

板卷箱技术 在热轧带钢生产中的应用

首钢热连轧厂(筹) 高希南 郭燕斌

摘要：在热轧带钢生产中应用板卷箱技术，可以收到缩短轧线长度、减少投资、减少中间坯温降、优化轧制节奏、提高产品机械性能和表面质量、提高产品收得率、降低能量消耗、提高轧机能力、扩大产品范围、增强竞争能力的经济效果。本文介绍了首钢正在筹建中的热连轧厂板卷箱设备的组成、工作过程、设备结构特点及对板卷箱设备设计的消化吸收和改进意见等情况，以促进板卷箱技术的应用与发展。

主题词：板卷箱技术 热轧生产 应用

1、概述

板卷箱技术是由加拿大钢铁公司 (STELTECH) 研制成功, 1978年3月首次在澳大利亚西港热连轧厂应用。在热轧带钢生产中, 板卷箱的功用是将粗轧后的中间坯先卷取再开卷, 然后送入精轧机组。由于中间坯头尾颠倒, 上下表面翻转, 并成卷保温, 大大减少了温降、减少了头尾温差, 对提高产品精度、降低能耗、改善机械性能起到重要作用。近年来, 通过不断改进, 增加边部补热, 开发计算机控制, 使板卷箱技术不断完善, 设备更加合理, 适应各种类型的新建、改建的热轧带钢生产线。据资料统计, 近几年板卷箱技术的应用发展很快, 从厚板坯的常规工艺流程, 到各种形式的薄板坯连铸连轧流程上都得到了应用。到目前为止, 世界各地使用板卷箱设备的热连轧机已达46套。

通过对板卷箱技术资料的分析 and 国内外考察, 我们认为在板带钢热连轧生产中, 采用板卷箱技术主要有以下优点:

1.1 缩短轧线长度

在板带热连轧生产线上, 粗轧机与精轧机之间的距离是根据中间坯的长度和安全操作空间来确定的。当采用板卷箱技术时, 可使中间坯卷取, 实现与末架粗轧机轧制同步, 同时也可实现中间

坯开卷与精轧机轧制同步。因此，可使粗轧机与精轧机之间的距离缩短到75m。如首钢设计的2160轧机，两架粗轧机，经六道次将230mm厚的坯料轧成30mm厚的中间坯，按单重22kg/mm计算，第六道次坯长为80.5m，用板卷箱后，末架粗轧机与F1精轧机之间的距离，只需考虑第四道次后的坯长33.5m即可，减短了47m，从而使输送辊道和厂房建筑等缩短，减少了建设投资费用。

1.2 减少中间坯温降，提高产品质量

中间坯成卷后再开卷，原尾部变成头部，上表面换成下表面进入精轧机，轧件温降减少了95%，特别是均匀了头、尾部和上下表面的温度，使得中间坯在长度方向上的温度趋于均匀，有利于消除炉底水管黑印。因轧件进入精轧机的温度波动小，可实现恒温恒速轧制，从而提高了板带的板形和厚度精度，同时提高了沿产品长度方向上机械性能的一致性，为进一步深加工创造了条件。

1.3 降低能耗

采用板卷箱技术，可使板坯的出炉温度由1200℃降到1150℃，降低50度，可降低能耗4--10%，同时减少了钢坯氧化铁皮量，从而节约了燃料和金属消耗。

由于运用了板卷箱技术，整个中间坯的温度均匀，头尾温差小，精轧机无需为保证其终轧温

度而采用升速轧制，因此可减去精轧机的加速力矩，节约能耗约5--10%。

1. 4 适应性强，有利于扩大轧制范围

如为了提高产量仍要求功率加速度，或是在现有轧机上改造加装板卷箱，精轧机以通常用来升速轧制所需的功率，可用于恒速轧制较宽或较薄规格的带钢，或用于轧制具有高变形抗力的钢种。对于一些相变区很窄的优质钢的加工，更能显示这一工艺的优越性。

