

# 炼钢车间供配电系统的设计探讨

任权凤

(中钢集团工程设计研究院有限公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 车间供配电系统的设计需要综合考虑供电可靠、经济合理、技术先进和兼顾未来发展等各方面的因素。文章针对某转炉项目炼钢车间高、低压供配电系统的设计原则和设计思路等方面进行探讨。高压供配电系统主要从配电系统、继电保护等方面进行系统地阐述; 低压配电系统主要从系统划分、配电系统及安全供电及保安措施等方面进行系统的阐述。

**关键词:** 炼钢车间; 高压供配电系统; 低压供配电系统

中图分类号: U270.38<sup>+1</sup>

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)03-0064-04

## Discussions on Design of Power Supply System in Steelmaking Workshop

Ren Quan-feng

(Sinosteel Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Baotou 014010,  
Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** The design of power supply system in workshop needs to consider such factors as the reliable power supply, economic rationality, advanced technology and future development. In this paper, such aspects as the design principles and thoughts of high and low voltage power supply systems in steelmaking workshop of a converter project are discussed. The high voltage power supply system is elaborated mainly from such aspects as power distribution system and relay protection as well as the low voltage power supply system is elaborated mainly from such aspects as the system partitioning, power distribution system, safe power supply and security measures.

**Key words:** steelmaking workshop; high voltage power supply system; low voltage power supply system

车间供配电系统的设计应根据生产工艺、规模、负荷性质、容量及发展等因素综合确定。应满足生产和使用所需的供电可靠性和电能质量的要求, 同时还应考虑接线简单可靠、经济合理、技术先进、兼顾未来的发展、具有一定灵活性、能适应生产和使用上的变化及设备检修的需要。本文以某转炉车间为例, 对转炉高、低压供配电系统展开阐述。

### 1 工程概况

某转炉项目炼钢车间新建一座180 t转炉、一台12机12流小方坯连铸机, 预留一套铁水脱硫装置、一套LF精炼炉。

相配套的辅助设施主要有转炉一次除尘系统、二次除尘、三次除尘、地下料仓除尘系统、炼钢连铸

循环水处理、方圆沉淀池、一次除尘泵站等。

## 2 主要用电设备

### 2.1 负荷情况及负荷种类

炼钢车间内工艺设备种类多、数量大而且配置分散。

从车间内外负荷可知,机械设备可分为三种工作制,分别为连续运行工作制、反复短时工作制及间歇运行工作制。

转炉系统中风机、水泵、照明等属于连续工作制的设备,运行稳定,需要系数较高(0.65~0.85),功率因数通常也很稳定,一般可达0.8~0.85;吊车冲击类负荷一般属于反复短时工作制的设备,负荷频繁变化,是供电系统中不稳定的负荷,需要系数低,一般在0.4以下,功率因数也偏低,一般是0.5;检修电源焊机属于间歇运行工作制,检修电源和车间主体设备一般不同时使用,故负荷计算时,不考虑检修电源负荷<sup>[1]</sup>。

### 2.2 负荷等级

电力负荷应根据对供电可靠性的要求,以及中断供电对人身安全、经济上造成的损失影响程度进行分级。

转炉系统氧枪升降、转炉倾动、钢包车、渣罐车、一次除尘风机、余热锅炉给水泵、供炉体、氧枪、烟罩冷却用的水泵等设备为一级负荷。

其他设备均按二级负荷考虑<sup>[2]</sup>。

## 3 供配电系统

### 3.1 高压供配电系统

本工程10 kV开关站内均采用两路电源进线,单母线分段的主接线。这种主接线简单清晰、操作方便、便于扩建,是冶金企业常用的主接线方式。

10 kV/3 kV的配电系统接线方式为放射式接线方式。

#### 3.1.1 10 kV 供配电系统

本工程根据负荷分布情况和深入负荷中心的原则设置两个10 kV开关站。车间内设置炼钢系统10 kV开关站,与炼钢车间主控楼/转炉车间变电所合建;车间外设置炼钢连铸水处理10 kV开关站。

