



国家电网公司
电力科技著作出版项目

换流变压器

HUANLIU BIANYAQI
XIANCHANG ZUZHUANG JISHU

现场组装技术

刘泽洪等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作

换流变压器

HUANLIU BIANYAQI
XIANCHANG ZUZHUANG JISHU

现场组装技术

刘泽洪等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是第一本系统介绍换流变压器现场组装技术的专著。随着电压等级的大幅度提升，换流变压器的体积、质量也随之大幅提升，现有各种运输方式都无法实现换流变压器的整体运输。本专著从换流变压器自身出发，通过三种组装方案的经济技术比较，系统论证现场组装技术的优越性和可操作性。

本专著分为七章，包括综述、现场组装换流变压器、换流变压器油箱现场制造、换流变压器物料运输与存储、换流变压器现场试验、换流变压器现场检修和换流变压器临时油箱方案。

本专著主要适用于从事换流变压器设计、制造、运行、试验、检修等工作的技术人员和管理人员使用，也可供从事变压器设计、制造、运行、试验、检修等工作的技术人员和管理人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

换流变压器现场组装技术 / 刘泽洪等编著. —北京：中国电力出版社，2017.5
ISBN 978-7-5198-0654-5

I. ①换… II. ①刘… III. ①换流变压器—组装 IV. ①TM422

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 074386 号

出版发行：中国电力出版社
地 址：北京市东城区北京站西街 19 号（邮政编码 100005）
网 址：<http://www.cepp.sgcc.com.cn>
责任编辑：翟巧珍（010-63412351）
责任校对：常燕昆
装帧设计：左 铭 张 娟
责任印制：邹树群

印 刷：三河市万龙印装有限公司
版 次：2017 年 5 月第一版
印 次：2017 年 5 月北京第一次印刷
开 本：787 毫米×1092 毫米 16 开本
印 张：14 插页 1
字 数：330 千字
印 数：0001—1000 册
定 价：70.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

前言

换流变压器是传统高压直流输电工程中的重要设备之一，换流变压器的运输是工程建设中需要解决的重大问题。换流变压器可采用的运输方式包括公路、铁路和水路运输。世界范围内公路和铁路一般均有运输尺寸和重量限制，以我国铁路运输为例，D36 落下孔车的运输重量限制为 360t，运输尺寸限制为（长×宽×高）13m×3.5m×4.85m，水路一般没有尺寸和重量限制。换流变压器的设计、制造需满足运输的限制。

近年来，我国特高压直流输电技术飞速发展，呈现出两个鲜明特点：一是工程直流电压、直流电流、交流侧电压不断攀升，直流电压由±500kV 提升到±800kV，再提升到±1100kV；交流侧电压由 500kV 提升到 750kV，再提升到 1000kV，直流电流由 4000A 提升到 5000A，再提升到 6250A。换流变压器的容量、绝缘水平、温升、机械等方面的参数要求越来越高，单台换流变压器的重量和尺寸必须增加，但公路、铁路大件运输的限制并未能够相应放宽、放大。二是换流站的位置日益深入我国西北、西南，西北地区公路运输路途遥远，限高、限重、限宽的关卡多，运输费用高，也不具备水路运输条件，部分地区仅具备铁路运输条件。西南地区山多，公路和铁路运输条件差，限制多。这两个特点都给换流变压器的研制和运输带来很大困难，在±1100kV 特高压直流输电工程上尤为突出。

为此，国家电网公司提出了换流变压器现场组装的概念，并组织国网北京经济技术研究院（简称国网经研院）、中国电力科学研究院、国内外主要变压器制造厂家、相关电力设计院开展了换流变压器现场组装的研究，以±1100kV 特高压直流输电工程为背景，提出了换流变压器现场组装厂房、油箱制造、物料存储、现场试验以及换流变压器检修等各个环节的技术方案，满足了换流变压器在建设和运行期间的制造检修等全方位的需求。

采用换流变压器现场组装的方式，全面放宽了换流变压器的重量和尺寸限制，解决了有限空间和重量下，不断增大换流变压器容量和提高绝缘水平的难题，能够保证换流变压器设计有足够的冗余；能够实现较优的换流变压器阻抗参数，从而优化整个直流系统的设计。

本专著依托我国新疆电力送出的 $\pm 1100\text{kV}$ 特高压直流输电工程，全面论述了换流变压器现场组装的工程技术方案，给出了翔实的设计和 data，能够指导换流变压器现场组装的实施。

本专著由刘泽洪、余军、张进、王相中、卢理成、郭贤珊、李成顺、赵勇进、孙涛、张涛、王清璞、巩跟盼、宋胜利、赵峥、田子九共同编著完成。其中，刘泽洪构建了全书的构架并进行统稿；第一章综述了换流变压器现场组装的必要性、国内外交流变压器现场组装的技术现状和换流变压器现场组装方案，由刘泽洪、余军、张进编写；第二章详细介绍了换流变压器的现场组装厂房方案选择和技术方案选择，由王相中、李成顺、张进编写；第三章介绍了换流变压器油箱采取分节结构和在现场建设加工车间进行现场制造两种技术方案、所需的制造厂房说明，由赵勇进、张涛、郭贤珊编写；第四章介绍了换流变压器物料现场运输与存储要求，由王清璞、巩跟盼编写；第五章论证了换流变压器现场组装的试验项目、试验方案和试验设备选型，并提出了试验大厅尺寸和布置的具体要求，由宋胜利、赵峥编写；第六章介绍了换流变压器的故障分类、检修方案以及检修试验项目和实施方案，由王清璞、巩跟盼、孙涛编写；第七章详细描述了换流变压器临时油箱运输方案的厂内工艺流程、运输、现场工序和现场试验等内容，由田子九、卢理成编写。

由于作者水平有限、时间仓促，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

刘泽洪

2016 年 12 月

目 录

前言

第一章	综述	1
第一节	换流变压器现场组装技术背景	1
第二节	换流变压器现场组装方案研究概述	11
第二章	现场组装换流变压器	16
第一节	组装厂房方案选择	16
第二节	技术方案选择	22
第三节	现场组装厂房总体布置优化设计	27
第四节	组装厂房内主要设备配置	37
第五节	现场组装厂房的技术要求	51
第六节	现场组装工艺	53
第七节	现场组装作业计划	60
第八节	安全管理与风险预控	61
第三章	换流变压器油箱现场制造	67
第一节	油箱工厂制造与现场制造的比较	67
第二节	油箱现场全部制造方案及厂房说明	71
第三节	油箱分片运输、现场整体拼焊方案及厂房说明	75
第四节	各方案的价格汇总及现场油箱制造的质量控制要点	81
第五节	现场油箱车间安全规程	82
第四章	换流变压器物料运输与存储	84
第一节	换流变压器现场组装方案需存储物料的种类与仓储条件要求和运输方案	84
第二节	换流变压器现场组装所需物料仓储和运输过程中的质量保证及工艺配合	99
第三节	安全管理与风险预控	103

第五章	换流变压器现场试验	107
第一节	试验项目分析	107
第二节	试验方案论证	116
第三节	试验设备选型及参数	133
第四节	试验大厅尺寸及布置	150
第五节	试验大厅建设	155
第六章	换流变压器现场检修	163
第一节	变压器故障的检查及分级定义	163
第二节	不同级别故障的检修方案	164
第三节	各级检修所需的检修设备及工装	178
第四节	各级检修方案对检修车间的要求及检修周期	182
第五节	各级检修方案需要进行的试验	183
第六节	现场组装换流变压器检修试验实施	185
第七节	换流变压器现场检修安全规程	190
第七章	换流变压器临时油箱方案	192
第一节	概述	192
第二节	适用范围	193
第三节	方案描述	193
第四节	现场条件准备	203
第五节	检修工作方案	206
第六节	检修后需要进行的试验	209
参考文献		211
索引		212

