

机械工人职业技能培训教材

中级

电工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社



权威

按照国家最新颁布的《工人技术等级标准》及《职业技能鉴定规范》，由机械工业部组织行业近200名专家、工程技术人员、技师、高级技师参加编写

配套

既有实用的《机械工人职业技能培训教材》，又有与之配套的《技能鉴定考核试题库》，覆盖机械行业18个主要技术工种

科学

融理论和技能于一体，初、中、高三级内容合理衔接

实用

是企业培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训机构开展工人培训的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材

ISBN 7-111-01936-9



9 787111 019367 >

定价: 22.00 元

机械工人职业技能培训教材

中级电工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编



机械工业出版社

本书根据原劳动部和机械工业部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准》和《职工技能鉴定规范》中“电工”所规定的知识要求和技能要求内容编写。本书讲述了高压变配电设备的结构、原理、维修、常见故障和处理方法，防雷和过电压的基本知识，常用防雷设备的类型、工作原理和维护方法，接地的类型、作用和工作原理，10kV 高压试验设备的结构、原理和用途；重点讲述了电力变压器的检修，变压器的并列运行，变配电所的防雷保护措施和接地装置的施工方法；还讲述了架空线路的施工程序及主要工序的施工方法，电缆线路的敷设，电缆的预防性试验，10kV 电缆终端头和中间头的制作；介绍了工厂常用的电力拖动设备，包括绕线转子异步电动机、直流电动机、变频调速电动机，及电磁调速电动机的检修方法、安装和调试，防爆和防火环境中电气设备的安装方法，晶闸管的应用；还介绍了变配电所的接线方式、运行方式和安全检修等。本书既有理论知识，也有操作技能，并着重于操作技能的提高，有较强的实用性。

本书可供参加国家职业技能鉴定的电工和职业学校电工专业毕业生考前备考使用，也可供电工自学参考。

中级电工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

*

责任编辑：边 萌 版式设计：张世琴

封面设计：姚 毅 责任校对：李秋荣

责任印制：路 琳

*

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街 22 号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850mm×1168mm^{1/32}·印张 10.875·字数 284 千字

1999 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印数 0 001—5 000·定价：22.00 元

*

ISBN 7-111-01936-9/TM·785

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙 旭	李明全	李 玲
	李超群	吴志清	张 岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施 斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	杨昭义	参 编	朱伯衡	张 允
			王宝军	马运新
			尚春阳	高 伟
			翟晓光	
本书主审	石可清			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点,受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来,我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》,逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求,进一步提高机械行业技术工人队伍的素质,实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标,我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》,使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时,又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》,共87种,以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的,包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”(主要是“专业知识”部分)和“技能要求”分三册编写,适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用;对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等,另编写了公共教材,以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点,采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语;各工种教材则更加突出了理论和实践的结合,将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体,形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此,谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢!教材中难免存在不足和错误,诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 高压变配电设备	1
第一节 高压变配电设备的结构、原理和维护	1
第二节 变配电设备常见故障的判断和处理	27
第三节 电力变压器的检修	31
第四节 电力变压器的并列运行	38
复习思考题	41
第二章 防雷和接地	43
第一节 过电压	43
第二节 防雷设备的工作原理和维护	45
第三节 变配电所及架空线路的防雷保护	48
第四节 接地的类型、作用和要求	51
第五节 接地装置的安装和接地电阻的测量	64
第六节 漏电保护	74
复习思考题	80
第三章 高压试验	81
第一节 10kV 高压试验设备的结构原理和用途	81
第二节 绝缘用具的预防性试验方法	98
复习思考题	103
第四章 架空线路	104
第一节 高低压架空电力线路安装的技术标准	104
第二节 架空线路的施工程序和立杆方法	123
第三节 拉线的施工方法	135
第四节 放线、紧线和导线固定的方法	140
复习思考题	144
第五章 电缆线路	146
第一节 电缆线路的敷设	146

第二节	10kV 电缆终端头和中间接头的安装	156
第三节	电缆的预防性试验和故障检测	204
	复习思考题	222
第六章	电力拖动设备	223
第一节	电动机的检修和拆装	223
第二节	变极调速电动机	231
第三节	电磁调速电动机	239
第四节	起重机电控设备的安装和调试	247
	复习思考题	255
第七章	防爆、防火环境中的电气设备	256
第一节	爆炸危险环境中的电气设备	256
第二节	火灾危险环境中的电气设备	275
	复习思考题	281
第八章	组织电气设备安装施工、变配电所运行和	
	安全检修	283
第一节	组织中小型电气设备安装施工	283
第二节	电力负荷和功率因数调整的意义和方法	285
第三节	工厂变配电系统的接线方式	293
第四节	变配电所的安全检修	300
	复习思考题	313
第九章	晶闸管电路及其应用	314
第一节	晶闸管性能及管脚的判别	314
第二节	晶闸管电路的应用	319
	复习思考题	336

