攀钢重轨轧制及孔型设计特点

林健椿

（攀钢轨梁厂）

本文总结了攀钢轨梁厂十年来在重轨生产、孔型设计和轧制方面的经验，指出采用矩形钢坯，加大帽形孔垂直压下，能减少钢轨轨底裂纹。对六个轨形孔生产重型钢轨的新工艺进行了论述，提出了解决钢轨轨底不对称的方法和提高轧机小时产量的措施。

重轨是攀钢轨梁厂主要产品之一，其产量占总产量的三分之一。自1975年首次生产50kg重轨以来，通过改进工艺，革新设备，引进国内外新技术、新设备，使产品质量不断上升（表1），产品规格不断扩大（图1）。50kg和60kg重轨的一级品率和合格率在国内领先。52kg重轨质量达到国际准标，出口印度，获得用户好评。75kg重轨是目前世界上最重的钢轨，只有苏联能生产，我厂试制成功，填补了我

攀钢轨梁厂50kg重轨的质量指标 表1

年份	合格率,%	一级品率,%	成材率,%	附注
1975	94.2	37.22	86.79	
1976	96.78	68.57	85.34	
1977	98.06	85.63	90.53	
1978	99	95.75	92.07	
1979	99.4	97.57	92.92	
1980	99.6	98.37	93.49	
1981	99.56	98.38	93.45	自1983年起，长度改为25m，钢种为U71Mn，一级品有所下降
1982	99.69	98.44	93.21	
1983	99.71	97.39	93	
1984	99.69	97.35	93.98	

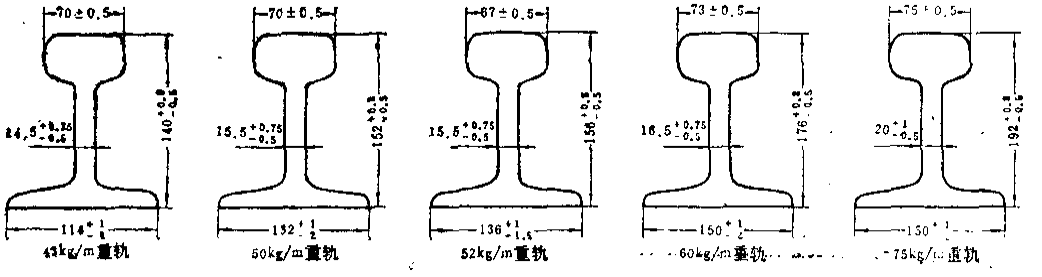

图1 重轨规格

国冶金产品一项空白。

孔型设计和轧制是重轨生产中两个重要环节，对钢轨的质量和产量起决定性作用。现将历年来我们在改进钢轨孔型设计和提高轧制技术方面所作的工作综述如下。

一、孔型设计特点

（一）钢坯的选择

1．在充分利用加热炉能力和保证定尺长度的前提下，确定钢坯的断面尺寸和长度。重轨在轨梁厂产品结构中占很大比例，因此钢坯长度必须根据加热炉的宽度来确定，以便充分发挥加热炉能力。其次，钢轨有定尺要求（12.5m或25m）。每根钢坯轧出成品长度必须是12.5m或25m的倍数加切头、切尾量。以50kg重轨为例确定钢坯：

