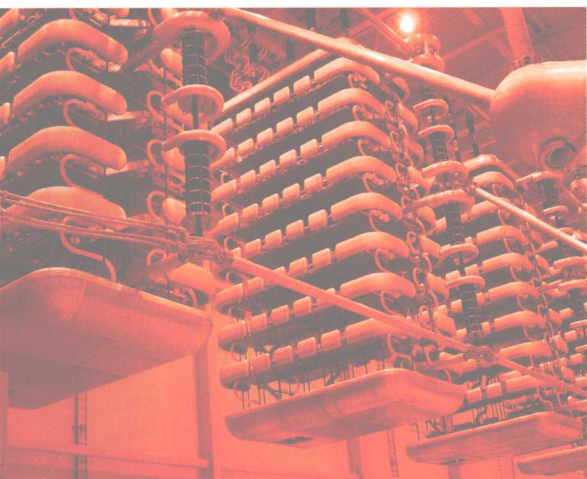




国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA



高压直流输电 岗位培训教材

通信设备

国网运行有限公司 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

高压直流输电 岗位培训教材

通信设备

国网运行有限公司 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《高压直流输电岗位培训教材》丛书之一，主要介绍了 ETL500 载波系统、马可尼光端机、哈里斯交换机、通信电源系统。每部分均包括相关设备结构、检修和试验相关要求以及日常运行维护过程中需注意的问题等内容，并附有各换流站内的设备介绍。

本书可供高压直流输电岗位运行、检修技术人员及管理人员参考，也可作为相关专业院校师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

通信设备/国网运行有限公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2009

高压直流输电岗位培训教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8440 - 5

I. 通… II. 国… III. 高电压 - 直流 - 通信设备 - 技术培训 - 教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 009710 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 176 千字

印数 0001—3500 册 定价 19.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《高压直流输电岗位培训教材》

编 审 委 员 会

主 编 崔吉峰

副主编 李 东 王守东 陈秋安 王晓希

姜殿强 罗德彬

编 委 余克武 余振球 刘 涛 唐开平 殷俊新

李继辉 仝培理 习超群 王聿升 王世民

胡开军 刘国云 丁子健 李安伟

各分册编写人员

变压器设备

饶红林 周 广 吴 聪 谭 静 陈 飞 靳海路 王 枫 陈大军
余姗姗 赵福莉 郑 华 黄瑶玲 张 勇 戚 菲 李 浩 张 念
张 益 张海燕

换流器及直流控制保护设备

吴 鹏 汪 涛 陈 凯 王丽娜 摆 亲 陈 晓 吴 宁 王紫鑫
许立新 吕拦坡 赵 杰 李 彪 付纪华 姚 孟 俞晓冬 孙 瑾
姚其新 韩情涛 贺霖华 李 君 刘蓓蒂 刘 询 李凤祁

开关设备

戴晨蓉 廖文锋

线路设备

曹 亮 李浙涛 刘庭波 吴秀海 胡 风

通信设备

马树明 欧阳兰 吴 军 朱煜冰 李 晶

互感器、滤波器及避雷器设备

王 鹏 黄 晨 钱 龙 胡锦涛 康 文 石伟峰 李华兵 毛志平
黄岳奎 吴 鹏 汪 涛 陈 凯 王丽娜 摆 亲 陈 晓 陈炳华
顾舒扬

辅助设备

周建国 张 昕 饶 磊 魏华兵 李龙蛟 廖卉莲 康 文 石伟峰
黄 晨 邹根海 苏 飞 陈 凯 汪 涛 吴 鹏 王丽娜 摆 亲
陈 晓 王紫鑫 汤晓峥

交流保护设备

沈志刚 单 哲 郝跃东 汪道勇 李锋锋 徐 兵 商少波 郑 华
黄瑶玲 赵福莉 周建国 张 昕 黄正发 姚青强 吕拦坡 姚 兵

序

1989 年，中国第一条超高压直流输电工程葛洲坝—南桥直流输电工程建成投产，直流输电技术在中国稳步发展。进入 21 世纪后，随着三峡电力送出和跨区电网大规模发展，中国直流输电工程也得到较快发展。目前，中国直流输电无论容量还是技术水平均已走在世界前列，今后还将有一大批直流输电工程投运，直流输电在电网中的作用越来越重要。

