

PQF 连轧管机在天津钢管的发展

周晓锋, 张传友, 史庆志

(天津钢管集团股份有限公司技术中心, 天津 300301)

摘要: PQF 连轧管机是目前工艺技术最为先进的限动芯棒连轧管机。简述了 PQF 连轧管机由轴向换辊 (ACO) 到侧向换辊 (LCO) 的发展历程。介绍了天津钢管集团股份有限公司已建成投产的 3 套 PQF 连轧管机组的主要设备、生产的产品品种规格等以及各自的特点。这 3 套 PQF 三辊连轧管机组的建设对推动行业装备与技术进步起到了积极的推动作用。

关键词: 中国; 天津钢管; PQF 连轧管机; 轴向换辊; 侧向换辊; 发展状况

中图分类号: TG333.8 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2012)02-0038-04

Development of PQF Pipe Mill in TPCO

Zhou Xiaofeng, Zhang Chuanyou, Shi Qingzhi

(Technical Center, Tianjin Pipe (Group) Corporation Ltd., Tianjin 300301, China)

Abstract: The PQF (Premium Quality Finishing) pipe mill has been so far regarded as the most technologically advanced retained-mandrel pipe mill. And up to now, three sets of such mills have been set up, and put in operation at Tianjin Pipe (Group) Corporation Co., Ltd. Briefed in the paper is the development of the roll change-over process of the PQF mill from the original axial change-over (ACO) method to the present lateral change-over (LCO) method. The three TPCO PQF mill lines are also described, covering such aspects as major equipment units, product mix, as well as the features of each mill. The establishment of the three TPCO PQF mills has played a positive role in speeding up further development of both equipment and technological level of domestic tube-making industry.

Key words: China; TPCO; PQF pipe mill; Axial roll change-over (ACO); Lateral roll change-over (LCO); Development situation

三辊连轧管机也称为 PQF 限动芯棒连轧管机, 是 20 世纪 90 年代中期发展起来的轧管工艺技术, 在 21 世纪得到长足发展的体现。它代表了当今无缝钢管轧管机组工艺设计和制造的最新发展水平, 三辊孔型设计, 独特的轧辊压下、平衡方式, 先进的自动化控制管理系统等均处于目前轧管技术领域的最前沿。天津钢管集团股份有限公司 (简称天津钢管) 2003 年 9 月建成世界上第 1 套 $\Phi 168$ mm PQF 三辊限动芯棒连轧管机组, 2007 年 1 月建成世界上第 1 套大直径 $\Phi 460$ mm PQF 三辊限动芯棒

连轧管机组, 2008 年 4 月建成目前世界上最先进的 $\Phi 258$ mm PQF 三辊限动芯棒连轧管机组, 同时拥有轴向换辊的 PQF 连轧管机 (简称 PQF-ACO) 和侧向换辊的 PQF 连轧管机 (简称 PQF-LCO 或 PQF-PLUS), 成为目前世界上拥有 PQF 连轧管机最多, 设备最先进, 国际知名的无缝钢管制造商。本文将介绍天津钢管 PQF 连轧管机组情况。

1 PQF-ACO 连轧管机

1.1 机组简介

1) $\Phi 168$ mm PQF 连轧管机组

天津钢管为使产品系列化, 填补钻杆、油管等产品的市场短缺, 建成了世界上第 1 套 $\Phi 168$ mm

周晓锋 (1979-), 男, 硕士, 工程师, 从事轧管工艺技术研究和新产品开发。

PQF 三辊限动芯棒连轧管机组。 $\Phi 168$ mm PQF 限动芯棒连轧管机组的主要设备包括:带导盘的锥形辊穿孔机、1 机架 VRS(Void Reduce Stand, 空减机架)+5 机架 PQF-ACO 连轧管机、FQS(Fine Quality Sizing, 三辊可调辊缝脱管/定径机)脱管机和带有 CARTA(Computer Aided Rolling Technology Application, 计算机辅助轧制技术应用)技术的 24 机架张力减径机。轧制的钢管规格为 $\Phi 32.0 \sim 168.3$ mm $\times 3.2 \sim 22.0$ mm、长度为 6~15 m, 设计年产量为 35 万 t。主要生产品种为油井管(包括套管、油管、钻杆)所需的管体料, 占全部产品的 60%, 其他产品为高压锅炉管、气瓶管、管线管、液压支架管、船舶管和输送管等。

