

绪 论

0.1 建筑施工机械化的意义

建筑工程施工是一个占用劳动力多、劳动强度大、劳动条件差和劳动生产率低的工程类型，只有最广泛地实现机械化施工，才能将人们从落后的手工操作和繁重的体力劳动中解放出来；才能高速度地发展生产力；才有可能从根本上改变建筑工程施工的落后面貌，实现文明现代化的施工方法。

建筑施工机械化是指在施工时使用各种机械来代替人的手工操作，以减轻繁重的体力劳动和完成人力难以完成的施工任务，达到加快施工进度，保证工程质量的目的。

机械设备是生产力的重要组成要素，人们利用生产力来征服自然，改造自然，创造社会物质财富。从这个意义上讲，从事工业与民用建筑工程施工需要有更多、性能更加优良的建筑机械，以便全面实现施工机械化，加快建设速度。美国建成一座长 38.4km 的预应力钢筋混凝土大桥，只需 27 个月；法国建造一座面积为 10000m²、跨度为 40m 的预应力钢筋混凝土的工业厂房，只需 4 个月；日本建造一座年产 500 万吨的炼钢厂，只需 28 个月；瑞士施工大规模住宅楼，每平方米只需 6.9 个工时。我国自改革开放以来，建筑施工机械化水平得到了很大的提高，如北京饭店新楼的基础工程施工，土方的挖、运任务约 11 万立方米，需配备 1600 多人，要干一年才能完成，由于采用了土方施工机械机群作业，结果只用了一个多月的时间，不仅完成了任务，还达到了优质工程的标准；北京“三元大厦”结构工程施工的吊装工程量达 8 万多吨，垂直吊装

高度高达 72m，若不使用自升式塔式起重机、自行回转式起重机以及外用电梯等先进的起重机械进行吊装作业，光靠人力是绝对不可能完成的。大型大跨度的公共建筑，如北京西客站的大型构件的安装工程，需要性能完善、起重能力强的起重机械来完成。我国沈阳重型机械厂、太原重型机械厂于 80 年代初相继生产出起重重量为 100t 的轮式起重机；哈尔滨重型机械厂生产出 40t 的全液压伸缩臂式汽车式起重机，满足了结构安装工程的需求，实现了结构安装工程施工机械化。

现代建筑工程中钢筋混凝土结构的含筋量高，钢筋加工任务大，靠传统的手工操作，不仅满足不了施工进度要求，浪费大量的钢材，重要的是保证不了配筋质量的要求，加上钢筋连接的新技术、新工艺不可能通过手工操作实现，所以必须广泛地使用钢筋强化机械（钢筋冷拉机械、冷拔机械、冷轧机械）、钢筋调直机械、钢筋切断机械、钢筋弯曲机械和钢筋焊接机械等钢筋加工机械进行机械化加工，才能满足配筋的各项技术要求。

综上所述，建筑施工实现机械化，对于加快施工进度、保证工程质量、提高劳动生产率和建筑施工企业的经济效益以及实现文明施工等具有重要的意义。

0.2 建筑机械的类型及应用

建筑机械按其用途不同可分为以下几类：

1. 施工准备机械

用来在大型施工现场施工前准备必要的施工条件和施工环境的机械。如除根机、灌木清除机、松土机和拖运卷扬机等。

2. 土方工程施工机械

用来进行土方、石方施工的机械。主要有挖掘机（单斗挖掘机、多斗挖掘机）、推土机、铲运机、凿岩机、装载机、平地机械等。

3. 压实机械

用来压实灰土、三合土垫层和基坑、房心回填土的机械。主要有静力式碾压机械（静力式光碾压路机、轮胎压路机、羊角碾等）、冲击式压实机械（内燃打夯机、电动蛙式打夯机）和振动式压路机等。

4. 桩工机械

用来对护坡桩和桩基础施工的机械。主要有预制桩打桩机械（柴油桩锤、蒸汽打桩锤、液压打桩锤和振动打拔桩锤等）和灌注桩成孔机械（螺旋钻孔机、冲击成孔机和冲抓成孔机械等）。

5. 工程起重机械

建筑施工时用来进行垂直运输和水平运输吊运安装的机械。主要有起重卷扬机、自行回转式起重机（汽车式起重机、轮胎式起重机和履带式起重机等）和塔式起重机（轨行式塔式起重机、自升式塔式起重机）等。