第一章 高压变配电设备

培训要求 本章主要介绍了工厂常用高压变配电设备的结构、原理和检修方面的知识，特别对变压器的并列运行和检修的知识和技能做了专门说明。要求学员能熟悉这些设备，特别是对变压器的结构、原理、使用和维护的知识有清楚的了解，并能熟练掌握检修变压器的技能。

第一节 高压变配电设备的结构、 原理和维护

高压变配电设备是电力系统的重要设备，在电能生产、传输和分配过程中，起着控制、保护和测量作用。它们的性能直接影响电力系统的稳定和安全运行。

高压变配电设备的种类很多，按照它们在电力系统中的作用可分为：

(1) 变换设备 用来变换电压或电流的设备，如电力变压器、电压互感器和电流互感器。

(2) 控制设备 是用来控制电路通断的设备，如负荷开关、隔离开关，断路器等。

(3) 保护设备 是用来防护电路过电流或过电压的设备，如高压熔断器、避雷器等。

(4) 限流设备 是用来限制电流的设备，如电抗器、电阻器等。

(5) 补偿设备 是用来补偿电路的无功功率，提高系统功率因数的设备，如电力电容器。

(6) 成套设备 是按一定的线路方案将一、二次设备组合而成的设备，如高压开关柜、高压电容器柜等。

下面对几种工厂常用的高压变配电设备的结构、原理和维护做简要介绍。

一、高压隔离开关

1. 高压隔离开关的用途 隔离开关是用来开断和切换电路的一种开关。这种开关没有专门的灭弧装置，所以不能开断负荷电流和短路电流。隔离开关的主要用途如下：

(1) 将电气设备与带电的电网隔离，以保证被隔离的电气设备有明显的断开点，能安全地进行检修。

(2) 倒换母线，改变运行方式。

(3) 接通和断开小负荷电流。

2. 高压隔离开关的结构和工作原理 高压隔离开关按安装场所分为户内和户外两大类；按极数分为单极和三极两种；按结构特点分为闸刀式、旋转式和插入式；还可分为带接地刀开关和不带接地刀开关。高压隔离开关可以水平、垂直或倾斜安装。

常用的户内 10kV 高压隔离开关，有 GN2、GN6、GN8 和 GN19 系列三极隔离开关，多采用 CS6-1 型手动操作机构。户外用的有 GW 型三极联动系列，采用 CS8-1 型手动操作机构，能适应户外恶劣的气候条件。

隔离开关的结构较简单，如常用的 GN19-10 型 10kV 户内三极隔离开关，其三相装于同一个底座上。由底座、转轴、拉杆绝缘子，支持绝缘子、导电动闸刀、导电静触头和接线板等组成。每相的导电动闸刀为两片槽形铜片，用弹簧紧夹在静触头两边，增加了接触压力，增大了闸刀的散热面积，提高了闸刀的机械强度和电动稳定性。每相闸刀中间均联有拉杆绝缘子，它与安装在底座上的转轴相联，转轴两端伸出底座，其任何一端均可与操作机构相联。

GN19 型 1000A 高压隔离开关在闸刀接触处还安装有磁锁压板，其目的是当短路电流通过时，增加闸刀接触处的接触压力，提高开关触头的动热稳定性。

高压隔离开关由于没有灭弧装置，当动闸刀与静触头分断时，

产生的电弧只能在空气介质中拉长而自动熄灭，所以，不允许带负荷进行拉、合闸。

3. 高压隔离开关的维护 高压隔离开关的允许长期工作温度不应超过 70°C 。为便于监视接头和触头的温度，可采用变色漆或示温片。

高压隔离开关合闸时，三相动闸刀与静触头应同时接触，各相前后相差不大于 3mm (35kV 及以下)，如达不到要求，可调整升降绝缘子的联接螺栓长度，改变动闸刀的位置。合闸后，动闸刀进入静触头的深度不小于静触头长度的 90% 。但也不能过大，可使动闸刀与静触头底部保持 $3\sim 5\text{mm}$ 距离。这可通过调整操作杆的长度和操作机构旋转角度来实现。拉闸后，要保证动闸刀的张开角度，对 $\text{GN}2-10/400$ 为 37° ； $\text{GN}6(8)-10/600$ 为 65° ； $\text{GN}19-10$ 型的张开距离为 150mm 。另外，应使分、合闸后操作机构的弹性销子能自动进入手柄定位孔中。

