

国防工业技术丛刊 89

射流控制水套低压铸造

山西柴油机厂 编

(内部资料·注意保存)

国防工业出版社

射流控制水套低压铸造

山西柴油机厂 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092 1/32 印张 11/16 14千字

1971年9月第一版 1971年9月第一次印刷

统一书号: N15034·(活)-89 定价: 0.08元

N5

毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。

一、概 述

水套（也称汽缸体）是我厂生产的大型硬模铸造零件之一，结构较复杂，要求严格。而且要做致密性试验。铸件毛重36公斤，平均壁厚7毫米，最大热节处约 $\phi 40$ 毫米，是厚薄不太均匀的零件，其轮廓尺寸为：长 $\times$ 宽 $\times$ 高=1102 $\times$ 190 $\times$ 230（毫米）。

无产阶级文化大革命以前，一直是沿用比较落后的工艺进行生产，四个人凭体力，用撬杠开合模，还要抬两个150号坩埚的铝液进行浇注，劳动强度大，效率低。工人同志曾多次提出革新建议，都被资产阶级反动技术权威压制下去，造成了数量上不去，质量过不了关的被动局面。

在伟大领袖毛主席亲自制定的《鞍钢宪法》旗帜的指引下，我厂广大革命职工遵照毛主席关于“我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国”、“打破洋框框，走自己工业发展道路”的教导，决心迅速改变这种落后状况。在厂党的核心小组、革委会的正确领导和驻厂军宣队的热情帮助下，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇所鼓吹的“洋奴哲学”、“爬行主义”、“专家治厂”等反革命修正主义黑货，组织了以工人为主体，有革命领导干部和技术人员参加的“三结合”技术革新小组，上靠战无不胜的毛泽东思想，下靠广大革命群众，发扬独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的革命精神，经过反复试验，多次改进，用四个多月的时间，完成了射流控制水套低压铸造整套设备的设计、制造和安装任

务。并经过试调，浇出合格的水套铸件。经过鉴定，铸件的全部技术性能指标，远远超过技术条件要求，见表1。

表1 铸件技术条件及检验结果

项 目	抗张强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	延伸率 δ_5 (%)	硬 度 (HB)	低倍组织①	附 注
技术条件规定	≥ 18	≥ 1.5	≥ 85	不超过三级	
实验检验结果	29.16	6.25	96.7	一级以下， 局部在 1~2级	本体取样平 均值

① 低倍组织标准暂按全苏航空材料研究所的标准判定。

目前水套已投入批量试生产，进一步验证工艺的稳定性 and 产品质量，以便更进一步完善和提高。水套低压铸造的试制成功，彻底甩掉洋拐棍，实现了全厂广大革命职工提出“为毛主席争光，为伟大的社会主义祖国争光”的豪迈誓言。

二、低压铸造基本原理及给气系统元件结构

低压铸造是利用低压空气作为力之传递介质而将铝液直接由保温炉坩锅中往铸型里充填的一项先进工艺，它具有无冒口，铸件组织致密，合金液利用率高等优点。其基本原理见图1，图示为浇注前之准备状态。将已调好压力并经过滤干净的低压空气自进气口6进入密封的保温坩锅4中，低压空气在铝液3液面上产生压力，铝液在空气压力作用下通过升液管2（也称浇注管）按一定速度压入铸型（即充型），并在压力作用下凝固。待铸件凝固后，切断气源，并把坩锅中

的空气放空，铝液面恢复常压，未凝固之铝液在重力作用下回至坩埚中，完成一个浇注过程。

根据水套工艺特点，我们选择两级给压的工艺，压力曲线见图2。第一级充型时压力上升均匀而缓慢，要求铝液沿升液管缓慢上升，以保证铝液充型平稳，直至充满铸型。为保证铸件在压力下凝固，第二级是压力以较快的速度升到保压压力（我们控制在 $0.4 \sim 0.45$ 公斤/厘米²），以提高铸件致密度，消除疏松。为了