6. 钢筋加工机械

混凝土预制构件厂、钢筋加工厂或施工现场对钢筋进行各工艺加工的机械。这类机械包括钢筋强化机械（钢筋冷拉机械、钢筋冷拔机械和钢筋冷轧机械）、钢筋调直机械、钢筋切断机械、钢筋弯曲机械和钢筋焊接机械（钢筋对焊机、钢筋点焊机、电渣压力焊机等）。

7. 混凝土施工机械

这类机械包括混凝土原材料的计量设备、混凝土搅拌机械（自落式搅拌机、强制式搅拌机）、混凝土搅拌楼（站）、混凝土运输机械、混凝土浇筑机械（混凝土浇筑泵、混凝土浇筑泵车和混凝土布料机械等）。

8. 路面施工机械

用来对居民小区和城市道路施工的机械。主要有路床铺筑机械、沥青混凝土摊铺机械、压路机、路面破碎机械及路面修筑机

械等。

9. 装饰机械

指对建筑物进行装修（饰）时使用的各种机械、机具等。这类机具根据动力源的应用不同分为电动和气动（高压空气）两大类。电动机具类有电锤、电钻、电锯、电刨、电动修整机、电动水磨石机、电动刻槽机、电动瓷砖切割机、电动路面切割机、电动研磨机和电动扳手等，气动机具又称风动机具，主要有风镐、风钻、风锤、风动凿岩机和风动射钉枪、风动扳手等。

0.3 建筑机械的构造组成及功用

建筑机械同其他工程机械一样，也是由若干相关的零件组装成部件，再将各部件组装成整机。一般建筑机械都是由下述五大部分组成的。

1. 动力装置

动力装置是建筑机械的主要部分，是机械在作业时各种力和速度的来源。任何建筑机械如果没有性能良好的动力装置，就不可能具有良好的技术性能。建筑机械常用的动力装置有电动机（交流电动机、直流电动机）、内燃机（柴油机、汽油机）和空气压缩机。

电力驱动的大型建筑机械已采用可控硅直接供电。燃气轮机由于重量轻、功率大、动力特性好，将可能成为大功率建筑机械动力装置的主要形式。进入 21 世纪以后，燃料电池也可能会取代建筑机械中的内燃机和燃气轮机，彻底解决噪声、振动和污染等公害。此外，更为先进的激光、超声波以及原子能技术都将可能成为建筑机械的工作动力。

2. 传动装置

传动装置是将动力装置产生的功率和运动传递给工作机构的

中间装置，供工作机构做功时使用。按传动性质的不同，传动装置分为机械传动、液压传动和电力传动三种类型。

机械传动又分为摩擦传动和啮合传动。建筑机械中的摩擦传动有摩擦锥传动、摩擦盘传动和带传动等；啮合传动主要有齿轮传动和蜗轮蜗杆传动等。组装成机械传动装置的零件分为标准件、通用件和专用零件三大类。

液压传动是近二十年来广泛应用在建筑机械中的新技术，它具有传动功率大、传动平稳性好、动作灵敏可靠、可实现大扭矩传动并可使传动机构紧凑等优点，是机械传动装置所不具备的。挖掘机、推土机、铲运机、平地机、起重机、打桩机、凿岩机和路面施工机械等，采用了液压传动后，都表现出上述优点。如挖掘机采用液压传动后，挖掘力提高 30% 整机重量可降低 40% 左右而作业装置的种类却大大增加，改善了机械原有的技术性能。从发展趋势看，液压传动将在大型建筑机械中得到普及，中小型建筑机械也会越来越多地采用全液压传动。

3. 工作机构

工作机构是建筑机械直接完成生产任务的部分。对工作机构的要求是高效、多功能，能适用于各种作业条件。

建筑机械工作机构的形式、构造决定于它本身的设计性能和用途。如推土机的工作机构为推土刀，挖掘机的工作机构为动臂、斗杆和挖土斗，铲运机的为铲斗，混凝土搅拌机的为搅拌筒，柴油打桩锤的为锤体，起重机的为起升机构、变幅机构、回转机构以及卷扬机的卷筒等。

