

## 绪 论

随着社会的发展 交通运输在国民经济中的地位越来越重要 而公路运输则是运输中的主要形式之一 它机动、灵活、直达 在陆地上运输货物不需要周转 可直接将货物由起点送达目的地)方便用户和迅速快捷 运输过程所需设备少 运输手续简便 运输过程中可能发生的差错及损耗少。载重量大、行车密度大、车速高是现在及以后公路交通的发展方向,因此对公路路基与路面的密实度,路面的形状、平整度等质量要求也越来越高,而公路的高速发展及等级的提高是离不开机械化施工的,筑路机械制造业正是在此基础上迅速发展壮大起来的。

筑路机械也称公路工程机械 有些书将其称为建筑与筑路机械 其中相当一部分为通用机械。它包括 铲土—运输机械、挖掘—装载机械、起重与运输机械、石料开采与加工机械、路基与路面压实机械、稳定土路面机械、黑色路面机械、水泥混凝土路面机械、桥隧工程机械等等。

本书主要介绍筑路机械中的一些特殊底盘 传动、转向、制动、悬架等 的构造及工作原理,工作装置及操纵机构的结构及工作原理,筑路机械的型号编制方法,筑路机械的分类、工作过程、应用范围 所能搜集到的新结构介绍、发展方向等。

筑路机械的优越性体现在以下几方面 效率高、人的劳动强度小 劳动力的需求量少 在作业条件恶劣的环境 高原、高寒、高温、沙漠、沼泽、有毒害气体 下尤其如此 工期短 工程质量高 工作时间可以较长等等。

发展概况 解放后筑路机械从无到有 从少数品种到多品种 从简单到复杂 动力由早期采用蒸汽机到后来发展为内燃机;传动由机械传动发展为液力机械传动、液压传动;操纵由机械操纵或钢索滑轮操纵发展到气压操纵、液压操纵、电磁操纵、复合操纵等 操作人员的劳动强度大为改善 机械的功率、尺寸、机重大幅度提高 机械的外观 驾驶室的密封、视野 驾驶员的舒适性、安全性得到较好的改善。其发展方向如下:

(1)两极发展 为满足大工程与小工程的需要 某些筑路机械逐步向大型化与小型化方向发展。

(2)一机多用:一台机械可以根据施工对象的不同而方便快捷地更换不同的工作装置,以便从事不同的作业而降低工程造价。

(3)广泛采用新技术,提高自动化程度:目前电子和激光技术在铲土—运输机械上的应用还仅仅是开始阶段,但在这方面的研究和发展却很快。今后自动控制、无人驾驶和远距离遥控都将在某些特殊的筑路机械上得到应用,尤其是在危险、有害气体区域、高温场合及水下作业的机械,这类新技术的应用将会减轻驾驶员的劳动强度和改善工作环境,使有些特殊场合的工程得以顺利完成。

(4)提高可靠性和耐久性:筑路机械作业条件恶劣、超载、冲击和偏载等情况都经常发生,作业场地大多远离维修车间,零件的更换与维修比较困难,因此要求零件和产品在使用中耐久、可靠 这样同时能提高生产率 保证驾驶员的安全。

(5)改善操纵性能及提高舒适性 安全、无公害 驾驶室全封闭、视野好、二次减振。电子监控系统 (EMS) 以显示功能变化、故障及部位。防倾翻保护机构 (ROPS) 落物保护机构。各操纵机构则采用液压、液压助力、气动、电磁控制且操纵杆布置更加合理 使操纵更加轻便、顺手 更注重节能和排气净化等。

# 第一篇 铲土—运输机械

铲土—运输机械就是在土方工程或其它工程施工中由一台机械能够独立完成铲（装）土、运土、卸土的施工机械，该过程可以连续进行，也可以周期循环进行，该类机械可以是自行式、拖式、半拖式的，其行驶装置可以是轮胎式或履带式的。

铲土—运输机械是施工机械中用途最广泛的一大类机械，它主要包括推土机、平地机、铲运机。它们可以用来铲（装）短距离运送或长距离运输、平整、推挖土方、石方、装载各类散装物料、牵引等作业。

## 第一章 推 土 机

### 第一节 概 述

#### 一、推土机的类型、应用及工作过程

##### 1. 推土机及应用

它是由基础车、工作装置（推土装置与松土装置）、操纵系统三大部分组成。

推土机主要用于短距离推运土方，在建筑、筑路、铁路、采矿、水利、农田、林业和国防建设等土石方工程中被广泛应用。它是筑路机械中最基本，用途最广泛的一类机械。在公路施工中，通常用推土机完成路基基底的处理，路侧取土横向填筑不大于 1m 的路堤，沿公路中心移挖作填完成路基挖填工程，傍山取土侧移修筑半堤半堑的路基，在稳定土拌和场合和沥青混凝土搅拌厂（场）还经常用推土机完成松散材料的堆集任务。铲土、运土——一般经济运距对中、小型推土机为 30~100m；大型推土机一般不应超过 150m，它与机型、功率、施工条件等有关。推挖基坑、路堑、筑路堤等。填土——回填基坑。各种管道沟（煤气、下水、电力、通讯缆）平整——小面积场地、农田的平整，其效果与驾驶员的操作水平均密切相关。其它用途——推松土壤、推集松散材料、为铲运机助铲、清除树桩、积雪、作为拖式机械或其它机械的牵引车等。

##### 2. 分类

推土机按不同的方式有不同的分类方法。

(1) 按照基础车和行驶装置分为轮胎式和履带式两种。

轮胎式机动、灵活、转移工地快、不破坏路面、生产率高、消耗金属量少，但附着性差、接地比压大又不利于作业，因此该类机械较少。而履带式则附着力大、接地比压小、重心低、通过性好、爬坡能力强、恶劣环境下履带比轮胎耐磨、耐扎等组成。

(2) 按操纵方式分为机械操纵和液压操纵。

机械式操纵系统是通过钢丝绳、滑轮和动力绞盘来控制铲刀升降的，由于铲刀不能强制入土，故只在早期采用。它具有结构简单、制造容易等优点。液压操纵轻便灵活，铲刀的升降均

靠液压作用 能强制切入土壤且有浮动状态 作业效率高、效果好 因而得到广泛应用。

(3)按推土装置的构造可分为固定直铲式与回转万能或斜铲式。

固定式是铲刀与推土机行驶方向(推土机纵轴线)垂直。焊接固定式:铲刀刀身与推梁焊为一体。铰接固定式:刀身背面与推梁间铰接,它又有斜撑长度可变与不可变两种。它们在动作上的区别是铲土角不可调,可调,铲土角与侧倾角可调。这样可以适应不同地面硬度的作业。回转式是铲刀与推土机纵轴线可以不垂直的推土机。推土铲刀可以根据工作需要在水平面内回转(回转角) $\pm 25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 在垂直面内左右倾斜(侧倾角) $8^{\circ} \sim 12^{\circ}$ (推土机铲刀各角如图 1-1-1 所示)这种推土机的适应性好 在修傍山公路时特别优越。

(4)其它分类方法:按发动机功率分为大、中、小型。按用途分为工业用与农业用。按施工现场性质有地面式、水下式、两栖式。按传动方式有机械传动、液力机械传动、液压传动、电传动等。按接地比压有高接地比压、中接地比压、低接地比压三种。

### 3.推土机的工作过程

对于不同的推土机其工作过程不同。

直铲式推土机是周期作业的,其过程(图 1-1-2)是铲土、运土、卸土、回驶(一般倒回)。铲土过程:调好铲土角,低速档行进中缓慢放铲刀使切入土壤适当深度前进直到铲刀前堆满土为止。运土过程:铲刀前堆满土后行进中将铲刀提升到地面,视运距长度确定是否换档土角继续行驶到卸土点为止。卸土过程:视需要卸土于一堆或稍提铲刀继续行驶将土铺于地上。返回过程:挂倒档返回铲土起点。如此周而复始的进行。

