



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12-5" GUIHUA JIAOCAI

材料成型机械设备

主编 高彩茹

副主编 花福安 邱以清 高秀华 曹富荣



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

C14055658

TG39
17



普通高等教育“十二五”规划教材

材料成型机械设备

主 编 高彩茹

副主编 花福安 邱以清 高秀华 曹富荣



北航

C1741330

北 京
冶金工业出版社

2014

TG 39
17

内 容 简 介

本书以连铸设备、轧钢设备、有色金属塑性加工设备、锻造设备、管成型设备为主要内容,以成型方法为主线,以各类成型主体设备为重点,全面阐述了各种成型设备的结构特点,参数选择,强度、变形计算及工(模)具调整和质量控制。本书在拓宽知识面的前提下,强调基本概念,注重理论应用,突出主要方法并吸收了本领域的一些最新研究成果。各章后均附有复习题,有助于学生深入学习。

本书是高等学校材料成型及控制工程专业本科生教材,也可供相关专业研究生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料成型机械设备/高彩茹主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6508-7

I. ①材… II. ①高… III. ①金属材料—成型机械—
机械设备—高等学校—教材 IV. ①TG39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 102298 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 卢 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6508-7

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京印刷一厂印刷

2014 年 6 月第 1 版, 2014 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 20.5 印张; 496 千字; 316 页

43.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要（2010~2020）》，全面提升本科教学质量，充分发挥教材在提高人才培养质量中的基础性作用，根据教育部颁布的“材料成型与控制工程”专业培养目标，新编《材料成型机械设备》一书。本书在内容上遵循拓宽专业口径，扩展知识面的指导思想，同时又注意到其本身的系统性和科学性，按照21世纪人才知识结构的需求建立了“以成型方法为主线，以各类型主体设备为中心，以主要设备的结构和力能参数计算为重点”的金属材料成型机械设备体系，全面、系统地讲述了冶金材料成型领域的不同类型，不同结构形式的成型设备，包括液体金属成型设备，固态金属成型设备和深加工成型设备等三部分。第1章重点介绍连铸设备、液态铸轧设备；第2~9章重点介绍轧制设备；第10、11章介绍挤压、拉拔设备；第12章介绍锻压设备；第13章重点介绍材料成型生产中通用的辅助设备——剪切机。

本书作为教材，在拓宽知识面的前提下，强调对基本概念、基本知识和基本理论的掌握，注重基本理论的实际运用。在全面介绍各种材料成型设备工作原理、结构形式的基础上，对典型设备的结构特点和参数选择重点讲授，对与产品质量直接相关的工、模具的安装、调试和控制方法做简要介绍，同时结合设备主要部件的受力分析，要求掌握强度、变形和力能参数的计算方法，以保证工艺制度的正确实施和设备的使用安全。这样不仅使读者对设备的结构选型、参数确定，对零部件强度和变形计算方法有深入了解，同时也有助于培养读者合理使用、分析与解决材料成型设备工程问题的能力。

本书第1章由邱以清编写；第2~8章由高彩茹编写；第9章由高秀华编写；第10、11章由花福安、丁桦编写；第12章由曹富荣编写；第13章由高彩茹、于九明编写。参编人员基本都是工作在教学和科研一线的中青年教师，具有丰富的教学经验及现场科研工作经历，掌握材料成型设备的最新发展动态，对于教材编写中资料的收集和内容的扩充具有得天独厚的条件，在教材内容编写上做到详略得当。

本书既可作为材料成型与控制工程专业和材料工程专业本科生教材使用，又可供工程技术人员参考。

在本书的编写过程中，参阅和引用了国内外有关文献资料，在书后进行了著录，这里谨向所参考文献的原作者们表达谢意，特别感谢由于九明、庞维成主编的《材料成形机械设备》一书的各位作者。感谢东北大学丁桦教授、张晓明教授对本书提出的宝贵指导性意见。

鉴于作者水平有限，书中不当之处，敬请各位读者批评指正。

作者

2013年10月

目 录

1 连续铸造设备	1
1.1 连续铸钢设备	1
1.1.1 连铸机概述	1
1.1.2 连铸机的主要构成及其作用	3
1.1.3 近终形连铸	25
1.2 常用有色金属的连铸设备	28
1.2.1 有色金属连铸设备概述	28
1.2.2 双辊式铸轧机的类型与配置	28
1.2.3 连铸系统主要构成	29
1.2.4 薄板带超薄高速连续铸轧机	34
1.3 连铸相关先进技术	36
1.3.1 结晶器相关技术	36
1.3.2 结晶器非正弦振动及同步控制	38
1.3.3 电磁冶金技术	40
复习题	45
2 轧制设备的基本类型	46
2.1 轧机的分类	47
2.1.1 轧机按用途分类	47
2.1.2 轧机按构造分类	49
2.1.3 轧机按布置分类	51
2.2 轧机的基本形式	52
2.2.1 板带材热轧机	52
2.2.2 板带材冷轧机	54
2.2.3 型材轧机	58
2.2.4 高速线材轧机	59
2.3 轧制设备发展趋势	61
2.3.1 缩短工艺流程, 简化生产工序, 提高连续化和自动化程度	61
2.3.2 研制开发系列新设备、新技术	63
2.3.3 开发和应用高效新型轧机	63
复习题	64