由于直流输电工程技术及设备的特殊性，工程运行维护较交流工程有很大不同，随着后续直流输电工程的快速发展，直流输电运行维护培训需求大大增加。因此，编写有关直流输电工程生产岗位培训教材是当前直流输电工程发展所急需的，对提高在运直流输电工程的运行可靠性也具有重要意义。国网运行有限公司是国内运行维护直流工程最早、数量最多、容量最大的专业电网运行公司。为了全面提高国内直流输电工程运行维护工作水平，公司组织了数十名长期从事直流输电运行、检修的技术人员，在充分总结在运直流工程运行经验的基础上，前后经过长达两年的时间编写完成了理论结合实际设备、全面系统、实用性较强的《高压直流输电岗位培训教材》。

这套教材共分八册，系统地对直流输电相关设备的原理、结构、技术特点进行了详细的描述，并进而对设备的巡视检查、检修试验等运行维护工作要求和特点进行了总结。它的出版发行将为从事直流输电运行维护、设计、安装、调试和直流输电设备制造、直流电网生产管理和调度管理等方面的技术人员和生产管理人员提供很好的技术参考。期望它能够对提高我国常规直流输电工程和特高压直流输电工程生产运行水平起到重要作用，从而为建设坚强国家电网作出贡献。

宿吉峰

2008 年 12 月

前言

高压直流输电技术起步在 20 世纪 50 年代,到 80 年代,全世界共建成了 30 项直流输电工程,直流输电在电网中发挥了重要作用,直流输电控制保护技术得到进一步的发展和完善。迈入 90 年代以后,随着电力电子技术、计算机技术和控制理论的迅速发展,高压直流输电技术日益完善,可靠性得到提高。

我国直流输电技术同样是在 80 年代得到发展的,建成了我国自行研制的舟山直流输电工程(± 100 千伏,100 兆瓦,55 千米)和代表当时世界先进水平的葛洲坝—上海(简称葛上) ± 500 千伏直流输电工程。90 年代,随着三峡工程的建设,三常、三广、三沪直流工程相继投运。2004 年,我国第一个背靠背直流工程,同时又是一个直流设备国产化示范工程,灵宝背靠背直流工程顺利建成。标志着中国已经逐渐成为世界上运行直流工程数量最多、容量最大、线路最长的直流输电大国。

据预测,至 2010 年全国发电装机总容量将达到 8.4 亿千瓦左右,2020 年将突破 12 亿千瓦左右。将新建电源的电能安全、稳定、可靠、经济地送出是我国电网建设的基本任务,并应在此基础上逐步改善电网结构、推进全国联网,这使得电网的发展比电源建设更具挑战性。特别是在西电东送工程中,直流输电本身适宜远距离输送、送电容量大、易于控制和调节的特点将发挥极其重要的作用。根据《国家电网公司特高压电网规划》,到“十一五”末,规划投产的直流背靠背工程包括东北华北背靠背、灵宝背靠背(扩建)、中俄背靠背、福建广东背靠背四个项目,以及德阳—宝鸡、呼盟—辽宁、晋东南—江苏、宁东—潍坊、蒙古—天津、俄罗斯—辽宁、西藏—青海、葛沪改造等八个项目。到“十一五”末,国网公司系统直流输电工程将达到 17 个、换流站 28 个、输送容量达到 4005 万千瓦。到“十二五”末,国家电网公司将有 8 个直流系统建成投产,包括向家坝—上海、宁东—济南、四川—湖南、锦屏—江苏、蒙古—唐山、溪洛渡—湖南、溪洛渡—浙江、蒙古—山东。直流工程总数将达到 25 个、换流站 44 个,输送容量 8085 万千瓦。“十三五”期间,国家电网公司规划建设投产的直流系统还有 14 个,直流输电工程将达到 39 个、换流站 72 个,输送容量达到 18 745 万千瓦。国内南方电网公司在运的天生桥—广州、安顺—肇庆、兴仁—深圳三个直流输电工程,总输送容量 780 万千瓦,此外在“十一五”末还将完成云广特高压直流输电工程,总输送容量达到 1420 万千瓦。