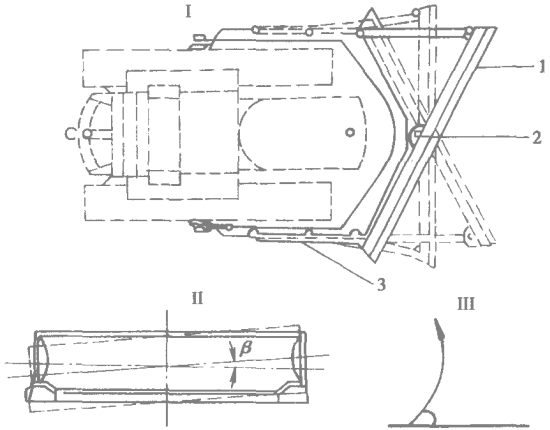


图 1-1-1 回转式铲刀各角

1.铲刀;2.球铰;3.推架;I.铲刀平斜;II.铲刀侧倾;III.改变铲

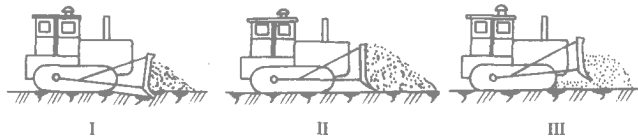


图 1-1-2 推土机的工作过程

I.铲土;II.运土;III.卸土

回转式推土机的工作过程 当作为直铲使用时同上。当斜铲作业时 其铲土、运土、卸土连续进行。当侧铲作业时 前置端稍低 其过程同斜铲。

## 二、推土机总体构造

基础车一般是履带式拖拉机或特制的轮胎底盘基础车。

工作装置包括推土装置和松土装置两部分,有的推土机没有松土装置。推土装置一般由推土板、推梁、推架、撑杆等组成。松土装置由松土齿耙、连杆机构、执行油缸等组成。

操纵机构包括发动机,行走、转向、制动及工作装置的操纵等。前四项已在发动机与底盘构造书中叙述,现所指的操纵机构就是指工作装置的操纵。机械操纵的推土装置其操纵路线及组成如下 动力绞盘→钢索滑轮→二联定动滑轮组→铲刀。液压操纵的铲刀是液压泵→液

压阀(安全阀、换向阀、单向阀等)→双作用液压缸→散热器→油箱及管路、滤清器、油压表、油温表等。松土器操纵系统同上。

### 三、推土机的型号编制(JB1603—75)

推土机的型号编制如表 1-1-1 所示。

表 1

类	组	型	特性	代号及含义	主参数	
					名称	单位
铲土—运输机械	推土机(T)	履带式	Y(液压) S(湿地)	机械操纵的履带式推土机(T) 液压操纵的履带式推土机(TY) 湿地推土机(TS)	发 动 机 功 率	马  力
		轮胎式(L)		液压操纵的轮胎式推土机(TL)		

## 第二节 工作装置的结构与工作原理

### 一、推土装置的结构与工作原理

任何形式的推土机其推土装置都由推架和铲刀两大部分组成。但因形式不同其具体结构也有所差异。

#### 1. 固定直铲式推土装置

固定式推土装置有三种形式：一种是焊接固定式，其铲刀与推架焊成“门”字形的整体结构(图 1-1-3)，其铲刀的铲土角不可改变，第二种是铲刀与推架采用圆柱铰的形式组成“门”字形的拼装式结构(图 1-1-4)，其铲刀的铲土角可以改变。其推架则由两根推梁和两根斜撑组成。对于大型推土机由于铲刀较宽所以还有水平斜撑。推拉杆在左右推梁上中部分别有 2~3 个铰接耳座。第三种是带球铰的铰接固定式推土装置，其结构由两根推梁与铲刀背面采用柱铰与台车架也是柱铰斜撑前端与铲刀背面采用球铰与推梁则采用柱铰形式斜撑长度可变也有用双作用油缸代替的)其斜撑由丝杠、螺管及锁母等组成两侧同时伸长或缩短改变铲土角；一侧伸长缩短或两侧反向变化则改变侧倾角大小。第一种结构比较简单推架由两根推梁组成。其它两种结构较复杂。

图 1-1-5 所示为 TY220 型液压操纵直铲式履带推土机的推土装置。顶推梁 4 铰接在履带式底盘的台车架上推土板 1 可绕该铰点提升或下降。推土板、顶推梁、拉臂 6、倾斜油缸 8 和斜撑杆等组成一个刚性构架，整体刚度大，可承受重载作业负荷。提升油缸 7 为铲刀升降机构。

通过同时调节螺旋斜撑杆 9 和倾斜油缸 8 的长度(等量伸长或等量缩短)可以调整推土板的铲土角。

为了扩大直铲推土机的作业范围提高推土机的作业效率现代推土机广泛采用侧铲可调式新结构只要反向调节倾斜油缸或斜撑杆的长度即可在一定范围内改变铲刀的侧倾角，实现侧铲作业。铲刀侧倾前，提升油缸 7 应先将推土板提起。当倾斜油缸收缩时，安装倾斜油

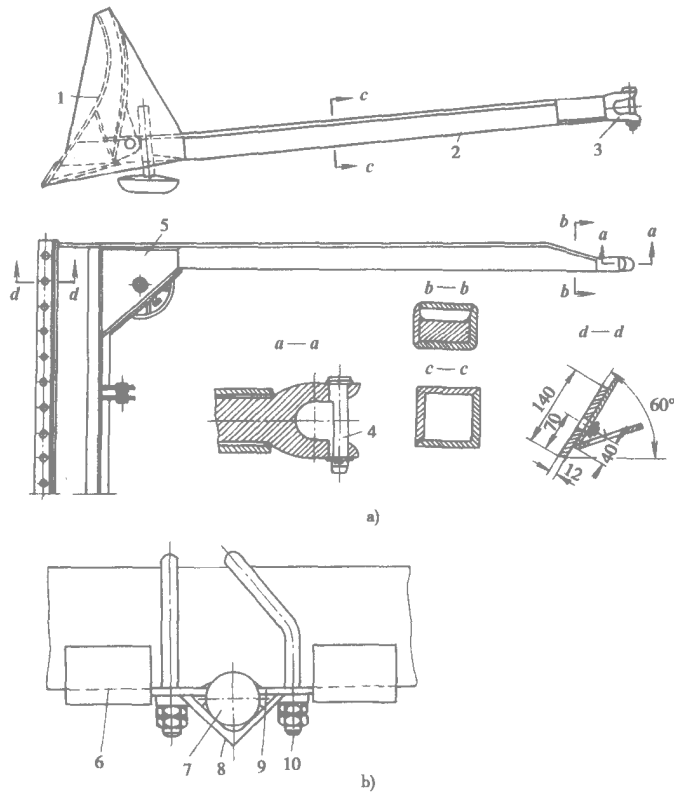


图 1-1-3 焊接成整体的推土装置

1-铲刀;2.推梁;3.叉端;4.销;5.角板;6.支撑板;7.销轴;8.角钢;9.垫板;10-U形螺栓

缸一侧的推土板下降,伸长斜撑杆一端的推土板则上升,反之则下降,从而实现铲刀左右侧倾

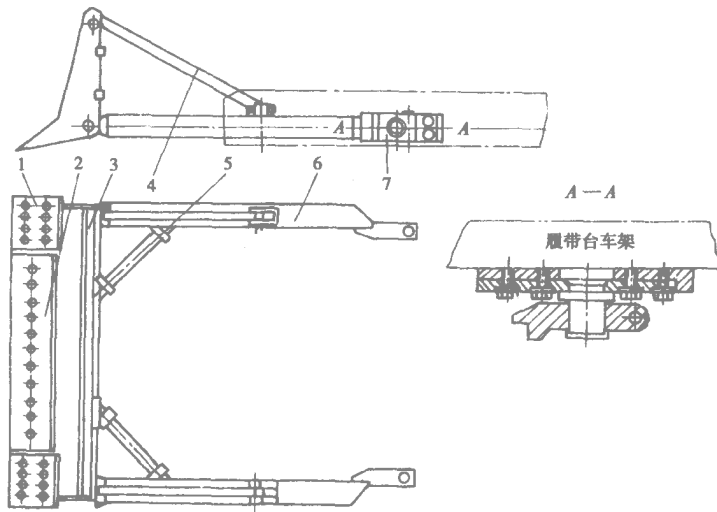


图 1-1-4 铰接固定式推土装置

1.侧刀片;2.中间刀片;3.铲刀;4.斜撑;5.水平斜拉杆;6.推梁;7.支撑轴合件

直铲作业是推土机最常用的作业方法。固定式铲刀较回转式铲刀自重小,使用经济性

好 坚固耐用 承载能力强,一般在小型推土机和承受重载作业的大型履带式推土机上采用。

直铲的铲刀都是由矩形钢板制成。由于直铲主要用于中、短距离的推送工作,所以铲刀的断面制成特殊曲线形状:其上部呈弧线,下部为向后倾斜的平面,下缘与停机面形成一定的铲土角( $60^\circ$ )。具有这种断面形状的铲刀在铲土过程中可使被切的土层沿刀面上升并不断的向前翻滚,这样可降低切土阻力。刀面的前下缘通过螺栓固定有 1~3 块中间刀片和侧刀片,刀片一般用耐磨的高锰钢或其它合金钢制成。上下做成对称的切削刃口,以便磨损后可以换边使用,中间换一次 侧刀片换三次 以延长刀片的使用寿命。有的为增大切入硬土的性能,侧刀片还可制成向外下侧突出的尖角形(图 1-1-6),这种铲刀多用于液压操纵的推土机上,其缺点是侧刀片磨损后不能换边使用。为减少推运过程中土壤的漏失,铲刀两侧焊有较宽的侧挡板。