1. 5 优化轧制节奏，提高产品收得率和生产能力

板卷箱技术能够起到平衡粗轧机与精轧机生产能力，调节轧制节奏的作用。当精轧线发生故障时，成卷的轧件在板卷箱中停留十余分种后，只需切除外面几圈，就能继续进行轧制，避免了中间坯报废，使收得率提高。在正常工作时，可实现一个坯卷在精轧机组上轧制，而第二个中间坯可在板卷箱内进行卷取，使前后两块中间坯进入精轧的时间缩短到10秒之内，加快了轧制节奏，提高了生产能力。同时，由于加大板坯重量，相对减少了在精轧机前飞剪的切头切尾量的损失，提高了产品的成材率。

1. 6 中间坯除鳞

中间坯在板卷箱内，经过卷取和反向开卷，

对表面氧化铁皮起到剥离作用，加强了除鳞效果，有利于提高产品的表面质量。

基于上述优点，首钢热连轧厂在设计中选中了板卷箱技术。

2. 首钢热连轧厂板卷箱设备

2.1 首钢热连轧厂主轧线设备情况

首钢热连轧厂主轧线设备的设计，采用了一系列现代化的技术，主要有节能型步进式加热炉、板卷箱、带有大侧压调宽及宽度自动控制（RAWC）的粗轧机组、曲柄式飞剪及最佳剪切控制、精轧机组采用工作辊抽动、液压弯辊的板形控制技术、长行程全液压压下AGC控制系统、采用水幕层流组合冷却方式、带“踏步控制”的液压卷取机、主电机均采用交流传动，交交变频、矢量控制和先进的计算机控制系统。在保证产品质量和产量的前提下，采用半连续式布置，轧线紧凑，与板卷箱技术相匹配，形成年400万吨的生产能力。主轧线设备平面布置如图1所示。

2.2 板卷箱设备主要技术性能参数

可卷最大中间坯厚度	40	mm
坯卷最大外径	2100	mm
坯卷最大重量	36.4	t
坯卷内径	660/760	mm

最大卷取速度	5	m/s
设备总重	269362	kg

2.3 板卷箱工作过程

板卷箱是一台无芯卷取设备，主要由入口辊和斜托辊、弯曲辊组、1#托卷辊（卷取站）、坯卷稳定器、开卷器、输送臂、2#托卷辊（开卷站）、出口夹送辊、机架及液压、电气控制系统等组成，如图2、图3所示。

板卷箱有中间坯空过和卷取--开卷操作两种工作状态。

当中间坯厚度大于40mm时，板卷箱不进行卷取操作，中间坯从板卷箱直接通过，称为空过。此时，入口辊、斜托辊、1#托卷辊、2#托卷辊的上辊面保持与轧线一致，作为辊道运送中间坯，开卷器、稳定器、出口夹送辊处于打开位置。

卷取--开卷操作时，首先进行设定，斜托辊升起至卷取位置，上弯曲辊压下至设定的辊缝位置，成型辊和1B托卷辊向上转至高位，开卷臂、输送臂、稳定器、2#托卷辊和出口夹送辊处于准备位置。

卷取操作时，中间坯在斜托辊的引导下，进入弯曲辊组，弯曲后的中间坯，借助于上升至高位的成型辊和1B托卷辊，形成最初的坯卷内圈（直径为 $\Phi 660$ --760），开始卷取，当坯卷达到

设定的重量时，上弯曲辊开始上升，成型辊和1B托辊开始下降。当中间坯尾部通过时，上弯曲辊快速提升，呈全开位置。板卷箱卷取速度从4--5m/s迅速下降至1.5--2m/s，以便尾部精确转至开卷停止位。这时，1B托卷辊下降至下极限位置，开卷臂下降至开卷位置，输送臂根据坯卷直径定位，心轴开始插入卷眼，1#托卷辊开始反转，开卷刃剥离坯卷头部，把坯卷头部下压至主轧线，开始开卷。在中间坯进入飞剪前导板时，上夹送辊压下，直到中间坯进入F1精轧机时，上夹送辊抬起，开卷臂抬起处于准备位置。

输送臂动作，将坯卷移至2#托卷辊继续开卷，此时第二个坯卷可在卷取位置上成形，开始卷取。当第一个坯卷最后一圈离开2#托卷辊后，回转臂芯轴退回，并返回准备位置。全部工作过程，通过机械、电气和液压系统实现联锁自动控制。

