

# 弧形连续铸钢设备



冶金工业出版社

TG-33.6  
B-11

· 79226

# 弧形连续铸钢设备

北京钢铁学院冶金机械教研室 编著



冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书简要地介绍了连续铸钢的发展和优越性以及弧形连续铸钢设备的特点。重点是介绍弧形连续铸钢设备的工作原理，主要设计参数的确定，各部分结构形式和有关设计资料。

全书内容以国内生产的设备为基础，同时也介绍国外某些具有代表性的设备结构。

本书供钢铁工厂从事连铸工作的工人和工科院校冶金机械专业师生阅读；可供有关设计、研究部门参考。

## 弧形连续铸钢设备

北京钢铁学院冶金机械教研室 编著

\*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张 7 1/16 插页 1 字数 185 千字

1978年10月第一版 1978年10月第一次印刷

印数 00,001~8,000 册

统一书号：15062·3376 定价（科三）0.70元

## 前 言

为了适应冶金工业迅速发展的需要，更快地普及和推广连续铸钢技术，同时考虑到冶金工科院校教学上的需要，我们编写了这本书，重点介绍弧形连续铸钢设备的工作原理、构造和有关设计资料。本书力图反映我国的生产经验和科研成果，也适当介绍一些国外的有关情况。

由于连续铸钢发展很快，许多最新进展不可能都在本书中得到反映，加上编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，欢迎批评指正。

本书第四章由雷知行同志编写，第七章的铸坯剪切机由黄华清同志编写，其余各章的编写及全书的修改与总审由陈克兴同志担任。

本书在编写过程中得到许多工厂和单位的大力支持，提出了不少宝贵意见，我们表示衷心感谢。

北京钢铁学院冶金机械教研室  
一九七六年十二月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一章 概述 .....          | 1   |
| 第二章 主要设计参数 .....      | 16  |
| (一) 铸坯断面 .....        | 16  |
| (二) 拉坯速度 .....        | 18  |
| (三) 铸坯的液心长度 .....     | 24  |
| (四) 圆弧半径 .....        | 25  |
| (五) 连铸机的流数 .....      | 33  |
| 第三章 浇注设备 .....        | 35  |
| (一) 盛钢桶载运设备 .....     | 35  |
| (二) 中间罐 .....         | 40  |
| (三) 中间罐小车 .....       | 48  |
| (四) 滑动水口装置 .....      | 54  |
| 第四章 结晶器及振动装置 .....    | 64  |
| (一) 结晶器 .....         | 64  |
| 一、结晶器热传导的基本概念 .....   | 64  |
| 二、结晶器的型式 .....        | 67  |
| 三、结晶器的构造与材质 .....     | 70  |
| 四、结晶器的设计参数 .....      | 82  |
| 五、结晶器的润滑 .....        | 84  |
| (二) 结晶器振动装置 .....     | 86  |
| 一、结晶器振动的目的 .....      | 86  |
| 二、振动方式的选择 .....       | 88  |
| 三、结晶器振动的运动参数 .....    | 91  |
| 四、结晶器振动装置的结构 .....    | 95  |
| 第五章 二次冷却装置 .....      | 107 |
| (一) 二次冷却装置的基本结构 ..... | 108 |
| 一、机架的型式 .....         | 108 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 二、二次冷却装置底座的支承固定方式 .....          | 112 |
| 三、二次冷却装置的快速更换 .....              | 118 |
| (二) 支承导向部件 .....                 | 122 |
| 一、夹辊 .....                       | 122 |
| 二、板式支承导向部件 .....                 | 130 |
| (三) 喷水装置 .....                   | 135 |
| 一、喷嘴 .....                       | 135 |
| 二、冷却强度的确定 .....                  | 137 |
| <b>第六章 拉坯矫直机</b> .....           | 139 |
| (一) 拉坯矫直机的结构 .....               | 139 |
| 一、拉坯矫直机的基本结构 .....               | 139 |
| 二、多辊传动拉矫机 .....                  | 150 |
| (二) 拉坯力和矫直力的确定 .....             | 156 |
| 一、拉坯力 .....                      | 156 |
| 二、矫直力 .....                      | 165 |
| (三) 引锭杆 .....                    | 166 |
| 一、引锭杆的结构 .....                   | 166 |
| 二、引锭杆存放装置 .....                  | 173 |
| <b>第七章 铸坯切割装置和后步工序其他设备</b> ..... | 177 |
| (一) 火焰切割装置 .....                 | 178 |
| 一、火焰切割装置的构造 .....                | 178 |
| 二、火焰切割主要参数的确定 .....              | 186 |
| 三、提高火焰切割速度和降低金属消耗 .....          | 187 |
| (二) 铸坯剪切机 .....                  | 191 |
| 一、250吨摆式剪切机 .....                | 191 |
| 二、剪切机主要参数的确定 .....               | 195 |
| 三、其它型式铸坯剪切机 .....                | 204 |
| (三) 辊道和后步工序其它设备 .....            | 214 |
| 一、输出辊道 .....                     | 215 |
| 二、后步工序其它设备 .....                 | 216 |

