可为节省机柜装配工时做贡献的无螺丝端子技术和产品群

Screwless Terminal Technology and Products that Contribute to Panel Manufacturing Labor Savings

町田　谨斋 MACHIDA, Noriyoshi　　**浜田　佳伸** HAMADA, Yoshinobu

很多受配电、开关、控制设备组件都被用于控制柜和受配电柜。近年来，由于作业熟练人员减少，削减配线工时、降低技能要求、免维护的需求逐步增加。为满足这一需求，富士电机开发出省工时的设备，直接听取客户要求，为解决问题而制作了原型。由此，开发出无螺丝端子技术，有望为削减配线工时、机柜小型化、使用便利性 / 可靠性 / 易维护性的提升做出贡献。另外，作为省工时设备，插入式断路器正在逐渐得到普及，为此，富士电机开发出了更加可靠和便利的新型插入式断路器。

Many electric distribution, switching and control devices are used in controlboards and switchboards. In recent years, the decrease in skilled workers has led to a greater demand for reduced wiring person-hours, as well as maintenance-free and skill-free equipment operation. In order to develop labor saving equipment that meets these needs, we carried out customer interviews and surveys and implemented prototyping with the goal of solving their problems. As a result, we have developed a screwless terminal technology that contributes to reducing wiring man-hours, while miniaturizing the size and improving the ease-of-use, reliability and maintainability of panels. Furthermore, we have also developed a new plug-in circuit-breaker that improves reliability and facilitates convenience in order to meet the growing popularity of labor saving plug-in circuit-breakers.

1　引言

很多受配电、开关、控制设备组件（组件）都被用作控制柜和受配电柜的组成部件。富士电机积极采取措施应对组件一直以来面临的课题，即小型化、高性能化、用户界面的改进以及全球化。近年来，除了上述需求外，随着熟练员工减少，还要求提供能削减配线工时、降低技能要求以及提升易维护性的技术和产品。

