

<冶金译丛>

连续铸钢

冶金译丛编译委员会

第一輯



上海市科学技术编译馆

冶金译丛
連續鑄鋼

第一輯

冶金译丛编译委员会编

*

上海市科学技术编译馆出版
(上海南京路59号)

上海大众文化印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

*

开本850×1156毫米 1/32 印张4 1/2 字数162,000
1966年1月第1版 1966年1月第1次印刷
印数1—2,000

编号 15·353 定价(科七) 0.80元

內 容 提 要

本书介绍立式、立弯式、弧形（弯式）连续铸钢机的设计和操作工艺。

设计部分有：连续铸钢机的总设计、结晶器设计和传热计算、水口和塞头设计等，重点在弯式连续铸钢机的设计。

操作工艺部分有最佳二次冷却制度、不同钢种的连续浇铸条件和铸坯质量，以及最新式的计算机控制连续铸钢方法等。

本书可供冶金设计单位、钢铁工厂企业、和研究、教学单位的有关科技人员、技术工人参考。

本书由上海市钢铁研究所吴大珂主编。

目 录

一、連續鑄鋼的水平.....	1
二、生产重型板坯的第一座弯式連續鑄鋼設備.....	10
三、弯式連續鑄鋼机.....	18
四、結晶器的改进.....	28
五、能自由調節斜度的連續鑄鋼用結晶器.....	31
六、連續鑄鋼机結晶器中热传导的簡化理論处理.....	35
七、控制連續鑄坯的二次冷却方法.....	57
八、連續鑄鋼机最合式的二次冷却制度.....	61
九、小断面鑄坯制造法.....	64
十、不同鋼种的連續浇鑄条件和鑄坯质量.....	67
十一、軸承鋼的連續浇鑄条件和鑄坯质量.....	73
十二、在綫数字計算机在連續鑄鋼中的应用.....	78
十三、連續鑄鋼实践.....	88

一、連續鑄鋼的水平

Dr. Kristof Trömel

連續鑄鋼技術的發展可以追溯到本世紀之初。但實際上約自1950年才可能用連續澆鑄設備鑄鋼。自此時期起，發展非常迅速。現今世界上大約已有60座連續鑄鋼設備投入生產。這就證明用連續鑄鋼法不再存在基本性的困難。今后的發展工作則以進一步改進和完善連續澆鑄技術為目的。

一、凝固過程

鋼水澆入結晶器時，其凝固速度主要視導出鋼水散發的熱量的速度而定。凝固速度肯定影響凝固組織的類別。一般可以這樣說，正在凝固的材料中溫度降較小以及鋼水熱量導出快會產生優良的組織。

合金的凝固是一種非常複雜的過程，它受合金成分的可溶解性、熱導性以及鋼水和結晶器的溫度、結晶器的形狀和材料以及環境溫度的影響。澆入結晶器後不久，由於體積的改變，在結晶器與凝固的薄殼之間形成一種影響熱量通過的間隙。

試驗證明：凝固層的厚度各與凝固時間的方根成正比，亦即是，凝固速度從外層直到鋼錠的中心均按同一函數遞改。

採用連續澆鑄時，各種條件基本上相同，只是冷卻過程更快。作為澆鑄模型的銅質結晶器是用水冷卻。結晶器與凝固的薄殼之間形成間隙後，鑄坯從結晶器中出來並在相接的冷卻室中用水噴灑。

根據鑄坯不同的尺寸與澆鑄速度，在鑄坯完全凝固前，每分鐘總共約需排出25,000~40,000千卡。由於要排出熱量，故在鑄坯薄殼中必須形成溫度降，因此，排出的熱量要比凝固所散發的熱量為多。

二、澆鑄台、結晶器

如盛鋼桶的容積大，則在運往連續鑄鋼設備途中，盛鋼桶內溫度損失較小，如圖1所示。如採用小盛鋼桶，則應使煉鋼爐到澆鑄台的距離短；盛鋼桶應良好地預先加熱並盡量再行加熱。

