

高等学校试用教材

车辆修造专用机械设计

大连铁道学院 伍福顺 主编
长沙铁道学院 杨家骏 主审

中国铁道出版社

7年·北京

前 言

本教材是根据铁道部教育局一九八一年下达的《1981~1985年铁路高等院校（工科）教材、教学参考书编审规划》的要求而编写的，一九八三年九月在北京召开的“车辆专业工艺、材料教材编审小组会议”上，对编写提纲又作了修订和改写。本书介绍铁道车辆修造方面的主要专用机械设备的结构及设计基础知识，内容具有较强的实践性，所以教材中所阐述的机械设备结构，基本上取自国内生产现场较先进的实例，并作了必要的理论分析和设计计算，同时也参考和吸取了国外的有关先进技术。

本书由大连铁道学院伍福顺主编，北方交通大学吴绍忠协编第二章，由长沙铁道学院杨家骏主审。在编写过程中，得到有关院校、厂段和科研单位的赵书林、张志云、徐明礼、刘金生、孙大容、褚介善、白昱祥、柴铁云、阎树堂、霍庶辉、夏寅荪、钟锐光、李靖南、杨玉衡、陈世和、苗彦英、胡振绥、李洪福等同志的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

编 者

1985年10月

目 录

绪 论	1
一、专用机械设备在车辆生产中的作用	1
二、设计专用机械的基本要求	1
三、专用机械设计步骤	2
四、专用机械的组成	3
五、专用机械的发展趋势	6
第一章 车辆机械加工专用机床设计	8
第一节 概 述	8
一、机械加工专用机床在车辆生产中的重要性	8
二、设计车辆机械加工专用机床的依据	8
三、车辆机械加工专用机床总体设计的主要内容	9
第二节 专用机床主传动系统设计	20
一、主传动系统设计步骤和实例	20
二、合理地确定主传动系统的结构	23
三、主轴部件的设计	27
第三节 侧架专用铣床设计	41
一、侧架专用铣床总体设计	41
二、侧架专用铣床生产率计算	50
三、侧架专用铣床结构	52
四、侧架专用铣床设计计算	55
第四节 制动缸体多轴钻床设计	61
一、通用主轴箱的设计特点	61
二、钻孔多轴箱设计的依据	61
三、计算主轴直径确定主轴结构	61
四、多轴箱传动系统设计	66
五、多轴箱润滑系统的设置	72
六、多轴箱坐标计算	73
七、多轴箱总图设计和工作图设计	78
八、立式机床平衡重	80
第二章 车辆装配机械设计	83
第一节 概 述	83
一、车辆装配工作的重要性	83
二、车辆装配精度的要求	83
三、车辆装配的结合方式	83

四、提高车辆装配机械化自动化水平的途径	84
第二节 螺母拆装机设计	84
一、螺母拆装作业对拆装机的要求	84
二、转向架螺母拆装机设计	85
第三节 货车车体液压铆钉机设计	90
一、货车车体液压铆钉机结构	90
二、明确液压传动系统的任务	91
三、确定液压传动系统的具体方案	92
四、液压铆钉机油缸的设计	93
五、液压系统主要参数的计算和元件的选择	94
第四节 转向架圆锥滚动轴承压装机设计	97
一、圆锥滚动轴承与车轴拆装作业对压装机的要求	98
二、圆锥滚动轴承压装机结构	98
三、圆锥滚动轴承压装压力的计算	101
四、圆锥滚动轴承压装机液压系统工作原理	101
第三章 车辆清洗除锈、调修机械设计	106
第一节 概 述	106
一、清洗除锈方法	106
二、调修方法	106
第二节 水力清洗机械设计	106
一、高压水喷射技术发展简况	106
二、高压水喷射技术应用于车辆零、部件清洗	107
三、高压水冲洗机	107
四、高压水喷射技术的理论分析	111
五、喷咀技术参数的确定	113
六、提高水力除锈效果的措施	116
第三节 抛丸除锈机械设计	117
一、客车车体抛丸除锈机	117
二、抛丸器设计计算	118
三、抛丸器的结构设计	120
四、 $\phi 500\text{mm}$ 抛丸器的技术参数	121
五、除尘系统	122
第四节 货车调梁机设计	122
一、主要技术规格	122
二、货车调梁机结构	123
三、货车调梁机设计计算	123
四、货车调梁机液压系统	135
第四章 车辆零部件输送、变位装置	138
第一节 转位装置	138
一、GK三通阀体加工自动线转位装置	138

二、在机械加工自动线上通用的转位装置	139
三、转向架转盘	139
四、客车翻转机	143
第二节 工作台转位	146
一、概 述	146
二、回转工作台	149
三、移动工作台	151
四、回转鼓轮	152
第三节 上下料装置	153
一、上下料装置的组成	154
二、上下料装置的设计要点	154
三、上下料装置各主要部件的结构型式	155
四、缓冲器环簧加工上料装置	163
第四节 传送带	163
一、生产自动线的传送带	163
二、生产流水线的传送带	176
第五章 车辆生产用机械手	185
第一节 概 述	185
一、机械手的组成	185
二、机械手的分类	185
三、机械手的运动形式及运动符号	185
第二节 手部机构	186
一、钳爪式手部结构	187
二、气吸式吸盘	194
三、电磁式吸盘	196
第三节 手腕机构	199
一、手腕的结构	199
二、手腕运动力矩的计算	201
三、手腕设计时的注意事项	203
第四节 手臂机构	203
一、手臂直线运动机构	204
二、手臂回转运动机构	207
三、手臂俯仰运动机构	209
四、手臂复合运动机构	211
五、手臂设计应注意的事项	213
第五节 机械手的缓冲和定位	214
一、机械手的缓冲装置	214
二、机械手的定位方法	216
第六节 机械手总体设计	218
一、机械手设计的依据	218

