

# 高炉炼铁工程供配电系统设计

访中冶赛迪电气技术有限公司教授级高级工程师徐坚

■ 胡 颖/本刊记者



徐 坚 教授级高级工程师  
中冶赛迪电气技术有限公司

高炉炼铁工艺具有不间断连续生产的特点，电源的可靠性对保证不间断连续生产至关重要。提高供配电系统供电的可靠性，是高炉炼铁工程电气设计需要充分考虑的重要问题。

近年来，伴随着我国社会经济的高速发展，以生产生铁为主要目的的冶金高炉炼铁工程得到了快速建设，并投入生产。本刊记者特别邀请了中冶赛迪电气技术有限公司教授级高级工程师徐坚先生，请他以高炉炼铁工艺为研究对象，并结合多年从事高炉炼铁工程电气和自动化设计所积累的经验以及国家相关标准、规范，对高炉炼铁工程供配电系统电气设计特点、供配电系统设计原则和方法进行系统性总结和阐述，以期对高炉炼铁工程配电系统设计提供借鉴和参考。

**电气应用：**您好！非常感谢您在百忙之中接受我刊的采访！在钢铁企业中，一些重要生产设备如高炉、焦炉和转炉都有各自独立的供配电系统。供配电系统可以直接为生产提供电源，并负责合理分配相关设备的用电负荷，是保证生产设备持续稳定运行的重要环节。首先请您介绍一下高炉炼铁工程供配电系统设计时的主要特点。

**徐坚：**高炉炼铁工艺具有不间断连续生产的特点，电源的可靠性对保证不间断连续生产至关重要。电源系统因故障意外停电，可能会导致高炉喷铁渣，并烧损风口，或者因煤气压力升高而得不到快速泄压，从而引起煤气爆炸和泄漏等危害人身安全的恶性事故；另外，电源系统故障停电也会导致控制系统失去控制和监视，对迅速发现故障点并及时开展应急处理和施救造成阻碍，还会对事故的后续分析和查明事故原因造成不利影响。因此，提高供配电系统供电的可靠性，是高炉炼铁工程电气设计需要充分考虑的重要问题。

由于高炉炼铁工程各种生产设备和辅助生产设备较多，地域分布较为分散，因此，合理地设置高、低压供配电电气室，减少电缆线路电压损失，提高供电的安全性，也显得十分重要。

在高炉炼铁工程中，一些大型成套设备（如鼓风机系统、煤气余压发电系统和空压机系统等）的供电系

统设计和供货往往由设备供应商负责完成。因而在高炉炼铁工程配电设计阶段需要协同配合的设计单位较多。在供配电系统设计的一致性方面，有必要作出统一规定。

**电气应用：在高炉炼铁工程的供配电系统设计时需要考虑哪些因素？**

**徐坚：**高炉炼铁工程的供配电系统设计时主要考虑如下因素：

#### (1) 负荷分级

按照GB 50052—2009《供配电系统设计规范》对电力负荷分级的规定，并结合高炉炼铁工程的生产特点，在高炉炼铁工程中，应将高炉出铁、高炉鼓风、煤气燃烧和输送、煤气紧急切断和放散以及高炉水冷却等生产设备、自动化控制设备和消防设备等定义为一级负荷，由相互独立的双重电源供电；个别炉容4 000 m<sup>3</sup>以上的大型高炉工程还增设有柴油发电机，为高炉一级负荷中的出铁设备、煤气紧急切断和放散设备、高炉水冷却设备、鼓风机润滑设备以及自动化控制设备等重要负荷提供应急电源。上述设备以外的其他一般生产用设备定义为二级负荷，由双回路电源供电；而用于生产检修的设备应定义为三级负荷，可由单路电源供电。

#### (2) 供电电源和电压等级

高炉炼铁工程供电电源一般应结合当地电网状况、用电负荷性质、负荷容量以及送电距离等因素，由外部35 kV或110 kV变电站提供双重或二路电源，二路电源进线应取自不同的外部变电站或外部同一变电站的不同母线段。双重或二路电源进线宜采用相同电压等级，并经高炉区域变电站进行35 kV/10 kV或110 kV/10 kV变压后，向高炉内部各个电气室提供10 kV电源。