综 述

第一节 换流变压器现场组装技术背景

一、换流变压器现场组装的必要性

根据中国煤炭资源分布及能源流基本格局，将重点在山西、陕西、内蒙古、新疆、宁夏等煤炭富集地区建设大型煤电基地，输煤输电并举。目前已基本具备开发条件的大型煤电基地可开发总规模超过 6 亿 kW，正在开展前期工作的装机规模达 4 亿 kW，2015 年外送规模 1.5 亿 kW，送电方向主要是华北、华中和华东负荷中心。其中，哈密煤炭已探明保有储量 373 亿 t，水资源 5.67 亿 m³，综合考虑煤炭和水资源，可开发电源装机规模超过 2000 万 kW。准东煤炭已探明保有储量 789 亿 t，水资源 13.85 亿 m³（考虑额尔齐斯河引水工程），综合考虑煤炭和水资源，可开发电源装机规模 2840 万 kW。

我国能源分布与经济发展的情况决定了西电东送、北电南送的基本格局。特别是西南水电、新疆煤电和西藏水电距负荷中心距离大都在 2000km 乃至超过 3000km，迫切需要超远距离、超大容量和超低损耗的先进输电技术。

2010 年 7 月 8 日，由我国自主研发、设计和制造的向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程（简称向上工程）投运，为我国西南水电、西北煤电和西藏水电的外送提供了有力的技术手段，解决了距离在 2000km 左右的输电问题。然而，我国能源基地与负荷中心的超远距离需要输电能力更强、损耗更低的输电技术，如更高电压等级的输电技术。

国家电网公司组织相关研究设计单位，对±1100kV 及以上特高压直流的系统适应性、关键设备研制及制约因素等重大问题进行了深入论证，开展概念设计，对工程造价、大件运输、主接线方案等进行了综合技术经济比较，形成一系列研究成果。明确±1100kV 设备研制可行、综合技术经济性好，能够满足我国能源基地电力超长距离外送需求，计划在十三五期间，建成首个±1100kV 特高压直流输电示范工程，即准东—皖南±1100kV 特高压直流输电工程。

随着电压等级的大幅度提升，特高压直流输电工程既要解决设备的电气研制问题，又要

考虑设备的运输问题，给设备的研制带来了新的挑战。这些设备中体现最为明显的就是特高压换流变压器，随着特高压直流输电工程输送功率和电压等级的提高， $\pm 1100\text{kV}$ 特高压换流变压器单台容量为 607.5MVA ，阀侧绕组操作耐受绝缘水平为 2100kV ，雷电耐受电压为 2300kV ，直流耐受电压为 1791kV 。设计制造电压水平如此之高的换流变压器面临着很大挑战。

从运输角度来看，目前国内外对大型设备，如换流变压器通常采用的运输方式包括铁路、公路、水路三种运输方式。根据国内外成熟的大型换流变压器设计理念，估计 $\pm 1100\text{kV}$ 高端换流变压器运输尺寸为 $155\text{m}\times 47\text{m}\times 55\text{m}$ ，单台运输重 585t ，目前铁路运输换流变压器通常用 D36 落下孔车，运输尺寸限制为 $13\text{m}\times 3.5\text{m}\times 4.85\text{m}$ ，运输最大重 360t ，受铁路状况和隧道尺寸的限制， $\pm 1100\text{kV}$ 特高压换流变压器的尺寸和重量都远远超过铁路的运输能力。另外，换流变压器的运输参数已经超过了铁路的建筑界限，没有研发新车型的必要，因此铁路运输没有可行性。

对于准东—皖南 $\pm 1100\text{kV}$ 特高压直流输电工程，送端换流站位于新疆维吾尔自治区昌吉市，但新疆境内没有通航的河流，我国境内距离新疆最近的沿海港口为天津新港和营口港，乌鲁木齐距离天津港的公路运输距离为 3819km ，距离营口港的公路运输距离为 4465km 。因此仅靠水路也无法完成新疆地区换流变压器的运输。

新疆地区公路相对发达，但距离变压器厂的公路运输距离太远，辽宁沈阳至乌鲁木齐的公路运输距离约为 4547km ，河北保定至乌鲁木齐的公路运输距离为 3616km ，陕西西安至乌鲁木齐的公路运输距离为 2671km 。由于公路运输距离远，沿途经过障碍多，为大件设备运输带来了很大难度。各变压器生产厂至站址公路运输线路中有大量的运输障碍需要排除，以距离最近的西安西电变压器有限责任公司（简称西变）为例：首先，从制造厂至站址公路运输线路，沿途有 186 座公路桥需要加固，其中包括 2 处黄河特大桥、115 处立交桥需要下挖、16 座收费站需要拆除，运输难度大。其次，由于运输距离远、运输周期长，按照每月运输 3 台大型变压器计，28 台变压器需要连续运输 10 个月以上；第三，目前国内最大桥式车组为 500t ，变压器重为 585t ，需要研制 600t 以上的公路桥式运输车型。第四，车组运行宽度将达到 7m ，沿途需要经过多条高速公路，这些高速公路是当地运输主干道。 600t 级桥式车组运行速度慢，车速最多不超过 30km/h ，每通过一次收费站最少需要 2h ，因此对其他车辆运输影响大。另外，主干道桥梁检测、加固，立交桥下挖都对现有的交通造成很大影响。综合以上分析，换流变压器整体运输难度大、对经过路线交通秩序影响大，不经济、可行性差。

综上所述，从制造厂内到换流站，各种运输方式都无法实现整体运输换流变压器，需要从换流变压器自身出发寻求新的解决办法。换流变压器可以采用整体运输，也可以采取运输变压器部件，在制造厂内将换流变压器解体成可运输的部件，运输到换流站现场后进行换流变压器现场组装，即现场组装方案，则可以完全避免大件运输问题。

现场组装方案下换流变压器以组部件进行运输，可以采用多种运输方式从变压器厂运输至现场：

(1) 组部件集中发货，采用铁路整列运输。组部件可从各变压器厂直接发运至乌鲁木齐北货场（或者小黄山火车站货场），每列车运输设备 2000t 。特变电工沈阳变压器集团有限公

司（简称沈变）运输至准东站址的运输时间为 12 天，保定天威保变电气股份有限公司（简称保变）至准东站址的运输时间为 10 天，西安西变至站址的公路运输时间为 6 天，进口设备从天津港至站址的运输时间为 7 天。

（2）采用公路运输。换流变压器拆解后的运输设备属于普通货物运输，运输难度小、车辆运行速度快，沈变全程公路运输至准东站址的运输时间为 8 天。保变至准东站址的公路运输时间为 7 天，西变至站址的公路运输时间为 4 天，进口设备从天津港起运，全程公路运输至站址需要 7 天。

综合以上分析， $\pm 1100\text{kV}$ 及以上特高压换流变压器整体运输难度大、运输费用高，不能满足工程需要。采用现场组装方案，可以采用公路或者铁路方式将换流变压器组部件运输到现场进行组装，运输难度不大、费用也更经济。

二、变压器现场组装技术现状

变压器的现场组装技术是伴随着单台变压器容量和重量的提高，运输环境的复杂条件而产生的。随着电压等级的提高，电厂和变电站建设在偏远地区或山区，运输条件相当苛刻，使得大型变压器运输受到了限制，需要采用专门运输车来运输。特别在爬山时有时还需要专门的牵引，过桥时承重不足时需要加固桥梁，不仅运输风险大且费用昂贵。为此国内外大型变压器生产厂采取了分解运输式变压器的方案，来解决大型变压器运输问题，在高压和特高压交流工程中也时有变压器现场组装的案例报道。

（一）国外现场组装方案

国外现场组装技术以日本东芝路线为主要代表，现场组装来源于英语 Advanced Site Assembly (ASA)。在变压器完成工厂试验后，将变压器的主要部件合理地分为几个运输单元，每个运输单元的重量只有三相一体变压器整体运输重量的 10%~30%，从而大大降低了运输重量。到达用户现场后，再将各单元进行组装形成三相一体变压器。既具有运输简单的特点，又具有三相一体的特征，非常适合受运输条件限制的电厂和电站，同时也节省建设用地。

