

数字化变电站建设中二次设备集成与信息交互优化

王庆阳

西藏自治区水利电力规划勘测设计研究院 西藏 拉萨 850000

【摘要】：在西藏数字化变电站建设进程中，二次设备集成效率低、信息交互不畅的问题，直接影响电网运行可靠性与运维便利性。本文以适配西藏地域特性的二次设备集成与信息交互优化为核心，结合实际建设需求探索实用化解决方案。通过简化多类型二次设备接口协议、统一数据交互标准，解决设备间兼容难题；优化信息传输链路，减少数据延迟与冗余，提升交互实时性。实践表明，该优化方案能有效降低现场调试复杂度，提高设备协同能力，减少运维成本，为西藏电网数字化转型提供切实可行的技术支撑，保障高原地区电力系统稳定运行。

【关键词】：数字化变电站；二次设备集成；信息交互优化；西藏电网

DOI:10.12417/2811-0528.26.03.076

引言

西藏地区电网是保障当地生产生活的重要支撑，随着数字化转型推进，变电站建设也逐步向智能化升级。但高原地区运维条件特殊，现有数字化变电站常面临二次设备“凑不到一块儿”、信息“传不顺畅”的问题——不同设备接口不兼容，调试时要反复对接；数据传输有延迟，还常出现冗余信息，既增加现场工作难度，也影响电网稳定运行。为解决这些实际难题，本文聚焦西藏数字化变电站的二次设备集成与信息交互优化，结合当地建设需求探索实用方案，既衔接前期对核心问题的梳理，也为后续具体优化方法与实践验证展开铺垫。

1 西藏数字化变电站建设背景与二次设备应用现状

西藏地域广阔，下辖的偏远牧区牧民居住分散、高山峡谷路段多为盘山公路，传统变电站全靠人工现场巡检——运维人员去一次偏远站点往往要开四五个小时车，遇到暴雪天山路结冰，车辆根本开不进去，低温下户外设备故障排查还得裹着厚棉衣蹲在设备旁调试，半天都未必能找到问题，很容易耽误电网恢复供电。为解决这种实际困难，近年来当地一直在推进数字化变电站建设，通过装智能设备代替部分人工活儿，比如让设备自己监测运行状态，不用人总跑现场，既能减轻运维压力，也能让牧民家、牧场的用电更稳，这就让二次设备成了变电站里的“关键帮手”。

当前西藏数字化变电站里的二次设备，主要有继电保护装置、测控设备、数据采集单元这几类。继电保护装置能在电网线路出现短路时快速切断故障段，避免影响整片区域供电；测控设备可实时盯着变压器温度、线路电流，有异常就发提示；数据采集单元则负责把电压、电流这些基础数据收集起来。考虑到高原海拔高、冬天能降到零下二三十度，现在用的二次设备都做了防寒处理——设备外壳加了厚保温层，像给设备穿了“棉袄”，内部核心元件选的是耐低温型号，线路接头还涂了

抗冻绝缘胶，防止低温开裂，但不同厂家的设备规格不一样，比如有的设备接口是圆头，有的是方头，没法直接对接。

从建设进度看，日喀则、山南这些交通方便的县城，早就建成了数字化变电站，二次设备用了两年多，运行挺稳定，能实时把数据传到后台，运维人员在办公室就能知道电网情况。而那曲、阿里的偏远牧区，因为路远、运输慢，数字化变电站还在慢慢建，二次设备刚装上去没多久，加上当地师傅对新设备调试还不熟练，暂时没法和现有电网系统完全接顺，还得一点点调整优化，确保设备能正常干活。

2 西藏数字化变电站二次设备集成与信息交互的现存问题

西藏数字化变电站装二次设备时，最头疼的就是不同厂家的设备“接不上话”。比如林芝某县城变电站，装甲厂的继电保护装置时，发现它的接口是老款串口，而搭配的乙厂测控设备只有新网口，只能额外加个接口转换头。可高原冬天冷，普通转换头在户外一冻就失灵，还得专门找耐低温的型号，光等转换头就花了三天。就算接上了，两家设备的通信协议也不一样，甲厂用的是自家编的简易协议，乙厂按通用标准来，调试时得对着说明书一行行改参数，白天调通了，晚上温度降到零下十几度，数据又传不过去，来回折腾了快一周，整个变电站的建设进度都被拖慢了。

信息传输的时候，稳定和速度也老是出问题。西藏很多变电站建在雅鲁藏布江峡谷边或者高山上，信号被山挡着，经常“时断时续”。比如那曲某牧区变电站，离最近的镇子有一百多公里，设备传数据要绕着两座山走，有时候电压异常数据传一半就断了，等重新连上，后台收到数据时，已经比实际情况晚了十几分钟，要是遇到线路短路，很可能错过快速断电保护的时机，导致附近牧场的电停得更久。而且不同设备还会重复数据，数据采集单元刚把电流数据发过去，测控设备又传一

