



云南省高等学校“十二五”规划教材

连铸生产技术

Continuous Casting Technology

主编 黄静

 云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (C I P) 数据

连铸生产技术 / 黄静主编. -- 昆明 : 云南大学出版社, 2014

ISBN 978-7-5482-2109-8

I . ①连… II . ①黄… III . ①连续铸造—生产技术
IV . ①TG249.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 219543 号

连铸生产技术

主编 黄静

责任编辑: 徐 曼

封面设计: 刘 雨

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明市五华区教育委员会印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 14.75

字 数: 368 千

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号: 978-7-5482-2109-8

定 价: 30.00 元

地 址: 云南省昆明市翠湖北路 2 号云南大学英华园内

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65033244 65031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

教材编写说明

本书为云南省高等学校“十二五”规划教材，按照国家教育部对高职教育人才培养目标定位和规格所提出的应具备的“知识+能力+素质”要求；以《中华人民共和国冶金行业职业资格标准》为依据，按“连铸生产技术”的课程标准，基于连铸生产过程，根据钢铁企业连铸生产现场情况及连铸岗位群的技能要求进行编写。“连铸生产技术”是冶金技术的一门核心课程。作为该课程的教材，在教材内容的组织上遵循学生的认知水平及学习规律，由浅入深地安排课程内容。本书主要围绕连续浇铸生产的基本工艺流程，阐述浇铸生产前对生产过程中备料、工器具的准备及设备检查确认，对浇铸生产原材料的准备、浇铸操作、浇铸生产中常见事故的处理，对铸坯质量的控制。以各生产环节的主要任务为载体，按照生产要求完成连续铸钢的完整操作，使学生具备浇钢工的基本技能，初步具备高等技术人才应有的生产操作的技能，以及独立分析问题和解决现场实际问题的能力和组织安全生产的能力。本教材供冶金技术学生及钢铁企业员工使用，是培养钢铁企业高技能应用型人才的必备学习用书。

由于冶金技术专业对本课程的要求及人才培养方案中教学的总体安排，使用本教材时可根据人才培养方案的总体教学安排适当调整。

全书共分9个学习情境，参考教学时数56课时。

学习领域一：“连铸生产的认知”，参考学时2个课时。主要介绍连铸生产的基本工艺过程、与模铸生产的比较，从而得出连铸生产的优越性及特点，对连铸生产的工艺及主体工艺设备有一个概括性的认识。

学习领域二：“连铸的基础知识”，参考学时8个课时。主要介绍连铸生产中钢液凝固结晶的基本规律和特征；在连铸生产中钢液成分、冷却条件和设备状况对铸坯凝固结晶的影响。

学习领域三：“连铸物料及工具的准备”，参考学时4个课时。主要介绍在浇铸生产前，对常用的钢包用耐火材料、中间包用耐火材料及功能性耐火材料的识别及选用；对各种工器具的准备。

学习领域四：“连铸用钢包及中间包的准备”，参考学时8个课时。主要介绍在浇铸生产中对耐火材料的要求，在浇铸前如何判断钢包的可用性，对钢包的清理、修砌；滑板滑动水口的选用及安装，长水口的选用及安装；中间包的耐火材料的选用及砌筑、水口（或塞棒）的选用与安装；钢包及中间包的烘烤。

学习领域五：“开浇前对设备的准备、检查确认”，参考学时8个课时。主要介绍对连铸机大包回转台的作用、对大包回转台的检查确认；中间包车的作用及构造、对中间包车的检查确认，中间包车的开车及定位；结晶器的检查确认及日常的维护，对结晶器振动装置、液面自动控制装置的检查及使用；二次冷却装置的检查及确认；对拉矫装置的检查

确认和送、堵引锭的操作；对切割装置的检查确认；对铸坯输出装置及后序装置的检查确认。

学习领域六：“连铸钢液的准备”，参考学时4个课时。主要介绍连铸生产对钢液的质量要求及对钢液可浇性的判断；对钢液浇铸温度的要求及控制；对浇铸钢液的成分及洁净度的控制。

