

行车滑触线采用3 kV供电在炼钢厂的应用

对行车滑触线采用3 kV供电在宝钢新疆八一炼钢厂的应用作了介绍。一般行车采用3 kV或380 V供电，3 kV供电线路负荷电流比380 V供电线路负荷电流小很多，可减小供电电缆截面积和滑触线截面积，同时减少供电电缆的数量，供电线路损耗也相应减少，节省了工程投资和运行成本。

丁健雄/宝钢工程技术集团有限公司



丁健雄/工程师

0 引言

炼钢厂根据生产工艺需求，配置行车设备来承担吊运生产设备、生产原料和成品的工作。大中型炼钢厂根据生产规模的要求，一般配置大型行车来满足生产的运行，行车容量可达几百吨，额定总电动机功率可达几兆瓦。为满足行车吊运周转需求，每个生产跨需要配置2~3辆行车。行车采用滑触线为其供电，供电电压一般为380 V，大型行车的工作电流大，为能满足行车的正常生产运行，减小线路压降，电源电缆通常选用大截面积且需要几并的电缆为行车滑触线供电。

为减小电缆截面积、线路压降和电缆的并数，行车滑触线供电电源采用3 kV供电方式，线路工作电流大幅度减小，可节省工程投资和运行成本。本文

就行车滑触线采用3 kV供电在宝钢新疆八一炼钢厂的应用进行介绍。

1 工艺布置

1.1 工艺设备配置

宝钢新疆八一炼钢厂由脱硫跨、加料跨、转炉跨、精炼跨和钢水接收跨组成，厂房长387 m，宽122.5 m。根据近期和远期生产规模和产品大纲的要求，分一期工程 and 二期工程实施。炼钢厂在一期工程实施时按最终厂房规模建成，厂房中预留二期工程的设备安装位置。炼钢厂总配置4套KR搅拌脱硫装置、3套150 t顶底复吹转炉、2套RH真空脱气装置和3套双工位LF精炼装置，其中3套KR搅拌脱硫装置、2套150 t顶底复吹转炉、2套RH真空脱气装置以及2套LF双工位精炼装置为预留。4套KR搅拌脱硫装置布置在铁水脱硫跨，3套150 t顶底复吹转炉布置在转炉跨，2套RH真空脱气装置和3套双工位LF精炼装置集中布置在精炼跨。

1.2 行车设备配置

根据工艺设备的布置，炼钢厂配置3 kV行车规格和数量如表1所示。

表1 炼钢厂配置3 kV行车规格和数量

跨间名称	加料跨	精炼跨	钢水接收跨
行车名称	60/60 t行车1台 60/60 t行车1台（预留） 290/80 t行车1台 290/80 t行车2台（预留）	140/40 t行车1台（预留） 290/80 t行车1台 290/80 t行车1台（预留）	132/50 t行车1台 290/80 t行车1台 290/80 t行车2台（预留）
工作级别	A7	A7	A7
电压等级/kV	3	3	3
装机容量/kW	1 905/3 380（预留）	1 475/2 125（预留）	2 157/2 950（预留）

关键词/Keywords

负荷计算·
电压损失·
刚体滑触线·
检修段·

2 负荷计算

2.1 行车参数性能

行车设备按一期工程和二期工程分步实施，为避免在二期工程中行车滑触线和供电导线的改造影响正常生产，行车滑触线和供电导线按行车最终数量进行设计配置。

由于加料跨、精炼跨和钢水接收跨3 kV行车滑触线供电系统设计基本相同，本文仅介绍钢水接收跨行车滑触线供电的设计。

钢水接收跨行车参数性能如表2所示。

表2 钢水接收跨行车参数性能

行车名称	132/50 t行车				
机构名称	主起升	副起升	主小车	副小车	大车
工作级别	A7	A7	A7	A7	A7
电压等级/kV	3	3	3	3	3
电动机功率/kW	400	132	30	7.5	120
行车名称	290/80 t行车				
机构名称	主起升	副起升	主小车	副小车	大车
工作级别	A7	A7	A7	A7	A7
电压等级/kV	3	3	3	3	3
电动机功率/kW	900	200	60	15	300