2) $\Phi 460$ mm PQF 连轧管机组

天津钢管为了满足市场大规格、大径壁比(D/S)、高合金钢管产品的需求, 将小规格钢管生产机组 $\Phi 168$ mm PQF 连轧管机的技术应用到大直径三辊连轧管机组上, 建成了世界上第 1 套 $\Phi 460$ mm PQF 限动芯棒连轧管机组。与其他机组相比, 该机组在生产大直径高合金难变形品种等方面具有明显优势, 其生产工艺具有当今世界领先水平。 $\Phi 460$ mm PQF 限动芯棒连轧管机组的主要设备包括:带导板的锥形辊穿孔机、5 机架 PQF-ACO 轧管机、3 机架脱管机和 10 机架微张力定(减)径机。轧制的钢管规格为 $\Phi 219 \sim 460$ mm $\times 5.6 \sim 57.0$ mm, 设计年产量为 50 万 t。主要生产品种是流体输送管、结构管、管线管、石油套管、油井管接箍料、高压锅炉用管、低中压锅炉用管、液压支柱管、气瓶管及高合金的无缝钢管等。

1.2 PQF-ACO 连轧管机特点

PQF-ACO 三辊可调式连轧管机以三辊孔型设计工艺为核心, 结合了典型 MPM 限动芯棒技术, 使热轧无缝钢管在轧制工艺上取得了重大的技术突破。与 MPM 二辊限动芯棒连轧管机相比, PQF-ACO 三辊连轧管机的主要特点如下。

(1) 轴向换辊设计。PQF-ACO 连轧管机主要由轧辊机架、隧道式牌坊和传动装置 3 部分组成。PQF-ACO 连轧管机轧辊机架如图 1 所示, 隧道式牌坊如图 2 所示^[1]。连轧主机的结构设计紧凑, 其轧制机架总长小于 5 m。PQF-ACO 连轧管机的牌坊通过连杆形成一个整体呈隧道状, 轧辊机架、芯棒支撑架彼此间由构件相连, 通过换辊小车的滑道被推入隧道内, 换辊时需将其整体拉出来进行更

换, 这与 MPM 轧管机每个机架可单独更换是截然不同的。

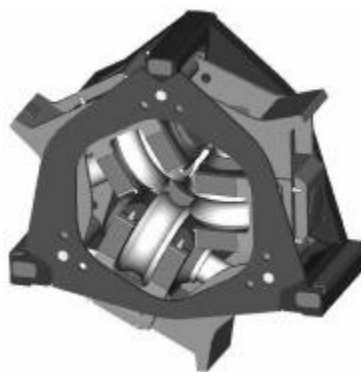


图 1 PQF 三辊连轧管机轧辊机架示意



图 2 PQF 三辊连轧管机机架隧道式牌坊示意

(2) 独特的芯棒循环方式。在毛管进入 PQF-ACO 连轧管机前, 芯棒预穿入毛管, 然后随毛管进入 PQF-ACO 连轧管机组进行轧制, 轧制结束时芯棒停止运动, 待荒管由脱管机脱离芯棒后, 芯棒向前快速运行依次通过连轧管机和脱管机, 芯棒通过脱管机后经冷却、润滑从另一侧返回循环使用。相比 MPM 二辊限动芯棒连轧管机, 这种芯棒运行的方式可以节省芯棒回退时间, 减少芯棒的在线待轧(非轧钢)时间, 从而有效地缩短了轧制周期, 加快了轧制节奏, 最快可以达到 150 支/h, 生产能力大为提高。与此相适应的脱管机具备辊缝快速打开、闭合功能, 确保了轧制薄壁管时芯棒能安全穿过脱管机。

(3) 钢管质量提高。由于 PQF-ACO 连轧管机的轧辊孔型底部和边缘的线速度差异较小, 而且可以采用开口小一些的孔型, 因此采用 PQF-ACO 连轧管机轧管, 轧件金属变形较均匀, 金属的横向流动要少一些, 比 MPM 二辊连轧管机轧制的钢管质量好, 具体表现在 4 个方面: ①壁厚公差显著改善; ②钢管表面更光洁; ③D/S 值可增大, 达到 50; ④减少了钢管因不均匀变形而产生的裂孔和拉

凹缺陷。

(4) 工具消耗降低。PQF-ACO 连轧管机的牌坊、机架采用紧凑式结构,使芯棒的长度减小,并且芯棒表面磨损均匀,芯棒的使用寿命更长。轧辊孔型各点线速度差减小,轧件变形均匀,使轧辊磨损均匀。较低的平均轧制压力亦减少了轧辊、芯棒的磨损,降低了消耗。钢管尾部形状的改善也减少了轧辊及芯棒的磨损,使轧辊的使用寿命明显提高,较 MPM 二辊连轧管机的轧辊使用寿命提高近 1 倍。另外,除了减少芯棒磨损外,较低的平均单位轧制压力以及三向均匀受力,还可允许使用较便宜的內空芯棒,通过內冷及外冷可有效地对其进行冷却,使芯棒寿命提高。

