维普资讯 http://www.cqvip.com

⑦ ✓变电所，箱式变电所，试验
39-45

关于箱式变电站结构和试验几个问题的探讨

A Discussion on Some Construction and Test Problems of Outdoor Transformer Substation

苏州电器科学研究所 文念祖 TM63

内 容 提 要

本文就箱式变电站发展的概况，在我国发展缓慢的原因，以及我国在八·五期间开发此项产品的前景作了阐述，并就箱式变电站的结构形式、材质、涂复层做了分析，特别对我国目前有关箱式变电站执行的标准情况，提出看法强调进行型式试验的重要性，和正确执行试验方法的必要性，并且从试验结果，提出对结构、材质、涂复层的改进意见。

Abstract

This article outlines the development of Outdoor Transformer Substation, explains the reasons of its developing in small steps in China and looks forward to the prospects of the product in "Eigth Five-year" period.

The article also analyses the structure, material and coating of Outdoor Transformer Substation and specially evaluates the present situation of executing standards related Outdoor Transformer Substation.

The importance of type-test and the necessity of correcting test method are emphasized and a suggestion on improvement in the structure, material and coating on the basic of the test results is offered.

关键词：箱式变电站 型式试验

Key words: Outdoor Transformer Substation Type-test

随着城市配电网络改造的需要，成套变电站已越来越显示出其优越性，尤其是户外型成套变电站，即通常称之谓箱式变电站的成套变电站，在近五年内，全国各地区都络继进行了探讨性的开发，尽管在我国最早生产户、内外成套变电站的产品至今已投入运行时间将近十年，但为数极少，而其发展的速度和国外相比是差距悬殊的。

箱式变电站比起传统的变配电室，具有许多优越性。由于它体积小，占地面积少，因此选位灵活。另外，它结构紧凑，省去了大量土建工程，不仅安装方便，而且简化了安装，因而大大缩短了基建的周期。同时"箱变"运行维修简便，管理工作量小，这样，总的投资就大大减少。特别使人感兴趣的是"箱变"具有可移性，它可以深入到负荷中心甚至可以随负荷中心而转移，这样对提高供电质量，减少电能损失，提高供电的可靠性，以及对旧的城市配电网络改造都是十分需要的。箱变需要转移时，只要考虑一个安装墩，和进出电缆线的安装，因此费用小，安装方便，施工周期极短。

尽管箱变具有如此多的优越条件，在国外自60年代末、70年代初，一些发达国家包括美、英、法、德、日本都相继开发了户内、外的成套配电装置。这些年来，进展神

电器支术

维普资讯 http://www.cqvip.com

速，这种装置不仅占了新建变配电工程绝大部份，据资料统计，美国在1975年新建的成套变电站就占全年新建变电所的80%。而且这些国家在新建同时也逐步对旧的变配电站进行改造工作，这种改造工作在有些国家已基本完成。我国虽在70年代即已着手研制开发，但在前一段时期发展缓慢。究其原因，主要是装置内所用的高低压设备和元器件在我国正处于更新换代阶段，老产品性能及可靠性较差，新产品正在开发，有些通过国外引进技术，正在消化吸收，这些年来又未能批量生产供应。同时城网长期处于落后状态，负荷日增，用电紧张，供电部门从供电安全可靠性出发，更不能不慎重对待。再说一个新产品在开发使用初期，对供用电部门来说都有一个熟悉了解的过程。随着一些新元件选用，还会改变一些旧有的传统操作运行习惯，这也需要有一个适应和过渡的过程。随着改革开放形势发展，大量元器件及设备已分别从国外引进，有些经过国内有关科研生产单位研制，符合IEC标准和VDE、UL、BS、JEM等国外先进标准的产品近年已相继供应。对高、低压开关电器而言，不仅解决了占地面积和技术性能及安全可靠性问题，而且在短路情况下，其分断能力已能分别适用于不同的系统。

根据1987年，对低压配电装置行业调查基础上，行业归口单位对产品发展的预测，其中成套变电站(包括户内、户外式)"八·五"期间每年需求量将在3台万以上，与目前每年可供量相距甚远，可以预见"八·五"期间箱变的扩广应用必将出现一个崭新面貌。