- 二、运动形式的选择218
- 三、主要参数的确定219
- 四、驱动方式的选择220
- 五、机械手传动方案和结构布局的确定220
- 六、机械手液压系统设计221
- 第七节 车辆生产用机械手222
 - 一、液压机械手222
 - 二、气动机械手225
 - 三、直线电机机械手227

绪 论

一、专用机械设备在车辆生产中的作用

铁路运输是我国国民经济的大动脉，是保证社会主义建设迅速发展的重要组成部分。铁道车辆是货运、客运必备的工具。对于车辆制造与修理的质量好坏、效率高低，会直接影响到国家运输事业的生产安全 and 经济效益。要想优质高效地修造车辆，除了加强管理和提高工人的技术水平之外，主要依靠改进和制造先进的专用机械设备（以下简称专用机械）来保证。广泛使用铁道车辆修造专用机械具有以下的作用。

1. 提高车辆的修造质量。仅靠工人的技术熟练程度，以提高加工精度，保证装配质量是远远不够的，要在设备上采用先进技术，才使修造车能经久耐用，是提高车辆修造质量的根本保证。

2. 提高车辆的修造效率。提高专用设备的机械化、自动化程度，加快作业的速度，都能达到提高效率的目的。因此，采用先进的专用机械是提高生产效率的主要措施。

3. 改善工人的劳动条件。通过专用设备的机械化和自动化，以及采取各种防护措施，可大大减轻工人的劳动强度，改善工人的劳动条件。

4. 降低修造车辆的成本。由于采用先进的专用机械装备，能提高产品质量和生产效率，降低物质消耗，不要求强调工人的操作技术等级，必然促使产品成本的降低。

解放以来，铁路车辆部门开展的技术革新活动，促进了修造车的机械化和自动化的发展。许多厂、段建成了各类专用机械，生产流水线和自动线，如转向架、轮对、制动梁、钩缓装置、挂瓦、滚动轴承等检修流水线；客、货车的中梁、底架、侧墙、车体制造和总装的生产流水线；制动缸体、三通阀体、弹簧支柱等加工自动线，以及高效率的侧架专用铣床、闸瓦托专用铣床、轴端螺孔加工转塔组合机床、调梁机等出现，对提高修造车的质量和能能力，减轻体力劳动和改善劳动条件起到了重要作用。但车辆的修造技术水平与世界工业发达国家相比，还有一定的差距。因此，铁路车辆部门在机械设备上赶上和超过世界先进水平，实现铁路现代化的任务，还要下很大的功夫才能完成。

二、设计专用机械的基本要求

设计专用机械时，要满足以下基本要求：

1. 保证一定的工艺范围。专用机械的工艺范围，主要是根据工件的特点和生产批量，以及使用单位的实际情况来决定的。专用机械一般只能加工某种特定的零件或产品，完成某些特定的工序，它多用于大批大量生产。因此应根据具体情况合理地缩小其工艺范围，以便简化机械结构，提高效率、保证质量、降低成本。

2. 保证生产产品的精度。专用机械对产品无论是制造或修理，都必须千方百计地保证符合技术条件的要求。因此，为了保证产品的精度，机械本身也必须具备一定的精度。首先

要注意采用先进结构, 加强机械的刚度和抗振性能, 提高机械的制造精度, 还要采取防止影响产品质量的种种措施。

3. 保证机械设备具有合理的工艺性。主要反映在所设计的零部件, 例如锻铸件要符合结构的工艺性, 符合机械加工的工艺性, 以及部件组装和机械装配的工艺性。也就是说所设计的机械能够经济的制造出来, 工人操作维修方便, 使用安全。

4. 保证符合环境保护要求。这是一个新课题。以前设计机械很少考虑公害问题, 现在在设计机械的同时必须采取相应的环保措施。例如噪音不超过85dB, 工业废水、废渣、烟气、粉尘等, 必须进行处理, 并符合国家排放要求。

5. 保证生产率要高、成本要低。采用先进的工艺和刀具、以及自动测量等新技术, 缩短加工时间、减少辅助时间、提高生产率; 对设计的机械, 要求零件要少, 结构要简单, 重量要轻, 加工量要少, 材料消耗要少, 劳动量消耗要少等; 尽量使设计符合“三化”标准的要求。

6. 其他。还要考虑机械的外形美观, 占地面积小, 不漏气、水、油、电等要求。

上述各项要求之间是相互关联又互相制约的, 要求精度高, 则生产率往往受到限制; 若精度和生产率都要求高, 则结构复杂, 制造工艺也难, 成本也将提高。因此, 在设计机械时, 必须从实际情况出发, 合理地解决各项要求之间的矛盾, 既要抓住重点, 又要照顾一般。当然一般应当优先考虑保证生产产品的质量和提高生产效率。

三、专用机械设计步骤

设计工作大体可分为四个步骤。

1. 调查研究

调查研究的内容一般应包括:

(1) 学习有关文件, 明确设计要求;

(2) 到使用单位调查、了解所设计的专用机械将要承担的生产任务和加工工艺, 了解使用单位对专用机械的要求;

(3) 到制造单位调查、了解制造厂的设备条件, 技术能力和生产经验;

(4) 收集国内外同类型机械的技术文献和图纸资料, 并注意研究它的结构性能、使用和制造情况, 尤其注意新技术在同类型机械上应用的情况, 以及了解在设计新机械时将要进行的实验等;