3 轧辊	65
3.1 轧辊的工作特点和分类	65
3.1.1 轧辊的工作特点	65
3.1.2 轧辊的分类	65
3.2 轧辊的结构形式及材质的选择	65
3.2.1 轧辊的结构	65
3.2.2 轧辊参数的确定	67
3.2.3 轧辊材质的选择	70
3.3 轧辊的强度计算	71
3.3.1 型材轧机轧辊强度计算	71
3.3.2 二辊板带轧机轧辊强度的计算	73
3.3.3 四辊轧机轧辊强度计算	74
3.3.4 轧辊的安全系数	78
3.4 轧辊的挠度计算	78
3.4.1 轧辊辊身中间总弯曲挠度的计算	79
3.4.2 辊身中间位置和钢板边部挠度差值计算	81
3.4.3 辊身中间位置和辊身边缘挠度差值计算	82
3.5 轧辊的辊型调节	83
3.5.1 液压弯辊装置	83
3.5.2 几种辊型可调的新型轧机	85
复习题	88
4 轧辊轴承	90
4.1 轧辊轴承的工作特点及主要类型	90
4.2 滚动轴承	91
4.2.1 圆锥滚柱轴承	91
4.2.2 圆柱滚柱轴承	92
4.2.3 球面滚柱轴承	92
4.3 液体摩擦轴承	93
4.3.1 动压轴承	93
4.3.2 静压轴承	94
4.3.3 动-静压轴承	97
复习题	98
5 轧辊的调整装置与平衡装置	99
5.1 轧辊调整装置的用途和类型	99
5.1.1 轧辊调整装置的用途	99
5.1.2 轧辊调整装置的类型	99

5.2 压下装置的基本结构	100
5.2.1 手动压下装置	100
5.2.2 电动压下装置	100
5.3 液压压下装置	105
5.3.1 液压压下装置的组成	105
5.3.2 液压压下装置的类型	106
5.4 压下装置主要零部件结构与计算	107
5.4.1 压下螺丝与螺母	107
5.4.2 转动压下螺丝的扭矩及功率计算	110
5.5 轧辊平衡装置	111
5.5.1 轧辊平衡装置的作用	111
5.5.2 轧辊平衡装置的类型	111
5.5.3 轧辊平衡力的确定	114
复习题	114
6 轧机机架	115
6.1 机架的类型及结构	115
6.1.1 机架的类型	115
6.1.2 机架的结构	116
6.1.3 机架的主要参数	117
6.2 机架的强度计算	118
6.2.1 简单闭式机架的强度计算	118
6.2.2 二辊开式机架强度计算	121
6.2.3 机架的材料和许用应力	123
复习题	123
7 轧机主传动装置	124
7.1 梅花接轴	124
7.2 滑块式万向接轴	125
7.2.1 结构及主要参数	125
7.2.2 接轴的强度计算	127
7.3 十字轴式万向接轴	131
7.4 弧形齿接轴	132
7.4.1 弧形齿接轴的结构	132
7.4.2 弧形齿接轴的材质	134
复习题	134
8 轧机机座的刚性	135
8.1 轧机刚性与板厚差的关系	135

VI	
8.1.1	轧机的弹跳与刚性 135
8.1.2	轧机的弹性变形曲线与轧件的塑性曲线 135
8.1.3	轧机刚性对板厚差影响的定性分析 137
8.1.4	轧机刚性对板厚差影响的定量分析 138
8.2	轧机刚性与轧机控制性能的关系 139
8.3	轧机刚性系数可任意调节问题 140
8.4	影响轧机刚性的因素 141
8.4.1	轧制速度的影响 142
8.4.2	板宽的影响 142
8.5	提高轧机刚性的措施 142
8.5.1	缩短轧机应力回线的长度 143
8.5.2	对机座施加预应力 143
	复习题 145
9	轧管设备 147
9.1	热轧管机 147
9.1.1	穿孔机 147
9.1.2	轧管机 155
9.1.3	定、减径机 168
9.2	冷轧管机 174
9.2.1	二辊周期式冷轧管机组成 174
9.2.2	二辊周期式冷轧管机的主要装置 175
9.3	焊管机 181
9.3.1	连续炉焊管机组 182
9.3.2	连续成型电焊管机组 182
9.3.3	UOE 焊管机组 191
9.3.4	螺旋焊管机组 193
9.3.5	不锈钢焊管机组 194
	复习题 197
10	挤压设备 198
10.1	挤压机类型及组成 198
10.2	挤压机的主要技术参数 204
10.2.1	挤压力 204
10.2.2	液体的工作压力 204
10.2.3	主缸系统参数 204
10.2.4	穿孔系统参数 206
10.2.5	挤压筒参数 207
10.2.6	主剪力、辅助剪力 208