变压器在工厂完成试验后分解成铁芯（不带上铁轭）、绕组器身、上铁轭和油箱（根据需要分解成 2~4 部分）等几大部件，以便分别运输。部分端绝缘、隔板等也需进行分解，然后对各部件进行防潮、防松紧固处理，再用特殊的运输容器分别运输。ASA 变压器的现场组装流程如图 1-1 所示。

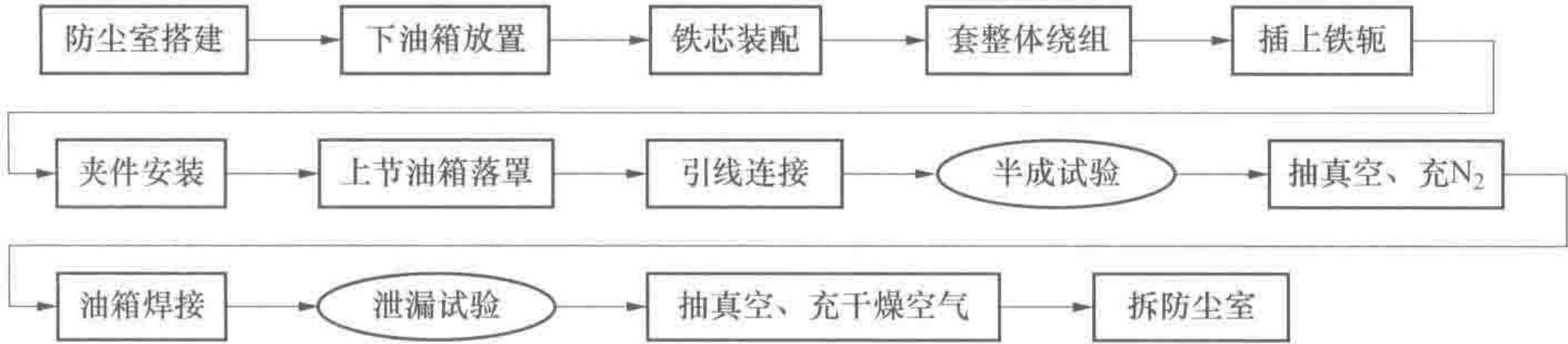


图 1-1 ASA 变压器的现场组装流程

1. 变压器结构分解

（1）铁芯：将变压器产品的 5 芯柱铁芯结构的芯柱设计为两个半圆形柱中间夹油道而组成一个圆形芯柱，立面为 4 个框型结构。这样就为铁芯的分解创造了条件。ASA 变压器铁芯

分解时，将上铁轭（分解位置 1）及芯柱的两个半圆柱（分解位置 2）作为分解点，将铁芯分解成 4 个 U 形（见图 1-2）。铁芯运输状态为 U 形。在现地再将 4 个 U 形组装成 4 个框型。铁芯分解方式详见图 1-2。

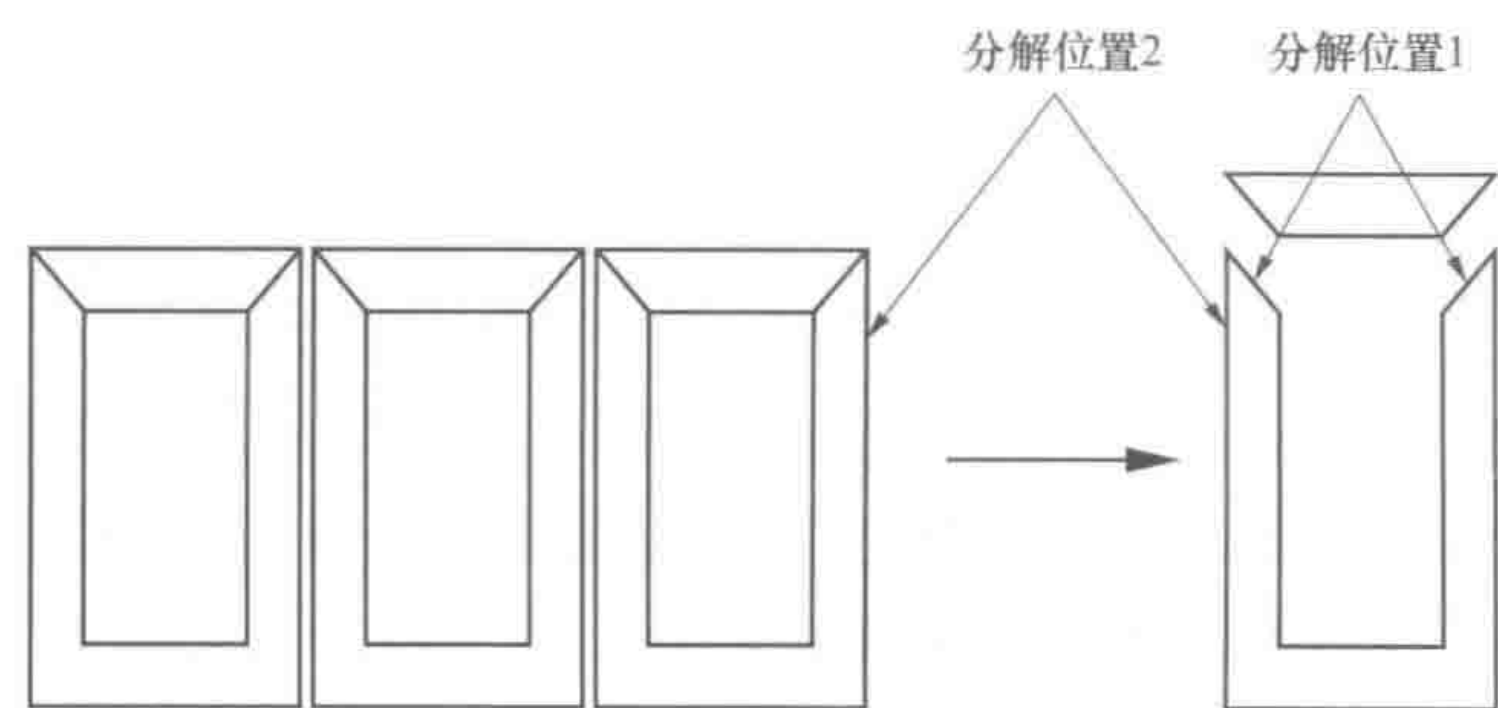


图 1-2 铁芯分解示意图

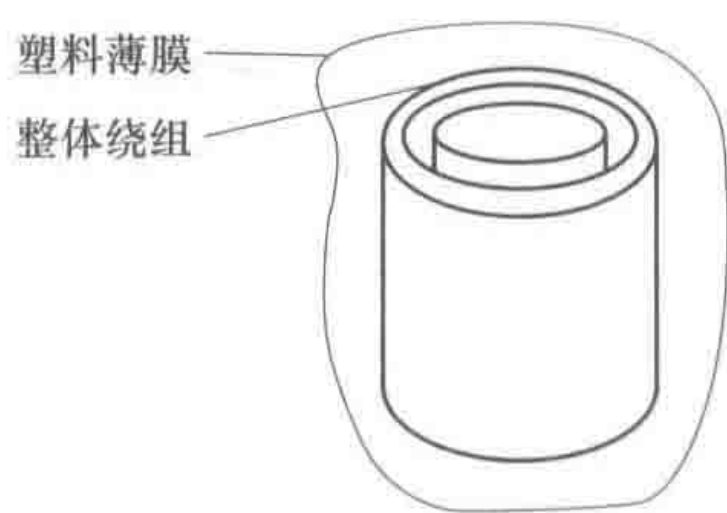


图 1-3 绕组分解示意图

（2）绕组：绕组分解时要充分考虑到保持各绕组间的绝缘距离不变化，防止受潮及防止异物落入，安装工作量最少的要求。采用将一相中的高、中、低压绕组整体从芯柱上拔出，进行整体绕组紧固运输的方式。共分解为三个整体绕组运输单元。为了防潮、防异物，在干燥后的整体绕组外周用塑料薄膜包扎。绕组分解示意图见图 1-3。