(5) 金属收得率提高。三辊孔型设计使凸缘区(钢管既不与轧辊也不与芯棒接触的区域)更小,约比二辊的减小 30%。即流向凸缘的金属量减少了,横向变形减小,使钢管尾端的飞翅大大减小,也减少了荒管尾端鳍状的产生。切头切尾损失比 MPM 二辊连轧管机减少近 40%。若配合头尾削尖功能的使用,在减壁率低于 35%,壁厚大于 7 mm 的规格范围可以将切头尾长度控制在 300 mm 以内,提高了金属收得率及轧制流畅程度^[2-4]。

2 PQF-LCO 连轧管机

2.1 $\Phi 258$ mm PQF 连轧管机组简介

天津钢管为填补在 $\Phi 168\sim 245$ mm 规格内高钢级、高附加值产品组距的生产、设备能力空缺,建成了目前世界上最先进的 $\Phi 258$ mm PQF 三辊限动芯棒连轧管机组。 $\Phi 258$ mm PQF 三辊连轧管机组的主要设备包括:带导板锥形辊穿孔机、6 机架 PQF-LCO 连轧管机、3 机架脱管机和 14 机架微张力定(减)径机。轧制钢管的规格为 $\Phi 114\sim 245$ mm $\times$ 4~30 mm,长度为 6~15 m,设计年产量为 50 万 t。主要生产品种为油井管(包括套管、油管、钻杆)加工用管体料,占全部产品的 80%,此外,还生产高压锅炉管、低中压锅炉管、管线管、流体管、结构管、支架管、气瓶管等。

2.2 PQF-LCO 连轧管机特点

天津钢管的 $\Phi 168$ mm PQF 三辊连轧管机投产不久,德国 SMS Meer 公司就着手进行 PQF 连轧管机的工艺改进工作,由此开始了侧向换辊 PQF 连轧管机的研发,经过 3 年多时间完成了侧向换辊 PQF 连轧管机的工艺设计和结构设计。

SMS Meer 公司将侧向换辊的 PQF 连轧管机正式命名为 6 机架 PQF-PLUS LCO(简称 PQF-LCO 或 PQF-PLUS)。天津钢管 $\Phi 258$ mm PQF 连轧管机就是采用了德国 SMS Meer 公司最新型的 PQF-LCO 连轧管机。PQF-LCO 连轧管机既保持了传统 PQF-ACO 连轧管机的优点,又进行了改进提高。与现有 PQF-ACO 连轧管机相比,PQF-LCO 连轧管机的主要特点如下。

(1) PQF-LCO 连轧管机采用侧向换辊方式,生产中更换轧辊时,采用如图 3 所示的单独更换装置,换辊小车由可单独横移的换辊单元组成,其数量与工作机架和芯棒支撑架的数量一致。两个换辊小车也可整列侧移,并能与机架正确对中以达到整列更换和单个更换的目的。可以选择单独更换任何一个机架,在单个机架更换时不需要将所有机架拉出。即使更换所有机架,也比原来的轴向更换方式节省 50% 的时间。传动轴是可伸缩的,在换辊时传动轴回缩,脱离与轧辊的联接,新工作机架换入后传动轴伸出并和轧辊联接,伸缩的动作由液压缸来执行。

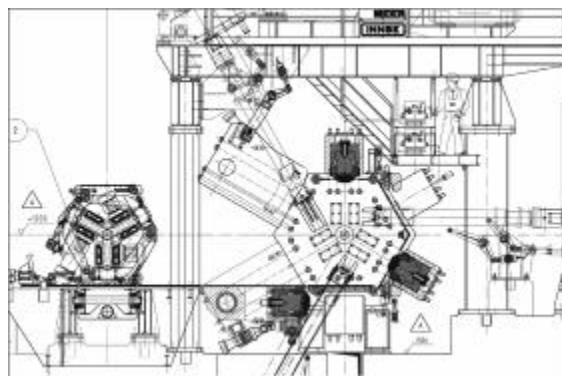


图 3 PQF-LCO 连轧管机侧向换辊示意

(2) PQF-LCO 连轧管机的机架在机架装配中首次运用互换性的通用设计理念,机架和轧机底座为六边形,在获得与传统 PQF-ACO 连轧管机同样高刚性的同时还具有通用性和互换性。6 个机架的部件尺寸一致,大大减少了备件种类和数量;所有机架都可以在任何一个轧机底座上使用,做到了最大限度的通用,这一点在 PQF-ACO 连轧管机中是做不到的。