(5) 对于新采用的工艺和结构, 必须先经科学实验取得足够的数据后, 才能应用于设计。

2. 拟定方案

在调查研究和实验的基础上, 通常可拟订出几个方案进行分析比较。每个方案所包含的内容有: 工艺分析、主要技术参数、总体布局, 传动系统、液压系统、电气系统、主要部件的结构草图, 试验结果及技术经济效果分析等。在确定方案时应注意以下几点:

(1) 处理好使用和制造之间的关系, 首先应满足使用要求, 其次才是尽可能便于制造。

(2) 听取各方面的意见, 经过分析比较, 去粗取精, 最后形成一个比较适用的方案。

(3) 凡是未经实践考验的方案, 必须经过实验证明可靠后才能使用。

3. 工作图设计

机械方案确定之后,就可以进行工作图设计,主要有如下几方面的内容。

(1) 绘制机械总图和各部件装配图,并进行必要的计算。

(2) 绘制全部专用件的工作图和通用件的补充加工图。对关键性零件进行必要的计算。

(3) 绘制电气原理图、液压系统图、管路图,以及机械安装图。

(4) 编写技术文件:专用件、通用件、标准件和外购件明细表;设计说明书:包括机械的总体方案、主要结构说明,以及有关运动、动力和关键件的计算,防止公害措施等;机械使用说明书:包括机械的技术性能和用途,机械的安装、调整,试车的方法,并附有备件表,易损件零件图,验收标准及精度检验记录表等。

(5) 有关图纸按规定进行审批和工艺、标准化审查。

4. 试制鉴定

设计图纸完成后,设计人员应参加机械的制造装配和试验鉴定的全过程。通过实践的检验,发现问题,解决问题,修改设计错误。只有把设计的机械设备制造成功了,经过试验鉴定合格,交付使用单位满意了,设计工作才算基本完成。

