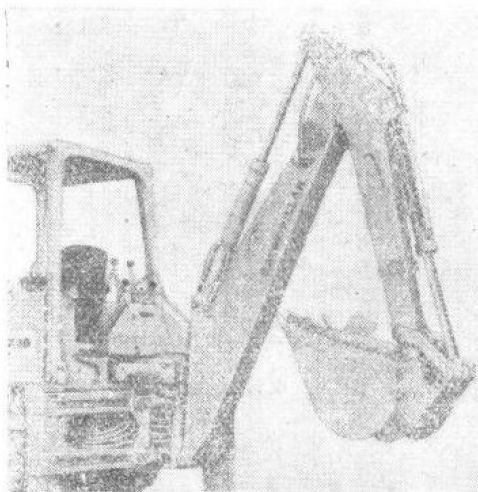


图15 液压反铲挖掘装置

松土器所能破裂的岩层硬度，随不同等级的推土机而异。岩层的硬度用弹性波测定仪测定的弹性波速度来区分。为了正确使用松土器，在推土机的使用说明书中，通常给出该等级推土机所能破裂的岩层的判断表格，供用户查阅。图 13 为卡脱匹勒D8K推土机的松土判断表。

4. 绞盘

绞盘装在推土机后部（图 14），用来进行拖曳圆木、铺管、牵引作业和简单的起重作业。图示结构为双绞盘，动力从推土机的功率输出轴引出。绞盘一般由卷筒、齿轮减速机构、制动器和离合器等组成，用单个手柄操纵，卷筒可正反向旋转。绞盘卷扬钢丝绳的速度，通常做成标准的，线速度为 30 m/s 左右。

5. 液压反铲挖掘装置

反铲挖掘装置主要装在小履带推土机上，用来挖掘上、下水道，输气输油管、电缆等的管路和排水沟等。反铲工作时用液压支腿支撑，推土机固定不动。铲斗的挖掘动作依靠液压油缸的伸缩实现。挖沟至一定深度后，再开动推土机前进。

