最新的海外棒钢型钢轧钢设备用电气产品及驱动控制系统

Latest Electrical Equipment and Drive Control Systems for Bar and Shape Rolling Mills Outside Japan

小粥　史一 OGAI, Fumikazu　　川口　铁平 KAWAGUCHI, Teppei

棒钢型钢的轧钢设备要求操作始终保持稳定。为实现这个目标，需要可提高生产能力的较高的信息处理能力和高速控制，以及可提高成品率的高精度处理。我们本次向海外的联合轧钢机工厂的轧钢设备提供了电气产品和驱动控制系统。为实现生产力较高的稳定操作，使用高速网络与以变频器和控制器为主要设备的系统高精度地连接。另外，为了确保能够从日本迅速提供支持，而嵌入了远程维护支持系统，以便随时收集并浏览操作和控制状态。

Bar and shape steel rolling mills are constantly required of stable operations. Thus the equipment needs high information processing capability and high speed control to improve productivity, as well as highly accurate processing to increase yield. Fuji Electric has delivered electrical equipment and drive control systems for use in the rolling mills of combined mill plants outside Japan. To achieve high productivity and stable operations, its control systems, mainly comprise inverters and controllers, are interlinked with high precision via high-speed networks. Moreover, to provide timely support from Japan, remote maintenance support systems are installed in the systems to continuously collect and inspect operating and control data.

1　引言

日本国内炼铁公司与印度尼西亚企业的合资公司在印度尼西亚建成一座可在相同生产线中制造棒钢和型钢产品的联合轧钢机〈注 1〉工厂。富士电机向该工厂提供了轧钢设备用的电气产品和驱动控制系统。

棒钢型钢的轧钢设备要求始终保持稳定操作，换言之就是实现故障时间较少的自动运行、高效率的操作、不断追求节省人力的自动操作。这种操作和运行要求拥有可提高生产能力的处理大容量信息的能力和高速控制，并拥有可提高成品率的高精度处理功能。富士电机使用以变频器和控制器为主要设备的驱动控制系统对大容量信息进行准确的高速处理，并使用运用高速现场总线的网络与该驱动控制系统高精度地连接，从而实现了稳定操作。

我们使用高速数据收集及解析支援系统“f (s) NIS-DAS”随时对各驱动装置的控制值、机械设备的位置、被检测物的行动等数据进行收集，可以迅速对操作情况的分析及控制状态解析提供支援。另外，还构建了远程支持系统，可以利用互联网从遥远的日本国内富士电机了解现场的情况。

2　轧钢设备的概要

轧钢设备是对原材料钢坯（四棱状铁块）进行加热，使用联合轧钢机进行轧制，从而加工成棒钢或型钢的设备。主要包括：加热炉、18 座连轧机架、切头剪及定尺剪、冷却床、矫正机、冷剪机、精整设备等。

使用该设备制造的产品主要是建筑资材，可生产异形棒钢（12 种尺寸）、圆钢（8 种尺寸）、角钢（15 种尺寸）、槽钢（5 种尺寸）、扁钢（19 种尺寸）等多种产品。**图 1** 是轧钢设备的全景。

图 1　轧钢设备的全景

〈注 1〉联合轧钢机：在一套轧钢设备中通过重新组合轧钢机架和轧辊来轧制多品种棒钢型钢的共用轧钢设备。

3　轧钢设备用电气产品及驱动控制系统

为满足顾客要求规格、实现生产力较高的操作，我们创建了包括约 500 台电动机（总输出 26 MW）、14 台变压器、42 台操作柜的电气产品、105 型变频器及 7 台控制器在内的驱动控制系统。