10.2.7 滑移模座推入及拉出力	208
10.2.8 挤压机的速度	208
10.2.9 挤压机的小时生产能力	209
10.3 液压挤压机的本体结构	209
10.3.1 机架	209
10.3.2 液压缸部件	212
10.3.3 穿孔装置	213
10.3.4 挤压工具	214
10.4 挤压机的辅助装置	215
10.4.1 模座	215
10.4.2 压余分离装置	217
10.4.3 挤压牵引机构	217
10.4.4 料台与冷床	218
10.5 液压挤压机主要部件的强度计算	218
10.5.1 主缸的强度计算	218
10.5.2 挤压筒的强度计算	221
10.6 挤压机液压传动装置与控制系统	223
10.6.1 高压泵直接传动	223
10.6.2 高压泵-蓄势器液压传动	223
10.6.3 挤压机的液压控制系统	224
10.7 连续挤压机	228
10.7.1 Conform 连续挤压机	228
10.7.2 Castex 连续铸挤机	229
复习题	231
11 拉拔设备	232
11.1 管、棒、型材拉拔机	232
11.1.1 链式拉拔机	232
11.1.2 联合拉拔机	234
11.1.3 圆盘拉拔机	237
11.2 拉线机	240
11.2.1 单模拉线机	240
11.2.2 多模连续拉线机	241
11.2.3 拉线机的辅助装置	246
11.2.4 拉线机的发展	249
复习题	249
12 锻压设备	250
12.1 锻压设备概述	250

VIII	
12.1.1	分类..... 250
12.1.2	工作能力的换算..... 251
12.1.3	工作特点..... 253
12.2	锻锤..... 253
12.2.1	蒸汽-空气锤..... 253
12.2.2	无砧座模锻锤..... 259
12.2.3	空气锤..... 264
12.3	曲柄压力机..... 268
12.3.1	曲柄压力机..... 268
12.3.2	曲柄滑块机构的运动及受力分析..... 272
12.3.3	曲柄压力机的选用..... 276
12.4	螺旋压力机..... 277
12.4.1	螺旋压力机概述..... 277
12.4.2	摩擦螺旋压力机..... 279
12.5	锻压设备的发展趋势..... 280
12.5.1	概述..... 280
12.5.2	锻压柔性制造系统 FMS 和计算机集成制造系统 CIMS..... 280
	复习题..... 282
13	剪切机..... 283
13.1	平刃剪切机..... 283
13.1.1	平刃剪切机类型..... 283
13.1.2	平刃剪切机参数..... 288
13.2	斜刃剪切机..... 292
13.2.1	斜刃剪切机结构..... 292
13.2.2	斜刃剪切机参数..... 293
13.3	圆盘剪..... 296
13.3.1	圆盘剪切机结构..... 296
13.3.2	圆盘剪主要参数..... 297
13.4	飞剪机..... 299
13.4.1	飞剪的结构类型..... 299
13.4.2	飞剪切头(尾)和切定尺调整原理..... 307
13.4.3	飞剪基本参数的确定..... 310
	复习题..... 313
	参考文献..... 314

1 连续铸造设备

本章概述

连续铸造，简称为连铸，是把液态金属连续浇注到连铸机的水冷结晶器内，经过凝固成型、切割而直接得到铸坯或铸带的生产工艺。它对钢铁和有色金属工业生产流程的变革、产品质量的提高和结构优化等方面起到了革命性的作用。连铸取代模铸，简化了铸坯生产的工艺流程，省去模铸工艺中的脱模、整模、钢锭均匀加热和开坯工序，为铸坯生产的机械化和自动化创造了条件。

1.1 连续铸钢设备

1.1.1 连铸机概述

连铸机接受来自熔炼工步的高温钢水，同时为热轧工步输送合格的钢坯。它由钢包、中间包、结晶器、结晶器振动装置、二次冷却装置以及铸坯导向装置、拉坯矫直装置、切割装置、出坯装置等部分构成，如图 1-1 所示。为了改善连铸坯的质量，一些连铸机还配有电磁搅拌、电磁制动、末端轻压下等装置。