（1）确定钢坯长度。我厂加热炉宽6.8m，钢坯允许的最长长度为6m，因此，50kg重轨钢坯设计长度为5.9m（现改为5.82m）。

（2）根据主轧跨设备（图2）确定从精轧机架轧出的钢轨总长度。从图2看出，在现有的设备布置状况下只能轧三根25m的定尺钢轨，即每根钢坯切三根定尺钢轨。

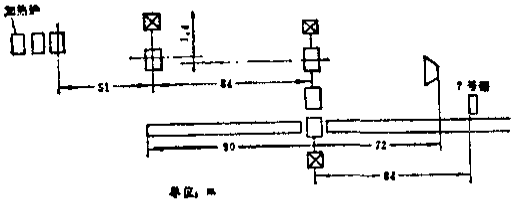

图2　攀钢轨梁厂主轧跨示意图

（3）确定每根钢坯的重量。

$$\text{钢坯重量} = \frac{A\ (B\times C+D)}{E}$$

$$= \frac{51.514\ (3\times 2.5+1.6)}{0.98}$$

$$= 4026\text{kg}$$

其中：A为每m钢轨的重量；

B为锯切定尺钢轨的数量；

C为定尺钢轨长度；

D为钢轨的切头、尾量，按经验取1.6m；

E为加热炉的烧损，取烧损率为2%。

（4）确定每米钢坯的重量。

$$\text{每米钢坯重量} = \frac{\text{钢坯重量}}{\text{钢坯长度}}$$

$$= \frac{4026}{5.9}$$

$$= 691\text{kg}$$

（5）确定钢坯面积。

$$\text{钢坯面积} = \frac{\text{每米钢坯重量}}{\text{钢坯比重}}$$

$$= \frac{691}{0.78\times 0.96}$$

$$= 90500\text{mm}^2$$

2．加大轨高方向的压下，减少轨底裂纹。根据上述计算，50kg重轨的钢坯可为方坯或矩形坯。包钢轨梁厂用300×300的方坯，我厂用325×280的矩形坯。采用矩形坯能增加轨高方向的压下，减少轨底裂纹，改善钢轨质量。由于钢轨在铁路运输中承受复杂负荷，因而对其质量要求很严，尤其是轨底中央三分之一处按标准规定不允许有裂纹。而轨底中央三分之一处的质量与轧制过程中轨高方向的垂直压下量有关。压下量愈大，质量就愈好。从理论上分析，用矩形坯的高面轧成钢轨的高度方向比用方坯的质量好，因轨底中央三分之一处的变形量增大。鞍钢1960年用矩形坯、方坯轧重轨的质量对比试验表明，用235×160矩形坯轧成43kg重轨，其

结疤为17.4%，裂纹为1.85%；而用196×196方坯轧出的重轨，结疤为30%，裂纹为7.9%。

3．钢坯的共用性。从设计角度来看，每种规格的重轨应该有自己单独的钢坯，但当生产的重轨规格较多时，必须考虑钢坯的共用性。我厂50，52，75kg重轨都采用325×280钢坯；60kg重轨的钢坯370×280；43kg重轨钢坯为280×280。为使75kg重轨和50kg重轨共用一种钢坯，必须改变原有的孔型设计方法，在开坯机孔型设计中取消两个箱形孔，钢坯直接进梯形孔。实践证明，这种方法效果较好。

（二）孔型系统

孔型系统的选择直接关系到成品钢材的优质高产。国内两列式四架轨梁轧机轧制重轨时都采用图3（a）所示的孔型系统，即采用两个箱形孔、一个梯形孔、三个帽形孔、五个轨形孔的孔型系统。

其中950开坯机布置四个孔型（二个箱形孔、一个梯形孔、一个帽形孔）；800轧机第一架布置三个孔型（二个帽形孔、一个轨形孔）；800轧机第二架布置三个轨形孔；850精轧机架配置一个轨形孔。我厂目前生产的四种规格的重轨采用上述孔型系统，其特点是：用箱形孔将钢坯压小；靠帽形孔的作用，使轨底中心三分之一处得到良好加工，改善钢质，同时使进入轨形孔的轧件有足够的底宽，以保证轨底尺寸的稳定性；采用轨形孔使钢轨成形。75kg重轨由于单重重、断面各部尺寸都较大，尤其是轨高比50kg和60kg重轨高得多。设计时采用六个轨形孔的孔型系统，如图3(b)所示，即一个梯形孔、三个帽形孔和六个轨形孔。六个轨形孔的优点是轨底加工良好，轧辊磨损减少。轨形孔由5个增加到6个有利于钢轨底部上、下面的加工，钢轨底部上表面（底部上腿）和底部下表面（底部下腿）都得到三次加工。因此，腿部加工均匀，保证了尺寸的稳定性。同时，随着轨形孔的增多，钢轨头部和腿部变形参数（包括侧压和延伸）也随之减少。这样，在批量生产时，轨辊磨损可减少，钢轨表面质量可改善。

