

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.025

智能交流变电站预制光缆针脚定义应用研究

张维, 张浩, 鲁丽娟, 伦振坚, 周钰, 田国军
(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 智能变电站的二次系统模块化建设技术, 就是指采用模块化技术实现标准化设计工厂化加工、装配式建设, 用以提升建设的整体效率和质量。装置之间、屏柜之间、预制舱或小室之间采用标准针脚定义的预制光缆是二次系统模块化建设技术的重要组成部分。通过总结近 3 年模块化建设智能变电站的工程经验, 本标准集中定义了智能变电站各间隔的场地智能控制箱至预制舱/二次及通信设备室上送光缆的光缆纤芯数、纤芯定义及排列, 以实现后期智能变电站工程中预制电缆的标准化应用。

关键词: 智能变电站; 模块化; 标准化; 预制光缆; 针脚定义

中图分类号: TM76 文献标志码: A 文章编号: 2095-8676(2016)S1-0116-06

Research on the Application of the Pin Definition of Prefabricated Optical Cable in Smart Substation

ZHANG Wei, ZHANG Hao, LU Lijuan, LUN Zhenjian, ZHOU Yu, TIAN Guojun
(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663)

Abstract: Modular construction technology of secondary system in intelligent substations refers to the use of modular technology to achieve standardized designing and factory processing, assembly-type construction, to enhance the overall efficiency and quality of construction. Prefabricated optical cables between equipments, cabins, and prefabricated cabin or chamber using standard sequence of pins are an important part of the modular construction technology. Summarizing the experience of modularized intelligent substation construction in recent 3 years, this standard focuses on the number and pins definition of prefabricated optical cables between intelligent cabinets and prefabricated cabin or secondary equipment rooms in Smart Substation, in order to achieve the standardization of prefabricated cable used in intelligent substation project.

Key words: smart substation; modular; standardization; prefabricated optical cables; bins definition

随着经济社会发展, 能源需求越来越大, 电网建设工期紧、工程质量及工艺要求越来越高, 电网公司 2013 年提出加快建设特高压和各级电网, 提高电网智能化水平, 全面提高电网建设能力。变电站是电网建设的主要组成部分, 智能变电站作为“智能电网”的核心节点, 目前已进入全面的建设阶

段^[1-4]。截至 2014 年底国内已建成投运近 2 000 座 110 kV 及以上电压等级智能变电站, “十三五”期间我国将新建数千座智能变电站, 建设总量巨大。

面对目前国内智能变电站二次系统现场接线调试工作量大、装置接口通用性差、二次系统模型后期运维困难、变电站后期改扩建停电范围大等问题, 如何在提高建设效率的同时提高建设质量, 并且方便变电站改扩建及现场运维, 智能变电站二次系统模块化建设技术无疑是当前智能电网建设难题的最好解决方案。

本定义旨在定义智能变电站各间隔的场地智能汇控箱至预制舱/二次及通信设备室上送光缆的光缆纤芯数、纤芯定义及排列, 为二次系统标准化建

收稿日期: 2016-10-19

基金项目: 中国能建广东院科技项目“智能变电站二次系统模块化建设关键技术研究”(ER03181W)

作者简介: 张维(1988), 女, 湖南长沙人, 助理工程师, 学士, 主要从事继电保护、自动化及电气二次设计工作(e-mail) zhangwei2@gedi.com.cn。

设模块的重要组成部分, 对促进大量设计、建设的智能变电站标准化设计进程有重要作用。

1 定义说明

1) 本定义适用于智能变电站 500 kV、220 kV、110 kV 及主变各侧等间隔的场地智能汇控箱至预制舱/二次及通信设备室上送光缆。

2) 因目前低电压等级(66 kV、35 kV、10 kV)推荐方案均为保护、测控、计量多合一装置, 且因工程设置不同, 间隔数量有较大差异, 故本典型方案不包含其预制光缆纤芯定义。