为了保证充分发挥建筑机械的整机效益，建筑机械的工作机构要有足够的强度和刚度 构造应力求简单 重量轻 拆装、维修要方便，操作要灵敏可靠，并具有一定的使用寿命。

4. 操纵、控制装置

这类装置是用来操纵、控制机械运转的部分。如操纵、控制机

械的变速、变向、启动、减速、制动和停机等。对建筑机械操纵、控制装置的要求是省力、灵敏、可靠、方便、平稳和安全。

建筑机械的操纵、控制装置的形式有机械-杠杆式、液压式、电动式、气动式以及几种形式的联合式等。

近年来，建筑机械工作机构的操纵较普遍地采用液压伺服系统，有的采用了自动控制，使操作力大为减小，工作效率和功能利用显著提高。推土机和平地机利用激光找平和导向，提高了平整和推土的质量和效率；超声波搅拌和激光电子束碎岩等工作原理的研究，陆续取得较大进展；电子计算机，特别是微型电子计算机，将广泛地应用于建筑机械的操纵、控制装置；自动控制、无人操纵或无线电遥控的建筑机械将越来越多，使建筑机械的操纵、控制装置日趋现代化。

5. 行走机构

建筑机械的行走机构用来支承整机并拖动机械进行作业和转移作业地点，包括机械的进、出厂。

建筑机械的行走机构主要有轮胎式、履带式和轨行式三种。从发展趋势看，全液压驱动的轮胎式行走机构，将得到迅速发展。液压马达车轮及电马达车轮将逐渐增多。全液压传动的履带行走机构已经普及，进一步发展将有可能被气垫行走机构所取代。轨行式行走机构主要用于塔式起重机，由于铺轨技术要求高，机械利用率低，很快将被履带式行走机构所取代。

0.4 机械化施工水平的主要指标

衡量一个国家、一个具体施工部门的机械化水平如何，常用以下四个指标进行分析：

1. 机械化程度

国外建筑部门计算这个指标时有两种方式，即用货币消耗和

机械施工工程量统计。由于货币的稳定性差，所以，我国一般都是以机械施工的工程量大小来计算机械化程度。

2. 机械装备率

建筑机械的拥有量和装备率直接影响着机械化施工的程度，对建筑工程起着重要的作用。机械装备率指标，一般是以每千名施工人员所占有的机械台数、功率数、重量或投资额来计算。如美国的建筑部门机械装备率为 4.7 吨/人 西德为 2.7 吨/人。

3. 机械完好率

完好率是指机械设备的完好台数与机械总台数之比。完好率是反映机械本身的可靠性、寿命和维修保养、管理与操作水平的一项综合指标。

4. 机械利用率

机械实际运转的台班数与全年应出勤的总台班数的比率。利用率的指标与施工任务的大小、调度人员的水平及机械完好率有密切关系。

实际上 施工机械化水平与施工条件、施工方法、机械性能、容量、可靠性、管理、维修保养和机械施工人员操作的熟练程度等许多因素有关。所以，一般只能从实际效果上来衡量机械化施工水平的高低，即从节约劳动力或施工高峰人数、工期或年度竣工量、劳动生产率或工程的单位耗工量等方面去评价。

0.5 建筑机械学科的任务及学习要求

土建工长（技术员）培训过程中学习建筑机械在于了解建筑机械的基本知识，掌握常用建筑机械的构造组成、工作原理、技术性能、生产率计算方法和使用中的注意事项，以达到在充分了解工程施工要求的情况下，做到准确、经济、合理地选用建筑机械，并顺利地进行机械化施工。

建筑机械学科所涉及的理论和实践知识范围较为广泛，机械的类型、品种、型号又十分繁杂，选机时要进行类比和相关的分析、计算，对具体工程施工还要进行机种、机型的组配研究与分析，从中确定出优化的机械化施工方案，以保证所选定的机械在施工过程中发挥最佳的效益，从这个意义上讲，要求学生在学习过程中要着重建立系统概念，掌握分析和解决问题的方法，从施工的实际需要出发 准确掌握各种建筑机械的性能要素 选机、定型、定数的结果 应以保证施工进度、施工质量、施工安全、最大限度地发挥机械效益为量测的标准，充分体现机械化的优越性。

