

洪 伟 编著

1.6

有色金属连铸设备

有色金属连铸设备

洪 伟 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书全面介绍了有色金属连铸设备的机型和结构特点，适合浇铸的金属品种以及所浇注的铸坯品种和规格，列举一些生产厂家的应用实例。

本书可供有色金属工厂的工程技术人员和有关设计、研究部门的专业人员以及大专院校有关专业的师生参考。

有色金属连铸设备

洪 伟 编著

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街琉璃厂北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 6 1/2 字数 140 千字

1987年2月第一版 1987年2月第一次印刷

印数00,001~3,200册

统一书号: 15062·4348 定价1.50元

前 言

有色金属连铸是一项具有明显节能效果的新技术。采用这项技术可简化整个生产过程,节约基建投资,提高产品成品率和产品质量,降低成本,因而得到各国广泛注意和发展。尤其是进入二十世纪七十年代以来,由于世界性能源危机的威胁,更促使世界各国大力发展连铸技术。目前世界上已出现了几十种类型的有色金属连铸设备及相应的连铸连轧机组。

本书系统地介绍了双辊式连铸设备,轮带式连铸设备,双带式连铸设备,水平式连铸设备,以及几种特殊的连铸设备。为了适应直接采用微电子先进技术的要求,本书还介绍了自动控制在连铸连轧机组上的应用实例。书末简要地介绍了有色金属连铸设备的研究方向。

有色连铸设备虽处在蓬勃发展阶段,但是深入的理论探讨以及各种工艺参数的确定和选择原则很少有文献资料介绍。

本书内容主要来自国内外的文献资料,其中也包括了作者本人在有色金属连铸研究中的心得与成果。

限于国内外系统介绍有色连铸的专著尚未见到,此书实属首次尝试,限于作者水平,定有一些不妥之处,望读者批评指正。

编者

1984年6月

于中南矿冶学院

目 录

绪论	1
第一节 有色金属连铸技术发展简况	1
一、国外情况	1
二、国内情况	3
第二节 有色金属连铸技术特点	4
第三节 有色金属连铸设备的分类	5
第一章 双辊式连铸设备	6
第一节 概述	6
一、双辊式连铸设备的类型	6
二、双辊式连铸机组配置形式	8
三、双辊式连铸机组的组成部分	9
第二节 连铸系统的主要组成部分	10
一、流槽及细化剂添加装置	10
二、前箱及前箱液面高度控制机构	11
三、供料嘴	12
四、浇注系统的结构形式	14
五、连铸机座	17
六、铸轧辊	19
第三节 精整系统主要设备	24
一、牵引机	26
二、剪切机	26
三、多辊张力矫直机	28
四、卷取机	30
第四节 工艺润滑	32
一、工艺润滑的特点	33
二、几种工艺润滑剂的制做	35
三、工艺润滑剂的使用	36

第五节 双辊式连铸设备特性比较	40
第六节 双辊式连铸设备基本参数的确定	41
一、铸轧区长度的确定	41
二、铸坯的凝固时间	46
三、铸轧辊表面温度	46
四、铸坯在铸轧区中的运动速度	47
五、铸坯离开铸轧区的速度	47
六、铸轧力计算	48
七、铸轧区间前滑、后滑和粘着区的确定	52
八、铸轧辊中冷却水消耗量的确定	53
九、铸轧坯带卷重量确定	55
第二章 轮带式连铸设备	56
第一节 概述	56
一、轮带式连铸设备的类型	56
二、轮带式连铸连轧机组配置形式	65
三、轮带式连铸连轧机组的组成	71
第二节 轮带式连铸设备的主要组成部分	72
一、中间包及金属液流控制装置	72
二、浇嘴	74
三、结晶轮	76
四、钢带	80
五、冷却水系统	80
六、润滑	83
七、辅助设备	84
第三节 轮带式连铸设备基本参数的确定	85
一、静置炉的静置时间	85
二、中间包的基本参数	86
三、轮带式连铸机的出坯速度	87
四、铸坯的液穴长度	87