（三）轧制道次

减少轧制道次是提高钢轨产量的重要因素之一。以50kg重轨为例，为提高产量，改变了原来重轨共轧14道的轧制方案，推行“2：1：1：1”的轧制方法，950开坯轧5道，950开坯的轧制时间为51s。这样，950开坯和800—850机例的轧制节奏趋向平衡。最高班产量达到300根以上，比设计要求提高25%。

（四）改进孔型设计，提高产品产量和质量

1．用帽形孔切偏方法，保证开坯机轧制的稳定性。950开坯轧制的稳定直接影响产品的质量。950开坯机只有推床，没有导卫装置，因此，在孔型设计时，必须采取措施，减少轧件扭转，保证轧制的稳定性。从图3(a)的孔型系统中看出，800—850机列第3孔为第1个轨形切深孔，其上腿为闭口腿，下腿为开口腿，金属在孔型中变形较复杂，上腿受楔卡和压下作用而被拉缩，下腿受两辊的挤压作用而增长。实测废钢得知，上、下腿腿长之差达30～35mm。为解决第1个轨形切深孔上、下腿不对称的问题，有些厂将950开坯的梯形孔作成不对称，如图4所示，使进入第1个轨形切深孔的轧件上腿金属多于下腿，以抵偿开、闭口腿对金属的拉缩和增

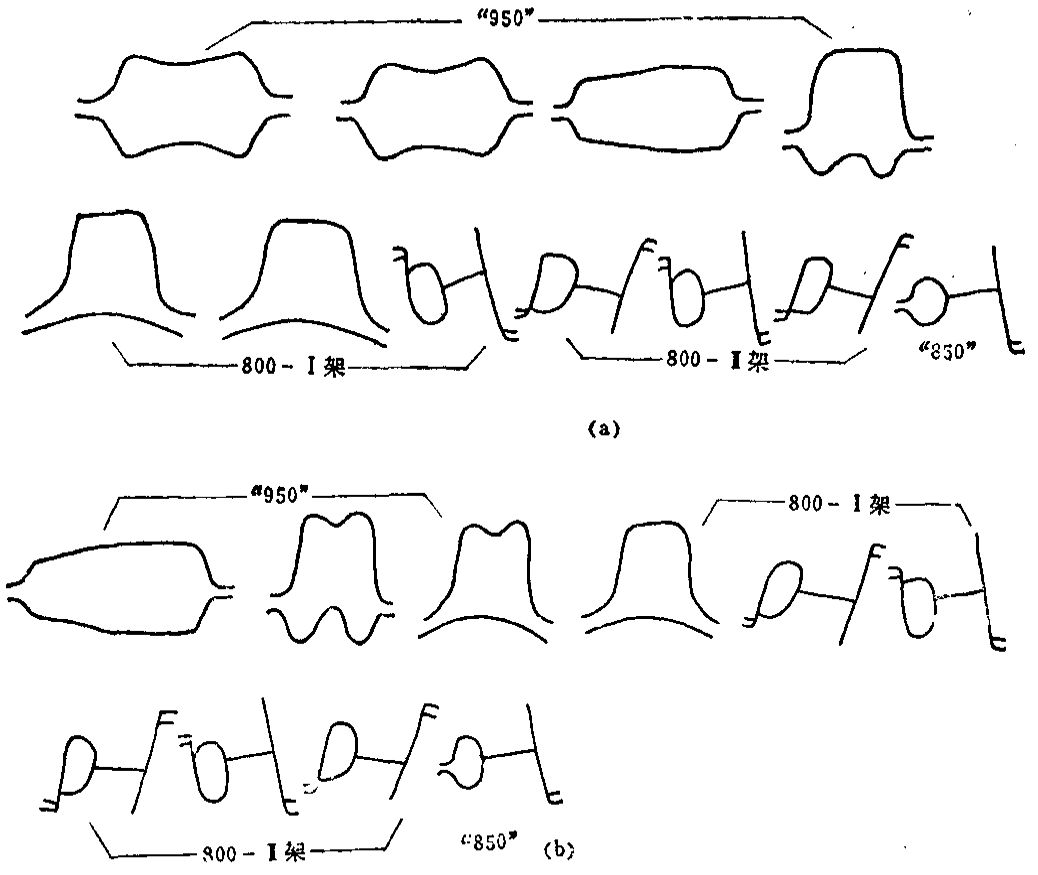

图3　两列式四架轨梁轧机孔型系统

长作用，使从第1个轨形切深孔轧出的轧件上、下腿尺寸趋向平衡。采用这种方法虽能消除成品上腿元角和下腿折叠缺陷，但由于梯形孔不对称，在梯形孔轧制时，轧件必然会产生扭转，而950开坯又无法安装导卫装置，使扭转无法控制，造成孔形开口处产生耳子和成品轨底三分之一处产生折叠。