2 预制光缆连接设备分类

目前在建的智能变电站主要遵循以下原则: (1) 过程层按电压等级组双网; (2) 二次设备未整合, 保护、测控独立配置; (3) 二次设备未下放(全户内 GIS 方案除外), 布置在继保室内; (4) 交换机集中组屏和按间隔组屏同时存在; (5) 跳闸和采样方式采用直采直跳; (6) 二次设备对时采用 B 码点对点时^[5]。

预制光缆主要连接变电站预制舱至场地智能控制柜或智能汇控柜、预制舱至主控楼二次及通信设备室预制式二次组合设备。后者纤芯数不具有典型模式, 因各站组网方式或使用预制光缆纤芯数各有不同, 故不在此纤芯定义中赘述。根据典型在建模式, 连接变电站预制舱至场地智能控制柜或智能汇控柜预制光缆所连接设备分列如下:

1) 保护类

分为间隔/元件保护、母线保护两种。保护类设备的光纤需求主要为: (1) 流量直采; (2) 开出直跳; (3) 开出直跳反馈。保护类设备的组网需求在预制舱内完成, 不在户外预制光缆中体现需求。

2) 合并单元

合并单元设备的光纤需求主要为: (1) 间隔/元件保护类设备流量直采; (2) 母线保护类设备流量直采; (3) 电表类设备流量直采; (4) 合并单元设备组网(纤芯数视 SV、GOOSE 是否合并组网而定)。

3) 智能终端

智能终端设备的光纤需求主要为: (1) 间隔/元件保护类设备开出直跳; (2) 母线保护类设备开出直跳; (3) 智能终端设备组网。

4) 计量表

计量表设备的光纤需求主要为流量直采。

5) 交换机类

交换机类设备的光纤需求主要为: (1) 合并单元类设备组网(纤芯数视 SV、GOOSE 是否合并组网而定); (2) 智能终端设备组网。

3 模块分解原则及组序原则

3.1 典型模块分解

按前章节所述连接设备分类, 进行纤芯典型模块分解。

1) 间隔/元件保护设备流量直采

典型模块 1-1: 线路/母联/分段保护流量直采模块, 适用于线路、母联、分段间隔, 定义芯为①线路保护直采 RX。

典型模块 1-2: 主变保护流量直采模块, 适用于主变间隔, 定义芯为①主变保护直采 RX。

典型模块 1-3: 断路器保护流量直采模块, 适用于 500 kV 断路器保护, 定义芯为①断路器保护直采 RX。

2) 间隔/元件保护设备开出直跳及反馈

典型模块 2-1: 线路/母联/分段保护开出直跳模块, 适用于线路、母联、分段间隔, 定义芯为①线路保护直跳 TX 和②线路保护直跳 RX。

典型模块 2-2: 主变保护开出直跳模块, 适用于主变间隔, 定义芯为①主变保护直跳 TX 和②主变保护直跳 RX。

典型模块 2-3: 断路器保护开出直跳模块, 适用于 500 kV 断路器间隔, 定义芯为①断路器保护直跳 TX 和②断路器保护直跳 RX。

3) 母线保护设备流量直采

典型模块 3-1: 母线保护开出直跳模块, 适用于母线间隔, 定义芯为①母线保护直采 RX。

4) 母线保护设备开出直跳及反馈

典型模块 4-1: 线路/母联/分段/主变/边断路器保护开出直跳模块, 适用于线路、母联、分段、主变、500 kV 边断路器间隔, 定义芯为①母线保护直跳 TX 和②母线保护直跳 RX。