假如箱变明显的优点是体积小，便于移位和安装，那么恰恰就是因为其具有结构紧凑的特点，在某种程度上决定了整体箱变的性能。对户外箱变而言，日照幅射和内部元件因温升而影响的因素以及电器元器件布置对电气间隙的要求和外壳防护等及对暴风雨沙尘的防御等都影响到对结构的考虑，本文就箱式变电站的试验问题谈起探讨其与结构的有关问题。

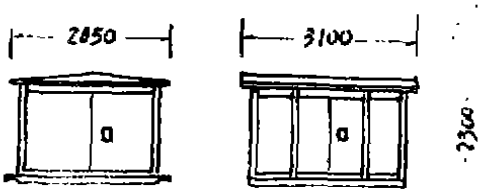


图 1 GYB-315/10 箱式变电站(单位mm)

一、箱式变电站的结构

1. 箱式变电站的外形

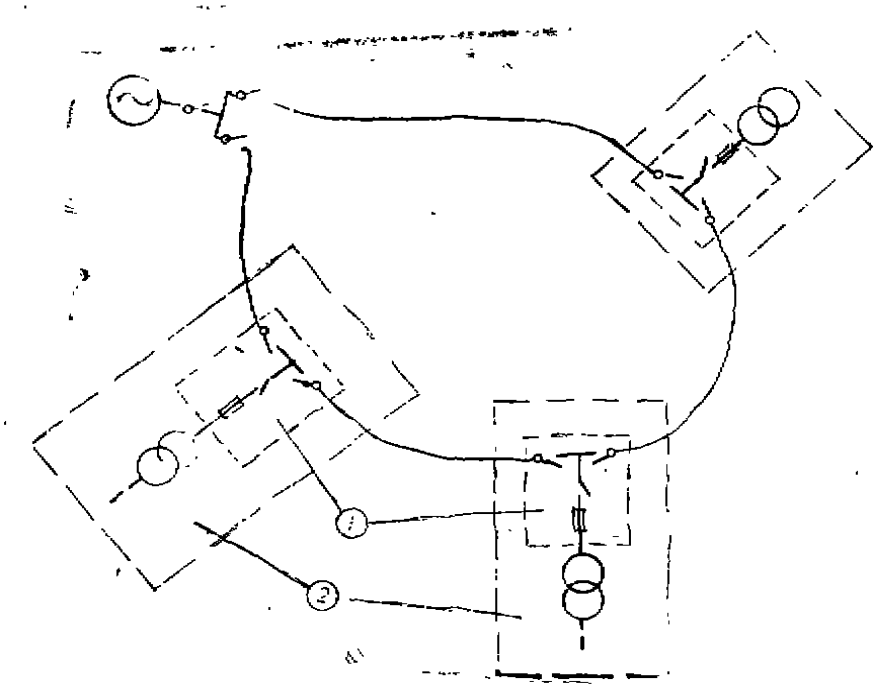
箱变考虑其整体运输的可能性，因此在决定外形尺寸时，必须考虑对中、小容量箱变能一次起吊，并在一般4～5吨货车上直接运输。(见图1)对大于630kVA以上的箱变，随着其体积的增加或高、低压进出线回路的不同，可以仍然做成整体式，置于平板拖车上运输，也可以把三个功能单元，即高压单元，变压器单元，低压单元分别独立形成结构，做成组合式整体，将独立的单元结构运至安装现场后再进行组合。这样现场安装上虽然比整体在工厂一次性组装较为费时，但如安排得当，也并不增加多少工作量，因此就运输、节约原材料观点出发，把外形尺寸按变压器容量及高压供电方式，例如单电源供电抑或环网供电(见图2)的要求，有必要划分为几种类型，但是各型箱变的设计，最终要通过型式试验来考核，这就要选定一个有代表性的典型结构和布线方案来进行。