还应检查、调整动闸刀与静触头的接触情况，保证其接触良好。检查动闸刀与静触头的消弧角有无烧伤、变形、锈蚀，动闸刀与静触头有无脏污和烧伤；出现以上情况，应清洗干净和进行修整。

二、高压负荷开关

1. 高压负荷开关的用途 高压负荷开关是用来开断和关合电路的负荷电流，具有灭弧装置的开关，但是它不能开断电路的短路电流。

目前，常用负荷开关与高压熔断器串联成一个整体（称为综合负荷开关），用负荷开关开断负载电流，而高压熔断器作为过载和短路保护。目前在 10kV 及以下的电路中，用来代替高压断路器。在大容量的线路，用来开断小电流，如变压器的励磁电流，供电线路的对地电容电流等。也常用来开断一定容量的电容器组。

2. 高压负荷开关的结构和工作原理 高压负荷开关按安装场所分为户内和户外两类。按灭弧方式可分为自产气式（如 $\text{FN}1$

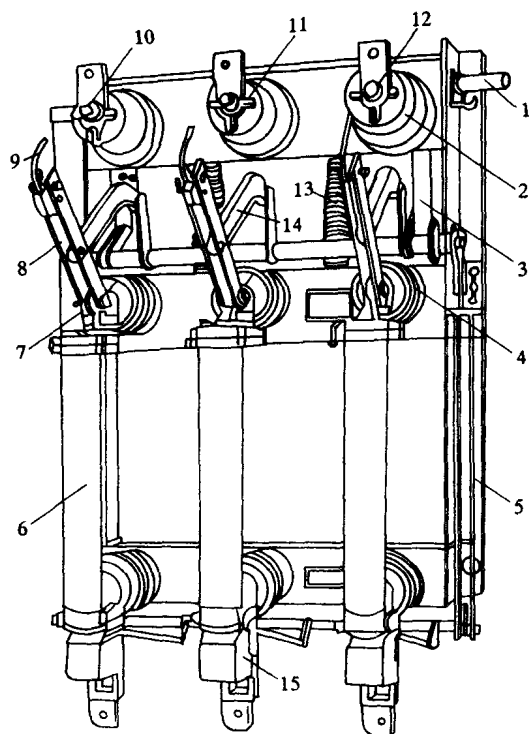


图 1-1 FN3-10RT 型高压负荷开关

- 1—主轴 2—上绝缘子兼气缸 3—连杆 4—下绝缘子
5—框架 6—高压熔断器 7—下触座 8—闸刀 9—弧
动触头 10—绝缘喷嘴 11—主静触头 12—上触座
13—断路弹簧 14—绝缘拉杆 15—热脱扣器

型)、压气式(如 FN2、FN3 型)和油浸式。目前多采用 FN2-10 及 FN3-10 型户内压气式负荷开关。下面以 FN3-10RT 型高压负荷开关为例介绍其结构和工作原理,图 1-1 是这种负荷开关的外形图。图的上半部为负荷开关本身,外形与隔离开关相似,其上端的绝缘子是一个简单的灭弧装置,如图 1-2 所示。此绝缘子不仅起支持绝缘子作用,而且内部是一个气缸,装有由操动机构主轴传动的活塞,其功能类似打气筒。绝缘子上部装有绝缘喷嘴和弧静触头。当负荷开关分闸时,在闸刀一端的弧动触头与绝缘子上

的弧静触头之间产生电弧。由于分闸时主轴转动而带动活塞，因此压缩气缸内的空气从喷嘴往外吹弧，加之电弧燃烧绝缘喷嘴分解产生的气体吹弧，同时由于断路弹簧的作用及电路回路本身的电磁力作用，使电弧迅速拉长，从而能使电弧迅速熄灭。但负荷开关的灭弧断流能力是很有限的，只能通断一定的负荷电流和过负荷电流。这种负荷开关一般配用 CS2·或 CS3 型手动操动机构进行操作。