5) 合并单元、智能终端设备组网

典型模块 5-1: 合并单元设备组网模块, 适用于所有间隔, 定义芯为①合并单元组网 TX 和②合并单元组网 RX。

典型模块 5-2: 智能终端设备组网模块, 适用于所有间隔, 定义芯为①智能终端组网 TX 和②智能终端组网 RX。

典型模块 5-3: 合智一体设备组网模块, 适用于所有间隔, 定义芯为①合智一体组网 TX 和②合智一体组网 RX。

6) 智能电表设备交流量直采

典型模块 6-1: 电表直采模块, 适用于所有间隔, 定义芯为①电表直采 RX。

7) 其他

其他分类还有母线 PT 合并单元至各间隔合并单元功能芯, 以及户内连接电缆^[6], 因工程不同, 不具备预制需求或典型意义, 在此不赘述。

3.2 典型预制光纤针脚定义组序原则

- 1) 隔/元件保护设备交流量直采。
- 2) 母线保护设备交流量直采。
- 3) 合并单元设备组网(纤芯数视 SV、GOOSE 是否合并组网而定, 分别组网的时候以 SV 优先)。
- 4) 智能终端设备组网。
- 5) 智能电表设备交流量直采。

3.3 典型预制光纤针脚定义组序实例

根据前述典型模块及组序原则, 可以按序得出所有间隔的典型预制光缆针脚定义纤芯组合、排序及纤芯数, 组合举例如下:

表1 实例1: 110 kV 线路、110 kV 母联、110 kV 分段间隔
Tab. 1 E. g. 1-110 kV line bay and bus coupler bay

模块组序						
模块编号	1-1	2-1	3-1	4-1	5-3	6-1
模块功能	线路保护直采	线路保护直跳	母线保护直采	母线保护直跳	合智一体组网	电表直采

表2 实例2: 220 kV 母线间隔

Tab. 2 E. g. 2-220 kV bus bay

模块组序						
模块编号	—	—	3-1	—	5-2	—
模块功能	—	—	母线保护直采	—	智能终端组网	—

表3 实例3: 500 kV 边断路器间隔

Tab. 3 E. g. 3-500 kV side-CB bay

模块组序						
模块编号	1-3	2-3	3-1	4-1	5-1、5-2	—
模块功能	断路器保护直采	断路器保护直跳	母线保护直采	母线保护直跳	合并单元、智能终端组网	—

3.4 统一典型预制光缆纤芯数

根据本典型针脚定义方案实例统计, 可约定预制光缆纤芯数为 2 芯、8 芯、16 芯, 该三种纤芯数光缆足以满足工程实际应用需要。

4 典型工程实例

4.1 110 kV 变电站典型应用方案

工程实例说明: 变电站主变压器为双圈变, 电压等级为 110 kV/10 kV; 110 kV 电压等级过程层组网方式为 SV-GOOSE 共网, 组单网; 10 kV 电压等级不组过程层网络; 站内间隔保护、母线保护均为直采直跳方式。

本实例包含一个完整的 110 kV 智能交流变电站中的 110 kV 及主变各侧等间隔的场地智能汇控箱至预制舱/二次及通信设备室上送预制光缆针脚定义。110 kV 线路、母联、分段间隔上送预制光缆针脚定义如表 4 所示, 110 kV 母线间隔如表 5 所示, 主变高、低压侧如表 6、表 7、表 8、表 9 所示。

表4 实例1-110 kV 线路、母联、分段间隔

Tab. 4 E. g. 1-110 kV line bay and bus coupler bay

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1Y-101	16	1	线路保护直采 RX	1-1
		2	线路保护直跳 TX	2-1
		3	线路保护直跳 RX	
		4	母线保护直采 TX	3-1
		5	母线保护直跳 TX	4-1
		6	母线保护直跳 RX	
		7	合智一体组网 TX	5-3
		8	合智一体组网 RX	
		9	电表直采 RX	6-1
		10~16	备用芯	—

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的 110 kV 线路、母联、分段间隔典型预制光缆针脚定义。

表5 实例1-110 kV 母线间隔

Tab. 5 E. g. 1-110 kV bus bay

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
YYH-101	16	1	母线保护直采 RX	1-1
		2	合并单元组网 TX	2-1
		3	合并单元组网 RX	
		4	I 母智能终端组网 TX	5-2
		5	I 母智能终端组网 RX	
		6	II 母智能终端组网 TX	5-2
		7	II 母智能终端组网 RX	
		8~16	备用芯	—