（3）油箱、开关、引线分解结构：根据运输条件，可以将油箱分解为 2~4 个部分。为了使现场安装工作简单化，开关及引线均固定在油箱上，见图 1-4。

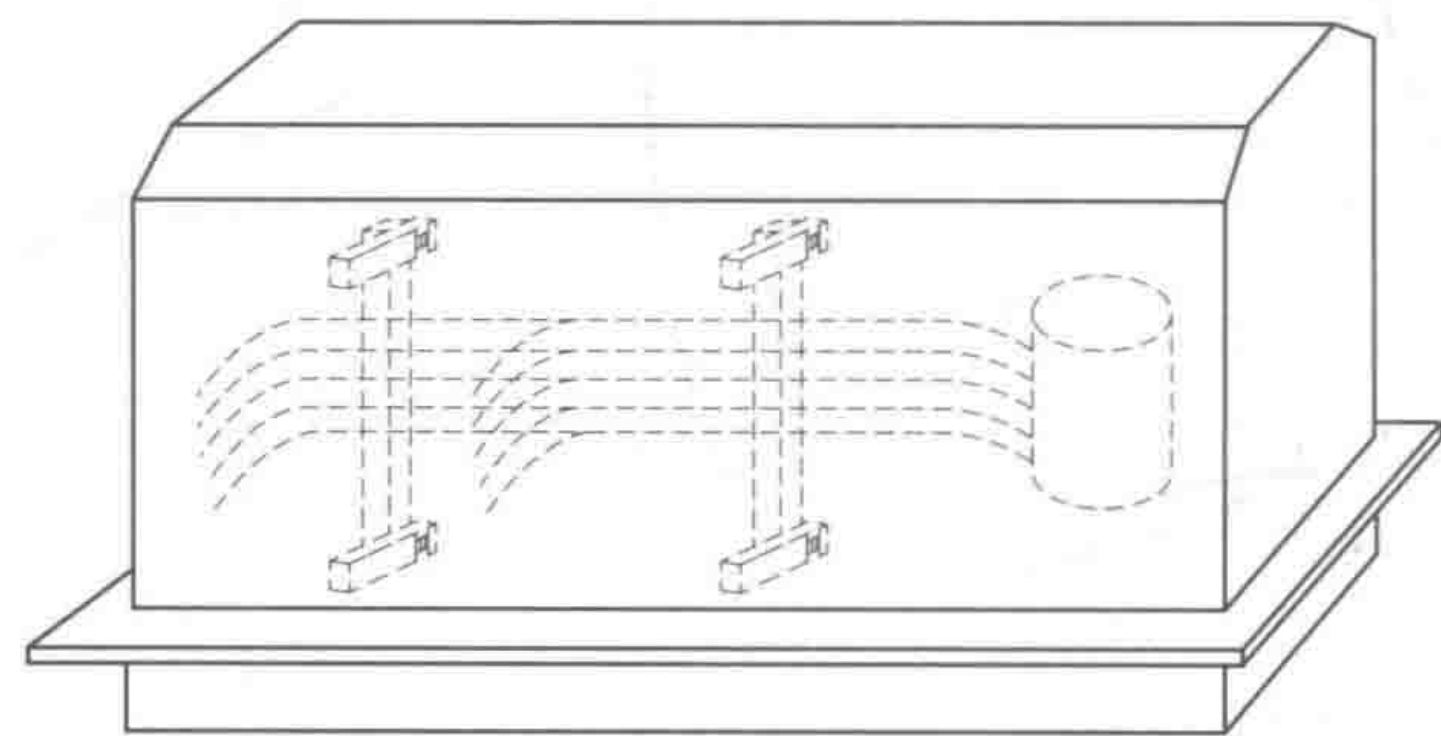


图 1-4 油箱、开关、引线分解

2. 变压器的现场组装流程

ASA 变压器的现场组装需要一个简易的组装厂房，该组装厂房内有一个 50~75t 的吊车、器身组装架等，内部采取防尘措施。ASA 变压器本体组装示意见图 1-5。在现场简易组装厂房中使用行吊将 U 形铁芯起立移动到指定的安装地点，将 4 个 U 形铁芯框安装到位。在现场简易组装厂房中，使用行吊将单柱器身套装到铁芯芯柱上。插上铁轭、安装上夹件，并压紧器身。将安装有引线的油箱安装到位，并进行引线连接。引线连接完毕后，进行油箱密封试验。

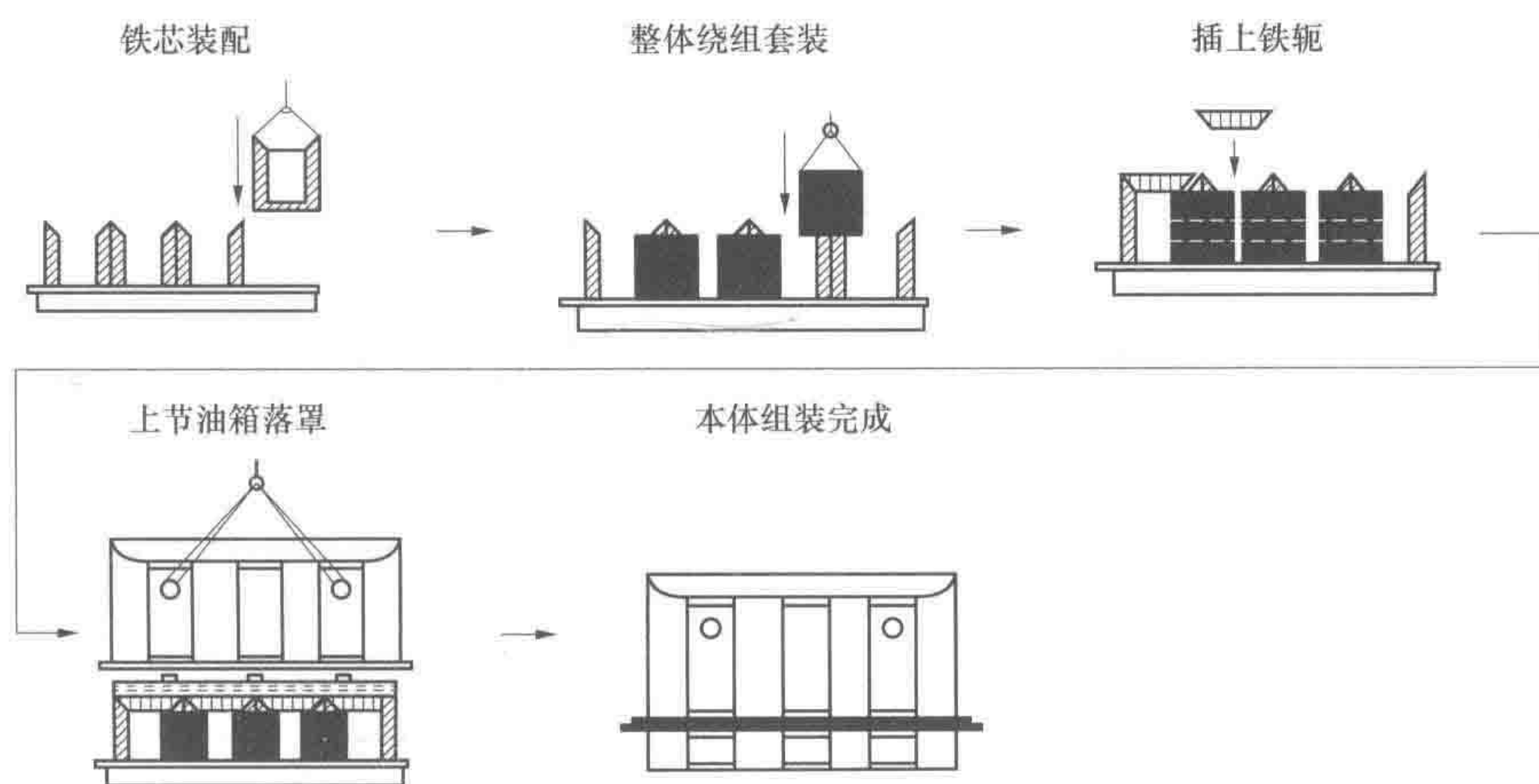


图 1-5 ASA 变压器本体组装示意图

3. ASA 变压器对现场的要求

现场简易厂房包含一个组装室和一个二号室。二号室的屋顶可打开和关闭，供移动吊车起吊设备。组装室和二号室之间的隔墙可以打开和关闭。当二号室的屋顶打开时，隔墙关闭，这样可以将设备运至二号室中，同时保持组装室中的环境。室内有行吊，可在组装室和二号室之间移动。行吊可升起重达 60t 的物体，用于将变压器从二号室移动至组装室，并用于变压器组装。由于将设备运送到二号室并关闭二号室屋顶后，可将变压器从运输箱中移出并单独使用行吊进行安装，除了在设备运输时，组装工作不会遭受风雨。现场简易厂房见图 1-6。