为增加铲刀的刚度与强度,其背面上部焊有角钢横梁,下部焊有托板和加强肋条,中部焊有动滑轮铰座。对于液压操纵的其背面两侧还有竖向加强梁(板),其上有油缸活塞杆铰座。为了某些特殊用途,如需要长距离的大载荷推送,有些直铲铲刀的两侧还焊有特宽的侧板,使其形成一个 U 形斗的形状。

推梁为箱形断面梁 其后端焊有叉槽或半圆孔 通过销子或另半圆孔与螺栓铰于台车架上。前端与中部视不同的推土机而有所不同。

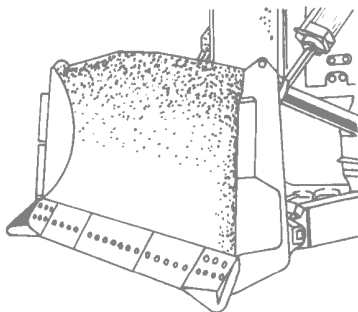


图 1-1-6 液压操纵式直铲铲刀

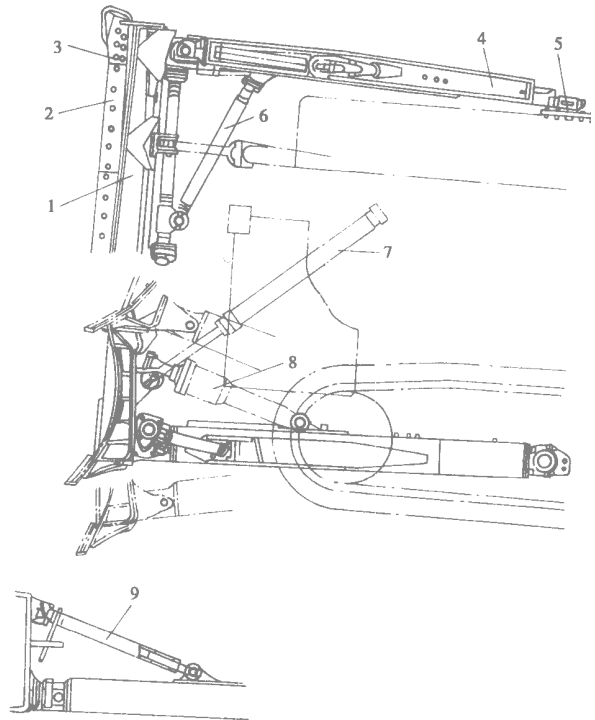


图 1-1-5 TY220 型直铲推土装置

1-土板 ;2-切削刃 ;3-端刃 ;4-顶推梁 ;5-销轴 ;6-拉臂 ;7-铲刀提升油缸 ;8-铲刀倾斜油缸 ;9-斜撑杆

## 2. 回转式推土装置

回转式推土装置由于工作中铲刀的侧倾角和回转角都要发生变化,所以各种回转式推土装置的共同特点是:(1)推架呈弓形结构,可以是整体式结构,对于大型的回转式推土装置也有铰接式的。前端中部与铲刀背面中部采用球铰;左右推梁则分别通过左右支臂与铲刀四角球铰。(2)其铲刀比同样功率的直铲式铲刀宽且低,这是因为推土机必须有自身开道的能力,即处于斜铲时,其横向投影的宽度与直铲的相仿。由于其堆土量一定,所以其高度比直铲的低,无侧挡板或左右侧板与刀身平齐,刀面的曲率半径较直铲的大。

图 1-1-7 与图 1-1-8 所示为 TY180 履带式推土机的推土装置(万能式与黄河工程机械厂的 T220 推土机相似)。该铲刀属闭式铲刀,由矩形钢板制成上弧下直的结构,下端焊有底板并通

过沉头螺栓固定有三块中间刀片和两块侧刀片 背面两侧焊有侧板 同时有上、下加强横梁 中间有一道加强板梁, 背后再由角板 7 焊成一封闭的刚体, 背面四角及中下部有耳座。弓形推架的断面形状为箱形, 前中部有一大孔, 往后两侧有两个铲刀升降油缸活塞杆的铰座(圆柱铰), 在左右直梁上各焊有前、中、后三个支座 刀身后面中部与弓形推架 4 的前端球铰连接 铲刀背面焊有半球凹坑(图 1-1-8) 其端面一圈有螺纹孔 另一半球形凹坑坑底有一大孔 周围有带孔的连接盘 带球头的螺杆穿过半球凹坑底孔与弓形推架前中央孔后由螺母固定于推架前端 铲刀背面的左右下端与下撑杆采用球铰; 铲刀后面的左右上端与上撑杆采用横竖销形成万向铰接 具有两个转动自由度 限制绕自身转动的自由度。

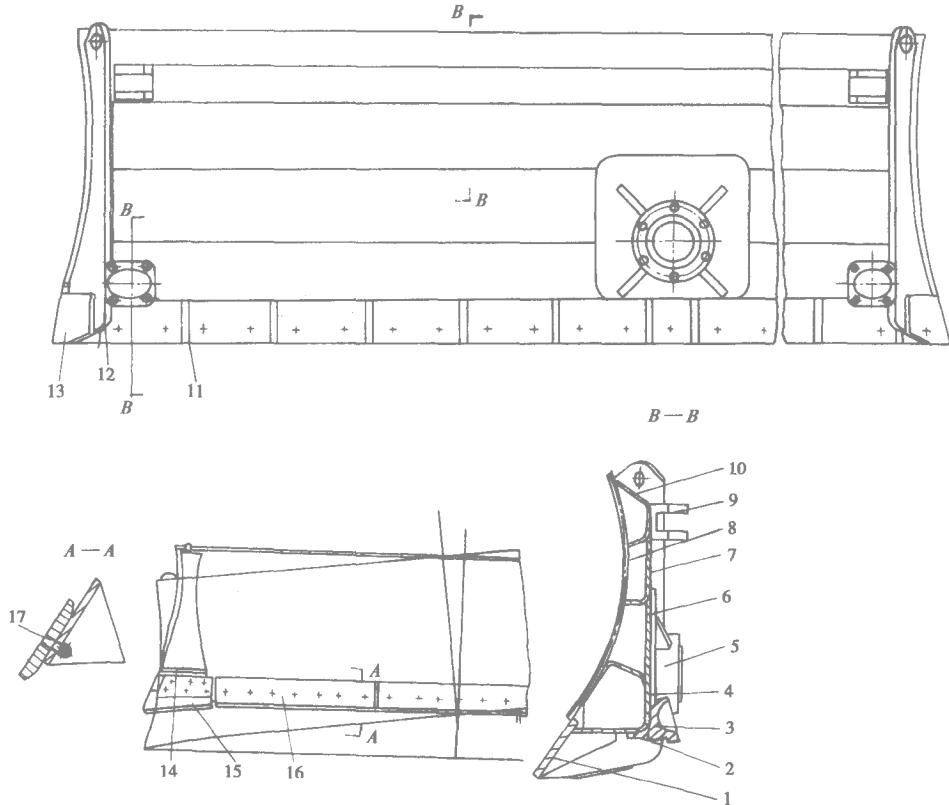


图 1-1-7 TY180 型推土机的铲刀

1-底板; 2-托板; 3-下支座; 4-下横梁; 5-球铰座; 6-横板; 7-角板; 8-弧形板; 9-上支座; 10-上横梁; 11-后筋板; 12-侧板;  
13-前侧板; 14-侧加强板; 15-刀角; 16-刀片; 17-螺栓

左右下撑杆后端通过球销与推梁直线段的铰座铰接, 它由螺杆、锁母、螺管等组成。左右上撑杆下端分别与左右下撑杆采用柱铰, 它由上螺杆、下螺杆、螺管 两端螺纹旋向相反 组成, 螺管两端开口并焊有可夹紧的夹紧箍, 通过螺栓可使夹紧箍实现夹紧。上、下撑杆断面均为圆形。

铲刀各角的调整方法如下:

(1) 斜铲(回转)角的调整: 将两侧的下撑杆后端分别与推梁的前后耳座相铰接, 则铲刀可在水平面内向左或向右转动  $25^\circ$  (即  $\pm 25^\circ$ ) 角。

(2) 侧倾角的调整方法: 一侧上撑杆伸长(缩短)则该侧上升(下降); 一侧上撑杆伸长(缩短)下撑杆缩短(伸长)则该侧上升(下降)的幅度大一些; 一侧上撑杆伸长(缩短)下撑杆缩