四、推土机的驾驶室

驾驶室是司机的工作室，直接关系到司机的健康和生产率的提高。国外为了提高产品的

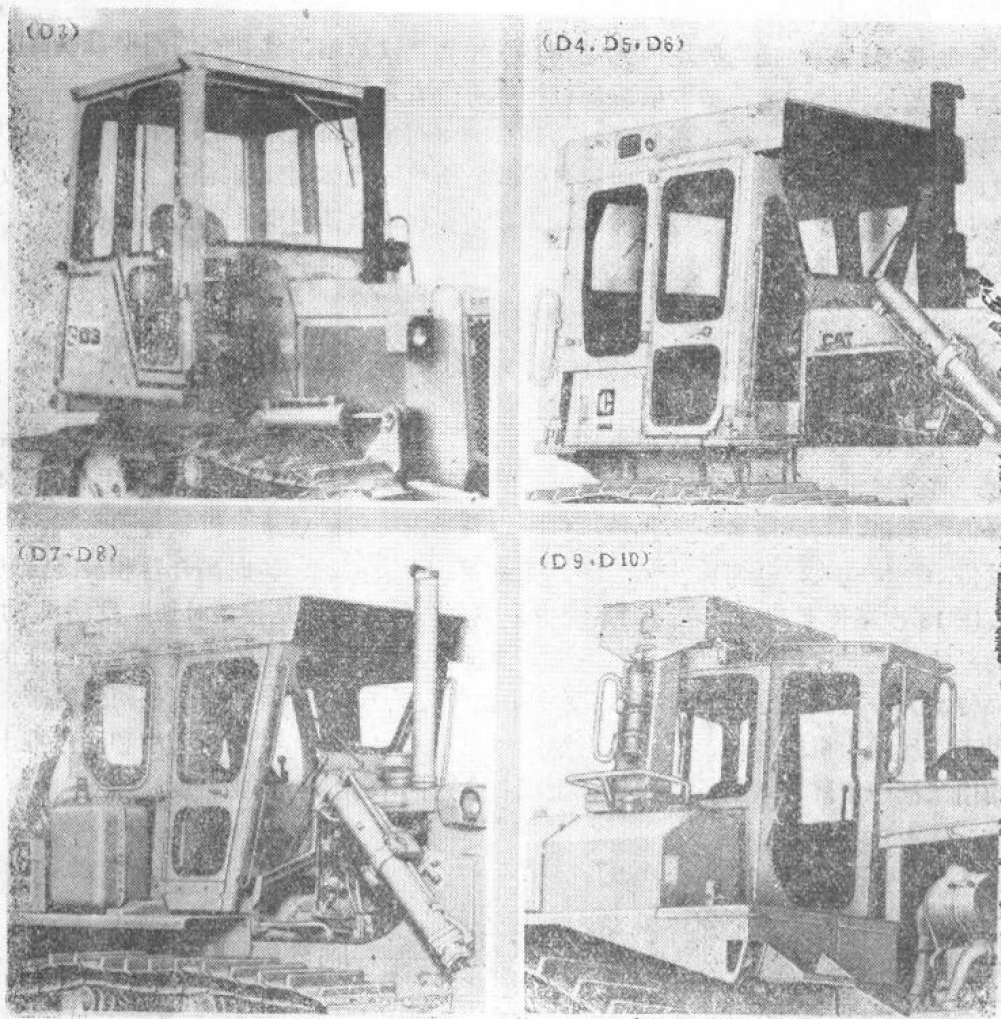


图16 卡脱匹勒公司的四种驾驶室

竞争能力，对驾驶室的设计给予足够的重视。现代驾驶室都具有防暑、防寒、防尘、防风雨和保障司机安全的功能，并注意做到使司机工作舒适、视野良好。

图16为卡脱匹勒公司各型履带推土机采用的四种驾驶室。它分为套装式和半套装式两类结构。它们都具有隔音和全封闭性能，均有翻车保护架（ROPS）。套装式驾驶室是完全独立的一个密封部件，检修发动机时，可用油缸把它整体向后掀开（图16中D7, D8驾驶室属这类结构）。半套装式驾驶室是零部件组装后用螺栓固定在推土机的操纵平台上，驾驶室在四角垫以橡胶衬垫，因此可减轻噪音和振动。

这两类驾驶室的顶板都铺有塑料隔音垫，以取得良好的隔音效果。为了改善司机的操作舒适性，驾驶座为可调节的软垫，并设有扶手与安全带。全封闭的驾驶室内设有风扇或空

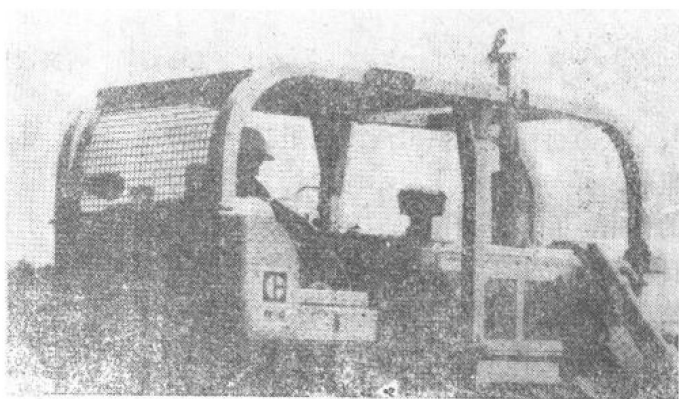


图17 整机装有安全保护架的推土机

气调节器、加热器，以保证驾驶室内无尘和不受外界气候影响。驾驶室的四壁都镶嵌大面积的钢化玻璃，前后挡风玻璃都带有雨刷，以保证司机有良好的视野。

翻车保护架是用来防止推土机倾翻时砸碎驾驶室而危及司机生命的一个框架。它用无缝钢管焊成，具有较大的强度与刚度，前后分别与推土机的机体刚性固定。

当推土机在山区伐木和做集材工作时，为了防止树木倒落时砸伤司机与设备，整个推土机上固装有安全保护架（图 17）。

五、履带推土机传动系的结构型式和布置

传动系用来将发动机的动力传给履带行走部分，以使推土机具有足够的牵引力和合适的工作速度。履带推土机的传动系，除少数厂家的产品，如美国约翰·迪尔公司生产的 147kW 以下的履带推土机，为液压传动形式外，多数均采用机械传动或液力机械传动形式。

机械传动型传动系，通常由主离合器、变速箱、中央传动、转向离合器和最终传动等组成，并按图 18 次序传递动力。在传动系统中，主离合器的功用是换挡时切断发动机动力，并对传动系的过载起保护作用。变速箱用来变换排档，以获取合适的作业速度和保证倒退行驶。中央传动为一对圆锥伞齿轮，用来改变传动轴的旋转方向，并将动力传往两侧履带。转向离合器用来实现推土机的转向，其上装有制动器，用来控制转向半径的大小和制停推土机。最终传动用来进一步降速增扭，以保证推土机有合适的牵引力与作业速度。

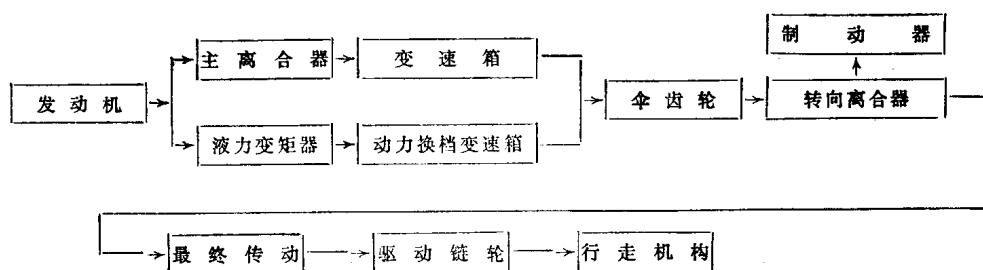


图18 传动系动力传递次序框图

液力机械传动系由液力变矩器、动力换挡变速箱、中央传动、转向离合器和最终传动等组成。其与机械传动系不同之处为，液力变矩器利用液力传递扭矩，因此有缓和传动系冲击的作用，并能避免推土机超载熄火。另外，可在一个排档内实现车速由零到最高速间的无级自动变速。由于液力变矩器不能切断动力，所以采用动力换挡变速箱，实现在不切断动力的情况下用液压控制的制动器或离合器进行换挡。

