

21世纪高等学校规划教材



10kV户内成套开关设备 操作检修与试验

王永武 房 静 主 编
谢胜利 管爱华 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

21世纪高等学校规划教材



10kV户内成套开关设备 操作检修与试验

主 编 王永武 房 静

副主编 谢胜利 管爱华

参 编 陈 丽 赵 宇 范建明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是 21 世纪高等学校规划教材电力类专业实验实训课教材, 主要介绍 10kV 户内成套开关设备的操作检修与试验。全书分为 5 章, 主要内容包括户内高压成套金属封闭开关设备, 户内高压开关设备, 户内高压开关设备的操作, 户内高压开关设备的常用二次设备与接线, 户内高压开关设备的巡视、检修与试验。

本书可供电力类本科或高职学生使用, 也可供相关专业技术人员培训时选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

10kV 户内成套开关设备操作检修与试验/王永武, 房静主编. —北京: 中国电力出版社, 2013. 7

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4365 - 8

I. ①1… II. ①王…②房… III. ①成套电器—高压开关柜—操作—高等学校—教材②成套电器—高压开关柜—检修—高等学校—教材 IV. ①TM591

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 086260 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 7.25 印张 97 千字

定价 15.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

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



前言

大学生的实践活动是从理论教学到初级现场认知、再到现场操作,以及现场设备检修、试验这样一个不断线的由浅入深的实践训练过程。本书针对电气专业教学大纲规定的电工实践课程高压部分的教学内容,并根据配套的与现场一致的 10kV 户内成套开关设备编写而成。

本书以现场操作为出发点,首先介绍应知的相关国家标准、行业标准和术语。其次重点介绍目前现场常见 10kV 户内成套开关设备的类型,一次、二次电气元件,常见的一次接线规范、二次保护的标准图样,并结合现场设备,介绍了设备操作流程,操作票的编写方法、执行方法;设备巡视要求;设备检修要求;设备试验要求;常用试验设备的使用方法。旨在通过学习本书,提高学生在设备选用、元件选用以及设计文件编制方面的规范性;指导学生依据相关的国家标准和行业标准接受与现场运行内容一致的 10kV 户内成套开关设备的运行与操作技能和巡视维护的训练、系统的例行试验、预防性试验的训练、设备的检修训练,引导学生从已学的专业理论到现场应用,提高应用操作能力。

本书在教学使用中,可根据不同专业方向的教学要求,对相关章节内容有所侧重。在非电专业选修教学过程中,可根据选修项目内容和学时进行删减。

由于编者水平所限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2013 年 4 月

本书文字符号表

高压开关柜	AH	预告音响小母线	WPS	功率因数表	PPF
电能计量柜	AM	电压小母线	WV	频率表	PF
交流配电屏	AA	断路器	QF	相位表	PPA
直流配电屏	AD	真空断路器	QV	有功功率表	PW
信号箱	AS	负荷开关	QL	无功功率表	PWR
接线端子箱	AXT	隔离开关	QS	有功电能表	PJ
保护屏	AR	信号继电器	KS	无功电能表	PJR
电能表箱	AW	差动继电器	KD	电铃	HA
插座箱	AX	功率继电器	KP	蜂鸣器	HA
操作箱	A	方向继电器	KD	指示灯	HL
电力变压器	TM	接地继电器	KE	红色指示灯	HR
配电变压器	TD	瓦斯保护继电器	KB	绿色指示灯	HG
控制变压器	TC	热继电器	KH	黄色指示灯	HY
隔离变压器	TI	温度继电器	KTE	蓝色指示灯	HB
电流互感器	TA	压力继电器	KPR	白色指示灯	HW
电压互感器	TV	液流继电器化	KFI	控制开关	SA
试验变压器	TT	冲击继电器	KI	按钮开关	SB
导线	W	时间继电器	KT	倒顺开关	QTS
电缆	W	闪光继电器	KFR	电压表切换开关	SV
母线	WB	绝缘监察继电器	KSP	电流表切换开关	SA
电力线路	WP	功率方向继电器	KPD	试验按钮	SBT
照明线路	WL	零序电流继电器	KCZ	复归按钮	SR
应急电力线路	WPE	电流脱扣器	KCR	紧急按钮	SBE
应急照明线路	WLE	熔断器式开关	QFS	电磁锁	YL
控制小母线	WC	接地开关	QE	瞬时接触继电器	KA
信号小母线	WS	电流表	PA	闭锁接触继电器	KL
合闸小母线	WCL	无功电流表	PAR	簧片继电器	KR
闪光小母线	WF	电压表	PV	电流继电器	KC
事故音响小母线	WFS	功率表	PF	电压继电器	KV