学习领域七：“浇铸操作”，参考学时8个课时。主要介绍开浇操作；正常状态下的浇铸操作；多炉连浇操作及停浇操作。

学习领域八：“浇铸中常见事故及处理”，参考学时8个课时。主要介绍浇铸过程中钢流失控的处理及防范；水口堵塞的处理及防范；漏钢事故的处理及防范；钢包水口窜钢及穿包事故的处理及防范；结晶器溢钢事故的处理；连铸冻坯及顶坯的处理。

学习领域九：“连铸坯质量的控制”，参考学时6个学时。主要介绍对连铸坯质量的评价；对铸坯洁净度的判断及控制；对常见的铸坯形状缺陷、表面缺陷、内部缺陷的识别、处理及控制。

本书由昆明工业职业技术学院的黄静主编，参加编写工作的有：昆明钢铁股份公司的连铸高级技师王兴敏，以及昆明工业职业技术学院的徐丽梅、姜国庆、黄守义。昆明钢铁集团公司的高级工程师陈寿红对本书的编写提出了许多宝贵的意见，在此表示感谢。

编写本书时，参阅了相关的连铸方面的著作及其有关部门企业提供的资料，得到了有关单位的大力支持，在此一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促，难免书中有不足之外，敬请读者给予批评指正。

编 者
2014年6月

目 录

学习情境一 连铸生产的认知	(1)
任务一 连续铸钢的任务、工艺及优越性	(1)
一、铸钢生产及分类	(1)
二、连续铸钢的任务及基本工艺流程	(1)
三、连续铸钢的优越性	(2)
任务二 初步认识连续铸钢的主要设备	(4)
一、连铸机的主要设备	(4)
二、连铸机的分类	(5)
职业能力训练	(6)
问题探究	(6)
单元小结	(7)
思考题	(7)
学习情境二 连铸的基础知识	(8)
任务一 钢液凝固的基本原理	(8)
一、金属的结晶条件	(8)
二、钢液的结晶	(13)
三、铸坯凝固、冷却中的应力	(21)
任务二 连铸坯的凝固与传热	(23)
一、连铸坯凝固与传热特点	(23)
二、铸坯在二冷区的凝固	(30)
任务三 连铸坯凝固结构及控制	(35)
一、连铸坯的凝固结构	(35)
二、“小钢锭”结构	(36)
三、铸坯结构的控制	(36)
职业能力训练	(38)
问题探究	(38)
单元小结	(38)
思考题	(39)

学习情境三 连铸物料及有关工具的准备	(40)
任务一 连铸常用耐火材料的准备及选用	(40)
一、钢包用耐火材料的准备	(40)
二、中间包用耐火材料的准备	(41)
三、常用耐火材料的识别及选用	(41)
任务二 连铸用功能性耐火材料的准备及选用	(42)
一、识别连铸用功能性耐火材料	(42)
二、选用连铸用功能性耐火材料	(43)
任务三 连铸所用的有关工具及材料准备	(44)
一、对浇铸用材料的准备及要求	(44)
二、对工具的准备及要求	(44)
职业能力训练	(45)
问题探究	(45)
单元小结	(48)
思考题	(48)
学习情境四 连铸用钢包及中间包的准备	(49)
任务一 认识钢包及对钢包用耐火材料的选用	(49)
一、钢包的作用和钢包内衬的构成	(49)
二、钢包用耐火材料的种类及选用	(50)
三、提高钢包使用寿命的措施	(51)
任务二 钢包的准备	(51)
一、钢包清理	(51)
二、判断钢包的可用性	(52)
三、钢包的修砌	(52)
四、钢包的烘烤	(53)
五、安装钢包滑动水口	(54)
六、修复钢包滑板	(56)
任务三 认识长水口及安装长水口	(56)
一、长水口的作用	(56)
二、长水口的材质及要求	(56)
三、长水口的种类	(57)
四、长水口的安装	(57)
任务四 认识中间包及中间包的准备	(57)
一、中间包的作用和中间包内衬的构成	(57)