随着大批直流输电工程投运,直流输电工程的运行维护和生产管理工作显得日益重要,特别是随着近年来直流工程数量和容量的快速发展,直流工程运行维护也不再局限于专业的直流电网运行公司,各网省公司将更多地参与直流输电工程运行维护和生产管理工作。正是为了满足我国直流输电工程生产运行的需要,国网运行有限公司总结了近 20 年来在直流输电工程中运行维护的经验,结合直流输电设备特点,全面系统地编制了我国第一套专门针对直流输电岗位的培训教材。

本套教材共分八册，其主要内容有：变压器设备，换流器及直流控制保护设备，开关设备，线路设备，通信设备，互感器、滤波器及避雷器设备，交流保护设备，辅助设备。系统地对直流输电工程中的上述设备的结构、原理、技术特性、运行维护工作内容和要求等进行了详细说明。本套教材在大量收集、整理、分析国网系统在运直流输电工程运行技术资料的基础上，结合现场运行维护经验，按照设备类别对直流输电工程的运行维护岗位专业技能进行了详细说明，是从事直流输电运行维护和生产管理人员学习直流输电原理、设备特性、控制原理和运行维护内容的岗位技能教材。同时本书也可用于直流输电工程设计、安装、调试、调度管理、设备厂家及相关直流输电工程生产管理人员使用。

为了编制好本套教材，国网运行有限公司充分发挥专业直流输电工程运行维护公司的特点，仔细分析直流输电各岗位的技术技能需求，自2007年10月开始进行编制，经过了多次讨论修改，数易其稿，最后于2008年10月完成了本套教材的编写工作。本书的编写人员均是有着丰富的直流输电工程现场工作经验、熟悉直流输电工程设备技术和生产管理的专业人员。运行公司所属宜昌、上海、惠州、三门峡四个管理处，共9个换流站的近百名专业技术人员参与了教材编写。

本书在编写过程中得到了国家电网公司、设备制造厂家、各技术监督单位的大力支持，特在此表示感谢。限于我们的水平和经验，书中难免存在缺点和不足，望读者批评指正。

编者

2008年11月

目 录

序
前言

第一部分 ETL500 载波系统

第一章 ETL500 载波机简介	2
第二章 设备结构	4
第一节 ETL500 载波机基本部分	4
第二节 板卡及其基本功能介绍	5
第三节 载波机面板告警定义	20
第三章 ETL500 载波机的典型应用	22
第一节 葛南直流载波系统	22
第二节 万龙Ⅱ线载波系统	26
第三节 龙奉Ⅱ线 500kV 交流载波系统	28
第四章 ETL500 载波机例行检修和试验	32
第一节 检修项目周期及工期	32
第二节 检修方法及工艺	32
第五章 载波设备日常巡检及常见故障处理	37
附录 A 各换流站所辖载波机设备	39

第二部分 马可尼光端机

第六章 SDH 原理	42
第七章 马可尼 SDH 光端机	45
第一节 SMA16-64 产品简介	45
第二节 单元描述	46
第三节 单元卡介绍	50
第四节 功能概述	54
第八章 设备预防性试验	56