专用机械如果需要成批生产时,在样品试制鉴定后,经过运用考验,小批试生产后,才能投入成批生产。

四、专用机械的组成

1. 专用机械的工艺范围

(1) 机械加工方面。包括平面、外圆柱面、内孔表面等的加工。

(2) 装配工艺方面。包括组焊、铆接、压装、螺栓连接、键连接、油漆、钳工装配等。

(3) 解体工艺方面。包括拔销、拆卸、清洗、除锈等。

(4) 调修工艺方面。对车底架、中梁、车体及各种梁柱变形的矫正。

(5) 工件输送方面。包括零、部件的位移、翻转、转位、输送、上下料,流水线、自动线的运送等。

2. 专用机械分类

按工艺性质分

(1) 机械加工机械。例如中梁多轴钻床、侧架专用铣床、轴端螺孔加工转塔式组合机床、闸瓦托铣床等。

(2) 装配机械。例如液压铆钉机,轴承压装机、螺母拆装机、车体喷漆机等。

(3) 除锈机械。例如转向架冲洗机、抛丸除锈机等。

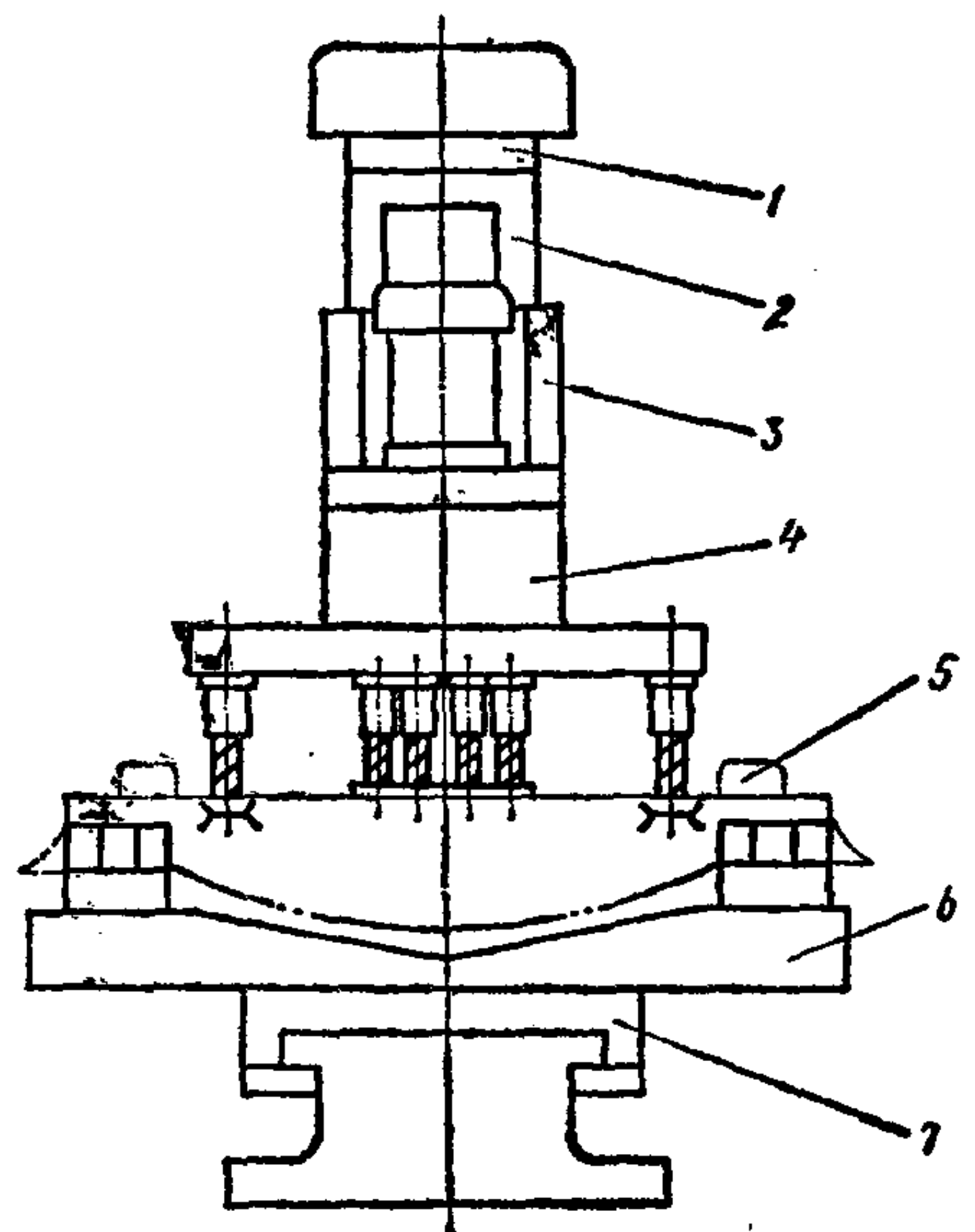


图1 摇枕钻孔组合机床

1——立柱; 2——滑台; 3——动力箱; 4——主轴箱; 5——工件; 6——夹具; 7——移动工作台。

- (4) 调修机械。例如货车调梁机、型钢矫正机、中梁液压矫正装置等。
- (5) 工件输送机械。例如转向架电动、气动转盘、客车翻转机、传送带、机械手等。

3. 专用机械的组成

(1) 专用机床组成。图 1 为摇枕钻孔专用组合机床，它由通用部件和专用部件组成。通用部件包括立柱及底座、液压滑台、动力箱、移动工作台和标准刀具（麻花钻头）等；专用部件有主轴箱、夹具等。

(2) 装配机械组成。图 2 为车体组装液压铆钉机，它由液压铆钉机、升降台和移动小车、手调装置、走行小车及液压站等组成，。其中液压站、升降油缸、链轮组、变速箱等都可采用通用标准部件。

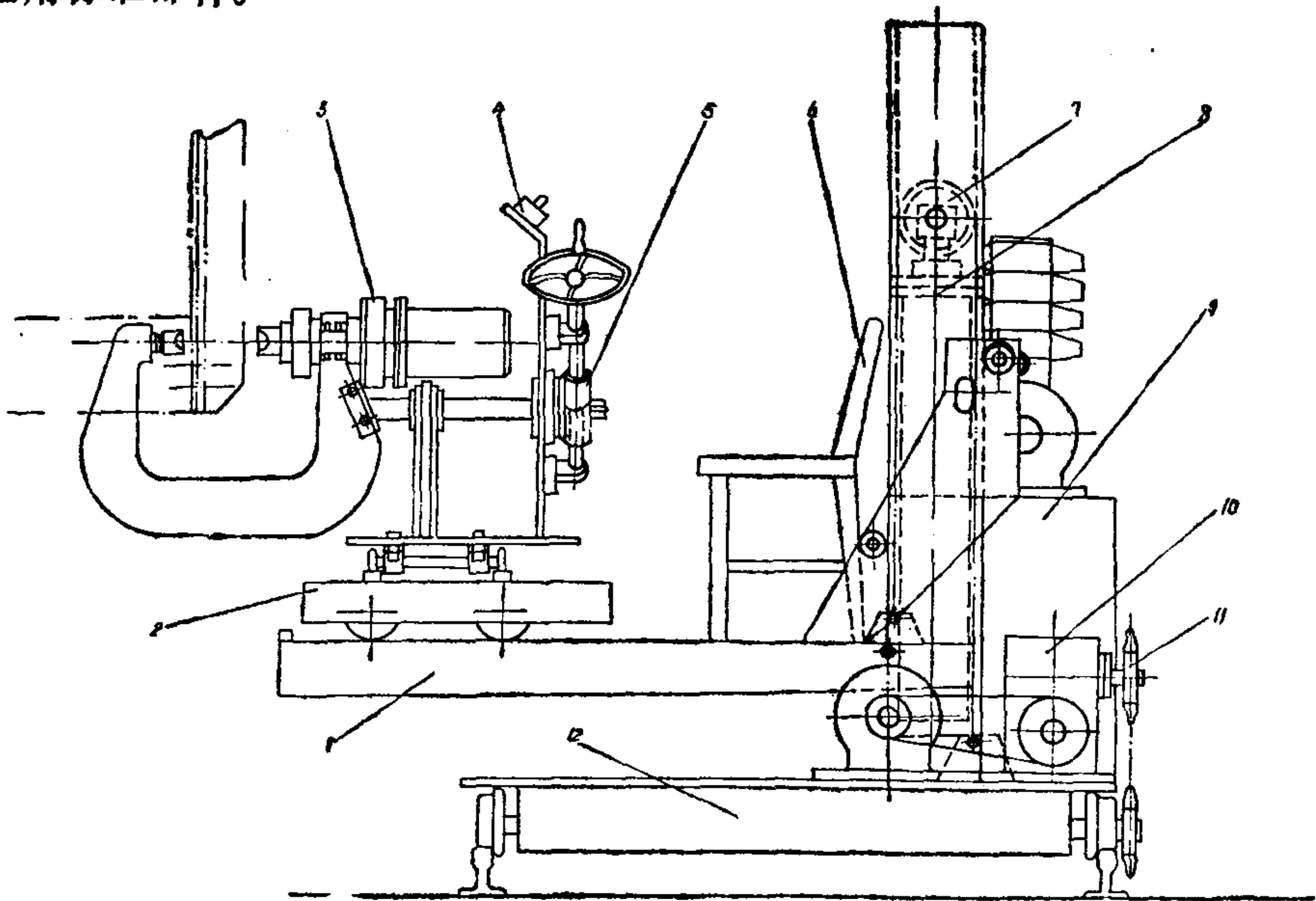


图 2 车体组装液压铆钉机

- 1 ——升降台； 2 ——纵横移动小车； 3 ——液压铆钉机； 4 ——电开关； 5 ——手调装置； 6 ——椅子；
7 ——链轮组； 8 ——升降油缸； 9 ——液压站； 10 ——变速箱； 11 ——链轮组； 12 ——走行小车。