3. 高压负荷开关的维护 高压负荷开关的维护、检查和调整，与高压隔离开关基本相同。

对 FN1 型高压负荷开关，灭弧室内的有机玻璃片要定期解体检查其烧损情况，烧损严重应更换。其动闸刀张开角度为 58° ，如不符合应调整。

对 FN2、FN3 型高压负荷开关，要定期检查气缸有无漏气，喷嘴的烧伤情况和活塞的磨损情况。FN3 型负荷开关动闸刀的张开距离为 180mm。

三、高压断路器

1. 高压断路器的用途与种类 高压断路器具有相当完善的灭弧装置，因此它不仅能通断正常的负荷电流，而且能通断一定

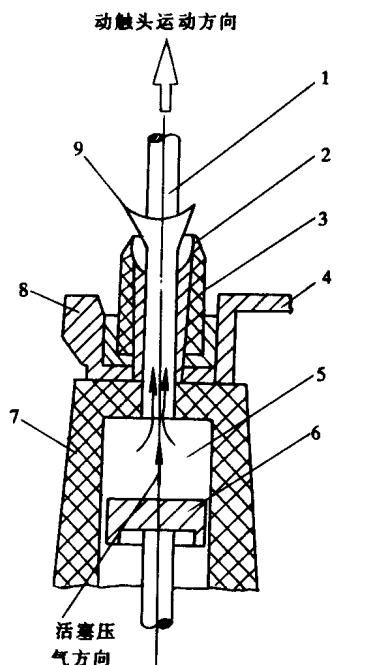


图 1-2 FN3-10 型高压负荷开关
压气式灭弧装置工作示意图

- 1—弧动触头 2—绝缘喷嘴 3—弧静触头
4—接线端子 5—气缸 6—活塞 7—上
绝缘子 8—主静触头 9—电弧

的短路电流。它是高压变配电设备中较重要的电器。

高压断路器按安装地点分为户内式和户外式。按灭弧介质分为油断路器（多油和少油）、空气断路器、真空断路器和六氟化硫断路器等。

2. 高压断路器的结构和工作原理 高压断路器的种类很多，下面简单介绍目前工厂应用最广的 SN10-10 型户内少油断路器、真空断路器和有发展前途的六氟化硫断路器的结构和工作原理。

（1）SN10-10 型户内少油断路器的结构和工作原理

1) 结构 SN10-10 型户内少油断路器的结构原理见图 1-3。它主要由基架、传动机构及油箱三部分组成。基架上装有分闸弹簧、合闸缓冲器和分闸限位缓冲器及大轴。传动机构由大轴拐臂、绝缘拉杆、转轴等组成。油箱由上帽上出线座、静触头、大绝缘筒、下出线座及基座等组成。油箱是断路器的核心部分。油箱下部的基座内装有操作动触头的转轴、拐臂和导电杆等组成的变直机构。油箱中部装有灭弧室，灭弧室外套的是高强度绝缘油筒。油箱上部是上帽，下帽的下部、灭弧室的上面装有静触头，上帽的上部装有油气分离器。

2) 分闸、合闸过程

① 合闸过程 操动机构通过传动拉杆和拐臂，把力传到大轴上，通过大轴及三根绝缘拉杆推动基座内的转轴、拐臂，使三相导电杆向上作直线运动，最后插入静触头中，此时大轴拐臂上的合闸缓冲滚子碰撞并压缩合闸缓冲器，直到合闸终止位置时由操动机构扣住，从而使断路器保持在合闸位置。在这一过程的同时，由于大轴的转动使分闸弹簧拉伸、储能。

② 分闸过程 当操动机构用手动或电动脱扣后，由于分闸弹簧及合闸缓冲器弹簧力的作用，使大轴转动，带动绝缘拉杆、转轴等环节，使导电杆向下运动而分闸，当分闸快到终点时，导电杆尾端的分闸缓冲器开始阻尼，使导电杆运动速度逐渐减慢，最后由于分闸弹簧的预拉力，使大轴拐臂上的滚子紧靠在分闸限位缓冲器上，从而使断路器保持在最终分闸位置。

