

UDC



中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

GB50632-2010

钢铁企业节能设计规范

Design criterion for Energy Saving of iron and steel industry

2010-11-3 发布

2011-10-1 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

联合发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

住房和城乡建设部关于发布国家标准

《钢铁企业节能设计规范》的公告

中华人民共和国住房和城乡建设部公告第 828 号

现批准《钢铁企业节能设计规范》为国家标准，编号为 GB50632-2010，自 2011 年 10 月 1 日起实施。其中，第 3.0.3、3.0.6、3.0.10、4.4.7、4.5.17、4.5.20、4.5.21、4.6.15、4.6.18、4.6.19、5.2.1、5.2.3、5.2.12 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年十一月三日

前 言

本规范是根据建设部《2005 年工程建设标准规范制订、编制计划(第二批)》(建标函【2005】124 号)文件,于 2005 年 6 月由国家建设部批准正式立项,由主编单位中冶京诚工程技术有限公司会同各参编单位专家,在行业各有关单位、各设计研究机构和部分钢铁企业的协助下编制而成。

本规范共有六章,主要内容有:1.总则;2.术语;3.节能基本原则;4.钢铁企业主流程设计节能,包括原料准备、烧结、球团、焦化、炼铁、炼钢和轧钢;5.钢铁企业辅助设施设计节能,包括工业炉窑、燃气、电力、给排水、热力、采暖通风、总图运输、机修和检化验;6.钢铁辅助企业设计节能,包括采矿、选矿、铁合金、金属制品、耐火材料、炭素制品、冶金石灰。附录 A 为常用的能源热值和折标煤系数。

本规范正文中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中冶京诚工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。

在本规范执行过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,并及时把有关意见和建议反馈给中冶京诚工程技术有限公司(北京市亦庄经济技术开发区建安街 7 号,邮政编码 100176,传真电话 010-6783***),以便今后修订时参考。

本规范引用标准名录

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。

1. 《综合能耗计算通则》(GB/T2589)
2. 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》(GB17167)
3. 《评价企业合理用热技术导则》(GB/T3486)
4. 《工业锅炉通用技术条件》(JB/T10094)
5. 《设备及管道保温设计导则》(GB/T8175)
6. 《火力发电厂保温油漆设计规程》(DL/T5072)
7. 《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》(GB/T12712)
8. 《公共建筑设计节能标准》(GB50189)
9. 《大中型空气分离设备》(JB/T/8693)

- 10. 《烧结厂设计规范》(GB50408)
- 11. 《焊管工艺设计规范》GB50468
- 12. 《高炉炼铁工艺设计规范》(GB50427)
- 13. 《板带轧钢工艺设计规范》()
- 14. 《炼钢工艺设计规范》(GB50439)
- 15. 《连铸工程设计规范》()
- 16. 《无缝钢管工艺设计规范》()

本规范主编单位、参编单位和主要起草人

主编单位：中冶京诚工程技术有限公司

参编单位：中冶长天国际工程有限公司、中冶北方工程技术有限公司、中冶焦耐工程技术有限公司、中冶赛迪工程技术有限公司、中冶南方工程技术有限公司、中冶东方工程技术有限公司、中冶华天工程技术有限公司、中铝国际工程有限责任公司、中钢集团金属制品研究院、宝山钢铁股份有限公司、济南钢铁集团总公司、天津无缝钢管集团有限公司、江阴兴澄特种钢铁公司

主要起草人（按姓氏笔画排序）：

| | | | |
|-----|-----|------|-----|
| 万 毅 | 孙福仁 | 周全宇 | 郝英杰 |
| 尹君贤 | 许虹 | 国 强 | 唐先觉 |
| 支起湘 | 严云福 | 欧阳武汉 | 徐华祥 |
| 王彦 | 宋华德 | 郑治平 | 徐培万 |
| 王钧祥 | 张 崎 | 金持平 | 顾家声 |
| 王晓兰 | 张子强 | 姚 群 | 崔 昊 |
| 王泰昌 | 张昭贵 | 宫香涛 | 黄晓红 |
| 石立兴 | 张海军 | 洪建中 | 黄瑞南 |
| 任 伟 | 张琦 | 洪保仪 | 储瑞林 |
| 刘仁洋 | 杨 岩 | 胡建平 | 强十勇 |
| 刘加祥 | 汪力中 | 胡金玲 | 赖青山 |
| 刘家洪 | 陈惠民 | 赵钱柱 | 戴康 |

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 1 总 则 | 2 |
| 2 术 语 | 3 |
| 3 基本规定 | 5 |
| 4 钢铁企业主流程设计节能技术 | 6 |
| 4.1 原料准备 | 6 |
| 4.2 烧结 | 7 |
| 4.3 球团 | 8 |
| 4.4 焦化 | 10 |
| 4.5 高炉炼铁 | 12 |
| 4.6 炼钢 | 15 |
| 4.7 金属压力加工 | 22 |
| 5 钢铁企业辅助设施设计节能技术 | 38 |
| 5.1 工业炉窑 | 38 |
| 5.2 燃气 | 40 |
| 5.3 电力 | 42 |
| 5.4 给排水 | 44 |
| 5.5 热力 | 45 |
| 5.6 采暖、通风除尘 | 48 |
| 5.7 总图运输 | 50 |
| 5.8 其它 | 52 |
| 6 钢铁辅助生产企业设计节能技术 | 55 |
| 6.1 采矿 | 55 |
| 6.2 选矿 | 58 |
| 6.3 铁合金 | 60 |
| 6.5 耐火材料 | 61 |
| 6.6 炭素制品 | 62 |
| 6.7 石灰 | 65 |
| 附录A 常用的能源热值和折标煤系数 | 67 |
| 附录B 本规范用词说明 | 70 |

Catalogue

- 1、 General Principles
- 2、 Terminology
- 3、 Basic stipulates
- 4、 Energy-saving technology designed in main craft of Iron and steel enterprise
 - 4.1 Raw Materials Prepare
 - 4.2 Sintering
 - 4.3 Pellet
 - 4.4 Coking
 - 4.5 Blast Furnace Ironmaking
 - 4.6 Steelmaking
 - 4.7 metal shaping
- 5、 Energy-saving technology designed in Iron and steel enterprise ancillary facilities
 - 5.1 Industrial Furnace
 - 5.2 Gas
 - 5.3 Electric Power
 - 5.4 Water Supply and Drain
 - 5.5 Heat Exchange
 - 5.6 Heating and Ventilation
 - 5.7 Others
- 6 Energy-saving technology designed in Iron and steel auxiliary production
 - 6.1 Mine
 - 6.2 Mineral Dressing
 - 6.3 Irpo-bearing alloy
 - 6.4 Refractory
 - 6.5 Carbon Product
 - 6.6 Lime
- Appendix 1 Energy Resources Caloricity and Standard Coal Change Coefficient In Common Use
- Appendix 2 Expression Directions

1 总 则

1.0.1 节约能源是国家发展经济的一项长远战略方针，也是钢铁工业实现可持续发展的基本原则。为提高钢铁工业建设项目的设计节能水平，全面贯彻《中华人民共和国循环经济促进法》、《中华人民共和国节约能源法》，加强节能管理，促进节能技术进步，合理使用、转换能源，有效回收利用余能，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于钢铁企业的总体发展规划、钢铁业新建和改建的设计，以及钢铁企业能源规划等项目。钢铁联合企业生产流程包括烧结、球团，焦化、炼铁、炼钢、轧钢等工艺以及公辅设施；此外还包括与钢铁生产密切相关并有一定独立性的采矿、选矿、铁合金、炭素制品、耐火材料、冶金石灰、金属制品等钢铁辅助企业。

1.0.3 钢铁企业设计应实现规模化经营，必须重视工艺过程优化，重视各工序高效连接相互能力匹配，重视提高生产作业率、产品合格率、金属成材率，降低铁钢比，实现工序之间生产的连续化、紧凑化，实现非能源物质的节约，提高系统能效。

1.0.4 钢铁企业节能设计必须坚持能源消耗减量化、提高能源利用效率和回收再利用原则；应采用先进的节能生产工艺和技术装备；能源消耗必须以系统节能为原则，满足局部服从整体的要求，严格控制各工序能耗水平，提高系统能源使用效率；二次能源回收利用应以高能高用、梯级利用为原则。

1.0.5 钢铁企业节能设计，电力折标系数采用等价值和当量值两套计算体系，电力折标当量值为 0.1229kgce/kWh；等价值采用 1986 年国家统一发布的全国火电发电实际标准煤耗指标 0.404kgce/kWh。

1.0.6 钢铁企业设计节能，除执行本规范外，还应符合国家和行业现行节能标准的相关规定。

2 术 语

2.0.1 能源 energy sources

提供各种能量的资源叫能源，包括机械能、热能、光能、电能等。

能源可分为：一次能源、二次能源。

一次能源是自然界中以天然的形式存在的，未经过加工转换的能量资源，如原煤、原油、天然气、核燃料、风能、水能、太阳能、地热能、海洋能等。

二次能源是由一次能源直接或间接加工或转换得到的其它种类和形式的能源，如：煤气、焦炭、汽油、柴油、蒸汽、电力等。

2.0.2 能源介质 energy medium

在生产过程中所消耗的不作原料使用，也不进入产品，制取时又需要消耗能源的工作物质。如电、煤气、工业水、压缩空气、氧气、氮气、氩气、保护性气等。

2.0.3 发热值 calorific capacity

燃料发热值有高位发热值和低位发热值。

高位发热值是指燃料完全燃烧，燃烧产物中的水蒸汽，包括燃料中所含水分生成的水蒸汽和燃料中氢元素燃烧生成的水蒸汽凝结成水时的发热值。

低位发热值是指燃料完全燃烧，燃烧产物中的水蒸汽仍以气态存在时的发热值。

2.0.4 当量标准煤 coal equivalent

规定的一种能源计量单位，其发热量等于 29271kJ 的能源量，称为 1 公斤标准煤、或当量煤。

1 公斤标准煤通常写作 1kgce，1 吨标准煤通常写作 1tce。

1kgce=29271kJ。

2.0.5 能源当量热值 heat value equivalent of energy

单位能源物质的热功当量称为能源当量热值。1kW.h 电能的当量热值为 3600kJ（或 860kCal 的热值），等于 0.1229 kgce。

2.0.6 能源等价热值 aqual in heat value of energy

得到一个度量单位的某种二次能源所需消耗的一次能源量，叫这种二次能源的等价热值。生产 1kW.h 电能需要 11825kJ 能源量或 0.404kgce。11825kJ 或

0.404kgce 即为 1kW.h 电的等价热值。

2.0.7 工序能耗 energy consumption of procedure

是指钢铁企业各工序生产 1 吨合格产品直接消耗的能源量,计算公式如下:

工序能耗 = (工艺加工过程直接消耗的能源及耗能工质—回收并利用的能量) / 合格产品的产量

2.0.8 吨钢可比能耗 comparable energy consumption per ton steel

是指企业每生产一吨钢从炼焦、烧结、球团,炼铁、炼钢、直到成品钢材配套生产所必须消耗的能量及企业燃料加工与运输,机车运输能耗及企业能源亏损所分摊到每吨钢的能耗量之和。它不包括联合企业的矿山、选矿、铁合金、石灰、耐火材料、碳素制品、焦化回收副产品的精制及其他产品生产、辅助生产及非生产的能耗。

2.0.9 吨钢综合能耗 fully energy consumption per ton steel

是指企业在报告期内每吨钢消耗的各种能源自耗总量。能源消耗必须是将各种能源按规定的计算方法分别折算为统一的标准煤后的总和。计算公式为:

吨钢综合能耗 = 企业生产自耗能源折标准煤量(kgce) / 企业合格钢产量(t)

2.0.10 余热 waste heat

在某一热工艺过程中未被利用而放到周围环境中的热能。按载体形态可将余热分为固态载体余热、液态载体余热和气态载体余热。

2.0.11 余能 Waste energy

某一工艺系统排出的未被利用的能量,余能可分为余热和余压两类。余压是指工艺设备排出的有一定压力的流体,如高炉炉顶排出的高压煤气等。

2.0.12 系统能效 (没有说明)

3 基本规定

3.0.1 钢铁企业总体发展规划以及钢铁企业新建和改造项目的项目申请报告、可行性研究报告、初步设计文件，必须有节能专篇。

3.0.2 本规范以企业工序能耗为主，合理利用能源，应与经济发展和环境保护相协调。因改进产品质量、改善环境导致超出本规定能耗时，应单列新增能耗，并分析说明；回收利用余能，应有效益论证；各工序的设计节能要有具体措施，各措施应相互协调、系统优化，达到企业系统节能。

3.0.3 钢铁企业设计必须贯彻国家钢铁产业发展政策，适时淘汰高能耗工艺和高能耗设备；不得采用行业限制的落后生产工艺和装备。严禁采用国家明令淘汰的高耗能设备。购置国外设备，其能耗应符合本规范要求。

3.0.4 钢铁企业设计应优化工艺过程，应采用先进成熟的节能工艺、技术、设备、材料和自动控制系统。新建或改造工程节能设施必须与主体工程同步设计，同步建设，同步投产。

3.0.5 新建钢铁联合企业应设置能源管理中心，建设能源信息化管理系统，优化能源配置机制、优化能源结构，全面考虑能源转换、输送及利用过程的系统用能。企业技术改造，应逐步建立健全能源信息化管理系统。能源管理系统的规模、装备水平和节能目标，应与预期的企业经济效益及社会效益相适应。

3.0.6 对各种原料、燃料及能源介质应设置计量统计设施，各种物料及能源的供给和消耗数据应及时、准确、稳定、可靠地自动采集到计算机收集系统。

3.0.7 能源介质的计量检测仪器仪表应设置齐全，配备率、完好率、周检率要达到国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB17167）

3.0.8 钢铁企业设计，必须加强余热、余压的回收利用水平。必须采用技术先进、经济合理、能耗低、二次能源回收利用好的先进节能工艺、技术、设备与措施，最大限度地降低能源消耗。二次能源回收利用要实现高能高用，梯级利用。

3.0.9 贯彻可持续发展和循环经济理念，提高环境保护和资源综合利用水平，最大限度地提高废气、废水、废物的综合利用水平，力争实现“零排放”，建立循环经济型钢铁生产体系。

4 钢铁企业主流程设计节能技术

4.1 原燃料准备

4.1.1 应采用先进的全厂物料集中管理体制和管理技术，按质堆放，以顺畅流动、适量贮存为核心，设置全厂各工序用原燃料统一处理的原料场。对进出场原燃料的数量和质量及时检验、记录。

4.1.2 新建原燃料场应具有受卸、贮存、整粒、混匀、取制样、输送等完整的生产设施。原燃料场的位置应靠近主要用户，缩短原燃料的运输距离。

4.1.3 现有钢铁企业的原燃料设施改造，应尽量靠近主要用户，尽量设置集中的受卸、贮存、整粒、混匀、输送设施，减少重复卸料和二次倒运，减少物料的落差。宜采用直接供料。

4.1.4 解冻库的能源宜采用余热。

4.1.5 原燃料场宜采用高效的卸、堆、取、运设备，驱动电动机宜采用变频调速电动机。

4.1.6 向高炉喷煤设施供应原煤时，宜设置防雨设施。

4.1.7 新建钢铁企业宜按原料用户要求，按合格原料粒度采购原料，不宜建设集中破碎设施。

4.1.8 新建钢铁企业应对料场贮存的落地原燃料设置筛分设施。在条件允许时，宜采用在线筛分设施。

4.1.9 新建钢铁企业必须设有原料混匀设施，现有钢铁企业也应逐步设置原料混匀设施。提倡全料混匀，含铁品位波动 $\leq \pm 0.5\%$ ， $\text{SiO}_2 \leq \pm 0.2\%$ 。

4.1.10 混匀设施应设置吸收和消纳钢铁生产过程中产生的含铁废弃物的配料槽。

4.1.11 应根据计算，合理选择带式输送机的电动机功率。电动机功率 $\geq 55\text{kW}$ 时，应设置调速驱动装置。

4.1.12， 原燃料场应设置防尘网，拥有防尘设施和手段。

4.2 烧结

4.2.1 原料准备

4.2.1.1 应尽可能选用高铁低硅无毒无害或微毒微害的优质原料，含铁原料应混匀，铁品位波动应 $\leq \pm 0.5\%$ ， $\text{SiO}_2 \leq \pm 0.2\%$ ；应选用高碳低灰分低硫的优质固体燃料。根据矿物性能和高炉冶炼的要求进行优化配矿，进行烧结杯试验，确定烧结生产的工艺参数。

4.2.1.2 采用先进的配料技术和设备，选用含有害杂质少、粒度均匀、偏析小、还原性好的原料配矿，重视烧结机布料控制，降低燃料配比。

4.2.1.3 固体燃料的破碎不宜选用易于产生过粉碎的设备，要尽量减少过粗过细的粒级，燃料的平均粒度应达到 1.2~1.5mm；进厂无烟煤的粒度小于 3mm 的含量占 30% 以上时，可预先筛分出 3~0mm 的部分；不同品种或物理性能相差较大的燃料，应分开破碎。

4.2.1.4 应采用集中式自动重量配料。

4.2.1.5 宜采用蒸汽预热混合料。所用蒸汽应采用自身回收的余热。

4.2.1.6 混合制粒时间宜采用 5~9min（包括设有固体燃料外滚的时间在内），以粉矿为主要原料时取下限值，以精矿为主要原料时取中上限值；并采用高效混合制粒设备，以强化混合制粒，提高烧结料层透气性。

4.2.2 烧结

4.2.2.1 在保证烧结矿质量和环保的前提下，应提高烧结机的利用系数和作业率。

4.2.2.2 应采用带式烧结机，烧结机应大型化。

4.2.2.3 为强化制粒和烧结过程，宜添加生石灰或硝石灰作熔剂；应优先选择添加生石灰。

4.2.2.4 应采用新型节能点火保温炉。

4.2.2.5 应采用厚料层烧结、低温烧结、小球烧结、高铁低硅烧结、热风烧结、燃料分加等技术措施。烧结机的料层厚度（包括铺底料厚度），以精矿为主要原料、采用小球烧结法时，宜 $\geq 650\text{mm}$ ；以粉矿为主要原料时，宜 $\geq 680\text{mm}$ 。

4.2.2.6 应选用节能型的设备，包括漏风小的带式烧结机，新型液密封鼓风环式冷却机，高效振动筛，高效率主抽风机。

4.2.2.7 应控制冷、热返矿的粒度，减少烧结矿的返矿率；设计应考虑定期更换冷、热筛的筛板，将返矿中大于 5mm 的粒级纳入成品中。

4.2.2.8 合理选择单位烧结面积的风量和主轴风机前的负压，应避免选用过大的主抽风机。

4.2.3 其它

4.2.3.1 提高烧结厂的自动化水平，采用主要工艺过程自动化检测、控制和调节，烧结过程应在最佳的工艺状态下进行。

4.2.3.2 新建和改造的烧结机应配套设计余热回收利用和烟气脱硫装置。

4.2.3.3 烧结废水经处理后应循环使用。

4.2.3.4 钢铁生产产生的碎焦、氧化铁皮、各种含铁粉尘泥渣和烧结厂本身的含铁含碳粉尘，应处理后返回烧结厂再利用。

4.2.4 工序能耗

4.2.4.1 烧结工序能耗计算范围是从熔剂、燃料破碎开始，到成品烧结矿输出到高炉料仓为止这一全过程的能耗量。包括：原燃料加工与准备，配料、混合与制粒，布料、点火与烧结，烧结抽风与烟气净化，烧结矿冷却与整粒筛分等工艺设施的能源消耗量，扣除回收利用的能源量。

4.2.4.2 烧结工序能耗设计指标应符合表 4.2.4.2 规定。

烧结工序能耗设计指标 表 4.2.4.2

| 折算系数 | 机组类型 | 工序能耗 | |
|-------|-----------------------------|--------|----------|
| | | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 |
| 电按等价值 | ≥300m ² 大型烧结机 | ≤1756 | ≤60 |
| | 180~300m ² 中型烧结机 | ≤1870 | ≤64 |
| 电按当量值 | ≥300m ² 大型烧结机 | ≤1550 | ≤53 |
| | 180~300m ² 中型烧结机 | ≤1610 | ≤55 |

- 注：1.烧结机市场准入的使用面积应≥180m²。
- 2.原料稀土矿比例每增加 10%，烧结工序能耗指标增加 1.5kgce/t。
- 3.表中工序能耗指标不包括烧结脱硫的能耗。