第九章 设备日常巡视项目	60
第十章 设备运行维护注意事项	63
附录 B 各换流站所辖光端机设备	73

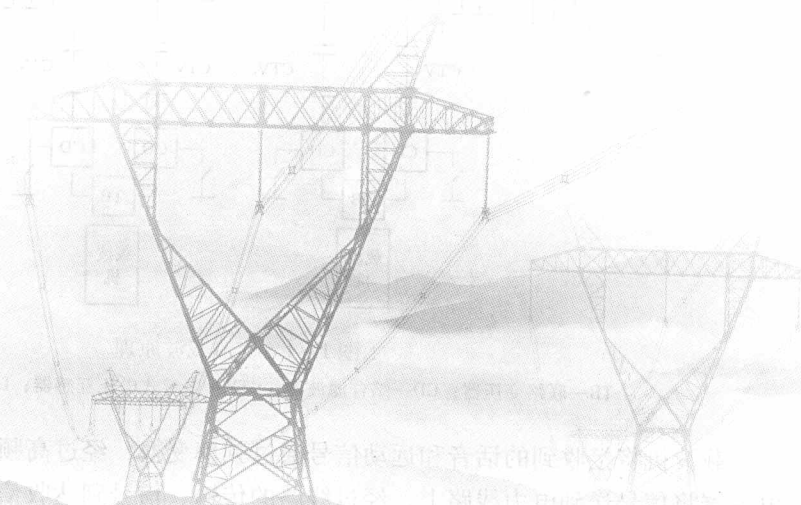
第三部分 哈 里 斯 交 换 机

第十一章 基本原理	76
第十二章 哈里斯交换机	77
第一节 哈里斯交换机 MAP 系列产品技术综述	77
第二节 哈里斯交换机 MAP 系列产品概述	77
第三节 哈里斯交换机 MAP 系列产品系统参数	77
第四节 哈里斯交换机 MAP 系列产品系统模块配置	78
第十三章 通信设备预防性试验项目	82
第十四章 通信系统日常巡视项目	96
第十五章 设备运行维护注意事项	97
附录 C 各换流站所辖交换机设备	102

第四部分 通 信 电 源 系 统

第十六章 简介	104
第十七章 设备结构	106
第一节 整流屏	106
第二节 电源分配屏	111
第三节 蓄电池组	111
第十八章 检修和试验	113
第一节 检修项目、周期及工期	113
第二节 蓄电池的测试	113
第三节 直流负荷开关过流保护可靠性检测	115
第十九章 运行与维护	117
附录 D 各换流站所辖通信电源设备	119

ETL500载波系统



ETL500 载波机简介

在大力发展光纤电力介入通信网的今天,载波通信依然是应用最为普遍的电力通信方式,全世界几乎所有国家都使用电力线载波在高压电力线上传输信息。电力线在 40 ~ 500kHz 频率范围内传输信号的衰耗较低,是一种理想的中长距离(20 ~ 500km)的传输介质。在 80kHz 附近或以下的频率范围内,无中继电力线载波的最长距离可达到 800km,其他通信方式(电缆、金属、光纤或微波等)如果不设中继器或中继站是无法达到的。

1. 电力线载波通信的优点

- (1) 载波通信利用电力线,不需另外架设通信电缆,建造费用低。
- (2) 通道运行不受断路器、隔离开关的操作影响。
- (3) 线路衰耗较低,在正常天气情况下相对比较稳定,长期噪声电平不高。

2. 载波通信系统的构成与工作原理

载波通信系统主要由载波机、高频电缆、结合滤波器、耦合电容器、高频阻波器、电力线组成。开通载波复用通道有两种耦合方式:相相耦合与相地耦合,最常用的耦合方式为相相耦合。图 1-1 为采用相相耦合的交流载波原理。

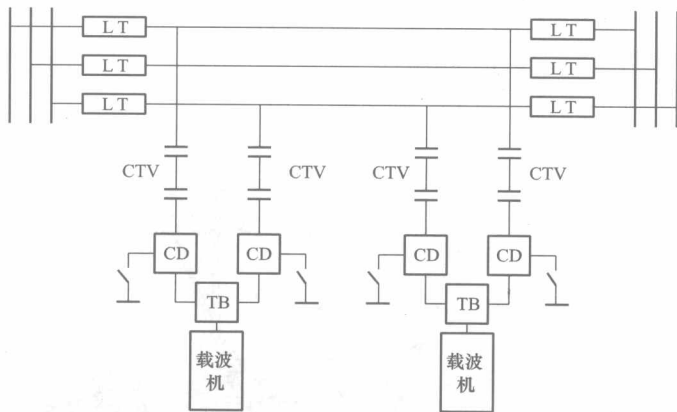


图 1-1 交流载波原理

TB—联络变压器; CD—结合滤波器; CTV—电容式电压互感器; LT—高频阻波器

载波机将接收到的话音和远动信号通过频率变换,经过高频电缆,结合滤波器和耦合电容器将信号送到电力线路上,经过线路的传输、信号到达收信端。在收信端,信号经过耦合电容器、结合滤波器、高频电缆进入载波机,在载波机中进行频率反变换,这样被还原的信号经音频电缆送到话音和远动信号的接收装置,实现了信息的传输。