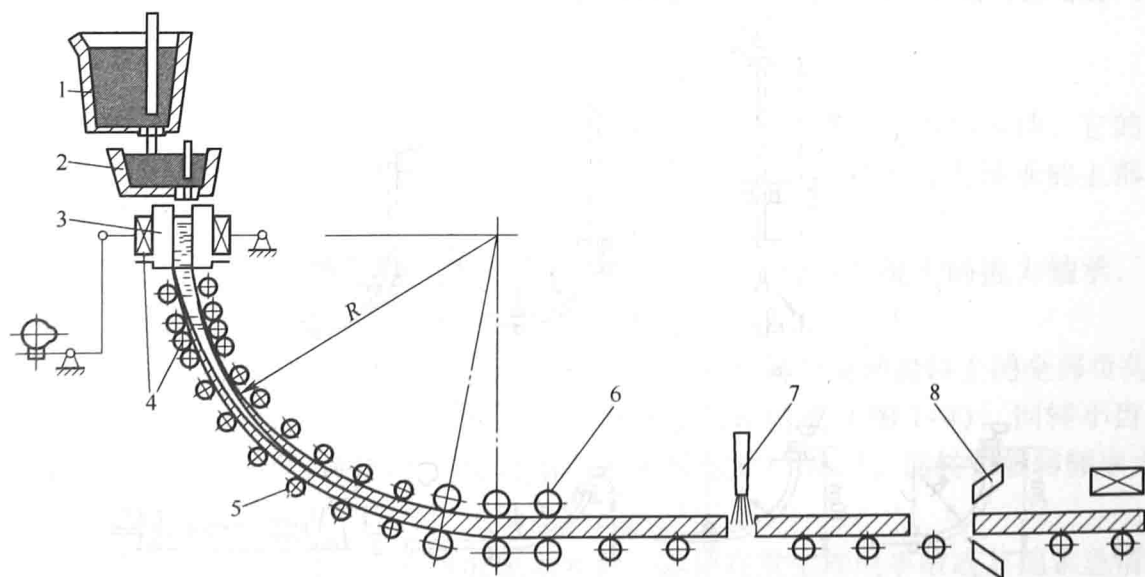


图 1-1 连铸设备示意图

1—钢包；2—中间包；3—结晶器及振动装置；4—电磁搅拌装置；
5—二次冷却和铸坯导向装置；6—拉矫机；7—切割装置；8—出坯装置

连铸机参数主要包括铸坯断面、拉坯速度、冶金长度、弧形半径、铸机流数等。它们是决定设备性能和规格的基本因素，也是设备选型和机械设计的主要依据。

(1) 铸坯断面：铸坯断面的形状和尺寸是确定连铸机机型和功能的设计依据。铸坯断面的确定，既要考虑炼钢炉容量及连铸机的生产能力，又要考虑轧钢机规格和铸坯断面的关系，以确保铸坯质量的最小最经济断面。

(2) 拉坯速度：拉坯速度可表示为连铸机单位时间内从结晶器拉出的铸坯长度，单位： m/min ，或者连铸机每一流每分钟浇注的钢水量，单位： t/min 。它是连铸机生产能力的标志，是生产操作中的重要参数。拉坯速度由设备条件、安全浇注、铸坯质量等因素决定。

(3) 冶金长度：连铸机冶金长度为结晶器液面到拉矫机最后一对辊子中心线的实际长度，标志着铸坯液相穴深度的最大极限位置。冶金长度是确定弧形连铸机半径和二次冷却区长度的一个重要工艺参数。

(4) 弧形半径：连铸机的弧形半径是指弧形连铸机铸坯弯曲的外弧半径，通常以米(m)来表示，为连铸机的重要参数之一。它标志着连铸机的形式、大小和可能浇注铸坯的最大厚度，同时也直接关系到连铸机的总体布置、高度及铸坯的质量。

(5) 铸机流数：连铸机的流数是指一个钢包、一台连铸机同时浇注出的铸坯条数，每一根铸坯称为一流。一台连铸机可以是单流的，也可以是多流的。在钢包容量一定的条件下，浇注时间、铸坯断面及拉速确定后，即可确定铸机流数，以协调冶炼和连铸的匹配关系。