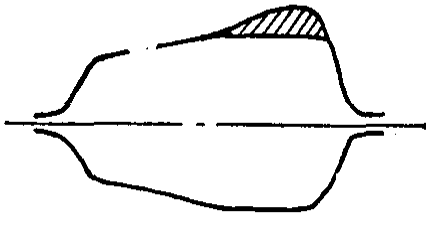

图4　不对称的梯形孔

我厂在设计时将帽形孔切偏（图5的4孔），使进入切深孔的上腿金属多于下腿。由于帽形孔轧槽较深，轧件进帽形孔时，孔型两侧将轧件紧紧夹住，即使帽形孔切深楔子切偏也不会产生扭转，这样既解决了切深孔上、下腿不对称问题，又保证了"950"开坯轧制的稳定性。

2．帽形孔采用小侧压、大压下的设计方法，解决轨底裂纹和提高轧辊使用寿命。成品钢轨轨底裂纹的多少与帽形孔中的垂直压下量有关。而帽形孔的最大垂直压下量又受轧件咬入条件限制。为使帽形孔得到较大的垂直压下量，同时又能使轧件顺利咬入孔型，设计时采用减少帽形孔侧压的方法，效果良好。以75kg重轨为例，

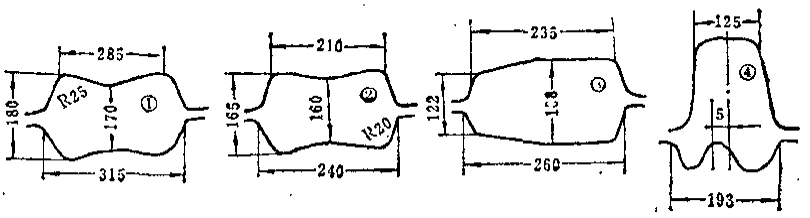

图5 前三孔及帽形孔

用新设计方法时，垂直压下量为180mm，比普通设计方法增加55%。

3．用正确选择轧制压力的方法，解决轧件上、下挠和成品腹部尺寸不合现象。有些厂采用轧件往回抽的操作方法解决重轨生产中这一问题。但该法影响轧制速度，使产量降低。为此，我们用正确选择轧制线来解决950开坯机轧件上挠下钻的现象。从图4看出，950开坯配置4个孔型，第1，2，3是对称孔型，在正常温度下，轧件不会上挠或下钻，而第4孔是帽形孔，必须正确选择轧制线。通常用孔型上、下部分面积相等的方法确定轧制线。但这种方法适用于对称孔型。为此，通过平均圆周速度的计算，把轧制线往下移，增加下辊直径，即采用下压来保证轧件从孔型中平直轧出。实践证明，该方法效果良好。

成品钢轨的腿部高度大于头部高度，轧件出孔时，头部下垂，产生向下力矩而影响钢轨腹部尺寸。因此设计时，成品孔使用下压，使轧件产生向上的反方向力矩，保证出孔的平直。我厂重轨成品孔采用下压的数字为：43kg，20mm；50和60kg，24mm；75kg，26mm。

4．用一套950开坯辊生产两种不同规格的重轨。通常一套开坯辊只能轧一种规格的重轨。为节省锻钢轧辊，我厂在设计50kg重轨时，考虑用一套开坯辊同时生产50kg和43kg两种规格的重轨。50kg重轨高度比43kg高12mm，宽度大18mm，设计的帽形孔宽度按50kg重轨考虑，高度按43kg重轨考虑，借助轧辊调整来保证一套开坯辊同时轧两种规格的重轨，从而为国家节约30万元轧辊费。

