

首钢京唐钢铁联合有限责任公司 发、供电系统研究与应用

□ 北京首钢国际工程技术有限公司 刘燕

摘 要：首钢京唐是迄今为止国内钢铁企业范围内，一次性建设规模最大、产品与设备水平定位最高的超大型钢铁厂。其特点是：全厂的负荷大、单机容量大、用电负荷的性质复杂，对电网质量及供电可靠性的要求较高。本文从全厂的用电规模、用电特点、二次能源利用、用电可靠性、电能质量保证措施入手，充分考虑钢铁企业二次能源的再利用，确立了全厂的总体发、供电方案。

关键词：供电系统 能源二次利用 发电 用电可靠性 电能质量

1 工程概述

首钢京唐钢铁联合有限责任公司钢铁厂（以下简称“首钢京唐”）项目是纳入国家“十一五”规划纲要的重点工程。是我国钢铁业提高自主创新能力、发展循环经济的具体体现，有利于提高我国钢铁业的国际竞争力，有利于首钢通过新的载体实现稳定和可持续发展。该项目设计年产铁898万吨、钢970万吨、钢材913万吨。首钢京唐钢铁联合有限责任公司，是迄今为止国内钢铁企业范围内，一次性建设规模最大、产品与设备水平定位最高的超大型钢铁厂。其特点是：全厂的负荷大、单机容量大、用电负荷的性质复杂，对电网质量及供电可靠性的要求较高。

2 全厂用电负荷

钢铁行业具有高耗能、生产连续的特点，电力负荷以一类负荷和二类负荷为主，内部各种精炼炉、冷轧、热轧生产线等大功率非线性负载对电力系统的供电质量和可靠性提出了极高的要求。首钢京唐供电系统中电力负荷多数属于一、二级，要求采用两个独立电源供电；对特殊重要的负荷要求两个独立电源点供电。主要工艺生产设施设置见表1。

表1 京唐主要工艺生产设施配置表

序号	工艺设施名称	数量	能力（104t/a）	备注
1	原料场	2	2699.0	设置主、辅料场
2	60孔7.63m焦炉	4	380	-
3	500m ² 烧结机	2	1015.3	-
4	504m ² 带式焙烧机	1	366.6	-
5	5500m ³ 高炉	2	898.2	-
6	300t转炉	4	970	-
7	2250mm热连轧	1	546	-
8	1580mm热连轧	1	400	-
9	2230mm冷轧厂	1	215	-
10	1700mm冷轧厂	1	150	-
11	1550mm冷轧厂	1	100	-
12	活性石灰	3	54	-
13	废钢加工间	1	-	-

除此之外，配套的公辅设施有：燃气系统、热力系统、水系统、氧气系统、发、供电系统。

3 供电系统

京唐公司电力负荷密度大，一期项目全面投产后的平均负荷将达到700MW以上。为减少变电所建设数量，节约土地和资金，提高电网的供电能力和可靠性，钢铁厂最终将最高等级电压定为220kV，

主供电网采用110kV电压等级，可以减少与电网公司直接联网的变压器数量，减少基本容量费，根据全厂计算负荷，在厂区内建设两座220kV变电站：铁钢站、轧钢站；将220kV电源变为110kV电源向厂区11个110kV变电站供电。每座220kV变电站内分别设置3台主变压器，并预留一台主变压器的位置，总容量达到1440MVA。



图1 京唐220kV变电站110kVGIS室

为深入负荷中心供电，全厂共设置了四座110kV区域性总降压变电站和七座110kV车间级降压变电站。在原料、焦化区域设置了一座110kV区域性总降压变电站，为原料、焦化、码头、铁区空压站等负荷供电。在炼铁区域设置了一座110kV区域性总降压变电站，为炼铁的上料系统、高炉系统、炼铁动力系统站、空压站、炼钢干法除尘、炼钢LF炉、生产指挥中心等负荷供电。在炼钢区域设置了一座110kV区域性总降压变电站，为炼钢、连铸、石灰窑、污水处理、废钢加工间等负荷供电。在烧结、球团区域设置了一座110kV区域性总降压变电站，为烧结车间及除尘风机、球团、海水淡化、集中热交换站、码头、综合处理厂及厂区仓库等负荷供电。在高炉鼓风机站、制氧站、2250热轧车间、1580热轧车间、2230冷轧车间、1700冷轧车间、1550冷轧车间各设置一座110kV车间级降压变电站。每座站内的主变按N-1原则设置，当其中一主变出现事故或检修时，其余的主变能够带本站内的全部负荷。1#~4#站110kV侧采用双母线，10kV侧因出线回路较多，采用单母线分段接线方式。每个站均设置3段母线，两个母线联络开关，便于负荷的分配与平衡。110kV车间变电站110kV侧采用线路—变压器组的接线方式，