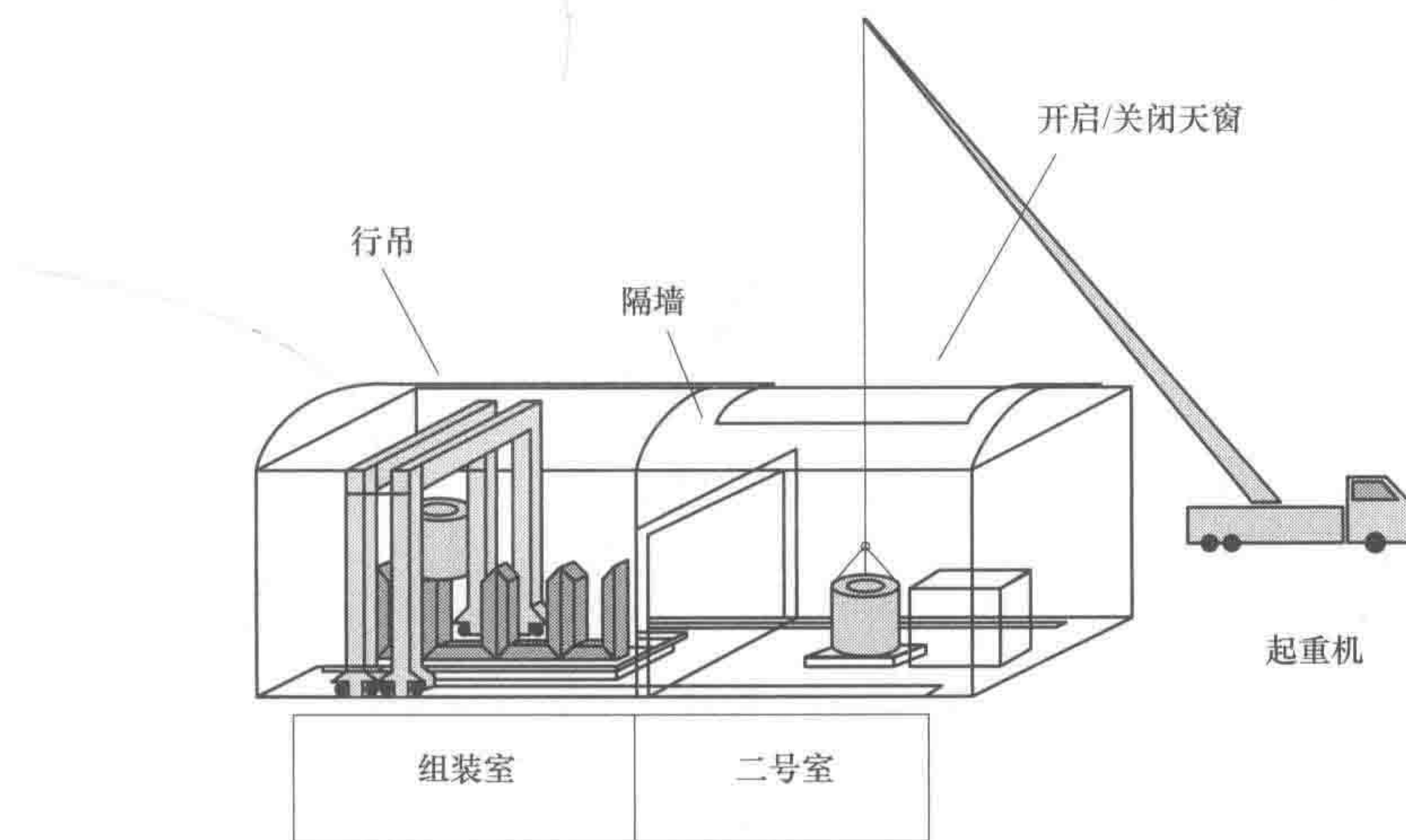


图 1-6 现场简易厂房示意图

4. ASA 变压器的经验

目前东芝的 ASA 变压器业绩达到十多台，均为交流产品，电压等级为 220~500kV，容量为 250~1000MVA。

5. ASA 变压器的优缺点

ASA 变压器的优点：ASA 变压器既具有运输简单的特点，又具有三相一体的特征，适合受运输条件限制的电厂和电站，与三相组变压器相比也节省建设用地。缺点：由于变压器经

过解体分解运输，现场组装，变压器的绝缘系统发生局部变化；变压器运输过程、组装过程都对器身防潮提出很高要求，器身一旦受潮，变压器绝缘性能会有很大影响。

东芝的 ASA 方案解决了运输条件较差地区的大型交流变压器的运输问题，在实际的工程应用中也得到验证。

由于换流变压器的绝缘结构复杂，变压器需承受谐波及直流偏磁电流作用，因此，ASA 方案对换流变压器不太适用，目前也没有换流变压器采用 ASA 结构。

（二）国内变压器现场组装技术

国内输电线路在 20 世纪 90 年代得到快速发展，经过 20 年的发展电压已经从 500kV 上升到 750、1000kV。西部的电力也得到大力发展，由于西部的运输条件较差，国内大型变压器制造厂也逐渐开始研制现场组装变压器。以变电站主变压器及电厂发电机变压器为例分别介绍如下。

1. 甘肃黑河变电站主变压器现场组装

甘肃黑河变电站主变压器型号为 OSFPZ9-360000/330，如图 1-7 所示。2006 年 6 月组装完成，是国内第一台解体变压器，为了满足甘肃黑河变电站设备运输外限单件重不超过 40t 的要求，将 360MVA 变压器进行解体后运输，降低单件运输重量。最大运输单元重量约为 37t（最重单元铁芯及运输箱之总重）。本产品在设计结构上采用框式铁芯，即铁芯为四个铁芯框组成结构。每个铁芯框的下垫脚设计有定位装置，每个铁芯框与下节油箱在工厂内采用配制的方式保证定位装置的准确，以确保产品在现场能够顺利安装并与厂内安装位置一致。运输时采用每个铁芯框单独夹持并装入各自的运输箱运输。产品上铁轭单独夹装后装箱运输，高、低压绕组整体组装后装箱运输。