二、中间包的准备	(60)
职业能力训练	(75)
问题探究	(76)
单元小结	(77)
思考题	(77)
学习情境五 开浇前对设备的准备、检查确认	(79)
任务一 认知连铸机主体设备的构成	(79)
一、钢包运载装置	(80)
二、中间包及中间包运载装置	(80)
三、结晶器及结晶器附属装置	(80)
四、二次冷却装置	(80)
五、拉坯矫直机及引锭装置	(80)
六、铸坯切割装置	(81)
七、铸坯运出装置	(81)
任务二 钢包回转台、水口控制装置的检查确认及长水口的安装	(81)
一、钢包运载装置——钢包回转台	(81)
二、钢包回转台的检查确认	(84)
三、钢包滑动水口控制装置及液压站的检查确认	(85)
四、长水口的安装	(85)
任务三 中间包车的检查确认及操作	(86)
一、中间包车	(86)
二、中间包车的检查确认	(88)
三、开中间包车	(88)
四、中间包车定位	(89)
五、中间包滑动水口控制机构的检查及使用	(89)
任务四 结晶器的检查确认及维护	(90)
一、结晶器	(90)
二、结晶器的检查、维护	(99)
三、调整、锁定结晶器宽度及锥度	(101)
四、结晶器液面自动控制装置的检查及使用	(102)
五、结晶器振动装置的检查及维护	(103)
任务五 二次冷却装置的检查确认	(103)
一、二次冷却装置	(103)
二、二冷喷嘴的检查	(104)

三、二冷装置的检查	(105)
任务六 拉矫装置的检查确认及送、堵引锭操作	(105)
一、拉矫装置	(105)
二、拉矫装置的检查确认	(107)
三、引锭装置检查及送、堵引锭操作	(108)
任务七 切割装置的检查确认	(118)
一、铸坯切割装置	(118)
二、切割装置的检查、维护	(119)
任务八 铸坯输出装置及后序装置的检查确认	(120)
一、铸坯输出装置及后序装置	(120)
二、辊缝测量仪的检查与使用	(123)
三、铸坯输出装置及后序装置的检查	(123)
职业能力训练	(124)
问题探究	(125)
单元小结	(125)
思考题	(125)
学习情境六 连铸钢液的准备	(127)
任务一 判断钢液的可浇性	(127)
一、钢液质量对连铸生产的影响	(127)
二、对连铸钢液的基本要求	(128)
三、对连铸钢液可浇性的判断	(129)
任务二 浇铸温度的控制	(130)
一、控制好出钢温度	(130)
二、充分发挥钢包精炼的温度与时间的协调作用	(131)
三、建立并严格实施科学的温度控制制度	(131)
四、操作步骤	(131)
五、注意事项	(132)
任务三 浇铸钢液的成分及洁净度控制	(132)
一、对浇铸钢液的成分控制	(132)
二、对连铸钢液纯净度的控制	(133)
职业能力训练	(134)
问题探究	(134)
单元小结	(135)
思考题	(135)

学习情境七 浇铸操作	(136)
任务一 开浇操作	(136)
一、开浇操作要点	(136)
二、开浇操作	(138)
三、注意事项	(139)
任务二 正常浇铸操作	(140)
一、拉速控制和调整	(140)
二、冷却制度的控制	(141)
三、保护浇铸及液面控制	(143)
四、拉矫和脱锭操作	(145)
五、切割操作	(147)
任务三 多炉连浇操作	(148)
一、更换钢包的操作	(148)
二、更换中间包的操作	(148)
三、异钢种连浇的操作	(149)
任务四 停浇操作	(150)
一、停浇操作要点	(150)
二、钢包浇完操作	(150)
三、降速操作	(150)
四、封顶操作	(151)
五、尾坯输出操作	(151)
六、浇铸结束后的清理和检查	(151)
职业能力训练	(151)
问题探究	(152)
单元小结	(164)
思考题	(164)
学习情境八 浇铸中常见事故及处理	(166)
任务一 钢流失控的处理及防范	(166)
一、钢流失控事故	(166)
二、钢流失控的防范	(168)
三、钢包钢流失控的处理	(168)
四、中间包钢流失控的处理	(169)
任务二 水口堵塞的处理及防范	(170)
一、水口堵塞	(171)