# 第一章 概 述

## (一)

连续铸钢是一项把钢水直接浇铸成钢坯的新工艺，它的出现从根本上改变了一个世纪以来占统治地位的模铸工艺，大大简化了从钢水到钢坯的生产流程（图1—1）。国内外多年的生产实践表明，这是钢铁工业生产上的一项重大技术革新，应用日趋广泛。据统计，到1975年底，国外拥有连铸机的总数达650台。各种类型的连铸机，总生产能力每年约为1.76亿吨，占世界钢产量的27%左右，实际连铸比接近20%，其中不锈钢的连铸比已达30%以上。与1970年相比，短短的五年中无论是连铸机生产能力与钢产量之比，还是实际连铸比，均增加了一倍以上。

连续铸钢的发展为什么如此之快呢？就是因为它与传统的模铸法相比具有很多明显的优点。根据我国生产实践的初步统计，归纳起来有以下几点：

1. 连续铸钢的成材率可比模铸提高10%左右。这意味着每生产100万吨钢，采用连续铸钢就可以增产10万吨钢。而耐火材料的消耗却可降低15%左右。

2. 生产成本低。每吨连铸坯的成本比钢锭降低约5%，成材后则可降低8%左右。

3. 基本建设投资低、占地少、上马快。基本建设投资可节约40%左右，占地面积约减少30%。据报道，国外已有若干新建和正在兴建的大型钢厂，实现全部连铸化，完全甩掉了钢锭模，建设周期大大缩短。