2. 箱变一些参数的协调

箱变迄今尚无国家标准，尽管1989年机械电子工业部和能源部相继颁布了专业标准ZBK 40001-89和部标准SD-320但是作为一个具有高低压设备和元件的成套设备装置，它一定要满足装置内设备、元件各自技术性能上的标准要求，由于变压器和高压电器的温升、绝缘水平都是和海拔高度相关联的，因此箱变的海拔按GB 11022-89(高压开关设备通用技术条件)，定为1000m、2000m、3000m是合理的，也就是用户如将其安装于超过1000m海拔地区时，应向生产厂作说明，俾使对设备、元器件作相应调整。同时户外箱变虽用于户外条件，但内部安装的元器件都是户内型的，其环境温度下限，如按照户外设备考虑则不符合户内型元器件的技术特性，目前一般只好在箱变的结构上考虑采取强迫通风或加温措施，同时结合防止凝露考虑。

3. 箱式变电站箱体材料的考虑

维普资讯 http://www.cqvip.com



①环网开关　②箱式变电站

图 2　环网供电系统

通常箱变的箱体都选用金属材料制作的，其中用薄钢板和铝合金板或复合钢板为最常见，一般供电部门因户外设备都遭风吹雨淋，从耐锈蚀减少箱体维修角度出发，比较偏向采用铝合金板，但是铝合金箱体从承受机械冲击强度等考虑远不及钢板，同时造价也相应增加。因此，决定箱体用什么材料，同样也应该从使用环境、使用场合、以及箱变在配电网络中所处的重要性以及一次性投资来综合考虑。例如用于建筑工地和油田等基本建设场合，搬迁较多，则还是钢板结构较为合适，箱变的箱体，除了箱体台架外也可以用非金属材料制作，常用的有水泥制品或阻燃型塑料等建筑材料，但强度更差，然而对耐污染和受日照幅射等影响则较金属材料为好。

4. 箱式变电站箱体的被复层

箱体外壳的被复层除了起到防止在户外遭受自然和周围环境时箱体的金属或非金属的材料的侵蚀外，它也起到了防止日照幅射效果，同时还美化环境，尤其在城市小区建设中，箱变的外壳涂层往往进行非水溶性树脂喷砂防腐处理，加以一定色彩与周围建筑群混为一体。如果加以一定辅助点缀，它将给人以一种建筑小品的艺术享受，而不认为是单纯的供电用配电装置。

实际上箱变的被复层目前仍然可以作为一个专门课题进行探讨。被复层处理得是否恰当，还不仅是延长箱体寿命，减少维护工作量，实际上不同处理方式还对日照幅射有不同效果。应该特别提出的是，箱变由于体积大，超过一般高、低压开关柜，因此在箱体涂层的前处理工序已无法按通常开关柜进行酸洗、磷化等工艺，特别对箱体底盘必须事先制定好工艺规则，按规定工艺流程进行，否则将会给运行后带来诸多不便。

5. 箱式变电站功能单元的布置

由高压、变压器、低压三个功能单元组成的箱式变电站，根据用户需要可以只由变压器、低压室二个功能单元组合。也有些因受位置限制，将功能室分上、下层布置，由于箱变主要用于户外，为了使操作、维护方便，通常把整个功能单元布置，从结构上分为带操作走廊和不带操作走廊。带操作走廊的箱变可以在箱体内操作，这对运行维护人员在雨雪天提供了方便，但必然增大了箱变的体积，

维普资讯 http://www.cqvip.com

把不同的功能单元分隔成隔室，可以根据不同的要求进行布置。隔室的形成，显然对箱内安装的设备和电气元器件的散热产生一定不利因素，但是也便于对各功能单元分别采取不同的散热和安全操作措施。

目前国外产品已经把高压手车柜和低压抽屉柜组合安装在箱变高、低压室。这更加快了箱变的生产周期，除了造价要相应增高外，它对安装、操作、维修则更为方便。因此国内不少设计院和企业对此有较大兴趣，尽管多了一层外壳但只要布置安排得当，这种方案对柜内元器件温升也不会造成很大影响。

二、箱式变电站的试验

箱变集中高、低压变配电设备于一箱体，根据ZBK 40001-89和SD320-89以及正在制订的《户内户外成套变电站》标准的规定，箱变的型式试验项目共约10项，对于箱变这样的组合体，在试验站当然不可能每项都按实际工作状况全部通电测试，其中尤其如发热试验和短路强度试验。然而如何模拟实际作相应的考核呢？限于篇幅，本文仅就这两项试验进行探讨商榷。