二、水口堵塞的防范	(171)
三、钢包滑动水口堵塞的处理	(172)
四、中间包塞棒浇铸水口堵塞的处理	(172)
五、浸入式水口堵塞的处理	(174)
任务三 漏钢事故的防范及处理	(176)
一、连铸漏钢事故	(176)
二、连铸漏钢的防范	(176)
三、连铸漏钢的处理	(178)
四、漏钢后的热坯处理	(179)
五、事故影响区铸坯处理（上部铸坯）	(180)
六、漏钢事故铸坯拉空后的设备处理	(180)
七、注意事项	(180)
任务四 钢包水口窜钢及穿包事故的防范及处理	(180)
一、钢包水口窜钢及穿包事故	(180)
二、滑动水口窜钢及穿包事故的防范	(182)
三、钢包水口窜钢及穿包事故的处理	(184)
任务五 连铸结晶器溢钢处理	(186)
一、连铸结晶器溢钢	(186)
二、结晶器溢钢事故的处理	(186)
任务六 连铸冻坯及顶坯处理	(187)
一、冻坯事故	(187)
二、发生冻坯事故的处理	(187)
三、连铸顶坯的处理	(189)
职业能力训练	(189)
问题探究	(190)
单元小结	(190)
思考题	(190)
学习情境九 连铸坯质量的控制	(192)
任务一 连铸坯质量的评价	(192)
一、连铸坯质量的评价	(192)
二、连铸坯质量控制的特点	(192)
三、连铸坯缺陷分类	(193)
四、连铸坯质量标准与连铸工艺的关系	(193)
任务二 连铸坯纯净度的控制	(194)

一、连铸坯的纯净度与产品质量	(194)
二、连铸坯夹杂物	(195)
三、提高铸坯纯净度的措施	(197)
任务三 连铸坯表面缺陷辨识、处理及控制	(198)
一、辨识连铸坯表面缺陷	(198)
二、各种表面缺陷的处理	(199)
三、表面缺陷的形成原因及控制	(200)
任务四 连铸坯内部缺陷辨识、处理及控制	(210)
一、内部质量缺陷的识别及处理	(210)
二、内部质量缺陷的控制	(211)
任务五 连铸坯形状缺陷辨识、处理及控制	(218)
一、形状缺陷的识别及处理	(218)
二、形状缺陷的预防控制	(219)
职业能力训练	(222)
问题探究	(222)
单元小结	(222)
思考题	(222)
参考文献	(224)

学习情境一 连铸生产的认知

单元概述：本单元主要介绍连铸生产的主要任务及工艺过程；连铸生产在整个冶炼生产中的地位及作用。通过现场教学或观看连铸生产现场录像片，使学生建立对连铸生产的感性认识；熟悉连铸生产工艺过程、基本任务及主体设备。通过连铸生产与模铸生产的对比，掌握连铸生产的优越性。学生以自我学习的方式进行相关知识的拓展，了解国内外连铸生产的发展史及发展方向。

教学目标：能明确铸钢生产在钢铁生产中的地位与作用；知道连续铸钢工艺流程；知道连铸生产设备和产品；能够通过一定的资料查阅途径获取并提炼整理出所需要的信息。

任务一 连续铸钢的任务、工艺及优越性

一、铸钢生产及分类

钢的生产过程主要分为炼钢和铸钢两大环节。炼钢的任务是将铁水、废钢通过炼钢炉冶炼成质量合格的钢液；铸钢的任务是将成分合格的钢液铸成适合于轧制或锻压加工所需要的一定形状的固体（连铸坯或钢锭）。铸钢作业是衔接炼钢和轧钢之间的一项特殊作业，其特殊性表现为它是把钢液变为固体的凝固过程。当钢液凝固后，在以后的轧钢过程中就不能对质量有本质上的改进了。因此，铸钢作业对钢材产品质量和生产成本有重大影响，必须予以特别重视。