2.2 设备功率换算

一般钢铁企业在施工设计阶段采用的负荷计算算法有两种，即需要系数法和二项式法。

根据行车规定的工作条件，在负荷计算时，先将电动机铭牌功率所规定的额定负荷持续率 FC_e 统一换算到持续率为25%时的电动机设备功率，即

$$P_s = P_e \sqrt{\frac{FC_e}{FC_{25}}} = 2P_e \sqrt{FC_e} \quad (1)$$

式中， P_s 为设备功率，kW； P_e 为电动机额定功率，kW； FC_e 为电动机铭牌所规定的额定负荷持续率； FC_{25} 为负荷持续率的25%，即0.25。

132/50 t行车和290/80 t行车换算后的设备功率如表3所示。

2.3 计算负荷

需要系数法公式简单，计算方便，适用于各类变配电所、供配电干线以及长期运行而且负荷平稳的用电设备，不适合用电设备台数少、各台

表3 132/50 t行车和290/80 t行车换算后的设备功率

行车名称	132/50 t行车				
机构名称	主起升	副起升	主小车	副小车	大车
工作级别	A7	A7	A7	A7	A7
负荷持续率 FC_e (%)	60	60	60	60	60
电动机功率 P_e /kW	400	132	30	7.5	120
换算后的设备功率 P_s /kW	620	204	46	12	186
行车名称	290/80 t行车				
机构名称	主起升	副起升	主小车	副小车	大车
工作级别	A7	A7	A7	A7	A7
负荷持续率 FC_e (%)	60	60	60	60	60
电动机功率 P_e /kW	900	200	60	15	300
换算后的设备功率 P_s /kW	1 394	310	93	23	465

间容量相差悬殊的负荷。

二项式法将负荷分成基本部分和附加部分，附加部分受一定数量的大容量设备的影响，适用于机修类、行车类而且工作制度不同时的负荷。

本文采用二项式法的负荷计算，计算公式如下。

有功功率

$$P_{js} = (CP_n) \max + \sum bP_s \quad (2)$$

无功功率

$$Q_{js} = P_{js} \tan \theta \quad (3)$$

视在功率

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad (4)$$

计算电流

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{U_e \sqrt{3}} \quad (5)$$

尖峰电流

$$I_{jf} = I_{js} + KI_{e\max} \quad (6)$$

式中， C 为二项式系数（查钢铁企业电力设计手册P101，表2-4）； P_n 为用电设备组中功率最大的 n 台设备的设备功率之和（查钢铁企业电力设计手册P101，表2-4）； b 为二项式系数（查钢铁企业电力设计手册P101，表2-4）； P_s 为用电设备组的设备功率，kW； $\tan \theta$ 为功率因数角的正切值； U_e 为额定线电压，kV； K 为最大一台电动机的起动电流倍数； $I_{e\max}$ 为最大一台电动机的额定电流，A。

(1) 3 kV供电计算负荷

钢水接收跨3 kV行车负荷计算如表4所示。

表4 钢水接收跨3 kV行车负荷计算

计算名称	计算值	备注
有功功率 P_{js}/kW	2 521	$P_{js} = (CP_n)_{\max} + \Sigma bP_s$, 其中, $C=0.25$, $b=0.22$
无功功率 $Q_{js}/kvar$	1 891	$Q_{js} = P_{js} \tan \theta$, 其中, $\tan \theta = 0.75$ (取 $\cos \theta = 0.8$)
视在功率 $S_{js}/kV \cdot A$	3 152	
计算电流 I_{js}/A	607	
尖峰电流 I_{jt}/A	1 539	$I_{jt} = I_{js} + KI_{c\max}$, 其中, $K=2.5$