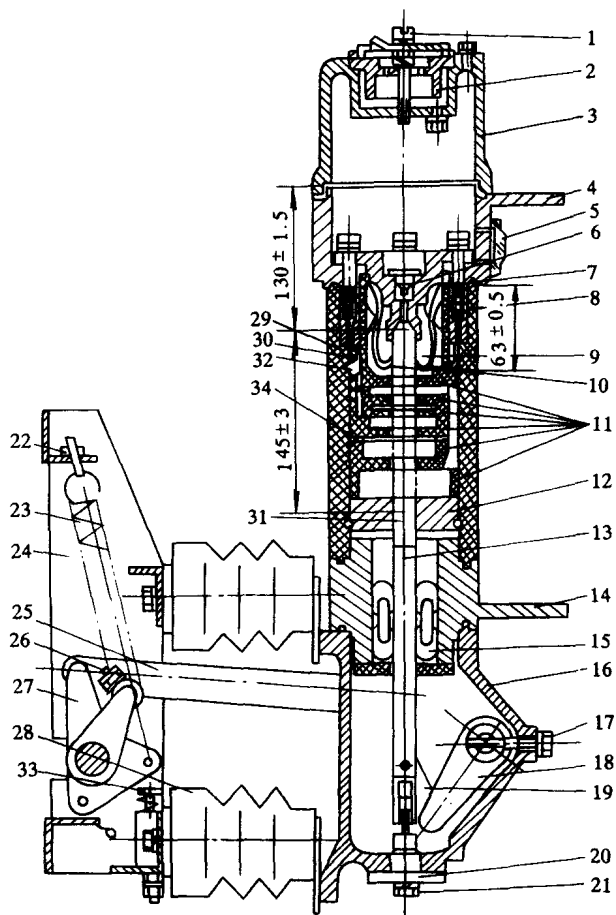


图 1-3 SN10-10 型户内少油断路器的结构 (固定式)

- 1—注油螺钉 2—油气分离器 3—上帽 4—上出线 5—油标 6—静触座 7—逆止螺钉 8—螺纹压圈 9—指形触头 10—弧触指 11—灭弧室 12—下压圈 13—导电杆 14—下出线 15—滚子 16—基座 17—螺钉 18—转轴 19—连杆 20—分闸缓冲器 21—放油螺钉 22—螺母 23—分闸弹簧 24—框架 25—拉杆 26—分闸限位缓冲器 27—大轴 28—绝缘子 29—绝缘环 30—绝缘套筒 31—触头 32—垫圈 33—合闸缓冲器 34—绝缘衬垫

3) 灭弧室结构及灭弧原理 SN10-10Ⅱ型少油断路器的灭弧室装在大绝缘筒的中上部,上面用带螺纹的黄铜压圈压紧。该灭弧室属于纵横吹式,三级横吹,喷口,第5片带有纵吹囊。正常开断时,动、静触头间的电弧使油分解成高温油气,灭弧室内压力升高,当增高到一定程度时,静触头上的逆止阀钢球上升,堵住回油孔,此时灭弧室内的压力以更快的速度增高。随着导电杆的向下运动,相继打开第1、2、3横吹口及纵吹囊,灭弧室储存的高温、高压气体及油蒸气以很高的速度由第1、2、3横吹口和一个纵吹囊喷出,产生强烈的纵横吹效应,使电弧冷却拉长。与此同时,由于导电杆快速向下运动,排挤与导电杆同体积的变压器油进入灭弧室内,对电弧形成机械油吹,在纵横吹和机械油吹的共同作用下使大、中、小电弧均能有效地熄灭。

(2) 真空断路器的结构和工作原理 ZN10真空断路器的结构如图1-4所示。该断路器主要由真空灭弧室、操动机构、绝缘支持件、传动机构及底座组成。其中真空灭弧室是断路器的核心部分,它由两块半圆形的绝缘支架支撑并固定在底座上。由导电夹、软连接、出线板通过灭弧室两端导电杆组成高压回路。底座下部是操动机构,带有自动脱扣装置。脱扣装置包括合闸电磁铁、分闸电磁铁、合闸掣子、抬杠、拉杆、分闸摇臂、分闸弹簧、三相联动轴、辅助开关等。断路器的底部装有四个滚轮和四块弯板供搬运和安装用。半圆形的绝缘支架用玻璃纤维压制而成,绝缘性能好,机械强度高,能分相支持灭弧室而不需另加相间隔板,并对灭弧室起一定的保护作用。

真空灭弧室是真空断路器的绝缘和灭弧元件,其结构见图1-5。该灭弧室由动触头、动端跑弧面、动导电杆、波纹管、动端法兰、静触头、静端跑弧面、静端法兰、屏蔽罩、瓷柱、不锈钢支撑法兰、玻壳等零部件,经清洗、玻璃封接、真空焊、氩弧焊、排气等工艺处理后封装而成,各主要零部件均密封在玻璃壳中,玻璃外壳不仅通过动静法兰盘起到密封作用,而且还起到绝缘作用。波纹管系一动态密封的弹性元件,通过它,真空灭弧室在操动机