3.1　电动机

富士电机将共计 20 台变频器驱动感应电动机归为 4 种规格，作为轧钢机用主机电动机供货。**表 1** 是主机电动机按用途及容量的供货台数。

(a)　支持规格
　　JEC–2137–2000

(b)　冷却方式

表 1　各轧制区域的供应电动机数

电动机额定 基本 最高	700 kW 1000 min^{-1} 2000 min^{-1}	900 kW 900 min^{-1} 1800 min^{-1}	1100 kW 900 min^{-1} 1800 min^{-1}	1500 kW 750 min^{-1} 1500 min^{-1}
粗轧	4 台	1 台	1 台	—
中轧	2 台	1 台	2 台	1 台
精轧	—	1 台	4 台	3 台

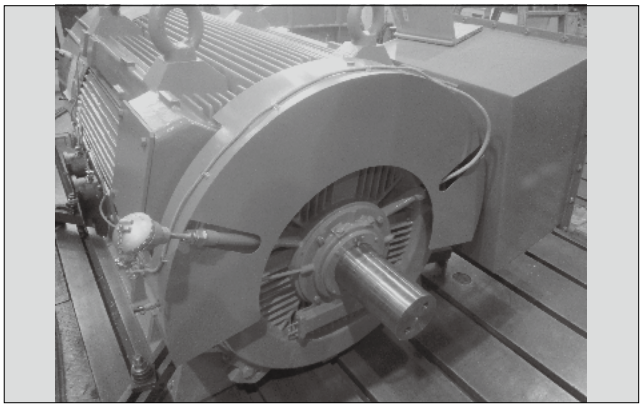

图 2　700 kW 主机电动机的外观

700～1100 kW 电动机：IC416（外力流通外皮表面冷却型）

1500 kW 电动机：IC666（外力流通安装热交换器型，周围使用冷媒）

图 2 是代表性 700 kW 主机电动机的外观。900 kW、1100 kW 的外观也相同。

3．2　驱动装置

富士电机使用了在直流中间电路采取通用电源方式的产业成套设备用变频器。根据容量采用了 2 种变频器，分别是 AC800 V 输出的三电平 IGBT 变频器“FRENIC4400VM5R”（**图 3**）和 AC400 V 输出的 IGBT 变频器“FRENIC4000VM5R”（**图 4**）。

⑴　产业成套设备用变频器的特点

采取直流中间电路通用电源方式经由直流通用母线授受力行(注2)能源与回生能源，有助于成套设备的高效率运行。

为了降低电源侧的高次谐波，轧钢机用转换器中引进了十二相整流方式的二极管转换器。

而且，为了提高维护性，设计成全部可从柜子正面对装置进行维护。正面设有带液晶显示器的触摸面板，方便进行运行、监视、维护操作。

支持软件拥有图表用模拟输出功能、电脑加载器、高速数据收集系统等。

⑵　三电平 IGBT 变频器“FRENIC4400VM5R”

这是 AC800 V 系的通用电源方式变频器，利用三电平 PWM 控制来抑制高次谐波和转矩脉动，降低对电动机及机械侧的影响。本项目中的特殊规格如下。

⑻　参数切换功能

本项目中装有组合机架，用一个轧钢机架切换 2 种电动机来使用。过去采用 1 台主机电动机对应 1 台变频器的结构，本项目为了确保系统简洁，节省保全作业的人力，采用了以 1 台变频器切换驱动 2 台不同规格电动机的结构。为了实现这种效果，我们对设定区域进行扩展，以便能够在变频器内设定 2 种电动机的控制参数，从而切换参数来使用。