立式连铸机是最早应用于实际工业生产中的机型。经过几十年的发展，连铸机机型不断改进和完善。按照铸坯运动轨迹，除了立式连铸机外，还有立弯式连铸机、弧形连铸机、椭圆形连铸机和水平连铸机，如图 1-2 所示。目前，生产中最常见的是弧形连铸机和立弯式连铸机。此外，连铸机还可以根据其他方法进行分类，例如，按照铸坯液芯静压力大小可分为高头型、标准型、低头型和超低头型连铸机；按照浇注断面可分为小方坯、大方坯、矩形坯、板坯、圆坯、异形坯连铸机等。

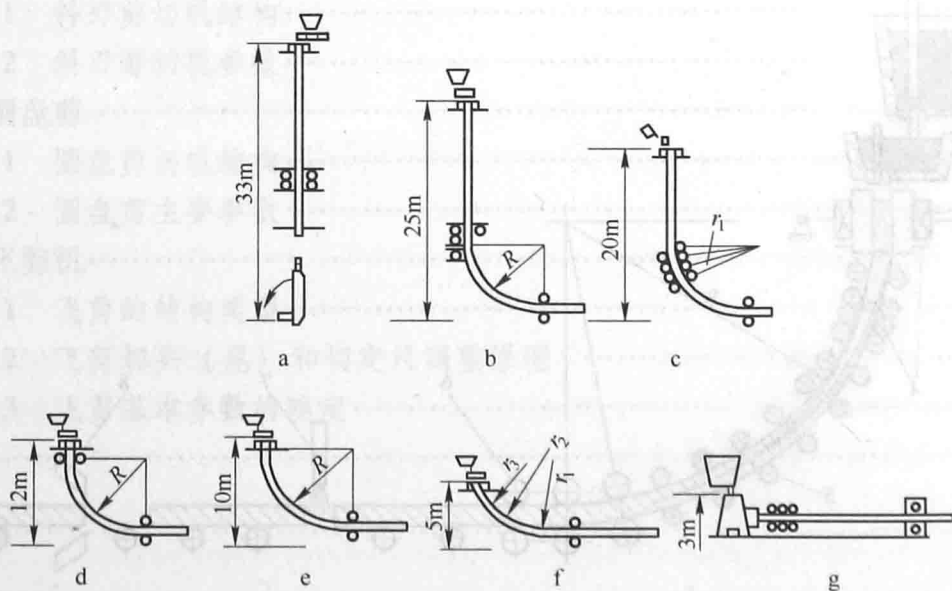


图 1-2 连铸机机型简图

a—立式；b—立弯式；c—直结晶器多点弯曲；d—直结晶器弧形；e—弧形；f—椭圆形；g—水平式

传统连铸机生产的铸坯，通常要冷却到室温，热轧前再重新加热。此外，传统连铸机生产的铸坯尺寸较大，需要经过较多道次的变形，才能得到最终产品。伴随着科学技术的不断进步，陆续又出现热装热送技术、连铸连轧技术、薄带连铸技术等，以达到节约能源、减少投资和简化生产工艺的目的。

1.1.2 连铸机的主要构成及其作用

1.1.2.1 浇注设备

熔炼合格的钢水通过钢包承运设备送至连铸机浇注平台，然后再由连铸浇注平台上的浇注设备把钢水连续、稳定地注入到结晶器内。连铸机的浇注设备主要包括钢包回转台、中间包、中间包车等。

A 钢包回转台

钢包回转台是现代连铸生产中应用最普遍的运载和承托钢包进行浇注的设备，通常位于钢水接收跨与浇注跨柱列之间。其作用是将受包位置的满载钢包回转至工作位置，准备进行浇注；同时，将浇注完毕的空钢包回转至受包位置，准备运走。钢包回转台在连铸作业率不断提高，实现多炉浇注过程中起到了重要作用。

钢包回转台按回转臂的形式可分为整体叉臂式和双单臂式两种。整体叉臂式回转台两端叉臂为一整体，只需一套旋转机构，结构简单。双单臂式两端的转臂各自单独旋转，两个钢包可有不同的相对位置，这对承运钢包、处理意外情况等更为方便、灵活，但结构复杂，制造和维修困难，制造成本高。

蝶形钢包回转台目前钢厂中使用较广。它属于双臂整体旋转单独升降式，结构如图 1-3 所示。

a 回转台的结构

钢包回转台主要由钢结构部分（包括旋转盘）、回转驱动装置、回转夹紧装置、升降机构、称量装置、润滑装置和事故驱动装置等组成。

钢结构部分由如下部分组成：

(1) 叉形臂：叉形臂为钢板焊接结构，共有两个。

(2) 旋转盘与上部轴承座：旋转盘即旋转框架，是一个较大型的结构件，它的上部压着支撑钢包的两个叉臂和钢包加盖装置的立柱及构件，下部安装着大轴承的上部轴承座，承受着巨大的负荷。