既简化了系统，满足了可靠性，又减少了投资，方便了维护。

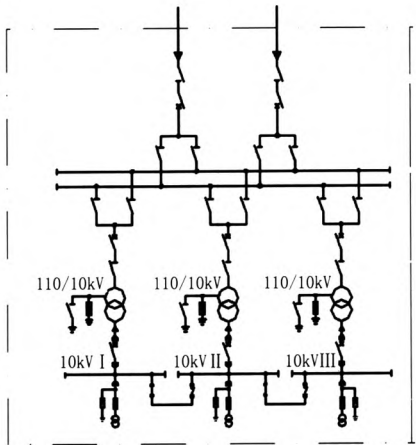


图2 1#~4# 110kV变电站典型接线图

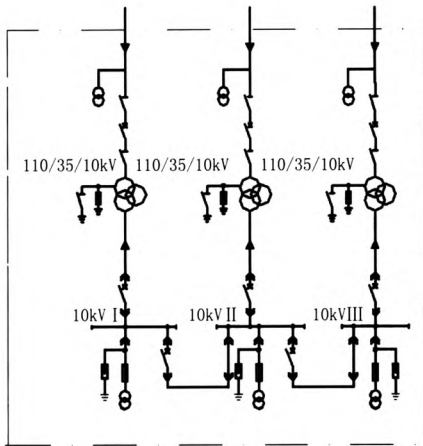


图3 车间110kV变电站典型接线图

4 发电设施与二次能源利用

钢铁产业是国民经济的重要基础产业，是实现工业化的支撑产业，是技术、资金、资源、能源密集型产业，是典型的耗能和排放大户。据统计，1950年前，全球钢铁产量不到2亿吨，但近年来钢铁产量迅速攀升，二氧化碳也随之大量排放。2007年全球粗钢产量13.44亿吨，二氧化碳的排放量约为

22.9亿吨。2009年我国粗钢产量为5.6亿吨，能源消耗约占全国总能耗的16%，占工业总能耗的23%。在钢铁产量依然增加的情况下，节能减排形势也日益严峻，如何更加高效利用二次能源是钢铁工业节能减排工作的重要内容。

首钢京唐实现了企业内、外物质、能量的循环利用。在生产过程中产生的焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气全部回收利用，除用于焦炉、炼铁热风炉、炼钢白灰窑筒窑、轧钢等生产外，利用富余的煤气进行发电。通过回收煤气的再利用，建设两套CCPP发电机组，两套燃煤—燃气混烧供热发电机组，使钢铁厂产生的富余煤气全部得到利用。利用回收的干熄焦高温余热发电，建设两套干熄焦余热发电机组；利用高炉炉顶煤气余压发电，建设两套TRT发电设施。

首钢京唐利用二次能源发电的另一工程实例是海水淡化工程的发电效益。2×25MW发电机组是以汽轮发电机组的排汽作为海水淡化热源，以海水淡化装置作为汽轮发电机组的凝汽器使用，并达到两者协调运行，这在国内冶金行业中尚属首次。此项目将充分利用中温、中压蒸汽的做功能力发电并将汽轮机背压排汽供给4×12500吨/日海水淡化装置制备除盐淡水。该项目建成后将成为公司实现节能减排和循环经济的又一个亮点。