〈注 2〉力行：将电动机动力传递给负载侧的状态

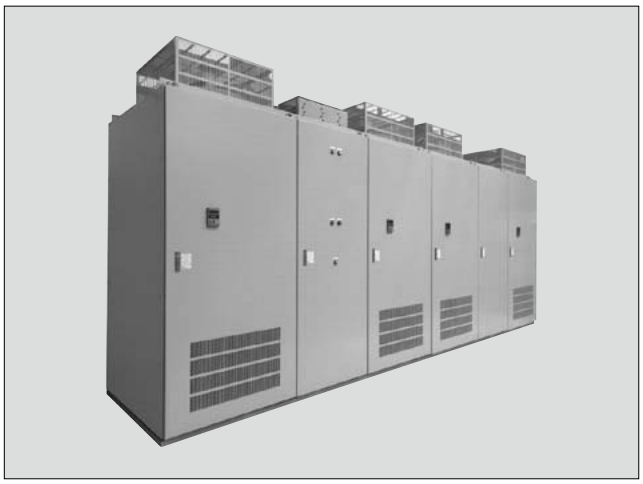

图 3　“FRENIC4400 VM5R”

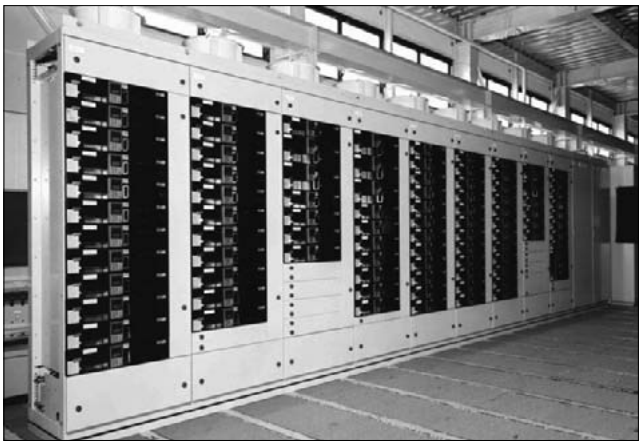

图 4　“FRENIC4000VM5R”

⑹　利用“FRENIC4400VM5R”驱动剪切机

过去辅机电动机通常用 AC400 V 系变频器进行驱动，但是电动机输出相对较大的用于切断钢材前端和后端的切头剪，以及用于将钢材切割为规定长度的定尺剪则使用 AC800 V 系变频器进行驱动，并将其与轧钢机驱动用直流中间通用电源连接。这样，便可降低输出电流，降低整体的转换器数量和容量，从而减少电缆，节省柜子的空间。另外，切头剪和定尺剪上使用了新开发的小容量（650 kVA）变频器，对容量选定进行了优化。

⑶　多层堆叠低压 IGBT 变频器“FRENIC4000VM5R”

这是 AC400 V 系的通用电源方式变频器，300 kVA 以下的变频器采用可插入的单元方式，因此每个柜子最多可容纳 12 台单元。可同时存在不同容量的单元，或者同时存在矢量控制与 V/F 控制，在成套设备中使用大量小容量变频器的情况下可有效节省空间。

另外，采用了在各柜子顶部使用通用风扇进行冷却的设

计，而不是在各单元上设置冷却风扇。这样，便可减少消耗品零件风扇的数量，有助于减少保养作业。

⑷ 高频漏电流对策

为了抑制 IGBT 元件开关引起高频电流泄漏，并防止电动机轴承以及与电动机耦合的机械轴承发生电蚀，而采取了符合 JIS 规格的以下对策。

(a) 可变速驱动系统的结构在输入侧使用高压及低压变压器，并且系统采用了对地绝缘的 IT 系统。

(b) 传输系统同样采用了 IT 系统。

(c) 连接变频器与电动机的动力电缆要对屏蔽层的两端进行接地，另外电动机的框架接地也在变频器侧进行，从而高压及低压变压器的二次侧机器之间实现星形等电位连接。

3.3 驱动控制系统

⑴ 系统结构

图 5 是本项目的系统结构。本系统为了对要求高速运行的轧钢设备进行高精度控制，采用了实装有高速网络“SX-Net”和高速大容量控制网络“E-SX 总线”的富士电机最新控制器“MICREX-SX SPH3000MG”。通过使多台控制器同步，从而构建出可支持机械控制系统乃至轧制控制系统的各种规模和要求的系统，提高了生产力。而且，嵌入了高速收集操作及控制数据的 PDA 系统 f (s) NISDAS，可对操作和控制的状态进行监视。另外，为了保证从日本网点迅速提供支持，嵌入了可远程浏览数据和浏览控制程序的远程维护支持系统。