2.4 板卷箱设备结构分析

2.4.1 入口辊及斜托辊

入口辊及斜托辊在卷取状态下，起引导中间坯进入弯曲辊组的作用。

入口辊及斜托辊主要由1个入口辊、2个斜托辊、支架、导板及液压缸等组成。

入口辊和2个斜托辊，由3台电动机分别驱

动。入口辊固定安装在轧线上，2个斜托辊安装在一个摆动支架上。摆动支架由两个液压缸控制摆动，摆角20度，完成引导或运送中间坯的动作。

2.4.2 弯曲辊组

弯曲辊组的作用是向中间坯提供合适的弯曲力，使中间坯按设定的弯曲半径不断弯曲并准确卷取成形，得到连续紧密的坯卷。

弯曲辊组主要由2个上弯曲辊、1个下弯曲辊、辊缝调整机构、支架、导板和液压缸等组成。

两个上弯曲辊由一台电机集中驱动，确保两个上辊运转的同步性。下弯曲辊由一台电动机驱动，固定安装在机架上。摆动支架上安装有两个上弯曲辊、一个导向辊、导板等，通过销轴与机架连接，顶部有两个液压缸，驱动支架在20度范围内摆动。正常工作时，根据坯卷的直径尺寸变化，由比例阀控制提升上弯曲辊的运动速度，并承担对中间坯的弯曲压力。当1B托卷辊到达极限位置时，上弯曲辊停止上升，由接近开关发出控制信号。

在两个上弯曲辊之间装有辊缝调整机构。该机构由电动机驱动左右两个螺旋升降机构来完成弯曲辊缝的设定工作。调整必须在上弯曲辊抬起位置时进行。弯曲辊的位置给定，由控制系统根据中间坯厚度发出辊缝设定信号，调整挡块至确

定位置上，当两个上弯曲辊下降靠上挡块时，即被准确定位，等待卷取。

2.4.3 1#托卷辊

1#托卷辊又称为卷取站，主要作用是配合弯曲辊组完成中间坯的成卷工作，并可作为辊道使中间坯直接送往精轧机。

1#托卷辊主要由1个成形辊、1A托辊、1B托辊、支架、导板和液压缸等组成。

成形辊和两个托卷辊由一台电动机集中驱动，确保三个辊子运转同步。1A托卷辊固定安装在机架上，成形辊和1B托卷辊分别安装在两个摆动支架上，分别由两个液压缸驱动，以1A托卷辊为中心上下摆动，完成中间坯输送、卷取和开卷三种工作任务。

作为输送辊道时，成形辊和1B托卷辊下降至割线，让中间坯直接通过板卷箱。

卷取工作时，成形辊和1B托卷辊根据坯卷的直径变化，由比例阀控制液压缸动作，保持坯卷与三个辊接触。当中间坯尾部接近板卷箱时，快速提升上弯曲辊，呈全开位置，托卷辊的线速度平稳降至 $1.5-2\text{m/s}$ 直至停止位置。同时，开卷臂开始下降，开始开卷。

2.4.4 坯卷稳定器

坯卷稳定器的主要作用是双两端面防止坯卷

倾倒，并使坯卷宽度中心线与轧制中心线重合。

坯卷稳定器主要由推杆、稳定板及液压缸等组成。

两个推杆分别安装在1#托卷辊两侧的机架上。推杆各由四个滚轮导向，头部装有稳定板。在液压缸驱动下靠近坯卷，以防坯卷倾倒并将其对中。液压缸由比例阀控制，在中间坯进入板卷箱前，将两稳定板设定在比中间坯宽度大150mm的位置，在中间坯进入板卷箱后，两稳定板短行程靠近，卷取完成后，稳定板退回到准备位置，准备位置的开口度比入口导板的开口度略大。

2.4.5 开卷器

开卷器的主要作用是剥离坯卷头部，把坯卷头部压下至主轧线，并持续到中间坯头部经过夹送辊和飞剪切头后咬入F1精轧机为止。

开卷器主要由开卷臂、折叠臂、支架及液压缸等组成。

开卷臂的一端固定铰接在机架上，其中心高于轧线3024mm，由两个固定在机架上的旋转液压缸驱动，另一端与折叠臂铰接。折叠臂的头部安装有开卷刃和辊子，其相对于开卷臂的摆动，通过安装在开卷臂上的液压缸来完成。