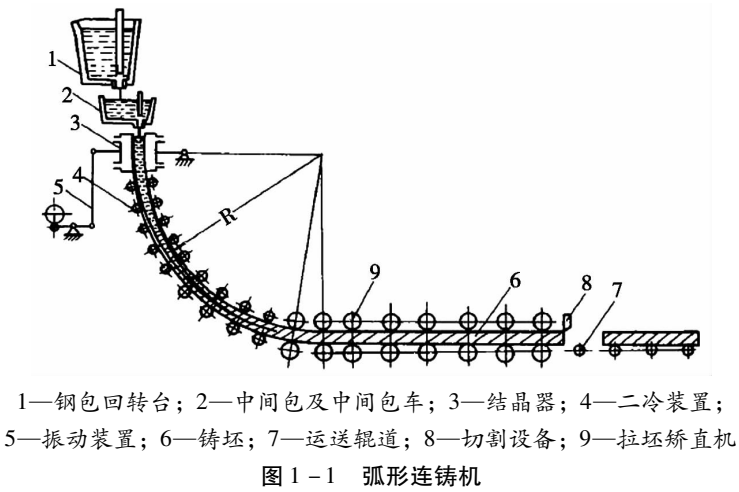
铸钢生产可以分为钢锭模浇铸（以下简称“模铸”）和连续铸钢（以下简称“连铸”）两大类。模铸是将钢液注入铸铁制作的钢锭模内，冷却凝固成钢锭的工艺过程；连铸是将钢液不断地注入水冷结晶器内，连续获得铸坯的工艺过程。

二、连续铸钢的任务及基本工艺流程

连续铸钢是利用连铸机将炼钢炉炼好的钢液连续地浇铸成板坯、扁坯、方坯和圆坯等钢坯，再将钢坯供给各种轧钢机，生产各种规格的钢材。

如图 1-1 所示的弧形连铸机所示，连铸机主要由钢包运载装置、中间包、中间包车、结晶器、结晶器振动装置、二次冷却装置、切割装置和铸坯输出装置等部分组成。从炼钢炉出来的钢液注入包内，经二次精炼处理后被运到连铸机上方的钢包回转台，钢液通过钢包底部的水口再注入中间包内。中间包水口的位置被预先调好以对准下面的结晶器。打开中间包塞棒（或滑动水口）后，钢液流入下口由引锭杆头封堵的水冷结晶器内。在结晶器内，钢液沿其周边逐渐冷凝成坯壳。当结晶器下端出口处坯壳有一定厚度时，同时启动

拉坯矫直机和振动装置，使带有液芯的铸坯进入由若干夹辊组成的弧形导向段。铸坯在此一边下行，一边经受二次冷却区中许多按一定规律布置的喷嘴喷出的雾化水的强制冷却，继续凝固。在引锭杆出拉坯矫直机后，将其与铸坯脱开。待铸坯被矫直且完全凝固后，由切割装置将其切成固定尺寸的铸坯（简称定尺铸坯），最后由出坯装置将定尺铸坯运到指定地点。随着钢液的不断注入，铸坯不断向下伸长，并被切割运走，形成了连续浇铸的全过程。

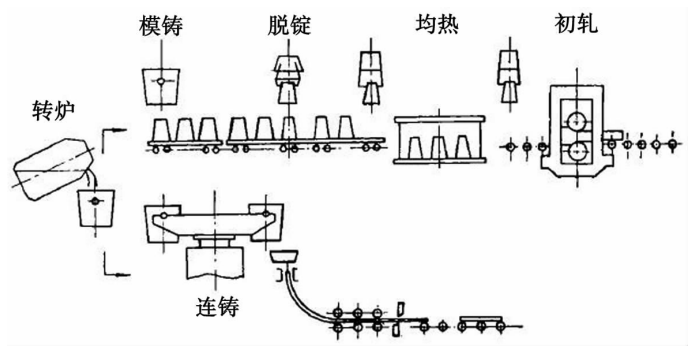


三、连续铸钢的优越性

连续铸钢（简称“连铸”）与模铸相比，具有显著的优越性。

（一）简化了生产工序，缩短了工艺流程

从图 1-2 可以看出，工艺省去了传统模铸工艺中的脱模、整模、钢锭均热、初轧开坯等工序。可节约 40% 的基建投资，减少 30% 的占地面积，节省约 70% 的劳动力。薄板坯连铸机的出现，又进一步简化了工序流程。与传统板坯连铸（厚度为 150 ~ 300mm）相比，薄板坯（厚度为 40 ~ 80mm）连铸省去了粗轧机组，进一步减少了约 48% 的厂房面积，约减轻了 50% 的连铸机设备重量，减少了 30% 热轧设备重量。薄板坯连铸大大缩短从钢液到薄板的生产周期，传统板坯连铸约需 40h，而薄板坯连铸仅需 1 ~ 2h。



