摘　　要

本文通过对贵绳公司目前常用盘条的质量水平分析、以及在相同的生产条件下，70#类钢和 80#类钢采用在同样的热处理工艺下和同样的原料采用不同的热处理工艺下，对钢丝机械性能的分析，得出钢丝生产中，应根据使用原料的不同，应采取与之相适应的个性化热处理工艺。原料原始组织细以及影响“C”曲线右移的合金元素含量高时，热处理时，钢丝的走线速度都要减慢，DV 值控制在 55～65 较为理想，同时生产中还可以通过调整热处理工艺来解决由于原料原始组织晶粒度不同带来产品机械性能的波动的问题。

关键词： 同种原料　原料组织　同种工艺　机械性能　“C”曲线　DV 值

ABSTRACT

This article analysised the quality of the wire rope commonly used by Guizhou Wire Rope Co.Ltd and the steel wire mechanical properties from 70# steel wire rod and 80# steel wire rod with same processing and same heat treatment, at the same time, analysis of the steel wire mechanical properties from same raw material with different heat treatment technology. Obtains in the steel wire production, should adopt individual heat treatment technology according to the different raw material, Raw material primitive organization thick or thin, affects the "C" curve right lateral alloying element content to be high time, the speed of wire during heat treatment should be slower, the DV value should be controlled in 55-65, at the same time, the problem for unstability of wire mechanical properties caused by the difference of crystals of raw material organization can be resolved by adjusting the heat treatment technology.

Key words: Same wire rod Raw material structure Same technology Mechanical properties "C" curve "DV" value.

第一章　文献综述

随着工业技术的发展，高速线材的生产方式由模铸发展成连铸，加之各种技术的应用，线材质量得到了大幅度提高，而原料组织的精细化控制尤为显著。对深加工行业来说，线材质量的提高，尤其是线材索氏体比例及晶粒度的控制是所加工产品质量好坏的的关键因数。 但是，为了控制深加工原料的索氏体化程度，多数深加工厂家在产品的实际加工过程中均有二次索氏体化热处理过程，其目的就是细化加工原料的索氏体化程度，改善原料的组织性能，以便于成品拉拔，从而获得高性能产品。贵州钢绳厂是一个有着 40 年历史的老厂，多年来，其经过二次索氏体化热处理的产品得到了广大用户认可，2003 年贵绳“巨龙”产品获得了“中国名牌产品”称号。尽管如此，但是，我们常常收到用户质量信息“此次钢绳的使用寿命比上批长” “此次钢绳的使用寿命比上批短” 等产品质量不稳定的信息。多年来，贵绳人都在分析研究造成“此次钢绳的使用寿命比上批长” “此次钢绳的使用寿命比上批短”问题的实质。本次课题的研究，重在研究原料质量对产品综合机械性能的影响。

1.1　深加工原料的发展史

1.1.1　国内外连续铸钢的发展史[1]~[3]

钢的连续浇铸成形是替代有一百多年历史模铸成形的一项意义重大的技术革新。

连铸技术具有生产工序简单化、产品成材率高、能耗低、自动化程度高、生产效益高、铸坯质量好等优点。作为钢铁工业发展历史上具有划时代意义的技术之一，连铸技术的应用彻底改变了钢铁冶炼车间的生产物流和物流控制，为车间的连续化、自动化和信息技术化，以及为大幅度改善和提高产品质量提供了必要的条件。连铸坯的吨数与总铸坯的吨数比叫连铸比，它是衡量一个国家或一个钢铁工厂生产发展水平的重要标志之一，也是连铸设备、工艺、管理以及和连铸有关的各生产环节发展水平的综合体现。自连铸技术应用于生产以来，全世界的连铸比和连铸钢产量迅速猛增，围绕连铸的新技术、新工艺、新设备也在不断开发和推广。连铸已成为钢铁工业生产中必不可少的工艺环节，并且成为衡量一个钢铁企业生产、技术、管理水平的标志致意，对钢厂结构的现代化产生了深刻的影响，使得钢铁产品更具有市场竞正理。

1887 年德国人戴伦（R.M.Daelen）最早提出与现代连铸机相似的连铸设备建议，在其开发的设备中已包括了敞口的结晶器、二次冷却段、引锭杆和铸坯切割装置。1943

年，（S.Jung-Hans）提出并发展了结晶器振动装置，奠定了连铸在工业上的应用基础。1950 年世界上建成第一台连铸机，从那时起，世界连铸技术大体上经历了“50 年代工业性应用”、“60 年代难道逐步发展与推广”、“70 年代稳步发展”、“80 年代突飞猛进”、“90 年代再创辉煌”五个时期。从机型看，50 年代出现了立式连铸机；60 年代研制了立弯式连铸机、弧型连铸机；70 年代发展了带液芯的多点弯曲和多点校直的直弯型连铸机。从生产率讲，90 年代单台连铸机的年产量已超过 300 万吨，连铸机的作业率已达到或超过 90%。从生产品种和连铸坯质量讲，只有个别钢种因质量问题不能进行连铸生产外，多数钢种均可用连铸生产。从工艺操作上讲，目前世界上厚板坯铸机的最高拉速达 4.5m/min。奥地利奥钢联在英国伯明翰厂的一台连铸机 115×115mm^2 最高拉速达 5.2m/min；意大利达涅利公司开发的自适应结晶器（DANAM）使 130×130mm^2 的方坯拉速达 6.2m/min。连铸生产和技术应用发展最好的地区是欧洲和日本，在 90 年代初他们已出现了一大批全连铸工厂。

我国 从 1955 年就开始了连铸的试验工作，半在相当长的一段时间内发展缓慢。1958 年唐山钢厂建成了第一台工业生产的立式连铸机，1964 年重钢建成投产了第一台弧型板坯连铸机。近 50 年来，我国连铸机在研制方面具有许多独创和领先技术，尤其在保证板坯质量，满足生产品种要求和提高连铸机作业率方面，代表了国外 70 年代的水平，给国内连铸界带来了令人耳目一新的感觉，半也存在设备比较简陋、电气控制和仪表检测水平不高、自动化水平低的特点。

1974 年武钢从德马克公司引进的板坯连铸机投产使用，大大提高了我国对连铸机的认识水平，使武钢率先成为国内第一家拥有全连铸工厂的企业。80 年代末以宝钢引进两台大型板坯连铸机为标志，国内陆续建成力偶啊多台先进板坯铸机，全面的使用了最新国际技术成果，开始了我国连铸生产和技术的大跨越和大发展。1980 年以后，为了解决我国中小型钢铁厂落后的铸锭工艺和开坯能力不足的问题，开始引进小方坯连铸机设备和技术，由于引进的小方坯连铸机装备水品较高，为我国消化引进连铸技术、提高连铸技术水平开辟了新的途径。“六五”期间，我国把推广连铸工艺作为发展钢铁工业的一项重要技术政策，贯彻到企业的建设和技术改造中去，取得了较好的效果。1980—1985 年间，全国又建成连铸机 23 台，新增连铸坯生产能力 290 万吨。1985 年，全国审查连铸坯 502 万吨，连铸比达到了 10.7%，采用连铸工艺的企业也从 1980 年的 2 个增加到 1985 年的 20 个。1988 年又确立了“以连铸为中心，炼钢为基础，设备为保障”的生产技术方针，大力推动了连铸系统工程的发展。从 1980 年我

国与德马克公司签订引进小方坯连铸设备及技术转让与合作制造合同，以及 80 年代至 90 年代相继引进的一批多种形式的小方坯连铸和合金钢连铸技术，我国的小方坯和合金钢大方坯连铸的设计和生产能力有了迅速提高。到 2003 年，我国连铸坯产量突破 2 亿吨，约占世界总产量的 25%。连铸坯产量超过 200 万吨的钢铁企业达到 34 家，其产量之和约占全国总产量的 70%。其中大于 500 万吨的钢铁企业有 11 家，其产量之和约占全国产量的 40.2%。全行业连铸比达到 96.2%，全国连铸比为 95.4%。全连铸单位突破 200 个，达到 231 家。全国新诞生连铸机 103 台 337 流，产能 6289 万吨。

1.1.2 连续铸钢的特点

连续铸钢的过程：首先熔炼的钢水用大包送至连铸台，然后注入中间包，中间包的作用是对大包的钢水进行缓冲，控制钢水流量，稳定结晶器液位，然后将过热 20 度到 30 度的钢水连续注入带有锥度并不断振动的结晶器中，结晶器内钢液表面、结晶器内壁忽然钢水之间是一层保护渣，它有保温、防氧化、润滑、控制传热和吸收夹杂的作用，结晶器外部有冷却水，钢水的潜热由保护渣和结晶器壁传出，进入冷却水，然后钢水在弯月面处开始凝固[]。与钢锭—初轧相比，连铸最大的特点是省掉了模铸的脱模、整模、钢锭均热和开坯等工序，基建投资可节约 40%，占地面积减少 30%，劳动力节省 75%。