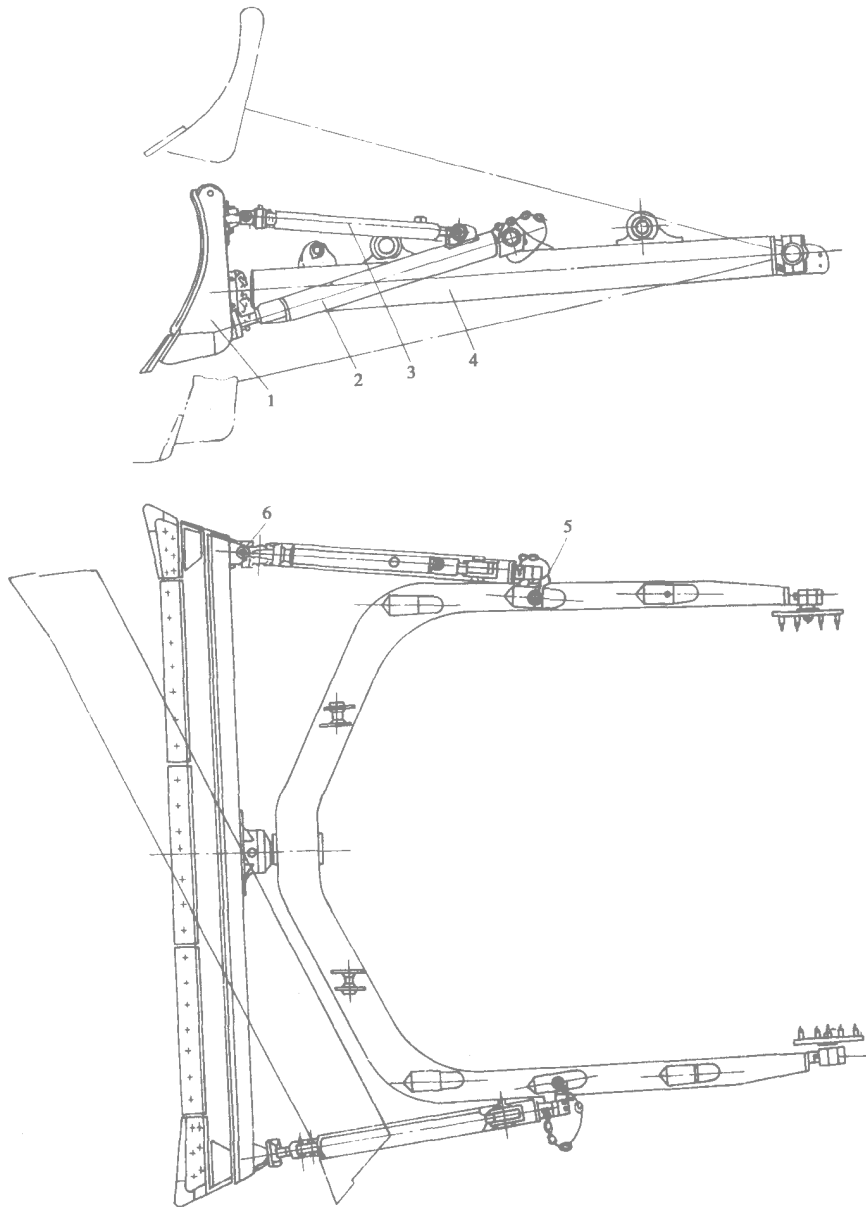


图 1-1-8 TY180 型履带式推土机的推土装置

1. 铲刀 ; 2. 下撑杆 ; 3. 上撑杆 ; 4. 弓形推架 ; 5. 球铰支座 ; 6. 万向节支座

短(伸长),另一侧上撑杆缩短(伸长),下撑杆伸长(缩短)则变化的角度更大。其在垂直面内的倾斜可在  $0 \sim 430\text{mm}$  范围内变化,以便于铲掘硬、冻土壤、铲边沟等作业。

(3) 铲土角的调整 左右两侧上撑杆等量伸长(缩短),左右两侧上撑杆等量伸长(缩短),下撑杆等量缩短(伸长)可使铲土角在  $45^\circ \sim 65^\circ$  范围内变化,以适应铲削不同硬度土壤的需要。

### 3. 推土板的结构与形式

推土板主要由曲面板和可卸式刀片组成。推土板断面的结构有开式、半开式和闭式三种形式(图 1-1-9)。小型推土机采用结构简单的开式推土板;中型推土机大多采用半开式的推土板;大型推土机作业条件恶劣,为保证足够的强度和刚度,采用闭式推土板。闭式推土板为封

闭的箱形结构，其背面和端面均用钢板焊接而成，用以加强推土板的刚度。

推土板的横向结构外形可分为直线形和 U 形两种。铲土、运土和回填的距离较短，可采用直线形推土板。直线形推土板属窄形推土板（宽高比较小，比切力大，即切削刃单位宽度上的顶推力大），位于铲刀前的积土容易从两侧流失，切土和推运距离过长会降低推土机的生产率。

运距稍长的推土作业宜采用 U 形推土板。U 形推土板具有积土、运土容量大的特点。在运土过程中，U 形铲刀中部的土壤上升卷起前翻，两侧的土壤则上卷向铲刀内侧翻滚。有效地减少了土粒或物料的侧漏现象，提高了铲刀的充盈程度，因而可以提高推土机的作业效率。

为了减少积土阻力，有利物料滚动前翻，以防物料在铲刀前散胀堆积，或越过铲刀顶面向后溢漏，通常采用抛物线或渐开线曲面作为推土板的积土面。此类积土表面物料贯人性好，可提高物料的积聚能力和铲刀的容量，降低能量的损耗。因抛物线曲面与圆弧曲面的形状及其积土特性十分相近，且圆弧曲面的制造工艺性好，容易加工，故现代推土板多采用圆弧曲面。除合理选择铲刀积土面的几何形状外，还应考虑物料的卸净性等因素。

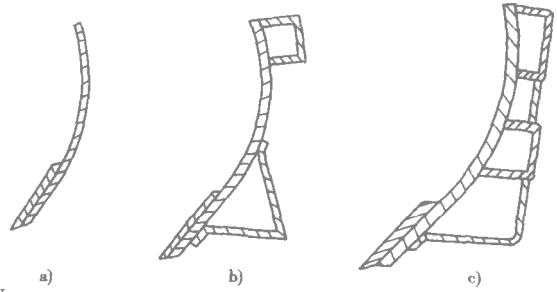


图 1-1-9 推土板断面结构形式  
a) 开式；b) 半开式；c) 闭式

## 二、松土装置的结构与工作原理

松土工作装置是履带式推土机的一种主要附属工作装置，通常配备在大、中型履带式推土机上。

松土装置悬挂在推土机的尾部，可与推土机、铲运机进行配套作业，预松或凿裂坚实土壤和岩层，提高铲运效率。松土装置简称松土器或裂土器，广泛用于硬土、粘土、页岩、粘结砾石的预松作业，也可凿裂层理发达的岩石，开挖露天矿山，用以代替传统的爆破施工方法，提高施工的安全性，降低生产成本。

对难以凿入和松裂的岩石，可采用预爆破的施工工艺，先对岩层实施轻微爆破，然后再行裂土。此法较之完全爆破法安全、节省费用，也有利于环保。预爆破可将岩石分裂成碎块，便于铲运机铲运，同时改善了松土器的初始凿入效果。

松土器的结构可分为铰接式、平行四边形式、可调整平行四边形式和径向可调式四种基本形式。现代松土机多采用平行四边形连杆机构、可调式平行四边形连杆机构和径向可调式连杆机构，其典型结构见图 1-1-10 现代松土器的典型结构。

在图 1-1-10 a)、b) 固定式平行四杆松土器的机构中，当松土器升降油缸伸缩时固定在齿架上的松土齿只作平移运动，齿尖松土角不随松土深度而变化，因而松土阻力可以相对稳定，杆件受力比较均衡，整体结构强度较高。松土时，此种结构的齿尖镶块前面磨损较小，可延长齿尖镶块的使用寿命，但齿尖镶块后面却相对容易磨损，磨损后的切削刃更加锋利，也有利于降低切土阻力。固定式平行四杆机构的松土特性在一般土质条件下具有良好的凿入性能，但不能满足凿裂坚硬岩层所需刀具角度的要求，其使用范围受到一定程度的限制。