3. 各组成部分的功能

高频阻波器——阻止高频信号进入变电站（发电厂）。

耦合电容器——阻止工频电流进入载波设备。

结合滤波器——与耦合电容器一起构成高频带通滤波器。

接地开关——检修结合加工设备中除了它之外的部分设备时，为保证人身设备安全，将耦合电容器低压端子作接地之用。

高频电缆——将载波终端设备与结合滤波器连接在一起。

根据输出功率的不同，ABB ETL500 系列载波机有三种机型。

(1) ETL505：5W 单路载波机。

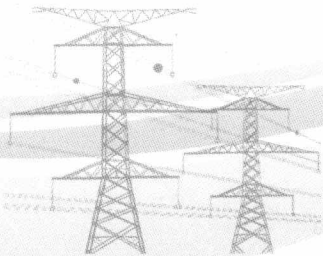
(2) ETL540：40W 载波机，ETL541 就是 40W 单路载波机，ETL542 就是 40W 双路载波机。

(3) ETL580：80W 载波机，ETL581 就是 80W 单路载波机，ETL582 就是 80W 双路载波机。

在大多数情况下 40W 的功率可以保证必要的传输质量。恶劣运行的条件下，线路的损耗很大，噪声电平很高，这时可以再并联一台功率放大器，使功率增加到 80W。两台功率放大器分别由独立的电源供电，再通过高频差接网络耦合到线路上，就形成了双功放结构，对于损耗小、噪声低的线路，也可使用小型的 5W 功率的载波机。

输出功率指载波机外线端的输出功率，功放的实际输出功率还要大。

三种载波机都可以按单路 4kHz 带宽方式工作。其中，40W 和 80W 载波机可以设置成两路各 4kHz 带宽的双路机。40W 和 80W 载波机还可以设置为单路 8kHz 带宽。



设备结构

第一节 ETL500 载波机基本部分

一、ETL540/580 载波机不包括接口模块在内的基本部分

- (1) 直流变换器 B4LE;
- (2) 中心处理器 P4LQ (DSP 模块);
- (3) 收信滤波器 P4LR;
- (4) 直流电源盘 B5LA 或 B5LC;
- (5) 发信滤波器 E5LA 或 E5LB;
- (6) 高频差接网络 P3LB 或 P3DA (P3LB 只适用于采用 P4LR 的情况);
- (7) 高频汇集器 P3LC 或 P3LD (P3LD 只用于 ETL580 载波机);
- (8) 功率放大器 P1LA。

二、ETL505 载波机不包括接口模块在内的基本部分

- (1) 直流变换器 B4LE;
- (2) 中心处理器 P4LQ (DSP 模块);
- (3) 线路放大器、高频发信和高频收信滤波器 P4LS;
- (4) 线路接口板 G1DA。

三、ETL540/580 载波机板卡配置图

ETL540/580 载波机板卡配置如图 2-1 所示。

13					9					10		8
13					9					11		8
6	1 or 2	1 or 2 or 3	1 or 2 or 3	1 or 2 or 3	4	1 or 2 or 3	1 or 2	1 or 2 or 3			12	5
9R	6R	5R	6R	6R	5R	6R	3R	6R	5R	6R	6R	1 8R

图 2-1 ETL540/580 载波机板卡配置图

- 1—电话和远动的音频接口模块 O4LE; 2—NSD550 远方保护接口模块 C4AI; 3—NSK5 移频键控 (FSK) 调制解调器 C4AK;
 4—数字信号处理 (DSP) 模块 P4LQ, 或称中心处理模块; 5—告警继电器模块 R1BC; 6—直流变换器 B4LE;
 7—通路机层 P7LC; 8—40W 功率放大器 P1LA; 9—发信滤波器 E5LA 或 E5LB; 10—高频汇集器 P3LC 或 P3LD;
 11—高频差接网络 P3LB 或 P3DA, 测试用假负载 P3LK; 12—收信滤波器 P4LR; 13—电源盘 B5LA 或 B5LC;
 14—ETL505 的 5W 功率放大器 (包括发信和收信滤波器) P4LS; 15—ETL505 的线路接口模块 G1DA