4. 改善了劳动条件，提高了劳动生产率。采用连续铸钢新工艺后，钢铁厂劳动条件最差的铸锭工段完全改变了面貌。劳动

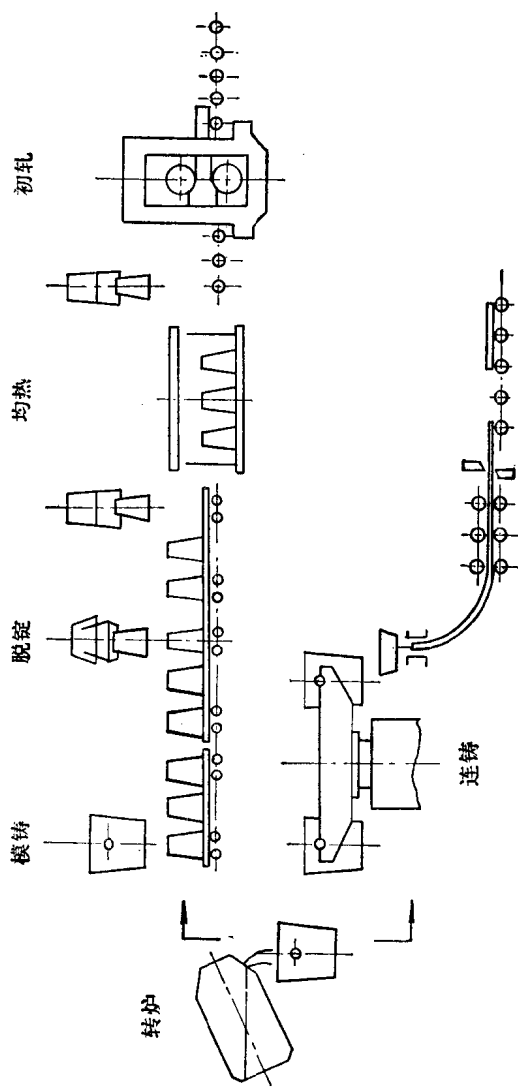


图 1—1 连续铸钢法与模铸法的工艺流程比较

生产率可提高30%左右。

5. 连续铸钢生产出来的铸坯以及用以轧成的钢材，在质量方面不低于一般用钢锭轧出来的钢坯及钢材，因而连续铸钢完全有可能部分地代替初轧机和开坯机，将铸坯直接送入成品轧机，这样就可以大大缓和由于氧气炼钢技术的采用，促使钢产量的迅速发展所造成的轧钢开坯能力不足的矛盾。

应该指出，随着人们不断的实践，对连续铸钢生产规律的认识和操作水平不断提高，它的技术经济指标必将进一步提高。同时，考虑到它对整个钢铁生产连续化和自动化的促进作用，例如，一旦与连续炼钢、连续轧制结合起来，那么连续铸钢的优越性有可能远比今天所认识到的还要大。

可见，连续铸钢是一项符合多快好省地建设社会主义总路线精神的新技术。

到目前为止，连续铸钢所能浇铸的最大断面：板坯为 $300 \times 2320$ 毫米，方坯为 $400 \times 400$ 毫米以上；所能浇铸的最小断面：扁坯为 $50 \times 215$ 毫米，方坯为 $50 \times 50$ 毫米。盛钢桶的最大容量达300吨以上。浇铸的钢种大部分为镇静钢和半镇静钢，也可以浇铸沸腾钢。能浇铸从低碳钢到高级合金钢的几乎所有的钢种。目前我国可以浇铸的有普通碳素钢、优质碳素钢、低合金钢、硅钢、硅锰弹簧钢、碳素工具钢等。

连续铸钢可以和转炉、电炉和平炉相配合，特别是配转炉更为适宜。现在单台连铸机的生产能力，以较普遍的双流为例，浇铸 $100 \times 140$ 毫米断面的铸坯时，年产量可达10万吨。这种小方坯连铸机与转炉（电炉）和小型轧机相配合，近年来特别在发展中国家急剧增加。浇铸大板坯时，单台连铸机的年产量可达50~100万吨甚至更高。因而连续铸钢技术不仅适用于中小型钢厂，也完全适用于大型钢铁联合企业。例如国外已建成的一个年产量为1200万吨的大钢厂，就是由5座300吨的氧气转炉配上6台双机双流的大型板坯连续铸钢机组成。

但是，连续铸钢的发展只有十几年的历史，而目前应用最广

的弧形连续铸钢机时间还要短一些，应不断丰富完善。例如，目前连续铸钢在工艺操作方面还不够稳定，漏钢等事故尚未杜绝；品种尚需扩大，某些质量缺陷（主要是板坯的某些缺陷）尚待进一步解决；设备的作业率应进一步提高，生产自动化应加速实现。其中有些问题正在或已在实践中获得解决，例如、由于浸入式水口和保护渣的使用，板坯纵裂问题基本上得到解决；冷却板的出现不仅提高了拉坯速度，也减少了漏钢事故；设备设计和制造水平的提高，不仅提高了设备的作业率，也促进了工艺操作和铸坯质量的稳定。

我国早在五十年代初就开始了连续铸钢的试验研究工作。在党的社会主义建设总路线的指引下，建成了第一台立式连续铸钢机。1960年试验成功了弧形连续铸钢机，并在1964年建成了一台浇铸断面为 $180 \times 1500$ 毫米的弧形板坯连铸机。这是世界上最早的几台弧形连铸机之一。