遍同样的数值，后台屏幕上同一时间跳出来两条一样的记录，运维人员得一条条删掉没用的，既费时间又占硬盘空间。

高原的低温还会让这些问题更严重。虽然设备本身做了防寒，但设备之间的接头、螺丝这些小地方经不起冻。比如阿里冬天能到零下二十多度，二次设备接口处的金属螺丝会因为低温“缩一圈”，变得松动。有次某变电站的继电保护装置突然和后台断了联系，运维人员开车四个小时赶到现场，拆开设备一看，就是螺丝松了，紧一紧就好，可来回折腾一天，耽误了不少监测工作。更麻烦的是，偏远地区没有备用零件，要是接口的插头因为低温冻裂了，得从拉萨调货，路上要走三天，这三天里只能靠人工盯着设备，既累又容易出错。

3 适配西藏地域的二次设备集成与信息交互优化方案

为解决二次设备“接不上话”的麻烦，当地电力部门专门找了经常跑高原变电站的设备厂家，一起商量出了适配西藏的办法。首先是统一“对接规矩”：新采购的二次设备，不管是保护线路的继电保护装置，还是盯着电流的测控设备，全都用常用的RJ45网口，不用再拿着串口、网口两种线来回试，插上线就能连。通信协议也不搞复杂的，就用低海拔地区变电站常用的基础款，不搞厂家自己定制的特殊版本，省得甲厂设备说的“话”，乙厂设备听不懂。而且设备发货前，厂家得先在厂里模拟西藏冬天的低温环境做测试——把设备放进-20℃的试验箱，连好不同品牌的设备跑24小时数据，确认数据能稳稳定传过去，才打包发往西藏。对已经在用的老旧串口设备，也不用拆了换新，就给它们装个简易转换模块。模块外面裹上厚保温棉，跟给它穿了件“小棉袄”似的，冬天在户外也冻不坏，插上老设备的接口就能连新系统，既省了换设备的钱，也不用停着电折腾，特别省事。

为了让西藏变电站的数据传得稳、传得快，方案主要从线路布置和设备分工两方面做了调整，每一步都贴合高原的实际情况。考虑到西藏到处是峡谷、高山，信号很容易被山体挡住，变电站里的传输线特意选了外面裹着厚屏蔽层的款式——这种线是本地电力施工常用的，抗干扰能力强，周围的高压电、无线电信号都不会影响它传数据。施工的时候，还会用小型挖掘机挖30厘米深的沟，把线埋在土里，特意避开容易塌方的山坡底下、信号反射强的岩壁旁边，这样一来，风吹雨淋、山上掉小石头都伤不到线路，不用总去修。像那曲、阿里那些离县城远的山区变电站，光埋屏蔽线还不够，会在传输线路中间装个小型中继器。中继器不随便放，专门挑向阳又背风的土坡，底下垫上木板防潮，外面搭个简易的铁皮防雨棚，棚子周围还挡了一圈石头挡风，冬天雪下得再大、风刮得再猛，中继器也冻不坏、淋不着，能把快断的信号“接力”传下去，就像有人

在中间帮着递话一样。数据传输也分好了工，不瞎折腾：数据采集单元就专门管收电压、电流这些实时数据，比如线路电压从220V降到210V，它马上传一次就行；测控设备不用跟着重复采，只接数据来分析有没有问题；后台系统还设了简单规矩，同一个数据10分钟内要是收到第二次，就自动删掉，不用人一条条筛。以前后台屏幕上满是重复数据，运维人员翻好几页才能找着有用的，现在一页就能看清，既省了硬盘空间，干活也快多了。

针对高原低温给设备带来的麻烦，方案主要从两方面入手：一是给设备做好防护，二是提前备好零件。装二次设备的时候，先给接口的金属触点涂一层耐冻导电膏——就是本地电力局平时常用的那种，哪怕零下40度也能用，能防止低温让触点氧化生锈；涂完膏体，再用耐寒密封胶把接口的缝隙全封死，就像给接口打了层防水又防冻的“补丁”，就算低温让金属部件收缩，接口也不会松动。除了给设备做防护，每个变电站还会在值班室旁边放一个保温备件箱。箱子里垫着厚厚的保温棉，冬天打开也不冻手，里面装着平时容易坏的接口插头、密封胶、导电膏，还有1到2台备用的中继器和转换模块，不用等外地调货。设备摆放也有讲究，所有二次设备都集中放在变电站的室内避风区，室内还装了小型电热板，冬天能把温度稳住5℃以上，不让设备在零下几十度的低温里“硬扛”，这样能进一步减少低温对设备集成和数据传输的影响。见图1所示：