富士电机边直接听取客户的需求，边对新产品的理念和规格进行充分地事前验证，推进产品的开发。

本文将针对经过这些事前验证和开发的控制柜中使用的无螺丝端子技术，以及可在受配电柜中同时实现产品安装和配线的插入型塑壳式断路器进行介绍。

2　把握客户需求并反映到产品开发中

富士电机对组件的主要客户，即机械制造商、机柜制造商所面临的课题进行了调查。结果如下所示。

○削减部材采购费用和组装时间以降低成本

○维持和提升品质

○配线作业的简化和免维护化

另外，还了解到日本国内的组件中使用的螺丝端子存在以下问题：

(a)　配线耗费工时。必须先松开螺丝端子，将压接端子铆接到电线前端，用螺丝拧紧，再确认已紧固。

(b)　拧紧端子螺丝，须进行力矩管理。

(c)　端子螺丝会随着时间的流逝而松动，因此，机柜搬运后必须再次拧紧。

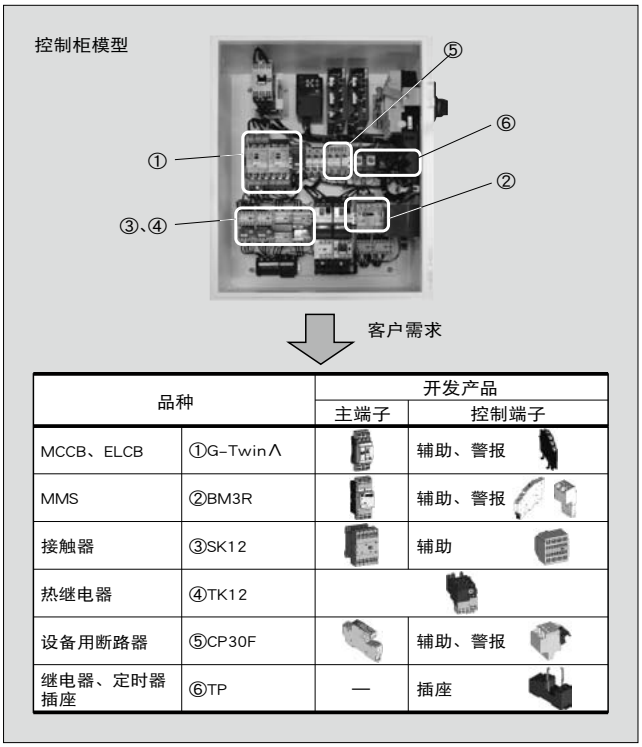
(d)　拧螺丝作业必须由具备资质人员进行。

为了解决这些螺丝端子的问题，富士电机针对从控制电路到主电路的组件，结合无螺丝端子结构的创意等，制作了控制柜模型，直接听取客户的要求，同时为解决问题而制作了原型。

3　无螺丝端子对象产品群和开发项目

3.1　无螺丝端子对象产品群

富士电机针对从主电路到控制电路的组件，正在开发需求较高的无螺丝端子技术。**图 1** 中展示了计划开发的无螺丝端子产品群。



品种		开发产品	
		主端子	控制端子
MCCB、ELCB	①G-TwinΛ		辅助、警报
MMS	②BM3R		辅助、警报
接触器	③SK12		辅助
热继电器	④TK12		
设备用断路器	⑤CP30F		辅助、警报
继电器、定时器插座	⑥TP	—	插座

图 1　开发计划中的无螺丝端子的产品群

3.2 无螺丝端子技术的开发项目

富士电机对客户需求进行评审后，总结了将为配线工时的削减、机柜的小型化、使用便利性 / 可靠性 / 易维护性的提升做出贡献的无螺丝端子技术的开发项目，具体如**图 2** 所示。

作为无螺丝端子，采用了以板簧的力固定电线的结构的弹簧式接线端子。弹簧式接线端子已在端子台上与螺丝端子结合使用。另外，将电线连接到弹簧式接线端子上时，应先将绞线或单线前端的被覆剥除，然后再插入连接。为防止绞线前端的裸线散开，主要使用套圈端子（**表 1**）。

⑴ 配线性和使用便利性出众的推入式

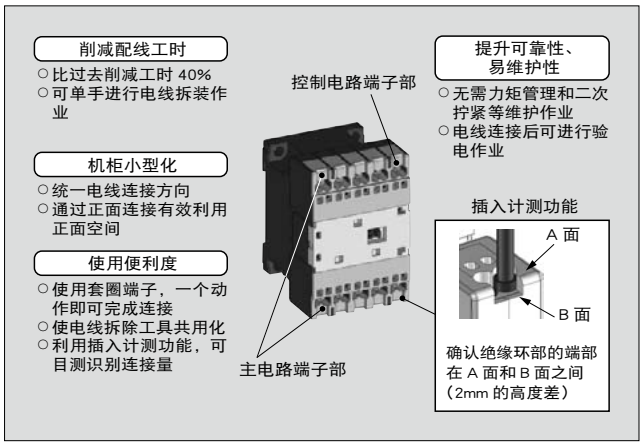
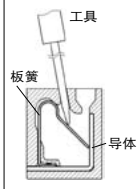
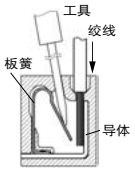
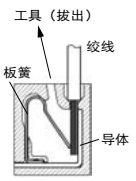
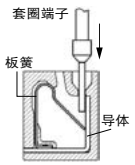
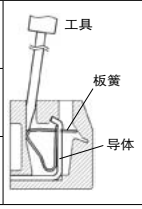
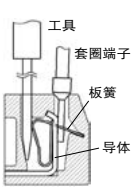
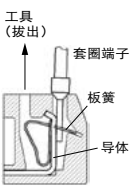


图 2 无螺丝端子技术开发项目

表 1 推入式和笼式夹紧式的特点

	方式	连接电线	电线的插入作业		
			插入工具	插入电线	拔出工具
弹簧式接线端子	推入式	绞线			
		单线	无		无
		套圈端子			
	笼式夹	绞线			
		单线			
		套圈端子			
用于弹簧式接线端子的电线					