5．用改变成品孔的构成方法解决轨底不对称问题，按国际标准组织生产。国际标准中规定钢轨必须检查断面不对称性。钢轨断面不对称是目前国内钢轨普遍存在的问题。为了使我厂生产的钢轨符合用户要求（如52kg重轨出口印度），对实样进行了分析和讨论，初步认为钢轨不对称的原因如下：（1）成品孔卫板太大，（2）850轧机机后的打印机高度安装不当，（3）孔型设计不当，（4）钢轨在精轧孔轧制时头部自重引起。而这种缺陷产生的真正原因是轨腰和轨底不垂直，钢轨上表面腰与腿之间的角度大于90°，而下表面却小于90°。分析认为，这是由于钢轨头部自重所引起的，因为钢轨是横着从孔型中轧出，而轨头高度又比轨底高度小，在成品孔轧制时，轧件的轨底先和辊道接融，轨头和辊道有Δ的间隙（图6）。这样，头部受自重影响产生向下力矩，致使成品钢轨腰与腿不垂直，如用对称样板检查，就超过允许偏差。根据轧件在精轧机架中的运行情况，在设计52kg重轨成品孔时，采用轨底往里搬和轨头往里搬两种方案解决断面不对称现象。试轧证明，腿部往里搬的方案效果较好。在批量生产

时，采用这种方案使钢轨的对称合格率由原来的42%提高到99%以上，使产品完全符合国际标准。

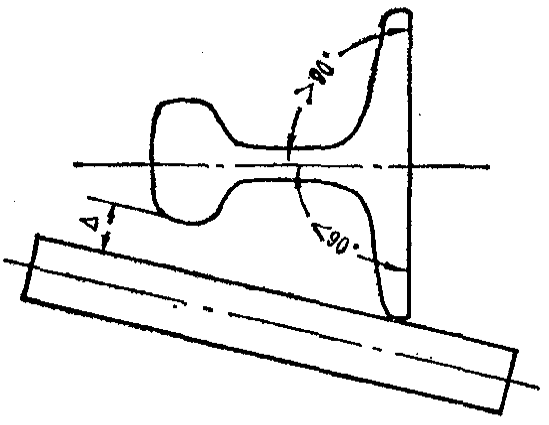

图6　轨头与轨道的间隙示意

6．减少翻钢道次，确保固定面轧制。用钢坯大面轧成钢轨的轨高（即固定面轧法制）是提高钢轨质量的重要措施之一。为保证上述措施的实施，我们在设计时减少了950开坯的翻钢道次。以50kg重轨为例，某厂在950上轧7道，翻钢3次，钢坯为方坯，不进行固定面轧制。我厂在950开坯轧5道，钢坯为矩形坯，钢坯大面立进第Ⅰ孔。为保证固定面轧制，翻钢次数必须是偶数，这样才能使钢坯的大面在帽形孔中得到垂直压下。因此，生产时在950开坯翻二次钢。在设计75kg重轨时，采用325×280矩形坯，并用钢坯的小面进1孔。为保证固定面轧制，翻钢次数必须是奇数，为此，我们决定取消两个箱形孔，钢坯在950开坯只翻1次钢就进帽形孔。

7．根据终轧温度，合理分配成品孔各部位的收缩系数，使成品钢轨腹部尺寸达到标准要求。钢轨腹部是和配件（鱼尾板）相连接，其尺寸精度要求严，偏差仅0.5。为使腹部尺寸保持稳定，除在成品孔采用上、下压力外，必须正确选择成品孔各部尺寸的热膨胀系数。通常为简化计算，成品各部尺寸的收缩系数都按1.014左右取。这种方法往往与钢材实际的收缩不符。为使成品孔各部的收缩系数较合理，我们用温度计实测现生产钢轨各部位的温度，并根据测得的温度取收缩系数。以75kg重轨为例，头部温度较高，取收缩系数为1.018，底部和腰部温度较低，取1.0155，整个钢轨的平均收缩系数为1.0165。