第 1 章 土方工程施工机械

凡对土壤进行搬移作业的机械统称为土方工程施工机械。这类机械主要有推土机、铲运机、单斗挖掘机、装载机、平地机和压实机械等。它们的主要特点是功率大、机形大、机动性好、生产效率高和机型复杂。建筑工程施工中的场地平整、道路铺筑、基坑开挖、带状沟槽开挖和土方回填与压实，都是繁重的土方工程，不仅工程量大、工期长，而且劳动强度高，必须实行最广泛的机械化施工。据统计，一台斗容量为 1m^3 的单斗挖掘机，挖掘Ⅲ类以下的土壤时，每个台班的生产率相当于 300~400 名工人一天的工作量；一台日产 200000m^3 的大型斗轮式挖掘机，可以代替 5 万人~6 万人的体力劳动。由此可见，实现土方工程施工机械化，可以大大地提高生产率，加快施工进度，减轻体力劳动，降低施工成本，且能有效地保证工程质量。因此，掌握和有效利用土方施工机械具有十分重要的意义。

1.1 推 土 机

推土机是在拖拉机前面安装上推土装置（顶推架、推土刀和操纵机构）的土方施工机械。

推土机按行走机构不同分为履带式 and 轮胎式；按推土刀的操纵方式不同分为机械传动式和液压式；按推土刀的功能不同又分为固定式（直铲）和回转式（万能式）。

推土机具有构造简单、功率大、操作灵活、运转方便、工作面积小和生产效率高等优点。在建筑施工中，主要用来平整场地、回填

基坑和沟槽、堆集物料和压实土壤。根据作业要求，推土机还可以配装多种作业装置。如松土器，可以破碎Ⅲ级以上的坚硬土壤；除根机，可以拔出直径在450mm以下的树根，并能清除直径在400mm~2500mm的石块；除荆器，可以切断直径在300mm以下的灌木、树木等。

1.1.1 推土机的分类、特点及应用

1. 固定式推土机与回转式推土机

固定式推土机是指推土机的推土机构与拖拉机的纵轴线固定成直角安装。这种推土机的顶推架、推土刀、斜撑杆铰接成一个刚性整体。调整斜撑杆的长度可以改变推土刀的切土角（推土刀与地面之间的夹角）。这种推土机只能进行正向前进推土，而不能进行侧向移土和侧向开挖，所以它比较适合小型或经常重载作业时选用 其外形如图 1-1。

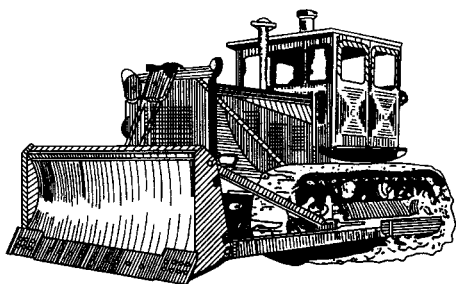


图 1-1 固定式推土机外形

回转式推土机又称万能式推土机。推土机的推土刀除了可以在水平面向左或向右作 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 倾斜角安装外，还可以在垂直平面相对于水平面转动 $0^{\circ}\sim 9^{\circ}$ 角安装，推土刀的切土角还能在 $44^{\circ}\sim 72^{\circ}$ 之间进行调整。因此，这种推土机的作业范围较宽，它既可以在前进推土的同时做侧向移土，即适合平地作业；还可以根据作业