五、结晶轮直径的确定	88
六、铸坯热应力计算	91
第四节 几种轮带式连铸机应用中的技术数据	91
一、美国SCR铜线坯连铸连轧生产线	91
二、五轮轮带式铜线坯连铸机组	94
三、铝带坯轮带式连铸机组	97
第三章 双带式连铸设备	100
第一节 双钢带式连铸机	101
第二节 双履带式连铸机	106
第三节 应用实例	109
一、黑兹利特—克虏伯法生产铜线	109
二、美、英、日等国双带连铸机使用情况	112
三、黑兹利特—克虏伯连铸连轧机组生产的铜线材表面 处理	113
四、黑兹利特—克虏伯连铸连轧法的优缺点	114
第四章 水平式连铸设备	115
第一节 概述	115
一、水平连铸技术的特点及发展情况	115
二、水平连铸机组配置形式及组成	116
第二节 水平连铸机组的组成	126
一、炉子	127
二、结晶器	127
三、牵引方式及牵引装置	135
四、铸坯锯切设备	143
第三节 水平连铸设备基本参数的确定	146
一、铸坯上下表面滞后量的计算	146
二、水平连铸的液穴深度计算	147
三、铸坯尺寸的确定	148
四、结晶器结构尺寸及有关参数的确定	149
五、铸坯的牵引力	152

第四节 应用实例	154
一、HSn70-1锡黄铜圆棒坯生产	154
二、QSn4-0.4锡磷青铜管坯生产	156
三、铜线坯生产	157
四、H90扁坯水平连铸生产	158
五、铝坯水平连铸实践	161
六、铝合金水平连铸实践	165
第五章 其它型式的连铸设备	168
第一节 浸渍成坯连铸装置	168
第二节 连续旋转引铸装置	171
第三节 电磁场无模连续铸坯装置	172
第四节 上引连铸法	174
第五节 金属液体连续拉铸	175
第六章 自动控制在连铸连轧机组中的应用实例	178
第一节 工厂情况简介	178
第二节 连铸连轧机组自动化生产	180
一、目的	180
二、自动控制的项目	181
三、监视系统	185
四、生产数据处理系统	187
第三节 自动化的效果及展望	188
第七章 有色金属连铸设备研究方向	191
第一节 双辊式连铸设备	191
第二节 轮带式连铸设备	193
第三节 双带式连铸设备	194
第四节 水平连铸设备	195
第五节 对今后有色金属连铸研究的几点看法	196
主要参考资料	198

绪 论

第一节 有色金属连铸技术发展简况

一、国外情况

1846年英国人贝西默（Bessemer）提出了从两旋转辊上方倾倒金属液，从两辊下方得到金属铸坯的连铸方法，这在世界上是第一次，但是没有成功。

1930年，黄铜立式连铸成功的消息是荣格豪斯—威兰德（Junghaus—Wieland）报导的。

1948年意大利康荻路斯公司（Continus Co.）提出了普罗珀齐两轮轮带式连铸机，用它成功地连续铸出铝材线坯。在这种连铸机后配上相应的线材连轧机，就能用铝及铝合金熔液直接连续地生产出相应的线材来。该法由于有投资少，方法简便，效率高，成本低等优点，立即得到了迅速发展，并成为世界各国至今仍广泛采用的铝线生产方法之一。

1951年美国亨特—道格拉斯（Hunter—Douglas）两家公司联合，将贝西默法重新进行了研究，铸出宽的薄型铝板坯，创立了双辊式连铸机。

1956年，外形类似两条皮带运输机重叠在一起的双带式黑兹利特（Hazelett）连铸机研制成功。

上述的几种连铸方法奠定了有色金属连铸的基础。经过逐年的发展，至今连铸机已发展到几十种。铸造的品种不断扩大，浇注的质量不断改善，连铸机的结构型式不断更新，自动化机械化程度不断提高，而燃料的消耗和成本则愈来愈低。

以轮带式连铸机为例，为了克服普罗珀齐法浇注空间狭

窄以及铸坯出坯与钢带相遇的缺点，先后出现了意大利的里加蒙泰（Rigamonti）法以及法国塞西姆（Secim）法和斯皮德姆（Spidem）法。前二者改善了浇注角度和扩大了浇注区，后者则改变了钢带与铸轮的包络位置，从根本上解决了出坯与钢带相遇的问题。

上述轮带式连铸机过去只能生产铝及铝合金线材，而1969年美国南方线材公司研制的SCR（Southwire Continuous Rod）连铸机，将原来只能生产铝线的普罗珀齐法向前推进了一步，第一次生产出铜线来。而英国的曼（Mann）式连铸机又将过去只能生产铝线的轮带式连铸机发展到能生产铝带坯的水平，使轮带式连铸机能生产出厚度为20~40毫米，宽度为100~500毫米的铝板坯。当再配上两台冷轧机后，便可得到0.2~12毫米的带卷。