4.3 球团

4.3.1 基本要求

4.3.1.1 球团厂建设前应进行球团工艺试验作为设计依据。根据试验结果确定合理的工艺流程及最佳工艺参数。

4.3.1.2 选取节能型设备，包括新型结构、漏风率小的链篦机-回转窑、环冷机或带式焙烧机，新型节能的燃料燃烧装置，高效率的工艺风机等。

4.3.1.3 采用优质粘结剂，采用最佳配加量，保证生球质量及降低球团矿中铁品位损失。

4.3.1.4 链篦机-回转窑及带式焙烧机工艺采用煤气为燃料时，要求煤气热值大于 14.63MJ/m^3 ，并要求热值稳定；链篦机-回转窑工艺采用烟煤为燃料时，要求使用优质烟煤。发热值大于 25.08MJ/kg ，灰分 $<14\%$ ，灰分在氧化气氛下初变形温度大于 1400°C 。

4.3.1.5 严格控制布料，采用摆动胶带机（或梭式布料机）+宽胶带机+辊式筛分布料机的联合布料方式。

4.3.1.6 建立合理的焙烧热工制度。根据原料性质，通过试验及理论计算，确定合理的热工参数。

4.3.2 原料准备

4.3.2.1 强化原料准备工序，使含铁原料的铁品位、粒度、水分满足球团要求。

4.3.1.2 采用计算机控制自动重量配料，采用变频调速给料设备。

4.3.1.3 采用强力型混合机，强化混合，使大组分物料与小组分物料充分混匀，得到成分均一的混合料。

4.3.2 造球

4.3.2.1 重视生球质量，合理调整造球机的各项参数，控制混合料水分，优化造球过程。

4.3.4 其它

4.3.4.1 采用合理的气体循环流程，充分利用余热。

4.3.4.2 完善链篦机-回转窑、带式焙烧机炉体耐火材料的构成，加强绝热和保温性能，减少炉壳、窑体及热介质管道的散热损失。

4.3.4.3 加强链篦机-回转窑、带式焙烧机主机设备的密封，最大限度降低设备漏风率。

4.3.5 工序能耗

4.3.5.1 球团工序能耗计算范围是从原燃料准备开始，到成品球团矿输出为止这一全过程的能量消耗。包括：铁精矿干燥与再磨、煤粉制备、配料、混合、造球、生球干燥、预热与焙烧，球团矿冷却与筛分等工艺设施的能源消耗量。

4.3.5.2 球团工序能耗设计指标应符合表 4.3.5.2 规定。

球团工序能耗设计指标

表 4.3.5.2

| 折算系数 | 生产类型 | 原料条件 | 工序能耗 | |
|-------|---------|---------------|--------|----------|
| | | | MJ/t 球 | kgce/t 球 |
| 电按等价值 | 链篦机-回转窑 | 100% 磁铁矿 | ≤850 | ≤29 |
| | | 50% 磁铁、50% 赤铁 | ≤1085 | ≤37 |
| | | 100% 赤铁矿 | ≤1345 | ≤46 |
| | 带式球团 | 100% 磁铁矿 | ≤995 | ≤34 |
| | | 50% 磁铁、50% 赤铁 | ≤1200 | ≤41 |
| | | 100% 赤铁矿 | ≤1435 | ≤49 |
| 电按当量值 | 链篦机-回转窑 | 100% 磁铁矿 | ≤585 | ≤20 |
| | | 50% 磁铁、50% 赤铁 | ≤790 | ≤27 |
| | | 100% 赤铁矿 | ≤1055 | ≤36 |
| | 带式球团 | 100% 磁铁矿 | ≤700 | ≤24 |
| | | 50% 磁铁、50% 赤铁 | ≤910 | ≤31 |
| | | 100% 赤铁矿 | ≤1140 | ≤39 |

注：当赤铁矿用量不在表中所列值时，可近似用内插法计算。

4.4 焦化

4.4.1 备煤与焦处理

4.4.1.1 备煤系统应根据煤源、煤质情况选择工艺流程、主要设施及设备，做到工艺过程简单、设备少、布置紧凑。

4.4.1.2 焦化厂宜优先采用大型室内煤库。

4.4.1.3 焦化厂宜采用装炉煤调湿及分级技术，并应优先利用焦炉烟道废气作为热源。

4.4.1.4 粉碎机宜配置调速装置；带式输送机功率≥45kW 时，宜配置液力耦合器。

4.4.2 炼焦

4.4.2.1 焦炉应能采用低热值煤气加热。

4.4.2.2 焦炉加热宜采用计算机加热控制和管理系统。

4.4.2.3 焦炉必须同步配套建设干法熄焦装置。

4.4.2.4 干法熄焦装置配置的干熄焦锅炉的压力、温度参数，应根据企业蒸汽需求的近远期规划和技术经济比较确定。实现干熄焦锅炉产汽的高效利用。

4.4.2.5 高压氨水泵应设变频调速装置。

4.4.2.6 焦炉蓄热室应采用蓄热薄壁格子砖。

4.4.2.7 焦炉应根据各部位的工况特点，采用相应的高效隔热措施。

4.4.2.8 鼓励建设焦化工艺及能源的优化控制中心。

4.4.3 煤气净化和化产品精制

4.4.3.1 电动煤气鼓风机应选用调速或前导流装置。

4.4.3.2 工艺介质在水冷或空冷前，应充分回收其余热。

4.4.3.3 对于可用循环水和低温水两段冷却的工艺介质，应尽可能降低循环水冷却段后的工艺介质温度。

4.4.3.4 氨水蒸馏宜采用高效塔和热导油无蒸汽蒸氨工艺。

4.4.3.5 硫回收及硫酸等装置中产生的高温过程气，应设废热锅炉回收余热。

4.4.3.6 煤焦油和粗苯精制宜采用集中加工。煤焦油加工装置规模应达到处理无水焦油 10 万吨/年及以上，粗苯精制规模宜达到 5 万吨/年及以上。

4.4.3.7 焦油蒸馏宜采用减压蒸馏或常、减压蒸馏工艺。

4.4.3.8 苯精制宜采用苯加氢工艺，宜采用热导油做热介质蒸馏苯。

4.4.3.9 煤气净化的轻苯蒸馏宜采用负压蒸馏工艺。煤气温度应梯级使用。

4.4.4 其它

4.4.4.1 冷却循环体宜采用“按质供应，温度对口，梯级利用，小半径循环，分区域闭路”原则，夏季采用高炉煤气直燃式制冷水；或采用蒸汽制冷水装置，不得采用抽取地下水用作冷媒工艺。

4.4.4.2 焦炉装煤、出焦以及干熄焦系统的除尘风机应配置调速装置。

4.4.4.3 采暖热媒可采用经初冷器冷却荒煤气的高温段循环水、循环氨水的余热。

4.4.4.4 当焦化厂有中压或中压以上的蒸汽管网时，其动力设备（如煤气鼓风机等）宜优先考虑选择蒸汽做动力源。蒸汽使用必须采用梯级串联方式。

4.4.5 工序能耗

4.4.5.1 焦化工序能耗计算范围包括：备煤、炼焦、干熄焦、鼓风冷却、煤气净化、蒸苯、蒸氨及酚氰废水处理等工艺设施的能源消耗量，扣除回收利用的能源量。

4.4.5.2 计算公式

$$\text{工序能耗} = \frac{I - Q + E - R}{T}$$

式中：T—焦炭（干全焦）产量，t

I—原料（干基洗精煤）折热量，MJ

Q—焦化产品（焦炭、煤气、焦油、粗苯等）折热量，MJ

E—加工能耗（煤气、电、耗能工质等）折热量，MJ

R—余热回收（干熄焦等）折热量，MJ

式中 I 值必须大于 Q 值。

4.4.5.3 焦炉炭化室高度≥6m，且采用干熄焦工艺的焦化工序设计能耗应符合表 4.4.5.3 规定。

焦化工序能耗设计指标 表 4.4.5.3

| 折算系数 | 生产类型 | 工序能耗 | |
|--------------------------|-------|--------|----------|
| | | MJ/t 焦 | kgce/t 焦 |
| 电按等价值 1kWh=0.404kgce | 炼焦 | ≤3952 | ≤135 |
| | 捣固煤炼焦 | ≤4098 | ≤140 |
| 电按当量值 1kWh=0.1229kgce | 炼焦 | ≤3659 | ≤125 |
| | 捣固煤炼焦 | ≤3805 | ≤130 |

4.5 高炉炼铁

4.5.0.1 高炉炼铁工序节能重点是提高精料水平、实现高风温，降低燃料比。回收利用高炉煤气和炉顶余压，回收利用焦丁，是高炉设计中节能的重点环节。

4.5.0.2 应根据原、燃料质量和高炉生产条件，参考 同类型高炉的实际生产指标，

经比较后确定适宜的冶炼强度。

4.5.1 原燃料

4.5.1.1 应提高高炉入炉原、燃料的精料水平，选择合适的炉料结构，以含铁品位高、粒度均匀偏小、强度高、成分稳定、有害杂质少、冶金性能好为原则。

4.5.1.2 对原料实行混匀，使入炉矿含铁成分波动应 $\leq \pm 0.5\%$ ，碱度波动应 ≤ 0.08 （倍），其他成分应相对稳定。

4.5.1.3 根据我国炼铁原料特点，入炉原料结构应以烧结矿为主，配加部分球团矿和块矿，在高炉中尽量不加溶剂。

4.5.1.4 入炉矿及燃料质量应符合国家标准《高炉炼铁工艺设计标准》（GB50427-2008）相关规定。

4.5.1.5 成品烧结矿宜采取整粒筛分措施，筛除小于 5mm 的粉末，入炉烧结矿料中 5mm 以下粉末含量应 $\leq 5\%$ 。

4.5.1.6 入炉焦炭应具有良好的化学成分和机械强度，包括高温性能，以及成分稳定。

4.5.1.7 应采取焦丁回收措施，混装入炉或中心加焦。焦丁使用量应计入高炉燃料统计中。

4.5.1.8 新建或改造的高炉，应按本规范的要求，落实原、燃料的质量和供应条件，同时满足国家已经颁布的《高炉炼铁工艺设计规范》（GB50427-2008）相关要求。

4.5.1.9 新建高炉寿命应大于 15 年。

4.5.2 热风炉及鼓风

4.5.2.1 宜实现高风温送风，设计风温应符合表 4.5.2.1 规定。

| 热风炉设计风温 | | | | 表 4.5.2.1 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 炉容级别（m ³ ） | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 上 |
| 设计风温（℃） | ≥ 1200 | ≥ 1200 | ≥ 1200 | ≥ 1250 |

4.5.2.2 应采取烟气余热回收利用措施，预热助燃空气或煤气，以及喷吹煤干燥，提高热风炉热效率和送风温度。漏风率应 $\leq 2\%$ ，漏风损失应 $\leq 5\%$ 。

4.5.2.3 热风炉使用的燃料应根据全厂煤气平衡确定。

4.5.2.4 宜采用全烧高炉煤气获得高风温的技术，宜采用热风炉自身余热预热助

燃空气技术、蓄热热风炉预热助燃空气技术、燃烧高炉煤气预热燃料与助燃空气（即双预热）的前置燃烧炉技术、脱湿鼓风技术等。

4.5.2.5 应采取提高热风炉热效率的各项措施，降低燃料消耗。热风炉总体热效率应 $\geq 80\%$ 。各级**热风炉**均应设置燃烧自动控制装置。

4.5.2.6 热风炉寿命应 ≥ 25 年。

4.5.2.7. **高炉应采取低然料比，低鼓风风量，实现高利用系数的操作方针。**

4.5.3 **炉顶及（红字取消）高炉煤气要回收利用**

4.5.3.1 新建或改造高炉宜采用无料钟炉顶设备。

4.5.3.2 新建或改造高炉应采用高压操作，必须同步配套建设高炉煤气余压回收利用装置。

4.5.3.3 高炉炉顶设计压力宜符合表 4.5.3.3 规定。

高炉的炉顶设计压力 表 4.5.3.3

| 炉容级别（m ³ ） | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|
| 炉顶设计压力(kPa) | ≥ 200 | ≥ 200 | ≥ 220 | ≥ 250 |

4.5.3.4 高炉煤气净化宜采用干法除尘工艺。

4.5.3.5 剩余高炉煤气必须回收利用（与 4.5.3 重复，可取消）。

4.5.4 喷吹煤粉

4.5.4.1 新建高炉必须同步配套建设煤粉喷吹装置。

4.5.4.2 各级高炉应推广富氧大喷煤工艺，新建高炉**设计**喷煤量宜 $> 180\text{kg/t}$ 。有条件的企业宜自建适合高炉喷煤使用的专用制氧机组。

4.5.4.3 高炉喷煤设施应采用浓相喷吹工艺，煤粉喷吹浓度宜按 $40\text{ kg}_{\text{（粉）}}/\text{kg}_{\text{（气）}}$ 设计。新建高炉的喷煤设施，喷吹浓度设计值不得低于 $20\text{kg}_{\text{（粉）}}/\text{kg}_{\text{（气）}}$ 。

4.5.4.4 喷煤制粉用干燥介质，宜优先采用热风炉废气。

4.5.5 其它

4.5.5.1 宜建设高炉冲渣水的余热回收装置，用于工厂或生活采暖保温等用途。

4.5.5.2 新建钢铁厂时，高炉与转炉宜采用紧凑布局，缩短热态铁水输送距离，宜采用鱼雷罐车或者转炉铁水罐输送铁水。不得采用混铁炉分包铁水的供应工艺。

4.5.6 工序能耗

4.5.6.1 高炉炼铁工序能耗计算范围包括：原燃料供给、高炉本体、渣铁处理、鼓风、热风炉、煤粉喷吹、碾泥及除尘环保和铸铁机等工艺系统（设施）的能源消耗量，扣除回收利用的高炉煤气和余压的能源量。

4.5.6.2 计算公式

$$\text{工序能耗} = \frac{C + I + E - R}{T}$$

式中：T—合格生铁产量，t

C—焦炭折热量，MJ 或标煤量

I—喷吹煤折热量，MJ

E—加工能耗（煤气、电、耗能工质等）折热量，MJ

R—回收高炉煤气、电力折热量，MJ

4.5.6.3 各级别高炉炼铁工序能耗设计应符合表 4.5.6.3 规定。

| 高炉炼铁工序能耗设计指标 | | | 表 4.5.6.3 |
|--------------|------------|--------|-----------|
| 折算系数 | 高炉容积 | 工序能耗 | |
| | | MJ/t 铁 | kgce/t 铁 |
| 电按等价值 | 1000m³ 级 | ≤12588 | ≤430 |
| | 2000m³ 级 | ≤12441 | 90≤425 |
| | 3000m³ 级 | ≤12295 | ≤420 |
| | 4000m³ 级以上 | ≤12148 | ≤415 |
| 电按当量值 | 1000m³ 级 | ≤11709 | ≤400 |
| | 2000m³ 级 | ≤11563 | ≤395 |
| | 3000m³ 级 | ≤11417 | ≤390 |
| | 4000m³ 级以上 | ≤11270 | ≤385 |

注：不包括特殊矿石原料。

4.6 炼钢

4.6.0.1 新建和改造炼钢车间应采用炼钢→炉外精炼→连铸“三位一体”的基本工艺路线。

4.6.0.2 在此基本工艺路线条件下，应对铁水预处理、冶炼、精炼、连铸（模铸）工位消耗的各种能源介质配置计量仪表，进行科学统计。

4.6.1 铁水预处理

4.6.1.1 新建转炉炼钢厂应按 100%铁水进行预处理量配套，并且跟转炉同步投入生产使用。

4.6.1.2 转炉炼钢用铁水，若硫含量高于 0.030 %时，必须进行脱硫预处理。生产超低硫、超低磷钢种的转炉炼钢厂，应建设铁水三脱（脱硫、脱硅、脱磷）预处理设施。

4.6.1.3 铁水脱磷预处理前必须先进行脱硅预处理，使铁水中硅含量 $\leq 0.20\%$ 。

当转炉采用少渣冶炼方法，应对铁水进行脱硅预处理。

4.6.1.4 经过脱硫预处理后的铁水（兑入转炉铁水）硫含量一般应 $\leq 0.015\%$ ，生产超低硫钢种的铁水硫含量应 $\leq 0.005\%$ 。经过三脱预处理后铁水磷含量应 $\leq 0.010\%$ 。

4.6.1.5 经炉外脱磷预处理后的铁水磷含量应 $\leq 0.030\%$ ；转炉炉内脱磷预处理的铁水磷含量应 $\leq 0.010\%$ ；超低磷钢种预处理后的铁水磷含量应 $\leq 0.005\%$ 。

4.6.1.6 铁水预处理环节（工序）能耗计算范围包括：预处理剂的运输及输送、喷吹或机械搅拌、铁水扒渣和渣处理（不包括炉渣后加工），辅助设备及除尘环保等设施的能源消耗量。

4.6.1.7 铁水预处理环节（工序）能耗设计指标应符合表 4.6.1.7 规定。

铁水预处理环节（工序）能耗设计指标

表 4.6.1.7

| 折算系数 | 预处理方式 | 工序能耗 | |
|-------|----------|------------|-------------|
| | | MJ/t 铁水 | kgce/t 铁水 |
| 电按等价值 | 单脱硫 | ≤ 38 | ≤ 1.29 |
| | 脱硫、脱硅和脱磷 | ≤ 100 | ≤ 3.43 |
| 电按当量值 | 单脱硫 | ≤ 19 | ≤ 0.65 |
| | 脱硫、脱硅和脱磷 | ≤ 53 | ≤ 1.8 |

4.6.2 转炉冶炼

4.6.2.1 应以铁水预处理—复吹转炉冶炼—炉外精炼—高效连铸作为新建和改造转炉炼钢的基本工艺路线。

4.6.2.2 钢铁企业新建氧气转炉公称容量应 $\geq 120t$ 。

4.6.2.3 应全面推广铁水预处理技术；应切实做好废钢的收集、加工，按质分级

储存及运输等工作。应提高废钢比，降低铁水比。

4.6.2.4 转炉炼钢应采用顶底复吹技术与溅渣护炉技术，造渣应采用高质量冶金活性石灰。

4.6.2.5 应根据冶炼钢种需要，全面配置在线运转的钢水精炼设施。转炉出钢钢包应进行在线烘烤，实现红包出钢。应采用蓄热式钢包烘烤技术。

4.6.2.6 新建或改造转炉炼钢厂（或车间），必须配套建设煤气的净化、回收、利用系统。必须回收利用高温烟气的余热。

4.6.2.7 转炉冶炼宜采用煤气干法除尘技术。

4.6.2.8 回收转炉煤气的设计指标应 $\geq 95\text{Nm}^3/\text{t}$ ，半钢水冶炼转炉的煤气回收设计指标应 $\geq 70\text{Nm}^3/\text{t}$ 。

4.6.2.9 严禁再建化铁炉供铁水炼钢。

4.6.2.10 新建钢铁联合企业禁止采用混铁炉储存铁水及铁水分包工艺。

4.6.2.11 转炉冶炼环节（工序）能耗计算范围从铁水进转炉炼钢厂（车间），到钢水送到炉外精炼这一全过程的直接能耗。包括：储铁水保温、转炉冶炼、炉渣处理（不包括炉渣后加工）、辅助及除尘环保等工艺设施的能源消耗量，扣除回收的转炉煤气和蒸汽的能量。

4.6.2.12 转炉冶炼环节（工序）能耗设计指标应符合表 4.6.2.12 规定。

转炉冶炼环节（工序）能耗设计指标 表 4.6.2.12

| 折算系数 | 转炉公称容量 | 工序能耗 | |
|-------|-------------|-------------|--------------|
| | | MJ/t 钢水 | kgce/t 钢水 |
| 电按等价值 | 120~200t 转炉 | ≤ 260 | ≤ 8.8 |
| | >200t 转炉 | ≤ -52 | ≤ -1.8 |
| 电按当量值 | 120~200t 转炉 | ≤ -265 | ≤ -9.1 |
| | >200t 转炉 | ≤ -533 | ≤ -18.2 |

注：表中不包括提钒转炉的能耗。

4.6.3 电炉冶炼

4.6.3.1 电炉应向大型化、超高功率、提高化学能输入强度和废气能量利用的方向发展。

4.6.3.2 应以超高功率电炉冶炼—炉外精炼—连铸作为新建和改造电炉炼钢厂（车间）的基本工艺路线。新建电炉容量应 $\geq 70\text{t}$ 。

4.6.3.3 新建超高功率电炉，应采用高阻抗供电、铜钢复合直接导电臂、炉壁集束射流氧枪、泡沫渣埋弧冶炼、炉气内 CO 后燃烧、炉底搅拌、计算机过程控、电炉烟气余热回收利用等节能技术。当企业有富裕铁水时，电炉可采用铁水热装工艺，**但不应为电炉建设专用高炉（已是不可能了）。**