达到分级给压的工艺要求，我们采用射流控制，设计了图3的气路原理图。其中射流控制部分采用两个“双稳”元件，

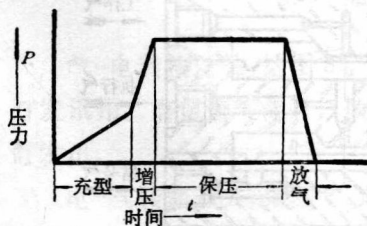


图2 压力曲线

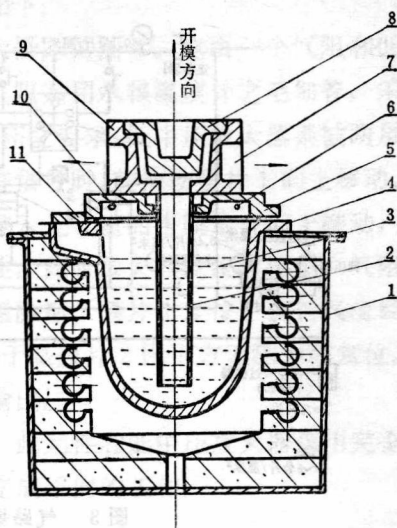
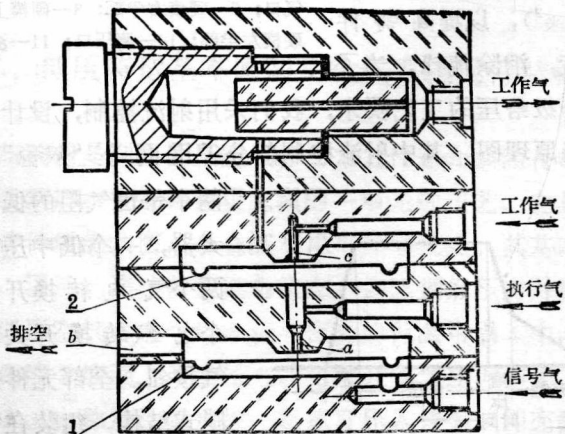
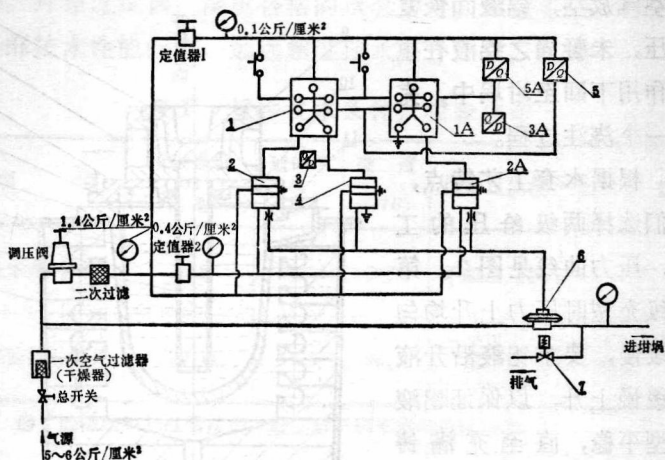


图1 低压铸造基本原理示意图

1—炉体（包括炉衬及加热元件）；2—升液管；3—铝液；4—坩埚；5—炉盖；6—进气口；7—硬模右半部；8—硬模上部；9—硬模左半部；10—测压口；11—浇注口盖。

两个带恒气阻的低中压放大器，一个低中压开关，两个气-电转换开关，两个电-气转换开关和两个气按钮。全部元件采用插腿式结构，组装在气路板上。



通用元件的结构原理如下:

带恒气阻的低中压放大器, 见图 4。它由一个气阻和低中压放大器两部分组成, 气阻系用水银温度计之毛细管, 采用 26 毫米即能满足缓慢升压之要求。低中压放大器系被两层波纹膜片分四个气室。当有信号时, 就推动膜片 1 向上移动, 将喷嘴关闭, 执行气流就进入上气室而将膜片 2 向上推动, 工作气流的小喷嘴就被关住, 此时放大器就没有输出, 气阻也就无气流通过。当信号撤除后, 膜片 1 复位, 执行气流经过喷嘴 *a* 从排气孔 *b* 排空, 于是膜片 2 因下方无压力而复位, 工作气流就经过喷嘴 *c* 而输出。