开卷器设有最高停止、准备、开卷模拟操作和正常工作四个位置，在到达每个位置前开始减

速，便于精确定位。

开卷操作时，开卷臂从准备位置下降，折叠臂张开，移动至开卷刃和辊子接触坯卷，开始开卷。当中间坯头部进入精轧机F1后，输送臂心轴插入坯卷，开卷臂抬起至准备位置。只有在开卷臂处于准备位置，折叠臂打开时，坯卷才能从1#托卷辊移送到2#托卷辊。

2.4.6 输送臂

输送臂的主要作用是将坯卷从1#托卷辊运送到2#托卷辊，继续开卷。

输送臂主要由输送臂、心轴、支架及液压缸等组成。

运送坯卷时，输送臂根据坯卷直径在1#托卷辊上定位，心轴全部伸出，插入坯卷孔眼内，随后抬起，以小于F1精轧机轧制速度的速度，将坯卷移送至2#托卷辊上继续开卷操作。此时，输送臂的心轴将随着坯卷直径的减小而下降。当坯卷最后一圈离开2#托卷辊后，输送臂的心轴缩回，输送臂返回到1#托卷辊斜上方的准备位置，等待下一个工作循环的开始。

2.4.7 2#托卷辊

2#托卷辊又称为开卷站。主要作用是接收从1#托卷辊移送来的正在打开的坯卷，继续开卷。

2 #托卷辊主要由两个托卷辊、支架及导板等组成。

两个托卷辊安装在机架上，由一台电动机集中驱动，同步转动，辊子间装有导板，与输送臂配合完成开卷工作。

2.4.8 夹送辊

夹送辊的主要作用是将中间坯矫平，并传送到F1精轧机。当精轧机组出现故障时，可以将轧件反向拉出，缩短故障处理时间。

夹送辊主要由上、下夹送辊、矫平辊、支架及液压缸等组成。

上下夹送辊各由一台电动机驱动，下夹送辊安装在机架上，上夹送辊和矫平辊安装在上支架上。上支架与机架铰接，由两个液压缸驱动，控制上夹送辊的升降。夹送辊的夹紧力根据中间坯的宽度变化自动调整。上夹送辊在中间坯进入时抬起，在中间坯进入到飞剪前入口导板时压下。当中间坯进入F1精轧机后，上夹送辊抬起。

2.5 板卷箱设备的设计消化与改进

2.5.1 加大1#托卷辊升降液压缸直径的问题

针对有的使用厂家板卷箱成型辊和1B辊被撞坏的情况，我们对中间坯在1#托卷辊上的卷取过程进行了分析，认为在成卷初期，因不规则

的椭圆形坯卷，将对成型辊和托辊卷产生较大的冲击力。在同外方商榷时提出，将成型辊和1B托卷辊的升降液压缸分别由 $\Phi 100\text{mm}$ 增大到 $\Phi 200\text{mm}$ 和 $\Phi 140\text{mm}$ ，同时考虑增加缓冲设计，提高承载能力。

2.5.2 考虑到轧制后中间坯头部产生的不规则形状，我们提出将成型辊和导板开槽，相互交叉、圆滑过渡，减少冲击力，使中间坯成卷更加顺利。

2.5.3 出口夹送辊下辊前后导板上表面与辊面高差由原设计的38mm改为50mm，以利于中间坯头部顺利通过，避免卡阻。

3. 结束语

通过对板卷箱技术和设备的分析，我们对板卷箱技术及其应用有了初步的了解和认识。在新型现代化热板带轧机设计中采用板卷箱技术，可以收到缩短轧线长度、减少投资费用、优化轧制节奏、减少中间坯温降、提高产品机械性能和表面质量、提高产品收得率、增加生产能力、降低能源消耗等经济效益。在现有热板带轧机的改造中应用板卷箱技术，可以不用改变原有精轧机的布置，不用增加主电动机的功率，就能达到提高板卷单重，加大生产能力的目的。我们相信板卷