4.6.3.4 电炉钢厂应积极采用氧气强化冶炼工艺，采用炉壁超音速集束射流氧枪、炉门碳氧喷枪机械手、氧燃烧嘴（可选用）等装备。单位氧气用量应不低于 30Nm³/t。

4.6.3.5 根据钢种的需要配置相应的精炼环节。确定真空精炼设施形式时，在产品大纲无超低碳钢薄板品种情况下，应选用设备简单、投资低、建设快、操作管理简便、能耗少和生产成本低的 VD 装置。

4.6.3.6 应加强废钢管理工作，提高废钢质量，减少泥石、炉渣等非金属混入量，改进废钢装炉设备，减少废钢加料次数，全废钢法时装料次数不超过 2 次，铁水热装时，废钢应实现 1 次加料。

4.6.3.7 应加强造渣料与铁合金等材料的管理，确保精料入炉，避免受潮。电炉炼钢车间使用的铁合金应为合格料。

4.6.3.8 做好钢包烘烤与调度工作，做到“红包”出钢，减少因钢包烘烤不足造成的热损失。采用蓄热式钢包烘烤器，回收利用烟气的热量或回收余热蒸汽用于精炼系统。

4.6.3.9 电炉冶炼环节（工序）能耗计算范围从原料进入电炉炼钢厂（车间），到钢水送到炉外精炼装置这一全过程的直接能耗。包括：废钢和辅料的贮运和处理、电炉冶炼、炉渣清运与处理（不包括钢渣加工）、辅助及除尘环保等工艺设施的能源消耗量。

4.6.3.10 电炉冶炼环节（工序）能耗设计指标应符合表 4.6.3.10 规定。

电炉冶炼环节（工序）能耗设计指标 表 4.6.3.10

| 折算系数 | 钢铁料结构 | 废钢预热方式 及电炉类型 | 工序能耗 | |
|-------|-----------------------|-----------------|---------|-----------|
| | | | MJ/t 钢水 | kgce/t 钢水 |
| 电按等价值 | 全废钢法 ^{*1} | 无预热电弧炉 | ≤6100 | ≤208 |
| | | 有预热 Consteel 炉 | ≤5445 | ≤186 |
| | 30%铁水热装 ^{*2} | 无预热电弧炉 | ≤4800 | ≤164 |
| | | 有预热 Consteel 炉 | ≤4330 | ≤148 |

| | | | | |
|-------|-----------------------|----------------|-------|-----|
| 电按当量值 | 全废钢法 ^{*3} | 无预热电弧炉 | ≤2030 | ≤69 |
| | | 有预热 Consteel 炉 | ≤1950 | ≤67 |
| | 30%铁水热装 ^{*4} | 无预热电弧炉 | ≤1600 | ≤55 |
| | | 有预热 Consteel 炉 | ≤1560 | ≤53 |

注：*1 全废钢法炉料组成应为 85%废钢、15%生铁（或炉料配碳不低于 0.6%C），每减少或增加生铁 1%，则能耗指标相应增加或减小 1.2kWh/t=0.4848kgce/t=14.192MJ/t。炉料中若配加直接还原铁（金属化率 93.1~96.3%），每增加 10%直接还原铁，能耗指标相应增加 6.2kWh/t=2.505kgce/t=73.33MJ/t。

*2 在铁水比不大于 50%时，配加铁水量每增加或减小 1%，相应能耗减小或增加 4.66kWh/t=1.88264kgce/t=55.1111MJ/t。炉料中若配加直接还原铁（金属化率 93.1~96.3%），每增加 10%直接还原铁，能耗指标相应增加 6.2kWh/t=2.505kgce/t=73.33MJ/t。

*3 全废钢法炉料组成应为 85%废钢、15%生铁（或炉料配碳不低于 0.6%C），每减少或增加生铁 1%，则能耗指标相应增加或减小 1.2kWh/t=0.1475kgce/t=4.3178MJ/t。炉料中若配加直接还原铁（金属化率 93.1~96.3%），每增加 10%直接还原铁，能耗指标相应增加 6.2kWh/t=0.7620kgce/t=22.3063MJ/t。

*4 在铁水比不大于 50%时，配加铁水量每增加或减小 1%，相应能耗减小或增加 4.66kWh/t=0.5727kgce/t=16.7648MJ/t。炉料中若配加直接还原铁（金属化率 93.1~96.3%），每增加 10%直接还原铁，能耗指标相应增加 6.2kWh/t=0.7620kgce/t=22.3063MJ/t。

4.6.4 炉外精炼

4.6.4.1 新建和改造炼钢车间应配置钢水炉外精炼设施。

4.6.4.2 新建和改造炼钢车间应选择如下炉外精炼设施：

1) 转炉炼钢车间：宜配置 LF 和 RH 装置（VD）或 CAS 法和喂丝设施及以上设施的组合。无低碳产品时宜选用 VD 炉。

2) 电炉炼钢车间：宜配置 LF 和 VD/VOD（RH 装置）和喂丝设施及以上设施的组合。

3) 不锈钢车间：宜配置 AOD 炉（或复吹转炉）或 VOD，当生产超低碳、超低氮不锈钢时宜选用三步法生产不锈钢。

4.6.4.3 LF 应采用管式全水冷钢包盖和铜、钢复合直接导电臂，电极中心圆直径应尽可能地小，二次侧导电短网系统的布置，其长度应尽可能短，三相阻抗不平衡度小于 5%。

4.6.4.4 各种真空精炼炉应配置 4~6 级蒸汽喷射真空泵作为抽真空设备，也可采用水环真空泵作为前置泵与蒸汽喷射真空泵组合成抽真空设备。

4.6.4.5 炉外精炼装置在车间中的平面位置应考虑与炼钢炉、连铸机的匹配关系，采用最佳工艺布置、做到物流顺畅，减少钢水的倒运次数和运输距离，尽可能靠近炼钢炉或连铸机，缩短精炼周期。

4.6.4.6 要求炼钢炉采用无渣或少渣出钢技术（必要时可在炉外精炼前设扒渣站），并能准确控制出钢量，炼钢水的温度与成分应符合炉外精炼的要求。

4.6.4.7 炉外精炼环节（工序）能耗计算范围从钢水进入炉外精炼装置，到钢水吊到连铸大包回转台这一全过程的直接能耗。包括：精炼、电加热及电磁搅拌电耗、辅助及环保等工艺设施的能源消耗量。

4.6.4.8 炉外精炼环节（工序）能耗设计指标应符合表 4.6.4.8 的规定。

炉外精炼环节（工序）能耗设计指标 表 4.6.4.8

| 折算系数 | 精炼方式 | 工序能耗 | |
|-------|--------|---------|-----------|
| | | MJ/t 钢水 | kgce/t 钢水 |
| 电按等价值 | LF | ≤625 | ≤21.30 |
| | VD | ≤386 | ≤13.17 |
| | VOD | ≤613 | ≤20.92 |
| | RH-KTB | ≤528 | ≤18.10 |
| | AOD | ≤1326 | ≤45.2 |
| | CAS-OB | ≤120 | ≤4.1 |
| 电按当量值 | LF | ≤194 | ≤6.6 |
| | VD | ≤310 | ≤10.57 |
| | VOD | ≤428 | ≤14.60 |
| | RH-KTB | ≤438 | ≤14.96 |
| | AOD | ≤459 | ≤15.66 |
| | CAS-OB | ≤37 | ≤1.26 |

4.6.5 连铸

- 4.6.5.1** 新建炼钢企业应采用全连铸工艺，实现连铸坯热送热装，并根据条件预留今后实现直接轧制的可能。
- 4.6.5.2** 现有炼钢厂（或车间）应继续完善优化生产工艺条件，使现有连铸机尽快实现高效化，提高产能，提高铸坯热送温度和热装率。
- 4.6.5.3** 新建连铸车间设计时，宜采用炼钢—连铸—轧钢厂房相连、设备相接的紧凑式工艺流程和平面布置。
- 4.6.5.4** 积极发展近终形连铸技术，采用薄板坯连铸连轧工艺。
- 4.6.5.5** 全连铸车间设计，应根据生产规模、生产钢种、炼钢炉容量和数量以及轧机组成综合考虑，合理配置，实现炉机匹配，充分发挥连铸机能力。
- 4.6.5.6** 连铸机的配套设施必须齐全，特别应进一步完善和提高水处理及设备维修系统的装配水平。
- 4.6.5.7** 炼钢应向连铸机提供优质钢水，浇注前钢水应进行炉外精炼，满足连铸钢水在成分、温度、纯净度方面的要求，为连铸创造稳定的最佳工艺条件。
- 4.6.5.8** 连铸环节（工序）能耗计算范围从钢水送入钢包回转台，到合格坯运出连铸车间，这一生产过程所消耗的各种能源介质作为连铸环节（工序）能耗。
- 4.6.5.9** 连铸环节（工序）能耗设计指标应符合表 4.6.5.9 规定。

连铸环节（工序）能耗设计指标

表 4.6.5.9

| 折算系数 | 连铸机类型 | 工序能耗 | |
|-------|-----------|--------|----------|
| | | MJ/t 坯 | kgce/t 坯 |
| 电按等价值 | 方坯连铸 | ≤322 | ≤11.0 |
| | 板、圆、异型坯连铸 | ≤383 | ≤13.08 |
| 电按当量值 | 方坯连铸 | ≤175 | ≤6.0 |
| | 板、圆、异型坯连铸 | ≤205 | ≤7.0 |

4.6.6 炼钢工序能耗定义

- 4.6.6.1** 炼钢工序能耗计算范围系指从原材料进厂（或车间）开始，到合格连铸坯/锭出厂为止，整个生产过程的直接能源消耗量，并扣除回收利用的能源量。
- 4.6.6.2** 转炉炼钢工序能耗包括铁水预处理、转炉冶炼、炉外精炼、连铸各主要环节（工序）的能耗之和。
- 4.6.6.3** 电炉炼钢工序能耗包括电炉冶炼、炉外精炼、连铸各主要环节（工序）能耗之和。

4.7 金属压力加工

4.7.1 一般规定

4.7.1.1 轧钢车间设计节能原则，大力开发采用节能型机组；加快淘汰并禁止新建叠轧薄板轧机、普钢初轧机及开坯用中型轧机、三辊劳特式中板轧机、复二重式线材轧机、横列式小型轧机、热轧窄带钢轧机（不含特殊钢）、直径 76 毫米以下热轧无缝管机组、中频感应炉等落后工艺技术装备。

4.7.1.2 新建轧钢车间禁止采用国内外淘汰的落后二手钢铁生产设备。

4.7.1.3 热轧车间设计的节能应以节约燃料为重点；冷轧和冷加工车间应以节约电、燃料、保护气体和蒸汽为重点；其它能耗包括水、压缩空气、氧气等不得忽视；应重视节水。

4.7.1.4 应开发和采用节能型的新工艺、新技术，宜采用切分轧制、低温轧制、控制轧制、控制冷却、长尺冷却、长尺矫直、在线热处理、在线检测和计算机过程控制等。

4.7.1.5 应采用新装置和新设备，宜采用短应力线轧机、预应力轧机、高精度飞剪、保温辊道、热卷箱、液体油膜轴承、油-气如润滑滚动轴承等。

4.7.1.6 应推广连铸与轧钢衔接的新工艺，包括直接轧制、热送热装工艺；应推广采用冷轧带钢的酸洗-轧机联合机组、全连续轧制新工艺。

4.7.1.7 应合理配置轧机规格、选用设备电机容量，提高设备传动效率。

4.7.1.8 轧钢加热炉、热处理炉等设计节能，应符合条文 5.1 工业炉的规定。

4.7.1.9 应合理选用大坯重的、近终型的坯料，一火加热轧制成材；冷加工应合理减少轧程，提高成材率。

4.7.1.10 轧钢车间设计产量应达到经济生产规模，应合理确定轧机的年工作时间和轧机负荷率。

4.7.1.11 根据工艺要求与设备能力，制定合理的开轧温度、终轧温度和终冷温度，尽量降低加热温度，减少金属消耗和能源消耗。

4.7.1.12 轧钢工序能耗是指某一轧钢工序生产一吨钢材的直接能耗，并扣除回收的能量。热轧工序能耗包括：预处理或加热、轧制、精整及热处理等工艺设施的直接能耗，扣除回收的能源量。冷轧工序能耗包括：酸洗、轧制、退火、涂镀层处理、平整、精整等工艺设施的直接能耗量。

4.7.2 大、中型轧钢

4.7.2.1 大、中型轧钢应以连铸坯为原料，一火加热轧制成材，并选择合理的连铸坯断面尺寸。生产异型材时宜选用具有足够压缩比的近终型断面的连铸坯，优化轧制工艺流程或操作规程。

4.7.2.2 应积极推广应用连铸坯热送热装工艺，连铸坯热装炉温度应不小于 500℃，热装率应不低于 50%。

4.7.2.3 轧机、矫直机、冷热锯机应采用快速更换装置，减少换辊及更换锯片时间，提高作业率。

4.7.2.4 轧机年工作时间应不低于 6500 小时，多品种轧机应不低于 6000 小时。轧机负荷应不低于 80%。

4.7.2.5 新建大型型钢轧机宜采用在线轧后控制冷却工艺，提高产品的机械性能；钢轨宜采用全长轨头淬火新工艺，积极开发采用钢轨轧后余热淬火工艺；大型 H 型钢宜采用三机架（万能轧机—轧边机—万能轧机）可逆轧制；H 型钢轧机的开坯轧机应采用二辊可逆式轧机。

4.7.2.6 主电机宜采用交流电机。

4.7.2.7 大、中型轧钢车间成材率应不低于 95%。

4.7.2.8 大、中型轧钢工序能耗设计指标应符合表 4.7.2.8 规定。

大、中型轧钢工序能耗设计指标 表 4.7.2.8

| 折算系数 | 车间类型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-----------|------------------|------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按 等价值 | 大型轨梁车间 | 2176 | 74.36 | 1350 | 46.12 | 60 | 709 | 24.24 | 117 | 4.0 |
| | 双频感应加热钢轨 全长淬火 | 2720 | 92.92 | | | 230 | 2720 | 92.92 | | |
| | H 型钢轧机 | 2552 | 87.2 | 1300 | 44.4 | 77 | 911 | 31.1 | 341 | 11.7 |
| | 中型连续式 | 2335 | 79.8 | 1125 | 38.4 | 90 | 1064 | 36.3 | 146 | 5.0 |
| | 中型半连续式 | 2277 | 77.8 | 1125 | 38.4 | 85 | 1005 | 34.3 | 147 | 5.0 |
| 电按 当量值 | 大型轨梁车间 | 1642 | 56.1 | 1350 | 46.1 | 60 | 216 | 7.4 | 76 | 2.6 |
| | 双频感应加热钢轨 全长淬火 | 827 | 28.3 | | | 230 | 827.4 | 28.27 | | |
| | H 型钢轧机 | 1776 | 60.7 | 1300 | 44.4 | 77 | 277 | 9.5 | 199 | 6.8 |

| | | | | | | | | | | |
|--|--------|------|------|------|------|----|-----|------|----|-----|
| | 中型连续式 | 1543 | 52.7 | 1125 | 38.4 | 90 | 324 | 11.1 | 94 | 3.2 |
| | 中型半连续式 | 1525 | 52.0 | 1125 | 38.4 | 85 | 306 | 10.4 | 94 | 3.2 |

注：1.生产大量异型材时，其工序能耗可乘 1.3 系数。

2.燃料消耗是按 500℃的热装温度，50%的热装率考虑的。

3.表中其他项的数据未包括汽化冷却可回收蒸汽 175MJ/t。当车间加热炉采用汽化冷却技术时，应将此值考虑进去。

4.有合金钢产品的车间，根据钢种比例的多少，工序能耗应乘以 1.3~1.6 系数（有合金钢产品和热处理工序车间，修正系数取上限值）；

4.7.3 小型、线材轧钢

4.7.3.1 新建小型、线材轧机应以连铸坯为原料，一火加热轧制成材。应选用热装方案，连铸坯热装温度应不小于 500℃，热装率应不小于 50%。

4.7.3.2 应采用生产事故少、高效的节能型轧机设备。

4.7.3.3 生产小规格钢筋宜采用切分轧制技术；宜推广采用控温轧制技术；按产品用途，应对不同钢种的轧件采用不同的控制冷却工艺。

4.7.3.4 生产普通钢和低合金钢高速线材轧机的终轧速度应 $\geq 90\text{m/s}$ ，盘卷重量应 $\geq 1500\text{kg}$ 。

4.7.3.5 新建和改造小型轧钢车间应采用连续或半连续轧机，应选择适当轧机主电机容量，使等效负荷不小于主电机额定负荷的 75%。

4.7.3.6 小型轧钢车间应采用连续工作制度，车间年工作时间宜为 6200~6500 小时。以合金钢为主的小型轧钢车间取下限；以普通质量非合金钢和普通质量低合金钢为主要钢种的小型轧钢车间取上限；型材车间取下限；钢筋、棒材车间取上限。轧机负荷率应不小于 85%。

4.7.3.7 小型轧钢成材率应 $\geq 95\%$ 。以合金钢或型材为主的小型轧钢车间成材率可适当调整，应 $\geq 93.5\%$ 。

4.7.3.8 高速线材轧机年工作时间应不低于 6500 小时，轧机负荷率应不小于 80%

4.7.3.9 高速线材轧机成材率应不低于 96%。

4.7.3.10 小型、线材轧钢工序能耗设计指标应符合表 4.7.3.10 规定。

小型、线材 轧钢工序能耗设计指标

表 4.7.3.10

| 折算系数 | 车间类型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-------|--------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 小型连续式 | 2596 | 88.69 | 1140 | 38.95 | 110 | 1301 | 44.44 | 155 | 5.30 |
| | 小型半连续式 | 2359 | 80.61 | 1140 | 38.95 | 90 | 1064 | 36.36 | 155 | 5.30 |
| | 高速线材 | 2750 | 93.9 | 1125 | 38.4 | 125 | 1478 | 50.5 | 147 | 5.0 |
| 电按当量值 | 小型连续式 | 1638 | 55.96 | 1140 | 38.95 | 110 | 396 | 13.52 | 102 | 3.48 |
| | 小型半连续式 | 1566 | 53.50 | 1140 | 38.95 | 90 | 324 | 11.06 | 102 | 3.48 |
| | 高速线材 | 1672 | 57.1 | 1125 | 38.4 | 125 | 450 | 15.4 | 97 | 3.3 |

注：1. 小型轧钢车间有合金钢产品的，应根据钢种比例的多少，工序能耗应乘以 1.3~1.6

系数（有高合金钢产品和热处理工序车间，修正系数取上限值）；

2.高速线材工序能耗指标适用于半连续和连续式轧机车间，车间工序能耗指标均以原料为 150mm×150mm 方坯碳素结构钢制定；

3.燃料消耗是按 500℃的热装温度，50%的热装率考虑的；

4.表中其他项的数据未包括汽化冷却可回收蒸汽 175MJ/t。当车间加热炉采取汽化冷却技术时，应将此值考虑进去。

5.高速线材工序能耗依下列情况乘以系数：

(1)车间原料小于 150mm×150mm 方坯，乘 0.95~0.85；

大于 150mm×150mm 方坯，乘 1.05~1.2；

(2)生产硬线，乘 1.3；

(3)合金钢，乘 1.5~2.0，一般合金钢取下限，高合金钢取上限。

4.7.4 热轧板带轧钢

4.7.4.1 除中厚板特殊品种、特殊规格的钢板必须采用钢锭外，其余热连轧带钢和中厚板产品应采用连铸坯为原料。

4.7.4.2 连铸车间宜靠近轧钢车间紧凑布置，为热送热装板坯创造条件。当采用热送热装工艺时，应在板坯的运输、堆垛过程中，采取相应的保温措施。

4.7.4.3 轧机年工作时间应不低于 6500 小时。

4.7.4.4 提高热装率和热装温度。热连轧带钢热装温度宜 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ ，热装率应 $\geq 60\%$ 。对生产较大比例不锈钢、高级冷轧板、高级管线钢等产品轧机，可适当