弧形连铸机的出现，大大推动了我国连续铸钢的发展。据初步统计，到七十年代中期，连铸坯的年产量增加了十倍。我国已拥有立式、立弯式、弧形、椭圆形等多种型式的连续铸钢设备，并对倾斜式、水平式连续铸钢设备进行过试验研究。所能浇铸的最大断面和最小断面均已达到先进水平。还试浇过工字钢坯和中空圆坯等异型铸坯。各地区涌现了一批因地制宜的中小型连续铸钢设备，加速了连续铸钢的发展。目前浇铸的断面和品种正在逐步扩大，铸坯质量不断改善，设备的设计和制造水平日益提高，生产自动化方面也取得了可喜的成果。

## （二）

连续浇铸的概念早在十九世纪中期就出现过，这是生产力发展到一定阶段的必然结果。因为当时随着平炉炼钢法和转炉炼钢法的出现，铸钢能力这一薄弱环节已经暴露出来，但在当时由于科学技术水平的限制，连续浇铸还只能是一种理想。直到本世纪

三十年代它才首先在有色金属工业上得到实现。在这基础上，于四十年代开始了连续铸钢的试验研究工作，到五十年代中期，连续铸钢技术的可能性和优越性终于得到了肯定，并在工业生产中使用。六十年代初由于弧形连续铸钢机的出现，连续铸钢技术开始在世界范围内被大量采用，进入大发展的阶段。

与有色金属的连续浇铸相比，连续铸钢的特殊性在于钢具有两个相互矛盾的性质：一方面钢的熔点高（ $1500^{\circ}\text{C}$ 以上）、热容量大；另一方面钢的热传导性能却比较低，因此实现连续铸钢时、就会遇到一些困难，主要是：

1. 钢的冷却凝固速度比较缓慢，从钢水到铸坯需要较长的时间，这对于大规模的钢铁生产来说就有一个生产能力上的矛盾。

2. 由于钢的熔点高、热容量大，就对整个连续铸钢设备的材料和结构提出更高的要求，以适应持续高温的工作条件。

3. 连续铸钢的全过程，包括液态、液—固态和固态三个阶段，这是一个比较复杂的物理化学过程，影响质量的工艺因素也较多，因此连续铸钢的工艺操作难度大，对于炼钢工艺（如钢水成分、钢水温度等）、机械设备和自动控制的要求也比较高。

连续铸钢之所以像今天这样被广泛使用，说明上述课题得到了基本解决。

从这里可以看出，与一般冶金机械设备相比，连续铸钢设备具有工艺性强、工作条件差（长时间、连续地在高温下工作）、对设备要求高（如高温下设备的刚度、冷却、防水问题、设备的维修和调整性能等）的特点。以连续铸钢设备中的结晶器为例，钢水在结晶器中进行复杂的热交换和结晶凝固过程，承受着 $1500^{\circ}\text{C}$ 左右的高温，而它的内壁允许变形量却是很微小的（ $\pm 0.5$ 毫米）。目前，由于拉坯速度的提高，对设备对弧精度的要求更高了（对弧误差不超过 $1\sim 2$ 毫米）。由于上述原因，对设备部件的精确计算往往也很困难，因而常常不得不借助于经验或试验来进

行设计。还应指出，连续铸钢设备实际上并不是一个单体设备，而是一条作业线上一组机组。它们之间既互相联系、一环扣一环，又各自独立，各有自己的工艺职能和结构特点。

下面简要分析比较一下几种不同型式的连续铸钢设备。

### 立式连续铸钢设备

立式连续铸钢设备是早期应用最广的一种结构型式，其工作原理如图1—2a所示。它由下列几部分组成：浇注系统（盛钢桶和中间罐）、结晶器、二次冷却装置、拉坯及引锭装置、切割装置以及铸坯运输系统等。根据连续铸钢设备在车间内的标高位置可分为塔式、坑式和半坑式三种。

立式连续铸钢的工艺过程如下：钢水用盛钢桶运送到浇注位置后，通过中间罐注入结晶器内，钢水在结晶器内迅速冷却成形，变成内部仍为液态的铸坯，铸坯的尾部与伸入结晶器底部的引锭杆头部衔接，引锭杆的下端夹持在拉坯机的拉辊中。浇铸开始后，开动拉坯机，通过引锭杆把结晶器内的铸坯慢慢拉出来，铸坯通过二次冷却装置时进一步喷水冷却，直到完全凝固。二次冷却装置内装有许多夹辊来支承铸坯，防止其变形兼作导向用。完全凝固的铸坯通过拉坯机后，由切割装置切成定尺，然后用翻钢斗翻倒在运输辊道上运出。

