

# 遥泵技术在“新甘石”联网工程中的应用

蒲 华, 王 豫

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610000)

**摘 要:**“新甘石”电网联网工程的光缆线路最长达 361 km, 常规电力通信方式无法沟通其电路。根据超长距离光传输的要求, 提出了遥泵通信方案, 并结合工程实际情况, 通过理论计算和实际测试, 证明了遥泵技术在电力工程中的可行性和优越性, 为实际工程应用提供了建议。

**关键词:**超长距离通信; 遥泵

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-582X(2014)S2-236-03

在西部大开发的战略指导下, 随着甘孜、阿坝、凉山地区的电网建设以及水电资源的开发, 四川西部地区将不断出现超长距离的传输线路, 导致随电力线同杆架设的光缆长度也超过了常规光传输距离。其中, 被誉为“电力天路”的“新甘石”电网联网工程将建立的甘孜-西地的光通信电路属于超长距离光通信电路。

## 1 “新甘石”工程背景

“新甘石”电网联网工程, 属于“十二五”四川省“电亮藏区”输变电重点建设项目, 位于甘孜州藏族自治州, 是四川省海拔最高的地区, 线路平均海拔 3 600 m 以上、最高海拔 4 600 m。输电线路全长 1 015 km 的, 起于康定县新都桥镇, 沿途穿越康定、道孚、甘孜、德格, 最后到达石渠县。

“新甘石”工程所处地区覆冰重, 山势陡峭, 沿途气候条件十分恶劣, 大部分施工现场处于低气压、缺氧、严寒、大风和强辐射区域, 最低温度达到零下 45 ℃; 其输电线路跨越的都是高山大岭地区, 输电线路路径走向较为偏僻, 多为无人区, 几乎没有配电网, 道路运输条件较差, 施工、运行、维护困难, 故障抢修时间较长。

“新甘石”工程将随甘孜-新都桥新建 220 kV 线路建设 2 根 24 芯 OPGW 光缆, 由于甘孜变先于新都桥投运, 为了保证通信及调度, 需在新都桥附近选择一个“T”接点, 在“T”接点附近开断西地至榆林的 16 芯 OPGW 光缆中的 8 芯, 将甘孜变至新都桥变的 2 根 OPGW 光缆引接至“T”接点处, 分别与开断的 8 芯光纤熔接, 形成西地-甘孜-榆林的 8 芯光纤通道, 如图 1 所示。

“新甘石”工程的自然条件、施工条件恶劣, 不

合采用新建中继站的方案来解决通信问题, 而新形成的甘孜变-西地变的光缆长度为 361 km, 属于超长距离光传输电路。通常地, 当传输速率为 2.5 Gb/s 时, 不加光放的光传输系统的传输容限为 80 km, 加光放的光传输系统可以使传输距离略大于 100 km, 采用拉曼放大技术的光传输系统可以使传输距离达到 300 km<sup>[1-2]</sup>, 均不能满足甘孜变-西地变的传输需求, 因此, 我们需要采用先进的通信技术来解决甘孜变的通信问题。

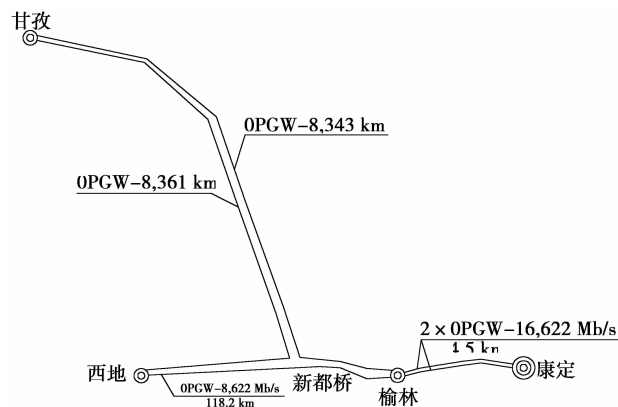


图 1 “新甘石”光纤通道

## 2 遥泵放大技术

遥泵放大器 (ROPA, Remotely Optically Pumped Amplifier) 采用了最先进的光放大技术, 它在光传输线路中选择一个适当位置, 熔接入一段无源掺铒光纤 (即遥泵增益单元 RGU), 高功率泵浦源 (即遥泵泵浦单元 RPU) 从终端发送<sup>[3]</sup>, 经过线路传输到掺铒光纤中, 补偿光信号在传输过程中的