机 械 运 动 形 式 表 1

项 目	完 成 运 动 的 执 行 部 件				备 注
	摇枕多轴钻床	车体组装液压铆钉机	货车调梁机	转向架冲洗机	
主运动	钻削头	液压铆钉机	工作油缸	喷嘴	直接加工工件的运动
进给运动	滑台	移动小车,升降台,手调装置	移动装置,走行装置	轮对旋转机构、送进油缸	加工工件的进给运动
工件定位夹紧运动	夹具	无	挂 钩 夹轨器 夹紧器	无	
工件传送运动	移动工作台	牵引机	牵引机	牵引机	
辅助装置	排屑装置	铆钉炉	无	排污装置	
设备状态	固定式	移动式	移动式	固定式	

(3) 调修机械组成。图 3 为货车调梁机，它由机架、走行装置，工作油缸、升降机构，液压装置等组成。其中走行装置的变速箱、升降机构的卷扬机、油缸及液压装置都是通用标准部件。

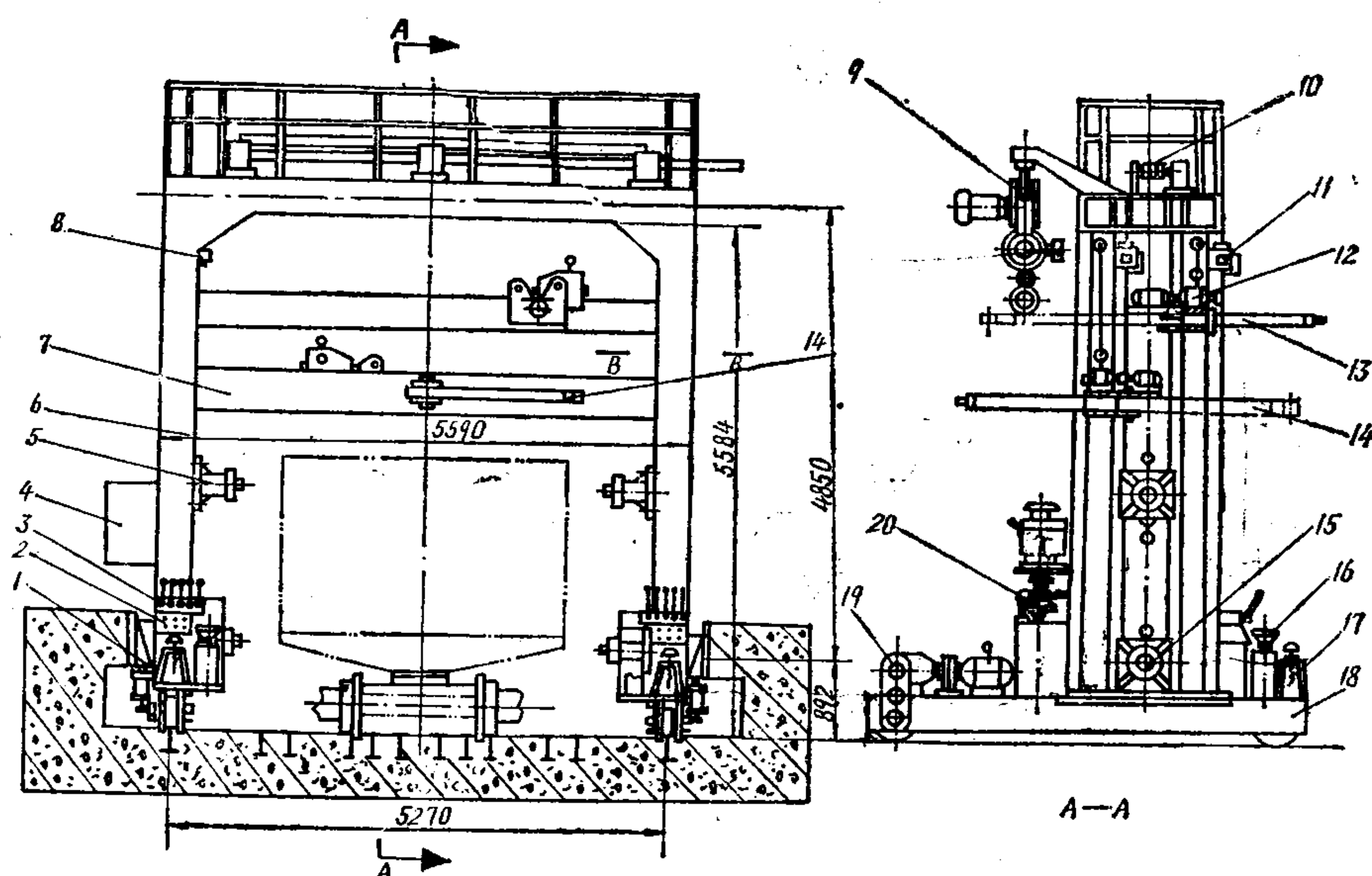


图 3 货车调梁机

- 1 — 液压楔铁装置；2 — 操纵台；3 — 并联换向阀；4 — 电气箱；5 — 侧立柱调直油缸；6 — 龙门架；7 — 横梁；8 — 限位开关；9 — 电葫芦吊；10 — 升降机构；11 — 安全装置；12 — 移动小车；13 — 端立柱调直油缸；14 — 拉钩；15 — 底架水平调直油缸；16 — 控制手轮；17 — 坐凳；18 — 底架；19 — 走行装置；20 — 液压站。