双带式连铸机除黑兹利特的两条钢带组成的连铸机外，还出现了瑞士的阿卢苏斯Ⅰ型（Alusuisse I）和美国的亨特一道格拉斯型双履带式连铸机。虽然，这类连铸机的结构相对复杂些，造价高些，但它的适应性强，能浇铸多种有色金属以及钢和铸铁。从生产的规格上看，能浇铸板坯、型坯、棒坯和线坯，且铸速快，生产率高。

铸坯与铸模间有相对运动的连铸形式可分为水平和立式两大类，水平连铸，素来以结构简单著称。虽然水平连铸出坯速度慢，平均每分钟仅100~300毫米，但由于某些铜合金铸锭目前只有水平连铸才能生产，因此仍广为一些小型铜加工厂采用。对于挤压机所用的棒，管，型坯，目前不少工厂仍靠水平连铸供坯。

近几年水平连铸有了较大发展，例如西德的蒂切尼卡—格斯（Technica—Guss）公司制造的水平连铸机，已成功

地生产了宽 400~1600毫米，厚10~16毫米的铝板坯。其出坯速度为0.6~1米/分。

立式连铸机相对水平连铸机而言，占用空间位置大，造价高，因而未能推广，目前仅在个别工厂里用来生产铜及铜合金、锌及锌合金的棒材和板坯。

上述各种类型的连铸机，随着科学技术的发展，结构更趋于合理，生产的品种不断扩大，规格也在逐渐增多。

例如，双辊式连铸机，当前正朝着加大辊径的方向发展，以使铸造的铝板能更宽些，铸造速度再高一些。目前世界各国的这类连铸机的辊径已由六十年代初期的 350 毫米增至650毫米，900毫米以上的大型铸轧辊的连铸机已在美国亨特一道格拉斯公司、法国斯卡尔（Scal）公司、瑞士阿卢苏斯公司建成，并用于工业生产。

普罗珀齐型连铸机机组以前仅用于生产铝及铝合金线材，但在1975年该公司宣称，普罗珀齐连铸机组已在一些工厂里成功地生产出铜线。

二、国内情况

我国的连铸历史可追溯到五十年代初期，那时开始使用了铜和铝的棒坯和板、管坯的立式半连铸。六十年代初期，我国的水平连铸有了发展，而且在铜、铝及其合金的棒、管、型坯的生产上开始代替老式的锭模铸造。目前，国内已有数十家工厂采用了水平连铸设备，主要生产铜、铝及铜、铝合金的管、棒、型铸坯。铝板坯由于水冷铁模铸造可以利用余热进行热轧，在一些铝板生产厂家还保留水冷模铸造。

立式连铸机国内仅有几台，主要用于生产电池锌板和印刷锌板的铸坯。生产的规格是厚为几毫米到十几毫米，宽为几百毫米。

1973年我国有了用于生产铝线的两轮式连铸连轧机组，由于经济效益显著，工艺技术容易掌握，发展很快。目前，全国已有二十多套，其中除一套为引进的以外，其余都是我国自行设计制造的。

1982年，我国又投产了一台生产铜线材的五轮式轮带连铸机。1983年，另一台生产厚22毫米，宽360毫米的铝板连铸机已通过鉴定，正式投入工业生产。

我国双辊式连铸机自1964年开始研制，第一代下注式辊径为400毫米的双辊连铸机于1975年正式经国家科委鉴定验收。第二代辊径为650毫米的倾斜式双辊连铸机自1979年开始研制，于1980年建成，经两年的生产考核，于1983年通过了国家鉴定。目前，辊径为980毫米的第三代大型倾斜式双辊连铸机已研制成功，正在做工业性试验。我国在双辊连铸机方面的发展水平已接近于世界水平。据1983年上半年的统计，已有十二台用于工业生产。

双带式连铸机，目前国内尚属空白。曾有个别工厂做过初步探索，但未能成功，还有待于进一步研究。

第二节 有色金属连铸技术特点

目前，世界各国有色金属连铸设备多达数十种，已成为铸坯生产中的重要组成部分。近二十年来，金属连铸技术得到迅速地发展，因为它具有以下一些突出的优点：

1. 采用连铸工艺，液态金属能一次成坯或成材，简化了生产过程，节约大量的投资；
2. 采用连铸工艺，可省去一至两道加热过程，大大降低能耗；
3. 采用连铸工艺，可避免每根铸锭由于缩孔、疏松和