可见，立式连续铸钢的基本特点是从钢水到切成定尺的铸坯，整个流程是在一条垂直线上进行的，铸坯自始至终不承受强制的弯曲变形，铸坯的冷却也比较均匀。这从浇铸工艺和金属学观点来看都是较为有利的。但是，立式连续铸钢设备的高度很大，一般高度都在20~30米以上，且铸坯断面越大，拉坯速度越快，定尺长度越长，设备的总高度也越大。图1—3表示设备高度随铸坯断面变化而变化的情况。这样高的设备，不论装在地坑里或地面上，不仅投资大，操作也很不方便。因此，设备太高成为立式连续铸钢机的一个主要矛盾，而降低高度就成为当时发展连续铸钢技术的一个主攻方面，并导致了立弯式连续铸钢设备的出现。

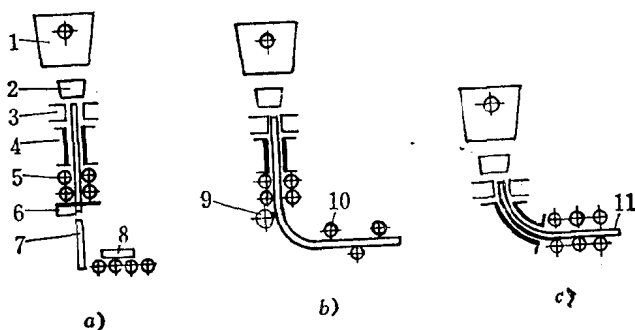


图 1—2 连续铸钢设备原理图

a—立式； b—立弯式； c—弧形

1—盛钢桶； 2—中间罐； 3—结晶器； 4—二次冷却区； 5—拉坯机；  
6—切割装置； 7—引锭杆； 8—辊道； 9—弯坯装置； 10—矫直机；  
11—铸坯

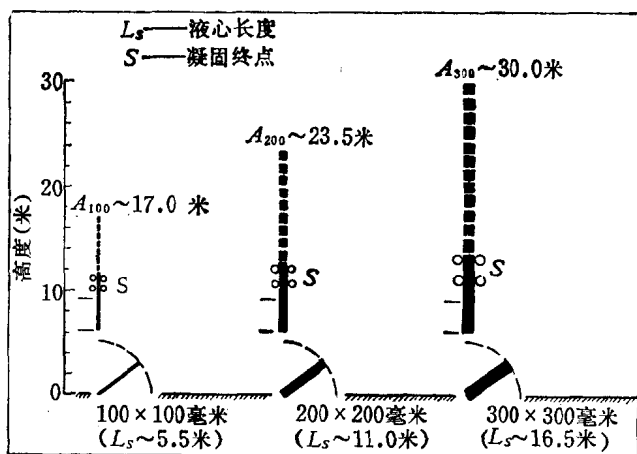


图 1—3 立式连续铸钢设备高度与铸坯断面的关系

### 立弯式连续铸钢设备

立弯式连续铸钢设备的工作原理如图1—2b所示。它与立式连续铸钢设备的主要区别是，在拉坯机的下方设有铸坯顶弯装置，铸坯从拉坯机出来后就弯成弧形，并在水平位置上加以矫直、切断和出坯。

可见，立弯式连续铸钢设备保持了立式连续铸钢时在垂直方向上进行浇注和冷却凝固的特点，而设备的总高度减少了。同时，铸坯在水平位置上进行切断和出坯也比较方便。

但是，实践证明立弯式连续铸钢设备用于中小断面的铸坯比较适宜，用于浇铸较大断面铸坯时，例如 $150 \times 200$ 毫米以上的铸坯，它的优越性就不明显。因为铸坯越大，铸坯的液相深度越大，铸坯的弯曲半径也越大，这样设备总高度的降低都不明显（图1—4）。另一方面，铸坯的矫直温度和切割温度却降低了。