高炉炼铁工程内部的配电系统一般应采用10 kV、380 V和220 V（单相）的电压。

**电气应用：针对您提到的10 kV和380 V/220 V配电系统，请介绍一下配电范围和如何设置电气室，并谈谈其运行方式是怎样的？**

**徐坚：**高炉炼铁工程主要包括矿焦槽、上料及炉顶布料、高炉本体、出铁场、炉渣处理、热风炉、煤气净化、煤气余压发电、循环水、鼓风机和喷煤等主体工艺设施，以及碾泥、除尘、压缩空气供应和设备维修等辅助生产设施。10 kV和380 V/220 V用电设备多，分布地域广。为减少线路电压损失，提高供电的安全性，需要设置多个10 kV和380 V/220 V配电系统，并安装相应配电设备的电气室，为高炉炼铁用电负荷提供10 kV和380 V/220 V电源。10 kV和380 V/220 V配电系统应尽量

深入用电负荷较为集中的中心区域，380 V/220 V配电设备至最远处380 V用电负荷的距离不宜大于300 m，且还应当验算电缆线路电压降是否满足国家规范要求。

高炉炼铁工程的电气室一般包括中央电气室、矿焦槽电气室、循环水电气室、鼓风机电气室、煤气净化电气室、炉渣处理电气室以及除尘电气室等。各电气室采用单层或多层建筑形式，设置有通风空调设备、火灾报警设备，电缆进出线采用架空或埋地敷设方式。

高炉炼铁工程10 kV和380 V/220 V供配电系统典型主结线形式如下图所示。

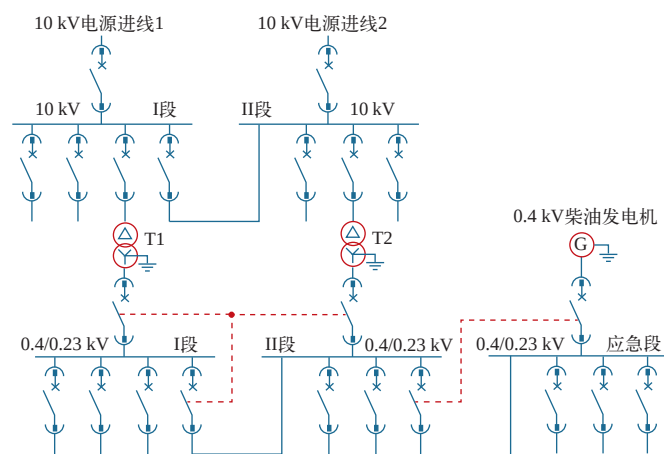


图 高炉炼铁工程10 kV和380 V/220 V供配电系统典型主结线

图中，各种10 kV断路器柜、10 kV/0.4 kV变压器以及380 V/220 V配电柜分别设置在各个电气室中。10 kV配电系统两路10 kV进线取自高炉区域35 kV或110 kV变电站10 kV系统不同母线段，每一路进线都能够承担起供电范围内所有一级和二级负荷容量。10 kV配电系统采用单母线分段（I段、II段）接线形式，正常运行时，两段母线同时向10 kV电动机和10 kV/0.4 kV变压器供电，此时母线联络断路器断开；当其中一段母线因突发故障停止供电后，闭合母线联络断路器，接通另一段母线，使断电的母线段继续通电运行。进线断路器与联络断路器在设计时一般设置有联锁关系，通常情况下只能闭合其中两个断路器。

380 V配电系统通过两台10 kV/0.4 kV变压器转化而来，变压器两路10 kV进线分别取自10 kV配电系统不同母线段（I段、II段）。每一路10 kV进线和10 kV/0.4 kV变压器都能够承担起供电范围内所有一级和二级负荷容量。380 V/220 V配电系统也采用单母线分段（I段、II

段)接线形式,运行方式与10 kV相同,不再赘述。

另外,在一些大型高炉工程中,还增设0.4 kV柴油发电机,当两路380 V/220 V电源因故障都中断供电时,发电机在30 s内自动启动并达到额定转速、电压以及频率,为一级负荷中的重要负荷提供应急电源。设计时宜单独设置应急母线段,将需要应急电源保障的重要一级负荷集中接在应急母线段上,以增加供电可靠性。应急母线段联络断路器与发电机电源进线断路器在设计时一般设置有联锁关系,通常情况下只能闭合其中一个断路器,且联络断路器应选4极。