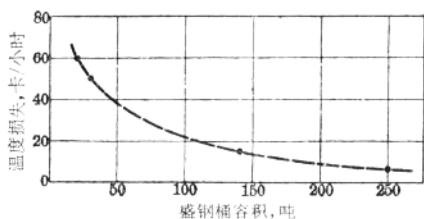


图 1 盛钢桶内的温度损失

钢水经过一只中间盛钢桶注入结晶器。根据现场各种具体情况，在浇铸台上采用不同的方式排列盛钢桶、中间盛钢桶和结晶器。图 2 所示为一种装有 30 吨底铸盛钢桶的单流连续浇铸板坯的浇铸台。重要的是：钢水通过空气的路程应尽量缩短，以防止温度损失大和吸收气体过多。

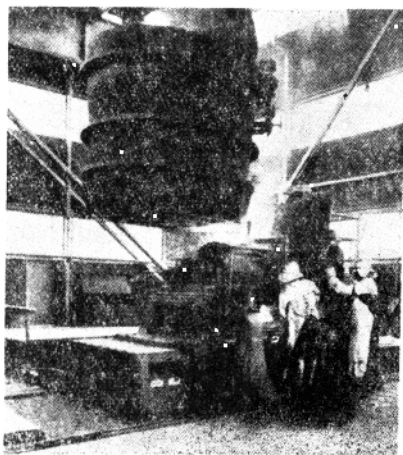


图 2 一座连续浇铸板坯设备的浇铸台

根据不同的铸坯尺寸与浇铸速度，结晶器中每分钟最多须导出 15,000 千卡。结晶器具有 $1 \sim 2 \times 10^6$ 千卡/米²小时的平均冷却效率。钢水首先形成一层薄的表皮，借助于结晶器的振动动作使它与涂有润滑剂的结晶器壁脱开。从结晶器出来时，铸坯壳约 10~20 毫米厚。结晶器的结构种类很多；采用锭块

结构的、板材结构的、管筒结构的结晶器，效果均好。

结晶器与铸坯之间需要一种交替的相对运动，使铸坯不致粘于结晶器壁上。在此情况下，可以是结晶器作上下运动或是用不同的速度拉出铸坯。浇铸有色金属和铸铁时，采用两种方法中的任何一种，而铸钢时，则使结晶器动作。后一种情况下通常应用两种不同的运动节奏：

一种是结晶器均一地作上下运动，另一种是向上运动比向下运动快三倍，同时向下运动应比拉出铸坯的速度稍快一些。连续浇铸工业中两种运动均加采用。

浇铸细的方钢坯和狭的板坯时，如果铸流抖动不定、飞溅或是注入结晶器时太靠壁，会严重妨碍铸坯表皮的增厚。除对中间盛钢桶选用适当的铸口外，也可以用电磁的原理控制铸口下的铸流自由地通过一只铸流归中器(图3：国内外专利)，以使它对准中心地注入结晶器中。

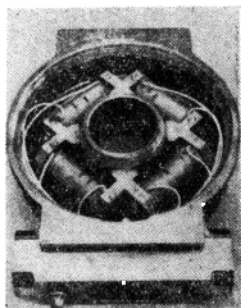


图3 铸流归中器的电磁铁

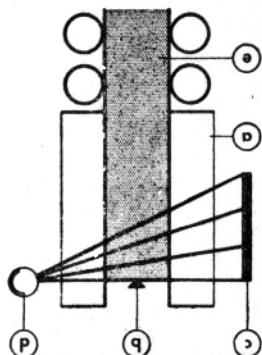


图4 结晶器中液面高度控制调节器

a-结晶器；b-液面；c-钴放射器；
d-闪烁计数器；e-铸坯

为求在结晶器中达到均匀的凝固，要求有一个稳定不变的液面。结晶器中的钢水液面可以用一种液面高度控制调节器自动地保持稳定。一只闪烁计数器测量由棒状钴放射器所放出的射线数量并通过一只调节器使钢水液面保持在预定的高度(图4)。测量时，为使浇钢工人不受放射线的伤害，可以同时将该测量值作为自动控制机器速度或操动注塞的信号。用记录器记下的液面高度的读数(图5)很明显地证明液面高度控制调节器要比用目测手动调节优越。