四、ETL505 载波机板卡配置图

ETL505 载波机板卡配置如图 2-2 所示。

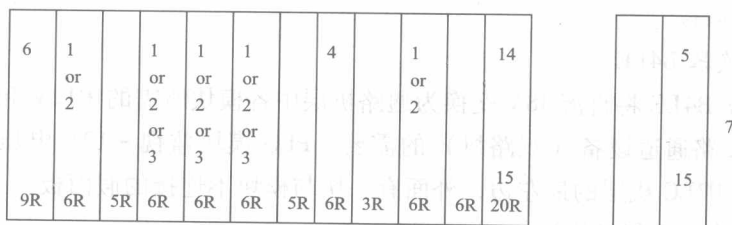


图 2-2 ETL505 载波机板卡配置图

图中数字含义见图 2-1。

第二节 板卡及其基本功能介绍

ABB ETL500 系列载波机组成分为必选组件和选用组件，其中基本部分为必选组件。

一、必选组件

1. 中心处理器 P4LQ

P4LQ 是 ETL500 载波机的核心，具有以下主要功能：

- (1) 在发信接收两个方向将音频（AF）转换为载频（RF），又将载频转换为音频。
- (2) 监视载波机的全部硬件和软件。
- (3) 两个方向的导频通路具有以下功能。

- 1) 嵌入式公务通路（EOC）的信令；
- 2) 两个通道具有相互独立的 E 和 M 信令；
- 3) 两个通道具有相互独立的自动增益控制（AGC）电路；
- 4) 频率同步；
- 5) 监视接收导频的信号质量；
- 6) 提供 NSD550 的监频信号。

(4) 自动测量两个方向通路的频率响应，并从各自的一端对均衡滤波器进行计算。

(5) 可以直接或通过调制解调器电路，将微机与载波机连接，输入设置值和监视设备的运行状况。

(6) 复用 NSD550 远方保护时进行信号处理。

(7) ETL550 TDM 总线的控制器。

(8) 带有系统/机柜告警、硬件告警和电路告警的带转换触点的告警继电器。

全部功能都由 3 个 DSP 电路及其有关的外围电路来实现。这些电路包括模数转换器（ADC）、数模转换器（DAC）、缓冲器、驱动器、通用异步收发信机（UART）、监视狗、RAM、Flash EPROM、时钟信号发生器和 $\pm 12V$ 监视电路等。

音频转换为高频或高频转换为音频的过程完全是数字化处理的,不需要模拟滤波器、调制和解调设备,所以具有极高的热稳定性,这项技术被称作直接数字合成(DDS, Direct Digital Synthesis)。

2. 直流变换器 B4LE

直流变换器 B4LE 将直流 48V 变换为通路机层中各模块所需的 $\pm 12\text{V}$ 和 $\pm 5\text{V}$ 。电源的容量可以满足 2 路通道设备(双路机)的需要。PLQ 模块监视 $\pm 12\text{V}$ 电压是否过高或过低。B4LE 装在 P7LC 机层的最左边,外面有一块与模块不连接的假面板。

B4LE 设置有以下保护措施:

- (1) 启动电流限制器;
- (2) 输入端装有 6.3A 慢熔熔丝;
- (3) 过载和空载保护;
- (4) 温度过高保护;
- (5) 电源极性接反保护(用熔丝);
- (6) 输出端过压保护。

3. 40W 功率放大器 P1LA

40W 功率放大器 P1LA 安装在功率机层 P7LA 的背面。功率放大器输入端的载频信号通过前置放大器进入驱动电路,电流和电压的综合负反馈使放大器的线性失真降低,输出阻抗稳定。驱动电路为输出放大级提供正常工作所需的低压信号源阻抗。功率放大器的输出信号在输出变量器中汇集,进入大功率发信滤波器 E5LA 或 E5LB。

4. 高频汇集器 P3LC 或 P3LD

高频汇集器 P3LC 或 P3LD 只用于 80W 载波机。汇集器的用途是将两台 40W 功率放大器的输出功率组合为 80W 的输出功率。它由汇集变量器和发信告警电路组成,装在 P7LA 功率机层的高频差接网络的位置。