1. 箱式变电站的发热试验

箱变各功能单元中，变压器室温度通常最高为变压器是否能达到满负载时的出力，一般取决于变压器室内环境温度是否超过规定，但最根本的是运行参数，如变压器上层油温和线圈温升是否超过允许值。我们从GBY型箱变的变压器温升试验数据和有关资料比较作简单的分析。

例1：GYB-315/10，选用S_7低损耗变压器，容量为315kVA，箱体为钢板结构，四周有条形复板，外壳采用环氧喷砂涂层。

时间	环温 ℃	变压器顶层油温升 K	变压器线圈温升 K		变压器室上部环温℃	高压室环温 ℃	低压室环温 ℃
			高压	低压			
8月份 8～18点	30～35	45	51	56	45	36	36.5

例2：类同例1结构，变压器亦为S_7-315kVA

时间	环温 ℃	顶层油温升 K		线圈温升 K	
		末启动风扇	启动风扇	末启动风扇	启动风扇
1月份	11.5	58.5	52.5	56.1	48.7

例3：箱体外壳为铝合金板，无条形复板，采用一般喷漆涂层，变压器为S_7-315kVA

时间	环温 ℃	顶层油温升 K	线圈温升 K	变压器室温度℃
1月份	4.5	52.7	58.8	10

例4：类同例3结构，变压器亦为S_7-315kVA

时间	环温 ℃	顶层油温升 K	
		末启动风扇	启动风扇
8月份 9～16点	29～33.5	54.3	46.8

http://www.xuesha.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

上述四例均为同容量变压器，试验时均仅对变压器室通电试验，从试验结果看，除了例2在未开启风扇时，变压器顶层油稍超过限值外，线圈温升则始终在允许限值范围内，虽然变压器室内环境温度已达45℃，超过了正常工作条件规定的+40℃，但是对变压器运行性能要求来说还是符合的。例2进行试验时，由于箱变置于地面，无法对流散热，因此严重影响了试验结果。尽管如此，在箱变结构设计时仍应按正常工作温度+40℃考虑，除非经过试验的验证。由于箱体内变压器室体积较小，散热条件差，再如户外式金属结构件受日照幅射影响，因此变压器室温度在酷暑季节往往超过变压器正常工作条件规定的最高环境温度+40℃的要求。我们知道，通常热平衡方式，由传导、幅射和对流三种方式组合，对变压器室散热情况而言，主要因素是对流和幅射，因此为了达到良好散热效果，必须在结构、箱体材料、以及箱体被复层等进行考虑。对日照幅射处理，对金属结构体，常用加隔热顶层及反射措施，有些生产厂还用双层箱体壁，也有在箱壁四周加条形复板，外形类似集装箱，既增强了箱体结构，又达到部份隔热要求，采用一定措施，还可以在不降低外壳防护等级条件下，达到通风散热的效果。近年来更有将一种特种散热涂料用以涂复在导电体甚致在装置的外壳，有较明显的降温效果，但目前尚未推广。总之，通过改进设计、进行工艺处理后，对幅射散热已取得明显的效果。

根据以往对成套装置试验结果，利用对流的散热以维持装置内电器元件或导电体发热的热平衡是至关重要的，对某些结构而言，对流还起到主要作用。一般情况当装置置于地面上试验时，装置的底板及外壳均处于全封闭不通风情况下，与下部有通风道、上部有散热孔的封闭式结构比较，在装有同样元器件的开关柜内，显然形成对流的开关柜，其柜内的温升可下降3k～7k，这一点十分重要。对户外箱变，当其放置于使用地点时，安装墩必须离地约600mm，而且要有足够大的进风量，有些使用单位，在建造安装墩时只求外形美观将其全部封闭，或只留很小通气孔，这样势必使箱变运行情况恶化，造成各功能单元室环温上升。正因为对流的散热对设备运行的重要性，因此，往往即使是户内式成套变电站当其安装在室内，下部为电缆沟，有时候为了改善电缆沟的通风条件，还在土建中将电缆沟分支加通风口。