(3) 回转环：回转环是旋转台的心脏部分。它实际上为一个很大的推力轴承，安装在旋转框架和塔座之间。

(4) 塔座：塔座设置在基础上，通过回转环支撑着旋转台旋转盘以上的全部负荷。

回转驱动装置由电动机、大速比减速机及回转小齿轮组成（图 1-4）。回转小齿轮与上部轴承座的齿轮相啮合。回转台的旋转频率通常不大于 $1/60\text{s}^{-1}$ 。回转台旋转频率太高，在起动及制动时会使钢包内的钢水产生动荡，甚至溢出。

钢包回转台一般都设计有一套事故驱动装置，以便在发生停电事故或其他紧急情况而无法正常运转驱动装置时，仍可借助事故驱动装置将处于浇注位置的钢包放置到事故钢包上。事故驱动装置可以是气动，由气动马达代替电动机驱动大速比减速机及其他部分，也可以利用蓄电池为电动机供电。

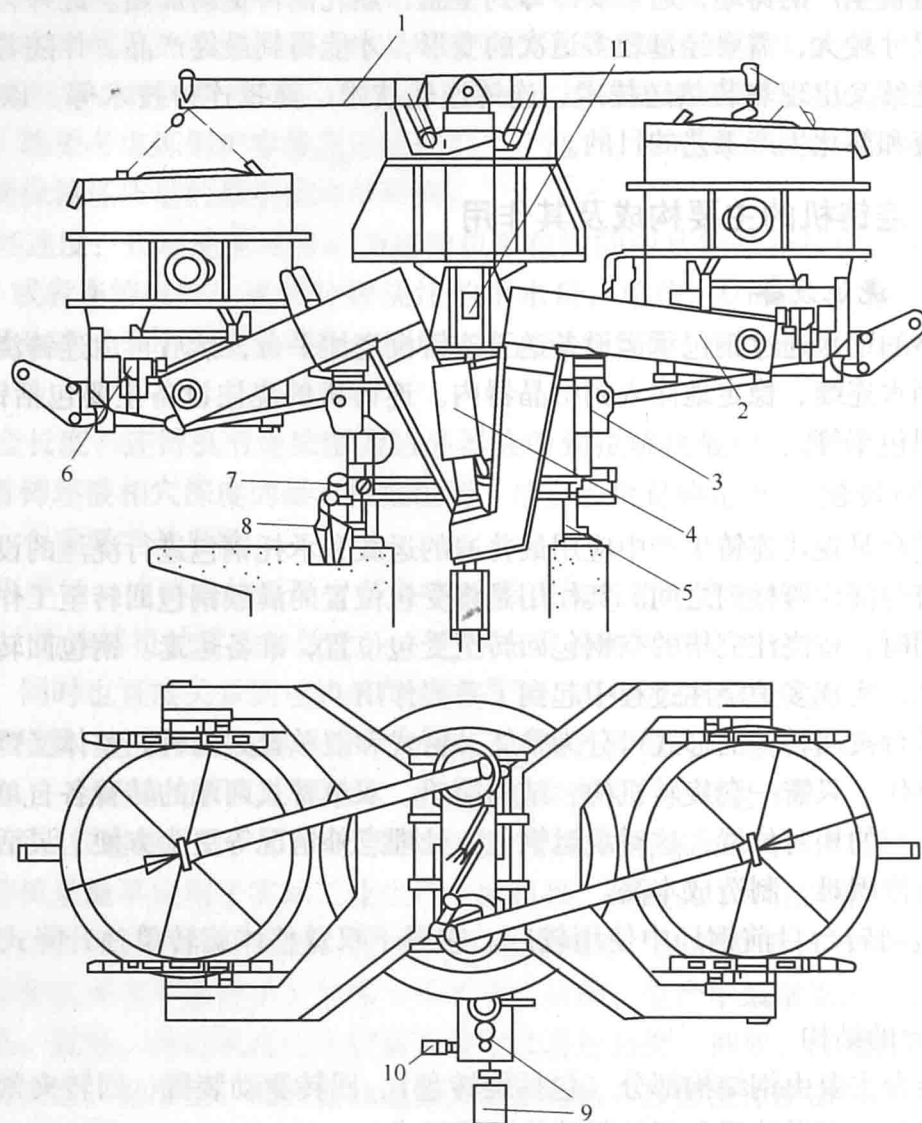


图 1-3 蝶形钢包回转台

1—钢包盖装置；2—叉形臂；3—旋转盘；4—升降装置；5—塔座；6—称量装置；
7—回转环；8—回转夹紧装置；9—回转驱动装置；10—气动马达；11—背撑梁

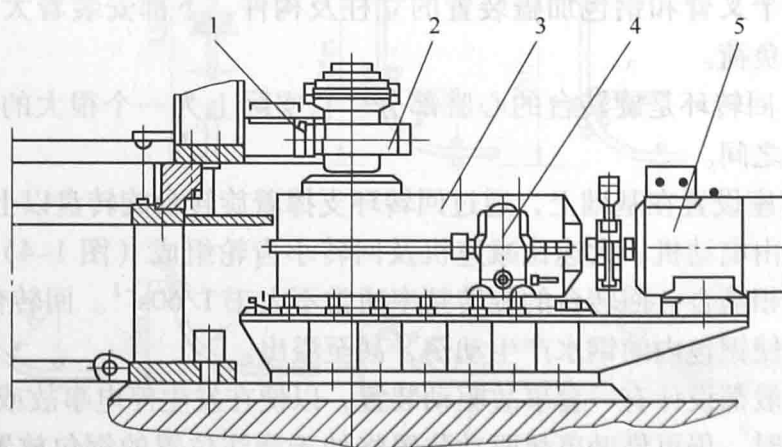


图 1-4 回转驱动装置及事故驱动装置

1—柱销齿轮；2—回转小齿轮；3—减速机；4—气动马达；5—电动机

回转夹紧装置是使钢包固定在浇注位置的机构，它一方面保护了回转驱动装置在装包时不受冲击，另一方面保证了正在浇注钢包的安全。

为了实现保护浇注，要求钢包能在回转台上做升降运动。当钢包水口打不开时，要求使钢包上升，便于操作工烧开水口。同时钢包升降装置对于快速更换中间包也很有利。螺旋形回转台的钢包升降装置，是根据杠杆原理设计的，它由一个叉臂、一个升降液压缸、两个球面推力轴承及导向连杆与支撑钢结构组成。

钢包称量装置的作用是用来在多炉连浇时，协调钢水供应的节奏以及预报浇注结束前钢水剩余量，从而防止钢渣流入中间包。每套升降装置配有称量传感器与称量系统。

钢包回转台的回转大轴承以及柱销齿圈啮合采取集中自动润滑，分别由两台干油泵及其系统供给。