每个10 kV配电系统均采用两路高压电源进线,单母线分段主接线方式供电。正常工作状态时每个开关站的两路电源同时工作,母线分段运行;当一路故障时,另一路可承担相应两段高压母线的全

部负荷。

#### 3.1.2 3 kV 供配电系统

本项目转炉系统除钢水接受跨、加料跨吊车为3 kV吊车,其他跨吊车为380 V吊车。根据吊车负荷情况,设置两台10 kV/3 kV变压器,为这两跨吊车滑触线供电。

3 kV配电系统采用两路高压电源进线,单母线分段主接线方式供电。正常工作状态时两路电源同时工作,母线分段运行;当一路故障时,另一路可承担相应两段3 kV母线的全部负荷。3 kV吊车变电所的两路10 kV进线电源分别引自炼钢车间10 kV开关站两段不同的10 kV母线。

在炼钢主厂房外侧设置一座3 kV吊车变电所,本变电所与炼钢车间主控楼(10 kV开关站)合建。

#### 3.1.3 短路电流计算

由供电部门提供的110 kV变电站的短路数据如下:

系统最大短路电流: $I_{dmax} = 20.926 \text{ kA}$ ;系统最大短路容量: $S_{dmax} = 380.56 \text{ MVA}$ ;

系统最小短路电流: $I_{dmin} = 11.301 \text{ kA}$ ;系统最小短路容量: $S_{dmin} = 205.52 \text{ MVA}$ 。

主控楼10 kV开关站阻抗等效图,见图1。短路电流计算如下<sup>[3]</sup>:

(1)计算系统标么值:

基准值: $S_{jz} = 100 \text{ MVA}$ ;  $U_{jz} = 10.5 \text{ kV}$ ;

$I_{jz} = 5.5 \text{ kA}$

系统最大阻抗标么值: $X_{dmax} = S_j/S_{dmax} = 100/380.56 = 0.263$

(2)计算线路阻抗标么值:

上一级总降至主控楼炼钢系统10 kV开关站距离为: $L \approx 1000 \text{ m}$

选取YJV-8.7/15 kV(3×300)电缆2根。

线路阻抗标么值: $X_{*L} = X_0 L(S_{jz}/U_{jz}^2) \times (1/n) = 0.087 \times 1 \times (100/10.5^2) \times (1/2) = 0.0396$

(3)d1点最大短路电流计算:

$S_{d1max}'' = S_{jz}/(X_{*tmax} + X_{*L}) = 100/(0.263 + 0.0396) = 426.44 \text{ MVA}$

$I_{d1max}'' = S_{d1max}''/\sqrt{3}U_{jz} = 426.44/(\sqrt{3} \times 10.5) = 23.45 \text{ kA}$