近年来，薄板坯连铸机的出现，进一步简化了工艺流程。与传统板坯连铸相比，薄板坯连铸省去了粗轧机组，厂房面积减少了约 48%，连铸机设备重量减少约 50%，热轧设备重量减少约 30%。从钢水到薄板生产周期大大缩短，传统板坯连铸约需 40 小时，而薄板坯连铸仅需 1～2 小时；钢锭-开坯工艺的切头切尾损失达 10～20%，而连铸的切头切尾损失为 1～2%，提高金属收得率 10～14%。如果以提高 10%计算，年产 100 万吨钢的企业，采用连铸工艺，就可增产 10 万吨钢，带来的经济效益是相当可关的。从钢水到薄板流程而言，采用传统连铸工艺金属收得率 93.6%，而薄板坯连铸为 96%，如以年产 80 万吨钢的工厂采用薄板坯连铸工艺就可多生产 204 万吨热轧板坯。

采用连铸省掉了均热炉的再加热工艺，可使能量消耗减少 25%～50%。据国外资料介绍[4]，生产 1 吨钢坯，连铸一般比模铸节能（41.5～125.4）$\times 10^4$kj，相当于节约重油 1030kg/t 坯。

炼钢铸锭车间劳动环境相当恶劣，手工劳动多，是炼钢生产中最落后的工序。尤

其是对于氧气转炉的发展而言，铸锭已成为提高生产率的限制性环节。采用连铸后，由于设备和操作水平的提高，采用全程计算机自动化和自能化生产已成为现实。

目前，几乎所有的钢种都可以用连铸生产，连铸的钢种已扩展到100多个，就钢种而言，超纯净钢、高牌号硅钢、不锈钢、重轨、硬线、工具钢以及合金钢都可以用连铸生产。

1.1.3 连续铸钢的质量问题

随着线材铸坯技术的发展，连铸-连轧技术得到了广泛的应用，但，铸坯表面和内部质量难以得到保证。上个世纪80年代各钢铁厂家都把提高表面质量作为重点来突破，当时已基本解决了表面纵裂纹、横裂纹、角裂纹、氧化铁皮等问题。近年来，国内外的学者对钢坯中心缩孔产生机理及去除方法作了大量的研究[5]-[11]。研究表明，中心缩孔是由于铸坯在凝固过程中，皮壳内的液相转变为固相产生的体积收缩和由于铸坯向外传热使得铸坯中心已凝固年部分冷却产生的体积收缩不能被钢水补充所引起。最后专家们得到两个解决问题的途径：控制柱晶的生长和对铸坯施加外力。

（1）抑制柱状晶的生长，减少或消除柱状晶的搭桥，使铸坯中产生的体积收缩得以被钢液补充。其具体措施为：降低中间包钢液过热度，减少柱状晶区，增加等轴区宽度；控制拉坯速度，降低坯壳的温度剃度，抑制柱状晶生长；电磁搅拌，打碎已生长的柱状晶，增加等轴晶区的宽度。

（2）对铸坯施加外力，使铸坯整体产生体积收缩，减轻或去除铸坯中心缩孔。其具体措施为：在铸坯液芯底部采用机械装置对铸坯施加外力，使铸坯整体产生体积收缩，由于压力只能施加在铸坯上下两面，此方法对方坯使用有局限性；喷水冷却（TSR），在铸坯液芯底部采用喷水强冷，使铸坯整体产生体积收缩，这是近年来在这一领域最活跃、最经济的技术。

武钢采用了通过稳定控制钢液化学成分，提高纯净度，并通过钢流电磁搅拌，降低中间包过热度，避免铸坯表面裂纹。降低铸坯中心缺陷的级别和危害，弱冷却等措施，防止白点隐患[12]。安钢通过提高连铸钢液质量，稳定拉坯速度，合理选择保护渣的理化指标，改进结晶器倒锥度，把结晶器铜管由单锥度改为抛物线锥度，材质由纯铜改为磷脱氧铜，改进二次冷却水水质和振动参数优化等技术，减少连铸小方坯的裂纹[10]。

1.1.4 我国盘条的发展及现状

盘条用钢已有100多年的历史，按化学成份分为低碳钢（碳含量小于0.25%），中

碳钢（碳含量0.25%～0.60%），高碳钢（碳含量大于0.60%），低合金钢（含合金元素成份总量小于5.0%），中合金钢（含合金元素成份总量在5.0～10%），高合金钢和特殊性能合金钢（含合金元素成份总量大于10%）[13]。盘条作为钢丝的原料，是生产优质线材制品、发展线材制品行业的基本条件，其质量优劣越来越引起金属制品工作者的重视。综观我国盘条生产的整体状况，无论品种、质量等方面，仍然难以满足线材制品行业的需求。

改革开放以来，随着生产的发展和国外先进技术、先进设备的引进，我国钢铁盘条的生产有了长足进步。80 年代初到至今，我国从国外引进的高速线材生产线已有30 多条，随着这些生产线的陆续投产，我国线材产量逐年增加。1994 年盘条生产总量达到1500万吨，占钢材总量的19%，1996年为1740万吨，但加工成钢丝和其制品的总量约为300万吨[14]。

2003年全国盘条生产总量达4032万吨，其中25%用于深加工产品，近十年来，我国线材深加工比在25%～30%间，而先进国家制品总量约为盘条总量的50～70%，其原因，一是因为我国是发展中国家，建筑用钢材的比重高于发达国家；二是因为我国的建筑业目前仍以钢筋混凝土结构为主导，其钢筋级别较低，从而对不必再深加工而是直接用于建筑的线材需求量偏高，近年来为了满足我国汽车工业、公路、铁路交通运输业迅速发展对钢帘线、高强度低松弛预应力钢丝及钢绞线、汽车气门簧、悬挂簧用钢丝等高档线材制品的迫切需求，一些线材制品生产厂家相继引进了先进的生产线，进行了这些产品的开发研制和生产，冶金部门也一直把这些硬线产品列为重点发展对象[15]，但目前的状况并不理想，引进项目开工不足，生产能力无法发挥，究其原因，主要是能生产这些产品的原料供给不足，或质量难以满足一切，形成了线材品种制约线材制品品种的矛盾。如在钢帘线的生产中，即使使用国产最优质的高碳线材，也只能勉强拉到Φ0.3mm以上的钢帘线产品，而且断丝多，成品率低下[12]。除低、中、高碳钢盘条外，就是合金钢盘条，过去我国在自动焊接行业落后国际先进水平很多，合金焊丝品种单一，质量不稳定，许多合金钢材的焊接都依赖进口焊丝，在20世纪90年代随着自动焊接技术和各种专业焊接设备的发展，国内已有几家大型企业增加了先进的合金钢棒和线材轧机，这将逐步改善我国线材品种单一，质量难以满足线材制品行业需要的状况。

1.2 我国盘条与国外盘条的质量比较

高品质的原料是生产高档次产品必不可少的条件，我国缺少高档线材深加工制品，很大原因就是缺少高品质线材。国外盘条生产的先进企业，每盘盘条在允许拉拔的压缩率范围内，可保证断丝不超两次而国内厂家生产盘条在拉拔中经常断丝是普偏现象。

国内外盘条质量主要存在以下几个方面的差距：

1.2.1 钢质不够纯净。我国绝大部分钢厂由于受冶炼设备的限制，造成线材化学成分不稳定，偏析、夹杂、缩孔等缺陷较严重。盘条在深加工过程中断丝现象很普遍。化学成分方面，国内绝大部分钢厂碳含量在标准内的±0.03%波动，S、P 含量可在 0.035%以下任意范围内波动，而日本盘条碳含量仅为 0.03%，S、P 含量小于 0.025%，一般控制在 0.001%以内。

1.2.2 盘条通条性能差。国产盘条机械性能波动大，同一盘条不同部位抗拉强度差值可达 150～245MPa[16]，而日本盘条不超 30MPa[17]。

1.2.3 索氏体化程度不高，且不均匀。索氏体的片层间距较小，这有利于深加工变形[16]，由于片层间距小，线材在深加工过程中变形均匀，微裂纹不至于很快生成、发展。所以，索氏体化率越高，其加工性能越好。索氏体化的水平是反映线材质量好坏的重要指标。据有关资料介绍[18]，国产盘条索氏体化程度一般在 78～85%间，片层间距小于 0.03μ，但其细小程度和均匀性差；进口盘条的索氏体化程度在 85%以上，片层间距小于 0.03μ，其细小程度和均匀性较好。