(4) 转向架冲洗机组成。图 4 为转向架冲洗机，它由高压水泵及控制系统，喷嘴及移动装置，轮对旋转机构等组成。

对上述四种不同类型专用机械的动作进行归纳分析，不外乎有下面几种运动形式，列于表 1。

从表 1 可以看出，尽管机械的结构不同，运动的形式也有差异，但大都是旋转运动和直线运动，其目的都是为了完成某些工艺要求。由原动机到执行机构所需的运动，单独采用某一种机构是实现不了的，必须根据需要将若干种机构组合起来，构成一个机械传动系统，才能完成某一工艺对运动的要求。例如：

机械传动

电动机→变速箱→螺母丝杠→滑台进给运动。

电动机→动力箱→主轴箱→切削头→刀具主运动。

液压传动

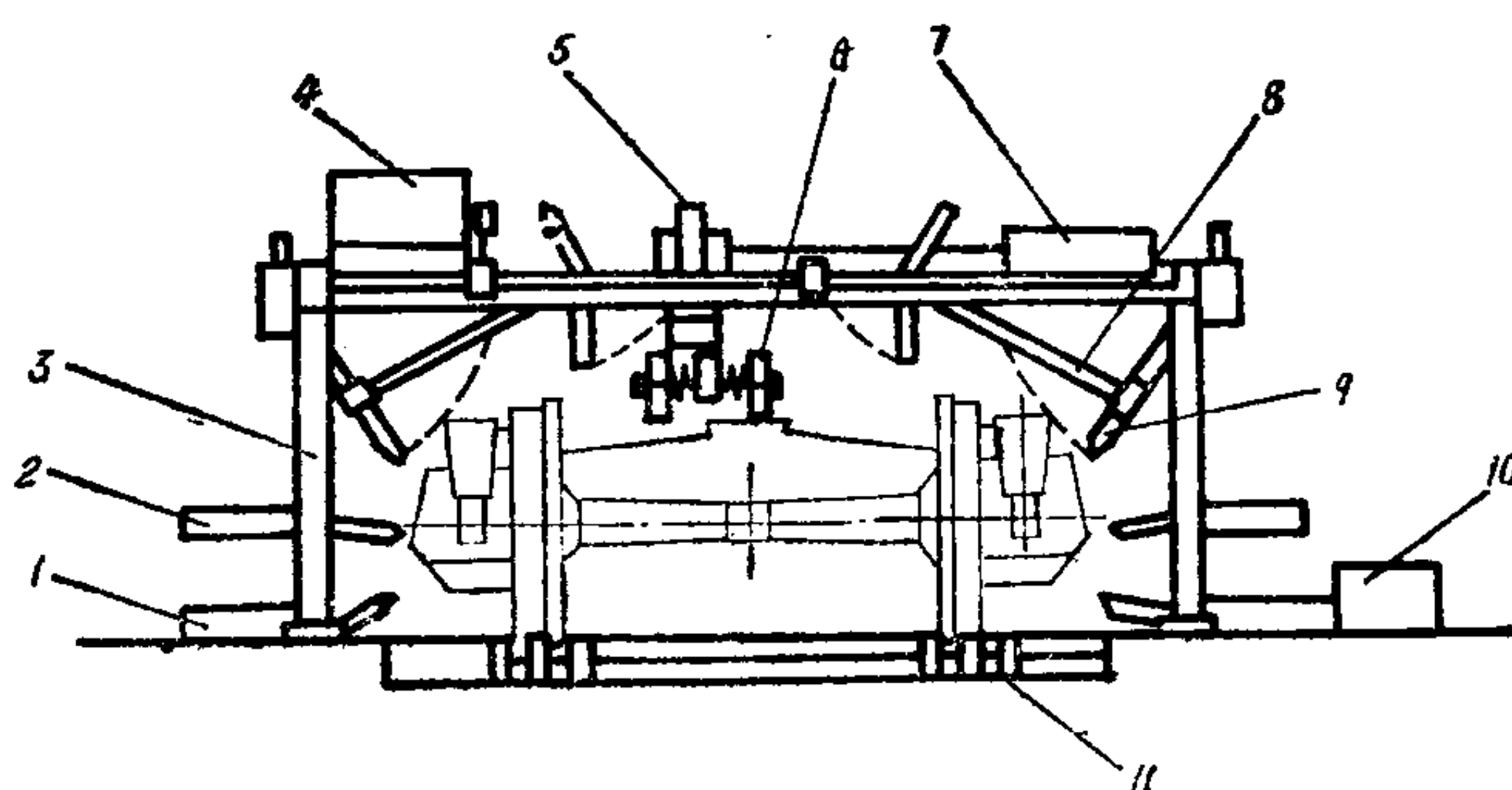


图 4 转向架冲洗机

- 1 — 冲轴箱外部移动油缸；2 — 冲轴箱内部移动油缸；3 — 机架；4 — 喷嘴摆动传动装置；5 — 刷轴身机构升降油缸；6 — 刷轴身机构；7 — 刷轴身机构移动油缸；8 — 喷嘴连杆；9 — 喷嘴；10 — 转轮机构传动装置；11 — 轮对旋转机构。

电动机→油泵→管路→液压阀→工作油缸直线往复运动。

根据应完成的工艺要求，研究和选择各种运动的执行机构，并通过控制系统有机地配合起来，是设计专用机械的主要任务之一。

五、专用机械的发展趋势

由于科学技术的发展日新月异，机械制造业的生产过程机械化和自动化技术也获得迅速发展，车辆修造专用机械的水平正在不断提高。但由于我们的技术水平较低，应做而未做的工作还很多，设计科研组织机构又不够合理，以致专用机械的技术还不完善，进展比较缓慢。综观全局，目前的发展趋势大致是：