夹杂等缺陷所需要的切头去尾，提高了成材率；

4. 采用连铸工艺，可大大改善劳动条件；

5. 连铸配上连轧后，便于实现自动化和科学管理，实现文明生产。

第三节 有色金属连铸设备的分类

有色金属连铸设备可以按结构形式、浇注金属的品种和产品的形式来分类。

一、按结构形式分类

1. 双辊式连铸设备；
2. 轮带式连铸设备；
3. 双带式连铸设备；
4. 水平式连铸设备；
5. 特殊形式的连铸设备。

二、按浇注的金属品种分类

1. 铝及铝合金的连铸设备；
2. 镁及镁合金的连铸设备；
3. 铜及铜合金的连铸设备；
4. 钛、锆和难熔金属的连铸设备；
5. 其它有色金属及合金的连铸设备。

三、按铸坯的形式分类

1. 板坯连铸设备；
2. 带坯连铸设备；
3. 棒坯连铸设备；
4. 型坯连铸设备；
5. 管坯连铸设备；
6. 特殊断面的连铸设备。

第一章 双辊式连铸设备

目前，世界上许多国家利用双辊式连铸设备已成功地生产了宽600~2000毫米、厚6~10毫米的纯铝及铝合金带坯。这种带坯，可用做轧制铝箔的坯料，也可用做民用铝制品的坯料。