8．用加大压下量方法解决轨底外侧不平。轨底外侧不平是重轨生产中极易产生的缺陷，这主要是孔型设计不当，引起轨形孔底外侧得不到加工。因此，在设计重轨时，采取加大帽形孔底部的垂直压下量和增加轨形孔开口腿的侧压量两项技术措施，收到很好效果，所生产的五种规格钢轨未发现轨底外侧不平的缺陷。

9．根据热锯的位置和移钢方向确定孔型在轧辊上的位置。为了便于操作和防止锯切过程中轧件的变形，必须正确选择孔型在轧辊上的配置方向。我厂配置轨形孔时，将轨形孔的头部朝北，底部朝南。因我厂生产重轨时，轧件由Ⅰ架往Ⅱ架的移动方向为自北向南，头部朝北就可防止移钢时轧件发生翻转现象。其次，我厂热锯锯切方向是从北往南移动，头部朝北就可先锯钢轨的头部，减少钢轨断面的变形。

10．加大头部变形，提高75kg重轨头部表面质量。75kg重轨断面大，从钢锭到钢轨的总变形量减少。这样，轧制表面缺陷在相同的条件下就比50kg和60kg重轨多。国外有关资料介绍，钢轨单重愈重，头部表面缺陷就愈严重。为减少头部表面缺陷，我们在75kg重轨孔型设计时，将帽形孔槽底作成鼓形，以增加头部变形量，改善其质量。检验结果表明，效果良好。1983年50kg重轨探伤报警率为1.18%，60kg重轨探伤报警率为1.6%，而1985年试生产1500t 75kg重轨，其探伤报警率仅

0.12%。

二、轧钢生产和操作经验

1. 推行2：1：1：1操作方法，提高轧机小时产量。950开坯机轧辊共配置4个孔型（图5）。开工生产50kg重轨时，950开坯轧7道，走2：2：2：1。由于950开坯道次多，影响小时产量，为此，决定950开坯改走5道。试验初期按2：2：1方案轧制，也即轧件走1，3，4孔，不走2孔。采用这种方案最主要的缺点是轧件出孔时扭转严重。这是因为1孔出来的轧件翻钢进3孔时，其高度较高，约300mm，而宽度较窄，约210mm，轧件在垂直方向的压下量很大，约170mm，进孔时两侧又没有夹持力（因来料宽度比孔型窄25mm），左右摆动而产生扭转。为解决扭转，改变压下规程，采用2：1：1：1的5道次操作方案，1孔轧件翻钢进2孔，2孔轧件进3孔时不翻钢，3孔轧件进4孔翻钢。其优点是减少一次翻钢时间。进入3孔的轧件较宽，受孔型侧壁的夹持不发生扭转现象。其次，由于3孔只轧1道，其压下量不大，约80mm，3孔不会出耳子。这样，既保证950开坯轧制的稳定，又减少轧制时间，使轧机小时产量大大提高。

2. 改进导卫装置，提高操作水平，保证6个轨形孔的孔型系统的实施。75kg重轨断面大，在设计时采用6个轨形孔的新型孔型系统。这种孔型系统有一系列优点，但在试轧时却暴露出一个问题，即第1个轨形切深孔（800机架第二孔）咬入困难。从图3（b）中看出，第1个轨形切深孔配置在上轧制线上，轧件是带坡度进入孔型的，因此轧件不易咬入孔型。为解决上述问题，设计了特殊的2孔入口导板。这种导板比普通导板长350mm，导板内侧小台加高20mm，导板入口处的弧度和喇叭口加大。轧制时，在入口导板的前面靠近头部处安装一块长2m的引料导板，使轧件进入导板前不倾斜，同时用一对夹料辊扶住轧件，采用轧件往头部方向靠的操作方法，使轧件很顺利地咬入第1个轨形切深孔。

3. 严格控制800机架轧辊辊径差，减少设备事故。我厂800Ⅰ架和Ⅱ架由相同的马达带动，如两架轧机辊径差相差很大，往往会引起轧辊冲击，将辊套搬掉。为此，我们在生产中明确规定，800两架轧机的轧辊辊径差不得大于40mm。