目 录

前言

本书文字符号表

第 1 章 户内高压成套金属封闭开关设备	1
1.1 术语	1
1.2 常用户内高压成套金属封闭开关设备	3
第 2 章 户内高压开关设备	12
2.1 交流高压断路器	12
2.2 交流高压隔离开关	21
2.3 户内高压熔断器	28
2.4 户内高压负荷开关	30
2.5 母线和高压电瓷	34
2.6 互感器	35
2.7 保护设备	38
第 3 章 户内高压开关设备的操作	41
3.1 一次系统的组成	41
3.2 设备操作规则	52
第 4 章 户内高压开关设备的常用二次设备与接线	66
4.1 电流继电器	66
4.2 变压器保护的典型接线	73
第 5 章 户内高压开关设备的巡视、检修和试验	82
5.1 设备巡视	82

5.2 电气设备的常见故障	85
5.3 设备检修	87
5.4 设备试验	97
附录 A 电工实践基地中心配电室倒闸操作票	105
附录 B 高压开关设备试验报告	106
参考文献	107



第 1 章

户内高压成套金属封闭开关设备

1.1 术 语

(1) 开关设备和控制设备：开关装置与相关控制、测量、保护和调节设备的组合，以及与相关的辅件、外壳和支持件及其内部连接所构成的设备的总称。

(2) 金属封闭开关设备：除外部连接外，全部装配完成并封闭在接地金属外壳内的开关设备和控制设备。

(3) 外壳：金属封闭开关设备和控制设备的一部分，它能够规定防护等级，以保护内部设备不受外部影响，防止人员接近或触及带电部分，防止人员触及运动部分。

(4) 隔室：金属封闭开关设备和控制设备的一部分，除内部连接、控制或通风所必要的开孔外，其余均封闭。隔室分为四种类型，其中三种可以打开，称为可触及隔室；另一种不能打开，称为不可触及隔室。

(5) 元件：金属封闭开关设备和控制设备主回路和接地回路中，具有特定功能的部件（例如断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器、互感器、套管、母线）。

(6) 主回路（总装的）：金属封闭开关设备和控制设备中传送电能回路中的所有导电部分。

(7) 辅助回路：金属封闭开关设备和控制设备中用于控制、测量、信

号指示和调节回路（非主回路）的所有导电部分，以及开关装置的控制和辅助回路。

（8）控制回路：包含控制开关合、分操作回路中的所有导电部分。

（9）接地回路：每个接地装置或接地点到设备用于与外部接地系统相连的端子间的连接。

（10）辅助开关：包含由开关装置进行机械操作的一个或几个控制和（或）辅助触头的开关。

（11）控制开关：用于控制开关设备和控制设备操作（包括信号、电气联锁）的机械开关。

（12）辅助触头：包含在开关的辅助回路中且由开关用机械方式操作的触头。

（13）控制触头：包含在开关的控制回路中且由开关用机械方式操作的触头。

（14）断路器：能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流，并能关合、在规定时间内承载和开断异常回路条件（如短路条件）下的电流的机械开关装置。

（15）隔离开关：在分位置时，触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志；在合位置时，能承载正常回路条件下的电流及在规定时间内异常条件（例如短路）下的电流的开关设备。

（16）负荷开关：能在正常的导电回路条件或规定的过载条件下关合、承载和开断电流，也能在异常的导电回路条件（例如短路）下按规定的时间承载电流的开关设备。根据需要，也可具有关合短路电流的能力。