b 钢包回转台的主要参数

(1) 承载能力：回转台在浇注过程中，有多种承载情况：刚开始时，通常只有浇注侧承运满包钢水；换包时，在回转台的两侧都有钢包，一侧空包，一侧满包；负荷最大的状态是两侧转臂均承运钢水。设计时，一般按两端均有钢水的情况考虑。如某钢厂采用的是300t钢包，满包时总重为440t，这样回转台承载能力须按 $400t \times 2$ 来考虑。

在回转台的工作过程中，起动、制动时的惯性力以及钢包向转臂上下落时必不可少的冲击力等，都将引起动载荷，对此，在计算承载能力时须引入动载系数予以考虑。动载系数目前尚无统一的确定方法和结论，奥钢联推荐 $k=1.5$ ；德马克的试验值 $k=1.37 \sim 1.8$ ；我国多取 $k=2$ 。

(2) 回转速度：回转速度的确定，主要以连铸机能满足多炉连浇为准。通常允许的回转时间约为0.5min，能回转 180° 即可，这样回转速度通常为 $1r/min$ 。在起动、制动时应运转平稳无冲击，以防钢水溢出，引起事故。

(3) 回转半径：钢包回转台的回转半径是指回转台中心到钢包中心之间的距离。回转半径一般根据钢包的起吊条件确定。

(4) 钢包升降行程：钢包的升降行程是为进行钢包长水口的装卸与浇注操作所需空间服务的，一般钢包都是在升降行程的低位进行浇注，在高位进行旋转或受包、吊包；钢包在低位浇注，可以降低钢水对中间包的冲击，但不能与中间包装置相碰撞。通常钢包升降行程为600~800mm。

B 中间包

中间包，又称为中间罐，是位于钢包与结晶器之间的一个耐火材料容器。中间包可保证钢水在较小和稳定的压力下平稳地注入结晶器，减少钢流冲击引起的飞溅或紊流，进而可在结晶器内获得稳定的钢液液面；钢水在中间包内停留过程中，非金属夹杂物有机会上浮；在多流连铸机上，可通过中间包将钢水分流；在多炉连浇时，中间包还能够储存一定数量的钢水以保证在更换钢包时不停浇；同时，在中间包里吹入惰性气体以调整包内的钢水温度，还可以加入需要的某些合金元素，以实现钢水的冶金处理。综上所述，中间包的作用主要有减压、稳流、除渣、储钢分流和中间包冶金。