损耗,从而实现光信号的放大。特别地,泵浦光源与增益介质处于光传输线路的不同位置<sup>[4]</sup>,因此,被称为遥泵放大器。

遥泵放大器的结构由放大介质和泵浦源组成。在遥泵放大器中,主要采用 1 480 nm 的泵浦光源,经合波器注入光纤,传输后注入铒纤并激励铒纤中的铒离子,使铒离子由基态向高能级跃迁,从而使信号光在铒纤内部获得放大,显著提高了系统功率预算<sup>[5]</sup>,其工作原理如图 2 所示。

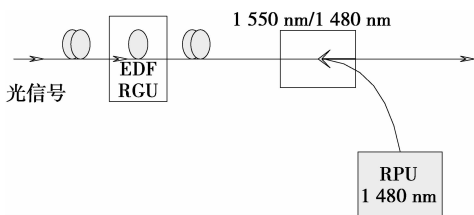


图 2 遥泵工作原理

### 3 遥泵方案

#### 3.1 理论模型

“新甘石”工程采用的遥泵方案利用了西地-甘孜-榆林的 4 芯光纤,在接收端(即变电站通信机房内)增加 RPU,在距离接收端 70~90 km 处增加 RGU,光信号正向传输时,RPU 将反向打出一束激光至 RGU,使光子能级跃升,补偿光信号在传输过程中的损耗,使接收端能够接收并编译出正确的信号,最终实现甘孜-西地的光传输通信。



图 3 “新甘石”光传输方案

#### 3.2 理论计算

甘孜-西地光缆线路长度为 361 km,距离接收端 90 km 左右处增加 RGU,在收端增加 RPU。2.5 G速率下,BA 的发送功率为 19 dBm,RGU 的接受灵敏度是 -44 dBm,发送端至 RGU 的长度为 271 km,线路总损耗为 56.91 dB,传输富裕度是  $19 - (-44) - 56.91 = 6.09$  dB;RGU 的发送功率为 -20 dBm,RPU 的接受灵敏度是 -45 dBm,RGU 至接收端的长度为 90 km,线路总损耗为 18.9 dB,传输富裕度是  $-20 - (-45) - 18.9 = 6.1$  dB。

甘孜-西地的传输富裕度为  $6.09$  dB +  $6.1$  dB =  $12.19$  dB,富裕度中包含 2 dB 的通道代价、5 dB 的光纤富裕度、1 dB 的连接器损耗,可满足工程要求。

## 4 遥泵方案在“新甘石”工程中的应用效果及亮点分析

### 4.1 应用效果

甘孜到西地输电线路跨越的地区人口较少,人为或意外事故可能带来通信线路、设施的偷盗、破坏,使干线的通信中断,从而造成严重后果。遥泵方案的设备均设置在变电站,不仅施工快捷,还可以保证设备的定期检修维护。

“新甘石”工程于 2012 年 9 月 19 日正式投入运行。“新甘石”工程投运后,按照《电力光纤通信工程验收规范》要求,对甘孜变-西地变的遥泵放大系统设备进行了严格的测试,结果如下:

表 1 光功率参数表

站名	放大器位置	标准值		光功率参数		测试结果	
		输入功率范围 /dBm	输出功率范围 /dBm	输入功率 /dBm	输出功率 /dBm		
甘孜	发西地方向	EFEC 编码	-21~0	-2~3	-9.8	1.0	合格
	收西地方向	OBA19	-8~4	≥19	1.1	19.3	合格
		RGU20	-44~-24	-20~+10	-36.0	-19.5	合格
		RPU30	-53~-30	-39~-16	-38.8	-38.9	合格
		OPA47 (预放)	-47~-27	-11~-12	-39.0	-12.0	合格
	EFEC 解码	-21~0	-2~3	-11.8	0.6	合格	
西地	发甘孜方向	EFEC 编码	-21~0	-2~3	-11.9	1.2	合格
	收甘孜方向	OBA19	-8~4	≥19	1.2	19.5	合格
		RGU20	-44~-24	-20~+10	-36.5	-19.8	合格
		RPU30	-53~-30	-39~-16	-38.7	-38.8	合格
		OPA47 (预放)	-47~-27	-11~-12	-39.0	-11.8	合格
	EFEC 解码	-21~0	-2~3	-12.3	0.1	合格	

注:系统功率余量测试:分别调小 OBA 发光功率和遥泵 RPU30 反向泵浦功率,测得甘孜发西地方向前段 OBA19~RGU20 功率余量 8 dB;后段 RGU20~RPU30 功率余量 3 dB;测得西地发甘孜方向前段 OBA19~RGU20 功率余量 7.5 dB;后段 RGU20~RPU30 功率余量 3 dB。