箱技术有着光辉的应用前景。

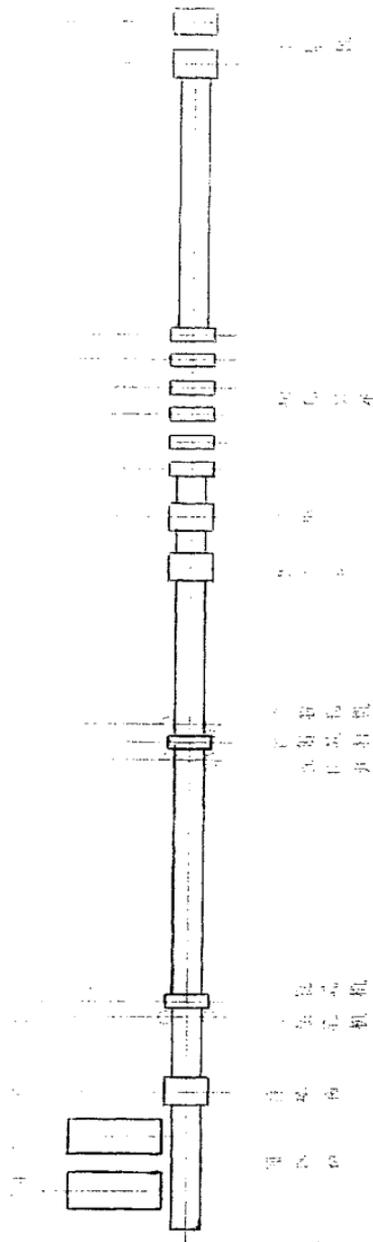


图1 正热蒸汽机厂主蒸汽式设备示意图

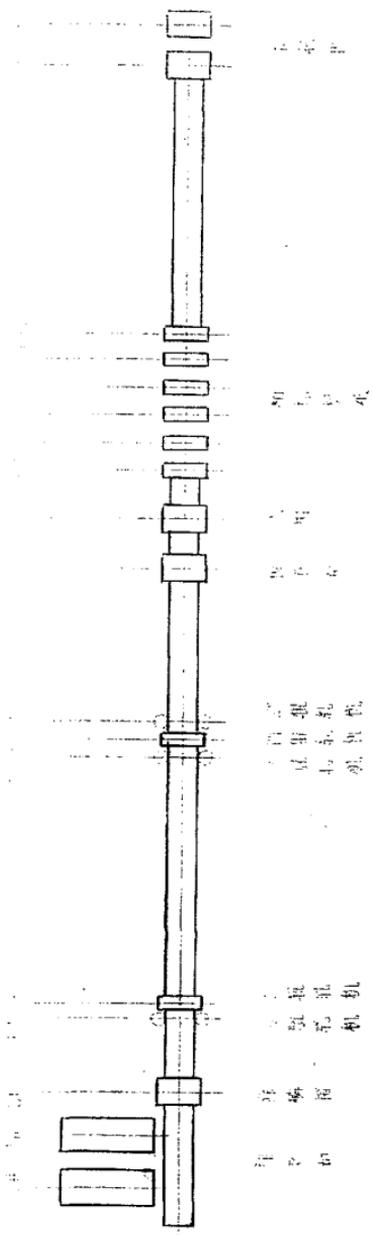