$I_{d1max}'' = 23.45 \text{ kA} < 31.5 \text{ kA}$

d1处母线上的最大短路电流按31.5 kA考虑,故炼钢系统各开关站10 kV配电装置母线上的最大

短路电流为 31.5 kA。相关的供配电设备选型按照

上述数据考虑。

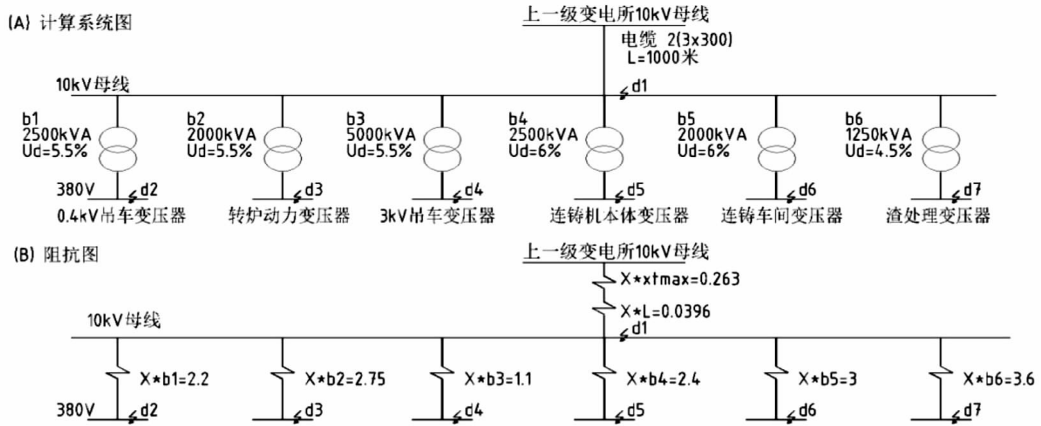


图 1 主控楼 10 kV 开关站阻抗等效图

### 3.1.4 直流系统

各开关站 10 kV 及 3 kV 断路器直流操作机构的分、合闸及继电保护、自动装置、信号装置的电源采用全密封免维护蓄电池直流电源成套装置。

### 3.1.5 综合自动化系统

为提高供配电系统的运行可靠性,简化二次接线,减轻运行维护的工作强度,保证系统的安全运行,在炼钢系统各 10 kV 开关站分别设置综合自动化系统,各带后台一套。其中炼钢车间 10 kV 开关站内的监控系统同时具备对吊车 10 kV/3 kV 变电所的监控功能。

(1) 继电保护。各开关站 10 kV、3 kV 进线设电流速断、过流保护;各开关站母联回路设充电保护;10 kV 变压器馈出回路均设速断、过流、瓦斯、压力释放、温度、单相接地保护。10 kV 馈电回路设速断、过电流和单相接地保护。10 kV 电动机馈出回路设速断、反时限过流和低电压保护。10 kV 电动机馈电回路设差动( $\geq 2000$  kW)、速断、过负荷、低电压和单相接地等保护。

(2) 后台监控系统。后台监控系统主要实现在线监控功能。提供各站内断路器、变压器、直流屏等状态的操作、显示以及实时、历史报表、保护操作、报警事件等的动态显示功能。

## 3.2 低压供配电系统

(1) 系统划分。转炉系统用电设备数量多,容量大,由于受允许设在车间的低压变压器最大容量的限制和低压配电线路压降和投资的合理性的要求,可以将工艺生产线划分成若干区段,再按区段分

系统、分层次进行设计。

本工程从炼钢车间内布置和总图布置粗略可划分为炼钢转炉连铸车间和车间外辅助设施,其中方圆沉淀池在连铸车间内。

炼钢转炉连铸车间可分为转炉车间和连铸车间。转炉车间包括加料跨、转炉跨、钢水接受跨和渣跨;连铸车间包括连铸跨、切割跨和出坯跨。

车间外辅助设施包括转炉一次除尘系统(干法)、转炉二次除尘、三次除尘、地下料仓除尘系统、炼钢连铸循环水处理、一次除尘泵站等。

(2) 配电方式。本工程低压配电方式采用放射式接线方式。

变电所的同组的两台变压器采用单母线分段方式进行配电。每台变压器向 50% 左右的负荷供电,当其中一台检修或故障时,另一台向全部负荷供电。

吊车采用滑触线供电,滑触线采用刚体滑触线及安全滑触线。

低压配电系统应简单可靠,低压的配电级数不宜多于三级。

### 3.2.1 主车间低压供配电

车间内设置两座变电所,一座为转炉车间变电所,另一座为连铸车间变电所。转炉车间变电所与转炉主控楼、转炉 10 kV 开关站共建,设置于转炉加料跨操作平台外侧;连铸车间变电所设置于连铸机操作平台下。