低中压开关, 见图 5。此元件和低中压放大器作用完全相同, 只是在相同的时间完成不同的工作。

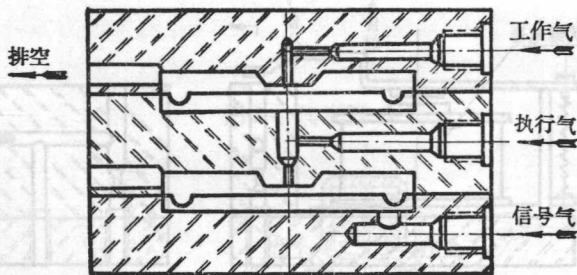


图 5 低中压开关

气-电转换开关, 见图 6。此元件只供低压电 6.3 伏信号灯发讯用。有信号气流时, 膜片向上推, 将触点接通, 指示灯发讯。

电-气转换开关, 见图 7。此元件作为增压信号, 扫零信号发讯及“双稳”元件切换气流方向用。线圈电压为 6.3 伏, 系

利用旧继电器改制，线圈有电时，衔铁带动挡板将喷嘴堵住，气流改变方向，输出端即有信号输出。

气按钮，见图8。此元件作为浇注和扫零发讯用。上孔通大气。滑杆往下按动，气流就从输出孔输出，松开后下面的弹簧就使滑杆复位。

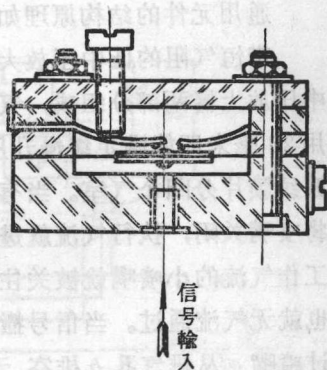


图6 气-电转换开关

整个控制装置通过上述元件所完成的工作，还要经过一个执行装置来实现浇注过程的压力曲线特性，这就是浇注控制阀，见图9所示。这种薄膜反馈式浇注阀的平衡膜片通过

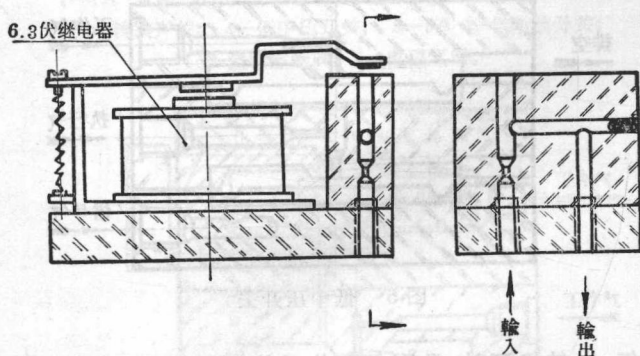


图7 电-气转换开关

阀杆与阀塞联成一体。当膜片下方控制室引进压力 P_1 时，膜片就在 P_1 作用下推动阀杆向上移动，使阀塞打开。这时压力为 P_0 的高压气流就经过阀杆与阀体之间的空隙，从输出口输