1. 健全专用机械的设计科研机构，迅速开展设计科研工作。

2. 提高专用机械的工作性能。

提高专用机械的工作性能，主要反映在：简化机械结构，扩大应用范围和提高机械的使用可靠性。

(1) 简化机械结构，可以减少制造和维修的费用。目前的机械设备从结构上看是比较复杂的，从原动机到执行机构满足所需运动的要求，要采用几套机构的组合才能实现。一些工业发达国家在旋转运动方面已采用了机电一体化和交、直流伺服电机的方式；直线运动方面采用了直线电机，能大大简化机械结构。

(2) 扩大机械的应用范围，要求一机多能。例如既能拆卸又可安装；既可机械加工又可零件装配；既可运送零件又可安装零件；既可冷加工又可热加工；既能加工又能同时测量等。这样，就可减少设备数量，减少占地面积，提高劳动生产率，可获较好的经济效益。

(3) 提高专用机械的使用可靠性。为了保证专用机械工作的可靠性，因此，必须提高液压、气动、电器元件和电子元件的可靠性。在控制方面进一步采用数控技术和计算机技术，实现专用机械的自动化和无人操作化，赶上世界先进水平，也是非常必要的。

3. 发展组合式的专用机械

目前铁路部门使用的专用机械，除在机械加工方面采用组合机床的通用部件之外，其他类型的专用机械尚无组合式的通用部件。这样，给专用机械的设计制造带来了困难，出现工作量大，周期长，成本高的弊病。为了使专用机械适应产品改型、设备更新、多品种小批量生产的要求，根据专用机械的类别和特点，将部件结构设计成可以组合的典型通用形式。如组合式的机械手，可将一些通用部件（如手臂伸缩部件，升降部件，回转部件和手腕的回转，俯仰部件等），根据作业的要求，选择必要的能完成预定机能的单元部件，以机座为基础进行组合，配上与其相适应的控制部分，即成为能完成特殊要求的机械手。这样，既可简化专用机械的结构，又兼顾了使用上的专用性和设计上的通用性。从而便于进一步实行标准化、通用化和系列化的设计，以及组织专业化生产等。

4. 采用先进技术，提高专用机械的技术水平

提高专用机械的技术水平，必须采用先进技术。究其途径首先是自力更生，自行研制具有本国特色的先进机械。二是引进国外专利，主要是那些关键设备和先进技术，譬如先进的机械手和智能机器人。应当考虑采用新技术、新工艺、新材料，例如，水力加工、激光加工、超声波加工、高速和强力磨削，柔性制造系统，全自动化生产系统；采用集成测量技术，适应控制技术，微电子技术；采用高强度合金钢、变塑钢、耐磨耐腐蚀钢，新型陶瓷材料和特种

塑料等。

5. 现代机械设计新方法的研究

目前机械设计面临的新形势是：产品新型化，要求高参数、高效率、低消耗、多功能、自动化程度高，并经得起严酷环境考验的好性能。要求设计快、周期短、工作可靠、经济效益高。对于传统的设计方法，靠人的经验设计，计算粗糙，难得最优方案，周期又长，已远远不能满足当前世界产品激烈竞争的需要。现代机械设计新方法是利用计算机辅助设计，进行静态、动态分析，利用最优化技术，可靠性设计；利用系统工程、价值工程、有限元法分析，可创造性的设计。这样能考虑问题全面，可得到方案最优、精确度和可靠性最高、速度最快的设计方法。因此我们要重视现代机械设计理论和方法的研究是非常必要的。

第一章 车辆机械加工专用机床设计

第一节 概 述

一、机械加工专用机床在车辆生产中的重要性

机械加工专用机床，主要是指专用的金属切削加工机床。在机械制造业中，金属切削机床占机械设备总台数的50~70%，它所担负的工作量约占一半左右，其中有30~50%的工作量是由专用机床来完成的，并且正在逐步扩大。而且机械加工质量又是提高整个产品质量的关键。因此，我们要重视这类机床的设计。铁道车辆生产也不例外，而且又以平面和孔的加工工作量为大，更应重视多轴钻床和专用铣床的设计工作。目前机械加工专用机床设计的最好方式就是采用组合机床的设计方式。它具有许多经过精心设计，实践考验，使用稳定，结构紧凑，机械化自动化程度较高的通用部件可供借用。这样能使专用机床设计制造的周期大大缩短，机床费用降低。用组合机床基本上可以解决铁道车辆机械加工问题，所以这一设计方法正在铁路部门的厂、段广泛应用。

二、设计车辆机械加工专用机床的依据

机床设计的依据主要包括：生产批量，修程大小，工件状况，同类型机床有关技术资料，机床制造和使用单位的条件等。

（一）生产批量。根据生产纲领、品种、周期和生产率的要求来确定生产批量。由批量大小所规定的不同生产类型对专用机床设计要求也不同。一般可分为三类：

1. 单件生产。其特点是生产的品种和数量少，甚至只有一件，一般不需设计专用机床，可在普通机床上设法加工。

2. 成批生产。制造的品种和数量较多，成批地轮番地生产。按照批量的大小和产品的特征又可分为小批、中批和大批生产。所设计的专用机床具有可调性和可变性，如可调头、转塔头机床，以适应多品种生产的要求。