### 电气应用:在高炉炼铁工程供配电系统设计时应遵循哪些原则?

**徐坚:**在高炉炼铁工程供配电系统设计时具体应遵循如下原则:

#### (1) 配电级数

高炉配电级数不宜过多,应符合GB 50052—2009《供配电系统设计规范》中的相关规定,否则会带来继电保护整定困难以及因系统复杂导致的供配电可靠性降低、系统操作频繁和管理不便等问题。10 kV配电系统配电级数一般宜设计成两级,即从高炉区域变电站10 kV配电至高炉各个电气室,再从电气室配电至各10 kV电动机和10 kV/0.4 kV变压器;380 V/220 V配电系统配电级数一般设计成不超过三级,即从高炉各电气室380 V/220 V配电柜至电气室电动机控制柜或分配电柜,再从电动机控制柜或分配电柜配电至各380 V电动机或现场配电箱,最后从现场配电箱配电至现场用电设备。

#### (2) 负荷计算

高炉工程二级及以上负荷居多,同时,考虑到简化配电系统操作运行程序、提高设备使用寿命以及为用户日后增加设备留有余地等因素,在进行线路和变压器容量计算时,宜按照一路电源故障,另一路电源能承担供电范围内全部负荷进行。另外,检修设备、消防设备以及备用设备不要算入计算负荷中。因为在使用检修设备和消防设备时,会人为停止一部分工作设备和切除一部分非消防负荷,而备用设备一般不会和工作设备同时运行。

#### (3) 应急电源供电

目前,高炉工程一般都为自动化控制系统、重要部位的显示仪表以及火灾报警系统等仅允许毫秒级停电且容量不大的负荷设置了UPS(不间断电源),作为两路电源停电后的应急电源。个别大型高炉工程应业主要求设置了0.4 kV柴油发电机,为允许秒级停电且容量较大的重要负荷提供应急电源。高炉炼铁生产具有不间断连

续生产、高温和高压的特性,且存在煤气泄漏危及人身安全的风险,为保障安全生产,在高炉工程中,应该根据高炉一级负荷中重要负荷的容量、允许停电的时间以及负荷类型设置柴油发电机(或EPS)以及UPS,作为一级负荷中的重要负荷在两路电源停电后的应急电源,且UPS的380 V或220 V进线宜引自应急母线段。与因停电造成的各种事故损失相比,在应急电源系统上的资金投入是值得的。

在选择柴油发电机时,应分别按照稳定用电负荷、最大单台电动机或成组电动机启动时的尖峰电流以及(电动机启动时)发电机母线允许的电压降计算发电机容量,并取其中的最大计算值作为容量确定的主要依据。高炉工程需要柴油发电机提供应急电源的较大容量电动机主要包括出铁液压泵、热风炉液压泵以及炉体水冷却泵等。

高炉工程的柴油发电机以及UPS等应急电源配电系统宜集中设置,一般应设置在对重要负荷供电相对集中的中央电气室。

#### (4) 两路电源切换方式

10 kV配电系统单母线分段运行时,当一段母线停止供电时,为防止停电范围进一步扩大,母线联络断路器一般都在通过停电原因确认后手动合闸,使断电的母线段继续通电运行。

380 V/220 V配电系统单母线分段运行,当一段母线停止供电时,为减少停电时间,母线联络断路器宜自动合闸,使断电的母线段能迅速恢复供电,但变压器低压母线发生短路故障时不应自动合闸。当两段母线都停止供电时,柴油发电机自动启动,向接在应急母线段上的重要负荷提供应急电源。

#### (5) 无功补偿

根据GB 50052—2009《供配电系统设计规范》中的相关规定,高炉工程宜设置无功补偿装置,将功率因数补偿至不低于0.9。同时,应考虑煤气余压发电机和鼓风机同步电动机对无功功率补偿的贡献作用,避免过补偿。

#### (6) 接地

高炉工程380 V/220 V配电系统宜采用TN—C—S接地,PE线在380 V/220 V配电柜内N线进行接地后,与N线分开。同一个电气室内的多个10 kV/0.4 kV变压器,应进行单点接地,以避免在系统内部产生杂散电流。柴油发电机房独立于高炉电气室单独设置时,发电机配电系统应进行单独接地。**EA**