4. 根据孔型磨损情况，及时更换800轧机第Ⅱ架和850精轧机架轧辊。在重轨生产时，必须重视800Ⅱ架和850精轧机架轧辊的磨损情况，规定换辊时间，防止成品钢轨产生各种缺陷。如800Ⅱ架为新辊，而850精轧机架为旧辊，则钢轨轨底易产生凹下缺陷；如800Ⅱ架为旧辊，而850精轧机架为新辊，则成品钢轨尺寸不稳定，易产生底宽和轨高偏高缺陷。

5. 贯彻内控标准，提高热轧钢轨的尺寸精度。制定严于国家标准的企业内控标准是提高重轨质量的措施之一。我厂于1980年制定钢轨热轧断面的内控标准：轨底偏差为$^{+0.5}_{-1.5}$mm，头宽$^{+0.2}_{-0.4}$mm，轨高$^{+1}_{-0.2}$mm（热轧内控标准轨高正偏差大于国家标准，主要考虑钢轨在矫直时轨高要缩小）。随着操作水平不断提高，热轧钢轨断面尺寸的实际控制水平严于内控标准，其偏差为：轨底$^{+0}_{-1.5}$mm，头宽$^{+0.1}_{-0.3}$mm，轨高$^{+1}_{-0}$mm。这样当轧件温

（紧转第56页）

恰当、不加粘结剂，生产优质钠化球团是可行的。

3.在同样条件下对原矿和再磨精矿进行了对比试验。生球、烘干球和预焙球前后一致，比原矿球团强度都有成倍的提高，获得生球抗压强度2.96—3.78kg/个球；落下强度5.917次/0.5m；预焙烧球50.93—63.8kg/个球。特别是在热转鼓内经过70min、124转的磨擦和撞击后，获得粉化率为1.034%（热转鼓<2.5mm）和0.798%（<1mm）的结果，比原矿球团粉化率降低3.1—3.7倍。这种球团在氧化钠化焙烧中可防止回转窑结圈。

4.矿相鉴定表明再磨矿球团冶金性能良好，可以防止回转窑结圈。

参　考　文　献

〔1〕中南矿冶学院，铁精矿成球机理的研究（内部资料），1979.10
〔2〕北京钢铁研究总院，球团水法提钒（内部资料），1973.7
〔3〕北京钢铁研究总院，攀枝花钒钛磁铁矿先提钒流程试验研究（内部资料）1980.3
〔4〕北京矿冶研究总院，链篦机—回转窑钠化球团氧化焙烧（内部资料），1979.12
〔5〕中南矿冶学院，链篦机—回转窑钠化球团氧化焙烧的研究（内部资料），1983.5

（紧接第11页）
度发生变化时（例如在换炉时，钢坯温度降低），也能控制钢轨断面尺寸。

6．改善轧辊材质，提高轧机作业率。我厂开工时950开坯采用60CrMnMo的锻钢辊，800Ⅰ架、Ⅱ架和850机架均用球墨铸铁辊。为了提高轧辊使用寿命和作业率，1980年将含铜无限冷硬辊用于成品机架上，每个孔型的轧出量由原来的300根提高到600根以上，最多可轧1050根钢轨，提高2～3倍。目前生产重轨时，800Ⅱ架也采用含铜无限冷硬辊。

三、结　语

1．攀钢轨梁厂生产了五种规格的重轨，钢轨的品种数量，一级品率和合格率在国内均占领先地位。

2．在两列式四架轧机上，为提高重轨小时产量，950开坯以轧5道为宜。攀钢轨梁厂生产重轨的2：1：1：1操作经验值得推广。

3．采用矩形坯，进行固定面和低侧压高压下的轧制方法是提高钢轨质量的重要措施。

4．生产重型钢轨（75kg重轨）时，采用6个轨形孔的孔型系统能提高钢轨的轧制精度和减少轧辊的磨损。

5．重轨生产时最后两个机架的轧辊采用含铜无限冷硬辊能使孔型轧出质量提高一倍。

6．用帽形孔切偏方法既保证了轧制的稳定性，又防止钢轨轨底上部产生元角和下部过充满的缺陷。

7．用腿部往里搬的成品孔设计方法能解决钢轨不对称问题。

8．为保证钢轨尺寸的稳定，成品孔各部分应按实际温度取收缩系数。