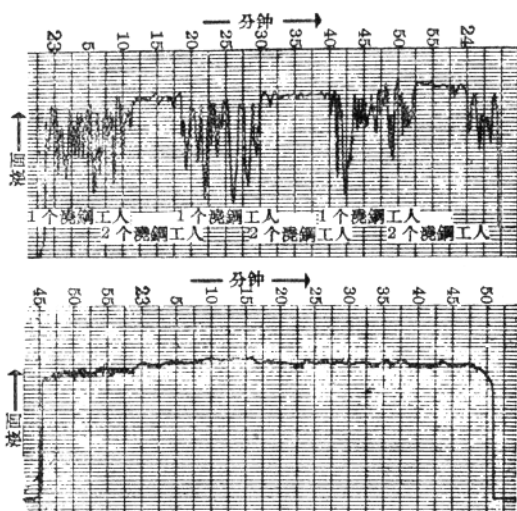


图 5 结晶器中液面高度控制调节器

上面一张记录：手动操纵时，钢水液面波动；

下面一张记录：自动控制时，钢水液面稳定

三、冷却室

铸坯从结晶器出来就开始用水直接冷却。铸坯在冷却室中必须大部分凝固，亦即，每小时须导出约17,000~25,000千卡的热量。根据此处存在的温度，钢水的导热性却只有24千卡/米·小时·摄氏度数。因此不可避免地铸坯壳中产生一种大的温度降，而且根据不同的浇铸速度，铸坯在凝固到中心之前必须通过一个相当大的冷却区。在某些钢种上温度降太大会引起应力裂纹，而如果是一种长的、尖形的薄片，则容易产生一种类似线状气泡的、多细孔的核心。因此，必须根据不同的钢种和以后的加工过程，很精确地调整冷却强度和浇铸速度。因而冷却室划分成许多单独的区，其给水可以分别调节。铸坯的温度系用光学方法测得；由一个给水站控制调节给水。重要的是各只喷嘴必须装排得均匀以及冷却水必须均匀地散布在铸坯表面上。水压必须大到足够能穿过热铸坯上所形成的、起隔离作用的水蒸汽层。

在冷却室中必须支撑还是很薄和很软的铸坯壳，以使其各面不凸起和铸坯不收缩变形。因此，应让其在许多辊轴上通过。图6所示者系正在装配的这样一种板坯用辊轴导轨。由于铸坯皮厚增加，下面的各对支撑辊轴之间的距离可以放大。

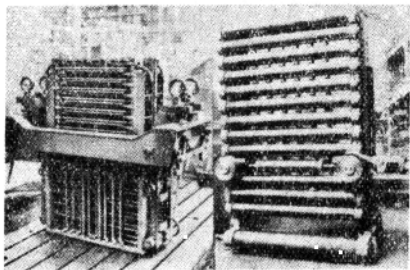


图6 连续铸板设备用辊轴导轨的部件

四、传动机构

连续浇铸设备的一个重要机械部分就是装在冷却室下面的传动机构，也即是水冷却的、电气带动的、可以调节的许多对辊轴，它们将铸坯从结晶器中

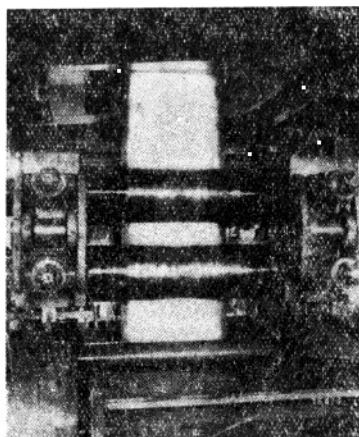


图7 连续铸板设备的传动辊轴

拉出来。结晶器的动作是与传动辊轴的速度同步。图7示出浇铸过程中一座铸板设备的传动机构。由于铸坯中心一般还是渣心的,故须注意:传动辊轴的压紧力不应太大,否则铸坯内部会产生裂纹。