1.2.4 外观质量差。国产盘条耳子、结疤、折叠、裂纹时有发生，一些钢厂生产的盘条尺寸偏差大。国外盘条的外观质量则较好。

1.3 影响钢丝质量和性能的因数

1.3.1 盘条元素成分的影响

（1）碳的影响。碳是钢中最重要的组成元素。碳也是决定碳钢在凝固后金相组织和性能的主要元素。碳是通过影响盘条的显微组织中各金相组织相对量及其分布特点进而影响盘条的力学性能的。因为因为铁素体、渗碳体的力学性能（强度、塑性、韧性）是不同的。随着盘条中碳含量的增加，其在热轧状态下的硬度上升，塑性、韧性降低。而在冷拉状态下，在亚共析钢范围能，随着碳含量的增加，钢丝的抗拉强度上升，在过共析钢范围内，随着碳含量的增加，钢丝抗拉强度提高减慢，以至于最后抗拉强度随着含碳量的增加而降低。因为在亚共析钢范围内，抗拉强度是随索氏体相

对量增加而提高。而在过共析钢范围内，抗拉强度的变化是因为先析出渗碳体增加并沿奥氏体晶界析出，形成网状，使钢丝的脆性增加，容易发生早期断裂，从而降低了钢丝的抗拉强度。

（2）锰的影响。由于锰与硫、氧的亲和力大于铁，因而是盘条的良好脱氧和脱硫剂。冶炼反应中生成的硫化锰、氧化锰对钢丝的拉拔性能不发生有害的影响；相反，它可以消除或减弱因硫、氧而引起的 FeS 和 FeO 对钢丝质量的坏影响。同时，锰与铁形成固溶体，从而提高钢丝的强度和硬度。

（3）硅的影响。硅是盘条中的脱氧剂，能消除 FeO 对钢线的不良影响。硅以固溶体的形态固溶于铁素体中，提高钢线的强度和硬度，并能较大地提高冷加工硬化率。同时硅还提高钢丝的弹性极限、屈服强度和曲强比，因而弹簧钢丝多选用硅或硅锰钢。与此同时，硅含量的上升会使钢丝的塑性、韧性和延展性相应降低。且硅与硅酸盐的形式出现在钢线中时，对拉拔不利，使拉丝模具容易磨损，或形成夹杂物，而造成拉丝断裂。

（4）硫的影响。硫在铁中几乎不能溶解，而与铁形成 FeS，而 FeS 又与 Fe 生成低熔点的共晶体（熔点为 985℃），它低于钢线的热加工开始温度，且分布于晶界，即所谓的“热脆性”。硫在铁中的溶解度很小，故在钢线形成硫化物夹杂，造成钢线的宏观组织不均匀性，属于钢线中的有害元素。

（5）磷的影响。磷使钢在室温下强度增加，脆性增加，低温时将造成钢线的冷脆现象，磷也属于钢线中的有害元素。

（6）铬的影响。铬加入钢中能增加钢线的淬透性，使“C”曲线向右移，并且分成两个鼻子，使奥氏体稳定性增加，在钢丝等温淬火时可产生部分马氏体，使钢丝发脆，因此铬在钢丝中的含量要求＜0.15%。铬能增加钢丝的抗腐蚀性和抗氧化性，因而被广泛运用于不锈耐酸、耐热的合金钢丝中。

（7）铜的影响。铜可起到固溶强化钢线的作用，并约强于硅，故能提高钢丝的屈服点，使“C”曲线右移，鼻尖温度下降，并不改变形状。当铜含量很低时，对钢丝质量无不良影响，但当同含量超过 0.5—0.6%时，会引起铜质点的沉淀强化，使钢丝的塑性、韧性显著恶化，因而中、高碳钢中铜含量应控制在 0.2%以下。

（8）镍与铜、锰元素性质相同。

1.3.2 组织的影响

根据轧后控制冷却所得钢的组织的不同，线材控制冷却可分为珠光体型和马氏

体型。珠光体控制冷却是在连续冷却过程中使钢材获得索氏体组织，而马氏体型控制冷却是通过轧后淬火—回火处理，得到中心索氏体、表面为马氏体的组织。索氏体组织中的渗碳体相和铁素体相的弥散度较高、片层较细、渗碳体层较薄，组织均匀，能保证盘条具有良好的强度和韧性。拉拔时总压缩率可达90%[19]。

1.3.3 拉拔的影响：[20]~[30]

热轧线材在通过冷拔加工后除获得所需要的外形及端面尺寸钢丝产品外，而金属的机械物理性能也发生较大的变化，这些性能的变化除与金属的化学成分（C、Si、Mn…等）含量有关外，还与冷加工过程所采用的冷加工变形条件，如钢丝的总压缩率，部分压缩率，拉拔速度，冷却、润滑及时效、发热等有直接关系。

1） 总压缩率的影响

几乎所有的钢丝，不论低、中、高碳钢丝都将随着总压缩率的增加而抗拉强度升高。这主要是由于随着冷变形量的加大，金属内部晶粒度不断产生滑移，随着滑移系的减少及晶粒产生位错歪扭阻止再变形进行，使塑性变形抗力增加，金属形成“加工硬化”现象，从而导致钢丝的破断拉力加大，即钢丝的抗拉强度升高。同时随着钢丝抗拉强度的升高，其屈服极限和弹性极限也升高，钢丝的塑性指标即延伸率和端面收缩率下降。

2） 部分压缩率的影响

在总压缩率相同条件下，用不同的部分压缩率拉拔，所获得的钢丝机械性能不同。一般说部分压缩率增大会使强度增加而韧性下降。

在拉拔高碳钢丝时，部分压缩率的选取极为重要，为了达到较高的抗拉强度，必须采用较高的总压缩率；为了保证必要的韧性，又必须采用较小的部分压缩率来拉拔。当部分压缩率小时，＜13%拉拔，渗碳体片能进行塑性弯曲及沿钢丝的轴向旋转，直到总压缩率达到90%时，仍可保持原索氏体形态而不破裂；在较大部分压缩率如30%拉拔时，一开始渗碳体片就发生破碎，当总压缩率达到60%时，渗碳体片几乎全部破碎；为了获得较好的塑性，淬火钢丝应具有均匀一致的索氏体。

3） 拉拔速度的影响

快速拉拔对钢丝性能的不利影响主要表现在强度升高，韧性下降，其中扭转值的下降尤为显著。实际生产中，稍有疏忽，都会因钢丝温度升高而使钢丝的韧性下降。

4） 拉丝模和卷筒冷却的影响

在冷却效果差的情况下，当钢丝拉拔后的温度位于230～370℃范围内时，存在

着“蓝脆”温度区域，使拉拔的钢丝呈现出强度高而塑性韧性差。

5）润滑的影响

润滑载体的作用是：以尽可能多的将润滑剂顺利带入拉丝模孔内，润滑不允许中断，否则钢丝将成为模子的磨损件。对于含碳量大于0.45%的钢丝会产生边缘马氏体，而对于低碳钢丝边缘被强烈加工硬化，不现成马氏体。当弯曲变形时，在马氏体区域可能产生微裂纹，起切口作用。

1.3.4 自然时效的影响

拉拔后的钢丝在储存的过程中通常发生力学性能的变化，主要是弹性极限的增加，而弯曲和扭转值降低。

1.3.5 热处理工艺对钢丝性能的影响[20]~[26]

钢丝热处理的目的有三：

（1）为了消除拉拔过程中所造成的冷加工硬化现象，恢复钢丝的塑性，要进一步进行继续冷加工的中间热处理，以降低其变星抗力和恢复塑性。

（2）为了确保成品钢丝的最终机械性能或物理性能。这一过程一般分为两种：一种是成品钢丝的最终热处理；另一种是为拉拔成具有高综合机械性能的产品钢丝。

（3）为了提高热轧线材的塑性和消除其组织的不均匀性。

1） 加热温度的影响

（1）加热温度与钢丝含碳量的关系

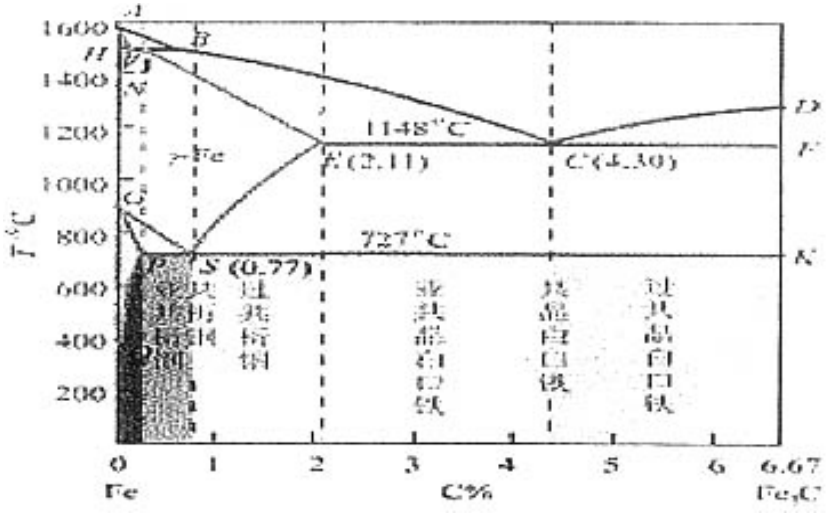


图 1—1　铁碳合金相图

由铁—碳合金相图图可知，对于亚共析钢，含碳量每增加 0.1%，则 A_{C3} 点约降低 23.5℃。

实际生产中，含碳量每增加 0.1%，而加热温度降低 5℃。这是由于含碳量越高，奥氏体化越困难，因为，含碳量越高，钢中渗碳体相量则越多，故加热时在奥氏体形成过程中，渗碳体溶解到奥氏体中及奥氏体内成分的均匀化，都较含碳量少时要困难得多，故需要一个相应的补充加热值。