测试结果表明:遥泵系统各项技术指标合格,为“电力天路,电亮藏区”提供了可靠的通信保障。

## 4.2 亮点分析

“新甘石”工程属于四川省电力公司 2012 年一号工程,为保证冬季来临前为藏区供电,工期非常紧,而遥泵放大器在川内是第一次使用,恶劣的自然条件对通信设备的性能和安全可靠性提出了更高的要求。“新甘石”工程的顺利投运具有许多设计亮点,现对其亮点进行分析如下。

### 4.2.1 模拟测试

遥泵放大器在四川电力系统是首次使用,且站间跨距长、站点海拔高、温差大,恶劣的自然条件不仅加大了工程难度,还对通信设备的性能和安全可靠性提出了更高的要求。在新甘石”工程实施之前,我们于 2012 年 4 月至 7 月利用桃乡 500 kV 变至资阳 500 kV 变之间的光缆线路进行了为期 3 个月的模拟测试,模拟测试的无中继光通信距离分别达到 348、368 km。

测试结果表明:在试验条件下,遥泵光传输系统能够稳定可靠的长期工作,其各项技术指标均满足设计要求,设计提供的遥泵光放大系统技术方案合理可行。

### 4.2.2 选择备用塔

我们对遥泵增益单元安装塔位进行了科学的计算,在运行安装的范围内进行优化选择。最终,选择离公路较近、条件较好的 4 基塔作为 RGU 安装塔,并且同时选择 8 基塔作为备用塔安装了三通接头盒。如果遥泵电路出现意外不能顺利开通,需要移动 RGU 位置时,直接利用备用塔上的三通接头盒进行接续,无需移动接头盒或重新开断光缆,为遥泵系统顺利稳定运行提供了保障。

### 4.2.3 分段测量选择纤芯

本工程通信电路使用的部分光纤为已建光纤,且新建的光纤不同标段,施工单位施工水平不一,导致了光纤实际损耗与计算要求值有一定差距。而甘孜-西地通信电路较长,一般光时域反射仪无法测出电路全长损失,较短的工期也不允许施工队进行全程测试后再选择遥泵电路使用的光纤纤芯。因此,我们以遥泵安装塔为分段点,分段测量光纤损耗,并优先在施工水平较差或旧线路侧进行选择,从中选出相对较好的纤芯作为使用芯,再对应使用其他施工标段或新线路的相应纤芯,保证遥泵电路利用合适的纤芯。

### 4.2.4 严格控制纤芯熔接

由于遥泵放大器泵浦光功率较大,我们对光纤

熔接提出了以下要求:

光缆施工时,应严格控制光缆的施工质量和光纤的熔接质量,光纤接头单向熔接衰耗严格控制在  $<0.02$  dB/个,光缆线路建成后光纤单向衰减系数严格控制在  $0.20$  dB/km 以内。

为了保证放大器工作在最佳状态,必须严格控制线路上纤芯的衰耗与反射。在距离泵浦激光器 20 km 之内,除光纤配线架外,不能再出现其他活动连接头,所有光纤连接必须采用熔纤方式接续,光纤衰耗较小、均匀一致。连接断面反射系数不得大于  $-30$  dB。在距离泵浦激光器  $0\sim 10$  km 之内的光纤衰耗不能出现大于  $0.1$  dB 的插损事件, $10\sim 20$  km 之内不能出现大于  $0.2$  dB 的插损事件。

### 4.2.5 国网最长无中继电路

“新甘石”工程中甘孜变-西地变光传输距离为 361 km,建成后成为国家电网公司最长的无中继光通信电路。

## 5 结 论

随着电网建设的发展,超长距离的光纤通信技术日益重要。遥泵技术可以解决超长距离系统的通信问题,施工快捷而简便、运行稳定可靠、工程投资少,具有先进的技术优势和显著的经济效益。

“新甘石”工程投运前,四川电网尚无遥泵技术应用。因此,“新甘石”采用遥泵技术具有典型示范效应,不仅可以积累设计经验,进行技术储备,还可以指导今后四川省内同类工程的设计和施工。

## 参考文献:

- [1] 谷坊祝,张斌. 超长距离无中继光传输技术的应用[J]. 电力系统通信,2007,28(179): 37-38.
- [2] 熊煌,李树辰,宋璇坤. 超长站距光传输技术及其在电力系统的应用[J]. 电力系统通信,2008,29(185):7-10.
- [3] Naji A W, Zainal M S, Abidin M H Al-Mansopnri. Optimisation of remotely-pumped Er-doped fibre amplifier location in repeaterless transmission system [M]. Optics Communication,2007,272:205-210.
- [4] Hansen P B, Eskildsen L. Remote amplification in repeaterless transmission systems [M]. Optical Fiber Technology,1997,3:221-237.
- [5] 董振华. 超长跨距无中继光传输新型技术的研究与试验[D]. 武汉:武汉邮电科学研究院,2011.