图 19、图 20 分别为上述两种传动系的传动简图。其档位和传力次序如表 2、表 3 所示。

在履带推土机上，动力与传动系各部件通常是按图 21 的方式布置的，即发动机安装在推土机的前方，传动系各部件依次向后排列。

如前所述，卡脱匹勒 D10、D9L、D8L 型推土机，突破了传统的布置形式，它的各个总成与部件的布置如图 22 所示。由图可见，发动机的动力传到变矩器后，改用传动轴传到布

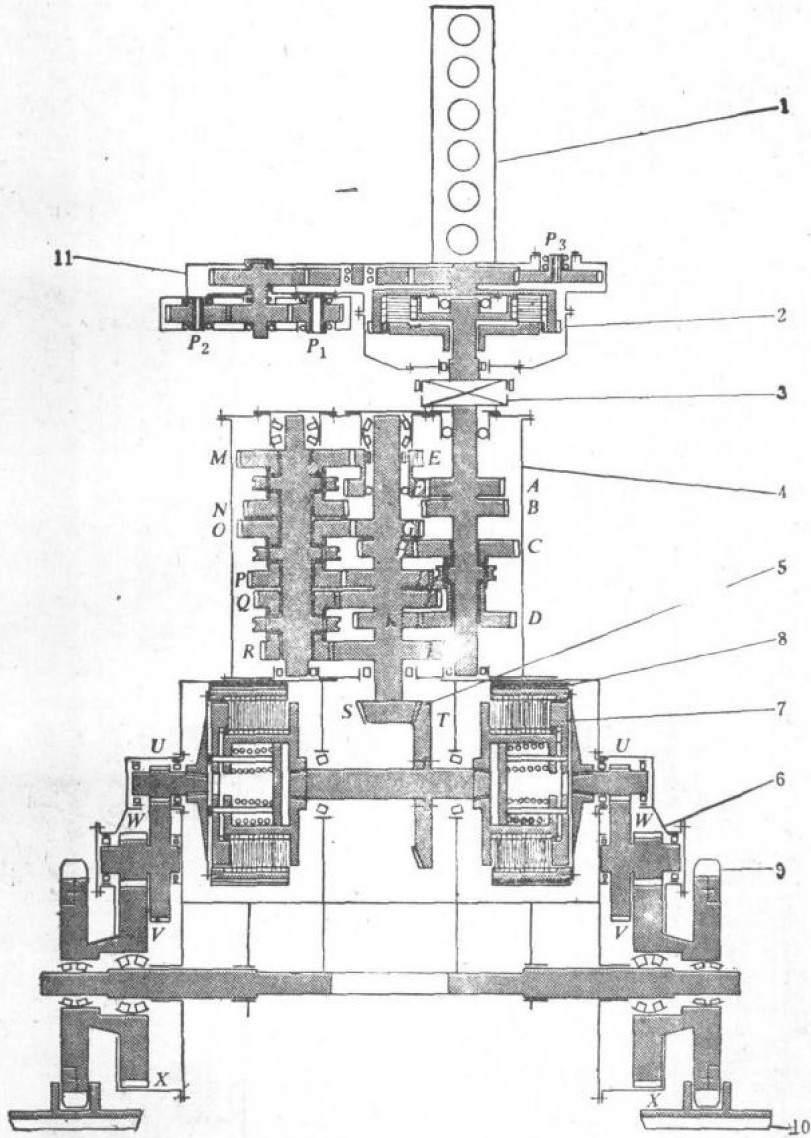


图19 小松D150A推土机的机械传动系

1—发动机 2—主离合器 3—万向节 4—变速箱 5—中央传动 6—最终传动 7—转向离合器 8—制动器
9—驱动链轮 10—履带 11—动力输出箱 P_1 —工作装置油泵 P_2 —主离合器油泵 P_3 —转向离合器油泵

表2 小松D150A推土机的档位与传力路线

前进/倒退	档位	传 力 路 线		
		变 速 箱	中 央 传 动	最 终 传 动
前 进	I	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow M \rightarrow R \rightarrow L$	$S \rightarrow T$	$U \rightarrow V \rightarrow W \rightarrow X$
	II	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow M \rightarrow Q \rightarrow J$		
	III	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow M \rightarrow P \rightarrow I$		
	IV	$A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow M \rightarrow O \rightarrow G$		
	V	$D \rightarrow K$		
	VI	$C \rightarrow H$		
倒 退	I	$B \rightarrow N \rightarrow R \rightarrow L$	$S \rightarrow T$	$U \rightarrow V \rightarrow W \rightarrow X$
	II	$B \rightarrow N \rightarrow Q \rightarrow J$		
	III	$B \rightarrow N \rightarrow P \rightarrow I$		
	IV	$B \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow G$		