要求进行一定深度的侧向开挖，即适合斜坡横向作业或用于除根、除荆，其外形如图 1-2。

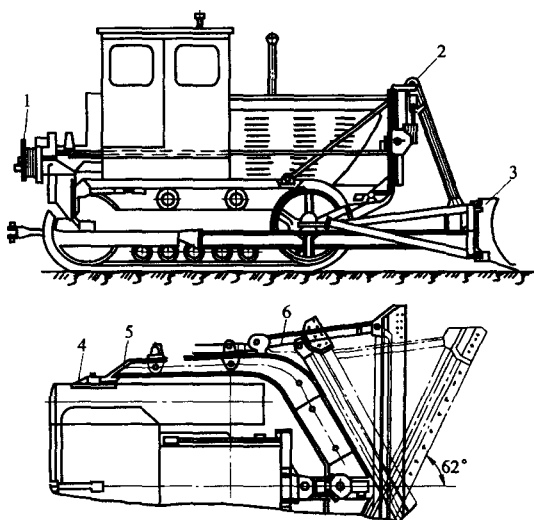


图 1-2 回转式推土机（斜铲）

1—绞盘；2—滑轮组支架；3—推土板；4—连接装置；5—顶推架；6—撑杆

2. 机械式推土机与液压式推土机

机械式推土机又称绳-轮操纵式推土机，其推土刀的升降是利用装在拖拉机后部的卷筒、绞盘和钢丝绳、滑轮组来操纵的，而推土刀只靠自重切入土壤，所以，它的切土功能受到一定限制。这种推土机是我国在 20 世纪 50 年代仿苏 C-100 的老产品，但至今在建筑和市政工程中还被应用，其外形见图 1-1。

液压式推土机又称为液压操纵式推土机。这种推土机推土刀的升降是靠安装在拖拉机前方两侧的双作用式油缸来操纵的。作业时，推土刀的切土深度可借助于液压传动系统的油压随时调节，且工作平稳性好。其外形如图 1-3。

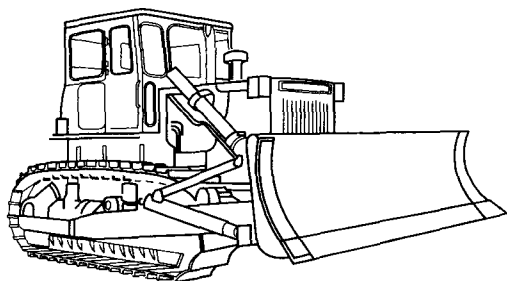


图 1-3 液压式推土机外形

1.1.2 推土机的构造

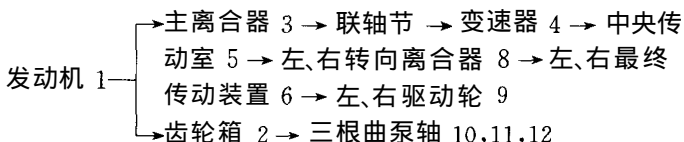
推土机的构造简言之即为拖拉机 + 推土刀。

1. 推土机的构造组成

推土机一般都是由动力装置（柴油机）、传动系统、工作机构、行走机构、操纵机构和电气系统等组成的。

推土机的传动系统可分为机械式和液力机械式两种类型。中小型推土机和早期设计制造的大型推土机，基本上都是机械传动式；液力机械式是新发展起来的传动系统，它采用的是动力变速器和液力变矩器。这种传动系统的主要优点是构造简单、重量轻和传动效率高，多用于大型推土机。

图 1-4 所示为液压操纵履带式推土机底盘传动，其传动路线为：



发动机提供作业中所需的动力并可改变速度。主离合器用来将发动机的动力传给变速器或临时切断动力，以便司机进行换挡

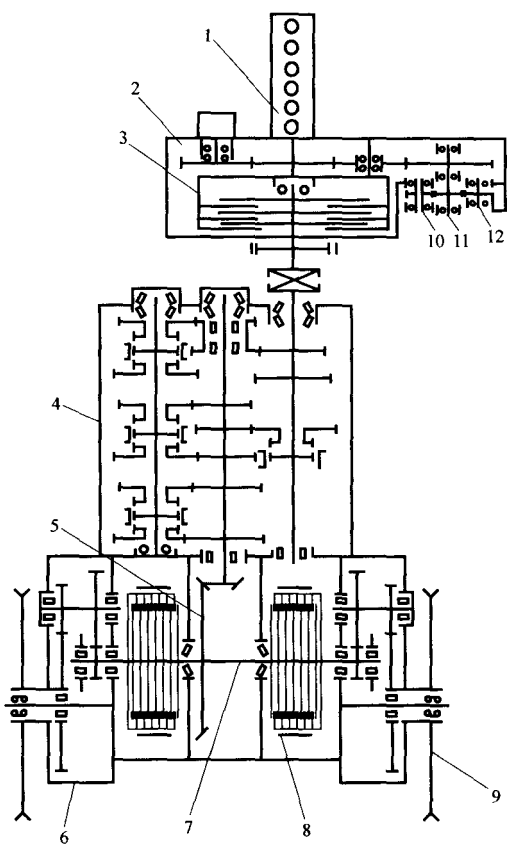


图 1-4 液压操纵履带式推土机底盘传动图
 1—发动机；2—齿轮箱；3—主离合器；4—变速箱；
 5—中央传动室；6—最终传动装置；7—横向分配轴；
 8—转向离合器；9—链轮；10—主离合器泵驱动轴；
 11—转向离合器泵驱动轴；12—工作装置油泵驱动轴