五、各种结构式样

图8中的示意图表示连续浇铸设备的各个结构部分可以设计成不一样:如“立式结构”、(a)垂直下来的铸坯割开后,例如,用按照DBP 1118730(DBP=德国专利局)专利制成的一种倾倒装置使割开的铸坯翻倒水平位置后运走。如“立弯式结构”(b),用一种液压调节的弯曲辊将铸坯弯转,进入水平位置后,用液压调节的矫直辊加以矫直并以水平方向运走。新近制成的还有“弯式结构”(c)。采用这种设备时,钢水浇在一只弯形的结晶器中,然后铸坯通过一种弯形的辊轴导轨被连续拉出,在辊轴导轨的另一端上矫直并以水平方向运走。这种结构的特殊优点是其高度比立式机低50%左右。此外,与结构b比较,铸坯只需弯曲一次。铸坯曲率半径随铸坯尺寸而异,一般选用4米到9米这个范围,以使铸坯的弯曲应力不致太大和不致产生材料的缺陷。生产小型方坯的第一座弯式机自1963年起已投入生产。一座最大可生产1600毫米×250毫米板坯的设备不久前已在Dillinger冶金股份公司的工厂中投入生产。关于该设备将另行报道。

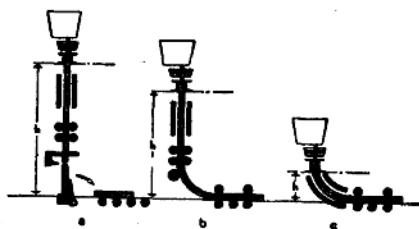


图8 各种结构式样

a-立式结构; b-立弯式结构; c-弯式结构

从连续浇铸设备出来的铸坯必须割开,以便于继续加工。结构a是用气割机割开,结构b和结构c同样也用气割机或是在板坯尺寸较小时用飞剪。气割机和飞剪目前最好是自动控制的。

六、产 量

连续浇铸设备的产量取决于铸坯拉速、可能浇铸的钢种和尺寸、收得率以及换装和准备时间。如圆坯，由于冷却情况较差，还达不到每小时10吨以上的浇铸效率，而生产方坯，浇铸效率较高。尺寸较大，生产率增加到每小时20吨以上(图9)。生产大型板坯时，冷却情况较佳；因此每一流的浇铸效率可以超过每小时150吨(图10)。此时，宽度与厚度的比例多数是8:1，最高是

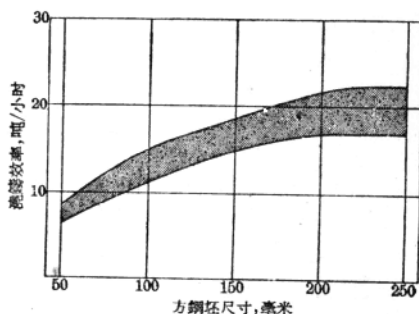


图9 生产方坯时的平均浇铸效率

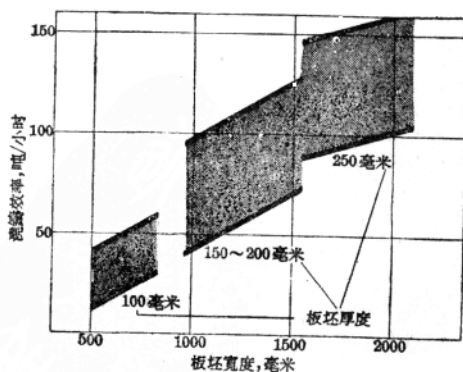


图10 生产板坯时的平均浇铸效率，随铸坯的宽度和厚度而异

10:1。然而浇铸宽厚比为 12:1 的不锈钢也已获得成功。

在这期间，成批浇铸的各种钢材的名单繁多，其内容包罗万象，从简单的非合金碳素钢到合金成分较高的优质钢，应有尽有；最近浇铸成功沸腾钢。众所周知，有些钢种对冷却是很敏感的。因此，要求将连续浇铸设备调整到使浇铸速度和冷却强度尽量精确地与各种钢配合一致。