(3) PQF-LCO 连轧管机的轧辊采用了辊环设计。新设计的轧辊用辊环安装在可长期使用的轧辊

轴上,这种辊环磨损超差后可以直接更换新的辊环,而轧辊轴还可以继续使用。这种辊环的机械制造性能更加优良,可以采用离心铸造技术,以提高耐磨性,延长辊环的使用寿命,降低生产成本。

(4) 机组采用 6 机架形式,增大了连轧管机组的延伸系数,同时减小了单机架的延伸系数,使穿孔机、连轧管机的变形分配更加合理。由于降低了单个机架的延伸系数,使得轧制力降低,从而得到更高的轧制稳定性;使得极薄壁管、高合金钢管等各种规格和材质的钢管能够得到更稳定的轧制状态;可以得到更精确的钢管几何尺寸,提高成材率;提高轧辊和芯棒的使用寿命。

(5) 由于提高了连轧管机组的延伸系数,因此可降低穿孔机的延伸系数,得到壁厚较厚、轧制温度更高的毛管,由此可以降低连轧管机组的变形应力,有利于提高产品的轧制质量^[5-6]。另外,降低了轧制力,也可以减小轴承的尺寸。

3 结 语

天津钢管在建设 PQF 连轧管机组过程中,设备选型采用“点菜式”,关键设备如穿孔机、PQF 连轧管机和微张力定(减)径机等直接从国外采购,而其他设备由国内知名厂商提供或者自己设计制造,并自主开发出与 PQF 三辊连轧管机组相配套的工艺技术,在消化引进的同时做到了创新。

天津钢管“PQF 三辊连轧管生产线工艺及装备自主集成与创新”项目获得 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖,“PQF 三辊式连轧管机组的技术开发及应用研究”项目获得 2007 年度冶金科学技术

奖一等奖。天津钢管还与德国 SMS Meer 公司共同中标白俄罗斯 $\Phi 168$ mm PQF 连轧管机组生产线建设项目,除提供设备外,还向白俄罗斯提供包括技术诀窍、操作规范、生产管理、设备维护以及建立质量体系在内的成套管理技术和诀窍,同时还为白俄罗斯提供人员培训和现场生产技术指导,做到了设备和技术双输出。

PQF 连轧管机代表了世界钢管生产的先进技术水平,体现了无缝钢管生产的连续性、高效率、机械化及工业自动化的发展趋势。天津钢管建设 PQF 三辊连轧管机组使得企业生产技术装备处于世界领先水平,同时对热轧无缝钢管生产技术的发展产生了重大影响,而且为 PQF 三辊连轧管设备的发展起到了积极的推动作用。

4 参考文献

- [1] 李群,杨帆,丁德元,等.从 MPM 到 PQF[J].钢管,2007,36(6):19-24.
- [2] 严泽生,孙强,庄钢.PQF 生产工艺[J].钢管,2006,35(1):37-42.
- [3] 周晓锋.MPM 和 PQF 轧管工艺[J].钢铁研究,2008(3):58-62.
- [4] 严泽生,庄钢,孙强,等.PQF 三辊连轧管生产线工艺及装备自主集成与创新[J].天津冶金,2008(5):9-15.
- [5] 周晓锋,张传友.天钢 $\Phi 258$ PQF 连轧管机组介绍[J].钢铁研究,2009(5):46-50.
- [6] 金如崧.PQF 的 17 年[J].钢管,2009,38(1):36-40.

(收稿日期:2011-07-08)

●信 息

2011—2012 年 1 月乌克兰钢管工业生产情况

2011 年乌克兰钢管工业的生产情况良好,钢管总产量达到 221.3 万 t,与 2010 年相比增产了 45.4 万 t,增幅达到 26%。在乌克兰的钢管生产企业中,哈尔岑钢管厂无论是产量还是增产幅度均居榜首,2011 年产量达到 63.06 万 t,比 2010 年增长了 1 倍多;下第聂伯罗夫斯克钢管厂 2011 年的产量达到 40.54 万 t,比 2010 年增长了 13%;尼科波尔国际管材公司 2011 年的产量为 36.73 万 t,比 2010 年增长了 17.4%;新莫斯科钢管厂 2011 年的产量达到 21.86 万 t,比 2010 年增长了 19.7%;鲁甘斯克钢管厂 2011 年的产量为 20.03 万 t,比 2010 年下降了 13%;第聂伯罗彼得罗夫斯克科明冶金厂 2011 年的产量为 18.15 万 t,比 2010 年增长了 16.57%;第聂伯罗彼得罗夫斯克钢管厂 2011 年的产量为 10.2 万 t,比 2010 年增长了 27%。

2012 年 1 月,乌克兰的钢管产量达到 17.45 万 t,较 2011 年 12 月增产了 1.39 万 t,增幅为 8.7%。

(攀钢集团成都钢铁有限公司 杜厚益)