第一节 概 述

一、双辊式连铸设备的类型

在两个相对旋转辊的辊缝间，将金属液由一方浇入，从

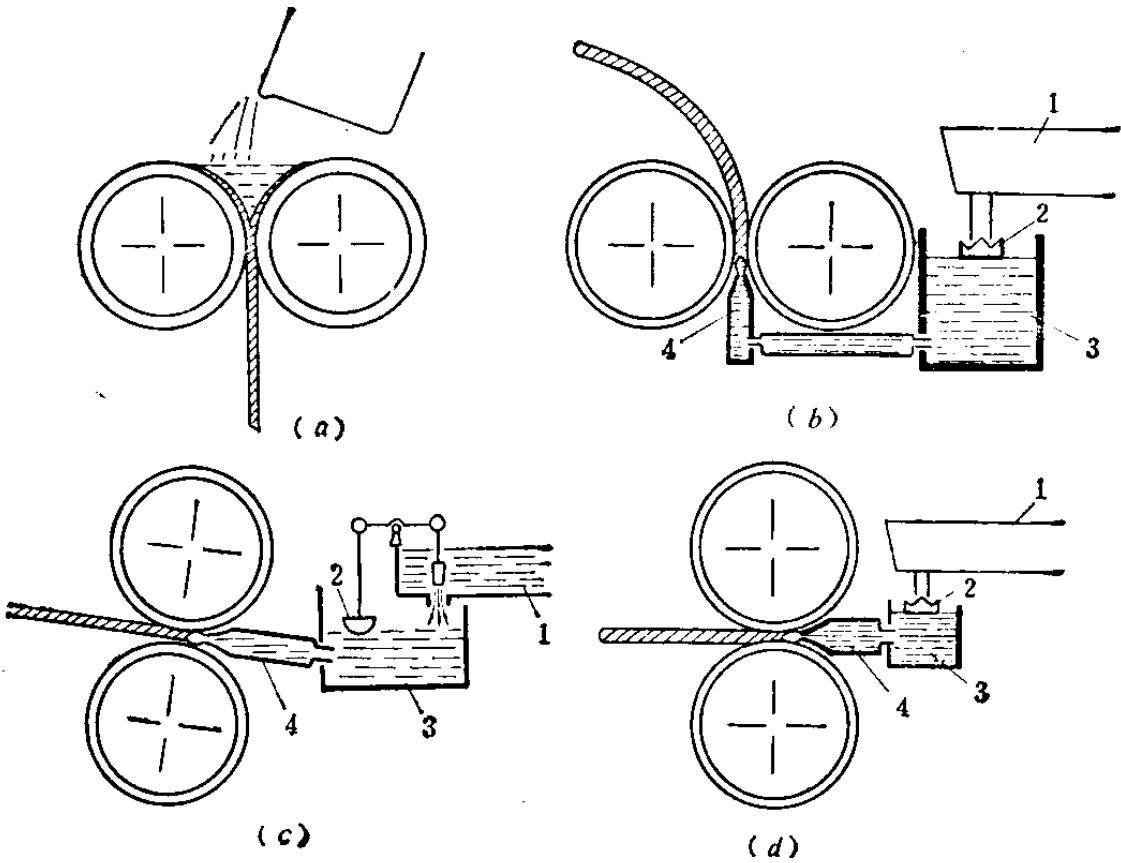


图 1-1 双辊式连铸设备 方案图

(a)一上注式；(b)一下注式；(c)一倾斜式；(d)一水平式

1一流槽；2一浮漂；3一前箱；4一供料嘴

另一方连续铸出铸坯的设备称之双辊式连铸设备。图1-1是双辊式连铸设备的方案示意图。图1-1(a)所示的为上注式双辊连铸机示意图，是1846年贝西默所提出的。它与当今流行的几种双辊式连铸设备（见图1-1(b)、(c)、(d)）不同之处在于，前者是金属液不受任何约束的由两水平放置的旋转辊的上方浇入，从下方拉出铸坯来。由于当时发明者的认识水平和技术条件所限，这种想法几经试验后未能成功。1956年，美国亨特（Hunter）公司研制成能用于生产铝及铝合金带坯的下注式双辊连铸设备（见图1-1(b)）。虽说也是在两旋转辊的辊缝中将金属液连续地铸出坯来，但和当初贝西默所设想的有着本质的差别。首先，金属液的浇入方向由两水平辊的下方向上进入两辊狭窄的辊缝进行浇注，这就可造成浇入辊缝的金属液被严格地控制在一定的静压下，由供料嘴均匀连续地向两旋转的辊缝中供料。再配之有能调节转速以及能调节冷却强度的铸轧辊，因而在两辊的辊缝中造成符合金属结晶凝固的条件，从而使旋转辊间铸出铸坯成为现实。

但是这种方法的供料嘴的装设及调整都很麻烦，而且铸出的带坯，笔直朝天，需用引辊牵引到水平方向才能进行后一步工序，颇为不便。于是，在这种下注式双辊连铸设备问世不久，法国斯卡尔公司于1961年提出了一种被称之为3C法的双辊式连铸设备，从浇注方向来看，亦可将这种型式称之为水平式双辊连铸设备（见图1-1(d)）。

首次用于工业生产并向世界各地销售了多台双辊连铸设备的亨特公司，又于1962年提出了一种倾斜式双辊连铸设备（见图1-1(c)）。这种连铸设备铸坯的出坯方向，与地面夹角为 15° 。

研制成功双辊式连铸设备的还有瑞士的阿卢苏斯

(Alusuisse) 公司。苏联的列宁格勒有色金属加工厂和苏联冶金机械研究所也分别研制成了水平式和下注式双辊连铸设备。国外还有一些公司，把其制造的双辊式连铸设备称之为哈威式 (Harvy) 和康魁拉尔德式 (Conquillard)，而这些式样的铸轧辊装置均与法国3C相同，同属水平式双辊连铸设备。

我国有不少铝厂和铝材加工厂正在使用着我国自行研制的下注式或倾斜式双辊连铸设备。

自水平式和倾斜式的双辊连铸设备研制成功后，虽然产品的产量与质量和下注式的差别不大，但在操作上、调试检修上有明显的优点，因而新近添置双辊连铸设备的厂家，已再不采用下注式的了。

进入七十年代以来，为了克服双辊式连铸设备出坯速度慢和铸造某些硬铝合金铸轧辊有较大变形的问题，国内外生产双辊连铸设备的主要厂家都把新设计的铸轧辊直径又增大了几成。目前，美国亨特公司制造的超级亨特连铸设备，其铸轧辊直径为900毫米。而法国的超型3C连铸设备，其辊径为960毫米。我国涿县铝加工厂研制成的大型倾斜式双辊连铸设备，其铸轧辊直径为980毫米。

二、双辊式连铸机组配置形式

图1-2为几种双辊式连铸机组的配置示意图。图1-2(a)为美国亨特公司下注式双辊连铸机组典型配置形式。当倾斜式和水平式双辊连铸设备尚未研制出来以前，这种机组曾风行一时。中国、苏联的下注式连铸机组的配置与之相类似。图1-2(b)为倾斜式双辊连铸机组配置示意图。从图中可看出，除连铸设备由下注式改为倾斜方向注入外，其余皆未变化。我国自行研制的倾斜式连铸设备，其机组的配置也与之