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的 110 kV 母线间隔典型预制光缆针脚定义。

表 6 实例 1 - 主变高压侧 - A 网

Tab. 6 E. g. 1 - 110 kV side bay of 110/10 kV transformer-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1YB-101	16	1	主变保护直采 RX	1-2
		2	主变保护直跳 TX	2-2
		3	主变保护直跳 RX	
		4	母线保护直采 TX	3-1
		5	母线保护直跳 TX	4-1
		6	母线保护直跳 RX	
		7	合并单元 A 组网 TX	5-1
		8	合并单元 A 组网 RX	
		9	智能终端组网 TX	5-2
		10	智能终端组网 RX	
		11	电表直采 RX	6-1
12~16	备用芯	—		

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的主变高压侧 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 7 实例 1 - 主变高压侧 - B 网

Tab. 7 E. g. 1 - 110 kV side bay of 110/10 kV transformer-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1YB-201	8	1	主变保护直采 RX	1-2
		2	主变保护直跳 TX	2-2
		3	主变保护直跳 RX	
		4	合并单元 B 组网 TX	5-1
		5	合并单元 B 组网 RX	
		6~8	备用芯	—

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的主变高压侧 B 网典型预制光缆针脚定义。

表 8 实例 1 - 主变低压侧 - A 网

Tab. 8 E. g. 1 - 10 kV side bay of 110/10 kV transformer-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1SB-101	16	1	主变保护直采 RX	1-2
		2	主变保护直跳 TX	2-2
		3	主变保护直跳 RX	
		4	合并单元 A 组网 TX	5-1
		5	合并单元 A 组网 RX	
		6	智能终端组网 TX	5-2
		7	智能终端组网 RX	
		8	电表直采 RX	6-1
9~12	备用芯	—		

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的主变低压侧 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 9 实例 1 - 主变低压侧 - B 网

Tab. 9 E. g. 1 - 10 kV side bay of 110/10 kV transformer-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1SB-201	8	1	主变保护直采 RX	1-2
		2	主变保护直跳 TX	2-2
		3	主变保护直跳 RX	
		4	合并单元 B 组网 TX	5-1
		5	合并单元 B 组网 RX	
		6~8	备用芯	—

注: 该表格为 110 kV 变电站典型应用方案的主变低压侧 B 网典型预制光缆针脚定义。

4.2 500 kV 变电站典型应用方案

工程实例说明: 变电站主变压器为三圈变, 电压等级为 500 kV/220 kV/35kV; 500 kV 电压等级过程层不配置合并单元, 组 GOOSE 双网; 220 kV 电压等级过程层组网方式为 SV-GOOSE 共网, 组双网; 10 kV 电压等级不组过程层网络; 站内间隔保护、母线保护均为直采直跳方式。

本实例包含一个完整的 500 kV 智能交流变电站中的 500 kV、220 kV 及主变各侧等间隔的场地智能汇控箱至预制舱/二次及通信设备室上送预制光缆针脚定义。500 kV 断路器间隔上送预制光缆针脚定义如表 10、表 11 所示, 500 kV 母线间隔如表 12、表 13 所示, 220 kV 线路、母联、分段间隔如表 14、表 15 所示, 220 kV 母线间隔如表 16、表 17 所示, 主变高压侧不单独配置过程层设备, 主变中、低压侧如表 18、表 19、表 20 所示。

表 10 实例 2 - 500 kV 断路器间隔 - A 网

Tab. 10 E. g. 2 - 500 kV CB bay-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
5051DL-101	8	1	断路器保护直跳 TX	2-3
		2	断路器保护直跳 RX	
		3	线路/母线保护直跳 TX	2-1/4-1
		4	线路/母线保护直跳 RX	
		5	智能终端 A 组网 TX	5-2
		6	智能终端 A 组网 RX	
7~8	备用芯	—		

注: 该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 500 kV 断路器间隔 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 11 实例 2-500 kV 断路器间隔-B 网