钢丝的加热温度一般可由：

T_D=900-50（C-0.2）+10（d-1）得出

C：钢丝碳含量（%）

d：热处理钢丝直径（mm）

T_D：钢丝加热温度（℃）

（2）加热温度与钢中的其它合金元素的关系

钢中含有 Mn、Cr、Ni 等元素多会降低 A_{C3} 点，从而影响钢丝的加热温度。对于碳素钢而言，一般合金元素含量较少，故实际生产中不考虑其影响。但，当 Mn 含量超过 0.5%时，影响较大，当 Mn 含量增加 0.3%时，相当于增加 0.1%碳量的影响。

（3）加热温度与钢丝直径的关系

随着钢丝直径的增大，钢丝的加热温度也要响应增高，这主要是考虑较粗的钢丝的热透性和确保奥氏体化的均匀性。

（4）加热温度与原始组织的关系

小片珠光体比粒状珠光体转变奥氏体快；珠光体分散度大的转变为奥氏体快；珠光体粗晶粒比细晶粒转变为奥氏体快。

2） 淬火温度对钢丝性能的影响

钢丝从加热炉出来进入铅槽冷却，发生奥氏体分解，由于铅浴温度会强烈影响钢丝在铅槽中的冷却与组织转变，为此，正确选择铅浴温度是使钢丝铅淬火后获得均匀索氏体的重要条件。铅浴温度的选择，取决于钢丝的含碳量和其它化学成分以及钢丝直径的大小。

T_B=445-40arctg[（D-1.25）/1.75]+100×C　℃

T_B：铅浴温度℃；

D：钢丝直径　mm；

C：钢丝的含碳量　%；

arctg[（D-1.25）/1.75]：用弧度表示的角度。

对于亚共析钢而言，铅浴温度选择与钢的含碳量和含锰量有关。在亚共析钢中随着含碳量和含锰量的增加，奥氏体的稳定性增加。而含碳量减少时，奥氏体稳定性也相对减弱，故在冷却过程中奥氏体将在较高温度下转变，容易析出共析铁素体。为此，应适当降低铅浴温度，借以增加钢丝在铅液中的冷却速度，以避免先共析铁素体的出现，便于得到均匀一致的索氏体组织。通常含碳量每减少 0.1%，铅浴温度降低 10℃。一般来说，钢丝直径增大，铅液温度应降低：（1）在连续式钢丝铅淬火时，钢丝直径越大，则带入铅液中的热量越多，造成铅液温度剃度大，入口处的温度可达 700～800℃，这会造成奥氏体在高温条件下转变；（2）粗钢丝在铅液中散热较困难。通常情况下，采用降低铅液温度来提高铅浴的冷却能力。在其它因素（钢丝直径、钢号、加热温度）一定的情况下，铅液温度的不同会影响奥氏体转化温度，影响到铅淬火的显微组织。从而影响到淬火后的钢丝机械性能。一般来说，铅淬火温度越低，钢丝的抗拉强度越高。

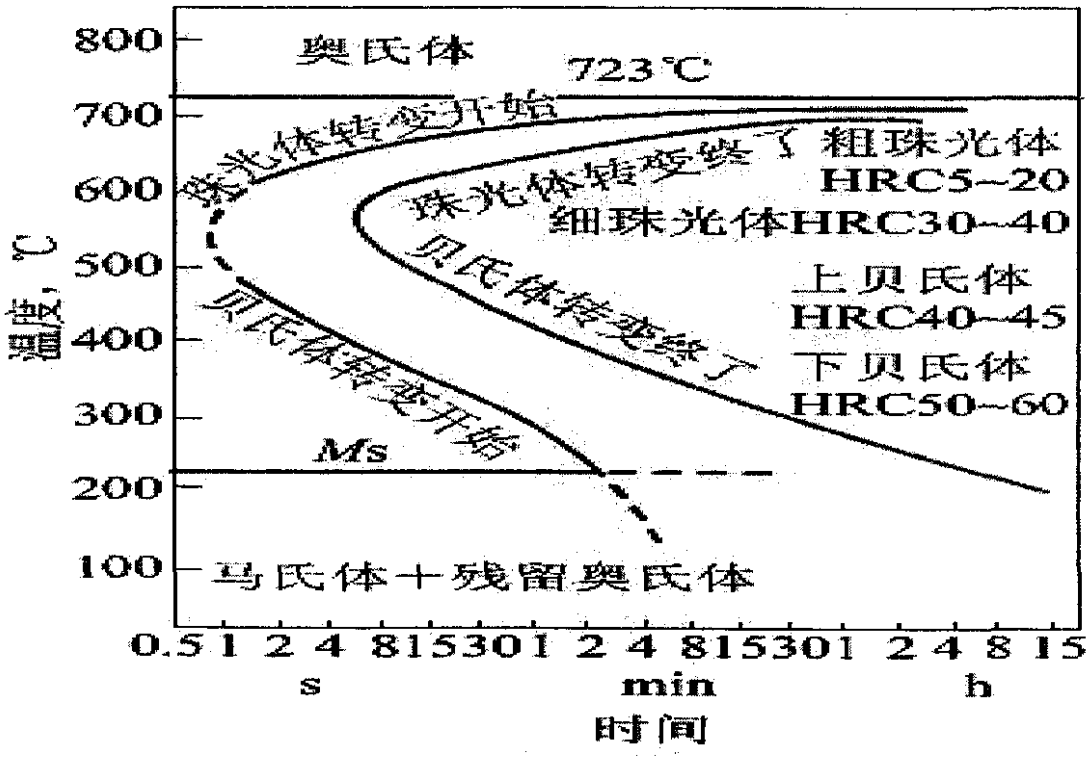


图 1—2　C 曲线

铅浴温度在 450～550℃奥氏体分解所需时间，随着铅浴温度的升高而缩短，其中分解最短时间约在铅温为 500～550℃。

3）　影响加热时间的因素

（1）传热速度　钢丝的黑度增大，可提高传热系数，从而增加传热速度，时加热

时间减少。

（2）钢丝断面积　钢丝的直径增大，钢丝的加热时间增长。

1.4　本课题来源、研究目标和内容

本课题来源于贵州钢绳股份有限公司技术开发项目，主要研究盘条化学成分、组织和机械性能、钢丝热处理（淬火）工艺与成品机械性能间的关系。

首先，分析线材生产厂因地域不同，原料来源不同，造成其产品化学成分存在差异；冶炼装备的不同，造成产品的通条性、索氏体化率存在差异。找出贵州钢绳股份有限公司使用的主要供货厂家原料（盘条）的质量差异。

其次，针对不同原料厂家盘条，制订生产工艺，找出不同原料厂家盘条（钢号相同、规格相同）生产的半成品经淬火处理后，得到相近组织。

第三，分析成品综合机械性能,确定不同原料厂家盘条生产的半成品的淬火工艺，从而稳定成品机械性能。

第二章　贵绳常用盘条质量分析

本章主要从贵绳股份公司现在使用的盘条中，选择常用的首都钢铁公司生产的80#钢、上海宝钢股份公司生产的82A（82B）料、湘潭钢铁公司生产的70#、重庆钢铁公司生产的70#钢、江西新余钢铁公司生产的70#钢以及酒泉钢铁公司生产的70#盘条进行分析，主要从盘条八元素、索氏体化率、抗拉强度和断面收缩率、表面质量等方面来分析盘条的质量水平，特别是各厂家盘条之间的显微组织水平和各种盘条之间存在的质量差异。

2.1　试验材料及设备

2.1.1　试验材料

试验选用首钢80#钢、酒钢80#、宝钢82A（82B）钢、湘钢70#、重钢70#钢、新余70#钢、酒钢70#盘条作为初始材料。

（1）八元素分析：做八元素分析每种盘条取不同炉罐号的试样4—6棵，样长50cm；

（2）索氏体化率试验：做索氏体化率实验的材料从各厂家盘条中选取，每种盘条取样10棵，样长20mm，主要是在原料生产厂家进行实验；

（3）抗拉强度和断面收缩率分析测试：作抗拉强度及断面收缩率测试的试样取自同种原料、同一炉罐号、同一盘元的两头和中间同一位置，作抗拉强度及断面收缩率测试，之后计算平均值作为该盘元的检测数据，样长20cm，每一炉罐号取3盘作抗拉强度试验；