为此，有些国家在用立弯式连续铸钢设备浇铸较大断面的铸坯时，采用“液心弯曲”的办法来降低设备的总高度。所谓“液心弯曲”就是允许铸坯在没有完全凝固之前就拉出拉坯机，然后在铸坯内部没有完全凝固时（液心状态）进行弯曲。即使如此，立弯式连续铸钢设备的高度问题仍旧没有得到圆满解决。1960年，我国试验成功了弧形连续铸钢设备，较彻底地解决了设备的高度问题，使连续铸钢跨进了一个新的阶段。

### 弧形连续铸钢设备

弧形连续铸钢设备（以下简称弧形连铸机）是目前应用最广、发展最快的一种结构型式。它的基本特点是采用弧形结晶器和弧形二次冷却装置（图1—2c）。在结晶器内形成的弧形铸坯，沿着弧形二次冷却装置往下运行的过程中逐步完全凝固，到水平切点处加以矫直，然后在水平位置上切坯和出坯。

可见，弧形连铸机大体上保持了立式和立弯式连铸机的一些优点，而设备高度大大降低了，其设备高度受铸坯断面大小的影响没有立式和立弯式连铸机的大（图1—5）。不同型式连续铸钢设备的相对高度如图1—6所示。此外，弧形连铸机有利于提高拉坯

速度，并为实现连铸连轧新工艺创造了条件。至于铸坯的质量，一般也不低于立式连铸机的铸坯。

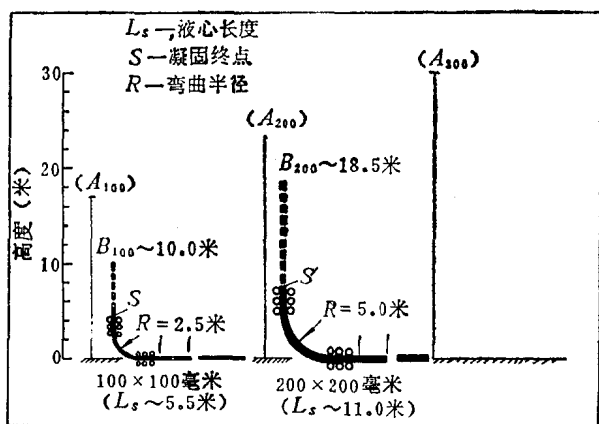


图 1—4 立弯式连续铸钢设备高度与铸坯断面的关系

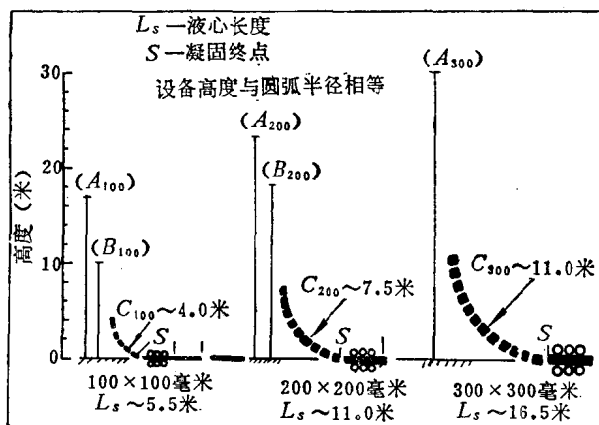


图 1—5 弧形连铸机的高度与铸坯断面的关系

事物都是一分为二的。弧形连铸机的主要问题是：弧形部件的加工制造及调整维修工作较困难；铸坯在弧形不对称状态下的浇注和凝固过程也会对铸坯的质量产生一些不良影响。但这些问题与其优点相比仅占次要地位。

弧形连铸机也可采用直结晶器（见第四章）。此时，从结晶器内出来的铸坯经过二次冷却区第一段直线段被弯曲成弧形后，再沿弧形辊道往下运行。这种弧形连铸机实际上在某种程度上接近于“液心弯曲”的立弯式连铸机。