(1) 转炉车间低压供配电。转炉车间内低压供配电系统包括转炉主工艺系统、转炉连铸吊车系统、转炉车间照明系统、转炉车间分散的杂动力负荷等。

转炉主工艺系统包括转炉本体系统、汽化冷却系统、散装料下料系统、地下料仓上料及高跨上料系统等。

照明系统包括转炉车间照明、主控楼照明和各小房子照明,照明负荷宜与动力负荷合用变压器,但不宜与较大冲击性负荷合用。本工程仅建设一座转炉,动力负荷容量适中,照明负荷可与车间动力负荷共用变压器,故设置两台动力变压器为车间主工艺系统、车间照明和车间杂动力等负荷供电。

由于吊车属于冲击类负荷,启动时电压波动较大,故 380 V 吊车系统单独设置两台变压器。变压器为转炉车间各跨 380 V 吊车和连铸车间各跨 380 V 吊车供电。

变压器的容量可根据需要系数法进行计算,本工程用电负荷大多数为二级负荷,故每组设置两台变压器,要求一台变压器能承担全部负荷,正常运行时,每台变压器的负荷率为 45% ~ 55%。另外,变压器选择时,同时需要考虑所带负荷中最大电机的启动容量不超过变压器的过负荷能力。变压器采用油浸变压器。

(2) 连铸车间低压供配电。连铸机本体电控随设备成套,本文对于成套设备连铸机本体的供配电不做阐述。

从转炉变电所为连铸车间负荷供电比较远,而且方圆沉淀池负荷容量较大,考虑到电机压降和成本问题,在连铸机平台下设置连铸车间变电所,内设两台干式变压器为连铸车间照明系统、连铸车间分散的杂动力负荷和方圆沉淀池等负荷供电。

(3) 车间照明及杂动力配电。在以往的工程中车间照明、车间杂动力分别采用照明干线/封闭母线、动力干线/封闭母线供电,照明干线/封闭母线、动力干线/封闭母线通常设置于厂房屋架下弦,投产如若增加负荷,干线/封闭母线不易施工,不易日常维护,而且封闭母线造价较高,故此工程不采用干线/封闭母线供电。转炉车间照明箱分别由转炉车间变电所或连铸车间变电所配电柜配电;车间杂动力负荷根据用电负荷的分布情况及车间检修电源的设置,在负荷集中的区域设置动力配电箱,配电箱采用放射式接线方式供电,配电箱电源由转炉车间变电所或连铸车间变电所配电柜配电。

### 3.2.2 车间外辅助设施低压供配电

车间外辅助设施低压供配电包括转炉一次除尘系统、转炉二次除尘、三次除尘、地下料仓除尘系统、炼钢连铸循环水处理、一次除尘泵站等。其中一次

除尘电控随设备成套,仅提供三路 10 kV 高压电源,两路为两变压器供电,一路为 10 kV 除尘风机供电。本文对于一次除尘成套设备的供配电不做阐述。

在炼钢连铸循环水处理设置变电所,此变电所与水处理 10 kV 开关站合建,变电所设置两台变压器,变压器分别为炼钢、连铸 380 V 水泵电机、冷却塔、过滤器等设备供电,并为一次除尘泵站、二次除尘、三次除尘、地下料仓除尘等各提供两路低压电源。

### 3.3 电容补偿

为了减少线路能耗损失,充分发挥各级变配电设备的效率,采用高低压混合式补偿原则以提高各变配电的功率因数。380 V 低压侧除吊车补偿至 0.87,其他负荷均补偿至 0.92,10 KV 高压侧补偿至 0.95。

### 3.4 安全供电及保安措施

#### 3.4.1 安全供电原则

本炼钢连铸系统的用电负荷大部分为二类负荷,为保证生产的连续性和稳定性,要求外部提供安全可靠的供电电源<sup>[4]</sup>。此外,应当尽量考虑非电性保安措施,以确保重要设备能安全停产,并避免危及人身伤亡事故的发生。保安应急措施的设置,不考虑重复事故的情况。