（4）盘条表面质量实验：盘条表面质量实验主要是用肉眼观察从各厂家进来的盘条表面，用千分尺测量直径公差和椭圆度；

（5）金相组织实验：金相组织试验的盘条样长为4cm，再经磨制、抛光、腐蚀，制成金相试样，然后在金相显微镜下对个材料的显微组织金相观察；

2.1.2　试验设备

贵绳元素光谱分析仪

贵绳WA-1000B万能试验机

各盘条厂家索氏体化分析设备

贵大OLMPUS金相显微镜

千分尺A-23

2.2 试验结果及分析

2.2.1 八元素分析结果：

（1）70#类钢盘条八元素分析结果：

重钢Φ6.50mm70#钢盘条取5棵进行八元素分析，结果祥见表2—1：

表2—1 重钢70#钢化学元素分析结果

原料厂家	盘号	化学成分/% C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	线径/mm
	1	0.71	0.32	0.71	0.014	0.007	0.050	0.015	0.046	6.50
	2	0.74	0.26	0.68	0.010	0.014	0.033	0.015	0.038	6.50
重钢	3	0.74	0.25	0.68	0.011	0.013	0.032	0.015	0.038	6.50
	4	0.72	0.28	0.67	0.012	0.008	0.034	0.015	0.032	6.50
	5	0.67	0.29	0.68	0.013	0.009	0.032	0.010	0.036	6.50
平均值		**0.717**	**0.281**	**0.681**	**0.012**	**0.0097**	**0.0355**	**0.0141**	**0.0377**	
最大差值		0.07	0.07	0.04	0.004	0.007	0.018	0.005	0.014	

同一炉号的重钢70#钢，碳偏差在0.07%内，Si的偏差为0.07%，Mn的偏差为0.04%，P的偏差为0.004%，S的偏差为0.007%，Cr的偏差为0.018%，Ni的偏差为0.005%，Cu的偏差为0.014%。

新余Φ6.5mm70#钢盘条取5棵进行八元素分析，结果祥见表2—2：

表2—2 新余70#钢化学元素分析结果

原料厂家	钢种	化学成分/% C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	线径/mm
新余	70#	0.71	0.20	0.68	0.018	0.007	0.033	0.020	0.044	6.50
新余	70#	0.73	0.26	0.68	0.009	0.005	0.020	0.020	0.056	6.50
新余	70#	0.70	0.23	0.65	0.011	0.008	0.023	0.018	0.046	6.50
新余	70#	0.69	0.25	0.64	0.013	0.006	0.031	0.015	0.051	6.50
新余	70#	0.71	0.22	0.67	0.016	0.006	0.029	0.017	0.048	6.50
平均值		**0.708**	**0.232**	**0.664**	**0.0134**	**0.0064**	**0.027**	**0.018**	**0.049**	
最大差值		0.04	0.06	0.04	0.009	0.003	0.013	0.005	0.012	

同一炉号的新余料70#钢，碳偏差在0.04%内，Si的偏差为0.06%，Mn的偏差为0.04%，P的偏差为0.009%，S的偏差为0.003%，Cr的偏差为0.013%，Cu的偏差为

0.012%，Ni 的偏差为 0.005%。

酒钢 φ6.5mm70#盘条取 5 棵进行八元素分析，结果祥见表 2—3：

表 2—3　酒钢 70#钢化学元素分析结果

厂家	钢种	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	线径/mm
酒钢	70#	0.72	0.30	0.64	0.014	0.007	0.042	0.015	0.038	6.50
酒钢	70#	0.71	0.28	0.63	0.015	0.006	0.045	0.013	0.036	6.50
酒钢	70#	0.68	0.26	0.61	0.013	0.009	0.041	0.016	0.032	6.50
酒钢	70#	0.70	0.25	0.66	0.011	0.007	0.039	0.012	0.029	6.50
										6.50
平均值		**0.702**	**0.272**	**0.635**	**0.0132**	**0.00725**	**0.042**	**0.014**	**0.0337**	
最大差值		0.04	0.05	0.03	0.004	0.003	0.003	0.004	0.009	

同一炉号的酒钢 70#钢，碳偏差在 0.04%内，Si 的偏差为 0.05%，Mn 的偏差为 0.03%，P 的偏差为 0.004%，S 的偏差为 0.003%，Cr 的偏差为 0.003%，Cu 的偏差为 0.009%，Ni 的偏差为 0.004%。

湘钢 φ6.5mm70#盘条取 5 棵进行八元素分析，结果祥见表 2—4：

表 2—4　湘钢 70#钢化学元素分析结果

厂家	钢种	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	线径/mm
湘钢	70G	0.70	0.32	0.71	0.009	0.008	0.038	0.010	0.036	6.50
湘钢	70G	0.70	0.25	0.71	0.015	0.010	0.036	0.012	0.033	6.50
湘钢	70G	0.72	0.23	0.73	0.019	0.009	0.035	0.013	0.034	6.50
湘钢	70G	0.71	0.27	0.71	0.019	0.008	0.029	0.011	0.032	6.50
湘钢	70g	0.71	0.27	0.71	0.015	0.009	0.034	0.011	0.034	6.50
平均值		**0.707**	**0.267**	**0.715**	**0.015**	**0.0087**	**0.0345**	**0.0115**	**0.0337**	
最大差值		0.02	0.07	0.02	0.010	0.002	0.009	0.003	0.004	

同一炉号的湘钢料 70 钢，碳偏差在 0.02%内，Si 的偏差为 0.07%，Mn 的偏差为 0.02%，P 的偏差为 0.010%，S 的偏差为 0.002%，Cr 的偏差为 0.009%，Ni 的偏差为 0.003%，Cu 的偏差为 0.004%。