在实际使用中，固定式平行四杆机构松土器刀具切削角的不可调性，在一定程度上影响了松土机的切削性能。事实上，不同的土质和不同的地质岩层，其最佳的凿入角和松土切削角也

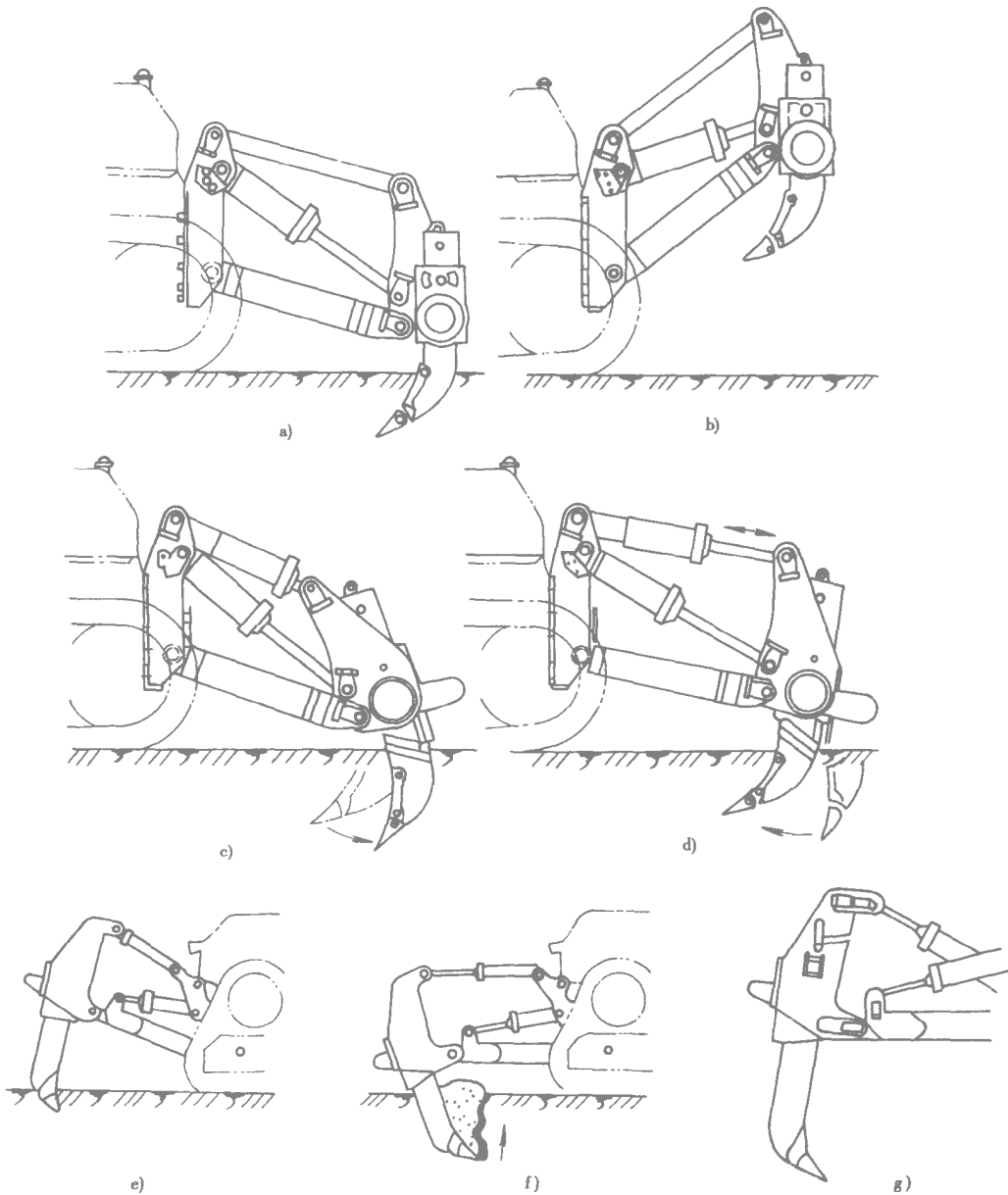


图 1-1-10 现代松土器的典型结构

a)、b) 固定式平行四杆机构松土器；c)、d)、e)、f) 可调式平行四杆机构松土器；g) 径向可调式松土器

不同，作业时应根据不同的作业对象选择不同的齿尖凿入角。即使相同的土质，因其结构和密度的非均匀性，松土阻力也会发生变化，在松土过程中也应适时调整松土角度，用以调整松土阻力，改善松土机的牵引切削性能，提高松土机的生产率。

为了满足现代土建工程施工的要求，提高松土机的作业适应性，提高松土器对坚硬岩层的凿入能力，现代大型松土机已广泛采用先进的可调式平行四杆松土器。

在图 1-1-10c)、d)、e)、f) 可调式平行四杆松土机构中，上拉杆由可伸缩式油缸所代替，调节拉杆油缸的伸缩量，即可实现对松土角的无级调节，这样，驾驶员则可根据地质条件选择最佳的入土角，并根据松土阻力的变化，随时调整松土角度，改善松土作业性能。

可调式平行四杆松土装置已在美国卡特皮勒公司的 D10 等大型推土机上采用,为了提高松土机的凿岩裂土能力,通常采用单齿松土器,用以集中推土机的牵引力,提高单齿的凿裂能力。对于密度较低的粘土,则可采用多齿松土器,用以提高松土生产率。

图 1-1-10g) 为径向可调式松土器,其结构简单,是一种可调式的铰链式松土机构,它兼有铰链式松土器和可调式平行四杆松土器的优点,其松土角调节范围宽,特别适合从直壁陡坡处向外裂土作业。径向可调式松土器可提供最有利的凿入角,并在凿入地面后能及时提供松土推进最佳角度。此种结构的松土器已在卡特皮勒 D8L 推土机上得到应用。

松土装置的基本构造见图 1-1-11。

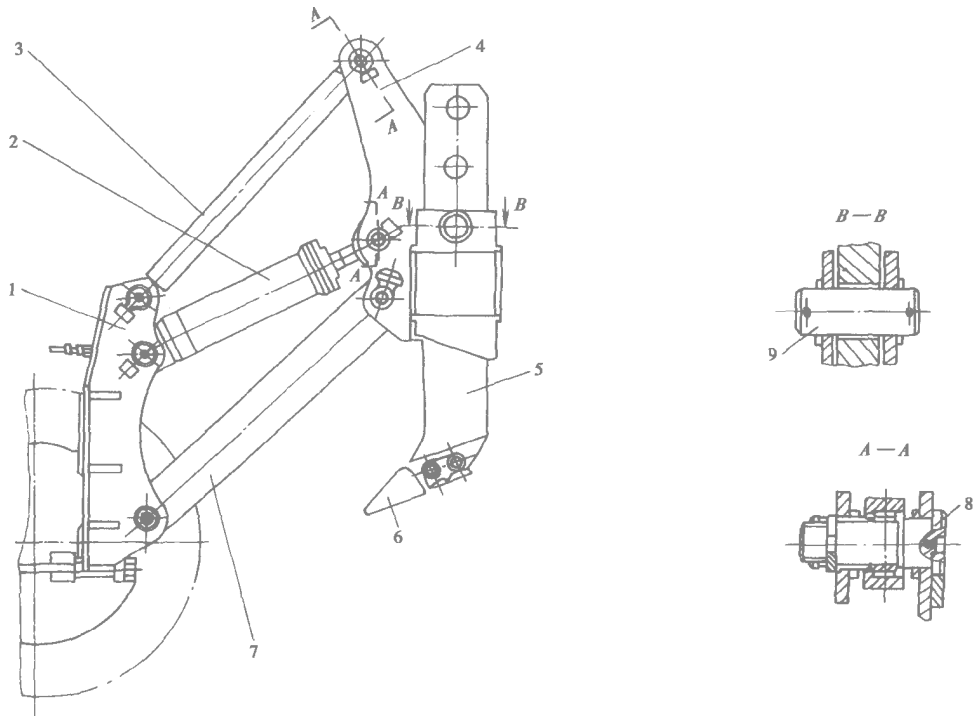


图 1-1-11 松土装置的基本构造

1. 支撑架; 2. 松土器支撑油缸; 3. 上拉杆; 4. 横梁; 5. 齿杆; 6. 齿尖镶块; 7. 下拉杆; 8, 9. 销轴

松土工作装置主要由支撑架 1、上拉杆 3、下拉杆 7、横梁 4、提升油缸及松土齿等组成。整个松土装置悬挂在推土机后桥箱体的支撑架 1 上。松土齿用销轴固定在横梁松土齿架的齿套内。松土齿杆上设有多个销孔,改变齿杆的销孔固定位置,既可改变松土齿杆的工作长度,调节松土器的松土深度。