Tab. 11 E. g. 2-500 kV CB bay-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
5051DL -201	8	1	断路器保护直跳 TX	2-1
		2	断路器保护直跳 RX	
		3	线路/母线保护直跳 TX	2-1/4-1
		4	线路/母线保护直跳 RX	
		5	智能终端 B 组网 TX	5-2
		6	智能终端 B 组网 RX	
		7~8	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 500 kV 断路器间隔 B 网典型预制光缆针脚定义。

表 12 实例 2-500 kV I 母线间隔

Tab. 12 E. g. 2-500 kV bus 1 bay

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1WYH -101	8	1	I 母智能终端组网 GS-A TX	5-2
		2	I 母智能终端组网 GS-A RX	
		3	I 母智能终端组网 GS-B TX	5-2
		4	I 母智能终端组网 GS-B RX	
		5~8	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 500 kV 母线间隔 I 母典型预制光缆针脚定义。

表 13 实例 2-500 kV II 母线间隔

Tab. 13 E. g. 2-500 kV bus 2 bay

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
2WYH- 101	8	1	II 母智能终端组网 GS-A TX	5-2
		2	II 母智能终端组网 GS-A RX	
		3	II 母智能终端组网 GS-B TX	5-2
		4	II 母智能终端组网 GS-B RX	
		5~8	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 500 kV 母线间隔 II 母典型预制光缆针脚定义。

表 14 实例 2-220 kV 线路、母联、分段间隔-A 网

Tab. 14 E. g. 2-220 kV line bay and bus coupler bay-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1E-101	16	1	线路保护直采 RX	1-1
		2	线路保护直跳 TX	2-1
		3	线路保护直跳 RX	
		4	母线保护直采 TX	3-1
		5	母线保护直跳 TX	4-1
		6	母线保护直跳 RX	
		7	合并单元 A 组网 TX	5-1
		8	合并单元 A 组网 RX	
		9	智能终端 A 组网 TX	5-2
		10	智能终端 A 组网 RX	
		11	电表直采 RX	6-1
		12~16	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 220 kV 线路、母联、分段间隔 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 15 实例 2-220 kV 线路、母联、分段间隔-B 网

Tab. 15 E. g. 2-220 kV line bay and bus coupler bay-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1E-201	16	1	线路保护直采 RX	1-1
		2	线路保护直跳 TX	2-1
		3	线路保护直跳 RX	
		4	母线保护直采 TX	3-1
		5	母线保护直跳 TX	4-1
		6	母线保护直跳 RX	
		7	合并单元 B 组网 TX	5-1
		8	合并单元 B 组网 RX	
		9	智能终端 B 组网 TX	5-2
		10	智能终端 B 组网 RX	
11~16	备用芯	—		

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 220 kV 线路、母联、分段间隔 B 网典型预制光缆针脚定义。

表 16 实例 2-220 kV 母线间隔-A 网

Tab. 16 E. g. 2-220 kV bus bay-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1EYH-101	16	1	母线保护直采 RX	3-1
		2	合并单元 A 组网 TX	5-1
		3	合并单元 A 组网 RX	
		4	I 母智能终端组网 A TX	5-2
		5	I 母智能终端组网 A RX	
		6	I 母智能终端组网 B TX	5-2
		7	I 母智能终端组网 B RX	
		8~16	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 220 kV 母线间隔 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 17 实例 2-220 kV 母线间隔-B 网

Tab. 17 E. g. 2-220 kV bus bay-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
2EYH-101	16	1	母线保护直采 RX	3-1
		2	合并单元 A 组网 TX	5-1
		3	合并单元 A 组网 RX	
		4	II 母智能终端组网 A TX	5-2
		5	II 母智能终端组网 A RX	
		6	II 母智能终端组网 B TX	5-2
		7	II 母智能终端组网 B RX	
		8~16	备用芯	—

注：该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的 220 kV 母线间隔 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 18 实例 2 - 主变中压侧 - A 网