弹簧式接线端子有推入式和笼式夹持式两种。使用笼式夹持式时，由插入工具后插入电线、再拔出工具这三道作业工序组成。与此相比，使用推入式时，只需插入电线这一道作业工序就能完成配线作业。因此，富士电机采用了工时少、配线性出众的推入式。并在拆卸电线时，采用了插入工具、单手就能作业的结构。

另外，各端子上还附带了分歧端子，以应对交叉布线。端子的配置和继电器、定时器插座一样，在有多个极的电线插孔的设备上，一般为电线插孔排成一列的结构。但这一结构存在一个问题，就是记号管挤在一起，标识的文字很难看清楚。因此，富士电机考虑到可识别性，采用了将分岐端子错开 1 列的交错配置（**图 3**）方式。

另外，在表面塑壳增加了插入计测功能，以便配线作业者能通过目测确认到电线插入作业已完成。根据使用带有绝

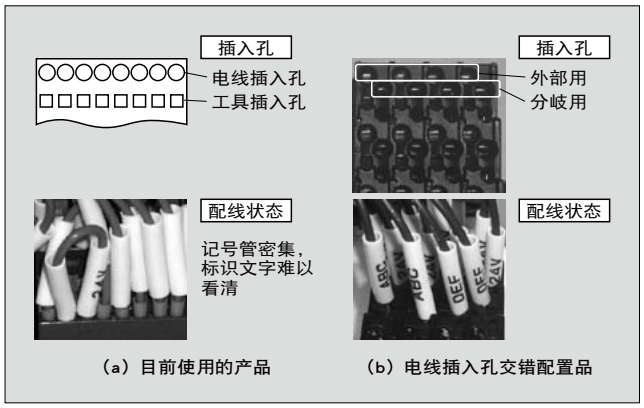


图 3 继电器、定时器插座交错配置

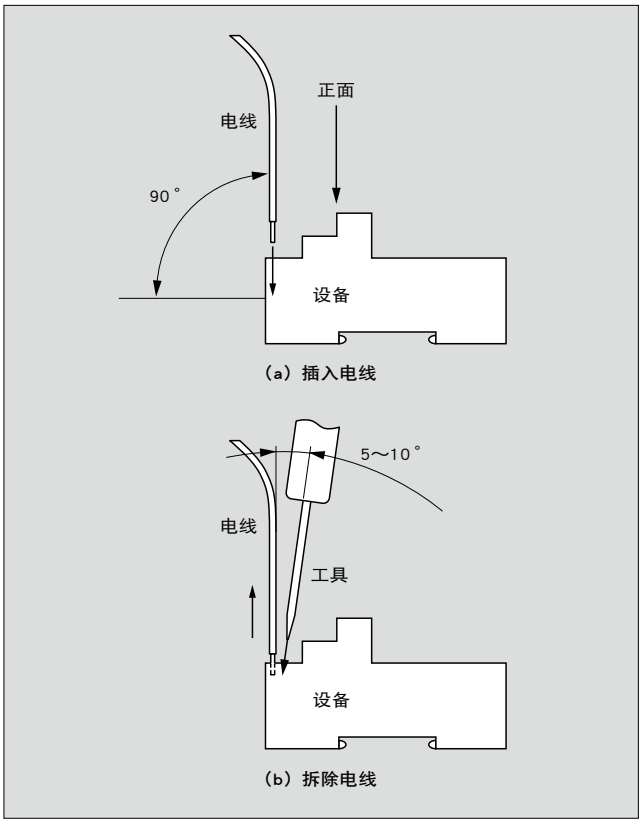


图 4 电线和工具的插入方向

缘环套圈端子的用户建议，富士电机将表面塑壳与绝缘环部的位置调到最佳，以保证清晰可见。另外，为避免配线作业者在电线插入作业中途停下，还设置了电线与板簧相连后载荷会变动的机构，从而确保电线插入途中难以停止。