松土器按齿数可分为单齿松土器和多齿松土器,多齿松土器通常装有 2~5 个松土齿。单齿松土器开挖力大,既可松散硬土、冻土层,也可开挖软石、风化岩和有裂隙的岩层,还可拔除树根,为推土作业扫除障碍。多齿松土器主要用来预松薄层硬土和冻土层,用以提高推土机和铲运机的作业效率。

松土齿由齿杆、护套板、齿尖镶块及固定销组成(图 1-1-12)。齿杆 1 是主要的受力件,承受着巨大的切削载荷。齿杆形状有直形和弯形两种基本结构(图 1-1-13),其中弯形齿杆又有曲齿和折齿之分。直形齿杆在松裂致密分层的土壤时,具有良好的剥离表土的能力,同时具有凿裂块状和板状岩层的效能,因而被卡特皮勒公司的 D8L、D9L 和 D10 型履带式推土机作为专用

齿杆采用；弯形齿杆提高了齿杆的抗弯能力，裂土阻力较小，适合松裂非匀质土壤。采用弯齿杆松土时，块状物料先被齿尖掘起并在齿杆垂直部分通过之前即被凿碎，松裂效果较好，但块状物料易被卡阻在弯曲处。

松土齿护套板 2 用以保护齿杆，防止齿杆剧烈磨损，延长齿杆的使用寿命。

松土齿的齿尖镶块 3 和护套板 2 是直接松土、裂土的零件，工作条件恶劣，容易磨损，使用寿命短，需经常更换。齿尖镶块和护套板应采用高耐磨性材料，在结构上应尽量拆装方便，连接可靠。

现代松土器的齿尖镶块的结构按其长度可分为短型、中型和长型三种；按其对称性可分为凿入式和对称式两种形式。齿尖结构见图 1-1-14。

齿尖镶块的结构不同，其凿人性、凿裂性和抗磨性也不同。销轴 5 弹性固定销，可适应不同土质和岩层的使用要求。松土时，应根据特定的作业条件和地质结构合理选用松土齿。

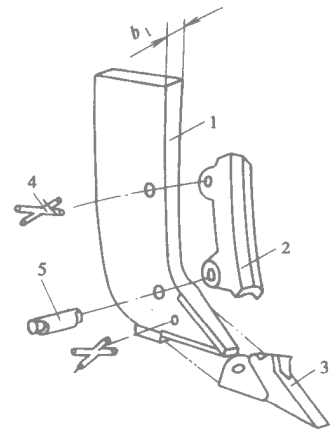


图 1-1-12 松土齿的构造

1-齿杆；2-护套板；3-齿尖镶块；4-刚性

销轴；5-弹性固定销

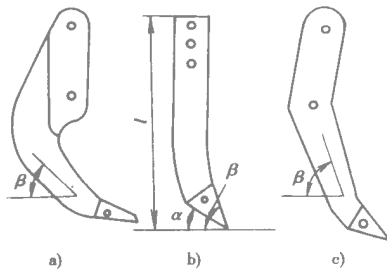


图 1-1-13 齿杆外形结构

a) 曲齿；b) 直齿；c) 折齿

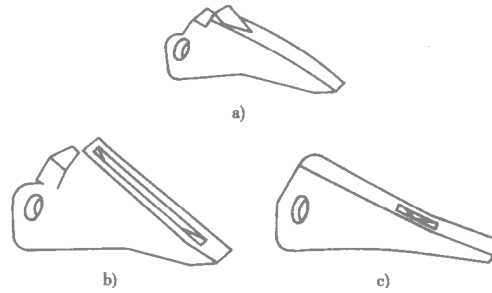


图 1-1-14 齿尖镶块的结构

a) 短型（凿入式）；b) 中型（凿入式）；c) 长型（对称式）

短型齿尖镶块刚度大，耐冲击，适合凿裂冲击负荷比较大的岩石，齿尖不易崩裂。但短型齿尖耐磨性较差，所含耐磨材料成分较低。

中型齿尖镶块具有中等抗冲击能力和较好的耐磨性，适合一般硬土的破碎作业。

长型齿尖镶块具有高耐磨性，但抗冲击能力较低，齿尖容易崩裂。长型齿尖的耐磨材料含量较高，适合耙裂动载荷较小的冻土。

凿入式齿尖由合金钢锻造成型，具有良好的自磨锐性能，特别适合松耙磨损量不大的均匀致密的泥石岩、粒度较小的钙质岩和紧密粘结的砾岩类土质。此类匀质物料不仅凿人性好，而且容易凿裂，土壤对齿尖镶块的磨损也不严重。

对称式齿尖镶块具有高抗磨性，自磨锐性好。由于齿尖镶块的结构具有对称性，故可反复翻边安装使用，延长齿尖使用寿命。

在不容易造成崩齿的情况下，应尽量采用凿入式或长型对称式齿尖镶块，用以提高齿尖镶块的耐磨使用寿命。

卡特皮勒松土器采用的齿尖镶块的结构形式和耐磨材料含量（即耐磨材料的重量占齿尖镶块总重的百分比）见表 1-1-2。

卡特皮勒裂土器的齿尖形式及耐磨材料含量

表 1-1-2

推土机型号	齿尖型号	耐磨材料含量(%)	推土机型号	齿尖型号	耐磨材料含量(%)	
D10	短型对称式	44	D9H	短型凿入式	47	
	中型对称式	50		D8L	长型凿入式	53
	长型对称式	55		D8K	短型对称式	44
D9L	短型凿入式	44	D7、D6、D5	长型对称式	55	
	中型凿入式	50		长型凿入式	56	
	长型凿入式	55				

在开挖粘性土、冻土层和层岩时，可在松土齿尖镶块后部的齿杆上安装加宽器。装有加宽器的松土齿其作业效率可提高 1.5~2.5 倍。

图 1-1-15 为  $\pi 3-171$  型推土机配备的装有加宽器的松土齿。

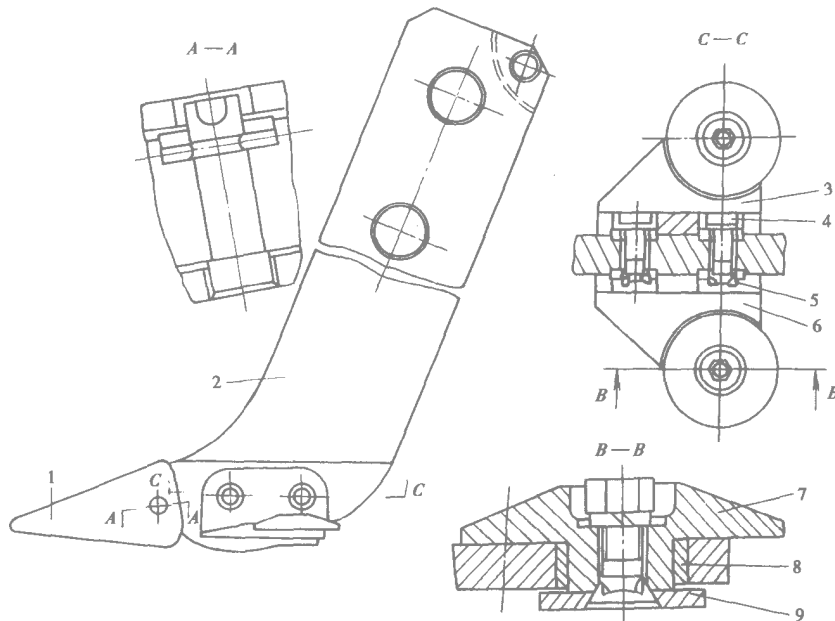


图 1-1-15 装有加宽松土齿的构造

1-齿尖镶块；2-齿杆；3-右加宽器；4-螺母；5-螺栓；6-左加宽器；7-托盘；8-衬套；9-垫圈

为了提高松土器的凿入、凿裂和破碎坚硬岩土的能力，提高开凿高强度岩层的生产率，并用松土机代替靠近建筑物作业区钻孔爆破的施工工艺，卡特皮勒公司已研制出一种新型强制式的松土器。该新型松土器装有强制式凿入松裂工作机构，裂土时，利用液压锤的冲击动能和牵引力同时作功，其生产率可以提高 20%~70%，施工成本较之钻孔爆破要低 1/3。

### 第三节 工作装置的操纵系统

操纵机构的作用是使铲刀提升、下降、固定和浮动。对于带有松土器的推土机，操纵机构还包括控制松土器的升降与固定。

目前，推土机推土装置的操纵机构类型有机械式和液压式两种。由于机械式现在基本上已不再生产，故此处从略。

### 一、液压式操纵机构

液压控制系统具有结构紧凑、操纵轻便、工作平稳、切土力强、平地质量高、作业效率高等优点。现代推土机工作装置的控制已实现液压化，液压技术和现代控制技术的迅速发展，使得推土机整机的技术性能日趋完善，控制精度越来越高，可以满足现代化大型工程对施工质量的要求。