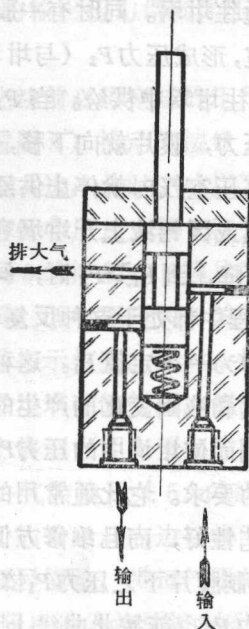


图8 气按钮

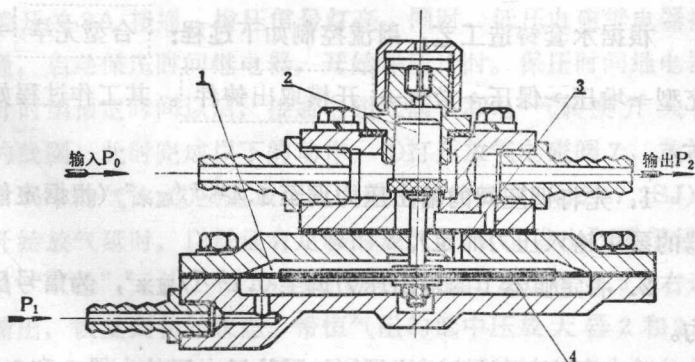


图9 浇注控制阀

1—反馈室；2—阀塞；3—反馈孔；4—膜片。

出压力为 P_2 的空气通往坩埚。同时有一股气流经反馈孔而进入膜片上方之反馈室,形成压力 P_2 (与坩埚中气压相等)。当 $P_1 > P_2$ 时,气体继续往坩埚中供给。当 $P_1 < P_2$ 时,反馈室的压力大于控制室的压力,膜片就向下移,带动阀杆和阀塞下移,使阀塞关闭。高压空气 P_0 就停止供给。由于反馈室与坩埚相连,当坩埚漏气或因铝液上升坩埚容积增大而压力下降时,反馈室压力 P_2 下降,到 $P_1 > P_2$ 时,阀杆又重新打开,补充供气。整个浇注过程中都处于这种反复动作的动平衡之中,故能保持坩埚中压力为一个定值 P_1 。这种浇注阀流量大,能自动补偿坩埚微漏气和液面变化而产生的压力波动,通过对控制室压力 P_1 的控制而使坩埚中的压力 P_2 按压力曲线满足低压铸造加压和保压的要求。它比通常用的电磁阀(针阀)的控制装置简单,工艺性好,而且维修方便。

很显然,只要控制膜片下之压力 P_1 依图2压力曲线给压,就能使坩埚中的压力 P_2 也能按此曲线上升。而对 P_1 的控制,我们采用射流技术和手动两种手段来实现的。

根据水套铸造工艺,射流控制如下过程: 合型完毕 → 充型 → 增压 → 保压 → 放气 → 开模取出铸件。其工作过程如下:

1. 先将调压阀的输出压力调至 1.4 公斤/厘米^2 (根据定值器的要求输入压力而定)。

2. 将定值器1的输出压力调至 0.1 公斤/厘米^2 , 为信号压力。

3. 按动扫零按钮,使带恒气阻的低中压放大器2和2A都处于关闭位置,而低中压开关则处于打开的位置。

4. 将定值器 2 的输出压力调到保压所需的压力 ($0.4 \sim 0.45$ 公斤/厘米²)。

这是每班开始浇注前必须完成的工作。

浇注开始 (参看图 3) 按动气按钮 1, “双稳”元件 1 之输出从左边切换至右边, 此时完成以下的动作: ①由于信号撤除, 带恒气阻的低中压放大器 2 打开, 工作气流经过气阻而进入浇注控制阀 6 的控制室 (膜片下室); ②“双稳”元件输出切换至右边后, 低中压开关 4 关闭; ③气-电转换开关 3 接通, 浇注信号指示灯亮。此时, 按图 2 压力曲线第一级斜率升压, 控制了坩埚中的气压, 铝液缓慢沿升液管上升充型, 直到充满整个铸型 (即充型完毕), 与安装在铸型上部的电接点接触, 将电-气转换开关 5A 的线圈接通, 发出信号, 使“双稳”元件 1A 的输出从右边切换至左边, 此时完成以下的动作: ①由于信号撤除, 带恒气阻的低中压开关 1A 打开, 工作气流通过气阻也进入浇注控制阀膜片下方的控制室, 坩埚中的压力即按图 2 中第二级的曲线斜率上升; ②气-电转换开关 3A 接通, 增压信号灯亮。同时, 低压电磁继电器接通, 启动保压时间继电器, 开始保压计时。保压时间继电器计时至预定时间以后, 接通电磁气阀 7 和电-气转换开关 5 的线圈。此时完成以下的动作: ①打开放气电磁阀 7, 放掉坩埚中的气体; ②接通放气延时继电器的线圈 (见图 17, 2SJ), 开始放气延时, 以保证有足够的放气时间; ③发出扫零信号, 使“双稳”元件 1 和 1A 同时切换方向, 1 左边输出, 1A 右边输出, 恢复到初始状态, 带恒气阻的低中压放大器 2 和 2A 关闭, 低中压开关 4 打开, 使浇注控制阀的控制室中气体放空, 浇注阀关闭; ④电磁阀 7 接通时 (看图 17, 2J) 把电铃