利用二次能源，全厂设置了五套发电设施：2×300MW煤-气混烧自备电站、2×150MWCCPP燃气-蒸汽联合循环发电（待建）、2×38MWTRT高炉煤气余压发电、2×30MWCDQ干熄焦发电和一套海水淡化2×25MW发电机组。自备电站内设有两套300MW的发电机组，1#、2#机组通过双回110kV线路分别并入1#（铁钢）、2#（轧钢）220kV变电站，CCPP发电设有两套150MW的发电机组，通过单回110kV线路分别并入1#（铁钢）、2#（轧钢）220kV变电站。由于采用了110kV并网方案，在电气总体设备数量减少、电缆线路长度减少等方面均取得可观的经济效益。

由于采用了110kV并网方式，每台300MW机组只需配置一台20kV/110kV的升压变压器升压至110kV，通过110kV电缆将电能直接输送至各110kV变电站。如果发电机组采取220kV并网方式，则需

要配一台20kV/220kV的变压器升压至220kV，通过220kV电缆将电能输送至220kV变电站，再经过站内220kV变压器将电压降至110kV，通过110kV电缆向各110kV变电站供电。通过两种方式对比可以发现，采用110kV并网的方式可以节约变压器（包括升压变、启备变），和220kV电缆投资。另一方面，由于不需要经过220kV变电站的二次变压，直接通过110kV供电，缩短了供电距离，减少了变压次数，极大地降低了220kV变电站内变压器的负载率，有效降低了变压器和线路的损耗，提高了220kV变压器寿命，从运行成本看也是极为经济的。

经计算，上述通过综合利用建设的发电设施，每年发电量可达到55亿千瓦时，占首钢京唐总用电量的94%，基本不需要外购电即可满足钢铁厂生产的用电。

5 谐波治理与无功补偿

为减少无功冲击负荷的影响，提高供电系统的电能质量，全厂遵循谐波就地治理的原则，在轧钢车间主传动采用交-直-交变频调速方式，从根本上解决了无功冲击负荷所带来的影响。在LF炉和轧钢辅传动系统，采用静止式动态无功补偿装置（SVC）或滤波装置（FC）进行现场治理，使之满足国标要求。

为提高功率因数，除了利用发电机及同步机的补偿作用外，全厂还考虑了采用分散与集中相结合的方式无功补偿，使功率因数达到0.92以上。考虑二次能源利用，在厂区内利用二次能源发电；既可节能降耗，降低煤气排放量，减少污染；又可供厂区内无功负荷，提高功率因数。

6 主要先进技术措施

（1）220kV、110kV采用先进的GIS组合电器，减少占地。

（2）采用先进的综合保护技术及变电站综合自动化系统，提高供电可靠性，实现变电站无人化。

（3）采用线路——变压器组接线方式，简化系统，提高可靠性，减少设备投资。

（4）300MW发电采用110kV并网，这在国内电力系统中是没有的，在企业电网中也比较少见。

（5）所有谐波源就地治理，保证电能质量。

(6) 110kV供电伸入负荷中心,减少电能损耗。

(7) 轧钢主动系统采用交-直-交变频方式,减少谐波发生量。

(8) 中压系统采用小电阻接地方式,降低了对电气设施绝缘水平的要求。

(9) 采用提高变压器阻抗电压并结合电抗器的方法来限制短路电流。

7 结论

目前首钢京唐电力系统充分发挥300MW机组的缓冲优势,提高二次能源利用率和发电量。围绕300MW热发电机组煤气掺烧比降低发电成本这一中心任务,首钢京唐编制了300MW发电机组96点发电负荷曲线,尽量做到峰段不购电,谷段不送电。据统计,首钢京唐在2012年自供电率水平一直保持在95%以上。

首钢京唐整个供电系统自投入运行以来,电能质量达标、设备运行稳定,在系统构成、谐波治理、二次能源利用等方面均有创新,取得了很好的运行效果和经济效益,希望首钢京唐供配电系统的设计能为大型钢铁厂的供电系统设计提供借鉴经验。

参考文献

- [1] 中国城市供电接地方式学术研讨会论文汇编,2006.3.
- [2] 钢铁企业电力设计手册,冶金工业出版社,1996.1
- [3] 电力工程电气设计手册,水利电力出版社,1989.12.

作者简介

刘燕(1965—),女,教授级高级工程师,研究方向为电力系统与电网,现从事电气自动化设计与技术管理工作。