（17）熔断器：当电流超过规定值一定时间后，以它本身产生的热量使熔体熔化而断开电路的装置。

（18）电流互感器：一种在正常使用条件下其二次电流与一次电流实际成正比、且在连接方法正确时其相位差接近于零的互感器。

（19）电压互感器：一种互感器，其二次电压在正常使用条件下与一次电压实际上成正比，而其相位差在连接方法正确时接近于零。

(20) 母线：一种可与几条电路分别连接的低阻抗导体。

(21) 外绝缘：空气间隙及电气设备固体绝缘的外露表面。它们承受电压并受大气、污秽、湿度、小动物等外界条件的影响。

(22) IP 代码：一种表示外壳防护等级并给出相关信息的编码系统。这种防护是指防止接近设备的危险部件，以及防止固体外物和水进入设备。

(23) 维修：所有技术活动和行政活动，包括监督活动的总和，使设备保持在或恢复到能够实现要求功能的状态。

(24) 缺陷：装备在状态方面的不完善（或固有的弱点）。在规定的使用、环境或维修条件下，在预定的时间内这种不完善能够导致装备本身或另一装备的一项或多项失效。

(25) 触头：两个或两个以上导体，当其接通时可建立起电路的连续性，且其相对运动可分、合电路，在用铰链或滑动接触的情况下，仍能保持电路的连续性。

(26) 预防性试验：为了发现运行中设备的隐患，预防发生事故或设备损坏，对设备进行的检查、试验或监测，也包括取油样或气样进行的试验。

(27) 绝缘电阻：在绝缘结构的两个电极之间施加的直流电压值与流经该对电极的泄流电流值之比。常用绝缘电阻表（又称兆欧表）直接测得绝缘电阻值。本规程中，若无说明，均指加压 1min 时的测得值。

(28) 吸收比：在同一次试验中，1min 时的绝缘电阻值与 15s 时的绝缘电阻值之比。

(29) 极化指数：在同一次试验中，10min 时的绝缘电阻值与 1min 时的绝缘电阻值之比。

1.2 常用户内高压成套金属封闭开关设备

户内高压成套金属封闭开关设备是将选用的电器元件安装于柜（箱）体内，通过一次回路传递功率，通过二次回路控制一次回路中的开关元件，从而实现供配电系统的操作、检测、控制和保护功能。

1.2.1 户内高压成套金属封闭开关设备适用的标准

户内高压成套开关设备应符合国家、行业相关标准及运行条件，适用的标准主要有：

- (1) GB/T 2900.1—1992《电工术语 基本术语》；
- (2) GB/T 2900.18—1992《电工术语 低压电器》；
- (3) GB/T 2900.19—1994《电工术语 高电压试验技术和绝缘配合》；
- (4) GB/T 2900.20—1994《电工术语 高压开关设备》；
- (5) GB 156—1993《标准电压》；
- (6) GB/T 762—1996《标准电流》；
- (7) GB/T 4728.1—1985《电气图用图形符号总则》；
- (8) GB/T 5465.2—1996《电气设备用图形符号》；
- (9) GB 3906—2006《3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》；
- (10) GB 11022—1999《高压开关设备和控制设备的共用技术要求》；
- (11) GB 311.1—1997《高压输变电设备的绝缘配合》；
- (12) GB/T 311.7—1988《高压输变电设备的绝缘配合使用导则》；
- (13) GB 1984—1989《交流高压断路器》；
- (14) GB 1985—1989《交流高压隔离开关和接地开关》；
- (15) GB 16926《交流高压负荷开关—熔断器组合电器》；
- (16) GB 3804《63kV 交流高压负荷开关》；
- (17) GB 1208—1997《电流互感器》；
- (18) GB/T 4585.2—1991《交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法》；
- (19) GB/T 5582—1993《高压电力设备外绝缘污秽等级》；
- (20) GB 8287.1—1998《高压支柱瓷绝缘子 第1部分：技术条件》；
- (21) GB 4109—1988《高压套管技术条件》；
- (22) GB/T 14598.3—1993《电气继电器 第5部分：电气继电器的绝缘试验》；