由于对流对箱变的运行有较大影响，因此为模拟实际运行工况，在进行型式试验时，箱变应放置于离地有一定高度的临时支点上，当箱内元器件通电发生热损耗产生环流时，底部冷空气进入，而将箱内热气流从上部通风孔排出，达到对流的效果。

通过验证和运行经验证明，低压成套装置内空间环流温度最高点，一般在距离装置底部3/4至顶部处一段范围内，因此为改善箱变的运行而设的对流通风孔，不管是按照其热对流而形成的自然通风，抑或加排风扇而成的强迫通风，都要按照上述规律，以期达到较好效果。

由于低压成套开关设备装置的温升试验，其结果涉及新装置结构、电气元器件的布置、以及多回路使用时的方式等种种因素。因此在装置设计时，对装置发热进行计算是比较困难的。根据有关资料介绍，计算时最基本的参数是要已知各元器件的发热功率及装置的散热面积和通风口位置和大小等，这恰恰是我国元件生产厂亟需提供的重要数据。在如此众多的元器件中，这确实是一件较为棘手的问题，但无论如何已经到应该引起各有关部门的重视的时候了。有鉴于此，国际电子委员会也为统一和推广对低压成套装置的温升考核，在部份型式试验时，推荐以外推法检查低压成套开关设备和控制设备的温升，并已于1987年正式以IEC 890出版物公布。

2. 各功能单元室试验方法的协调

箱变的三个功能单元室分属于高、低压成套装置和变压器都有其独立的标准。显然，应按各自标准规定进行试验。目前，箱变的高压室绝大部分采用负荷开关加熔断器的结线方案，按照GB 763《交流高压电器在长期工作时的发热》试验规定，交流高压负荷开关额定电流为400A，用在1000kVA以下变压器，负荷开关容量远大于变压器高压侧电流容量即使熔断器是一组发热元件，但实际上元件热损耗不会引起高压单元室内的环境温度有多大变化。低压室由于回路数多且电流大，限于结构和元件的布置，有可能会使此功能单元室内温度略有上升，但要

维普资讯 http://www.cqvip.com

注意多回路出线，要根据回路数和负载性质，恰当地定出分散系数，合理地选用元件。试验应按照GB9466《低压成套开关设备基本试验方法》规定进行。变压器室是箱变中发热最集中的功能单元室。目前最通常的还是选用油浸式变压器，按照GB 1094.2《电力变压器第二部分温升》规定，一般都采用短路法试验，即在变压器低压出线端子侧短路，计算线圈的损耗，从高压侧端子输入低压电流，直至短路的低压线圈内流过的是低压额定电流值。试验条件许可的话，可以在低压室和变压器室同时进行试验，这样更符合实际运行工况。假如变压器室环境温度不超过40℃，则变压器的线圈温升和变压器的上层油温，变压器生产厂应保证不会超过65K和55K，为了避免过热的损坏绝缘造成设备故障，在变压器室除了特别注意其自然对流散热设计外，当变压器容量在315 kVA以上时，很多生产厂还增加强迫通风的排风扇。有些地区或使用单位，如对外壳防护等级提出高于IP44要求，诸如防尘，需要不允许开通风口等等，则结构设计时，只能考虑加装空调器，目的还是为保证内部安装的元件，不管是环境条件影响，还是本体发热造成环温升高，都要控制在+40℃内，以确保元件动作的可靠性。

由于各专业要求不同，试验时要按照各自标准，要注意它们之间在试验方法和试验条件上是不尽相同的，诸如试验用连接导线的截面，以及达到温度稳定时判据等等，这些倒是被一般工厂易于忽略的。

3. 短路强度试验

箱变作为户外变配电设备，当出线回路或箱内元器件发生相间短路或单相接地故障时，回路内开关电器必须可靠地动作，以保证设备和人身的安全，因此短路强度试验是箱式变电站型式试验中主要考核项目之一。它包括高、低压装置的动、热稳定和高、低压开关电器关合和开断能力的试验。对变压器要不要做短路试验，尽管过去有些使用单位从安全角度考虑认为有必要，但经过多年探讨，在ZBK 40001和SD 320两个专业（部）标准中已经明确不再在箱变中重做，我认为这是合理的。