图1 首钢热连轧厂主轧或普备布置示意图

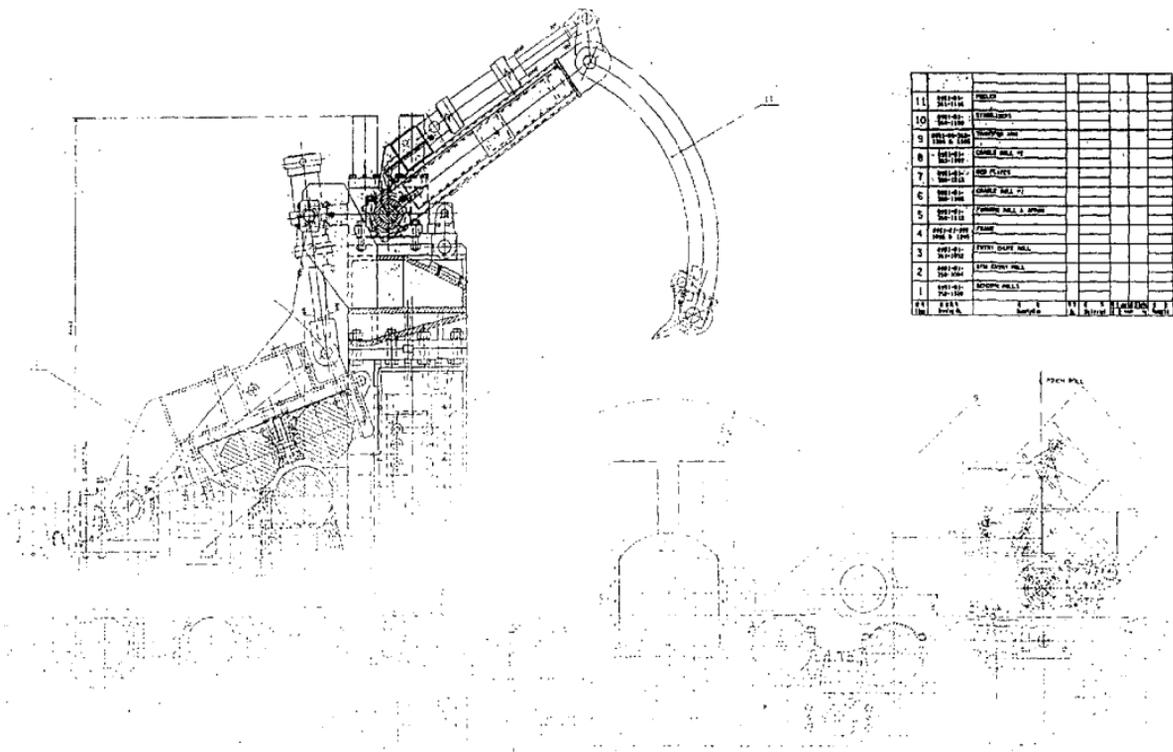


图2. 板卷箱结构

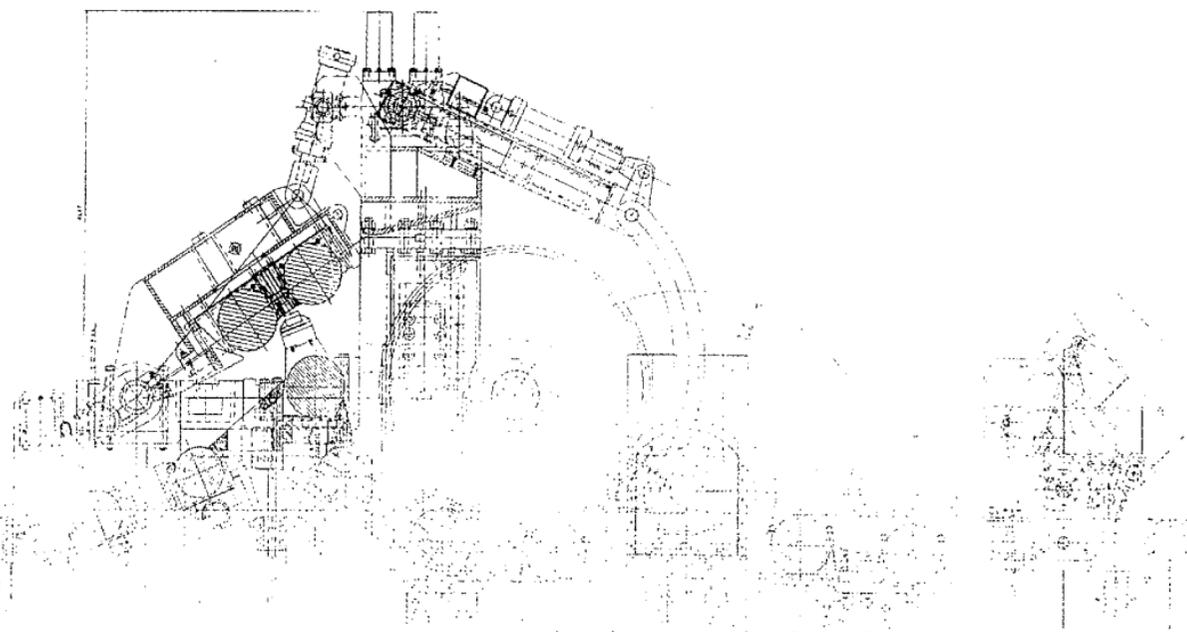


图3. 板卷箱结构