70#类钢各厂家盘条八元素平均含量直方图见图 2—1 至图 2—8：

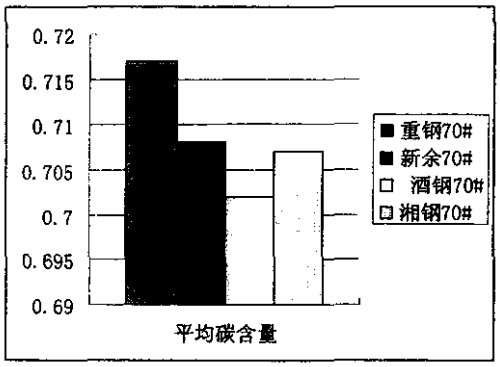


图 2—1　70#类钢平均碳含量直方图

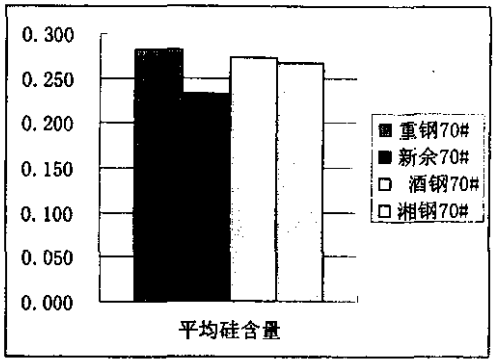


图 2—2　70#类钢平均硅含量直方图

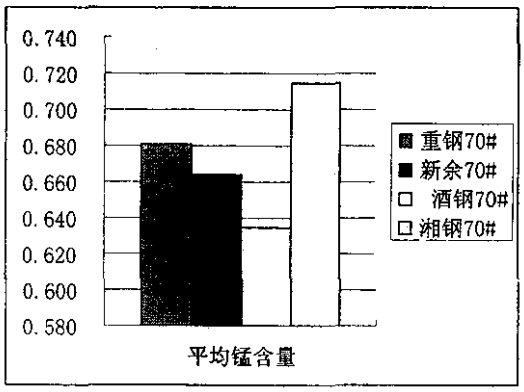


图 2—3　70#类钢平均锰含量直方图

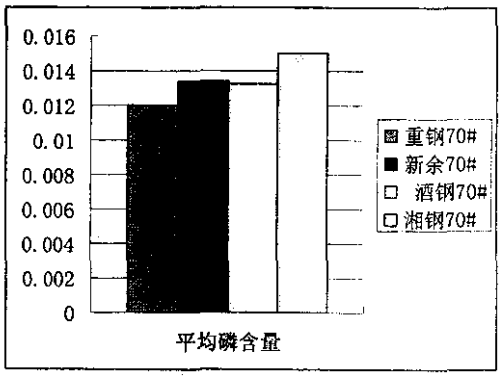


图 2—4　70#类钢平均磷含量直方

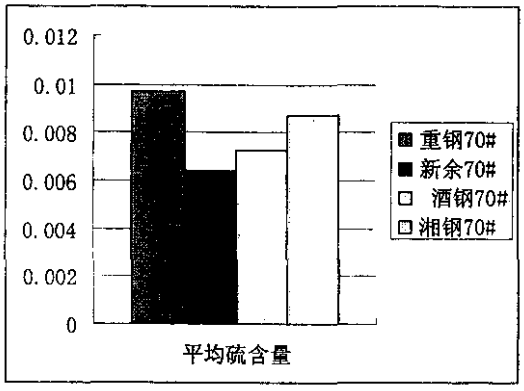


图 2—5　70#类钢平均硫含量直方图

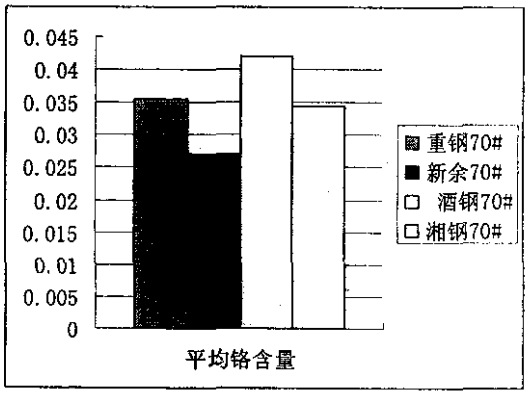


图 2—6　70#类钢平均铬含量直方图

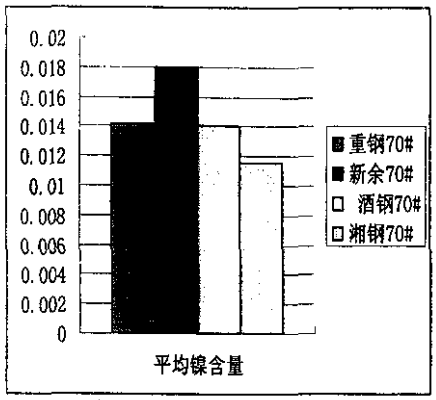


图 2—7　70#类钢平均镍含量直方图

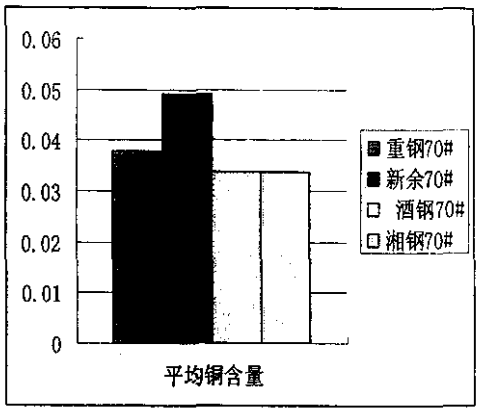


图 2—8　70#类钢平均铜含量直方图

（2）80#类钢盘条八元素分析结果：

宝钢Φ8.0mm82A 盘条取 5 棵进行八元素分析，结果详见表 2—5：

表 2—5　宝钢 82A 钢化学元素分析结果

厂家	盘号	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	直径/mm
宝钢	1	0.81	0.27	0.56	0.011	0.007	0.052	0.014	0.020	8.00
	2	0.81	0.27	0.56	0.011	0.007	0.052	0. 014	0.020	8.00
	3	0.79	0.25	0.63	0.018	0.008	0.028	0.010	0.028	8.00
	4	0.80	0.024	0.58	0.015	0.006	0.043	0.012	0.021	8.00
	5	0.80	0.26	0.58	0.014	0.007	0.044	0.012	0.022	8.00
平均值		**0.8025**	**0.2575**	**0.5825**	**0.014**	**0.007**	**0.044**	**0.0125**	**0.022**	
最大差值		0.02	0.003	0.07	0.006	0.002	0.024	0.004	0.008	

同一炉号的宝钢 82A 钢，碳偏差在 0.02%内，Si 的偏差为 0.03%，Mn 的偏差为 0.07%，P 的偏差为 0.006%，S 的偏差为 0.06%，Cr 的偏差为 0.024%，Cu 的偏差为 0.008%，Ni 的偏差为 0.004%。

宝钢Φ8.0mm82B 盘条取 5 棵进行八元素分析，结果详见表 2—6：

表 2—6　宝钢 82B 钢化学元素分析结果

厂家	盘号	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	直径/mm
宝钢	1	0.81	0.27	0.86	0.011	0.007	0.052	0.014	0.020	8.00
	2	0.82	0.31	0.83	0.014	0.008	0.028	0.005	0.028	8.00
	3	0.82	0.25	0.83	0.009	0.002	0.176	微量	0.020	8.00
	4	0.84	0.28	0.84	0.010	0.003	0.170	微量	0.020	8.00
	5	0.82	0.28	0.84	0.011	0.005	0.011	0.009	0.022	
平均值		**0.82**	**0.28**	**0.84**	**0.011**	**0.005**	**0.106**	**0.009**	**0.022**	
最大差值		0.03	0.06	0.03	0.005	0.006	0.148	0.024	0.008	

同一炉号的宝钢 82B 钢，碳偏差在 0.03%内，Si 的偏差为 0.06%，Mn 的偏差为

0.03%，P 的偏差为 0.005%，S 的偏差为 0.005%，Cr 的偏差为 0.148%，Ni 的偏差为 0.024%，Cu 的偏差为 0.008%。

首钢 80#盘条取 5 棵进行八元素分析，结果详见表 2—7：

表 2—7　首钢 80#钢化学元素分析结果

厂家	盘号	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	直径/mm
首钢	1	0.78	0.25	0.57	0.012	0.013	0.023	0.010	0.009	8.00
	2	0.79	0.25	0.59	0.011	0.006	0.022	0. 015	0.009	8.00
	3	0.78	0.25	0.61	0.012	0.014	0.020	0.010	微量	8.00
	4	0.80	0.24	0.61	0.014	0.013	0.022	0.010	微量	8.00
	5	0.79	0.25	0.59	0.012	0.011	0.022	0.011	0.004	
平均值		**0.7875**	**0.2475**	**0.595**	**0.012**	**0.011**	**0.022**	**0.0112**	**0.004**	
最大差值		0.02	0.01	0.04	0.002	0.008	0.003	0.005	0.009	

同一炉号的首钢 80#钢，碳偏差在 0.02%内，Si 的偏差为 0.01%，Mn 的偏差为 0.04%，P 的偏差为 0.002%，S 的偏差为 0.008%，Cr 的偏差为 0.003%，Cu 的偏差为 0.009%，Ni 的偏差为 0.005%。

酒钢 80#盘条取 5 棵进行八元素分析，结果详见表 2—8：

表 2—8　酒钢 80#钢化学元素分析结果

厂家	盘号	化学成分/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	直径/mm
酒钢	1	0.79	0.22	0.68	0.009	0.016	0.023	0.010	0.009	8.00
	2	0.78	0.22	0.68	0.009	0.016	0.024	0. 010	0.009	8.00
	3	0.79	0.24	0.65	0.013	0.016	0.023	0.010	0.009	8.00
	4	0.78	0.25	0.65	0.013	0.016	0.023	0.010	0.009	8.00
	5	0.78	0.23	0.66	0.011	0.016	0.023	0.010	0.009	
平均值		**0.785**	**0.232**	**0.665**	**0.011**	**0.016**	**0.023**	**0.010**	**0.009**	
最大差值		0.01	0.03	0.03	0.004	0	0.001	0	0	

同一炉号的酒钢 80#钢，碳偏差在 0.01%内，Si 的偏差为 0.03%，Mn 的偏差为 0.03%，P 的偏差为 0.004%，S 的偏差为 0%，Cr 的偏差为 0.001%，Cu 的偏差为 0%，Ni 的偏差为 0%。