Tab. 18 E. g. 2 - 220 kV side bay of 500/220/35kV transformer-network A

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1EB-101	16	1	主变保护直跳 TX	2-2
		2	主变保护直跳 RX	
		3	母线保护直采 TX	3-1
		4	母线保护直跳 TX	4-1
		5	母线保护直跳 RX	
		6	合并单元 A 组网 TX	5-1
		7	合并单元 A 组网 RX	
		8	智能终端组网 TX	5-2
		9	智能终端组网 RX	
		10	电表直采 RX	6-1
11~16	备用芯	—		

注: 该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的主变中压侧 A 网典型预制光缆针脚定义。

表 19 实例 2 - 主变中压侧 - B 网

Tab. 19 E. g. 2 - 220 kV side bay of 500/220/35kV transformer-network B

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1EB-201	16	1	主变保护直跳 TX	2-2
		2	主变保护直跳 RX	
		3	母线保护直采 TX	3-1
		4	母线保护直跳 TX	4-1
		5	母线保护直跳 RX	
		6	合并单元 B 组网 TX	5-1
		7	合并单元 B 组网 RX	
		8	智能终端组网 TX	5-2
		9	智能终端组网 RX	
		10~16	备用芯	—

注: 该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的主变中压侧 B 网典型预制光缆针脚定义。

表 20 实例 2 - 主变低压侧

Tab. 20 E. g. 2 - 35 kV side bay of 500/220/35kV transformer

光缆编号	芯数	针脚序号	功能定义	典型模块应用
1UB-101/ 1UB-201	8	1	主变保护直跳 TX	2-2
		2	主变保护直跳 RX	
		3	智能终端组网 TX	5-2
		4	智能终端组网 RX	
		5~8	备用芯	—

注: 该表格为 500 kV 变电站典型应用方案的主变低压侧典型预制光缆针脚定义。A 网配置同 B 网配置。

5 结论

本标准定义了智能变电站各间隔的场地智能汇控箱至预制舱/二次及通信设备室上送光缆的光缆纤芯数、纤芯定义及排列, 并确定了 2 芯、8 芯、16 芯为推荐的标准纤芯数, 方便今后模块化智能变电站建设中设计、厂家、施工的标准化进程, 提高建设效率, 为二次系统标准化建设模块的重要组成部分, 对促进大量设计、建设的智能变电站标准化设计进程有重要作用。

参考文献:

- [1] 丁道齐, 祁维武. 中国智能电网的实现: 挑战、问题和行动 [J]. 中国电力, 2011, 44(11): 1-7.
DING D Q, QI W W. Implementation of the smart grid in China: challenges, issues and actions [J]. Electric Power, 2011, 44(11): 1-7.
- [2] 李喜来, 李永双, 贾江波, 等. 中国电网技术成就、挑战与发展 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(2): 1-8.
LI X L, LI Y S, JIA J B, CHEN H Y. Review of the achievements, challenges and development of power system technology in China [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(2): 1-8.
- [3] 何大愚. 用智能电网降低电压以减少电耗 [J]. 中国电力, 2011, 44(9): 31-32.
HE D Y. Trimming voltage to reduce power consumption by smart-grid [J]. Electric Power, 2011, 44(9): 31-32.
- [4] 中山元, 顾立强. 日本智能电网的动向 [J]. 中国电力, 2011, 44(1): 41-44.
NAKAYAMA H J, GU L Q. Trend of Japanese smart grid [J]. Electric Power, 2011, 44(1): 41-44.
- [5] 丁腾波, 李慧. 基于预制光缆的智能变电站户外组网方案 [J]. 电力建设, 2013, 34(2): 50-54.
DING T B, LI H. Outdoor network scheme of smart substation based on prefab optical fiber cable [J]. Electric Power Construction, 2013, 34(2): 50-54.
- [6] 高升. 预制式光缆在智能变电站的应用研究 [J]. 福建建设科技, 2015(1): 67-68.
GAO S. Prefabricated optical fiber cable application research on the intelligent substation [J]. Fujian Construction Science & Technology, 2015(1): 67-68.

(责任编辑 高春萌)