报警接通，发出信号，这样完成了一个浇注过程。

三、工艺方案及参数之选定

工艺方案选择是否适当，直接决定铸件的质量。各项工艺参数互相都有密切的关系，影响铸件的好坏。对于低压铸造工艺方案如何选定？毛主席教导我们：“分析的方法就是辩证的方法。所谓分析，就是分析事物的矛盾。”“列宁说，对于具体情况作具体的分析，是‘马克思主义的最本质的东西、马克思主义的活的灵魂’。”大家分析了水套的结构，研究了低压铸造的特点，认识到低压铸造和通常的重力浇铸相比，不论是凝固方向，结晶时外界的条件，还是凝固时补缩条件和铝液流动特性均有明显的差别。条件变了，工艺方案也要随之而变才能得到良好的结果。水套原来的质量关键是图10所示A处（规定不能有超过0.5毫米的疵孔），该处因补缩不良或浇注时产生涡流，形成氧化渣排除不了造成疵孔而导致铸件报废。有人主张反过来浇。我们具体分析了结构特点，认为图10所示A处放在上部来安排浇注系统是较合理的工艺方案，因该处系由金属盖板和活块形成，是最先凝固的部位，凝固过程中铝液由下往上补缩，保证组织致密。同时与下部相比，壁厚也较薄，符合顺序凝固的原则。另一方面从

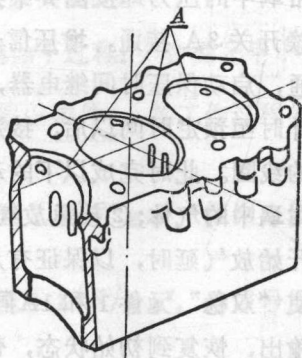


图10 铸件产生疵孔缺陷部位

模子结构和起模情况来考虑，也较有利。事实也证明：加工后该处表面光洁，组织致密，基本上已消除了原来是致命的缺陷。

毛主席教导我们：“研究任何过程，如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话，就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”针对水套改为低压铸造后取消冒口的具体问题，每缸之间的缸壁的疏松（见图11 A处所示）将是一个主要矛盾。因此，

我们一方面从浇注系统上着重研究解决这一问题，使之能在凝固过程中得到补缩；另一方面在该处适当地减薄壁厚，使之均匀过渡。在

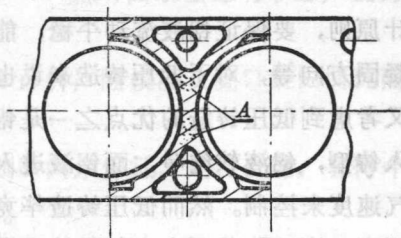


图11 铸件产生疏松部位

这样的前提下，我们设计了如图12所示的浇注系统。保证铸件由上至下的凝固方向，浇口处最后凝固，以利充分补缩。实

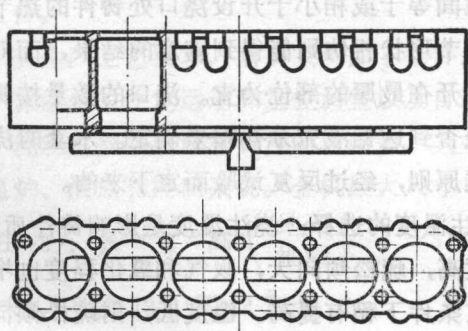


图12 浇注系统示意图

实际浇注系统截面积的比例为：内浇口：横浇口：升液管为1:1.7:2.3。但就其总面积计算，仍然是开放式的，其比例为2.17:1.5:1。所以铝液上升是很平稳的。这样既有利于补缩，又保证充型平稳可靠，是选择工艺方案的一个重要原则。

对于几个主要工艺参数选定的过程，我们有以下几点体会：

1. 浇口的形式、位置和尺寸如何选定？具体问题作具体的分析，这是我们的出发点。对于铝合金铸造浇冒口系统的设计原则，要保证铝液流动平稳，能撇渣，能充分补缩，控制凝固方向等，对于低压铸造来说也必须遵循这些原则。我们又考虑到低压铸造的优点之一是铝液从坩埚下部沿升液管进入铸型，铝液较纯净，而铝液进入铸型的速度完全可以由供气速度来控制。然而低压铸造毕竟还有其特殊性，不能生搬硬套。浇口的截面大小如果按通常重力浇注的办法来计算就有很大的差别，不能适用。因为低压铸造的浇口除保证铝液合理充型以外，还要保证能充分地补缩，起冒口的作用。我们也作过尺寸大小不等的浇口的比较试验，得出一点体会：就是浇口的截面等于或稍小于开设浇口处铸件的热节大小，浇口形状和热节形状相仿则能得到满意的结果，而对整个铸件来说，浇口开在最厚的部位为宜。浇口的数量按铸件大小和补缩距离能否到达铝液充分补缩来确定。水套的浇注系统就是遵循上述原则，经过反复试验而定下来的。