⑵ 为机柜小型化做贡献

机柜采用了所有电线插入作业都从设备正面实施的结构。通过有效使用正面空间，可实现设备的高效安装。另外，统一电线的插入方向，将有助于实现机柜配线作业的自动化。

并且，采用了拆卸电线时需要将工具倾斜 5 ～ 10 度的插入结构，因此，电线插入口不会被工具柄部分遮挡，可以清楚地看到（**图 4**）。

4 推入式弹簧式接线端子的设计方针

使用推入式时，必须抑制接触电阻，确保电线拔出力以及耐振动、耐冲击、耐过电流等接触可靠性。另外，若增加压入电线的力量（电线压紧力），电线的插入力也会增大。必须以不破坏套圈端子插入性的电线压紧力来确保接触可靠性。

以过去的接触可靠性相关知识经验为基础，富士电机还积累了电线压紧力对接触电阻、电线插入力、耐振动、耐冲击、耐过电流等个别性能造成影响等的基础数据，总结了**图 5** 所示的通用设计范围。明确了横轴的电线压紧力和纵轴的电线插入力呈等比关系。电线压紧力的上限，设定为顾客感觉不到电线插入难度、电线插入力达到上限时的电线压紧力（**图 5** 的 B）。另外，还求出其他个别性能所需的电线压紧力，设定了范围内的下限电线压紧力。

4.1 板簧与电线的接触形状和接触电阻

使用推入方式时，插入电线后的板簧与电线、导体的接触状态以及截面照片如**图 6** 所示。电线的素材为铜。即使以朝向图上方的拉扯力作用于电线，不锈钢板簧前端的一部分与电线的咬合也会发挥锁定作用。因此，拔出力比 IEC 60947-1（低压开关装置和控制装置）中规定的扭曲试验后的抗拔试验基准值高出数倍，和端子螺丝一样，呈电线无法轻松拔出的结构。

板簧与电线间的带电接触导致在板簧咬合方向，如**图 6** 箭头所示，板簧的力作用于电线，导体呈压紧电线的结构。另外，富士电机至今为止还积累了电气触点的接触压力与接触电阻之间关系的数据。富士电机在利用这一数据的同时，明确了最基本的数据即电线压紧力与接触电阻的关系，实现了可在稳定的接触电阻下使用的设计（**图 7**）。