或临时停车。变速箱的作用是改变推土机的行驶速度和牵引力，既满足作业和行驶的需要，同时又保证发动机在较为有利的工况下进行工作；变速箱还可以使推土机实现前进、倒退行驶以及实现空档，即在发动机运转和主离合器接合的情况下，使推土机停车，并可保证需要动力输出时，使发动机和传动系统分离。中央传动室是由一对大小不等的圆锥齿轮组成的，其功用是降速、增大扭矩和改变旋转方向，并将运动分配给左、右最终传动机构。推土机的转向机构有两种类型，履带式推土机采用的是安装在后桥的左、右多片式转向离合器，当它们接合时，可将中央传动室传来的动力传给最终传动机构，使推土机直线行驶；当分开一边的转向离合器时，推土机则向分开离合器的一方转向，并可原地不动地进行回转，反之推土机则向相反的方向回转；轮胎式推土机采用的是方向盘—转向器式的转向机构，它通过底盘前桥的梯形转向机构，使两个前轮各按所需要的角度偏转，并利用后桥中央差速器，使内外车轮由不同的转速来实现转向。推土机的最终传动机构是将主传动的动力再一次降速增大扭矩后传给驱动链轮，使推土机行驶或进行作业。

为了保证推土机具有良好的技术性能，传动系统应具备增扭减速、变矩变速、改变动力传动的方向和接合、分离动力等功能。

2. 推土机的工作机构

推土机的工作机构包括推土机构和操纵机构两大部分。推土机构由带刀刃的推土刀和推刀架（推杆和斜撑等）组成；操纵机构有绳-轮式和液压式两种。

推土刀是推土机工作机构的主要部分，它的构造形状对推土机的技术性能和生产率高低有着直接的影响。图 1-5 为推土刀的构造。为了切削土壤，在推土刀的底部与地面接触处装有刀刃 8。刀刃通常分为若干块，用埋头螺钉固定在推土板上。使用一段时间，刀刃磨钝后还可以更换备用件。为了提高推运土壤的效率，推土刀的几何形状都加工成弧形，且要有足够的强度和刚度。在弧

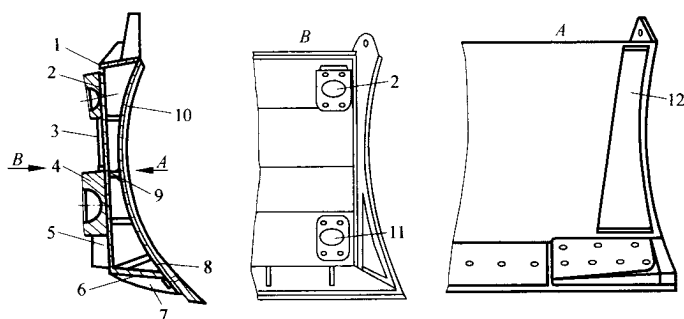


图 1-5 推土刀的构造

- 1—上槽形梁；2—上支承臂球铰座；3—上盖板；4—顶推梁球铰座；
 5—下盖板；6—下纵梁；7—加强板；8—刀刃；9—下槽形梁；
 10—弧形板；11—下支承臂球铰座；12—侧加强板

形推土刀的背后用上槽形梁 1、下槽形梁 9 和下纵梁 6 来加强其横向刚度；在上下槽形梁之间，用上下盖板 3 和 5 连接，使推土刀呈封闭形的断面，再加上侧加强板 12 的作用，横向刚度得到进一步提高。在安装刀刃处也设有加强板 7。推土刀后壁靠球铰座 4、2 和 11 与顶推梁和上、下支撑壁相连接。

从推土刀的性能要求上看，推土刀的形状构造应能保证土屑在推土刀上缘易向前翻落，不应越过刀背而散落在推土刀的后部；应能保证在推土刀前积聚的土体多；土屑沿推土刀表面上升变形小，土的切削阻力小且要不易被粘结，卸土要干净。