(二) 提高了金属收得率

连铸是钢液连续成型的工艺。金属的损耗包括首尾切头、中间包一残留钢液。而模铸一开坯的金属损耗包括每支钢锭的切头、中注管、汤道损失、钢包注余以及开坯损失。采用模铸工艺，从钢液至铸坯的切头切尾损失达 10% ~ 20%，而连铸的切头切尾损失为 1% ~ 2%，故可提高金属收得率 10% ~ 14%（板坯 10.5%、大方坯 13%、小方坯 14%）。例如，以一个 100 万吨钢/年的钢厂其金属收得率提高 10% 计算，采用连铸工艺后每年可增产 10 万吨钢。从钢液到薄板流程而言，采用传统连铸金属收得率为 93.6%，而薄板坯连铸为 96%。年产 100 万吨钢的钢厂如采用薄板坯连铸工艺就可多生产约 2.4 万吨热轧板卷，带来的经济效益是相当可观的。连铸金属收得率的进一步提高在于提高了多炉连浇率。

(三) 降低了能源消耗

采用连铸省掉了均热炉的再加热工序，可减少 1/2 ~ 1/4 的能量消耗。据有关资料介绍，生产 1 吨铸坯，一般连铸比模铸可节能 $(41.8 \sim 125.4) \times 10^4$ 千焦，相当于节省了 10 ~ 30kg 重油。国际钢铁协会技术委员会最近对全球 109 个钢铁企业调查的结果显示，生产 1 吨连铸坯比模铸一开坯可节约能耗 20 ~ 50kg 标准煤。其中，日本可节约能耗 36 ~ 48kg 标准煤，我国可节约的能耗一般为 50 ~ 90kg 标准煤，这与我国的轧机组成有关。

工厂生产资料显示，不同工艺的能耗：冷坯加热轧制为 $1\,260 \times 10^3$ 千焦/吨坯，热装轧制为 840×10^3 千焦/吨坯，铸坯直接轧制为 420×10^3 千焦/吨坯。由此可见，连铸坯采用热装热送和直接轧制工艺，能耗还可进一步降低，并能缩短加工周期，从钢液到轧制成品各工序所用时间：冷装 30h、热装 10h、直接轧制 2h。

(四) 生产过程机械化、自动化程度高

采用模铸一开坯工艺要通过下述复杂的工序（如图 1-3 所示）。

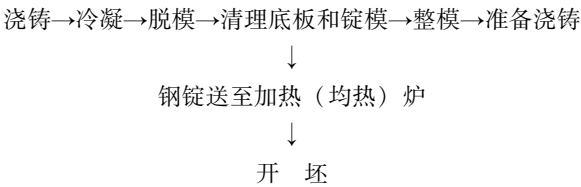


图 1-3 模铸一开坯工艺流程

流程中脱模、整模等工序的操作环境恶劣、劳动强度大，是炼钢生产中最落后的环节。对炼钢而言，模铸已成为提高生产率的限制性环节。连铸把许多工序简化到在一个机械设备上进行，为采用计算机控制和管理创造了良好的条件，劳动环境大为改善，使连铸操作自动化和智能化成为现实。

(五) 连铸钢种扩大，产品质量日益提高

目前几乎所有的钢种都可用连铸生产。连铸的钢种已扩大到包括超纯净钢（IF 钢）、高牌号硅钢、不锈钢、Z 向钢、管线钢、重轨、硬线、工具钢以及合金钢等 500 多种。而且连铸坯产品质量的各项性能指标大都优于模铸钢锭的轧材产品。连铸坯较钢锭而言，成分偏析小、纯洁度高、组织致密；所轧成的钢材宏观纯洁度和微观纯洁度都比用钢锭轧制的产品好，夹杂物分布在整个长度方向是均匀的，产品的机械性能常高于用钢锭轧制的产品。

正是由于连铸所具有的一系列优越性，它的出现从根本上改变了一个世纪以来占统治地位的钢锭—初轧工艺，自 20 世纪 70 年代大规模应用于工业生产以来得到了迅猛的发展。目前，世界主要产钢大国的连铸坯产量已占铸钢总产量的 90% 以上，连铸已成为主要的铸钢生产方法。