3. 大量生产。品种单一，数量大，要求设计的机床效率高，质量稳定，自动化程度高，可用专用机床、自动化机床或自动线等。

（二）修程大小。按照车辆修程大小和检修限度，确定工艺方法，设计检修专用机械设备。

（三）产品或零件图。工件是机床的工作对象，是总体设计的主要依据。设计时必须了解工件的特点，加工要求和技术条件，还应研究工件的形状、重量、材料硬度等方面的特点。以便拟定工件定位、夹紧、输送方法，选择刀具材料，确定切削用量。在审查图纸发现定整性、合理性、工艺性等方面存在缺陷，必须及时提出，作必要的修改。

(一) 制定工艺方案

专用机床的总体设计应着重于工件及其加工的工艺分析，只有制定出先进合理的工艺方案，才能设计出先进合理的专用机床。根据特定的加工要求，提出若干个工艺方案，进行分析对比，择其佳者。工艺方案的改变常常导致机床的结构、性能、运动、传动、布局等发生一系列的变化，所以确定工艺方案是设计专用机床的重要环节。

孔 加 工 方 案

表 1-1

工序	孔加工方案	孔径精度	表面粗糙度	适用范围
孔	钻、扩、粗铰、精铰	1级	$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	较小孔径
	粗镗、半精镗、精镗、细镗		$\frac{1.6}{\nabla} \sim \frac{0.8}{\nabla}$	较大孔径
	钻、铰	2级	$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	φ16以下孔径
	钻、扩、铰		$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	较小孔径
	钻、铰扩复合		$\frac{1.6}{\nabla} \sim \frac{0.8}{\nabla}$	较小通孔径
	粗镗、扩、铰		$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	较小孔径
	粗镗、半精镗、精镗		$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	较大孔径
	粗镗、半精镗、精铰		$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	
加工	钻铰复合	3级	$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	较小孔径
	钻镗复合		$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	较小通孔径
	粗镗、精镗		$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	较大孔径
	钻、扩	4~5级	$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	较小孔径
	钻、镗		$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	
	扩、铰		$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	
	粗镗、半精镗		$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	较大孔径
	钻	6级	$\frac{25}{\nabla} \sim \frac{12.5}{\nabla}$	φ16以下孔径
	扩		$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	较小孔径
	钻、扩		$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	
	镗		$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	较大孔径
螺孔加工	钻及倒角、扩、攻（1或2次攻）	1级		较小孔径
	扩及倒角、镗、攻（1或2次攻）			较大孔径
	镗及倒角，扩、攻（1或2次攻）			
	钻及倒角、扩、攻	2级		较小孔径
	扩及倒角、镗、攻			较大孔径
	镗及倒角、扩、攻			
	钻及倒角、攻	3级		较小孔径
	扩及倒角、攻			较大孔径
	镗及倒角、攻			
	钻攻复合	4~5级		较小通孔径

1. 机械加工工艺方案

被加工零件的形状各不相同，但常见的加工表面不外是平面、外圆柱面、内孔表面。为达到这些表面的精度和粗糙度要求，应选用适当的最终加工方法，同时必须拟定相应的加工顺序，为最终加工创造条件。为了提高效率有的工序要集中，为了保证质量有些工序要分散，总之，具体问题要作具体分析。

（1）孔加工方案。表 1—1 所列为铸铁件孔加工时不同工艺方案所能达到的精度和表面粗糙度。当加工有色金属件时，加工精度和粗糙度比表中高；加工钢件或铸钢件时，往往需要增加工步才能达到表中的加工精度和粗糙度。表 1—2 为能达到的孔的位置精度及止口深度的精度。

孔的位置精度及止口深度的精度 表 1—2

名 称		精 度 mm
孔 距	钻 孔	$\pm 0.06 \sim 0.15$
	铰、镗 孔	$\pm 0.015 \sim 0.05$
镗孔的不同轴度	单 面 加 工	$\pm 0.01 \sim 0.03$
	双 面 加 工	$\pm 0.015 \sim 0.05$
镗孔轴线间的不平行度		$0.015 \sim 0.05/800 \sim 1000$
止 口 深 度		$\pm 0.02 \sim 0.05$

（2）平面加工方案。有铣削、刨削（或插削）、拉削几种。拉削虽然一次行程完成整个平面的粗精加工，效率高，但拉刀的设计制造困难，价格昂贵，除小平面采用外，大平面加工则很少采用；刨削虽然刨刀结构简单，调整方便，适应性大，但有空行程，生产效率低，常以铣代刨。端面加工则常用车削。其加工方案见表 1—3。平面的光整加工，则用磨削等。

平 面 加 工 方 案 表 1—3

平面类型	平面加工方案	精 度 等 级	表面粗糙度	备 注
端 面	粗车、半精车	4	$\frac{12.5}{\nabla} \sim \frac{6.3}{\nabla}$	
	粗车、半精车、精车	2 ~ 3	$\frac{3.2}{\nabla} \sim \frac{1.6}{\nabla}$	
小 孔 口 面	镗一次	4 ~ 5	$\frac{25}{\nabla} \sim \frac{12.5}{\nabla}$	端面宽度小于20mm
	粗、精镗	3 ~ 4	$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	
大 平 面	铣一次	4	$\frac{25}{\nabla} \sim \frac{12.5}{\nabla}$	不平度0.05/300mm至基面的尺寸公差 ± 0.05 mm
	粗铣、精铣	3 ~ 4	$\frac{6.3}{\nabla} \sim \frac{3.2}{\nabla}$	

2. 各种焊修加工方案。对磨耗件采取焊补、热处理、机械加工的方案；对钢板腐蚀的挖补工艺、则按切除、焊补、调平的方案进行。

3. 各种梁柱弯曲变形的矫正方案。一般先矫正主要变形点而后矫正次要变形点，以后的各次矫正以不影响前次已矫正好的部位为原则。

（二）专用机床的总体布局

机床总体布局的任务是选择机床的型式，分配运动以及安排各部件在整体中的位置。由