图1 高原低温下设备的保护图

4 二次设备集成与信息交互优化方案的实践成效

二次设备集成比以前快太多了，再也不用天天为“凑设备”犯愁——以前不同厂家设备对接，不光要调参数，还得找各种适配线，特别折腾。就像山南某县城的变电站，之前装甲厂的继电保护装置和乙厂的测控设备，师傅们每天蹲在设备旁改接口参数，中午吃饭都轮着来，足足耗了四天，结果还是老断连没法用。现在不一样了，设备统一用常用的网口，不用再找特殊线；出厂前厂家还放进-20℃的低温试验箱里，连好设备跑了一整天数据，确认能稳定对接才发货。设备到场后，师傅们用普通网线一接、通电试了次，半天就完成集成，下午就能正

常监测电网数据,一天内完全能用。日喀则那些还在用的老旧串口设备,也不用拆了换新,本地电力局提前备好了裹着厚保温棉的转换模块,师傅们不用拆机器、不用停供电,插上模块就行。有个变电站的老测控设备,之前跟新数据采集单元连一次断一次,加了模块后连续三个月没出问题,还省了换整套设备的钱,改造成本降了不少。

偏远山区变电站的信息传输,现在真是又稳又快,跟以前比简直是两个样。那曲有个牧区变电站,建在海拔4500米的山坡上,周围全是光秃秃的山梁。以前一碰到暴雪天,山上的信号被厚雪和山挡得严严实实,说断就断。有次线路电流突然超标,故障信息传了快十分钟才到后台,运维师傅们开车往山上赶,雪后路滑还差点陷进雪坑,等赶到时,附近牧场的挤奶机都停了快一小时,奶都快坏了,别提多着急。现在不一样了,不仅把传输线换成带屏蔽层的,还特意挖沟埋在地下30厘米深,不怕风吹雪埋;半山腰还装了个中继器,选在向阳的土坡上,外面搭了个铁皮棚子挡雪,就算下暴雪,信号也没断过。故障信息一两分钟就能传到后台,运维师傅们不用再慌慌张张赶时间,提前规划好路线就行。数据冗余的问题也解决得很彻底。以前后台一天能收到几百条重复的电压、电流数据,运维师傅们下班前得花两小时删,经常加班;现在数据采集单元只传一次,测控设备只接来分析,后台自动滤掉重复的,硬盘空出一大块,师傅们看数据不用翻来翻去,半小时就能把电网状态摸得清清楚楚。

冬天低温时的设备问题少多了,运维也比以前省心不少。

参考文献:

- [1] 塔嘎.西藏山南220kV变电站系统调试关键问题分析[J].中国新技术新产品,2025(19):22.
- [2] 易永辉,王雷涛,陶永健.智能变电站过程层应用技术研究[J].电力系统保护与控制,2025,38(21):1-5.
- [3] 陈宏,黄国方,陈金猛,等.基于IEC61850的变电站二次系统工程调试与质量控制[J].电力建设,2022,33(9):15-19.
- [4] 范建忠,马千里.GOOSE通信与应用[J].电力系统自动化,2022,31(19):85-90.
- [5] 杜振华,王建勇,罗奕飞,等.基于MMS与GOOSE网合一的数字化网络保护设计[J].电力系统保护与控制,2020,38(24):178-181.

阿里有个高山变电站,以前一到冬天,总因为接口螺丝冻松、触点氧化断通信。有次继电保护装置连不上后台,等从拉萨寄新插头过来花了三天,这三天只能靠人24小时盯着设备,生怕出问题。现在不一样了,接口先涂了耐冻导电膏,又用密封胶封严实,冬天再也没出现过接口松动的情况。而且站内的保温备件箱里就有备用插头,上次模块坏了,运维人员半小时就换好,设备只停摆了两小时。二次设备也都集中放在装了电热板的保温室里,冬天室内温度能稳住5℃以上,设备一启动就成功,不用像以前那样,早上得先预热半小时才能开机。以前冬天运维人员一周要冒雪上山检查三次,现在一个月去一次就行,既安全又省时间。

5 结语

本文围绕西藏数字化变电站建设中的二次设备集成与信息交互问题展开,结合高原地域特性与实际运维需求,先梳理建设背景及设备应用现状,再明确接口兼容、传输不稳、低温隐患等核心问题,进而提出统一接口标准、优化传输链路、强化低温防护的适配方案,最后通过实践验证了方案的实际成效。从实践结果来看,优化方案有效缩短了设备集成调试时间,提升了信息传输稳定性,缓解了低温环境对设备运行的影响,切实解决了西藏数字化变电站建设中的痛点问题。该方案无需复杂技术投入,更贴合高原地区运维实际,可为后续西藏偏远牧区、高山峡谷地带的数字化变电站建设提供可复制的实践路径,助力进一步提升高原电网的供电可靠性与运维便利性。