在设计中间包时，应满足下述工艺要求：在易于制造的前提下，力求散热面积小，保温性能好，外形简单；其水口的大小与配置应满足铸坯断面、流数和连铸机布置的要求；便于浇注操作、清包和砌砖；应具有在高温下长期作业的结构稳定性。

常用的中间包主要有矩形、“T”形、三角形、圆形、椭圆形等。

a 中间包结构

连铸中间包由包体、包盖和水口等几部分构成。通常在中间包内还设有挡渣坝、挡渣堰、稳流器、冲击板等结构以净化钢水、改善钢水的流动状态以及提高钢包的使用寿命等，如图 1-5 所示。

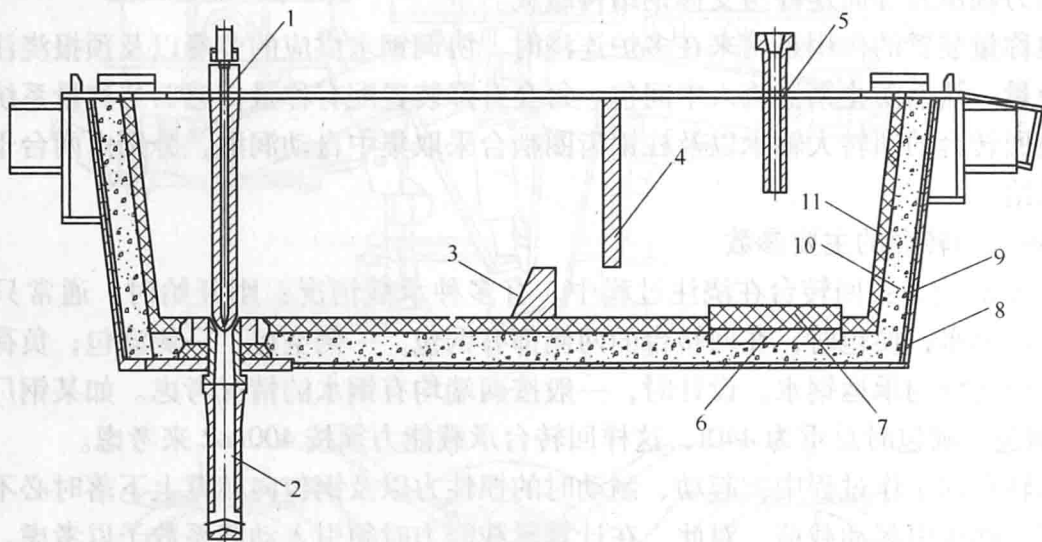


图 1-5 中间包示意图

1—塞棒；2，5—水口；3—挡渣坝；4—挡渣堰；6—冲击板；
7—稳流器；8—包壁；9—绝热层；10—永久层；11—工作层

包体包括包壁和包底。包壁和包底均由外壳和内衬组成。外壳一般用 12~20mm 厚的钢板焊成或用铸钢结构。包臂外壳上设有吊环（钩），安装对准的支架和供烘烤中间包时散放水蒸气用的排气孔。内衬为耐火材料，主要包括绝热层、永久层和工作层，有时在工作层上还有一薄层耐火涂料，以提高中间包的连浇炉数。包臂内衬应有一定的倒锥度，以便清渣和砌砖牢固。

中间包的上面有一特制的包盖，由厚钢板和耐火材料组成。包盖的作用是，防止中间包浇注时钢水热量的散失、中间包烘烤时起到保温作用，以及避免中间包内钢水对钢包底部的直接辐射，确保钢包及其滑动水口正常工作。

水口是中间包内的钢水流入结晶器的通道。为了控制钢水的流量，水口装置用来调整水口的开闭程度。水口装置主要有定径水口、塞棒式水口和滑动式水口三大类：

(1) 定径水口，多用于尺寸较小的小方坯连铸机上，开浇后中间包钢水流量主要由中间包内钢液面高度和水口直径来控制，不再控制与拉速自动匹配。为了防止钢水溢出，要求浇注工注意结晶器中液面的波动，并控制好拉速。

(2) 塞棒式水口（图 1-6），塞棒的控制分为手动和自动两种。自动控制是通过结晶器液面控制仪根据液面波动情况发出信号给位移跟踪指示器，通过液压系统或步进电机等控制塞棒的升降。塞棒式水口易于操作，使用效果较好。为了防止浸入式水口出现结瘤阻断浇注，一般向塞棒中间通氩气，同时氩气的通入也起到了冷却塞棒的作用。连铸过程中，塞棒会受到钢水浸蚀，这样当发生事故或需要停浇时，塞棒有可能无法完全截断钢水从中间包中流出，因而通常还配有事故插板。