⑵ 控制设备

(a) 高速大容量现场总线“E-SX 总线”

E-SX 总线是将传统 SX 总线性能大幅提高的高速大容量现场总线。可使 E-SX 总线内的数据输出时间同步，因此可进行高精度的控制。**表 2** 是 E-SX 总线与 SX 总线的性能比较。

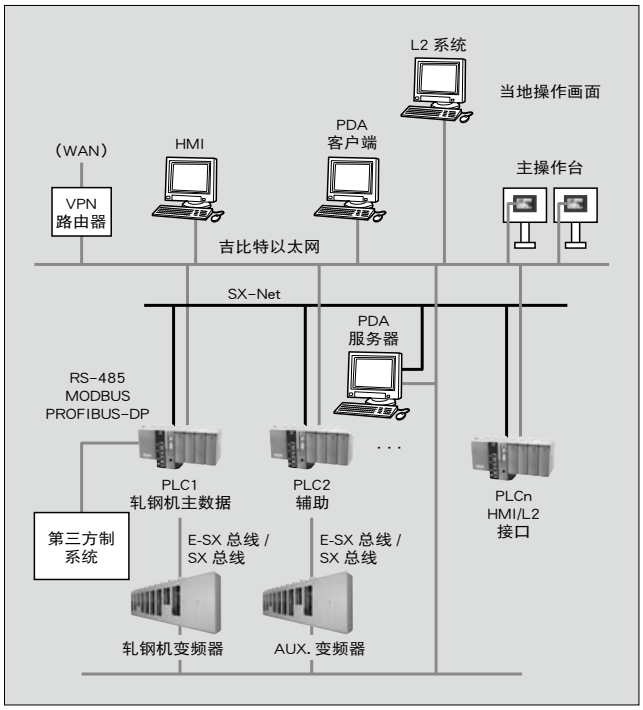

图 5 系统结构

表 2 SX 总线与 E-SX 总线的性能比较

项目	SX 总线	E-SX 总线	与过去相比
输入输出点数	8192 点	65536 点	8 倍
传输速度	25 Mbits/s	100 Mbits/s	4 倍
刷新周期	500 μs ～	250 μs ～	2 倍
生产节拍精度	100 μs	1 μs 以下	100 倍速
总线内同步	无	有（±1 μs 以下）	—

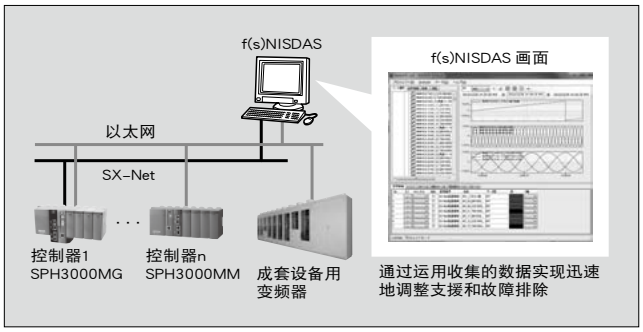

图 6 “f(s)NISDAS”的适用示例

(b) 高速大容量控制网络“SX-Net”

SX-Net 是以吉比特以太网〈注 3〉为基础的高速大容量控制网络，能够与 E-SX 总线在 ±80 μs 范围内进行同步。这样，可进行过去难以做到的控制器间的同步控制，实现成套设备控制的高精度化。主要规格如下。