60 毫米到 250 毫米正方的方钢坯和 500×100 毫米到 2100×250 毫米的板坯可以在连续浇铸设备上毫无困难地进行浇铸。但有些钢种却不在此例，如工具钢，在铸坯厚度超过 100 毫米时，由于凝固速度愈向铸坯中心愈慢，故其结晶组织不符合高的要求。

圆形较难浇铸。由于表面与体积的比例关系不佳，故冷却较差，因此只能达到低的浇铸效率。此外，极易产生应力裂纹。铸坯导向问题不易解决。有人建议浇铸表面有轴向沟纹的圆形铸坯，但这就需要再加工所铸成的方钢坯表面。先浇铸成八角形，作为圆形棒坯的初级阶段，获效良好。

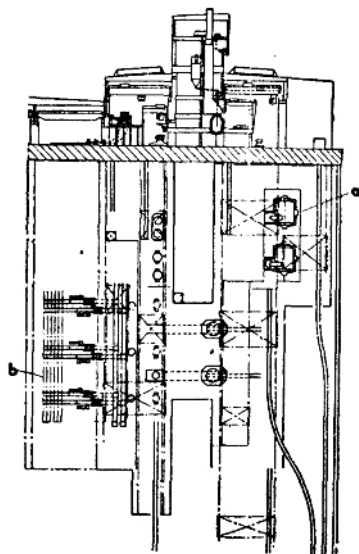


图 11 炼钢车间——连续浇铸设备

a-装有两只转炉的纯氧顶吹炼钢车间；

b-装有三台双流铸坯的连续浇铸设备

连续浇铸设备上所浇入铸料的收得率极佳；平均达 95% 左右。虽然从一次到另一次浇铸的准备时间和换装时间短，如果避免经常变换尺寸形状，可以最充分地利用连续浇铸设备。浇铸过程的自动化和每次所装的料能连续浇铸有助于更充分的利用设备。同时却须注意保证运转安全。

七、連續澆鑄設備——煉鋼車間

要生产无可指摘的半成品，除对连续浇铸设备提出许多要求外，对炼钢车间也提出一系列的要求，以得到用连续浇铸设备易于铸造的钢。例如，对每种钢必须保证比较准确的浇铸温度；脱氧必须充分有效，但不许在结晶器中导致强烈的料渣分离。

对如何能使除气装置与连续浇铸设备组合，再三作了考虑。目前，制造适当形状和尺寸的、耐火材料衬里的真空桶以及密封材料和真空泵，以适应不同的要求，已不成问题。当除气装置与中间盛钢桶组合时，只能除去钢中气体以及可能防止铸流重新吸收气体。而当炼钢厂中装有一台除气设备时，则除了可以充分有效地排除气体外，还可以不受空气的影响添加脱氧剂和合金添加物以及彻底混和钢水。

连续浇铸设备不可视作为孤立的机组，而是应在炼钢厂中将它安排好，以便能连续供应材料给压延车间。这对较老的炼钢车间来说常是很不简单的。对目前主要按照纯氧顶吹炼钢车间或电炉炼钢车间建成的新厂来说却较容易。此时，必须相互精确配合的不仅是生产能力，而且还有熔炼时间和浇铸时间。纯氧顶吹炼钢车间，其钢水重量不太大以及熔炼时间短和比较稳定，特别适宜与连续浇铸设备组合。图 11 表示一个有两只转炉和三台各为双流连续浇铸机的纯氧顶吹炼钢车间。

在经济上与普通钢锭模铸造相比，连续浇铸法的优点：一方面在于有较高的收得率，另一方面在于投资费用（系指半成品）少得多。据 L. F. Byran (Iron & Steel Engineer, 1963 年 11 月) 称：每吨半制品（即板坯、方坯以及各种形式的铸坯）可以节约美金 5 元。再说，事实上半成品的质量一样良好或是由于偏析少得多，甚至于更好。