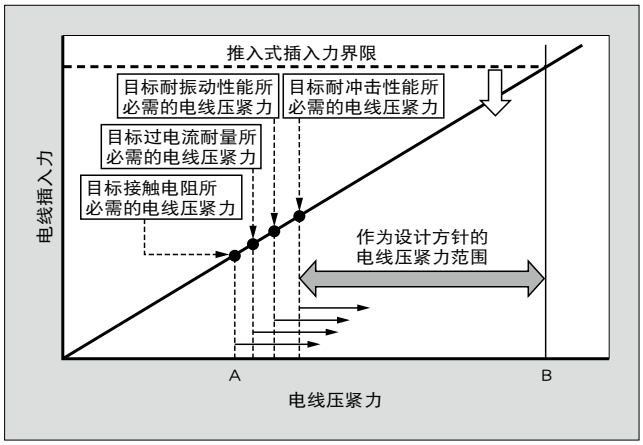


图 5 通用设计方针

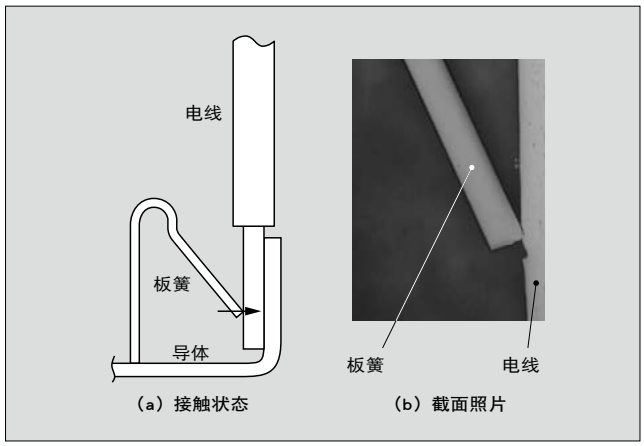


图 6 板簧、电线、导体的接触状态

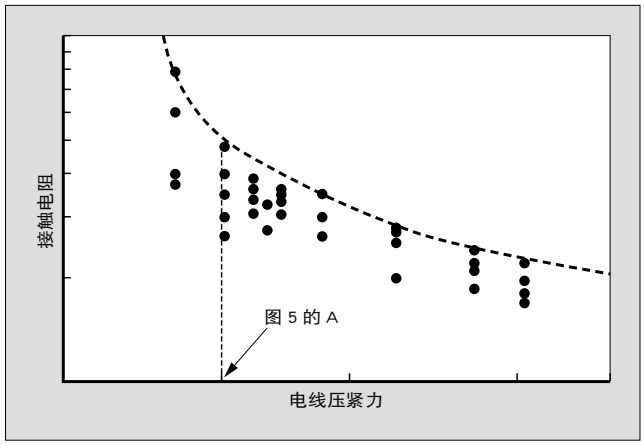


图 7 电线压紧力和接触电阻的关系

4.2 确保耐振动（微动磨损）性能和耐冲击性能

使用电磁石开关电流的接触器的开关寿命是 1000 万次。开关时，设备本身会产生振动或冲击，因此，确保接触部的接触可靠性尤为重要。另外，如果接触部持续承受微振动，接触部材间的滑动会导致接触电阻增大。这就是众所周知的微动磨损现象。

因此，富士电机决定把即使电线受到振动、冲击的影响也不会瞬间与接触部断开，且不会使接触部移动、滑动的电线压紧力，作为包括接触器在内的产品群的通用规格。

4.3 深入研究电线的插入性

为促进弹簧式接线端子的普及，必须让没有资质的作业者也能进行电线插入作业，且能正确进行。

图 8 中展示了优化板簧形状后的结果以及电线插入力曲线。关于最合适的板簧，以制作板簧形状的 8 个尺寸（**图 8** ⑷所示的要因效果图 A ～ H 的因素）为参数，进行了正交表分析，选定了接近理想曲线因素的水准，从而确定了组

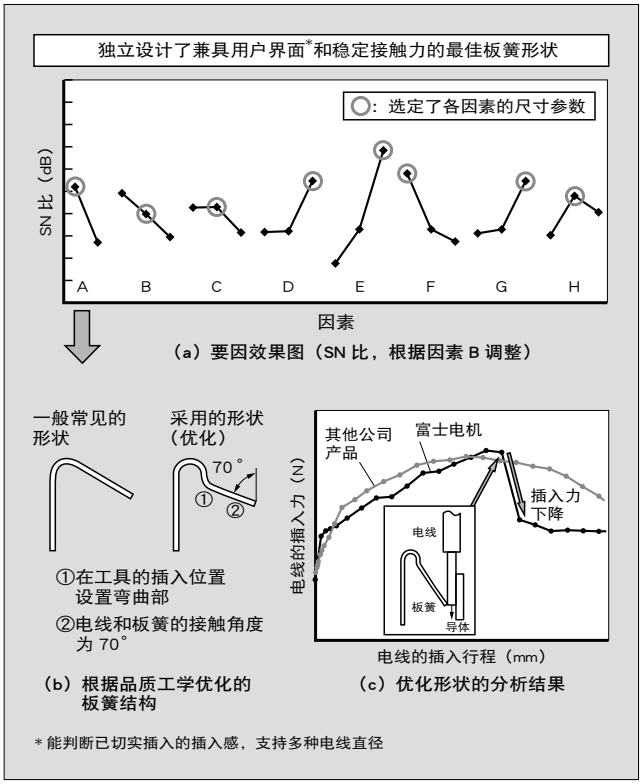


图 8　板簧形状的优化

合后的形状。针对这一板簧，插入电线时的行程和插入力的关系（电线插入力曲线）为：若插入电线，则插入力上升，若将电线夹入板簧和导体间，则为最大插入力。之后，如**图 6** 所示，板簧前端的一部分与电线咬合，因此会产生较大摩擦力，同时电线被压紧到导体上。设定的最大插入力为作业者可牢牢固定住电线被覆部，同时感觉不到费劲的力。另外，为防止之后电线插入到一半停止的情况，设定了载荷变化。