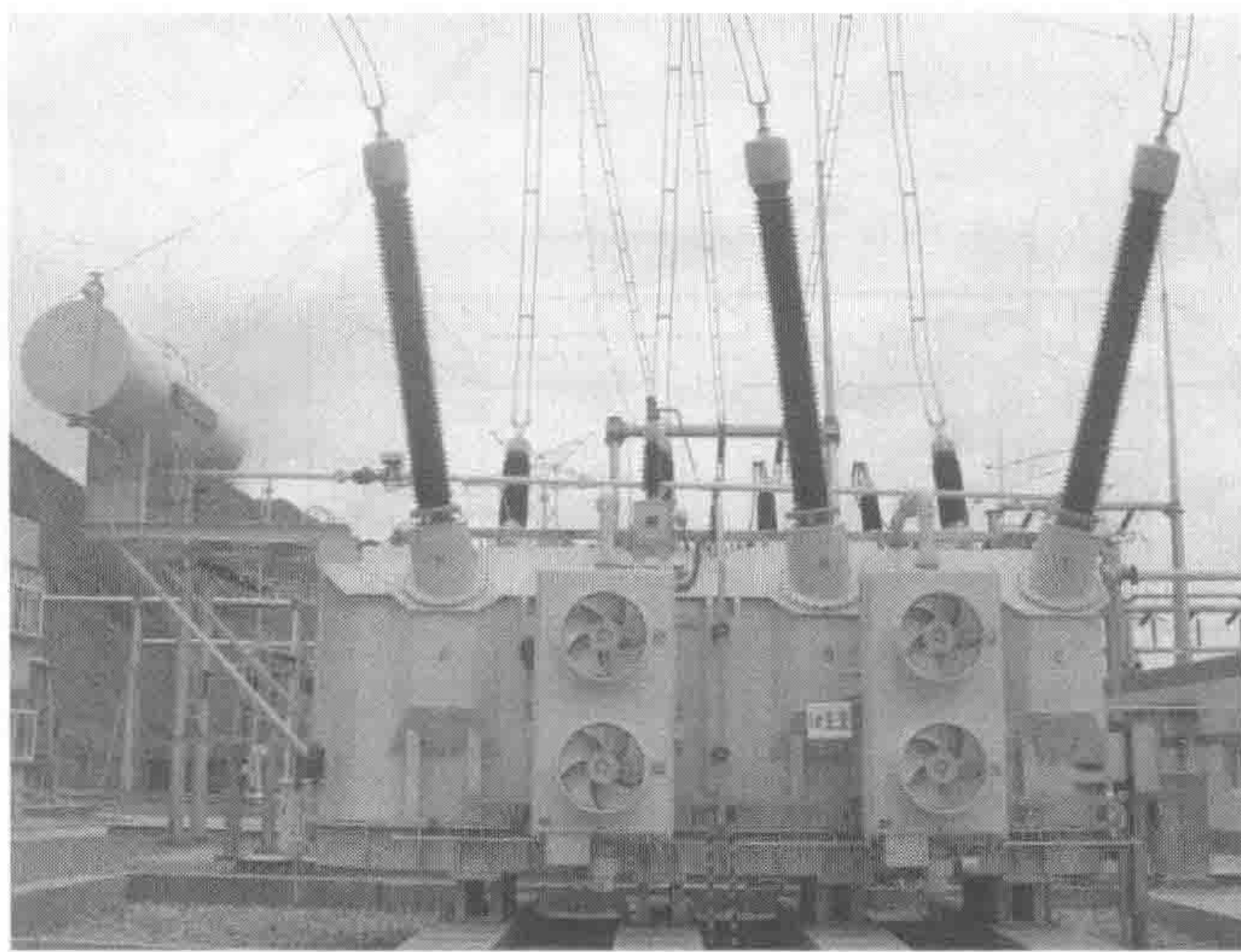


图 1-7 组装后投入使用的变压器

（1）变压器的解体与运输。产品在厂内试验合格后，变压器解体运输过程为：试验合格→主体排油→拆卸外部附件→起吊上节油箱→拆卸相间垫块、松压钉（压块）→拆卸引线、开关、木件等→拆卸上夹件、拔上铁轭→拔出 A、B、C 三相组装绕组→铁芯解体为四个铁芯框→按照运输要求分别将各零部件装入运输箱内→抽空气充氮运输。

1) 铁芯的运输：框式铁芯解体为四个铁芯框后，将单个铁芯框，安装临时夹件后，分别装入铁芯运输箱内，对长、宽、高三个方位进行定位紧固后，抽真空并充氮运输。

2) 绕组的运输：将三相绕组卡装好后分别放入绕组运输筒内充氮运输，见图 1-8。

3) 油箱的运输：制造上、下节油箱箱盖，对上、下节油箱进行抽真空并充氮运输，分别见图 1-9 和图 1-10。

(2) 变压器的现场安装。

1) 在变压器安装位置处建设现场安装厂房的基础。厂房基础位置可参考图 1-11。然后搭建厂房，安装 75t 吊车，厂房设计为拼装式，在现场吊装厂房的各立柱、横梁等，然后外部铆装彩钢板。



图 1-8 绕组运输筒

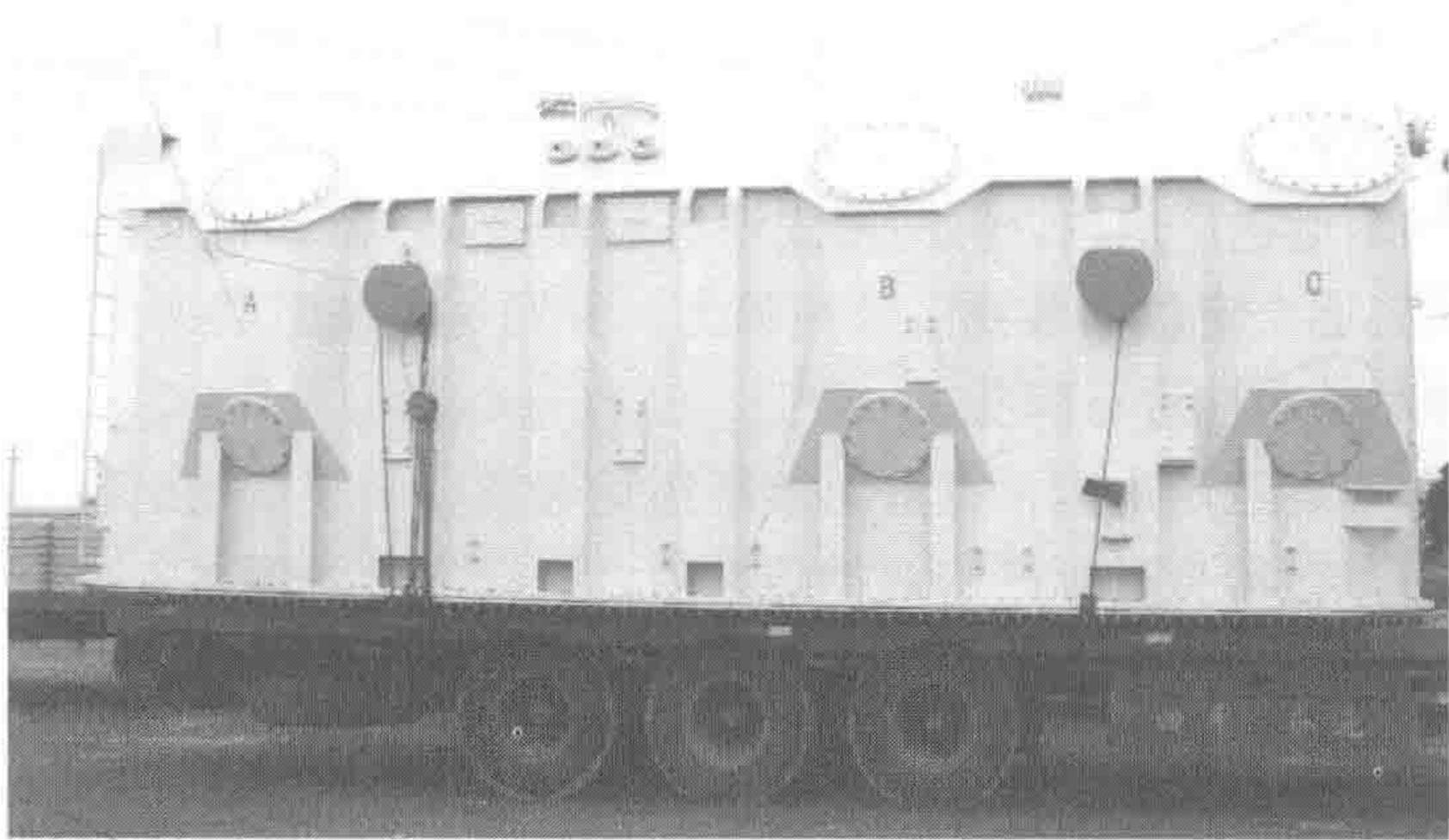


图 1-9 上节油箱运输



图 1-10 下节油箱运输



图 1-11 现场安装厂房

2) 将变压器下节油箱运进厂房，并用吊车将其安放在变压器基础上，拆卸临时箱盖后进行清理。

3) 将铁芯运输箱运进厂房内，拆卸框式铁芯运输箱，解除运输支撑，下节油箱铺放绝缘后，将单个框式铁芯逐个定位安装到下节油箱上，并通过各铁芯框夹件上的连接螺栓、螺孔进行校正连接，并对铁芯柱进行绑扎。