#### 3.4.2 安全供电措施

(1) 供电电源。对于一类负荷,采用两路电源供电。两路电源分别引自变电所不同的变压器和母线段。

此外,对特别重要的一类负荷,为保证其正常运行,采取以下特殊措施:当出钢或出渣过程停电时,可利用 EPS 不间断电源将转炉四台电机制动器打开,转炉依靠自重复位,使转炉处于安全位置。

氧枪设事故提枪电机,氧枪提升过程中停电时,用交流不间断电源 EPS 的保安电源作为紧急用电负荷。

供炉体、氧枪、烟罩等冷却用的水泵设安全水塔,冷却过程中停电时,由安全水塔提供冷却水。

对于二类负荷,采用两路电源供电。

(2) 基础自动化控制系统。基础自动化控制系统等重要控制设备采用不间断电源(UPS)供电,保证供电的可靠性,蓄电池持续放电时间为不小于 30 min。

(下转第 85 页)

钢卷直径,旋转机械臂工件坐标系 X、Y、Z 轴的角度改变真空吸盘与钢卷的接触位置,使真空吸盘上端的滚轮与钢卷直接接触<sup>[1]</sup>。调整真空吸盘与钢卷接触的相对高度,保证标签粘贴后标签纸的侧边与钢卷径向保持平行,而且标签纸中间不出现鼓包现象。调整过程中将夹具装置通过手动运行到贴标位置,分制调整每个轴的角度,最终达到预期效果。

### 3.3 错误处理程序应用

为了保证正常的生产节奏,增加了错误处理程序<sup>[2]</sup>。在机械臂开始运行过程中,如果出现取不到标签、标签掉落、标签上的二维码模糊等问题时,机械臂运动控制程序会自动跳到错误处理程序中,根据当前所处位置进行判断,避开现场障碍物自动选择合适路径回到原点位置。当机械臂运行自动错误程序回到原点后,就会将信号发送给 PLC,同时三色警示灯发出报警,需要人为介入确定报警原因,排除报警原因后,复位报警后即可正常投入生产<sup>[3]</sup>。

## 4 自动贴标签系统应用效果

采用机械臂代替人工完成自动贴标签工作,极大地提高了贴签效率和准确度,减少了贴签过程中的打错签、贴错签现象,避免了操作人员与现场吊车的交叉作业现象,有效减少现场的安全隐患,提高了

生产过程的安全性,促进了企业安全生产规范化建设。同时,锻炼了一支公司范围内具有自主研发能力和智能制造项目维护能力的队伍。此外,自动贴标签系统实现了现场全自动标准化作业,解放了操作人员的双手。每个生产班组可以减少使用 1 名现场工人,共计 4 人。按照每人年均工资 8 万元计算,预计每年可节省 32 万元人工成本,缓解了该区域人员紧缺现象。

## 5 结束语

实践证明,采用自动贴标签系统,可以提高设备作业效率,实现标签粘贴标准化作业,降低操作人员的劳动强度,保证人员的生命安全,具有极强的现场实用性以及良好的推广前景,并适用于有同类项目开发单位。

### 参 考 文 献

- [1] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构(C语言版)[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- [2] 龚仲华,龚晓雯. ABB 机器人编程全集[M]. 北京:人民邮电出版社,2017.
- [3] 天贵福,林燕文. 工业机器人现场编程:ABB[M]. 北京:机械工业出版社,2017.

(上接第 67 页)

## 4 结语

本文针对炼钢车间高、低压供配电设计原则和设计思路进行了阐述。在供配电系统设计中既要满足供电可靠性高、技术先进等要求,同时还要考虑投资低和兼顾未来发展等方面的因素,故设计时需要综合权衡、取舍,方可实现最佳的供配电方案。

### 参 考 文 献

- [1] GB 50052—2009,供配电系统设计规范[S].

- [2] 耿毅. 工业企业供电[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [3] 工业与民用供配电设计手册[M]. 北京:中国电力出版社,2016.
- [4] 钢铁企业电力设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.