降低热装比例。

4.7.4.5 薄规格带钢轧机宜采用润滑轧制。

4.7.4.6 应制定合理的压下规程，合理选择中间带坯厚度，合理选择轧机主电机容量。宜采用交流调速。

4.7.4.7 中间带坯应采用保温罩或热卷箱保温；带钢冷却应采用节能型层流冷却装置。

4.7.4.8 热轧带钢应采用 AWC、AGC、板形控制、切头最佳化控制等新技术，提高轧制成材率。常规热连轧工艺生产碳钢成材率应不小于 98%，炉卷轧机工艺生产碳钢成材率应不小于 95%。

4.7.4.9 中厚板轧钢宜采用厚度、宽度、平面形状和板形控制技术以及计算机在线控制，提高成材率。坯料为连铸坯，成材率应不小于 91%；坯料为钢锭，宜去除冒口后轧制，且成材率应不小于 80%。

4.7.4.10 应积极采用控制轧制、控制冷却技术代替部分热处理，控制轧制、控制冷却的产量应>30%。有条件时，应积极开发和推广在线热处理技术。

4.7.4.11 连铸连轧工艺，钢包回转台上应设置钢包加盖装置，减少钢水温降，保证浇铸温度稳定。

4.7.4.12 连铸连轧工艺，在保证充分冷却以使钢坯不致拉漏的前提下，应合理控制钢流速度和冷却制度，用液心凝固潜热加热表面的技术，保留更多的冶金潜热和凝固潜热，保证足够高的轧制温度。

4.7.4.13 连铸连轧工艺，应采用连续工作制，车间年工作时间应≥7200 小时。

4.7.4.14 连铸连轧工艺，应采用两级计算机控制，根据钢种性能要求在线计算轧制规程。车间宜采用 AWC、AGC、板形控制、铁素体轧制、半无头轧制等新技术、新工艺，提高轧制成材率。薄板坯连铸连轧车间的成材率应不小于 96%。

4.7.4.15 热轧带钢轧钢工序能耗设计指标应符合表 4.7.4.15 规定。

热轧带钢轧钢工序能耗设计指标 表 4.7.4.15

| 折算系数 | 车间类车型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-------|-------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 热轧带钢 | 2196 | 75.0 | 1200 | 41.0 | 80 | 946 | 32.3 | 50 | 1.7 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|-------|----|------|-------|------|------|
| | 中厚板 | 2356 | 80.5 | 1365 | 46.6 | 70 | 828 | 28.3 | 163 | 5.6 |
| | 连铸连轧 | 2008 | 68.6 | 854 | 29.18 | 90 | 1064 | 36.36 | 90 | 307 |
| 电按当量值 | 热轧带钢 | 1368 | 46.7 | 1200 | 41.0 | 80 | 288 | 9.8 | -119 | -4.1 |
| | 中厚板 | 1545 | 52.7 | 1365 | 46.6 | 70 | 252 | 8.6 | -72 | -2.5 |
| | 连铸连轧 | 1238 | 42.3 | 854 | 29.18 | 90 | 324 | 11.06 | 60 | 2.05 |

注：1. 代表产品的钢种为碳素结构钢、优质碳素钢和低合金钢；

2. 热轧带钢燃料消耗量按热装温度为 500℃，热装率 60%；中厚板燃料消耗量按热装温度为 400℃，热装率 30%；

3. 热轧带钢工序能耗依下列情况调整：

(1) 表列为常规热连轧工艺能耗指标，炉卷轧机工艺应乘以 1.1 系数；

(2) 根据合金钢（含取向硅钢和不锈钢）比例，应乘以 1.3~1.5 钢种系数；

(3) 在电力消耗中，产品经过一条精整机组加工的吨钢消耗增加 118MJ（当电折算系数为 0.1229 时为 36MJ）；

(3) 根据产品品种规格的不同，应乘以 0.9~1.3 的产品系数。

4. 中厚板工序能耗依下列情况调整：

(1) 根据合金钢比例，应乘以 1.1~1.3 的钢种系数；

(2) 钢锭为原料，燃料消耗系数为 1.5；

(3) 控轧控冷比例大于 30%，电耗系数为 1.1-1.2。

5. 连铸连轧能耗指标包括连铸指标。电力消耗中，产品经过一条精整机组加工的吨钢消耗增加 118MJ/t（当电的折算系数为 0.1229 时为 36MJ/t）。

4.7.4.16 中厚钢板轧钢应根据产品要求确定热处理工艺，热处理机组的年有效工作时间应不小于 7000 小时。热处理工序能耗设计指标应符合表 4.7.4.16 规定。

热处理工序能耗设计指标

表 4.7.4.16

| 折算系数 | 处理类型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-------|-------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | MJ/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 正火、淬火 | 2317 | 79.17 | 1190 | 40.67 | 50 | 591 | 20.20 | 536 | 18.30 |
| | 回火 | 1997 | 68.23 | 870 | 29.73 | 50 | 591 | 20.20 | 536 | 18.30 |
| | 淬火+回火 | 3852 | 131.62 | 2060 | 70.40 | 70 | 828 | 28.28 | 964 | 32.94 |
| 电按当量值 | 正火、淬火 | 1533 | 52.38 | 1190 | 40.67 | 50 | 180 | 6.15 | 163 | 5.57 |
| | 回火 | 1213 | 41.45 | 870 | 29.73 | 50 | 180 | 6.15 | 163 | 5.57 |
| | 淬火+回火 | 2605 | 89.03 | 2060 | 70.40 | 70 | 252 | 8.60 | 293 | 10.02 |

4.7.5 冷轧板带轧钢

4.7.5.1 根据车间产品大纲，应选取合理的热轧带钢尺寸，制定合理的降低能耗的压下制度。轧机年有效工作时间应 ≥ 6500 小时。

4.7.5.2 应尽可能选用最大的原料钢卷，单位宽度重量应不小于 15kg/mm 。用常规热连轧机的原料，若卷重较小时，应在酸洗线上采取并卷措施。

4.7.5.3 新建冷轧宽带钢车间应采用酸洗—轧机联合机组或全连续轧制新工艺，减少轧机的空转率，提高车间有效年工作时间及轧机的负荷率。新建轧机负荷率应不小于 80%。

4.7.5.4 新建冷轧宽带钢车间主、辅机组，都应有厚度、张力、速度、板形等基础自动化和计算机过程控制。连续处理机组，在满足产品大纲要求的前提下，应合理选择工艺段的参数，特别应优化机组的最大处理能力、最大速度、活套储量的选择。

4.7.5.5 按照冷轧产品的用途，冷轧宽带钢可采用连续退火新工艺，也可采用全氢罩式炉生产工艺。连退生产机组宜考虑余热利用措施。

4.7.5.6 新建冷轧窄带钢轧机，轧制普通钢宜采用 3~5 机架四辊冷连轧机组；轧制优质碳素钢和合金钢宜采用单机架四辊或多辊可逆冷轧机组。钢卷单重应根据具体情况尽可能提高，宜不小于 6kg/mm 。

4.7.5.7 新建冷轧窄带钢车间应采用连续式或推式盐酸酸洗机组；普碳钢宜采用单独罩式退火炉，燃料宜选用煤气，优质碳素钢和低合金钢宜采用连续光亮退火炉，合金钢宜采用电加热退火炉。

4.7.5.8 新建冷轧窄带钢车间应推广六辊轧机、XGK 型轧机、异步轧机等冷轧机，提高产品精度，提高成材率。不得新建单机不可逆冷轧机组。原有的单机不可逆冷轧机组，视具体情况应予以改造。

4.7.5.9 新建冷轧不锈钢车间宜采用高速可逆多辊轧机或连轧机。宜采用大卷重，单位宽度最大卷重应不小于 18kg/mm 。冷轧不锈钢成材率应不小于 88%。

4.7.5.10 冷轧电工钢新应推广工艺新设备，应采用冶炼高纯度钢质、连铸电磁搅拌技术，采用板坯低温加热工艺、电磁感应加热炉、HiB 钢冷轧采用高温时效轧制，提高退火机组速度，增加原料钢卷重量，无取向电工钢应采用一次冷

轧工艺，采用新式高温退火炉，激光刻痕等技术。

4.7.5.11 冷轧电工钢原料宜采用连铸坯，宜提高连铸坯比和真空处理比；。提高冶炼命中率、综合成材率和原牌号合格率；冷轧无取向电工钢成材率应不小于 85%，冷轧取向电工钢成材率应不小于 75%，原牌号合格率应不小于 95%。

4.7.5.12 冷轧电工钢宜采用高速可逆多辊轧机或连轧机，冷轧无取向中、低牌号电工钢宜在连轧机上轧制。应采用大卷重，单位宽度卷重不小于 18kg/mm。

4.7.5.13 冷轧电工钢宜采用高温隧道退火炉或高温环形退火炉。

4.7.5.14 冷轧机组和其他处理机组，应合理选择主传动电机容量，在满足产品大纲要求的前提下，慎重考虑产量超过设计指标情况下所要求的电机富裕能力，避免电机容量的浪费和增加电耗。

4.7.5.15 根据生产工艺的不同，冷轧产品工序能耗设计指标应符合表 4.7.5.15 的规定。

冷轧产品工序能耗设计指标

表 4.7.5.15

| 折算系数 | 产品类型 | 工序能耗 | | 其中：分项指标 | | | | | | |
|-----------|----------|-------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按 等价值 | 连退冷轧宽带 | 3447 | 118 | 1100 | 37.6 | 120 | 1419 | 48.5 | 928 | 31.7 |
| | 罩式炉冷轧宽带 | 3004 | 103 | 1050 | 35.9 | 120 | 1419 | 48.5 | 535 | 18.3 |
| | 可逆轧机冷轧宽带 | 3151 | 108 | 1050 | 35.9 | 130 | 1537 | 52.5 | 563 | 19.2 |
| | 冷轧窄带钢 | 3857 | 132 | 1300 | 44.4 | 140 | 1656 | 56.56 | 901 | 30.8 |
| | 奥氏体冷轧不锈钢 | 12075 | 413 | 2800 | 95.66 | 600 | 7095 | 242.4 | 2180 | 74.48 |
| | 铁素体冷轧不锈钢 | 12412 | 424 | 2800 | 95.66 | 600 | 7095 | 242.4 | 2517 | 85.99 |
| | 无取向电工钢 | 9020 | 308 | 3000 | 102.5 | 250 | 2956 | 101 | 3064 | 104.5 |
| | 取向电工钢 | 24826 | 848 | 9000 | 307.5 | 600 | 7095 | 242 | 8731 | 298.1 |
| 电按 当量值 | 连退冷轧宽带 | 2460 | 84 | 1100 | 37.6 | 120 | 432 | 14.7 | 928 | 31.7 |
| | 罩式炉冷轧宽带 | 2017 | 69 | 1050 | 35.9 | 120 | 432 | 14.7 | 535 | 18.3 |
| | 可逆轧机冷轧宽带 | 2081 | 71 | 1050 | 35.9 | 130 | 468 | 16.0 | 563 | 19.2 |
| | 冷轧窄带钢 | 2705 | 92 | 1300 | 44.4 | 140 | 504 | 17.206 | 901 | 30.8 |
| | 奥氏体冷轧不锈钢 | 6874 | 235 | 2800 | 95.66 | 600 | 2158 | 73.74 | 1916 | 65.45 |

| | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|------|-------|
| | 铁素体冷轧不锈钢 | 6946 | 237 | 2800 | 95.66 | 600 | 2158 | 73.74 | 1988 | 67.90 |
| | 无取向电工钢 | 6376 | 218 | 3000 | 102.5 | 250 | 899 | 30.7 | 2477 | 84.6 |
| | 取向电工钢 | 16736 | 572 | 9000 | 307.5 | 600 | 2158 | 73.7 | 5578 | 190.6 |

注：1. “连退”产品指采用酸洗-轧机联合机组和连续退火机组生产的产品。

2. “罩式炉”产品指采用酸洗-轧机联合机组和罩式炉、平整机生产的产品。

3. “可逆轧机”产品指采用可逆轧机和罩式炉、平整机生产的产品。

4. 冷轧不锈钢采用黑卷原料，且消耗中不含光亮产品。

5. 工序能耗按下列情况调整：

(1) 成品规格较厚时，乘以 1.0~0.85（较厚成品取下限）

(2) 成品规格较薄时，乘以 1.0~1.5（较薄成品取上限）

(3) 高强度化学成分的差异较大、合金钢合金比的差异较大，可根据具体情况选定。

4.7.6 涂、镀层

4.7.6.1 根据产品大纲及产品用途，涂镀层产品应采用酸洗-轧机联合机组生产。

现有的常规连轧机视情况宜改造为酸洗—轧机联合机组或全连续轧制新工艺。

4.7.6.2 热镀锌机组应尽量采用立式炉工艺，电镀锌和电镀锡产品应采用连续退火生产工艺。从产品质量控制及成材率考虑，新建车间不应单独建设涂镀层机组。

4.7.6.3 新建车间主、辅机组，都应有张力、速度、活套位置、工艺模型等基础自动化和计算机过程控制。

4.7.6.4 各涂镀层连续处理机组，应合理选择主传动电机容量，在满足产品大纲要求的前提下，慎重考虑电机富裕能力，避免电机容量的浪费和增加电耗。

4.7.6.5 各涂镀层连续处理机组，在满足产品大纲要求的前提下，应合理选择各工艺段的参数。应优化机组的最大处理能力、最大速度、活套储量的选择。

4.7.6.6 根据生产工艺的不同，涂镀层产品能耗设计指标应符合表 4.7.6.6 的规定。

涂镀层产品能耗设计指标

表 4.7.6.6

| 折算系数 | 产品类型 | 工序能耗 | | 其中：分项指标 | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其他 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|-----|------|------|-----|------|-------|------|------|
| 电按 等价值 | 热镀锌产品 | 4512 | 154 | 1.2 | 41.0 | 200 | 2365 | 80.8 | 947 | 32.3 |
| | 电镀锌产品 | 7843 | 268 | 1250 | 42.7 | 400 | 4731 | 161.6 | 1862 | 63.6 |
| | 彩涂产品 | 6280 | 215 | 2000 | 68.3 | 250 | 2957 | 101.0 | 1324 | 45.2 |
| | 电镀锡产品 | 7000 | 239 | 1250 | 42.7 | 340 | 4021 | 137.4 | 1729 | 59.1 |
| 电按 当量值 e | 热镀锌产品 | 2866 | 98 | 1.2 | 41.0 | 200 | 720 | 24.6 | 947 | 32.3 |
| | 电镀锌产品 | 4551 | 155 | 1250 | 42.7 | 400 | 1439 | 49.2 | 1862 | 63.6 |
| | 彩涂产品 | 4223 | 144 | 2000 | 68.3 | 250 | 899 | 30.7 | 1324 | 45.2 |
| | 电镀锡产品 | 4202 | 144 | 1250 | 42.7 | 340 | 1223 | 41.8 | 1729 | 59.1 |

注：1. “热镀锌”产品指采用酸洗-轧机联合机组和连续热镀锌机组生产的产品；

2. “电镀锌”产品指采用酸洗-轧机联合机组和连续退火机组、连续电镀锌机组生产的产品；

3. “彩涂”产品指采用采用酸洗-轧机联合机组和连续热镀锌机组、彩涂机组生产的产品；

4. “电镀锡”产品指采用酸洗-轧机联合机组和连续退火机组、连续电镀锡机组生产的产品。

5. 工序能耗按下列情况乘以系数：

(1) 成品规格较厚时，乘以 1.0~0.85（较厚成品取下限）

(2) 成品规格较薄时，乘以 1.0~1.5（较薄成品取上限）

(3) 高强钢，由于其化学成份的差异较大，可根据具体情况选定。

4.7.7 焊管

4.7.7.1 高频直缝焊管和螺旋焊管宜采用卷重大的长带钢做原料，其设计的金属消耗应符合现行国家标准《焊管工艺设计规范》GB50468 的规定。直缝埋弧焊管机组宜采用单张定尺钢板作原料。高频直缝焊管的成材率应不小于 96%，螺旋焊管的成材率应不小于 94%，直缝埋弧焊管的成材率应不小于 95%。

4.7.7.2 应提高车间机械化、自动化水平。各套焊管机组生产的品种规格、应合理分工，实行专业化。

4.7.7.3 应采用先进的工艺和新设备。直缝焊管机组应采用先进的成型工艺、高频发生装置、焊接参数自动控制、焊缝在线热处理、焊缝在线无损探伤等；螺旋焊管机组应采用自动调节式成型、多线埋弧焊等。

4.7.7.4 焊管机组年工作时间和机组负荷率应符合现行国家标准《焊管工艺设计

规范》GB50468 的规定的规定。

4.7.7.5 焊管工序能耗设计指标应符合表 4.7.7.5 规定。

焊管工序能耗设计指标 表 4.7.7.5

| 折算系数 | 产品类型 | 工序能耗 | | 其中：其它 | | | | |
|--------------------------|--------|------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 1kWh=0.404kgce | 高频直缝焊管 | 1205 | 41 | 85 | 1005 | 34.3 | 200 | 6.8 |
| | 螺旋埋弧焊管 | 923 | 32 | 40 | 473 | 16.2 | 450 | 15.4 |
| | 直缝埋弧焊管 | 1494 | 51 | 90 | 1064 | 36.4 | 430 | 14.7 |
| 电按当量值 1kWh=0.1229kgce | 高频直缝焊管 | 373 | 13 | 85 | 306 | 10.4 | 67 | 2.3 |
| | 螺旋埋弧焊管 | 295 | 10 | 40 | 144 | 4.9 | 151 | 5.2 |
| | 直缝埋弧焊管 | 754 | 26 | 90 | 324 | 11.1 | 430 | 14.7 |

注：1.表中高频直缝焊管车间的能耗是采用高频感应焊生产一般焊管且不经焊缝热处理的工
序能耗。依不同情况应乘以调整系数。

规格系数：1.0~1.3（小规模产品取上限）；

品种系数：1.0~1.5（生产难度大的专用管取上限）；

焊缝热处理系数：1.1~1.3；

焊接方式系数：0.8~1.0（高频接触焊取下限）。

2.螺旋埋弧焊管工序能耗调整系数如下：

规格系数：1.0~1.3（小直径管取上限，厚壁管取上限）；

品种系数：1.0~1.3（合金钢取上限）。

3.直缝埋弧焊管工序能耗调整系数如下：

规格系数：1.0~1.3（厚壁管取上限）；

品种系数：1.0~1.3（合金钢取上限）。

4.7.8 无缝钢管

4.7.8.1 热轧无缝钢管生产应优先选用连铸圆管坯作原料。当生产特殊钢种或采用特殊生产工艺时，可采用其他供坯方式。

4.7.8.2 应根据产品方案、原料供应及综合建厂条件合理选择热轧无缝钢管机组的类型和规格。

- 4.7.8.3** 应积极倡导、开发和应用连铸坯热装热送工艺；连续轧管机组宜采用在线热处理工艺。
- 4.7.8.4** 应采用连续工作制度，年有效工作时间不低于 5000 小时，主要机组负荷率应 $\geq 75\%$ 。
- 4.7.8.5** 应根据产品大纲合理选择热处理炉的炉型；应选用高效的钢管淬火装置和冷却用水量；热处理炉设计应符合条文 5.1 工业炉的规定。
- 4.7.8.6** 管加工线应采用高效节能的铣头倒棱机、车丝机和水压试验机等加工设备。
- 4.7.8.7** 冷轧冷拔无缝管原料宜选用热轧无缝钢管机组生产的合格管料。管料规格应接近冷轧、冷拔成品钢管尺寸。
- 4.7.8.8** 生产以碳素钢、低合金钢和合金钢钢管为主时，应选择冷拔管机组；生产以高合金和不锈钢管、薄管壁、精密和高性能钢管为主时，应选择冷轧和冷拔联合机组。
- 4.7.8.9** 热挤压主要用于生产特殊钢种的钢管，根据钢种的不同，原料可采用锻坯、轧坯和铸坯。
- 4.7.8.10** 应根据产品方案、原料供应及综合建厂条件合理选择挤压机组的类型和规格。应根据不同的钢种设定相应的挤压温度，挤压温度宜为 900~1250℃。挤压奥氏体不锈钢管时，应采用余热固溶热处理工艺。
- 4.7.8.11** 无缝钢管工序能耗设计指标应符合表 4.7.8.11 规定。