4) 将绕组运输筒运进厂房内，打开组装绕组运输筒，套装三相组装绕组。

5) 绕组装配后，对器身进行严密遮挡防护后，进行插上铁轭、安装上夹件作业。

6) 引线连接装配。所有引线连接采用冷压连接结构，在现场用螺栓进行连接，确保产品清洁及装配质量。

7) 整理、清理事身，用器身液压压紧设备加压绕组，并安装压紧垫块及压钉。

8) 将变压器上节油箱运至厂房内，安装上节油箱。

9) 变压器的现场干燥：采用热油喷淋加箱底加热方式进行。

10) 拆除变压器厂房，拆卸龙门吊车。

11) 总装配。安装套管、散热器、储油柜等。

12) 热油循环。

13) 产品补油。

14) 产品静放、试验。

(3) 现场试验项目包括：

1) 电压比和联结组别测量；

2) 绕组直流电阻测量；

3) 绕组对地绝缘电阻、吸收比和极化指数测量；

4) 绕组绝缘系统对地介损和电容测量；

5) 铁芯和夹件对地绝缘电阻测量；

6) 空载损耗和空载电流测量；

- 7) 外施耐压试验;
- 8) 感应试验;
- 9) 低电流阻抗测量;
- 10) 空载声级测量;
- 11) 绕组频响测量。

2. 华能沁北电厂

华能沁北电厂主变压器（SFP-720000/500）是保变 2003 年制造的电力变压器，变压器原设计为整体公路运输。在变压器产成准备运输时，由于变压器超大、超重，公路运输费用太高，最终采用了变压器拆解后由铁路运输至现场组装的方式，具体方案如下。

（1）技术方案。采用拆除上轭铁的方法来降低运输高度和运输重量，将拆除上铁轭和铁芯上夹件的变压器器身装在临时油箱内运输到达现场，油箱与拆下的上铁轭片及其他组件单独运输过去，现场组建临时厂房，采用现场换油箱及现场插铁的方式，完成了变压器的组装，最后完成现场试验项目，这样通过分解运输解决了超大型变压器的运输问题，降低了变压器运输费用，减少了占地面积，从而实现总成本的降低。