①对高、低压元件承受短时耐受电流和短时峰值耐受电流的参数选择

随着系统容量不断增大，在考虑设备、元器件的承受短路能力的水平上也不能不给以考虑。但是，目前困难的是元器件的分断能力往往较低，因此过高地定出参数，实际上是无法选择和满足的，尽管适当配合高分断能力的短路保护电器也能达到，但是恰当地选择是完全必要的。

②动、热稳定试验

通常箱变高压侧动、热稳定试验，除了包括高压电器还应包括连接导体。

低压部分短路强度试验应严格按照GB 9466规定，低压部分有用钢母排，也有直接用绝缘电缆，但不管怎样最低一档短时耐受电流建议应为15kA(有效值)，1S，$\cos\varphi=0.3$ 短时峰值的受电流为30kA。

对三相四线制的低压系统则还要对中性母线进行短路强度考核，按标准规定，其试验电流值，一般为相—相试验电流的60%。

③关合和开断能力的试验

这是一项至关重要试验项目，但又因一般试验单位无法进行，因此往往被忽略。尤其在户外箱变，目前绝大部分选用压气式高压负荷开关加熔断器的高压进线方案时，高压负荷开关的开断能力按开关生产厂规定的参数试验时，一般是不易通过的，因为当开关开断时，是由喷嘴喷出有一定压力的气体，将拉长的电弧吹熄的，试验证明被吹拉长的电弧远远超过当开关开断后所处的隔离位置。换言之，隔离位置后的喷气区域要有足够的距离，并不以标准规定的带电部分对地隔离距离为满足，否则将因电弧而引起相间短路，造成严重后果。目前全国能做此项试验的试验单位也不过4～5家，但是作为箱变主要考核项目，显然是不能忽视的。据了介全国箱变生产厂按标准做全全项目，特别是高压开关的开断试验的为数很少。随着引进国外先进生产技术，目前已有性能较优的真空断路器(真空负荷开关)和SF_6断路器等，但是价格与目前常用的负荷开关相比，相差将近10倍。

低压出线回路的分断能力试验，除了按GB9466在一个单元选一个出线回路作三相短路并使短路保护电器（断路器或熔断器）分断一次外，还要对保护导体进行考核，即选一个出线回路作单相接地短路分断。实际上只要元件选用得当，这二项试验是不难通

维普资讯 http://www.cqvip.com

过的。

4. 对一些试验参数的协调

尽管两个专业（部）标准对10kV等级工频耐压值分别定为30kV和42kV。但是实际上，高压元器件生产厂均已按绝缘水平为42kV生产。因此，我认为箱变高压单元型式试验定为42kV是可行的，同时，按标准规定做雷电冲击耐压试验。但对变压器作工频耐压时应按GB1094.3〈电力变压器〉规定，其工频耐压值为35kV，标准还规定，如出厂已做过35kV耐压，则安装时耐压值可按30kV，盲目地将其也增高到42kV是不合适的，关于这一点，能源部部标《户内交流高压开关柜技术条件》中也是这样明确规定。

三、结束语

1. 箱变作为城网配电改造主要设备，它还广泛用于石油、港口、小区建设、高层建筑以及基建等工地。它具有通常变配电站无法比拟的优越性。随着高、低压元器件的更新换代以及产品积极贯彻国际标准，性能优越的新元件不断的推出，这对箱变的推广创造了条件，它的前景肯定是乐观的。

2. 在箱变将全面推广应用之前，应防止生产厂盲目开发，一哄而上，要严格保证产品质量，这对供电系统和用户用电的安全都是关键，其中特别要强调，对产品必须进行型式试验的考核，严格把好质量关。

3. 为满足日益发展环网供电需要，希望尽快推出性能好，价格较低的环网开关，以配合箱变的推广应用。

4. 要尽快制订箱变国家标准，以求对技术性能，试验方法，在各功能单元，对多专业不同标准要求作全面协调。

ABB公司投资1亿美元研制控制电器

在最近的MOD300用户协会大会上，ABB公司向与会的300名客人宣布该公司计划于1990年投资1亿美元于研制控制电器。并预料明年将有ABB Mastg PLC系统的用户参加用户大会。