无缝钢管工序能耗设计指标

表 4.7.8.11

| 折算系数 | 轧机类型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-------|------------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 热连轧管机组 | 3292 | 112 | 1750 | 59.8 | 115 | 1360 | 46.5 | 182 | 6.2 |
| | 三辊斜轧管机组 | 3290 | 112 | 1650 | 56.4 | 120 | 1419 | 48.5 | 221 | 7.6 |
| | 带导盘二辊斜轧管机组 | 3172 | 108 | 1650 | 56.4 | 110 | 1301 | 44.4 | 221 | 7.6 |
| | 热处理/管加工 | 2807 | 96 | 1790 | 61.1 | 82 | 970 | 33.1 | 47 | 1.6 |
| | 冷轧冷拔无缝钢管 | 4688 | 160 | 2000 | 68.3 | 120 | 1419 | 48.5 | 1269 | 43.3 |
| | 热挤压钢管 | 7046 | 240 | 3000 | 102 | 300 | 3548 | 121 | 498 | 17 |
| 电按当量值 | 连轧管机组 | 2232 | 76 | 1750 | 59.8 | 115 | 414 | 14.1 | 68 | 2.3 |
| | 三辊斜轧管机组 | 2164 | 74 | 1650 | 56.4 | 120 | 432 | 14.7 | 82 | 2.8 |
| | 带导盘二辊斜轧管机组 | 2128 | 73 | 1650 | 56.4 | 110 | 396 | 13.5 | 82 | 2.8 |

| | | | | | | | | | | |
|--|----------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|
| | 热处理/管加工 | 2102 | 72 | 1790 | 61.1 | 82 | 295 | 10.1 | 17 | 0.6 |
| | 冷轧冷拔无缝钢管 | 2876 | 98 | 2000 | 68.3 | 120 | 432 | 14.7 | 444 | 15.2 |
| | 热挤压钢管 | 4400 | 150 | 3000 | 102 | 300 | 1078 | 37 | 328 | 11 |

注：1 热轧无缝钢管工序能耗计算范围从坯料加热、穿孔、轧管、定径到切成定尺（含倍尺管）成品钢管。

2. 热轧无缝钢管工序能耗依下列情况应乘以调整系数。

钢种系数：1.1~2.0；在线热处理系数：1.1；含精整线时系数：1.1。

3. 热处理/管加工是按照热处理线、油套管加工线、管加工线、接箍管加工线各一条设计的。

4. 热处理车间的燃料消耗是按步进热处理炉，热处理制度为淬火+回火、正火+回火、正火综合考虑的；热处理的主要品种为：油井管、管线管、液压支架管等。

5. 热处理/管加工能耗依下列情况应乘以调整系数

油井管加工：高强度油井管为 1.3；光管(管线管、锅炉管、液化支架管、结构用管等)为 0.9。

6. 油井管管端加厚是按感应加热考虑的。外径大于 177.8mm 钢管，乘以 1.1~1.5。

7. 挤压钢管的工序能耗是从坯料加热、轧扩/穿孔到挤压钢管。

8. 挤压钢管工序能耗依下列情况应乘以调整系数：

规格品种系数(钢锭).1~1.3、高合金系数 1.2~1.5、热处理系数 1.2、含精整线 1.3

4.7.9 锻钢

4.7.9.1 冶金锻钢车间主要生产单件、小批量、特殊钢锻材、工模具钢模块、挤压管坯、高合金钢坯、阶梯轴、饼环及异型锻件。

4.7.9.2 根据锻造产品要求，金属原材料可采用电炉钢锭、电渣锭或真空自耗锭。

4.7.9.3 应根据产品方案、原料供应条件合理选择锻压机组。应优先选择快锻机组和精锻机组。逐步淘汰自由锻锤或自由锻造水压机。

4.7.9.4 锻造车间设计节能应以节约燃料和电力为重点。

4.7.9.5 锻造加热炉应采用先进节能的燃烧系统。加热炉设计的节能措施应符合条文 5.1 工业炉的规定。

4.7.9.6 应提高钢锭的热送温度和热送率。

4.7.9.7 应提高锻造产品锻后退火的热装炉率。

4.7.9.8 锻造工序能耗计算范围，包括原料准备、加热、锻造、退火、精整（剥皮或抛丸、点磨）及粗加工过程的能耗，包括原料加热能耗，锻造动力能耗，辅助于加热和锻造的各种机电设备能耗，服务于锻造车间的各种能源介质消耗。不包括锻造产品二次热处理、精加工等延伸加工的能源消耗。

4.7.9.9 锻造工序能耗设计指标应符合表 4.7.9.9 规定。

锻造工序能耗设计指标 表 4.7.9.9

| 折算系数 | 机组分类 | 能耗等级 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|-------|------|------|-------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其他 | |
| | | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 快锻 | 先进 | 17252 | 590 | 11700 | 400 | 420 | 4967 | 170 | 585 | 20 |
| | | 平均 | 23300 | 796 | 17000 | 580 | 470 | 5558 | 190 | 750 | 26 |
| | 精锻 | 先进 | 12880 | 440 | 8800 | 300 | 300 | 3542 | 121 | 585 | 20 |
| | | 平均 | 18735 | 640 | 13750 | 470 | 350 | 4127 | 141 | 878 | 30 |
| | 电液锤 | 先进 | 11700 | 400 | 9960 | 330 | 145 | 1720 | 59 | 293 | 10 |
| | | 平均 | 16100 | 550 | 13460 | 460 | 190 | 2250 | 77 | 351 | 13 |
| 电按当量值 | 快锻 | 先进 | 13450 | 460 | 11700 | 400 | 420 | 1522 | 52 | 234 | 8 |
| | | 平均 | 18960 | 648 | 17000 | 580 | 470 | 1698 | 58 | 293 | 10 |
| | 精锻 | 先进 | 10170 | 347 | 8800 | 300 | 300 | 1080 | 37 | 293 | 10 |
| | | 平均 | 15360 | 526 | 13750 | 470 | 350 | 1260 | 43 | 351 | 13 |
| | 电液锤 | 先进 | 10570 | 360 | 9960 | 330 | 145 | 522 | 18 | 88 | 3 |
| | | 平均 | 14290 | 488 | 13460 | 460 | 190 | 684 | 23 | 146 | 5 |

注：1. 表中数据是原料加热、锻造、退火、精整及粗加工的工序能耗；不包括调质热处理及精加工能耗。上述能耗未考虑加热炉汽化冷却回收蒸汽 176MJ/t。

2. 上述能耗是按照合金比 75%、高合金比 10%测算；合金比及高合金比增加，燃料消耗应乘以 1.2~1.5 调整系数。

3. 采用调质热处理工艺，按照 1.2GJ/t 增加燃料消耗。

4.7.10 金属制品

4.7.10.1 新建和技术改造项目，应合理确定产品大纲，达到一定的经济规模。

4.7.10.2 金属制品生产的钢丝绳、预应力钢丝和钢绞线、钢帘线和 CO₂ 气保焊丝等可批量生产的产品，宜建设专业化的工厂或车间。

4.7.10.3 宜采用机械除鳞→酸洗→拉拔，热处理→酸洗→涂层，热处理→酸洗→镀层等多工序组合式连续生产线。

4.7.10.4 应选用控轧控冷、金相组织及线径符合生产过程要求的大盘重线材为原料，采用大盘重周转生产方式，减少热处理次数和实现连续化生产。

4.7.10.5 应根据进线钢丝直径、强度、拉拔工艺和速度要求，合理选用拉拔设

备，优先选用变频调速拉拔设备。逐步淘汰不可调速拉拔设备。

4.7.10.6 应采用双捻机、轴承式管式捻股机、跳绳式捻股机（或成绳机）等类型设备。除生产粗钢丝绳和特殊钢绳外，不得采用筐篮式捻股机，逐步缩小筐篮式成绳机的应用范围，严格限制采用工字轮直径 500mm 以下的筐篮式成绳机。

4.7.10.7 各种设备能力应匹配平衡，辅机应保证主机的能力得到充分发挥，主要设备平均负荷率应不小于 70%。

4.7.10.8 钢丝展开式加热的热处理炉，应优先采用以可燃气体为燃料的、炉内气氛可控的明火加热炉，钢丝直接导电加热炉，以及流动粒子炉等高热效率加热炉。

4.7.10.9 钢丝成盘加热的热处理炉，宜采用气氛可控的周期炉或连续炉。

4.7.10.10 热处理炉废气，除用于自身预热外，应考虑余热的回收利用。

4.7.10.11 钢丝热镀锌宜选用内加热或上加热式的耐火材料锌锅，排出的废气可用于镀前的钢丝烘干。

4.7.10.12 拉丝机冷却水或其它生产设备的冷却水，经冷却和过滤后应循环使用。各类金属制品厂生产用水的循环率应不小于 85%。

4.7.10.13 热处理→酸洗→涂层，热处理→酸洗→镀层等连续生产线，应尽量减少酸和含铜、锌等重金属离子溶液的带出量，宜采用减少水耗量的逆流漂洗方法。

4.7.10.14 金属制品生产过程中的酸、碱、涂镀、淬回火槽等应采取有效的覆盖或屏蔽措施。

4.7.10.15 金属制品能耗指标为“吨产品综合能耗”，其能耗计算范围，应包括从原料进厂、机械除鳞、酸洗、金属拉拔、捻股成绳、热处理、镀层、产品包装出厂全过程的能耗，以及为生产配套的辅助设施的能耗，扣除可回收利用的能源后实际消耗的各种能源折合标准煤量。金属制品综合能耗设计指标应符合表 4.7.10.15 规定。

金属制品综合能耗指标 表 4.7.10.15

| 折标 系数 | 产品类型 | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | | | |
|----------|----------|------|--------|---------|--------|-------|------|--------|------|--------|
| | | | | 燃料 | | 电力 | | | 其它 | |
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按 | 低松弛预应力钢丝 | 7107 | 242.8 | - | - | 510 | 6030 | 206 | 1077 | 36.8 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 等价值 | 钢绞线 | | | | | | | | | |
| | 轮胎钢丝帘线 | 43790 | 1496 | 4180 | 142.8 | 3000 | 35477 | 1212 | 4133 | 141.2 |
| | 胎圈钢丝 | 10061 | 343.7 | 1671 | 57.1 | 600 | 7095 | 242.4 | 1294 | 44.2 |
| | 钢丝绳 | 9993 | 341.4 | 1671 | 57.1 | 600 | 7095 | 242.4 | 1226 | 41.9 |
| | 弹簧钢丝 | 6437 | 219.9 | 1671 | 57.1 | 350 | 4139 | 141.4 | 626 | 21.4 |
| | (热)镀锌钢丝、钢绞线 | 7558 | 258.2 | 2090 | 71.4 | 400 | 4730 | 161.6 | 738 | 25.2 |
| | CO ₂ 气保焊丝 | 7965 | 272.1 | - | - | 550 | 6504 | 222.2 | 1461 | 49.9 |
| | 不锈钢丝 | 6214 | 212.3 | 1671 | 57.1 | 350 | 4139 | 141.4 | 404 | 13.8 |
| 电按 当量值 | 低松弛预应力钢丝 钢绞线 | 2690 | 91.9 | - | - | 510 | 1835 | 62.7 | 855 | 29.2 |
| | 轮胎钢丝帘线 | 18353 | 627 | 4180 | 142.8 | 3000 | 10792 | 368.7 | 3381 | 115.5 |
| | 胎圈钢丝 | 1619 | 157.8 | 1671 | 57.1 | 600 | 2158 | 73.7 | 790 | 27.0 |
| | 钢丝绳 | 4891 | 167.1 | 1671 | 57.1 | 600 | 2158 | 73.7 | 10625 | 36.3 |
| | 弹簧钢丝 | 3416 | 116.7 | 1671 | 57.1 | 350 | 1259 | 43.0 | 486 | 16.6 |
| | (热)镀锌钢丝、钢绞线 | 4124 | 140.9 | 2090 | 71.4 | 400 | 1440 | 49.2 | 594.2 | 20.3 |
| | CO ₂ 气保焊丝 | 3185 | 108.8 | - | - | 550 | 1979 | 67.6 | 1206 | 41.2 |
| | 不锈钢丝 | 3062 | 104.6 | 1671 | 57.1 | 350 | 1259 | 43.0 | 1312 | 4.5 |

5 钢铁企业辅助设施设计节能技术

5.1 工业炉窑

5.1.1 工艺及设备

5.1.1.1 工业炉在满足工艺要求、保证产品质量的前提下，应坚持以节能为中心的原则进行设计，以实用节能技术为主，大力推广新的节能技术。

5.1.1.2 工业炉设计应提高炉体严密性并能有效控制炉膛压力，防止炉内高温气体的外溢和炉外冷空气的吸入。

5.1.1.3 应尽量减少或避免采用炉内水冷构件，需要采用水冷构件的地方，应尽量减少暴露于高温的冷却面积，炉内水冷构件表面应采取隔热措施。

5.1.1.4 工艺和布置上要求热装的工业炉，在炉型结构与供热配置上应充分考虑热装率和热装温度。在热装率和燃烧温度较高的情况下，优先采用蓄热式燃烧系统（高温取向硅钢加热炉除外）。

5.1.1.5 应根据炉型特点、加热工艺及环保要求，选择合适的燃烧设备，保持合理的燃烧工况。

5.1.2 燃料

5.1.2.1 工业炉的燃料选择应充分利用钢铁厂副产煤气，按副产煤气的结构配置；没有副产煤气或副产煤气供应不足时可选用其它燃料，但不能选用原油、原煤及煤粉作为工业炉燃料。

5.1.2.2 应充分利用企业富余的高炉煤气，积极采用蓄热式燃烧技术，提倡采用燃高炉煤气的蓄热式加热炉。

5.1.3 余热利用

5.1.3.1 工业炉烟气余热应首先自身充分回收和利用，节约炉用一次能源。

5.1.3.2 工业炉设计应充分利用前部工序的工件余热对工件进行加热或热处理。

5.1.3.3 对于非蓄热式加热炉，在工艺布置许可的条件下合理延长炉长、配置不供热的预热段，以充分利用高温烟气预热入炉的冷料，降低排烟温度。

5.1.3.4 连续生产的工业炉应装设烟气余热回收装置，最大限度地回收烟气带出的热量。

5.1.3.5 周期性生产的工业炉及低温热处理炉应根据具体情况采用合理的热交换设备，充分回收和利用烟气余热。采用轻质保温炉衬，减小蓄热损失。

5.1.3.6 当企业有蒸汽需求时，大中型加热炉水梁应采用汽化冷却，并尽可能提高蒸汽压力，纳入蒸汽动力管网。

5.1.4 隔热措施

5.1.4.1 工业炉炉体各部位的砌体，应采取有效的隔热措施，按照不同接触面温度使用不同材料的复合砌体。隔热后的炉体外表面温度应符合《评价企业合理用热技术导则》（GB/T3486）中规定的温度值。

5.1.4.2 周期性升温降温的工业炉及中低温工业炉，应采用体积密度小、导热系数小、热惰性小的轻质筑炉材料作为砌体的工作层。

5.1.4.3 所有热介质管道及热设备都应采取隔热措施。

5.1.5 能耗指标

5.1.5.1 工业炉设计应采取行之有效的节能措施，提高炉子热效率，降低燃料消耗。新设计的轧钢加热炉的热效率应达到 **60%** 以上。

5.1.5.2 轧钢加热炉冷装时额定燃料消耗设计指标应符合表 5.1.5.2 规定。

5.1.5.3 轧钢加热炉热装时额定燃料消耗设计指标应符合表 5.1.5.3 规定。

轧钢加热炉冷装时额定燃料消耗设计指标 表 5.1.5.2

| 序号 | 轧机类型 | 设定出钢温度 (°C) | 额定燃料单耗 | | | |
|----|---------|----------------|--------|--------|------|--------|
| | | | 平均先进指标 | | 先进指标 | |
| | | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 1 | 大型、轨梁 | 1200 | 1462 | 50.0 | 1379 | 47.1 |
| 2 | H 型钢 | 1200 | 1440 | 49.2 | 1359 | 46.4 |
| 3 | 中型 | 1150 | 1307 | 44.7 | 1233 | 42.1 |
| 4 | 小型 | 1150 | 1307 | 44.7 | 1233 | 42.1 |
| 5 | 高速线材 | 1100 | 1241 | 42.4 | 1170 | 40.0 |
| 6 | 中厚板 | 1250 | 1506 | 51.5 | 1421 | 48.6 |
| 7 | 热轧带钢 | 1250 | 1418 | 48.5 | 1338 | 45.7 |
| 8 | 热轧无缝环形炉 | 1250 | 1551 | 53.0 | 1463 | 50.0 |

注：1. 表中额定燃料单耗是指加热冷装（20℃）碳素结构钢、标准坯、炉内水梁或炉

底水管 100%绝热，达到设计额定产量、连续生产的单位燃料消耗。

2. 表中燃料单耗是用 $Q_d=2000\text{kcal/Nm}^3$ 混合煤气。

轧钢加热炉热装时额定燃料消耗设计指标

表 5.1.5.3

| 序号 | 轧机类型 | 设定出钢温度 (°C) | 热装温度 (°C) | 额定燃料单耗 | | | |
|----|---------|----------------|--------------|--------|--------|------|--------|
| | | | | 平均先进指标 | | 先进指标 | |
| | | | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 1 | 大型、轨梁 | 1200 | 500 | 1055 | 36.0 | 995 | 34.0 |
| 2 | H 型钢 | 1200 | 500 | 1037 | 35.4 | 978 | 33.4 |
| 3 | 中型 | 1150 | 500 | 913 | 31.2 | 861 | 29.4 |
| 4 | 小型 | 1150 | 500 | 913 | 31.2 | 861 | 29.4 |
| 5 | 高速线材 | 1100 | 500 | 868 | 29.7 | 819 | 28.0 |
| 6 | 中厚板 | 1250 | 400 | 1241 | 42.4 | 1170 | 40.0 |
| 7 | 热轧带钢 | 1250 | 500 | 1019 | 34.8 | 961 | 32.9 |
| 8 | 连铸连轧辊底炉 | 1150 | 800 | 532 | 18.2 | 502 | 17.1 |

注：1. 表中额定燃料单耗是指加热碳素结构钢、标准坯，炉底水梁或炉底水管 100%

绝热，达到设计额定产量、100%热装、连续生产的燃料消耗。

2. 表中的热装温度是根据本规范中轧钢编写的内容进行编制的。

5.2 燃气

5.2.1 气体的合理利用

5.2.1.1 新建钢铁企业焦炉、高炉和转炉必须同步设计煤气回收装置。

5.2.1.2 根据钢铁企业的发展，编制不同时期的煤气平衡，并采取减少煤气放散的措施。

5.2.1.3 钢铁企业必须设置煤气储气柜。

5.2.1.4 宜采用干法煤气除尘技术，宜采用干式煤气柜。

5.2.1.5 钢铁企业应有能使用多种燃料的煤气缓冲用户。

5.2.1.6 在满足各用户对煤气热值、用量和压力等基本要求的前提下，宜优先使用低热值煤气，富余的煤气用于发电或外销。煤气利用应遵守“高能高用”的原则。

5.2.1.7 应充分利用转炉煤气，提高转炉煤气的回收率，扩大转炉煤气用户。为提高转炉煤气利用率和确保转炉煤气的稳定供应，宜设置合成转炉煤气装置。

5.2.1.8 钢铁企业煤气的输送，应充分利用原始煤气压力，少建或不建煤气加压设施。

5.2.1.9 制氧机组的规模按企业氧气平衡表中的小时平均耗量来确定，机组能力和选型要综合考虑用户压力、气体纯度和企业发展等因素，同时应充分回收利用副产氮气和惰性气体。

5.2.1.10 制氧机组应可变工况生产，以适应用户的需求量变化。大型制氧机组应根据企业需要，选用提取氩气或其它空分产品的机组。

5.2.1.11 空分设备宜具有一定的液体生产能力，并配套相应的液体贮存、加压和汽化装置，为生产提供必要的维修和调节手段。

5.2.1.12 钢铁企业应设置一定容量的氧气、氮气和氩气储气罐。

5.2.1.13 应采取减少氧气放散的有效措施。

5.2.1.14 在保证安全的情况下，高炉富氧宜采用机前富氧工艺。

5.2.2 节能设备和节能措施

5.2.2.1 400m³ 及其以上高炉的煤气净化系统，应采用全干式布袋除尘装置。

5.2.2.2 对现有容积大于 400m³ 级、炉顶压力在 120kPa(G)以上且煤气净化系统采用全干式布袋除尘装置的高炉，应设置高炉煤气余压回收利用装置。

5.2.2.3 保护气体的氢气站，应优先采用焦炉煤气变压吸附法制氢。当采用水电解法制氢时，应采用压力水电解装置。

5.2.2.4 国家允许烧油的工业窑、炉，当重油粘度适宜时，可采用重油掺水乳化技术。长距离燃油输送管道宜采用电热保温。

5.2.3 煤气质量

5.2.3.1 根据用户对煤气热值稳定的要求，在煤气混合站设计中，宜采用热值指数控制系统，使热值波动在±3%以下。

5.2.3.2 高炉煤气经净化除尘后含尘量应不大于 10mg/m³。当高炉煤气净化系统采用湿式除尘装置时，应采用高效脱水器，使煤气中的机械水含量不大于 10g/m³。转炉煤气宜采用干法除尘。