80#类钢各厂家原料八元素平均含量直方图见图 2—9 至图 2—16：

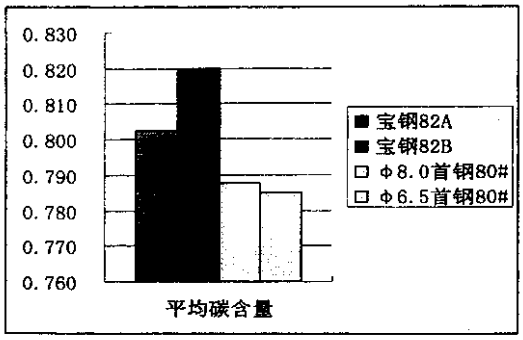


图 2—9　80#类钢平均碳含量直方图

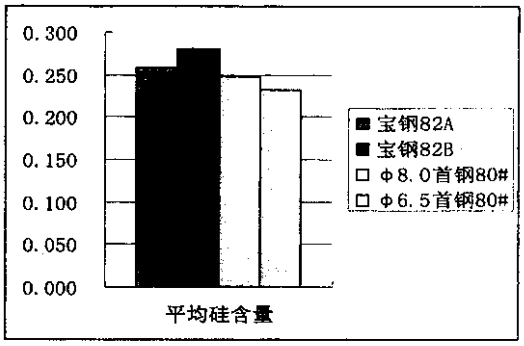


图 2—10　80#类钢平均硅含量直方图

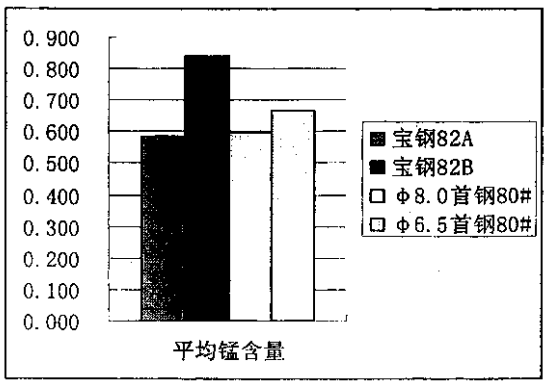


图 2—11　80#类钢平均锰含量直方图

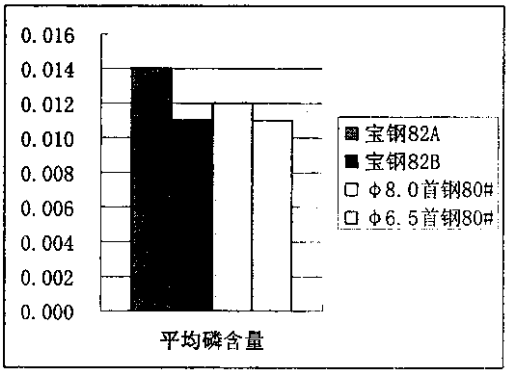


图 2—12　80#类钢平均磷含量直方图

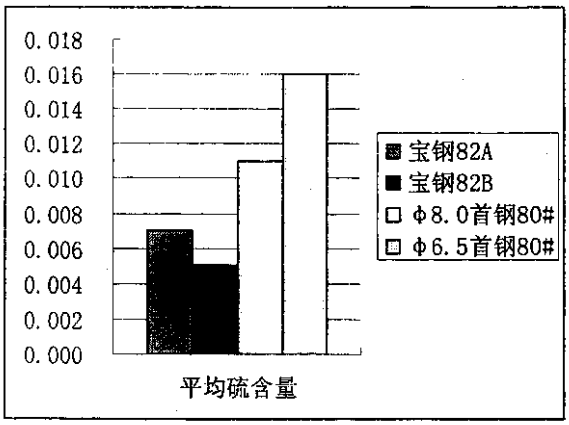


图 2—13　80#类钢平均硫含量直方图

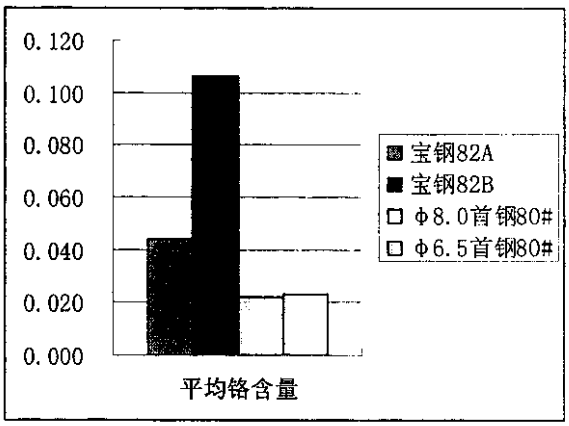


图 2—14　80#类钢平均铬含量直方图

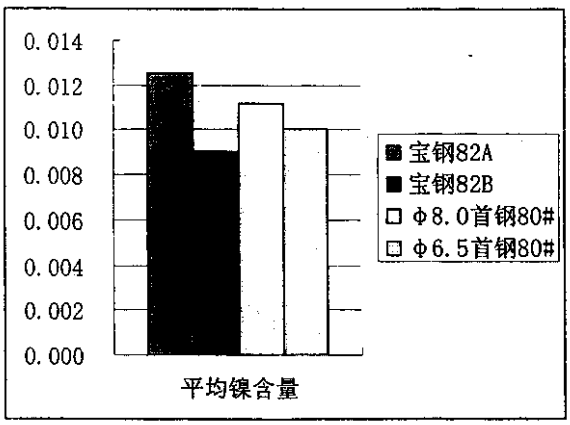


图 2—15　80#类钢平均镍含量直方图

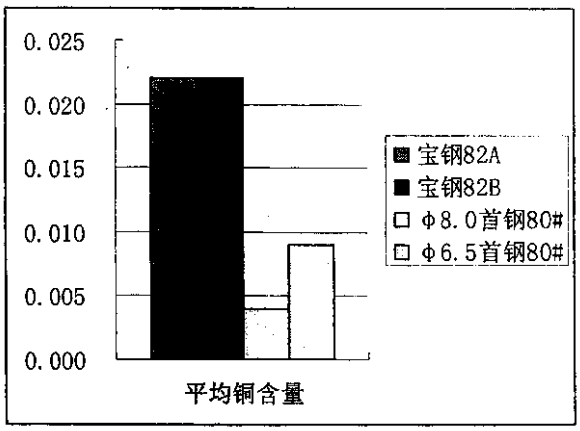


图 2—16　80#类钢平均铜含量直方图

2.2.2 索氏体化率测试结果：

各厂家盘条索氏体化率测试结果（数值由各厂家提供）见表2—9：

表2—9　　盘条索氏体化率

原料厂家	钢种	线径/mm	索氏体化率/%
重钢	70#	6.50	83
新余	70#	6.50	79
湘钢	70#	6.50	81
酒钢	70#	6.50	78
首钢	80#	6.50	80
首钢	80#	8.00	79
宝钢	82A	8.00	81
宝钢	82B	8.00	80

表 2—10　盘条抗拉强度及断面收缩率

原料厂家	线盘编号	钢种	线径/mm	抗拉强度/MPa	断面收缩率/%
	第 1 盘	70#	6.50	946	47.7
重钢	第 2 盘	70#	6.50	972	51.0
	第 3 盘	70#	6.50	949	49.9
平均值				**955.6**	**49.53**
	第 1 盘	70G	6.50	983.3	42.3
湘钢	第 2 盘	70G	6.50	993.5	40.0
	第 3 盘	70G	6.50	1010	39.2
平均值				**995.6**	**40.5**
	第 1 盘	70#	6.50	1084	32.2
新余	第 2 盘	70#	6.50	1124	39.6
	第 3 盘	70#	6.50	1059	37.8
平均值				**1089**	**36.53**
	第 1 盘	70#	6.50	1103	36.1
酒钢	第 2 盘	70#	6.50	1082	33.5
	第 3 盘	70#	6.50	1110	36.0
平均值				**1098.3**	**35.2**
	第 1 盘	80#	6.50	1153	43.1
首钢	第 2 盘	80#	6.50	1133	37.2
	第 3 盘	80#	6.50	1150	45.4
	平均值			**1145.3**	**41.9**
	第 1 盘	80#	8.00	1144	34.9
酒钢	第 2 盘	80#	8.00	1179	36.9
	第 3 盘	80#	8.00	1138	33.9
平均值				**1153.7**	**35.2**
	第 1 盘	82A	8.00	1148.9	34.3
	第 2 盘	82A	8.00	1168.5	32.5
	第 3 盘	82A	8.00	1158.7	35.6
宝钢	**平均值**			**1158.7**	**34.1**
	第 1 盘	82B	8.00	1140	38.5
	第 2 盘	82B	8.00	1164	39.9
	第 3 盘	82B	8.00	1186	41.8
平均值				**1163.3**	**40.07**

2.2.3 抗拉强度及断面收缩率检测结果:见表 2—10

2.2.4 盘条表面质量状况:

我们分别对从重钢、新余、首钢、酒钢、宝钢所进的 70#、80#盘条的表面质量进行测试实验，不圆度和尺寸公差采用千分尺进行测量，实际测量的钢丝最大直径与实际测量的钢丝最小直径为钢丝的不圆度；表面耳子、夹杂、裂纹等采用肉眼进行观察，其结果见表 2—11：

表 2—11　　盘条表面质量检测结果

原料厂家	钢种	线径/mm	不圆度/mm	其它缺陷
重钢	70#	6.50	6.45/6.62（0.17）	无
新余	70#	6.50	6.40/6.55（0.15）	无
湘钢	70G	6.50	6.35/6.60（0.25）	无
首钢	70#	6.50	6.35/6.65（0.30）	无
酒钢	70#	6.50	6.30/6.60（0.30）	无
首钢	80#	6.50	6.38/6.68（0.30）	无
首钢	80#	8.00	7.93/8.15（0.22）	无
宝钢	82A	8.00	8.05/8.10（0.05）	无
宝钢	82B	8.00	8.10/8.15（0.05）	无