但从目前的情况看，连铸还不能完全取代模铸：①有些钢种的特性还不能适应连铸的生产方式，或采用连铸时难以保证钢的质量（如沸腾钢以及热敏感性很强的高速钢等）；②不适用于一些小批量产品、试制性产品；③不适用于一些必须经锻造的大型锻造件（如万吨船只的主轴）；④一些大规格的轧制产品（如受压缩比限制的厚壁无缝钢管），不能由连铸方式生产，仍需保留部分模铸的生产方式。所以，在大力发展连铸的同时，应继续高度重视模铸生产，努力提高钢锭的质量。

任务二 初步认识连续铸钢的主要设备

一、连铸机的主要设备

连铸机主要由钢包运载装置、中间包、中间包运载装置、结晶器、结晶器振动装置、二次冷却装置、拉坯矫直机、引锭装置、切割装置和铸坯运出装置等部分组成。

（一）钢包运载装置

主要有浇铸车和钢包回转台两种方式，目前绝大部分新设计的连铸机都采用钢包回转台。它的主要作用：①运载钢包；②支撑钢包进行浇铸作业；③实现钢包快速更换以达到多炉连铸。

（二）中间包

中间包是钢包与结晶器之间用来接受钢液的过渡装置，它用来稳定钢流，减小钢流对结晶器中坯壳的冲刷，并使钢液在中间包内有合理的流动和适当长的停留时间，以保证钢液温度均匀及非金属夹杂物分离上浮。对于多流连铸机由中间包对钢液进行分流；在多炉连浇时，中间包中储存的钢液在更换钢包时起到衔接的作用。

（三）中间包运载装置

中间包运载装置有中间包车和中间包回转台，它是用来支撑、运输、更换中间包的设备。

（四）结晶器

结晶器是一个特殊的水冷钢模。钢液在结晶器内冷却、初步凝固成型，并形成一定坯壳厚度，以保证铸坯被拉出结晶器时，坯壳不被拉漏、不产生变形和裂纹等缺陷。因此它是连铸机的关键设备。

（五）结晶器振动装置

结晶器振动装置可使结晶器按一定的要求做上下往复运动，以防止初生坯壳与结晶器粘连而被拉裂。

（六）二次冷却装置

二冷装置主要由喷水冷却装置和铸坯支撑装置组成。它的作用：①向铸坯直接喷水，

使其完全凝固；②通过夹辊和侧导辊对带有液芯的铸坯起支撑和导向作用，防止并限制铸坯发生“鼓肚”、变形和漏钢事故。

(七) 拉坯矫直机

拉坯矫直机的作用是在浇铸过程中克服铸坯与结晶器及二冷区的阻力，顺利地将铸坯拉出，并对弧形铸坯进行矫直。在浇铸前，它还要将引锭装置送入结晶器内。

(八) 引锭装置

引锭装置包括引锭头和引锭杆两部分，它的作用是在开浇时作为结晶器的“活底”，堵住结晶器的下口，并使钢液在引锭杆头部凝固；通过拉矫机的牵引，铸坯随引锭杆从结晶器下口拉出。当引锭杆拉出拉矫机后，将引锭杆脱去，进入正常拉坯状态。

(九) 切割装置

切割装置的作用是在铸坯行进过程中，将它切割成所需要的定尺长度。

(十) 铸坯运出装置

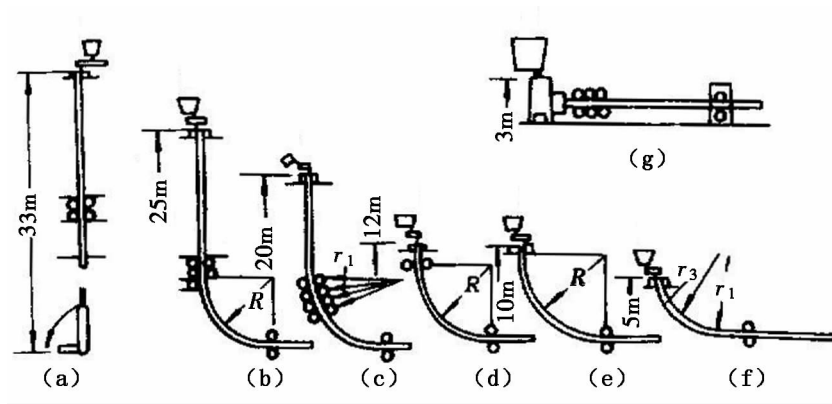
铸坯运出装置包括辊道、推钢机、冷床等，由它们完成铸坯的输送、冷却等作业。

二、连铸机的分类

连铸机可以按多种方法进行分类：

①按结晶器的运动方式，可分为固定式（即振动式）和移动式两类。前者是现在生产上常用的以水冷、底部敞口的铜质结晶器为特征的“常规”连铸机；后者是轮式、轮带式等结晶器随铸坯一起运动的连铸机。