该司发言人宣布，目前已有2千多套Mastg系统和Taylor MOD 300系统在世界各地应用。至90年代中期，上述两种系统都可能各自发展成一个共同的系统。它们也会有同样的硬件和软件。作为一种可能的新产品，它将会需要一种大型的模拟显示屏，把生产过程全图提供给过程监督人员。

（哉摘自〈CE〉Aug 1990

TI公司推出545机同A—B公司PLC 5/25机竞争

做在四块芯片上的TI 545可编程序控制器是直接针对A—B公司PLC—5系列的新品。

为了实现顺序和调节控制功能，545机具有0.78 ms/k的高速逻辑执行功能和96K字的标准用户存储器，最大输入/出为1,024 I/0点，还有64个可按菜单构造的PID回路。标准基本单元售价1,995美元，已于1990年4月上市。

545机的对头是A—B公司的PLC—5/25机，其执行时间为0.8—1.6 ms/k，最大输入/出也为1,024 I/0点，存储器21k。5/25基本单元售价为6,000美元。

545也属于505系列，其指令系统与565机相同。565机的起售价格为14,500美元，有热备份、冗余输入/出，性能更高，用户存储器有512K字。

TI公司把565机上的三块印刷板集成到三块ASIC芯片和一块处理器芯片上，装成545机。其中一块芯片是通信接口，另外两块分别用于执行梯形图逻辑和映象寄存器功能和提供处理器支持电路以及操作系统支持。处理器芯片为68020。该机的MTBF时间为24年（约250多万小时）。

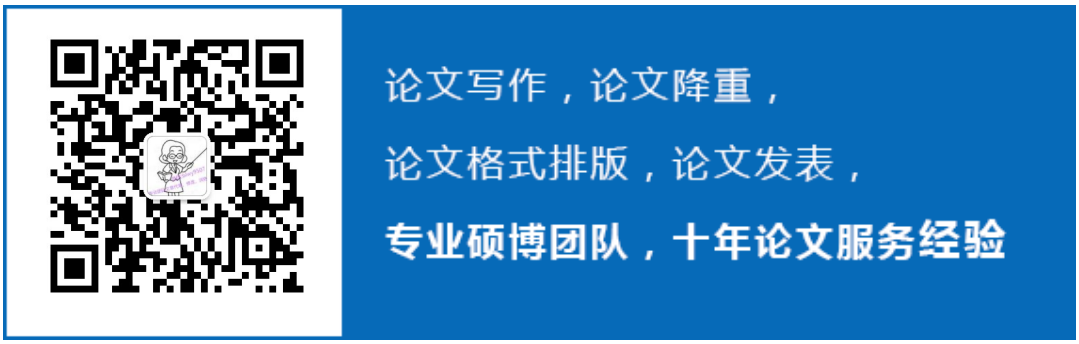
545机用RLL语言编程，有70条指令。也可用高级特殊功能（SF）语言编程、还有CSC（可构造的扫描周期）语言。另外还有TISOFT和APT软件。采用TISOFT时，可通过其RS—232接口或modem或网络或远方I/0基地在IBMPC机上用RLL编程。用APT可以为高级逻辑和调节控制编程和制文献，不用RLL。

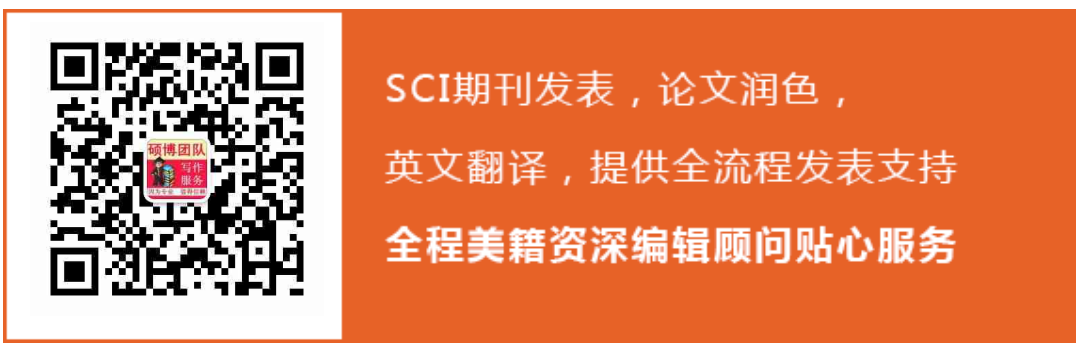
545的标准通讯通道是RS—232和RS—422/485操作员接口；另一种是同远方I/0通讯的1M波特的同步I/0通道，最长可连接3300英尺。