相类似。

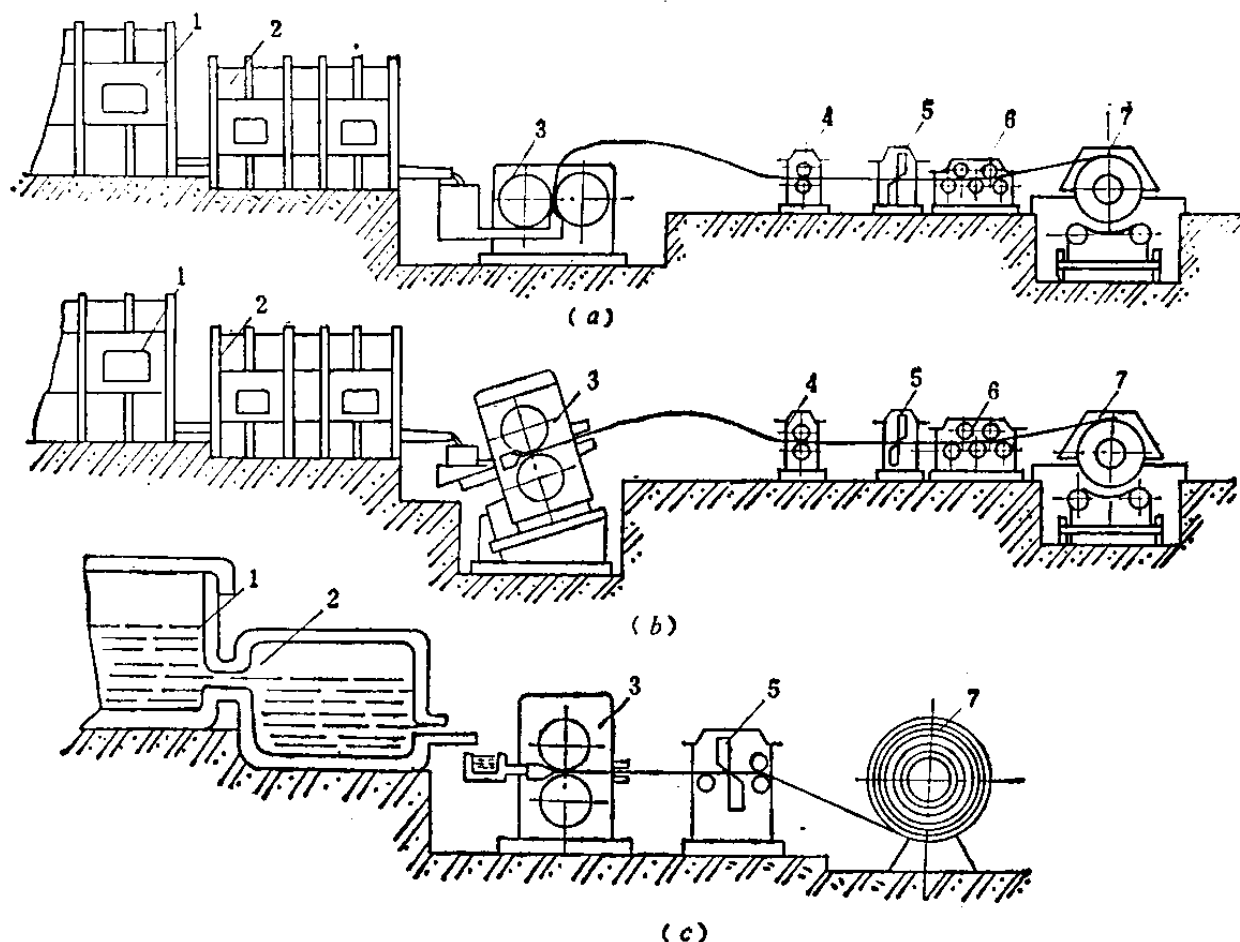


图 1-2 双辊连铸机组设备配置示意图

(a)一下注式；(b)一倾斜式；(c)一水平式

1—熔炼炉；2—静置炉；3—连铸设备；4—牵引机；5—剪切机；6—张力矫直机；7—卷取机

图1-2(c)为法国3C连铸机组采用的配置形式。与前两种配置形式相比，法国3C法没有牵引机，去掉了多辊矫直机，既简化了连铸机组，又减少了设备投资。从连铸设备到卷取机的距离来看，前两种配置的距离约为10米左右，而法国3C法约为7米左右。

三、双辊式连铸机组的组成部分

从图1-2所示的各种配置形式可看出，整个连铸机组