②按连铸机结构的外形，可分为立式连铸机、立弯式连铸机、弧形连铸机（包括直结晶器多点弯曲形、直结晶器弧形、弧形、多半径弧形等）、水平连铸机等（如图 1-4 所示）。



(a) 立式连铸机；(b) 立弯式连铸机；(c) 直结晶器多点弯曲连铸机；(d) 直结晶器弧形连铸机；
(e) 弧形连铸机；(f) 多半径弧形（椭圆形）连铸机；(g) 水平连铸机

图 1-4 按连铸机结构分的各种连铸机机型示意图

③按铸坯断面的形状和大小，可分为：方坯连铸机（宽厚比一般在 3 以下，其中断面不大于 150mm × 150mm 的叫小方坯；大于 150mm × 150mm 的叫大方坯）；板坯连铸机（其宽厚比一般在 3 以上）；圆坯连铸机（铸坯断面为圆形， $\Phi 60 \sim 400\text{mm}$ ）；异型坯连铸

机（浇铸异型断面，如 H 形、空心管等）；方、板坯兼用连铸机（在一台铸机上，既能浇板坯，也能浇方坯）；薄板坯连铸机（铸坯厚度为 40 ~ 80mm 的薄板坯料）等。

④按铸坯所承受的钢液静压头，即铸机垂直高度（ H ）与铸坯厚度（ D ）比值的大小，可将连铸机分为高头型（ $H/D > 50$ ，铸机机型为立式或立弯式）、标准头型（ H/D 为 40 ~ 50，铸机机型为带直线段的弧形或弧形）、低头型（ H/D 为 20 ~ 40，铸机机型为弧形或椭圆形）和超低头型（ $H/D < 20$ ，铸机机型为椭圆型）四种。随着炼钢和炉外精炼技术的提高，浇铸前及浇铸过程中对钢液纯净度的有效控制，低头和超低头连铸机的采用逐渐增多。

在实际生产过程中，常会涉及连铸机的台数、机数和流数等。在连铸生产中，凡是共用一个钢包同时浇铸一流或多流铸坯的一套连铸设备，称为一台连铸机。一台连铸机可以是多机组，也可以是单机组。所谓机组，就是指在一台连铸机中具有独立的传动系统和工作系统，当其他机组出事故时仍可照常工作的一套连铸设备称为一个机组。对于每台连铸机来说，同时能浇铸铸坯的总根数称作连铸机流数。凡一台连铸机只有一个机组，又只能浇铸一根铸坯，称作一机一流。如能同时浇铸两根以上的铸坯称作一机多流。凡一台铸机具有多个机组又可分别浇铸多根铸坯的，称为多机多流。

职业能力训练

一、连续铸钢工艺流程图的绘制

要求：利用校外实习基地，通过现场的讲解，帮助学生直观地了解、掌握连续铸钢生产的基本生产工艺过程及工作任务。然后，根据实习基地的实际情况，由学生绘制出连铸的生产工艺流程图，并用文字对其工作过程做简要描述。

二、连续铸钢生产主要设备的认知

要求：通过对校外实习基地连铸生产现场的设备的认识及介绍，能简要地概括出各主要设备的组成及功能。并利用一定的资料查询方法，对所在区域内的各主要钢铁企业的连铸生产的技术装备情况做汇总分析。

问题探究

相关理论知识：国内外连铸生产的发展概况。

要求：学生通过查阅相关参考文献资料了解国内外连铸生产的发展概况，主要把握以下三个方面：

- ①国外连铸生产技术的发展概况；
- ②我国连铸生产技术的发展概况；
- ③连铸生产技术的发展趋势。