(2) 380 V供电计算负荷

如行车采用同样设备功率, 设备电压采用380 V供电, 钢水接收跨380 V行车负荷计算如表5所示。

表5 钢水接收跨380 V行车负荷计算

计算名称	计算值	备注
有功功率 P_{js}/kW	2 521	$P_{js} = (CP_n)_{\max} + \Sigma bP_s$, 其中, $C=0.25$, $b=0.22$
无功功率 $Q_{js}/kvar$	1 891	$Q_{js} = P_{js} \tan \theta$, 其中, $\tan \theta = 0.75$ (取 $\cos \theta = 0.8$)
视在功率 $S_{js}/kV \cdot A$	3 152	
计算电流 I_{js}/A	4 789	
尖峰电流 I_{jt}/A	5 722	$I_{jt} = I_{js} + KI_{c\max}$, 其中, $K=2.5$

(3) 比较3 kV供电和380 V供电的计算负荷

通过表4和表5比较, 同样容量的行车, 线路负荷的计算电流和尖峰电流相差很大, 选择380 V行车的供电电源开关、供电电缆和行车滑触线规格比3 kV行车规格大很多, 供电电缆的数量也要增加很多, 工程投资和运行成本相应增加。

3 进线开关、滑触线和进线电缆

3.1 进线开关

根据3 kV行车负荷计算, 进线开关 $I_{le} >$ 行车负荷计算电流 I_{js} 。

选择进线开关时, 中压真空断路器 $U_e = 12$ kV, $I_{le} = 1\ 250$ A。

3.2 滑触线

根据3 kV行车负荷计算电流 I_{js} , 初选滑触线规格, 滑触线额定电流 $I_{2e} >$ 行车负荷计算电流 I_{js} 。

由于刚体滑触线具有高机械强度、不易弯曲变形、低阻抗、载流量大及能承受强大的短路冲击电流的特点, 且适用于高温、高粉尘和高腐蚀

环境中, 通常工程项目中选用铜导体钢基复合刚体滑触线, 此刚体滑触线具有结构紧凑简单、散热面积大及安装维护方便等特点。

刚体滑触线供电电源点采用滑触线中间 $L/2$ 处供电, 初选铜导体钢基复合刚体滑触线 $U_e = 3$ kV, $I_{2e} = 900$ A, $I_{js} = 607$ A, 且 $I_{2e} > I_{js}$ 。

刚体滑触线电压损失校验具体如下。

按尖峰电流校验滑触线电压损失校验为

$$\begin{aligned}\Delta U_{h1} \% &= \frac{I_{jt} Z L A \sqrt{3}}{U_e F} \times 100\% \\ &= \frac{1539 \times 0.000186 \times 193.5 \times 0.7 \times 1.732}{3000 \times 0.76} \times 100\% \\ &= 2.95\%\end{aligned}\quad (7)$$

按计算电流校验滑触线电压损失校验为

$$\begin{aligned}\Delta U_{h2} \% &= \frac{I_{js} Z L A \sqrt{3}}{U_e F} \times 100\% \\ &= \frac{607 \times 0.000186 \times 193.5 \times 0.7 \times 1.732}{3000 \times 0.76} \times 100\% \\ &= 1.16\%\end{aligned}\quad (8)$$

式中, Z 为滑触线的阻抗, Ω/m (可查滑触线厂家样本); L 为滑触线计算长度, m (滑触线计算长度根据供电形式不同而有所不同, 本文按中间 $L/2$ 处供电); A 为滑触线计算长度系数, 对单台行车系数为1, 两台行车系数为0.8, 不小于三台行车系数为0.7; F 为温度校正系数 (查钢铁企业电力设计手册P786, 表30-46); U_e 为滑触线额定电压, V。

滑触线供电形式一般有以下几种: ①单端供电; ②中间 $L/2$ 处供电; ③两端 $L/4$ 二点供电; ④两端 $L/6$ 处二点供电; ⑤中间和两端 $L/10$ 处三点供电。