图 1-6 所示为固定式推土机的工作机构。推土刀只能靠双作用式油缸 2 驱动其升降，而不能在水平面和垂直面进行转动调整。所以，推土机在作业中只能向前推土，故又有直铲或正铲推土机之称。

图 1-7 所示为回转式推土机的工作机构。顶推架制成整体弓形，前部尖端与推土刀后背中部铰接，因铰链支承是移动的，所以推刀 1 可水平或倾斜安装，只要改变两侧斜撑 2 在顶推架支承上的位置即可。在水平方向回转安装最大角度为 25° ，以便

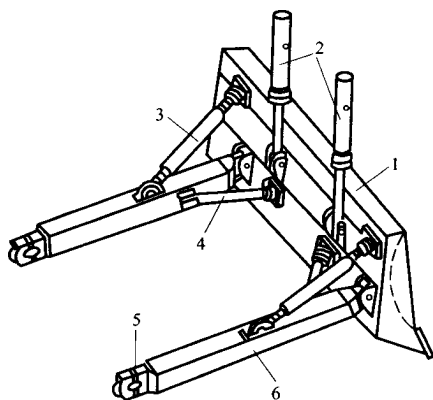


图 1-6 固定式推土机工作机构

1—推刀 ;2—油缸 ;3—斜撑 ;4—水平斜撑 ;5—连接柄 ;6—推臂

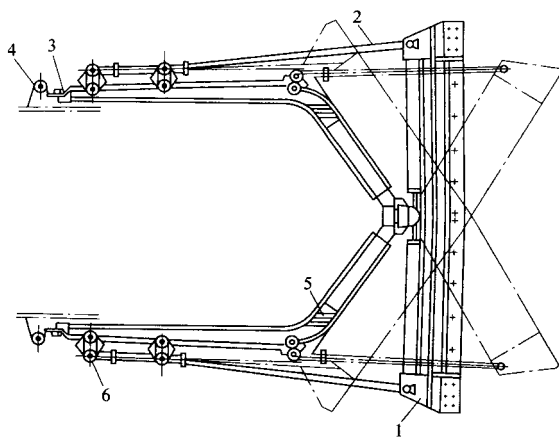


图 1-7 回转式推土机工作机构

1—推刀 ;2—斜撑 ;3—顶推门架 ;4—支承座 ;5,6—耳座

进行侧向移土；在垂直方向可倾斜安装的最大角度为 9° 以便进行侧向开挖，大型推土机的工作机构一般都是此种。

1.1.3 推土机的技术性能及生产率计算

1. 推土机的技术性能

几种国产主要推土机的技术性能见表 1-1。

表 1-1 国产主要推土机技术性能

项 目		型 号				
		TY60	TY100	T120	T150	TYL180
		液压履带式	液压履带式	机械履带式	机械履带式	液压轮胎式
推土刀	宽度/mm	2280	3810	3760	3760	3190
	高度/mm	738	860	1100	1100	998
	提升高度/mm	625	800	1000	1000	900
	切土深度/mm	290	650	300	300	400
松土器	齿数/个		3	3	3	
	提升高度/mm		550	600		
	松土宽度/mm		1960		110	
	松土深度/mm		550	800	800	
柴油机功率/kW(马力)		44.7(60)	74.4(100)	100.6(135)	119.0(160)	134.0(180)
最大牵引力/kN		36.6	90	120	145	85
行驶速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$		3.44~8.47	2.30~10.13	2.27~10.44	2.27~10.44	7~27.5
最大爬坡度/%			58%	58%	58%	46%
接地比压/ kg/cm^2		0.41	0.68	0.59	0.59	
油泵型号		CB-46		CB-140E	CBZ-140	CBG2100
外形尺寸/mm × mm		4214 × 2280	6900 × 3810	6506 × 3760	1930 × 1880	6130 × 3190
× mm 长 × 宽 × 高		× 2300	× 3060	× 2875	× 1548	× 2840
整机质量/t		5.9	16	14.7	14.7	12.8
生产厂家		长春 工程机械厂	长春 工程机械厂	四川 建筑机械厂	四川 建筑机械厂	郑州 工程机械厂

注：型号中：T—推，Y—液，L—轮，数字—发动机功率/hp

2. 推土机的生产率计算

推土机生产率可按标准台班所完成的土方量 (m^3) 来进行计