545还用Peerlink作高速的PLC对PLC通讯接口，在加工单元和局部范围内，用TIWAY/连接PC、DECVAX等监控电脑。在工厂级的网络中，用MAP 3.0接口，经过modem在5M位标准载波带和10M位宽带上工作。

545经UL、CSA等机构认可，也符合VDE 0160和IEC 65 A国际标准。

（张钦哉摘自〈Control Engineering〉APR. 1990 p. 84—85）





免费论文查重：http://free.paperyy.com
3亿免费文献下载：http://www.ixueshu.com
超值论文自动降重：http://www.paperyy.com/reduce_repetition
PPT免费模版下载：http://ppt.ixueshu.com

阅读此文的还阅读了：

1. 浅谈直流系统运行中应注意的问题
2. 城区变电站噪声分析与治理
3. 结合实例阐述某变电站二次设计
4. 数字化变电站设计方案探讨
5. 中国将建成第一个特高压交流试验示范工程
6. 关于灼热丝试验的几个有关问题的探讨
7. 广西500kV变压器现场试验调试专栏——来宾500kV变压器现场局部放电及感应耐压试验
8. 满足用户要求的中/低压箱式变电站的优化方案
9. 全球容量最大的超导限流器在线试验成功
10. 浅淡户外箱式变电站在城网配电系统中的应用
11. 浅议变电站运行管理措施
12. 探讨变电站接地工程降阻措施
13. 利用串并联谐振原理提高电缆试验长度的思考
14. 解决变电站遥控拒动试验分析
15. 箱式变电站若干问题的探讨
16. 如何提高设备日常巡视质量问题的探讨

17. 箱式变电站运行与发展问题探讨

18. 嘉兴电网变电站程序化操作应用与探讨

19. 750千伏变电站主控通信楼装修问题探讨

20. 变电站视频监控系统探讨

21. 变电站建设施工技术探讨

22. 谈钢琴演奏的几个问题

23. 试验揭秘“电磁辐射”传闻之谜

24. 利用串并联谐振原理提高电缆试验长度的思考

25. 关于合并单元和智能终端应用模式的探讨

26. 变电站无线网络技术应用的探讨

27. 变电站“五防”系统的探讨

28. 变电站综合自动化系统运行探讨

29. 无人值班变电站管理模式探讨

30. 煤矿变电站自动化改造问题的探索

31. 零序功率方向接线正确性的试验方法探讨

32. 变电站继电保护相关问题的探讨

33. 变电站避雷器配置有关问题的探讨

34. 对变电站微机防误装置的进一步探讨

35. 襄樊乔营变电站继电器内部金属腐蚀原因分析

36. 浅谈关于合理低价中标问题

37. 变电站运行人员防止误操作的对策探讨

38. 箱式变电站若干问题的探讨

39. 结构试验与检测中几个问题的探讨

40. XWB—10型户外箱式变电站运行简介

41. 箱式变电站简介及其若干问题的探讨

42. 城网110千伏变电站设计技术探讨

43. 继电保护带负荷投产试验的优化研究

44. 变电站直流系统相关问题探讨

45. 关于在实施农电管理体制改革和农村电网建设与改造中需要注意的几个问题的紧急通知

46. 箱式变电站设计中应注意的几个问题

47. 浅议箱式变电站在城市轨道交通工程的应用

48. 变电站直流系统相关问题探讨

49. 变电站综合自动化技术的探讨

50. 220kV变电站综自改造若干问题探讨