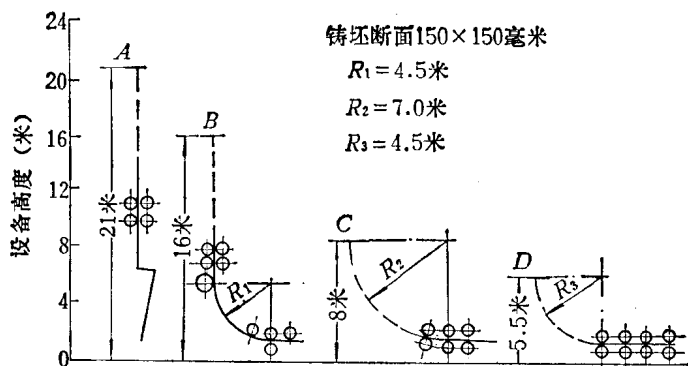


图 1—6 立式、立弯式、弧形和椭圆形连铸机之高度比较  
A—立式；B—立弯式；C—弧形；D—椭圆形

弧形连铸机由下列几个主要部分组成：

1. 浇注设备
2. 结晶器及振动装置
3. 二次冷却装置
4. 拉坯矫直机
5. 铸坯切割装置
6. 运输辊道及后步工序设备

应该指出：现代大型板坯连铸机与小型方坯连铸机相比，两者设备规模、重量和复杂程度的差别很大，尤其是后步工序。图1—7为大型板坯连铸机的典型工艺流程。

图1—8，图1—9，图1—10，图1—11和图1—12列举几种不同结构型式方坯连铸机和板坯连铸机的图例，其具体情况将在以下各章中叙述。

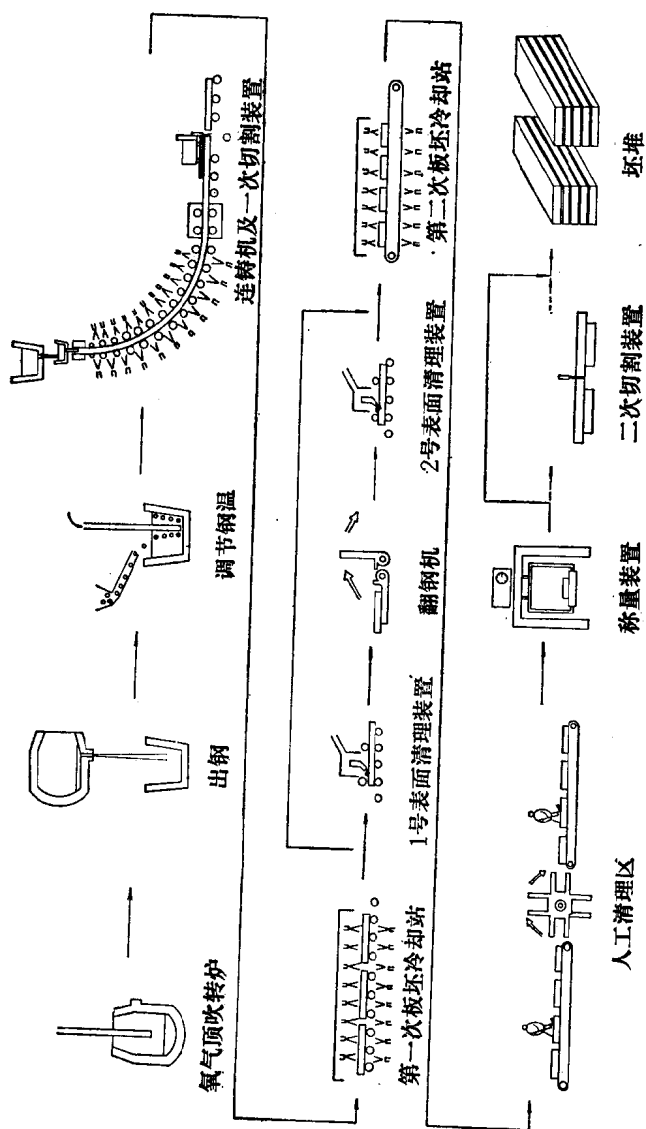


图 1-7 大型板坯连铸机的工艺流程