推土机的工作装置液压系统可根据作业需要迅速提升或降下工作装置，也可实现铲刀或松土齿缓慢就位。操纵液压系统还可改变推土铲的作业方式，调整铲刀或松土器的切削角。

推土机普遍采用开式液压回路，开式回路系统具有结构简单、散热性能好、工作可靠等优点。

图 1-1-16 所示为 TY180 型推土机的液压系统工作原理图。该系统由油泵、操纵阀、安全阀、单向阀、过载阀、油缸、油箱、滤油器等组成。

油泵从油箱中将油经滤油器吸入并将压力油送入铲刀和松土器操纵阀（8 和 6）通过对阀的操纵可使液压油分别到各自油缸（13 和 4）从而使铲刀和松土器按工作要求动作。各油缸的回油经过滤清器 9 流回油箱。整个系统的最高压力由安全阀 1 控制，两阀串联，过载阀 5 限制松土器油缸两侧的最高压力。

工作油泵为齿轮泵，它安装在分动箱上，由变矩器泵轮通过分动箱第三轴带动。全部控制阀均安装在油箱内，使结构紧凑。操纵阀为双滑阀式，滑阀 8 为四位五通阀，用以控制铲刀上升、下降、固定和浮动四种动作，滑阀 6 为三位五通阀，用以控制松土器上升、下降、固定三种动作。

在操纵阀上装有进油单向阀 3 和补油阀 2，单向阀的作用是防止油液倒流。例如，提升铲刀时，在阀杆换向过程中，单向阀可防止工作装置因自重作用而产生瞬时下降。又如，在提升铲刀时柴油机突然熄火，油泵停止供油，但单向阀仍可使铲刀维持在上升位置，而不致突然下降造成事故。补油阀的作用是当系统或油缸内产生负压（真空）时，使油箱中的液压油通过操纵阀进入油缸，保证活塞平顺的工作。例如，当工作装置下降时，由于自重作用，下降速度大于供油速度，油缸上腔会产生真空，这时补油阀就能从油箱直接吸油进行补充。

滤油器的作用是过滤混入液压油中的杂质，保持液压油的清洁。与滤油器并联装入一个滤油安全阀 10，当滤油器被堵塞时，安全阀 10 开启，油液便不经过滤油器而直接流回油箱，不

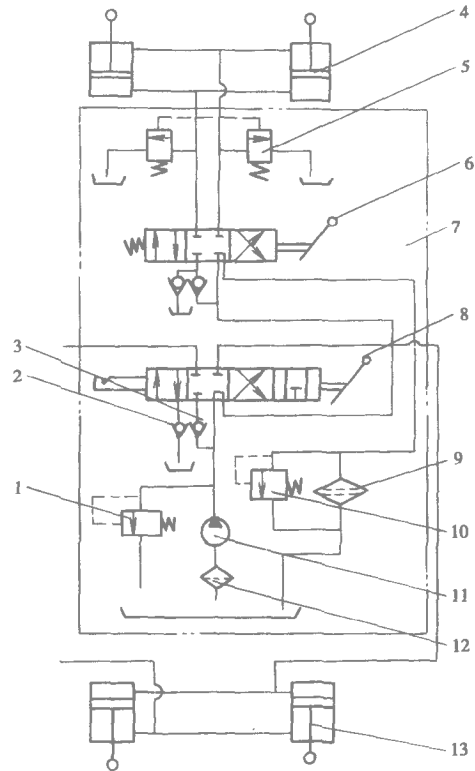


图 1-1-16 TY180型推土机液压系统原理图  
1、10-安全阀；2-补油阀；3-进油单向阀；4-松土器油缸；  
5-过载阀；6-松土器操纵阀；7-油箱及操纵系统总成；8-铲  
刀操纵阀；9-滤清器；11-油泵；12-滤网；13-铲刀油缸

致影响液压系统的正常工作，但此时液压系统油压将升高，不能长期在此状况下工作，而应及时对滤清器进行处理。

为了防止松土器偶遇障碍而使系统中油压过高，在松土器油路中配有超载阀 5 当油压超过规定值时，超载阀开启而使油压不再升高，以保护油缸及液压系统。

铲刀操纵阀在各种工作位置的油流情况可参考图 1-1-16 说明如下：

固定位置：通往油缸上、下腔的油路均被堵住，从油泵来的油液经铲刀操纵阀 8 直接从回油口流入松土器操纵阀 6→(松土器油缸 4→阀 6)→滤清器 9 或安全阀 10→油箱 此时铲刀油缸活塞固定不动，从而使铲刀固定在某一位置不动。

上升位置 阀芯左移 泵→单向阀 3→阀 8→油缸 13 下腔进油而使活塞杆回缩，铲刀上升；油缸 13 上腔的油→阀 8→松土器操纵阀 6→滤清器 9 或安全阀 10→油箱。

下降位置：阀芯由固定位置向右移动，此时油流为油箱→集滤器→泵→(安全阀 1→油箱)单向阀 3→操纵阀 8→油缸 13 上腔进油而使活塞杆伸出 铲刀下降 此时油缸下腔的油→阀 8→阀 6→9 或 10→油箱。

浮动位置 阀芯在下降位置状态再向右移动 此时阀芯将油缸上、下腔及回油路同时接通，活塞可在油缸中自由上下移动，从而使铲刀可以随地形起伏的变化而自由升降。

图 1-1-17 所示为上海 TY320 小松 D155A—1A) 型履带式推土机工作装置液压操纵系统图 该液压系统由推土板升降、推土板倾斜、松土器升降和松土器倾斜回路组成 可分为液压动力元件 (PA1200 型油泵 2)、控制元件 (包括推土板升降控制阀 5、松土机构控制阀 11、推土板倾斜控制阀 21、松土器控制阀 15) 执行元件 (推土板升降油缸 9、推土板倾斜油缸 22、松土器升降油缸 16、松土器倾斜油缸 19) 和辅助装置 (油箱 1 和 24、滤清器和油管等) 四大部分组成。

油泵 2 可分别向各回路提供压力油，通过控制阀可使各自执行油缸实现不同方向的动作。为了避免工作油缸活塞的惯性冲击 降低其工作噪声 油缸内一般都装有缓冲装置 用以降低工作装置的冲击载荷。

在系统中 推土板和松土器工作油缸的控制阀 均采用先导式操纵的随动换向控制阀。先导式操纵控制阀全为滑阀式结构 可实现换向、卸荷、节流调速和工作装置的微动控制。换向时 先操纵手动式先导阀 若将先导阀 (26、27、28) 的阀芯向左拉，先导阀则处于右位工作状态，来自变矩器变速器油泵 25 的压力油则分别进入伺服油缸的大 (无杆) 腔和小 (有杆) 腔。由于活塞承压面积不同，活塞杆外伸而使控制阀 (5、11、21) 阀芯右移 连杆机构将以伺服油缸活塞杆为支点 又带动先导阀的阀体左移 使先导阀复位 回到“中立”位置。此时主换向控制阀就处于左位工作 而伺服油缸活塞因其大腔被关闭 小腔压力油仍推活塞 但因左大腔不通而使活塞固定在此确定的位置上，主换向控制阀也固定在相应的左位工作状态。

先导式操纵换向控制阀具有伺服随动助力的作用，操纵伺服阀较之直接手动式换向控制阀要轻便省力，可减轻驾驶人员的疲劳。

大型推土机的液压元件一般尺寸较大，管路较长，若采用直接操纵的手动式换向控制阀，因受驾驶室空间的限制 布置起来比较困难 难于实现控制元件靠近执行元件 无法缩短高压管路的长度，致使管路沿程压力损失增加。现代大型履带式推土机已广泛采用便于布置的先导式操纵换向控制阀 用以缩短换向阀与工作油缸之间的管路 减少系统功率损失 提高传动效率。