2. 浇注温度的选择：浇注温度是影响铸件质量的重要因素。温度高，疏松倾向大，吸气和氧化程度也增加，补缩效果在一定条件下稍有提高。温度低，则疏松倾向小些而补缩效率受些影响。针对水套的结构特点和浇口形式，认为选

择浇注温度低些为宜，通过增压手段保证补缩效果，消除疏松，根据试验选定为 $680\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3. 给压参数的选定和控制：加压速度以铝液不产生飞溅，保证平稳地上升为原则，同时还要在铸件充满后能充分利用压力的作用以保证有效补缩。增压压力以保证既能充分补缩又不使铸件产生“包砂”为原则。目前选定的参数为：

充型压力： $0.2\sim 0.3\text{公斤/厘米}^2$ （随液面而变）。

增压压力： $0.4\sim 0.45\text{公斤/厘米}^2$ ，因水套还有砂芯，压力太高就产生严重“包砂”。

保压时间：开始时约 2 分钟，随模温及浇口凝固情况而延长。

充型速度现在是用控制时间来保证，是否合理，有待今后验证，目前为 $30\sim 45$ 秒。

四、低压铸造机的结构

本机系采用液压开合模、射流控制浇注过程的水套专用低压铸造设备。

根据水套生产工艺要求，需要实现如下条件：铝液的保温和供给；保温炉的往复运动和定位调整以及自动控温；硬模的开合；浇注过程的控制和铸件的取出等，其主要部分有主机、保温炉、液压和控制系统。全机最大尺寸（液压和控制系统不在内）： $\text{长} \times \text{宽} \times \text{高} \left(\frac{\text{地面上}}{\text{地面上}} \right) = 3152 \times 2852 \times \frac{1807}{1840}$ （毫米），见图 13、图 14 和图 15。

主机：由底座、硬模、侧油缸组（缸径 150 毫米）、端油

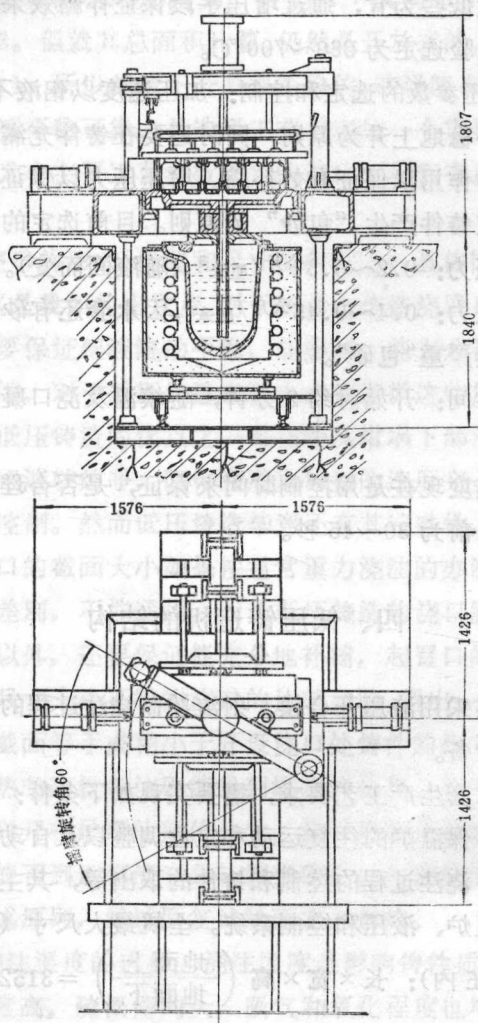


图13 设备总布置示意图

(图示位置为准备浇注状态, 油路未标出来)