① 最大连接站数：126 台

② 传输方式：公用存储器、讯息

③ 最小网络周期：500 μs

④ 公用存储器数据区域：128 K 字

(c) 高速数据收集及解析支援系统“f (s) NISDAS”

f (s) NISDAS 是高速收集控制器及变频器内部数据的数据收集系统。以 1 K 字 /ms 的速度进行高速收集，有助于对大规模复杂系统进行操作可视化。**图 6** 是 f (s) NISDAS 的适用示例。

3.4 成套设备控制

⑴ 使用“MICREX-SX SPH3000MG”的高速高精度控制

随着生产的效率化和操作的可视化，成套设备控制系统的成套设备数据容量变得庞大，要求控制网络比过去更高速且大容量。为了提高制造品质，最好使分散配置的控制器同步后再对其进行控制。

本成套设备的控制系统包括 7 台 MICREX-SX SPH 3000MG 和 3 台 HMI 终端。这些装置用控制网络连接，数十乃至数百台变频器和传感器等用现场总线与各控制器连接。通过使用 MICREX-SX SPH3000MG 和 SXNet，不仅可实现高速大容量的控制器间通信，过去困难的控制器间

〈注 3〉以太网 (Ethernet)：富士施乐株式会社的商标或注册商标

同步控制也成为可能。而且，SX-Net 采用了公用存储器方式，因此方便各控制器参考网络上的存储器。综上所述，通过使用 MICREX-SX SPH3000MG 和 SX-Net，便可实现控制网络的高速大容量化，并利用控制器间同步实现成套设备控制系统的高精度化。

使用 MICREX-SX SPH3000MG 和支持 SX 总线的高速 I/O 模块和变频器，使检测所轧制钢材到向变频器发出指令的吞吐量高速化。这样，就成功提高了冲击跌落抑制、最小张力控制等长期以来一直提供的用来提高轧钢品质控制的相关精度。

⑵ 远程维护支持

针对海外的新设项目，“覆盖成套设备控制信息的统一管理”和“从日本迅速提供支持”等远程维护支持已成为提高生产力不可或缺的要素。因此，本成套设备不仅将数据收集对象与控制器、HMI 终端连接，还将 f（s）NISDAS 与驱动装置用数据通信模块“plusFSITE”连接，从而可以用 f（s）NISDAS 收集驱动装置的数据。这样，在 f（s）NISDAS 终端上集中成套设备的控制信息，实现了覆盖成套设备控制信息的统一管理。另外，采用了客户端服务器方式，避免从日本访问印度尼西亚的成套设备时对控制网络造成影响，从而提高了利用远程维护提供支持的效率。

3.5 其他设备

⑴ 变压器

主机变压器为了降低电源侧的高次谐波，而在一次侧绕组上采用交叉接线，加上利用二极管转换器进行整流，整体采用二十四相整流。这样，降低了电源侧产生的高次谐波。

辅机变压器则提供了泰国 FUJI TUSCO 公司生产的油浸变压器（容量合计 12300 kVA）。

⑵ 各种控制柜

机侧操作柜、群驱动电动机保护用的各个保护柜、分电柜、MCC（马达控制中心）由日本方面进行充分的品质管理，在东南亚进行设计制作。这样，便可确保与日本国内制造网点相同的品质，在富士电机针对东南亚的钢铁工程中做出业绩，增添新的选项。

4 后记

本文对最新的海外棒钢型钢轧钢设备用电气产品及驱动控制系统进行了介绍。除本文介绍的内容外，富士电机每天都在开发所提供机器和设备的技术，这些技术得到快速地升级进化。今后向海外供应轧钢设备用电气产品的机会将越来越多，我们将继续开展研究并深入探讨，以进一步充实远程维护支持技术。

小粥　史一

主要从事钢铁成套设备用驱动控制系统的工程设计和企划。现就职于富士电机株式会社电力电子系统事业本部工艺自动化事业部技术第一部。

川口　铁平

从事产业成套设备用电动力应用系统的企划、设计和工程工作。现就职于富士电机株式会社电力电子系统事业本部工程统括部系统技术中心自动化技术部。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。