如果伺服助力机构与主控制阀匹配合理 还可改善铲刀和松土器工作油缸的微调功能 扩大调速范围 提高推土机的使用性能。

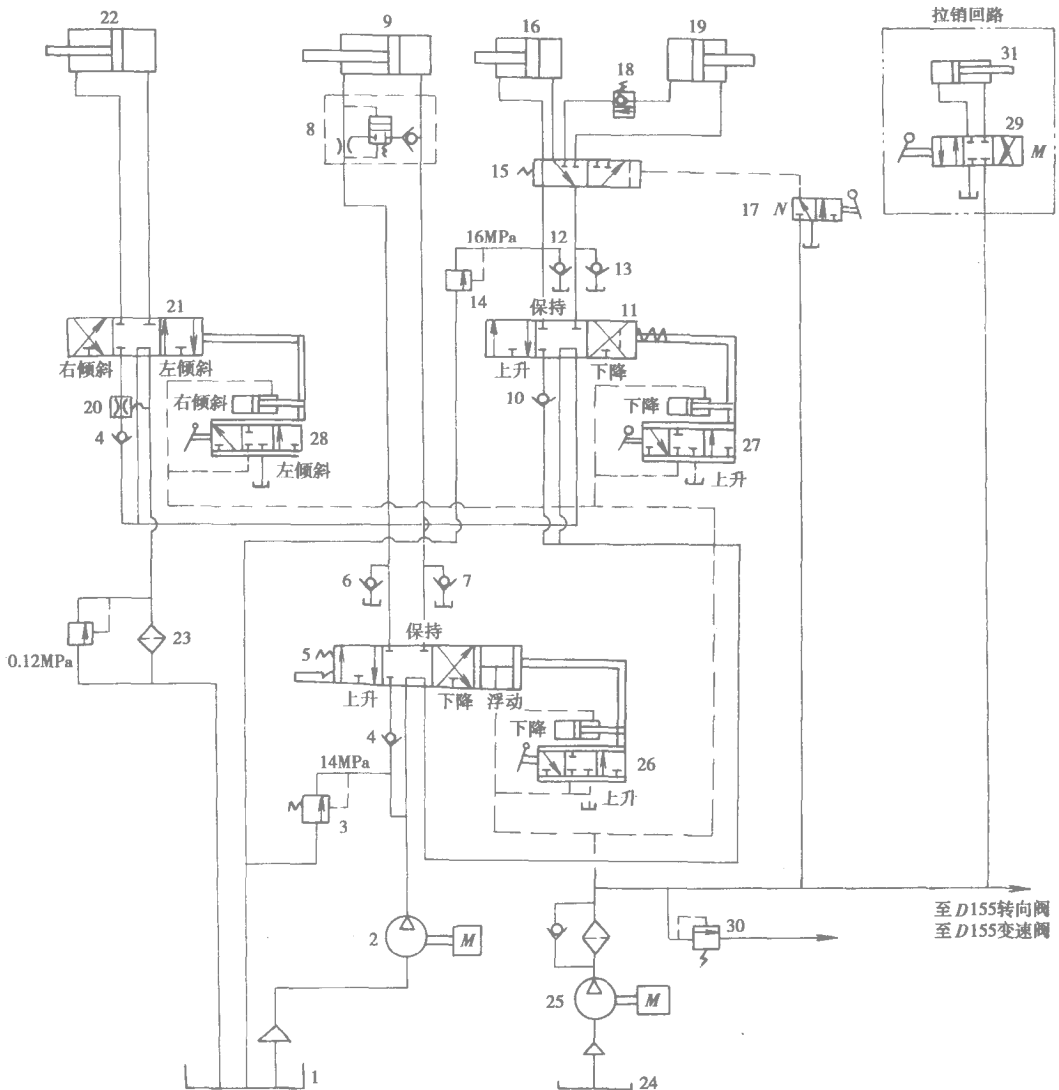


图 1-1-17 TY-320(D155A-1A) 型履带式推土机工作装置液压系统

1、24- 油箱；2- 油泵；3- 主溢流阀；4、10- 单向阀；5- 铲刀换向阀；6、7、12、13- 补油阀；8- 快速下降阀；9- 铲刀升降油缸；11- 松土器换向油缸；14- 过载阀；15- 选择阀；16- 松土器油缸；17- 先导阀；18- 锁紧阀；19- 松土器倾斜油缸；20- 单向节流阀；21- 铲刀倾斜油缸换向阀；22- 铲刀倾斜油缸；23- 滤油器；25- 变矩器、变速器油泵；26- 铲刀升降油缸先导随动阀；27- 松土器油缸先导随动阀；28- 铲刀倾斜油缸先导随动阀；29- 拉销换向阀；30- 变矩器、变速器溢流阀；31- 拉销油缸

在使用中，松土器的升降与倾斜并非同时进行，其升降和倾斜油缸可共用一个先导式操纵换向控制阀，另外设置一个选择工作油缸的松土器换向阀 15。作业时，可根据需要操纵手动先导阀来改变松土器换向阀的工作位置，再分别控制松土器的升降和倾斜，松土器换向阀 15 的控制压力油由变矩器变速器的齿轮油泵提供。

操纵推土板升降的先导式换向控制阀，可使铲刀处于“上升”、“下降”、“固定”和“浮动”四种不同的工作状态。当铲刀处于“浮动”状态时，铲刀可随地面起伏自由浮动，便于仿形运土作业，也可在推土机倒行时利用铲刀对地面进行拖平作业。

大型推土机铲刀的升降高度可达 2m 以上，提高铲刀的下降速度，对缩短铲刀作业循环时

间,提高推土机的生产效率有着重要的意义。为此,在推土机升降回路上装有铲刀快速下降阀 8 用以降低铲刀升降油缸 9 的排油腔(有杆腔)的回油阻力。铲刀在快速下降过程中,回油背压增大,速降阀在液控压差作用下将自动开启,有杆腔的回油即通过速降单向阀直接向铲刀升降油缸进油腔补充供油,从而加快了铲刀的下降速度。

推土板在速降过程中,推土装置的自重对下降速度起加速作用,铲刀下降速度过快有可能导致升降油缸进油腔(无杆腔)供油不足,形成局部真空,产生气蚀现象,影响升降油缸工作的平稳性。为防止气蚀现象的产生,确保油缸动作的平稳,在油缸的进油道上均设有推土板升降油缸单向吸入阀(补油阀)6、7 在进油腔出现负压时吸入阀 6、7 迅速开启,进油腔可直接从油箱中补充吸油。

同样,松土器液压回路也具有快速补油功能,松土机构吸入阀 12、13 在松土器快速升降或快速倾斜时可迅速开启,直接从油箱中补充供油,实现松土机构快速平稳动作,提高松土作业效率。

在松土倾斜回油的进油道上,设有流量控制单向阀 20,该阀可调节和控制铲刀倾斜油缸的倾斜程度,实现铲刀稳速倾斜,并保持油缸内的恒定压力。

在松土器液压回路上,还装有松土机构安全过载阀 14 和控制单向(锁紧)阀 18。

松土机构安全过载阀 14 可在松土器突然过载时起安全保护作用。当松土器固定在某一工作位置作业时其升降油缸闭锁油缸活塞杆受拉如遇突然载荷过载有杆腔油压将瞬时骤增。当油压超过安全阀调定压力时,安全阀即开启卸荷,油缸闭锁失效,从而起到保护系统的作用。为了提高安全阀的过载敏感性,应将该阀安装在靠近升降油缸的位置上。通常松土机构安全阀的调定压力要比系统主溢流阀 3 的压力高 15%~25%。

松土器倾斜油缸控制单向阀 18 安装在倾斜油缸无杆腔的进油道上。松土器松土作业时,倾斜油缸处于闭锁状态,油缸活塞杆受压,无杆腔承受载荷较大,该腔闭锁油压相应较大,装有倾斜油缸闭锁控制单向阀 18 可提高松土机构控制阀 11 中位闭锁的可靠性。

采用单齿松土器作业时,松土齿杆高度的调整也可实现油液操纵。用液压控制齿杆高度固定拉销只需在系统中并联一个简单的拉销回路执行元件为拉销油缸 31。

## 二、推土板自动调平装置

现代筑路机械采用机、电、液一体化现代控制技术已日趋广泛。现代控制技术的应用极大地提高了自行式筑路机械的自动化程度,减轻了驾驶人员的操作强度,提高了施工质量和作业速度,实现了节能化和智能化,为现代大型建设工程提供了理想的施工设备。现代大、中型履带式推土机已采用激光导向和电—液伺服控制技术,自动控制铲刀的切土深度,减少了推土机往返作业的遍数和行程,提高了大面积场地的平整精度和施工质量,加快了工程进度,降低了施工成本。

激光具有极强的方向性,控制精度高。激光用于定坡导向,其定坡误差可控制在 0.01% 以内利用激光控制铲刀切土深度其平均地面垂直标高均方根偏差小于  $\pm 30\text{mm}$ 。

图 1-1-18 所示为装有激光导向装置的  $\mu 3-171$  型履带式推土机。

推土机推土装置的调平系统具有发射、接收、跟踪激光和自动调平铲刀的功能。它由激光发射装置、激光接收器及其高度位移装置、顶推梁纵坡高度传感器、激光转换器及电液伺服跟踪控制回路等自动控制装置所组成。

激光发射装置通常装设在作业区以外的适当地方激光接收器及其高度位移调整装置则安