3.3 进线电缆

根据3 kV行车计算负荷, 进线电缆额定载流量 $I_{3e} >$ 行车负荷计算电流 I_{js} 。

选择进线电缆ZR-YJV-3.6/6 kV 3 (1×400) mm², 单芯400 mm²电缆载流量在环境温度40℃时为745 A。自配电变压器的低压母线至起重滑触线进线端, 供电电缆长度为0.28 km。

按尖峰电流校验电压损失如下

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{dl}}\% &= I_{\text{jf}} L_{\text{js}} \varepsilon\% \\ &= 1539 \times 0.28 \times 0.005323\% \\ &= 2.29\%\end{aligned}\quad (9)$$

按计算电流校验电压损失如下

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{d2}}\% &= I_{\text{js}} L_{\text{js}} \varepsilon\% \\ &= 607 \times 0.28 \times 0.005323\% \\ &= 0.91\%\end{aligned}\quad (10)$$

其中,

$$\begin{aligned}\varepsilon\% &= \frac{\sqrt{3}}{10U_e}(R\cos\theta + X\sin\theta)\% \\ &= \frac{1.732}{10 \times 3}(0.047 \times 0.8 + 0.091 \times 0.6)\% \\ &= 0.005323\%\end{aligned}\quad (11)$$

式中, U_e 为额定线电压, kV; R 、 X 为三相线路单位长度的电阻和感抗, Ω/km (可查电缆样本); $\cos \theta$ 为功率因数; $\sin \theta$ 为功率因数角的正弦值; L_{js} 为电缆计算长度, km; I_{jf} 为尖峰电流, A。

4 滑触线和进线电缆总的电压损失

根据以上滑触线和进线电缆电压损失的百分值，线路上总的电压损失值：按尖峰电流校验的总电压损失值， $\Delta U_{\text{jf}}\% = \Delta U_{\text{h1}}\% + \Delta U_{\text{d1}}\% = 2.95\% + 2.29\% = 5.24\%$ ，不超过额定电压的12%；按计算电流校验的总电压损失值， $\Delta U_{\text{js}}\% = \Delta U_{\text{h2}}\% + \Delta U_{\text{d2}}\% = 1.16\% + 0.91\% = 2.07\%$ ，不超过额定电压的5%。通过尖峰电流校验和计算电流校验线路电压损失值，完全满足要求。

如初选的滑触线和进线电缆总的电压损失经校验不能满足电压损失要求，可采取以下措施：

- ① 电源线尽量接至滑触线的中部；② 适当增大滑触线截面积或选用的刚体滑触线增设辅助导线；③ 增加滑触线供电点；④ 增大电源线截面积或并若干根电源线；⑤ 重新选择滑触线和进线电缆后

需按照先前的电压损失校验方法重新进行校验。

5 设置滑触线检修段

钢水接收跨行车数量大于2台，在行车需要检修和维护时，为不影响其他行车的正常生产，在滑触线两端设置滑触线检修段，检修段滑触线的宽度满足2台行车检修时的检修宽度。滑触线检修段设置检修电源开关，平时检修电源开关闭合将检修段滑触线与中间段滑触线连上。一旦行车需要检修或维护时，将行车运行至滑触线检修段区域，断开检修电源开关，行车可进行检修和维护。

6 刚体滑触线安装

根据工艺要求确定钢水接收跨刚体滑触线安装位置, 安装于行车驾驶室同侧, 在行车人员上下可能触及的滑触线段, 采取安全防护措施加以防护。

7 结束语

宝钢新疆八一炼钢厂行车滑触线采用3 kV供电, 行车运行稳定、可靠, 线路电流比380 V供电线路电流小很多, 有效降低了供电电缆和滑触线的截面积, 减少了供电电路的数量, 方便了电缆施工敷设, 同时降低了供电电缆和行车滑触线的工程投资。由于线路损耗小, 故节约了工程运行成本。

参考文献

- [1] 陈廷鏢. 钢铁企业电力设计手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- [2] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册 [M]. 3版. 北京: 中国电力出版社, 2005.

(收稿日期: 2018-01-24) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告