4. 4　确保过电流耐量

作为保护设备的断路器将断开短路电流等较大的电流。若接触部有较大电流流过，接触状态会变得不稳定，局部温度升高，发生熔焊问题。富士电机考虑到分断能量、电流峰值等过电流的各种条件，确定了可以避免弹簧式接线端子和电子接触部熔焊的电线压紧力。

5　受配电柜中的省工时设备

5. 1　总线直联式插入式断路器

作为受配电柜的省工时设备，总线直联式插入式断路器[(1)]正在不断得到普及（**图 9**）。受配电设备主要用于使大电流通过动力电路，因此，要求断路器必须具备对额定通电性能（温度上升）和短路电流的耐量，与总线的连接部多采用弹簧按压的多点触点结构（**图 10**）。

但为通过更大的电流，必须实现接触部的大型化，以及增加按压弹簧的载荷。过去，插入到总线的载荷会与接触可靠性成正比地增加，大型产品的安装作业难度较大。富士电机针对这一课题，对 G-TWIN 总线插入式断路器“TWIN Plug 系列”的中～大型产品（400 ～ 630 AF）的插入力进

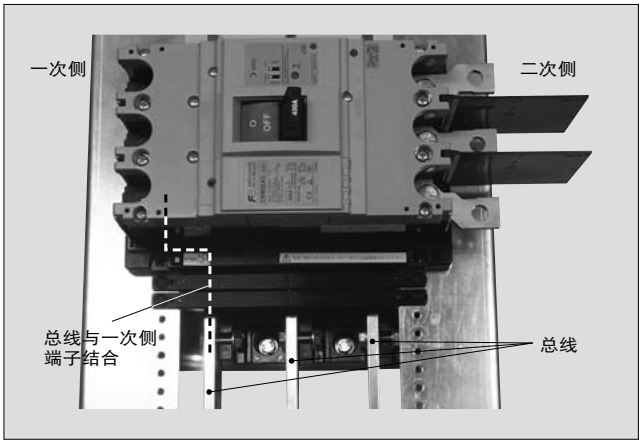


图 9　总线直联式插入式断路器

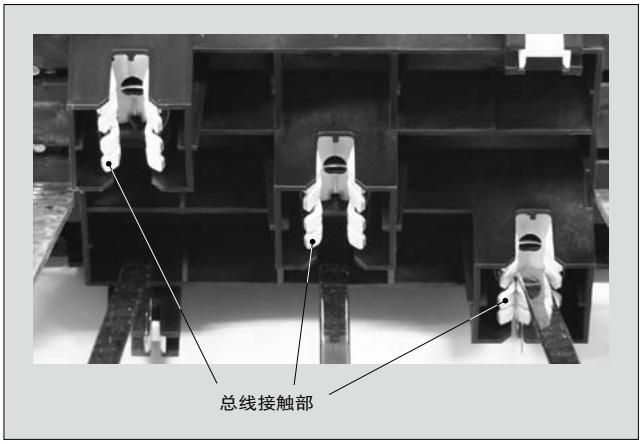


图 10　总线接触部的结构

行了改良，使其降低。在新采用的结构中，总线插入前后的接触部位移量缩小，通过调整与总线的接触点，相比旧型产品，插入力降低了约 40%（**图 11**）。由此，在确保了高可靠性的基础上，提高了用户的使用方便性。

而封口盖板的安装方法，进行了**图 12** 所示的改良。对于因为断路器增设或变更而产生的闲置空间，以及设置在断路器间缝隙处的封口盖板，将过去的螺丝拧紧固定方式改为手动压入专用树脂零部件固定方式。这样不仅减少了拧螺丝的工时，还可防止金属零部件脱落到通电部，提升了维护作业的安全性。