（2）工艺流程。在厂内试验完成后的主要工艺流程见图 1-12。

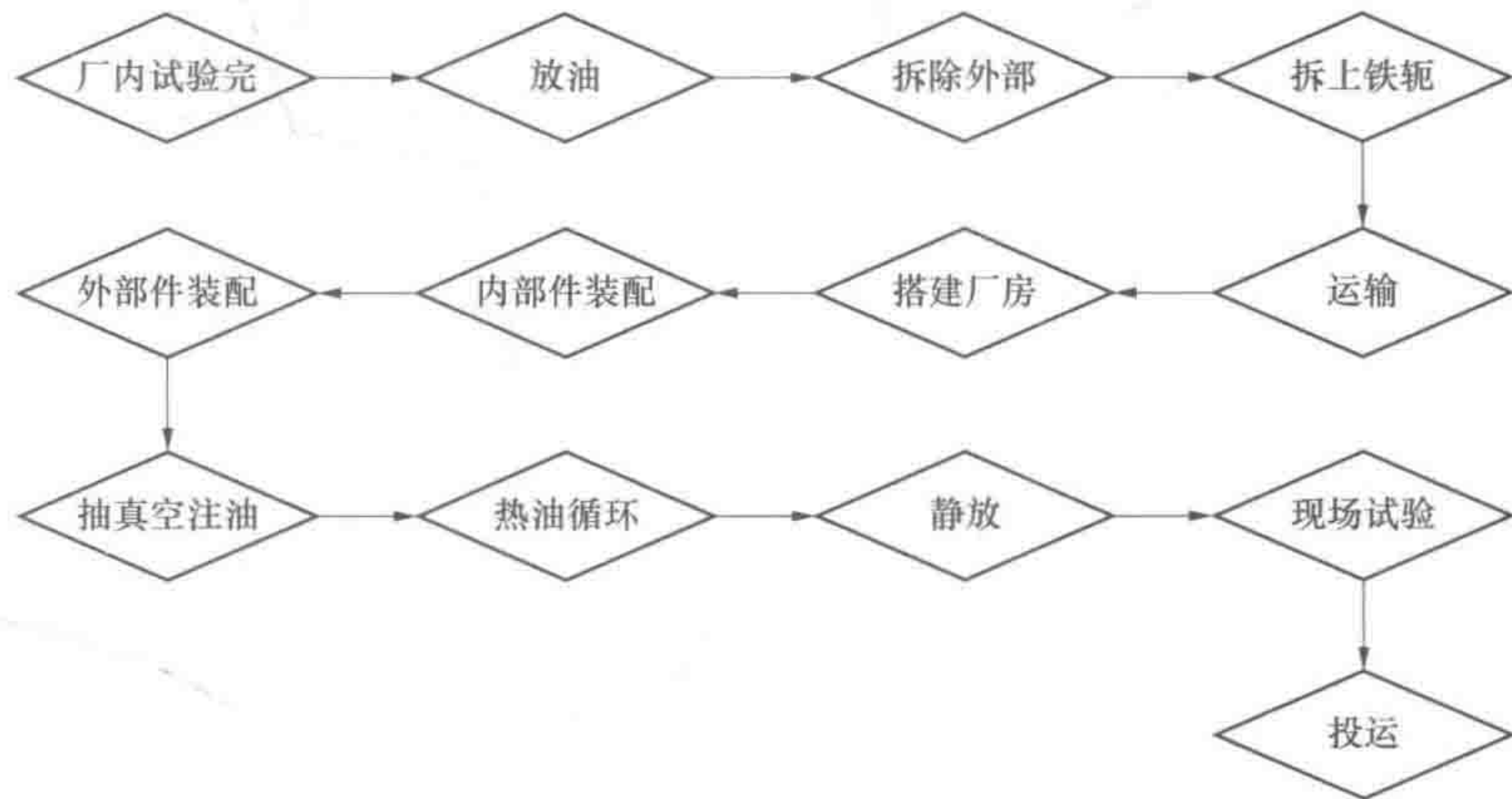


图 1-12 现场组装流程

（3）工艺步骤。

1) 上铁轭插铁、夹件安装。现场上铁轭插铁见图 1-13 和图 1-14。

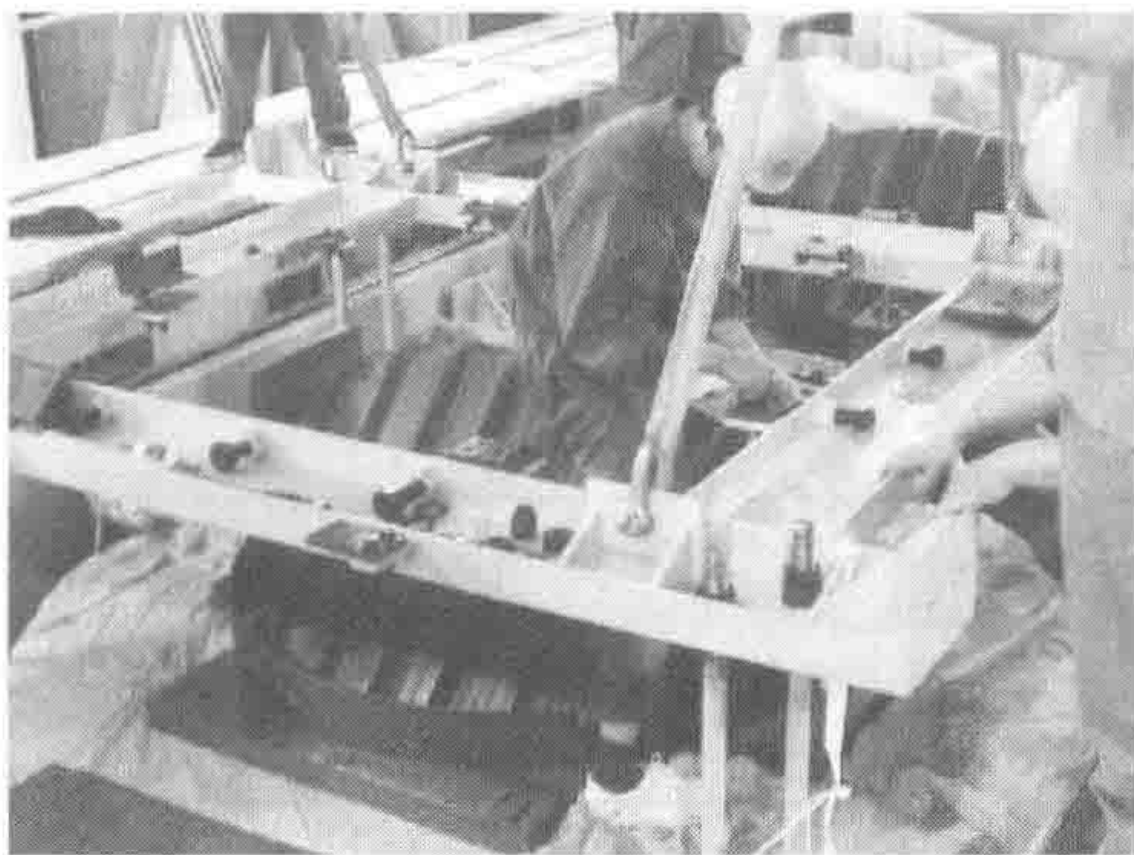


图 1-13 现场插上铁轭（一）



图 1-14 现场插上铁轭（二）

- 2) 绕组压装;
 - 3) 内部引线连接、绝缘距离确认;
 - 4) 上节油箱吊装: 绝缘电阻测量、电阻、变比检测;
 - 5) 外部组件装配, 完成试验。
- (4) 现场组装变压器可靠性保证措施。

1) 建立与工厂同等条件的装配环境来保证现场的安装质量, 合理的结构、优良的工艺来保证现场的安装质量, 现场临时厂房见图 1-15。

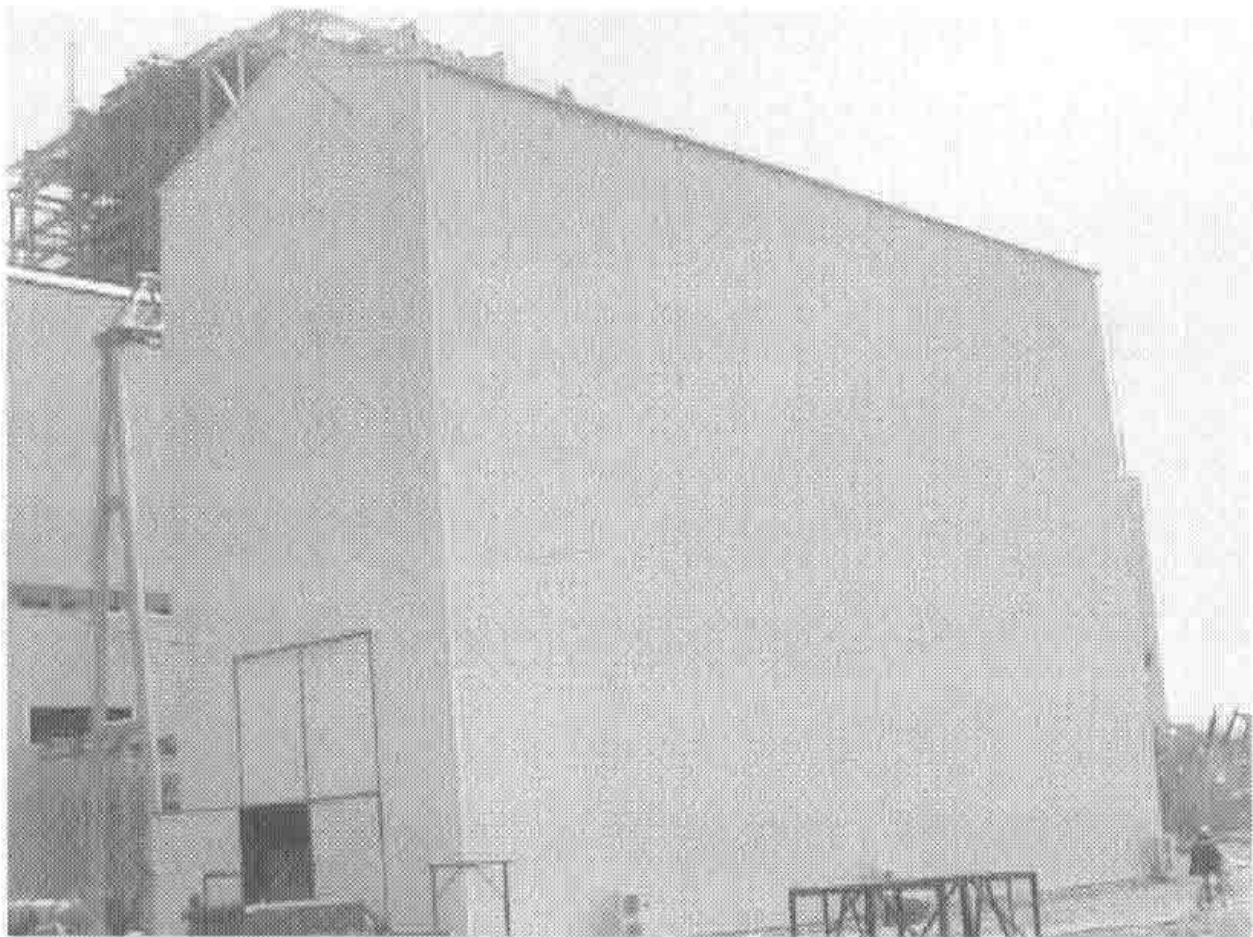


图 1-15 现场临时厂房

- 2) 完善的运输管理和监控。
 - a. 分解后的单元各自放入小型运输铁箱, 在抽真空后充入高纯氮气进行运输。
 - b. 主要部件的运输箱上装有三维冲击记录仪, 实时对运输情况进行监控, 简洁而合理的安装顺序和重点的检查项目, 完善的管理和技艺精良的作业人员来保证现场的安装质量。
 - c. 精简的现场工作组织表及严格的作业

区分。现场作业设有项目负责人, 进行全面的负责和质量管理。每一工序指定专门的负责人员, 预先进行作业准备, 完后及时检查。

d. 高素质的现场服务人员和完善的控制文件。

3. 国内现场组装变压器主要业绩

国内变压器现场组装主要业绩见表 1-1。

表 1-1 国内变压器现场组装主要业绩

现场组装变压器名称	特 点
四川雅安变电站 (OSFPS-750000/ 550)	产品在变压器制造厂完成全部试验项目, 运输时铁芯分成四个独立的铁芯框单独运输到现场, 三个柱的绕组堆也是单独运输到现场, 在现场再组装成一个整体, 只需做一些现场接收试验及增加的几项必须试验项目
陕西神华店塔变电站 (SFP-750000/750)	
大岗山变电站 (SFP-723000/550)	
沁北电厂主变压器 (SFP-720000/500)	由于超重, 采用器身拆除上轭铁利用较轻的临时运输箱代替更重的真正油箱运输到达现场, 油箱及拆下的上铁轭片及其他组件单独运输过去, 采用现场换油箱及现场插铁的方式 (现场没有拼装铁芯、套包), 做现场试验
甘肃黑河变电站 (OSSFPZ9-360000/330)	铁芯分框运输, 现场搭建临时厂房, 在现场组装完成后进行全部试验
云南甘顶子变电站 (SFP-750000/500)	
四川木里变电站 (OSFPS-JT-750000 / 500)	产品在公司内完成全部试验项目, 运输时铁芯分成四个独立的铁芯框单独运输到现场, 三个柱的整套绕组也是单独运输到现场, 在现场再组装成一个整体, 只需做一些现场接收试验及增加的几项必须试验项目
甘肃临江变电站 (SFP-350000 /330)	