从表中我们可以看出，首钢、酒钢盘条不圆度最大，宝钢盘条不圆度最小。其它表面缺陷各厂家均控制较好。

目前，国内线材生产厂受冶炼装备的限制，盘条的通条性，索氏体化率均比国外盘条差。而大部分制品生产厂原料供应商较多，由于受地域原料成分和冶炼装备的限制，不同线材生产厂生产的盘条通条性、索氏体化率存在着较大的差异，随着生产技术的不断提高，目前国内盘条生产厂家在索氏体化率的控制上很接近，但与国外 90%的索氏体化率还存在较大的差距。设备和技术水平的差距，使得不同的原料厂家，盘条的尺寸公差控制存在差距，如，新余料、湘潭料、首钢料盘条公差偏负，而宝钢盘条公差偏正。了解各厂家盘条尺寸公差有利于我们在组织生产时控制半成品的总压缩率，一方面，有利于我们控制热处理前的钢丝表面状态；另一方面，有利于我们控制

产品生产的总压缩率；从索氏体化率分析来看，不同的原料厂家原料的索氏体化率也不相同，重钢原料索氏体化率较高，盘条公差控制较好，但其抗拉强度较低；通过对原料八元素的分析，我们看到不同的原料厂家，相同钢号原料的相同元素含量控制不同。这些都使得金属制品生产厂家在金属制品深加工过程中，使用不同厂家原料在同一奥氏体工艺下进行处理，而获得机械性能相同的成品则就非常困难。从上述试验可以看出，重钢 70#Φ6.50mm 原料与湘钢、新余 70#Φ6.50mm 原料由于化学元素存在差异，原料的抗拉强度不同，索氏体率存在差异，最终造成要获得同一成品综合机械性能相同，其半成品热处理工艺应有所不同；首钢 80#Φ8.00mm 原料与宝钢 82A、82B Φ8.00mm 原料由于化学元素存在差异，原料的抗拉强度不同，索氏体率、晶粒度存在差异，最终造成要获得同一成品综合机械性能相同，其半成品热处理工艺应有所不同。

2.2.5 各厂家盘条原始组织

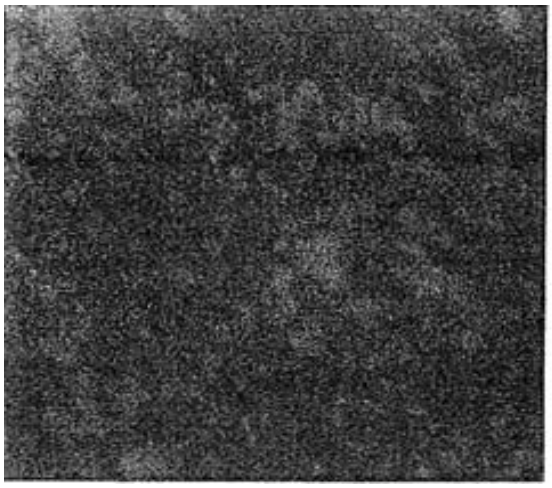


图 2—17 重钢 70#盘条原始组织 200×

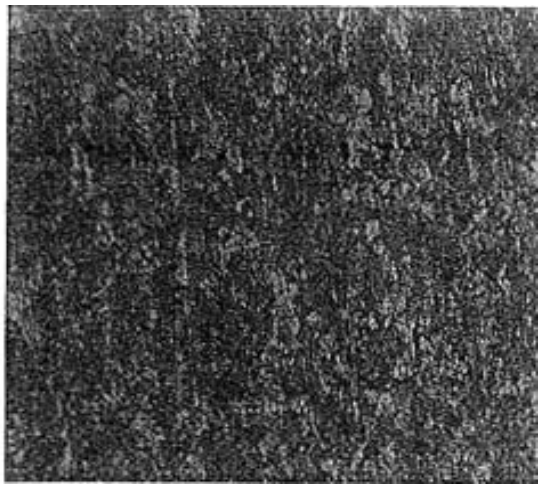


图 2—18 新余 70#盘条原始组织 200×



图 2—19 湘钢 70G 盘条原始组织 200×

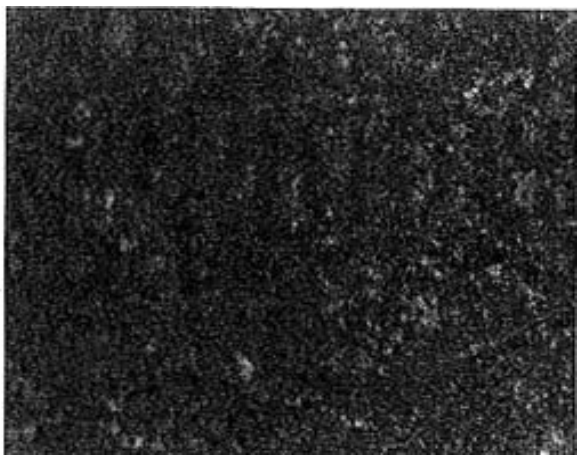


图 2—20 酒钢 70#盘条原始组织 200×

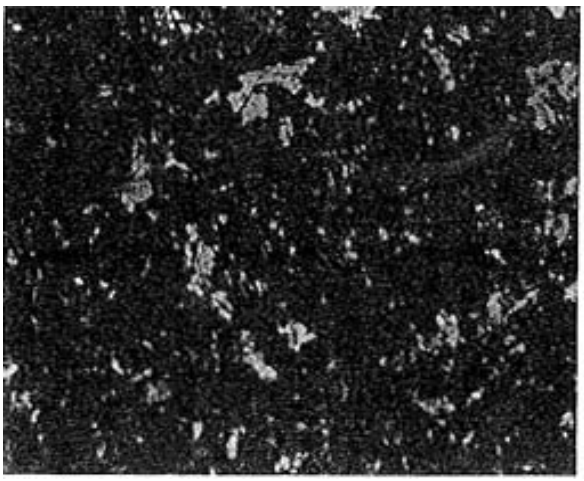


图 2—21　首钢 80#盘条原始组织 200×



图 2—22　酒钢 80#盘条原始组织 200×

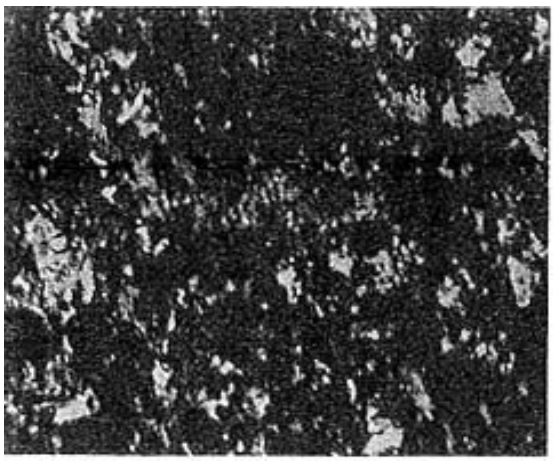


图 2—23　宝钢 82A 盘条原始组织 200×



图 2—24　宝钢 82B 盘条原始组织 200×

2.3　小结：

2.3.1　化学成分：

70#钢：湘钢、新余、酒钢原料 C 碳含量的波动不大，而重钢碳含量的波动较大，差值达 0.07%,但三厂家含量接近；Si 含量平均最高的是重钢原料，最低的是新余原料；Mn 含量平均最低的是酒钢原料，含量较高的是湘钢料；P 含量平均最高的是湘钢原料，含量最低的是重钢原料；S 含量三个厂的接近；Cr 含量最高的是酒钢原料，新余重钢首钢接近；Ni 含量平均最高的是新余原料，含量最低的是湘钢料；Cu 含量平均最高的是新余原料。

80#类钢：宝钢 82B 料的 Mn 和含量最高，首钢料 Mn 含量最低；首钢料的 S 含量波动较大；Cr 含量最高为宝钢 82B 料，首钢料含 Cr 量较低；宝钢 82B 料的 Ni 含量最低；宝钢料的 Cu 含量较高。

原料有害元素控制最好的是宝钢盘条，最差的是酒钢和新余盘条。

2.3.2 索氏体化率：

国产盘条的索氏体化率一般在 78～83 之间。重钢 φ6.50mm70#索氏体化率最高，为 83%。酒钢 φ6.50mm70#索氏体化率最低，为 78%。80#类盘条索氏体化率接近，为 80%左右。

2.3.3 抗拉强度及索氏体化率：

70#类钢，重钢料盘条原始抗拉强度最低，断面收缩率最高；酒钢抗拉强度最高，断面收缩率最低；

80#钢类，首钢 φ6.50mm 盘条抗拉强度最低，断面收缩率最高；其余的 φ8.00mm 首钢、宝钢 82A、宝钢 82B 抗拉强度接近，断面收缩率也接近。

2.3.4 表面质量：外观质量最好的是宝钢料。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/056200210023010042