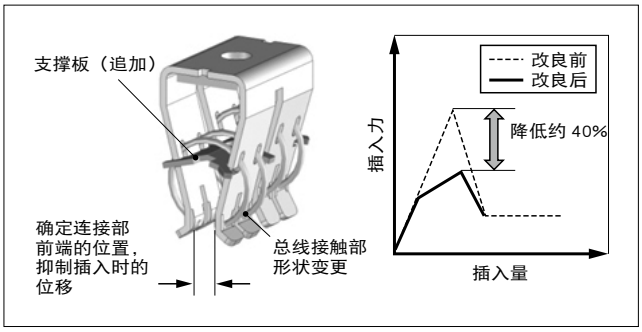


图 11　插入力降低的结构

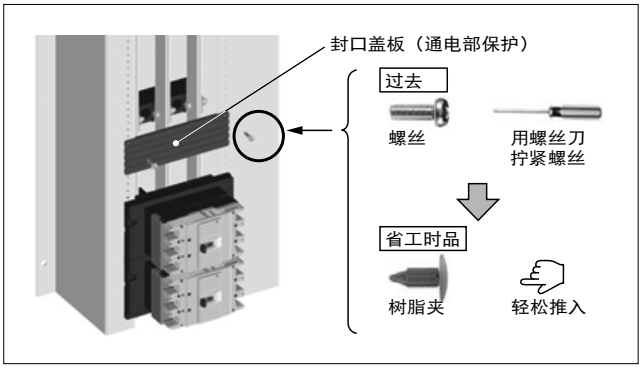


图 12　封口盖板的安装方法

5.2　插座型插入式断路器

近年来，用于迅速普及的数据中心的受配电设备，由于服务器的增设必须在运行过程中实施，因此受配电设备要求增设时能保证停电时间最短和削减工期。为应对这一要求，富士电机针对服务器分电箱扩充了插座型 2 极插入式断路器的产品阵容（**图 13**）。

过去的总线插入式断路器虽然能简化一次侧的配线作业，但在负载增加时，设置断路器后必须进行二次侧的配线作业。与此相比，富士电机开发的插座型插入式断路器，事先在机柜内安装了最大连接电路所需的专用底座，完成了一次侧和二次侧的配线，因此在增加负载时，只需插入断路器就能完成连接，将大幅削减配线工时。并且，设置在专用底座上的控制用电路可用铜排进行串联连接，也可帮助削减配线工时。

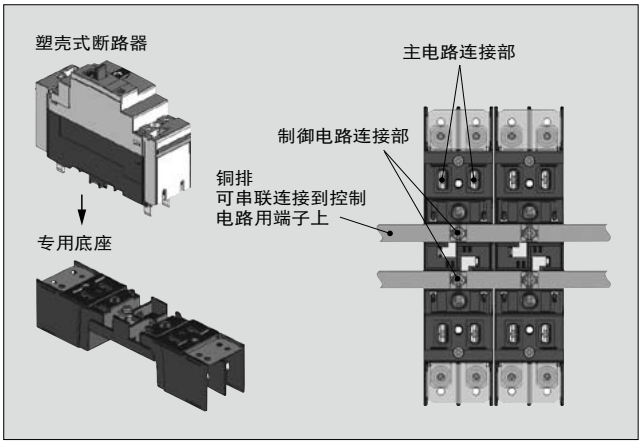


图 13　插座型插入式断路器

富士电机还计划扩充连接到专用底座上的设备产品阵容。除了可与上级断路器进行选择性分断协调配合的小型、高限流类普通断路器，还将推出带漏电警报功能的塑壳式断路器等，从而有望将其用于数据中心等三相四线制配电系统中的单相电路和其他配电电路。

6　后记

本文介绍了可为节省机柜制造工时做贡献的无螺丝端子技术和产品群。省工时设备的普及将帮助缓解劳动力不足等社会问题。今后，富士电机也将继续开发可满足客户各类需求的技术，以充实产品阵容。

参考文献

(1)　冈本泰道等. “G-TWIN 系列”断路器的新技术. 富士时报. 2010, vol.C2, no.1, p.18-23.

町田　谨斋

从事控制继电器、端子台、操作显示设备等产品的设计和开发业务。现为富士电机机器制御株式会社开发本部开关控制开发部主管课长。

浜田　佳伸

从事塑壳式断路器、漏电断路器的产品设计和开发业务。现为富士电机机器制御株式会社开发本部受配电开发部课长。

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。