所有这些议论都赞成采用连续浇铸法。虽然，目前用连续浇铸设备铸成的钢的总量还仅占世界铸钢生产量 1% 左右，但却能看出用连续浇铸代替普通钢锭模铸造的极强烈趋向。

陈贤亨译自 «Klepzig-Fachberichte»

8:323~326(1964)

二、生产重型板坯的第一座弯式連續鑄鋼設備

Kristof Trömel

一、建造連續鑄鋼設備的發展趨向

連續鑄鋼法經濟上的優點日益促使鋼鐵生產者在計劃擴建、改建或新建冶金工廠時考慮這種較新的澆鑄方法。但迄今已造成的連續鑄鋼設備卻有缺點，這是由於冷卻區需要一定的長度，致使設備非常高。因此必須將其安置在裝有鑄鋼用行車或吊車的特殊車間里，或是，當設備應盡量靠近煉鋼爐時，則需進行費用浩大的掘坑工作。

一篇關於連續鑄鋼近況的論文（Klepzig-Fachberichte 1964，第8期323～326頁）中已論及近年來連續鑄鋼技術的發展。本文中再次對比一下各種連續鑄鋼設備的結構類型。彎式結構（圖1c即上篇圖8c）即標誌這種最新的发展。採用這種結構類型時，鋼水澆在一根彎式結晶器中，借彎式輥軸導軌將鑄坯連續拉出並在導軌出口處矯正後水平地運送出去。因此省掉鑄坯的彎曲工作。冷卻區安置在彎式輥道中，從而大大減低了這種設備的建造高度。

根據鑄坯不同厚度選用4～8米作為主要尺寸，即所謂澆鑄曲率半徑，以使鑄坯在矯正時不受太強的應力。此種設備的建造高度應保證有可能安裝在原有煉鋼車間中。第一座生產重型板坯的大型彎式連續鑄鋼設備已在Dillinger冶金股份公司的工廠中投入生產。

二、採用彎式機的決定

自1963年已在Luzern的Moos'schen鐵廠中運轉的一台試驗性設備，其上的結果證明彎式系列基本上並無困難。因而對所有準備擴充其設備或新建的冶金廠提出了建立彎式連續鑄鋼設備是否是最好辦法的這個問題。1961年在Dillinger冶金股份公司所屬的OPL煉鋼車間中投产一座製造板坯的連續鑄鋼設備。這是一座能將鑄坯以水平方向彎曲的立式設備。在這設備所製成的板坯上進行試驗，證明用連續澆鑄的板坯所軋成的粗板料與目前一般的粗板料相比，其質量相等或甚至超出之。因此Dillinger冶金廠決

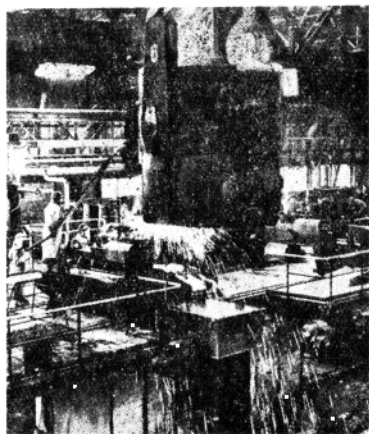


图 2 浇铸 85 吨钢水时的浇铸台

定向苏黎世的 Concast 股份公司订购第二座连续铸钢设备。这座设备建造在平炉车间中并按弯式系列进行工作。

三、设备的说明

这座设备设计采用 85 吨盛钢桶浇铸最大尺寸为 1600×250 毫米的板坯，其年产量估计为 250000~300000 吨。应考虑该设备装设在炼钢车间能使浇铸台与普通铸锭用的原有浇铸桥架以同一高度相接（图 2）。由于 Dillinger 冶金厂中钢锭模是排放在浇铸车上，故而其高度超出冶金厂地平面达 2.65 米。连续浇铸的板坯由浇铸车间横贯邻接的脱锭车间运送到板坯储存场后用气割设备将其割开并用行车从输送辊道上拿下。传动辊低于冶金厂地平面 6.2 米，运输辊道逐渐升高，以使铸坯到达板坯储存场时与冶金厂地平面一样高低（图 3 与 4）。由于脱锭车间内仍需保留铁道设备，故此种布局是最好的解决办法。