P3LD 用于 100kHz 以下频带, P3LC 用于 100kHz 至 500kHz 频带。

5. 高频差接网络 P3LB

高频差接网络用于将本机的发信和收信电路隔离,适用于线路衰耗过大,特别是发信频带和收信频带紧邻的情况。由于差接网络的跨越衰耗过大,发信输出的交调产物在收信输入端大大降低。差接网络主要由变量器和调协电路组成,调协电路模拟线路的阻抗。差接网络变量器的变比很高,可以使功率放大器输出到线路的介质衰耗很小。改变跳线焊接的位置,可将输出阻抗设置为 75 或 125 Ω 。

高频差接网络设备设有发信告警的 LED 指示灯、调整接受电平的电位器和测量发信信号电平的经过 40dB 衰耗的测试孔。P3LB 要和附加的收信滤波器 P4LR 一起使用。

6. 收信滤波器 P4LR

收信滤波器主要用来抑制本机和并机发信输出信号。

外线端接收的信号经过高频差接网络的输入电位器进入 P4LR 的输入端 B4 和 B6。输入端的衰耗电路可以使输入阻抗不受电位器调节的影响,以满足其后收信滤波器电路的要求,同时可以补偿收信滤波器的频率衰耗特性。收信带通滤波器提供输入选择性,主要用

于抑制并联载波机的发信信号。在现场用调谐适配器 P4LM 就可以对它进行调整。

收信滤波器由 3 部分组成：T 形衰耗器、3 级调谐组成的滤波器和终接阻抗输出电路。

衰耗器设有 7 个不同的衰耗电路，频率范围为 24 ~ 500kHz，带宽为 4kHz 和 8kHz。衰耗器和输入电路的终端阻抗与通道的频率安排有关。

收信滤波器（4/8kHz）可在 40 ~ 500kHz 频率范围内设置。在 24 ~ 36kHz 频率范围内时，需加装电容器。

收信滤波器的 3 部分（衰耗电路器、滤波电路器和终接阻抗）是通过背板上的端子 AC/4 和 C27/A27 互相连接的，从而将收信滤波器和设备的其他电路隔离。通过输入端 A2、C4 和 C27、开关 S1 和收信调谐适配器 P4LM 可以对收信滤波器各部分电路分别调整。

放大器具有很高的噪声抑制能力，它将滤波后的接收信号放大后送入 P4LQ 模块的数字处理器中。放大器的增益可以精确调整，使所有带宽为 4kHz 和 8kHz 的滤波器衰耗为 $0\text{dB} \pm 1.5\text{dB}$ 。

7. 电源模块 B5LA 和 B5LC

供电电源为 48V 直流时，用 B5LA 电源模块；供电电源为 230V 或 115V 时，用 B5LC 电源模块。模块内装有滤波器，以抑制纹波和冲击电压，还有电磁开关和测量输入电压和直流 48V 输出电压的测试孔，输入电源的技术数据为：

直流电源（用 B5LA）	48V DC
	+20% / -15%
	纹波 $\leq 5\%$ 峰峰值
交流电源（用 B5LC）	115/230V
	+10% / -15%
	50/60Hz $\pm 5\%$

在设备接上电源前，请确认 B5LC 已经设置到正确的 230 或 115AC 的输入电压。

8. 5W 功率放大器 P4LS 和线路接口板 G1DA

P4LS 是一块 5W 功率的收发信模块，其设计完全符合 IEC 对电力线载波机的传输和保护系统的要求。

P4LS 的一端与线路接口 G1DA 连接，另一端与中心处理器 P4LQ 连接。它装在 P7LC 通路机层中，由直流变换器 B4LE 供电。P4LS 模块已经内置了调谐和测试电路，所以调整时不需要外加调谐适配器。

功能说明：

通过 P4LS 模块面板上的电位器，可以调整发信输出功率的告警门限值。出现以下情况时，面板上“Tx ALARM”LED 会略带延时点亮：

- （1）功率低于发信告警门限值；
- （2）功率放大器过载。

在面板的测试孔上可以测得经过 40dB 衰耗的载频外线电平。

发信滤波器由电感器和 P4LS 模块机盒内小格里的电容器组成。调整滤波器时要使用