5.2.4 其它

5.2.3.1 气体能源介质应在生产设备总管出口处和车间（或厂级）、工序入口处设置计量装置。

5.3 电力

5.3.1 供配电系统

5.3.1.1 应根据钢铁企业规模、供电距离和电力负荷大小，合理设计供电系统和选择供电电压。对于大型钢铁联合企业，应根据企业内总图布置，在负荷比较集中的区域（炼铁区、炼钢区、热轧区等）设置 35kV 及以上级区域性变电站。新建钢铁企业不得采用 6kV 作为区域性变电站配电电压。

5.3.1.2 大容量的轧钢主传动以及炼钢电弧炉、钢包精炼炉宜直接由区域变电站或由附近的总降压变电站以 35kV 及以上电压供电。

5.3.1.3 有较大冲击负荷及非线性负荷的用电设备（如热连轧、冷连轧、厚板轧机以及大中型炼钢电弧炉、钢包精炼炉等），当公共连接点的电压波动、闪变、三相电压允许的不平衡度及高次谐波超过国家规定标准时，为满足电能质量要求，获得节能效果，应装设滤波装置、无功补偿装置（静态或动态无功补偿装置）。

5.3.1.4 大中型炼钢电弧炉变压器及钢包精炼炉变压器，不应与其它动力负荷同接在一段母线上，应采用专用的电力变压器供电。

5.3.1.5 对具有几个电压等级的供配电系统，应进行经济技术比较，以减少电压层次、降低变电损耗。

5.3.1.6 变电所尽量靠近负荷中心。

5.3.1.7 正确选择电动机，变压器的容量，降低线路感抗，宜提高用电单位的自然功率因数。当自然功率因数达不到要求时，应采用并联电容器或当工艺条件适当、经技术经济比较合理时，采用同步电动机作为无功功率补偿装置。

5.3.1.8 电力部门计量考核的功率因数不得低于 0.9 并满足当地供电部门的要求。

5.3.1.9 低压配电系统中接入 AC220V 或 AC380V 单相用电设备时，应尽可能地使三相负荷平衡，以降低损耗

5.3.2 变压器选择

5.3.2.1 应根据计算负荷, 负荷性质等条件, 合理确定变压器的安装容量和台数, 并通过合理的选择和调整负载, 使变压器经济运行。不允许变压器长期负荷率低于 30% 甚至空载运行

5.3.2.2 在正常运行条件下, 当负荷率大于 80% 时, 应放大一级容量选择变压器;

5.3.2.3 向一、二类负荷供电的变压器采用 2 台时, 应同时运行;

5.3.2.4 同一配电系统采用三台及以上变压器的变电所, 根据负荷情况, 配电系统应有切换每台变压器的可能性, 以便实现变压器经济运行;

5.3.2.5 大型厂矿、车间和非三班生产的车间, 宜采用专用照明变压器供电。

5.3.2.6 应选用低损耗、新系列节能型变压器。在改造工程设计中, 对能耗高的旧有变压器, 应更换为节能型变压器。

5.3.2.7 不得使用落后的高能耗电机和变压器。

5.3.2.8 企业要实现电网优先供电, 经济运行。

5.3.2.9 有条件的企业可积极采用风能、太阳能等新能源, 用于企业照明系统。

5.3.3 无功补偿

5.3.3.1 无功补偿原则上采用就地补偿的方式, 也可在负荷相对集中的车间级变电所进行补偿

5.3.4 电弧炉节电

5.3.4.1 设计短网时应保证电炉电弧稳定燃烧, 使电炉具有最小的电损耗、较高的功率因数, 并能保持电炉三相功率平衡。

5.3.4.2 在空心串联电抗器和电炉短网导体附近, 不应有导磁性材料及形成闭合回路的导磁性金属材料, 减少涡流及环流的损耗。

5.3.4.3 设计短网时要尽量减小集肤效应、邻近效应的影响, 并按规定的电流密度选择导体截面。

5.3.4.4 炼钢电弧炉和铁合金电炉的电极功率自动调节装置应采用性能良好的电极调节器或采用专用的控制器控制。铁合金电炉宜采用在线电极自动程序压放系统。

5.3.5 高效率低损耗电力设备

5.3.5.1 根据技术经济比较和生产工艺要求, 宜选用交流电动机传动, 对需要调速的交流电动机和工艺上对风量或水量有变化的风机和泵类负荷宜采用变频调

速装置。

5.3.5.2 应选用新系列节能型高效率电动机。

5.3.5.3 应选用高效低耗的电气设备，严禁选用国家公布的淘汰产品。

5.3.6 照明节电

5.3.6.1 根据工作场所的条件，应采用不同类型的高效光源，并应优先采用新光源。使用高效率的照明灯具。除特殊需要外，不得采用管形卤钨灯和大功率白炽灯。

5.3.6.2 灯具悬挂较低的生产车间、辅助车间、办公室和生活福利设施，应采用高效光源和灯具，不宜采用白炽灯。

5.3.6.3 当选择气体放电灯时，应采用高功率因数、能耗低的镇流器。对钠及荧光灯线路，必须就地安装电容器，补偿无功损耗。

5.3.6.4 在工程设计中，应综合考虑灯具的技术性能和长期运行的经济效益，应采用效率约在 80%左右的灯具。改造项目，对于效率低于 50%的灯具应予更换或改造。

5.3.6.5 集中控制的照明系统，如道路照明等，应采用节能自控装置。条件许可的场合，可选用太阳能照明装置。

5.3.6.6 对大型厂房照明，宜采取分区控制方式；辅助和生活福利设施，应适当增设照明灯的开关，减少长明灯。

5.3.6.7 对于距离较长的场所照明，其两端宜设置双控开关。

5.3.6.8 对于电缆隧道的照明，出入口处应设置能控制隧道照明的开关。

5.4 给排水

5.4.1 给排水系统

5.4.1.1 钢铁企业的给排水设施设计，在满足生产需要前提下，应采用工艺流程简单、构筑物布置紧凑合理、处理效果稳定、节能省电，运行费用低的方案。

5.4.1.2 循环水系统，应根据工艺对水量、水质、水压及水温的不同要求，采用分质、分压的供水系统。

5.4.1.3 大型高炉、转炉、电炉及连铸机等冷却构件热负荷较高的冶炼设备，宜采用软水（除盐水）闭路循环供水系统。

5.4.1.4 应采用串联供水方式，一水多用，把废水消耗在使用过程中，减少外排废水量。新建或改建的钢铁企业排水应设置再利用的收集处理设施。

5.4.1.5 水泵选型与水泵台数的确定，应与生产用水变化和建设进度相适应。多台水泵并联工作时，应对水泵与管道的并联工况进行计算与分析，确定最佳工作点。

5.4.1.6 循环水泵站，应适当利用回水高度或回水余压，提高吸水井中的水位，减少抽升水头和泵站的深度。

5.4.1.7 向可以独立工作的设备供水时，一台生产设备宜配置一台工作水泵。对循环冷却水用水有峰谷变化的用户，宜在供水管装设流量调节装置。

5.4.1.8 水泵进、出水管道上的阀门、止回阀等附件设备，应选用节能型产品。

5.4.1.9 根据冷却塔的温度，应采用系统循环水的温度自动控制装置，自动控制冷却塔的运行台数。

5.4.1.10 冷却塔设计应配置调速风机，一般风机 ≤ 5 台时至少设置1台调速风机；风机 ≥ 6 台时调速风机不少于2台。冷却塔选用风机，应综合考虑风量，阻力损失、风机全压等因素，工作点应位于高效区。

5.4.1.11 宜利用循环水的回水余压上冷却塔进行冷却，并应在每组冷却塔进水管上设旁通管，当气温较低时回水无需上塔可直接回用。

5.4.1.12 在水处理流程中，宜利用余压和自流方式输水。

5.4.1.13 用水量经常变化的场所，宜采用变频或其他调速方式的水泵供水。

5.4.2 车间给排水

5.4.2.1 当车间各用户要求的供水压力相差较大时，可根据具体情况采用分压式或局部加压方式供水，并经技术经济比较确定。

5.4.2.2 车间的排水应清浊分流，有毒与无毒分流，宜就近进行去浊、除毒处理。

5.4.2.3 车间的卫生设备，宜选用节水型冲洗设备，优先选用中水冲洗。

5.4.2.4 给水用户应装设计量仪表。

5.5 热力

5.5.1 高炉的冷风供应

5.5.1.1 新建高炉应选用高效节能的高炉鼓风机，其常年运行点的效率宜符合表

5.5.1.1 规定。改造高炉可参照执行。

高炉鼓风机常年运行点效率

表 5.5.1.1

| 高炉鼓风机类型 | 高炉鼓风机吸入流量 (Nm^3/min) | 常年运行点效率 (%) |
|---------|---|----------------|
| 离心式 | 2000 以上 | 80~83 |
| 轴流式 | 2000 以上 | 90~92 |

5.5.1.2 高炉鼓风机的传动方式，应根据全厂煤气平衡、供汽能力、区域供电条件及鼓风机站总平面布置等情况综合考虑，经技术经济比较确定采用汽动还是电动。

5.5.1.3 高炉鼓风机应设置性能可靠、技术经济合理的进口空气过滤装置如布袋除尘器 and 自洁式滤筒空气过滤器，保证吸入空气的清洁度符合高炉风机的要求。鼓励采用鼓风脱湿技术。高炉鼓风机吸入空气的质量应符合表 5.5.1.3 要求。

高炉鼓风机吸入空气的要求

表 5.5.1.3

| 高炉鼓风机类型 | 高炉鼓风机吸入流量 (Nm^3/min) | 粉尘浓度 (mg/Nm^3) | 最大粒径 (μm) |
|---------|---|-------------------------------------|---------------------------|
| 离心机 | 2000 以上 | 10 | 小于 5 |
| 轴流式 | 2000 以上 | 8 | 小于 3 |

5.5.1.4 供风管道系统必须采用优质阀件与管配件，减少管道系统的泄漏率。

5.5.1.5 向热风炉供风的冷风管道应进行保温。

5.5.2 蒸汽（热水）供应

5.5.2.1 新建或改建企业的供热系统，应优先利用余热产生的蒸汽（热水）。不足部分再建独立的供热设施。

5.5.2.2 独立的供热设施应根据热用户采暖期和非采暖期的最大、最小、平均耗热量以及供热参数，通过技术经济比较确定建设热电站或区域性工业锅炉房。

5.5.2.3 热能利用注意压力能的梯级利用，必要时可采用背压汽轮机传动大功率的空气压缩机、风机、水泵等回转机械，其容量应以汽轮机的背压蒸汽能得到充分利用，同时不影响主机的正常运行。

5.5.2.4 热电厂（站）的锅炉房应充分利用钢铁企业剩余的煤气。

5.5.2.5 应选用高效节能锅炉。选用工业锅炉时其设计热效率应不小于《工业锅炉通用技术条件》（JB/T10094）的规定值。热电厂（站）的锅炉，其锅炉热效率不低于技术协议规定的保证值，保证值与设计值的差值一般不大于 1.5%。

5.5.2.6 应选用高效节能的鼓风机、引风机、给水泵、给煤、除灰、制粉等设备，其能力均应与锅炉匹配，与其匹配的大容量鼓风机、引风机、给水泵、热水循环泵宜采用变速传动或其它节能传动方式。

5.5.2.7 部分用户要求的介质参数较汽源低得多时，则应通过技术经济比较确定是否采用分级供汽，不宜采用节流降压供汽。

5.5.2.8 钢铁企业供汽宜根据蒸汽参数、蒸汽耗量、使用性质和季节等不同要求，经技术经济比较确定是否设置不同类型管网。

5.5.2.9 应按经济流速计算供热管道的管径，在用户入口处应设置计量装置。

5.5.2.10 热力设备和管道应按《设备及管道保温设计导则》(GB/T8175)和《火力发电厂保温油漆设计规程》(DL/T5072)进行绝热。

5.5.2.11 管配件的保温结构应是可拆卸型的。

5.5.2.12 建筑物的采暖介质，在满足用户要求前提下，应采用热水。

5.5.2.13 蒸汽供热系统的凝结水回收应符合《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》(GB/T12712)的规定。

5.5.3 压缩空气供应

5.5.3.1 应根据压缩空气的平衡及用气参数，用户对压缩空气的品质等级要求，采取分区集中或分散设置压缩空气站；

5.5.3.2 不同质量等级的压缩空气宜分系统供应，应正确选用空气压缩机及除油和干燥净化设备。

5.5.4 余热、余能的回收与利用

5.5.4.1 冶金炉（窑）排烟余热经主炉回收利用后，应通过技术经济比较，确定是否装设余热锅炉。

5.5.4.2 应推广和采用国内外先进的余热利用技术。

(1) 高炉热风炉烟气、电炉烟气、加热炉烟气以及烧结矿显热等余热，结合工艺要求回收利用。

(2) 转炉余热锅炉（汽化冷却装置）宜提高工作压力，利用该饱和蒸汽用于真空处理。

(3) 熔融还原炼铁炉烟气的余能，根据需要可以预热矿石和产生蒸汽发电。

(4) 新建焦炉必须同步配套干熄焦余热锅炉装置，并匹配相应的转换和利用设施。

(5) 低热值高炉煤气可用于汽轮鼓风机站、热电站、燃气或燃煤燃气锅炉房，及燃气—蒸汽联合循环发电装置，其最终用途应通过技术经济比较确定。

5.5.4.3 应回收利用余热装置产生的蒸汽，纳入企业的蒸汽平衡。并通过技术经济比较确定是否设置低压蒸汽发电。

5.6 采暖通风除尘

5.6.1 采暖

5.6.1.1 采暖、空调的供热应逐步实现全厂性或区域性热电联产或集中供热，热媒宜采用热水。在不具备热电联产或区域集中供热的情况下，新建锅炉房与供热系统应考虑将来发展成为区域性集中供热锅炉房或与城市热网相连接的可能性。

5.6.1.2 应充分利用工业余热采暖。利用余热采暖时，其热媒及参数可根据实际情况确定。

5.6.1.3 在资源和技术条件具备的地区，在经济合理和满足环保及工艺要求的条件下，应开发地热、太阳能等新能源用于采暖供热。

5.6.1.4 当厂区只有采暖用热或以采暖用热为主时，宜采用高温水做热媒；当厂区供热以工艺用蒸汽为主时，在不违反卫生、技术和节能要求的条件下，可采用蒸汽做热媒，凝结水宜回收。

5.6.1.5 热风采暖（包括热风幕和暖风机）的热媒宜采用蒸汽，当采用热水作热媒时宜采用高温水。

5.6.1.6 热源、供热站和用户入口应设置检测计量仪表及自动、半自动或手动调节设施，不得采用大流量、低温差运行方式。

5.6.1.7 在设计采暖供热系统时，应选用节能效果和热工性能好的设备。

5.6.2 通风除尘

5.6.2.1 应充分利用厂房中有组织的自然通风来改善工作区的劳动条件。当自然通风不能满足要求时，可考虑设置其他通风设施。

5.6.2.2 通风机应选用高效、节能和低噪音产品，其设计工况效率应不小于最高效率的 90%。

5.6.2.3 在技术经济合理的条件下，应选用低阻高效的除尘及烟气净化设备。

5.6.2.4 应根据生产要求的不同条件，合理划分送、排风系统的大小，便于按生产需要调节风量。

5.6.2.5 不同时工作的各除尘点，应设置与工艺设备连锁的启闭阀，控制系统风量。

5.6.2.6 除尘系统管道的设置，应合理选择路由及风速，减少系统阻力损失。

5.6.2.7 通风、除尘与烟气净化系统的负荷变化较大时，风机应采用液力耦合器、电机变频或其他调速措施。

5.6.2.8 电机通风在满足温升要求的条件下，宜采用直通式通风系统。如因设备要求采用循环式通风系统时，当空气冷却器所用冷却水出水温度较低时，可采用冷却水串联，一水多用的供水系统。

5.6.2.9 在通风除尘与烟气净化系统设计中，应根据工程要求，在技术经济合理的条件下，有选择地设置参数检测、工况自动转换、自动调节与控制、自动保护以及数量计量等监测与控制系统。

5.6.3 空调制冷

5.6.3.1 选择空气调节系统时，应根据建筑物的用途、规模、使用特点、负荷变化情况与参数要求、所在地区气象条件与能源状况，通过技术经济比较确定。

5.6.3.2 在满足工艺要求的条件下，宜减少空气调节区的面积，当采用局部空气调节或局部区域空气调节能满足要求时，不应采用全室性空气调节。

5.6.3.3 空气调节区有正压要求时，室内正压宜保持 5-10Pa。

5.6.3.4 在满足工艺及卫生要求的条件下，空气调节系统宜采用较大的回风百分比，严格控制新风量。

5.6.3.5 设有机械排风时，空气调节系统宜按照《公共建筑设计节能标准》（GB50189）中的相关条款要求设置热量回收装置。

5.6.3.6 集中采暖地区，精度要求不高（室温允许波动范围 $\geq \pm 1^{\circ}\text{C}$ ）的空气调节区，冬季可采用散热器采暖。此时空气调节送风的耗热量仅按新风考虑。

5.6.3.7 选择制冷机和冷水泵时，台数不宜过多，不宜考虑备用，但应与空气调节负荷变化情况及运行调节要求相适应。

5.6.3.8 冷凝器宜采用冷却塔循环供水。根据水温、水量和水质情况，也可一水多用或直流供水。

5.6.3.9 空气调节制冷系统的设备选型，应选用能效比高的设备。

5.6.4 保冷、保温

5.6.4.1 具有下列情形的设备、管道及其附件、阀门等均应保温或保冷：

- (1) 冷、热介质在生产和输送过程中产生冷、热损失的部位；
- (2) 通风空调设备和管道形成表面结露，增加系统冷热损失的部位。

5.6.4.2 下列制冷设备和管道应保温或保冷：

- (1) 压缩式制冷机的吸气管、蒸发器及其与膨胀阀之间的供液管；
- (2) 溴化锂吸收式制冷机的发生器、溶液热交换器、蒸发器及冷剂水管道；
- (3) 蒸汽喷射式制冷机的蒸发器和主喷射器头部；
- (4) 冷水管道和冷水箱；
- (5) 制冷设备的供热管道和凝结水管道。

5.6.4.3 设备和管道的保温和保冷应符合下列要求：

- (1) 保冷层的外表面不得产生凝结水；
- (2) 管道和支架之间，管道穿墙、楼板处，应采取防止“冷桥”、“热桥”的措施。
- (3) 采用非闭孔材料保冷时，外表面应设隔气层和保护层；保温时应设保护层。

5.6.4.4 保冷、保温材料应优先选用导热系数小，湿阻因子大，吸水率低，密度小，综合经济效益高的材料；在使用温度下性能稳定，耐冻、不燃烧或难燃烧，不易腐易蛀。除软质、半硬质、散状材料外，硬质成型制品的抗压强度不应小于 294kPa；在满足保温要求的前提下，优先选用闭孔保温材料。

5.6.4.5 保温、保冷层厚度的计算，应按《设备和管道保温设计导则》中有关保冷、保温层厚度方法计算确定。

5.7 总图运输

5.7.1 厂址选择

5.7.1.1 在进行厂址方案比选时，应将大宗原、燃料的输入及生产成品的运出总能耗最小作为选取厂址位置的重要因素。

5.7.1.2 选矿厂宜布置在矿山，并紧靠采矿场；烧结厂、焦化厂宜设在钢铁厂厂区内，并邻近炼铁厂布置。

5.7.1.3 钢铁厂（尤其是炼铁厂）宜靠近便于运输的大型港口、沿海地区，并尽量位于水源及电力资源丰富的区域。钢铁厂所生产的成品应接近用户。

5.7.1.4 钢铁厂宜靠近国家铁路、道路、主要水运航道布置。一般情况下，大宗原、燃料以陆路运输为主时，应靠近铁路接轨站或主要道路干线；以水路运输为主时，应沿江、沿海靠近符合水运要求的口岸或邻近具有良好运输条件的码头布置。