自图 4 的示意图中可以看出连续铸钢设备的各个部分。85 吨的盛钢桶在浇铸时仍悬挂在行车上。中间盛钢桶在加热站上预热后，用自动运输车送到浇铸位置（图 5）。目前浇铸 1550×250 毫米这种尺寸的板坯，在中间盛钢桶上装有三只浇铸口，其中间一只浇铸口用塞栓加以调节。

迄今用在板坯连续铸造设备上的结晶器是用几块铜板组成，但这种铜板

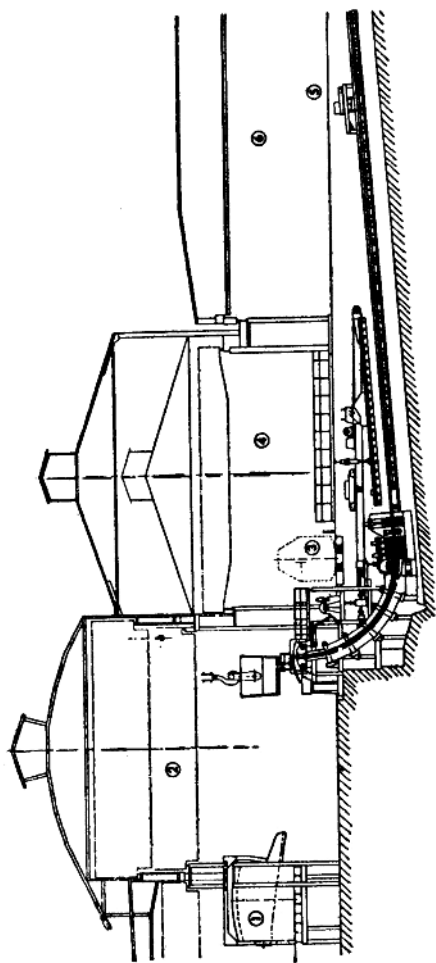


图 3 冶金厂中连续铸钢设备的布局

①平炉；②浇铸车间；③铁道设备；④脱锭车间；⑤气割设备；⑥板坯储存场

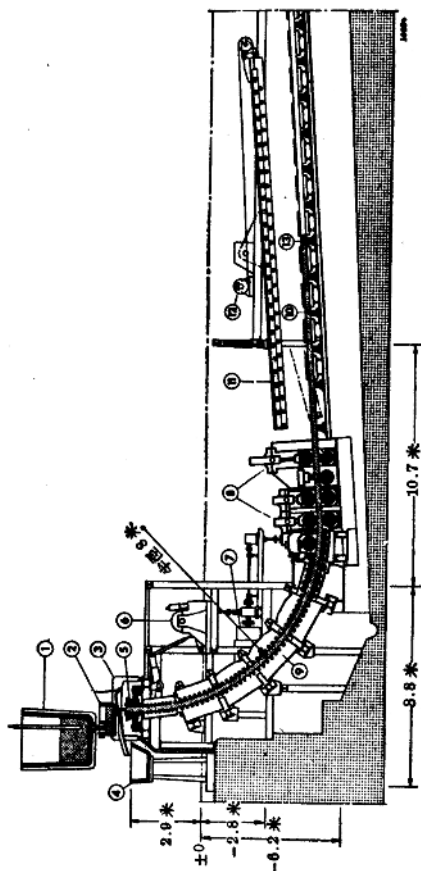


图 4 连续铸钢设备的示意图

- ①底流盛钢桶；②中间盛钢桶；③中间盛钢桶运送车；④钢渣及救急盛钢桶；
⑤振动弯式结晶器；⑥结晶器传动机构；⑦总传动机构；⑧钢直传动机构；
⑨铸坯导轨；⑩输送辊道；⑪引锭提升机；⑫引锭绞车；⑬引锭头