5.7.2 总平面布置

5.7.2.1 新建钢铁企业局部生产流程应与全厂物料流向相吻合，应合理组织生产工艺线路，利用生产工艺流程，有目的地完成一部分或一定距离内的物料运输，避免逆行和交叉。

5.7.2.2 改造老厂区应逐步优化总平面布置及物料的运输流程，合理分配新增的和原有的运输量，减少物流，减少折返、迂回以及货物的重复装卸和搬运。

5.7.2.3 钢铁厂应紧凑布置，连续作业的工艺生产车间，应将厂房联合布置或合并。

5.7.2.4 原燃料装备车间宜靠近工厂站或原料码头，轧制成品车间及成品库等宜靠近成品站或成品码头；烧结、焦化、高炉、炼钢等车间宜顺物料流程方向顺序布置。

5.7.2.5 炼钢车间、连铸车间、轧钢车间宜联合布置。总平面布置应为坯料热送创造条件。

5.7.2.6 水、电、风、汽等动力设施应靠近相应的负荷中心设置。

5.7.2.7 应合理安排主管道通廊的位置，主管道宜靠近主要用户。煤粉输送管道、石灰粉及污泥管道等的平面和立面应尽量顺直，减少弯头，缩短运输距离。

5.7.2.8 焦炉炭化室中心线不得与主导风向平行。主要生产车间的轴向布置应尽量考虑与主导风向的关系，以利于建筑物的保温和散热。

5.7.3 竖向设计

5.7.3.1 厂区内地坪标高的确定，应减少生产过程中物料的提升高度，应尽量满足自然排水的要求。当土方来源不足，需降低场地设计标高，并设置堤坝，采

用排涝泵排水时，应计算排水排涝能耗，经全面技术经济比较后确定。

5.7.3.2 当工业场地采用台阶式布置时，应充分利用物料流程中的位能，其台阶的标高及宽度，应考虑生产中货物运输的能耗最小。

5.7.3.3 在丘陵、山地建厂时，应尽量利用地形高差，创造方便的装卸条件。如：高站台、低货位、半壁料仓等

5.7.4 运输

5.7.4.1 厂外运输方式的选择除应满足 5.7.1.1 条外，且应避免因转换运输方式而引起货物落地换装和重复作业。邻近通航河道的钢铁厂，水运条件好，经济合理时，应创造条件加大水路运输量的比例。

5.7.4.2 厂区内供求关系密切的车间（或设备）相邻或联合布置时，应优先考虑选用辊道、运输链、胶带输送机等运输设施。大宗原、燃料、烧结矿、焦炭和散状料等宜采用胶带输送机运输；液态和粉状物料，宜采用管道运输；铁水运输应尽量选用大型保温运输设备，如采用混铁车或热铁水罐车加盖保温运输；钢坯、轧钢车间之间的运输宜采用辊道运输。

5.7.4.3 应合理组织车流、货流，尽量避免单程运输，提高空车利用率。

5.7.4.4 道路设计，应采用优质路面材料，改善道路运行条件。

5.7.5 运输设备

5.7.5.1 铁路机车型号的选择，应根据铁路运输量的大小及牵引定数而确定，不应以大代小。根据物料性质、运输量和卸车条件等，铁路运输车辆宜采用自重小、载重量大的高强度车辆和侧翻、底开门等自卸车辆。

5.7.5.2 道路运输设备宜采用低油耗、自重小、载重量大而性能优良的运输设备。

5.8 其它

5.8.1 机修

5.8.1.1 钢铁企业应逐步建立适应市场经济的机械修理体制。应以“专业化协作”为原则，检修备件主要依靠专业化生产厂供应，设备检修工作也主要依靠外部协作完成。

5.8.1.2 应建立设备点检制度，推广设备诊断技术，将备件供应和设备检修工作纳入现代科学管理的轨道。

5.8.1.3 原有企业“大而全”机修设施，应逐步与企业剥离，逐步形成区域设备检修、备件生产的专业化企业。新建钢铁企业不宜再设置机修设施，主要履行设备管理职能。

5.8.1.4 新建钢铁企业如地区协作条件较差，需要在企业内部设置机修设施，应按以下规定和能耗指标控制其建设规模，应体现“专业化协作”原则。

- (1) 不得为机修建设铸、锻、热处理和电镀等高能耗车间。
- (2) 加工备件自给率应控制在 25% 以内，并限于应急不需热处理的易损件、简易件或修复件等。
- (3) 机修设施应主要承担机械设备的日常维修工作，设备的定修和年修等计划检修工作仍应依靠外部协作解决。

(4) 自备电厂、高炉、焦炉、炉窑、大型动力设备、混铁车等特种车辆的车体及机械部分、装卸机械修理等专业性较强的设备检修应外协解决。

5.8.1.5 新建钢铁企业机修设施设计，应推广先进的节能措施。应加强成套部件组装能力，扩大部件更换检修范围，缩短主机停工时间；应推广轴类件自动或半自动堆焊、喷涂等修复技术；钢板下料宜采用数控切割或仿形气割工艺，宜采用自动埋弧焊机；提高数控机床比例，推广强力切削和高速切削工艺。

5.8.1.6 新建钢铁企业机修能耗设计指标应符合表 5.8.1.6 规定。

企业机修能耗设计指标 表 5.8.1.6

| 折算系数 | 企业规模 | | 工序能耗 | | 其中：分项能耗 | | | | |
|-------|------------------------------|-----------------------------------|-----------|-------------|---------|-------|--------|------|--------|
| | 钢产量 (10 ⁴ t/a) | 机械设 备重量 (10 ⁴ t) | | | 电力 | | | 其它 | |
| | | | MJ/t 钢 | kgce/t 钢 | kWh/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | ≥1000 | >40 | 48.12 | 1.64 | 3.84 | 45.4 | 1.55 | 2.72 | 0.093 |
| | 400~800 | 15~30 | 50.35 | 1.72 | 4.0 | 47.4 | 1.62 | 3.0 | 0.10 |
| | ≤300 | 5~10 | 59.76 | 2.04 | 4.8 | 56.8 | 1.94 | 3.0 | 0.10 |
| 电按当量值 | ≥1000 | >40 | 16.40 | 0.56 | 3.84 | 13.81 | 0.47 | 2.59 | 0.09 |
| | 400~800 | 15~30 | 17.27 | 0.59 | 4.0 | 14.39 | 0.49 | 2.87 | 0.10 |
| | ≤300 | 5~10 | 20.14 | 0.69 | 4.8 | 17.27 | 0.59 | 2.87 | 0.10 |

注：本指标以钢铁企业的吨钢产量为单位。

5.8.2 检化验

5.8.2.1 检化验设施总体设计，应采用节能效果明显的集中检化验方案。

5.8.2.2 试验室的工艺布置，恒温恒湿房间在北方应布置在阳面，在南方宜布置在阴面；需要用高压水的试验室，应尽量布置在底楼或地下室中；设有机械排

风通风柜的化验室，应尽量布置在楼房顶层或平房中。

5.8.2.3 采用机械排风的通风柜，其操作口最大风速不得超过 1.0m/s；安装在空调房间的通风柜，应选用节能补风型通风柜。

5.8.2.4 试验室的采暖温度，除恒温恒湿的房间外，应低于 18℃，仓库及贮藏室采暖温度可取 5~8℃。如无特殊要求，试样加工间采暖温度以 10℃为宜。

5.8.2.5 在保证设备正常工作条件下，恒温恒湿房间的净空高度，宜 $\leq 3.2\text{m}$ 。力学室的净高为最高试验机的高度加 0.5~0.8m。

6 钢铁辅助生产企业设计节能技术

6.1 采矿

6.1.1 采矿

6.1.1.1 露天采矿节能工作重点应放在边坡角选取、采剥工艺及设备选择以及开拓运输系统的确定；地下矿应注重运输方式、采矿方法及其采掘设备选择。在注重系统节能的同时，应充分注意压缩空气、矿井通风、矿井排水及提升环节的节能。

6.1.1.2 露天开采矿山，宜用并段方式加陡边坡角和分期陡帮开采工艺；对于高差较大、工程地质良好的山坡露天矿，应优先考虑平硐溜井开拓；深度较大的大型深凹露天矿，宜采用半连续联合运输（汽车—破碎—胶带联合运输）的开拓方式。

6.1.1.3 大中型地下矿山，宜选择大阶段高度的开拓布置；采用高效能的无底柱分段崩落法时，宜推广高分段大间距布置形式及低贫化放矿措施；采用充填法采矿时，宜利用井下采掘废石和利用尾矿充填。采用高效节能采掘设备：液压凿岩台车、电动铲运机、柴油铲运机。以电动铲运机为主，柴油铲运机为辅的铲装工艺。宜用液压锤二次大块破碎。

6.1.1.4 开采深度小于 300m 的大中型地下矿使用硐支护量较大时，在工程地质条件允许下，宜采用钻孔下放水泥、砂子和碎石。

6.1.2 总图运输

6.1.2.1 矿山总平面布置，力求紧凑合理，运输线路和管线短捷。矿山厂（场）址选择应注意货物的合理流向，尽量缩短运距，充分利用地形。

6.1.2.2 废石场宜选在井口或硐口附近并符合安全规程的沟谷或山坡、荒地上。缓倾斜矿体及走向长分区开采的露天矿应开辟内部废石场，缩短运距。

6.1.3 矿井提升

6.1.3.1 大型或特大型地下矿主井宜采用胶带或多绳提升机，采用箕斗提升方式时宜选用双箕斗；对于作业水平少的罐笼井，宜采用双罐笼提升；不得采用不带平衡锤的单容器提升（掘井除外）。定点提升的斜井宜采用双钩提升。

6.1.3.2 在满足提升任务和初期投资增加不多情况下，宜加大提升容器，降低提

升速度，提升速度可低至 $0.3\sqrt{H}$ （H — 提升高度）。

6.1.3.3 提升深度大于 350m 的大中型矿井宜采用带平衡尾绳的提升系统；当启动过负荷系数超过规定而需加大电动机时，可适当加大尾绳重量。

6.1.3.4 矿井提升宜采取使用滚轮缶耳取代刚性缶耳；斜井、斜坡提升的钢绳托轮、托辊采用滚动轴承；有条件的矿井采用轻金属的提升容器等措施，提高提升效率。

6.1.4 公辅设施

6.1.4.1 压缩空气系统，地下矿宜采用机体小，移动便利、节能的坑内移动式螺杆空压机；露天矿宜采用随凿岩设备移动的移动空压机。

6.1.4.2 应减少压缩空气的多种用途，不使用气动闸门和风动马达，不用压气吹扫其他设备，不用压气作掘进工作面的通风。

6.1.4.3 正确选择通风系统，提高通风效率：有条件分区的矿井，宜采用分区通风；大中型地下矿，宜采用多级机站通风方式。有条件时采取集中自动控制多级机站风机运行。

6.1.4.4 在满足工艺要求和安全规程条件下，通风井巷按经济断面设计。

6.1.4.5 合理确定矿井风量和分风，宜控制单井总进风量，减少总回风道长度。

6.1.4.6 雨量大的地区，应采取堵（填）、截、引等有效的防水和治水措施，减少地表水流入矿井或深凹露天矿的水量。有条件宜开凿专用自流排水巷道。

6.1.4.7 水量大、深度较大的矿井和深凹露天矿，应采用分段截流排水。

6.1.4.8 经处理后水质符合要求的矿坑水，宜作为矿山生产供水水源或补充水源。

6.1.4.9 矿山企业的供电系统和电压应根据供电距离和负荷容量进行选择，应以高电压（如 110kV、35kV）深入负荷中心供电；矿山总降压变电所、牵引变电所、高压配电室及车间变电所位置，应靠近负荷中心。

6.1.4.10 井下主巷道照明宜采用密封式荧光灯，井下破碎硐室等大硐室宜采用高压钠灯，半导体照明灯。

6.1.5 采矿能耗

6.1.5.1 冶金矿山采矿能耗指标为“吨矿岩综合能耗”和“吨矿综合能耗”。其计算范围包括：采矿、运输、提升、矿井通风、排水、压缩空气等。

6.1.5.2 露天铁矿吨矿岩综合能耗设计指标 P_1 ，应不大于下式计算结果：

$$P_1 = P_0 (1 + K_1 + K_2) \quad (6.1.5.2)$$

式中： P_0 —可比能耗，MJ/t；

K_1 —矿山类型系数，山坡露天矿 $K_1 = -0.1$ ；

深凹露天矿 $K_1 = 0.3$

K_2 —矿山运输系数。

露天矿可比能耗 P_0 ，应符合表 6.1.5.2-1 规定。

矿山运输系数 K_2 ，应符合表 6.1.5.2-2 规定。

露天矿吨矿岩可比能耗 P_0 表 6.1.5.2-1

| 折算系数 | 露天矿类型 | 一级 | | 二级 | | 三级 | |
|-------|----------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 大、中型露天矿山 | 15~18 | 0.5~0.6 | 26~30 | 0.9~1.0 | 44~47 | 1.5~1.6 |
| | 小型露天矿山 | 29~32 | 1.0~1.1 | 43~47 | 1.5~1.6 | 61~64 | 2.1~2.2 |
| 电按当量值 | 大、中型露天矿山 | 9~12 | 0.3~0.4 | 15~18 | 0.5~0.6 | 23~26 | 0.8~0.9 |
| | 小型露天矿山 | 18~21 | 0.6~0.7 | 26~32 | 0.9~1.0 | 38~41 | 1.3~1.4 |

注：吨矿岩所需能源量（电、油、煤等）均已折算计入 P_0 中。

矿山运输系数 K_2 表 6.1.5.2-2

| 运输方式 | 机车运输 | 汽车+机车运输 | 汽车运输 | K_2 |
|---------|----------|------------|----------|-------|
| 运距 (km) | ≤ 5 | ≤ 4 | ≤ 3 | 0 |
| | ≤ 7 | ≤ 5.5 | ≤ 4 | 0.2 |
| | ≤ 9 | ≤ 7 | ≤ 5 | 0.4 |

注（1）表中各类运输方式的运距分别增加 2km、1.5km 和 1km 时， K_2 相应增加 0.2；

（2）汽车胶带联合运输应用的矿山数量仍不多， K_2 暂订为-0.2。

6.1.5.3 地下铁矿吨矿综合能耗设计指标 P_2 ，应不大于下式计算结果：

$$P_2 = P_0 (1 + K_1 + K_2) \quad (6.1.5.3)$$

式中： P_0 ——可比能耗，MJ/t；

K_1 ——开采深度系数；

K_2 ——采矿方法系数；

地下矿可比能耗 P_0 应不大于表 6.1.5.3-1 规定。

开采深度系数 K_1 列于表 6.1.5.3-2。

采矿方法系数 K_2 列于表 6.1.5.3-3。

地下矿吨矿可比能耗 P_0 表 6.1.5.3-1

| 折算系数 | 地下矿类型 | 一级 | 二级 | 三级 |
|------|-------|----|----|----|
|------|-------|----|----|----|

| | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 电按等价值 | 大、中型地下矿 | 94~105 | 3.2~3.6 | 176~188 | 6.0~6.4 | 246~258 | 8.4~8.8 |
| | 小型地下矿 | 105~117 | 3.6~4.0 | 223~235 | 7.6~8.0 | 350~365 | 12.0~12.5 |
| 电按当量值 | 大、中型地下矿 | 29~32 | 1.0~1.1 | 54~59 | 1.8~2.0 | 75~80 | 2.6~2.8 |
| | 小型地下矿 | 35~31 | 1.2~1.4 | 68~72 | 2.3~2.5 | 105~112 | 3.6~3.8 |

开采深度系数 K_1

表 6.1.5.3-2

| 开采深度 (m) | 300 | 500 | 700 | 900 |
|----------|-----|------|------|------|
| K_1 | 0 | 0.02 | 0.04 | 0.06 |

注：目前我国铁矿采深超 1000m 的不多，故只列至 900m。

采矿方法系数 K_2

表 6.1.5.3-3

| 采矿方法 | 空场法 | 有底柱分段崩落法 | 无底柱分段崩落法 | 自然崩落法 | 充填法 |
|-------|-----|----------|----------|-----------|-----------|
| K_2 | 0 | 0.04 | -0.04 | -0.1~-0.2 | 0.08~0.12 |

6.1.5.4 矿山企业设计的能耗评价指标：

$$\text{单位矿岩（矿）综合能耗（MJ/t）} = \frac{\text{采矿耗能总量(MJ/a)}}{\text{采出矿岩(矿)量(t/a)}}$$

6.1.5.5 冶金矿山设计能耗指标应符合本规范，高能耗项目应进行评价和论证，说明原因。大型项目的设计能耗应不大于本规范的二级能耗指标，力争达到一级能耗指标。一般项目应不大于本规范的三级能耗指标。

6.2 选矿

6.2.1 根据矿石性质及入磨前剔除围岩及夹石的试验结果，优选在磨矿前剔除围岩及夹石的方法，实现预选抛尾。

6.2.2 应缩小入磨矿石的粒度。

6.2.3 提高磨矿介质质量，合理选择球径及配比。

6.2.4 处理嵌布粒度不均匀的矿石，宜采用阶段磨矿、阶段选别流程。贯彻“能选早选，能丢早丢”的原则。

6.2.5 赤铁矿选矿工艺设计前，应做各种选矿方法试验，经过技术经济比较，确定合理的工艺流程。应优先选用联合工艺流程，不应采用能耗较高的焙烧磁选流程。

6.2.6 应选用分级效率较高的设备，如：旋流器，高效振网筛等，必要时采用两段分级工艺。

6.2.7 设计时应根据不同矿石性质及选矿试验结果，确定合理的精矿品位。一般磁铁矿选矿厂设计精矿品位 66%~68%。赤铁矿采用联合流程处理，其精矿品位亦应在 65%~67%左右。矿石类型复杂特别难选的矿石，其精矿品位也应达到 62%以上。

6.2.8 尾矿输送浓度一般应达到 35%以上，环水利用率应达到 95%以上。

6.2.9 重视余热利用，对于竖炉水封池、水箱梁中的冷却水，回转窑排矿的冷却水及高温烟气，可以因地制宜采取措施回收利用其余热。

6.2.10 设计中应注意提高设备负荷和作业率。

6.2.11 冶金选矿能耗指标为“吨矿综合能耗”，其计算范围包括：原料矿准备、预选抛尾、破碎筛分、选矿、成品堆存等。

6.2.12 选矿设计能耗指标应符合表 6.2.12-1、表 6.2.12-2 规定：

独立破碎筛分厂综合能耗指标 表 6.2.12-1

| 独立破碎筛分能耗指标 | 大型 年处理量>200 万 t/a | | 中型 年处理量 60~200 万 t/a | | 小型 年处理量<60 万 | |
|------------|----------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------|--------|
| | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 |
| 电按等价值 | 1 | 29 | 0.9 | 26 | 0.5 | 14.6 |
| 电按当量值 | 1 | 29 | 0.5 | 14.6 | 0.4 | 12 |

选矿厂综合能耗指标(含破碎筛分) 表 6.2.012-2

| 选矿厂能耗指 | 磁选 | | 浮选 | | 联合流程 | | 焙烧磁选 | |
|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 | kgce/t 矿 | MJ/t 矿 |
| 电按等价值 | 11 | 322 | 16 | 469 | 19 | 557 | 51 | 1492 |
| 电按当量值 | 4 | 117 | 7 | 205 | 8 | 234 | 43 | 1259 |

- 注：1. 新建选矿厂的能耗指标参照同一地区矿石性质相近的选矿厂选取。
2. 磁—浮联选处理磁铁矿及赤铁矿混合类型矿石的选厂能耗指标参照浮选流程能耗指标选取。
3. 多金属矿石的选矿厂设计能耗指标以及回转窑焙烧磁选厂的能耗指标均未列入表内，因矿石性质复杂，加工工艺没有一定规律，能耗相差很大，无法具体规定。
4. 设计能耗指标包括厂房内的一切公用设施、辅助生产设施及尾矿输送所需要的能耗，矿石运到选矿厂及精矿输出所需能耗不包括在内。

6.3 铁合金

6.3.1 工艺及原料

6.3.1.1 铁合金设计节能，应以电炉生产车间（硅铁、锰铁、铬铁等）降低冶炼电耗和焦耗、高炉锰铁车间降低焦比和鼓风能耗、湿法生产车间（钒铁、金属铬）降低蒸汽和燃料消耗为重点，并充分回收利用余能。

6.3.1.2 原料必须符合冶炼要求，应尽量提高入炉矿品位。应选择优质组合还原剂。

6.3.1.3 根据产品方案要求，应采用优化的工艺系统。设备选型应力求与生产规模匹配。结合工程情况，应采用先进的节能工艺和设备。

6.3.2 设备及动力

6.3.2.1 窑炉设计应选择性能良好的隔热保温材料。

6.3.2.2 铁合金电炉烟气除尘应首先选择阻力损失小的除尘方式及阻力损失小的布袋、管道等结构形式，其次电炉操作尽量做到烟气气流稳定，以节约除尘系统电耗。

6.3.2.3 电炉车间应尽量靠近中央变电所，车间内电炉应尽量缩短其与变压器的距离，减少短网长度。应采用铜管、水冷电缆，实现变压器二次抽头与铜瓦一对一的连接。

6.3.2.4 电炉车间应采用计算机控制配料、电极升降和压放。电炉的水冷设备中的循环水，应采用软化水冷却，并且应配备完善的介质参数与工艺参数检测仪表。

6.3.2.5 在满足冶炼工艺条件下，采用半封闭电炉应回收烟气余热；全封闭电炉应回收煤气，所回收的二次能源应加以综合利用。

6.3.3 铁合金能耗

6.3.3.1 铁合金能耗为“吨铁合金产品综合能耗”，其计算范围包括：原料准备、冶炼、出铁、浇铸、产品精整、包装等整个生产流程所消耗的各种能源，扣除回收并外供的能源（煤气、蒸汽等）后实际消耗的各种能源折合标准煤量。

6.3.3.2 铁合金设计能耗指标应符合表 6.3.3.2 规定。

铁合金综合能耗指标

表 6.3.3.2

| 折标系数 | 产品类型 | 工序能耗 | | 其中：冶炼电耗 | | | 备注 |
|-------|--|--------|--------|---------|--------|--------|-----------------------------------|
| | | MJ/t | kgce/t | kWh/t | MJ/t | kgce/t | |
| 电按等价值 | 硅铁($\text{FeSi}_{75}\text{-C}$) | 124970 | 4265 | 8500 | 100640 | 3434 | |
| | 锰硅合金($\text{FeMn}_{64}\text{Si}_{18}$) | 62530 | 2134 | 4200 | 49728 | 1697 | 锰矿 $\text{Mn} > 33\%$ |
| | 电炉高碳锰铁($\text{FeMn}_{68}\text{C}_{7.0}$) | 43890 | 1498 | 2600 | 30784 | 1050 | 锰矿 $\text{Mn} > 33\%$ |
| | 中碳锰铁($\text{FeMn}_{78}\text{C}_{2.0}$) | 9730 | 332 | 580 | 6867 | 234 | 锰矿 $\text{Mn} > 40\%$ |
| | 高碳铬铁($\text{FeCr}_{55}\text{C}_{1000}$) | 44940 | 1532 | 2800 | 33152 | 1131 | 铬矿 $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 40\%$ |
| | 中碳铬铁($\text{FeCr}_{55}\text{C}_{400}$) | 24140 | 824 | 1800 | 21312 | 727 | 铬矿 $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 50\%$ |
| | 硅铬合金($\text{FeCr}_{32}\text{Si}_{35}$) | 72340 | 2468 | 4800 | 56832 | 1939 | |
| | 硅钙合金($\text{Ca}_{16}\text{Si}_{55}$) | 185720 | 6337 | 12500 | 148000 | 5050 | |
| 电按当量值 | 硅铁($\text{FeSi}_{75}\text{-C}$) | 53410 | 1823 | 8500 | 30609 | 1045 | |
| | 锰硅合金($\text{FeMn}_{64}\text{Si}_{18}$) | 26760 | 913 | 4200 | 15125 | 516 | 锰矿 $\text{Mn} > 33\%$ |
| | 电炉高碳锰铁($\text{FeMn}_{68}\text{C}_{7.0}$) | 20270 | 692 | 2600 | 9363 | 320 | 锰矿 $\text{Mn} > 33\%$ |
| | 中碳锰铁($\text{FeMn}_{78}\text{C}_{2.0}$) | 3720 | 127 | 580 | 2090 | 71 | 锰矿 $\text{Mn} > 40\%$ |
| | 高碳铬铁($\text{FeCr}_{55}\text{C}_{1000}$) | 20670 | 705 | 2800 | 10083 | 344 | 铬矿 $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 40\%$ |
| | 中碳铬铁($\text{FeCr}_{55}\text{C}_{400}$) | 7850 | 268 | 1800 | 6482 | 221 | 铬矿 $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 50\%$ |
| | 硅铬合金($\text{FeCr}_{32}\text{Si}_{35}$) | 30390 | 1037 | 4800 | 17285 | 590 | |
| | 硅钙合金($\text{Ca}_{16}\text{Si}_{55}$) | 81250 | 2773 | 12500 | 45000 | 1536 | |

注：1. 未列产品的综合能耗比照确定。

2. 原料准备不包括破碎。

6.5 耐火材料

6.5.1 工艺及热工

6.5.1.1 应根据生产品种要求，简化流程，紧凑布置。

6.5.1.2 功率较大且需要调速的设备，如风机、单斗提升机、回转窑等，宜采用变频调速装置。

6.5.1.3 煅烧耐火原料应采用回转窑、机械化竖窑。

6.5.1.4 烧成耐火制品应采用隧道窑、梭式窑。

6.5.1.5 炉窑设计应提高窑体严密性、降低窑体蓄热损失、减少窑体散热损失及综合利用废气余热。

6.5.2 耐火制品能耗

6.5.2.1 耐火制品能耗指标为“吨产品综合能耗”，其计算范围包括：原料储运、干燥、破碎、粉碎、筛分、混合、成型，砖坯的干燥、烧成、除尘等各个工序及公辅设施的能耗，扣除可回收利用的能源后实际消耗的各种能源折合标准煤

量。

6.5.2.2 能耗计算公式

吨产品综合能耗= $\frac{E - R}{T}$

式中：T—耐火制品产量，t；
E—加工能耗(燃料、电、水、蒸汽、压缩空气、氮气等) MJ；
R—回收能量 MJ。

6.5.2.3 各种耐火制品综合能耗设计指标应符合表 6.5.2.3 规定。

各种耐火制品综合能耗设计指标 表 6.5.2.3

| 产品名称 | | | 工序能耗， | | | |
|------|-----------------------|-------------|-------|--------|-------|--------|
| | | | 电按等价值 | | 电按当量值 | |
| | | | MJ/t | kgce/t | MJ/t | kgce/t |
| 粘土砖 | 低蠕变粘土砖（实砖） | | 6150 | 210 | 5800 | 198 |
| | 低蠕变粘土砖（孔砖） | | 13450 | 460 | 13100 | 448 |
| 高铝砖 | 低蠕变电炉顶 A1203 80% | | 20120 | 687 | 19600 | 670 |
| | A1203>65%~75% | | 14520 | 496 | 14000 | 478 |
| | A1203>48%~65% | | 10220 | 349 | 9700 | 331 |
| 硅砖 | 焦炉砖（梭式窑烧成） | | 15740 | 538 | 15300 | 523 |
| | 焦炉砖（隧道窑烧成） | | 12240 | 418 | 11800 | 403 |
| | 玻璃窑用砖 | | 15440 | 527 | 15000 | 512 |
| 碱性砖 | 镁砖 92 | | 6870 | 235 | 6500 | 222 |
| | 镁砖 97.5 | | 8170 | 279 | 7800 | 266 |
| | 镁铝尖晶石砖（A1203 11%~15%） | | 9270 | 317 | 8900 | 304 |
| | 普通镁铬砖 | | 6870 | 235 | 6500 | 222 |
| | 电熔再结合镁铬砖 | | 10470 | 358 | 10100 | 345 |
| | 镁钙砖 | | 6370 | 218 | 6000 | 205 |
| 其他 | 滑板（埋炭烧成） | | 67730 | 2314 | 67400 | 2303 |
| | 镁炭砖 | | 5790 | 198 | 5500 | 188 |
| | 长水口 | 扣罩烧成 | 40870 | 1396 | 40500 | 1384 |
| | | 埋炭烧成（发生炉煤气） | 75970 | 2595 | 75600 | 2583 |
| | | 埋炭烧成（柴油） | 42070 | 1437 | 41700 | 1425 |

6.6 炭素制品

6.6.1 炭素制品设计节能采用的原则和措施，必须符合和具体体现炭素工业技术和装备政策以及本规范有关公用专业章节的通用规定，大力开发推广节能型炉窑，综合利用资源和能源。

6.6.2 应采用大型煅烧设备，充分利用原料中的挥发分，减少外加燃料供给量。应利用烟气余热，提高热能利用率。应根据不同产品、原料及建设规模，选用回转窑、罐式煅烧炉或电煅烧炉。

6.6.3 当选用回转窑时，应使原料中的挥发分在窑内能充分燃烧，做到无外加燃料煅烧。原料的炭质损耗应小于 8%。窑尾排出的烟气应设置余热回收装置。平均每吨煅烧焦能耗应不大于（11.3kgce/t）（331.0MJ/t）。

6.6.4 当选用罐式煅烧炉时，应选用逆流式罐式煅烧炉，其火道层数不得少于 8 层，应充分利用原料中的挥发分，做到无外加燃料煅烧；原料煅烧的炭质损耗应低于 3%；应回收利用炉后高温烟气的余热。

4.22.5 煅烧无烟煤时，应选用直流电煅烧炉，改造现有交流电煅烧炉。煅烧煤损耗应不大于 4%。普温煅烧和高温煅烧直流电耗应不大于 800 kWh/ t 及 ~1000kWh/t。

6.6.6 沥青熔化设备应选择带机械搅拌热媒油加热的沥青快速熔化设备。沥青熔化设备加热应采用热媒油或烟气余热加热。

6.6.7 混捏设备宜选择公称容量为 2000L 以上的间断混捏机或强力混捏机。混捏设备加热应采用热媒油、烟气余热或电加热。

6.6.8 焙烧工序（含一次焙烧、二次焙烧及三次焙烧）应采用大容量节能型环式焙烧炉或车底式焙烧炉，并设有升温曲线的自动检测和调温装置，使焙烧品中的挥发物在炉内能充分燃烧或引出炉外充分燃烧并回收余热。焙烧炉的燃料消耗设计指标应满足如下表 6.6.8 的要求。

焙烧炉的燃料消耗设计指标 表 6.6.8

| 超高功率电极（UHP） | | 高功率电极（HP） | | 普通功率电极（NP） | |
|-------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| MJ/t | kgce/ t | MJ/t | kgce/ t | MJ/t | kgce/ t |
| 12900~14210 | 440~485 | 9230~11280 | 315~385 | 7330~8790 | 250~300 |

6.6.9 应采用大设备容量的高真空高压浸渍技术，使浸渍后的产品增重量达到一次浸渍 15% 以上，二次浸渍 10% 以上，三次浸渍 5% 以上。

6.6.10 浸渍前的制品预热应尽可能利用余热。应采用循环搅拌措施提高预热温度均匀性及效率。

6.6.11 炭素制品的石墨化应采用较大型直流石墨化炉，生产高功率及超高功率

石墨电极时，采用内热串接石墨化炉及大型直流石墨化炉。

6.6.11.1 新建的石墨化车间，应采用 15000KVA 以上的大型直流石墨化炉或内热串接石墨化炉。

6.6.11.2 改造工程，可采用小变压器并联方法提高石墨化炉容量。

6.6.11.3 炭素制品石墨化工艺操作电耗设计指标应符合表 6.6.11.3 规定。

石墨化工艺操作电耗指标 表 6.6.11.3

| 电耗指标 | | 直流石墨化炉 | | 内热串接 石墨化炉 |
|------------|-------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | 容量 ≤13000kVA | 容量 ≥15000kVA | |
| 1、普通石墨电极 | kWh/t | 5200 | 3700 | 3500 |
| 2、高功率石墨电极 | kWh/t | 5500 | 3900 | 3700 |
| 3、超高功率石墨电极 | kWh/t | 5600 | 4100 | 3750 |

6.6.12 在国家标准规定的原料条件下，炭素制品综合能耗设计指标应符合表 6.6.12 规定。

炭素制品综合能耗设计指标 表 6.6.12

| 制品名称 | | 能耗指标 | |
|-------|----------|-------------|-----------|
| | | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 普通石墨电极 | 67400~82940 | 2300~2830 |
| | 高功率石墨电极 | 76790~91440 | 2620~3120 |
| | 超高功率石墨电极 | 75030~94660 | 2560~3230 |
| | 半石墨质炭块 | 43960~49810 | 1500~1700 |
| | 密闭电极糊 | 6450~7620 | 220~260 |
| | 电极糊 | 4396~5275 | 150~180 |
| 电按当量值 | 普通石墨电极 | 33400~40090 | 1140~1390 |
| | 高功率石墨电极 | 40020~46540 | 1330~1590 |
| | 超高功率石墨电极 | 37660~47440 | 1280~1800 |
| | 半石墨质炭块 | 34000~38400 | 1160~1310 |
| | 密闭电极糊 | 4980~6010 | 170~205 |
| | 电极糊 | 3810~4570 | 130~156 |

- 注：**1. 上述指标是产品按生产过程所消耗各种能源的总和。其中包括自原料预碎至产品加工终了，加工过程消耗的能源。
2. 炭素制品能耗计算办法按冶金工业部(86)冶钢字第 094 号文“炭素制品工序节约能源规定（试行）”要求进行计算。
3. 以上指标，规模较大、采用大型直流石墨化炉或内热串接石墨化炉及装备水平较高者按低限范围取值；规模较小、采用中小型直流石墨化炉及装备水平较低者按高限范围取值。

6.7 石灰

6.7.1 工艺及热工

6.7.1.1 采用风动输送粉料时，宜采用浓相输送工艺。输送管道的路由应尽量简短。

6.7.1.2 功率较大且需要调速的设备，如风机、单斗提升机、回转窑等，宜采用变频调速装置。

6.7.1.3 焙烧石灰应采用节能型石灰窑，炉窑设计应提高窑体严密性、降低窑体蓄热损失、减少窑体散热损失及综合利用废气余热。

6.7.1.4 采用气体燃料的竖窑，宜采用低热值煤气。

6.7.1.5 生产炼钢用石灰，宜采用气体燃料。

6.7.2 冶金石灰能耗

6.7.2.1 冶金石灰能耗计算范围包括：原料储运、原料水洗、原料筛分、烧成、成品破碎、成品筛分、成品储运、除尘、压球。

6.7.2.2 能耗计算公式

$$\text{综合能耗} = \frac{E - R}{T}$$

式中 T—冶金石灰产量，t；

E—加工能耗（燃料、电、水、蒸汽、压缩空气、氮气等）MJ；

R—回收能量，MJ。

6.7.2.3 冶金石灰能耗设计指标因窑型及燃料而有变化，应符合表 6.7.2.3 的规定。

石灰工序能耗设计指标

表 6.7.2.3

| 折标系数 | 炉窑类型 | 工序能耗 | |
|-------|------|------|--------|
| | | MJ/t | kgce/t |
| 电按等价值 | 竖窑 | 4900 | 167 |
| | 回转窑 | 3820 | 233 |
| 电按当量值 | 竖窑 | 4400 | 150 |
| | 回转窑 | 6400 | 219 |

附录 A 常用的能源热值和折标煤系数

A.0.1 一次能源(燃料)平均低位热值参考数据表见表 A.0.1。

表 A.0.1 一次能源(燃料)平均低位热值参考数据表

| 序号 | 种类 | 单位 | 热 值 | | 折标准煤 |
|----|------|-----------------|-------|-------|--------|
| | | | kcal | kJ | kgce |
| 1 | 原煤 | kg | 5000 | 20908 | 0.7143 |
| 2 | 干洗精煤 | kg | 7098 | 29681 | 1.014 |
| 3 | 洗精煤 | kg | 6300 | 26344 | 0.9000 |
| 4 | 洗中煤 | kg | 4000 | 16726 | 0.5714 |
| 5 | 无烟煤 | kg | 6300 | 26344 | 0.9 |
| 6 | 动力煤 | kg | 4970 | 20783 | 0.71 |
| 7 | 煤泥 | kg | 2500 | 10454 | 0.3571 |
| 8 | 原油 | kg | 10000 | 41816 | 1.4286 |
| 9 | 油田气 | Nm ³ | 9310 | 38931 | 1.3285 |
| 10 | 气田气 | Nm ³ | 8500 | 35544 | 1.2143 |
| 11 | 煤田气 | Nm ³ | 3750 | 15681 | 0.5357 |
| 12 | 天然气 | Nm ³ | 9520 | 39809 | 1.36 |

A.0.2 二次能源(燃料)平均当量与等价热值参考数据表见表 A.0.2。

表 A.0.2 二次能源(燃料)平均当量与等价热值参考数据表

| 序号 | 能源种类 | 单位 | 热值 | | 折标准煤 | 备注 |
|----|------|------|---------------|-------|---------|-----|
| | | | kcal | kJ | kgce | |
| 1 | 电 | kW·h | 860 | 3596 | 0.1229 | 当量值 |
| | | | 按当年火电发电标准煤耗计算 | | | 等价值 |
| 2 | 热力 | MJ | — | — | 0.03412 | 当量值 |
| 3 | 蒸汽 | kg | 840 | 3513 | 0.12 | 等价值 |
| 4 | 干焦炭 | kg | 6800 | 28435 | 0.9714 | |
| 5 | 汽油 | kg | 10300 | 43070 | 1.4714 | |
| 6 | 煤油 | kg | 10300 | 43070 | 1.4714 | |

| | | | | | | |
|----|-------|-----------------|-------|-------|--------|--|
| 7 | 柴油 | | 10200 | 42652 | 1.4571 | |
| 8 | 重油 | kg | 10000 | 41816 | 1.4286 | |
| 9 | 轻油 | kg | 10010 | 41858 | 1.43 | |
| 10 | 焦油 | kg | 9030 | 37760 | 1.29 | |
| 11 | 粗苯 | kg | 10010 | 41858 | 1.43 | |
| 12 | 液化石油气 | kg | 12000 | 50179 | 1.7143 | |
| 13 | 焦炉煤气 | Nm ³ | 4200 | 17563 | 0.6 | |
| 14 | 城市煤气 | Nm ³ | 4000 | 16726 | 0.5714 | |
| 15 | 水煤气 | Nm ³ | 2500 | 10454 | 0.3571 | |
| 16 | 高炉煤气 | Nm ³ | 800 | 3345 | 0.1143 | |
| 17 | 转炉煤气 | Nm ³ | 1600 | 6690 | 0.2286 | |
| 18 | 乙炔 | Nm ³ | 12600 | 52688 | 1.8 | |

注：蒸气为低压饱和焓值。

A.0.3 耗能工质平均等价热值调整对比表见表 A.0.3。

表 A.0.3 耗能工质平均等价热值调整对比表

| 序号 | 能源介质名称 | 单位 | 折算系数 |
|----|-----------|---------------------|--------|
| | | | 电按等价值 |
| 1 | 新水 | kgce/m ³ | 0.257 |
| 2 | 环水 | kgce/m ³ | 0.143 |
| 3 | 软水 | kgce/m ³ | 0.500 |
| 4 | 鼓风 | kgce/m ³ | 0.030 |
| 5 | 压缩空气 | kgce/m ³ | 0.040 |
| 6 | 氧气 | kgce/m ³ | 0.1796 |
| 7 | 氮气（做副产品时） | kgce/m ³ | 0.0898 |
| 8 | 氩气 | kgce/m ³ | 0.1347 |
| 9 | 氮气（做主产品时） | kgce/m ³ | 0.6714 |
| 10 | 氢气(水电解) | kgce/m ³ | 2.159 |
| 11 | 氢气(变压吸附) | kgce/m ³ | 0.765 |
| 12 | 二氧化碳 | kgce/m ³ | 0.2143 |

| | | | |
|----|----|---------------------|--------|
| 13 | 乙炔 | kgce/m ³ | 8.3143 |
| 14 | 电石 | kgce/m ³ | 2.0786 |

注：(1) 1kgce=7000kcal, 1kcal=4.1816kJ

(2) 变压吸附制氢：按 500Nm³/h 制氢站每小时耗电约 200kW，则：
1Nm³氢气耗电量为 0.4kWh，再加上焦炉煤气的能耗。

(3) 空分制氧、氮、氩：钢铁企业常规空分设备分离及压缩气体能耗，
分别按照氧气、氮气、氩气能耗分摊比例 1：0.5：0.75 计算各种气体能耗。

附录 B 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行时写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。