(23) GB/T 16927.1—1997《高电压试验技术 第1部分：一般试验要求》；

(24) GB/T 17627.1—1998《低压电气设备的高电压试验技术 第1部分：定义和试验要求》；

(25) GB 4208—2008《外壳防护等级（IP 代码）》；

(26) GB/T 2681—1981《电工成套装置中的导线颜色》；

(27) GB7251.1《低压成套开关设备和控制设备 第1部分：型式试验和部分型式试验 成套设备》。

1.2.2 户内高压成套开关设备均应满足的“五防”要求

“五防”是指：

(1) 防止误分、合断路器，即只有操作指令与操作设备对应才能对被操作设备操作。

(2) 防止带负荷分、合隔离开关，即断路器、负荷开关、接触器合闸状态不能操作隔离开关。

(3) 防止带电挂（合）接地线（地刀），即只有在断路器分闸状态，才能挂接地线或合上接地开关。

(4) 防止带地线送电，即防止带接地线（接地开关）合断路器（隔离开关）。

(5) 防止误入带电间隔，即只有隔室不带电时，才能开门进入隔室。

1.2.3 户内高压成套开关设备的分类

按主开关元件的安装方式可分为以下三类：

(1) 固定式，即设备内的断路器、负荷开关、隔离开关等元件均以螺栓固定式安装。固定式的优点是结构简单，制造成本低，维护简单；缺点是维护时母线需要停电，扩大停电面积。

(2) 手车移开式，又称手车柜。手车柜为两层结构，上层为母线和仪表室（相互隔离），下层为断路器室电缆出线室（相互隔离）。手车柜的使用应该说是一种技术进步，在结构上，断路器、电流互感器装在手车上，以手车的插头和柜体上的插座取代了上下隔离开关。开关检修时只需短时

间停电就可以将工作手车拉出，将备用手车推入就可投入使用。检修方便，安全，手车可以互相交换使用，提高了供电可靠性，这是手车柜非常明显的优点。但由于手车柜在结构上不同于固定式开关柜，在手车柜初期设计中，对电力系统各种严格的安全规定不能全部满足，使手车柜本身存在一些先天性的缺陷。在操作上，手车推拉费力的问题一直困扰着工作人员。主要原因是推进机构的拐臂结构造成过死点时力量增大。该拐臂推进机构是由蜗轮、蜗杆、转轴、拐臂组成。其动作原理是，摇动蜗杆带动蜗轮，使与蜗轮同轴的两拐臂转动。由于拐臂的另一端伸进柜架两侧垂直导轨的沟槽内，因此在拐臂转动的同时，与柜架固定的垂直沟槽会给拐臂一个反作用力，将手车拉入或推出开关柜。当拐臂与地面水平时，拐臂所受的力与手车前进方向一致，这时用力最小。但是，当拐臂与地面垂直时（我们称此时为过死点），拐臂在受到向前或向后的推力同时还受到阻止其转动的反力矩，此时用力最大，也最费力。经过进一步的改进和提高，现在已出现了较为成熟的中置柜。

（3）中置移开式。中置柜分三层结构，上层为母线和仪表室（相互隔离）；中间层为断路器室；下层为电缆室。由于断路器在中间层，所以称为移开中置式金属封闭开关设备，简称中置柜。中置柜在结构上，根据用途可将中置车分为断路器中置车、电压互感器中置车、计量中置车等。各类中置车的高度与深度统一，相同规格的中置车能够互换。中置车在柜内有隔离位置、试验位置和工作位置三个位置，每一位置均设有定位装置，以保证联锁可靠，必须按联锁防误操作程序进行操作。各种中置车均采用螺母、丝杆摇动来推进和退出。其操作轻便、灵活，适合于值班人员操作。中置车当需要移开柜体时，用一只专用转运车就可以方便抽出，可以进行各种检查、维护。而且中置车体积小，检查、维护极方便。中置柜以中置车的插头和柜体上的插座取代了上下隔离开关。

1.2.4 常用户内高压成套开关设备

1.2.4.1 GG—1A 型固定式金属开关设备

GG—1A 型固定式金属开关设备的型号中：第一个 G 表示固定式；第

二个G表示高压柜；1A表示产品序号。产品外形尺寸为：宽×高×深=1418mm×3170mm×1200mm，其外观如图1-1所示。

GG—1A型高压开关柜适用于3、6、10kV三相交流50Hz系统中作为接受与分配电能之用。其母线系统为单母线，可派生出单母线带旁路结构。开关柜的主开关采用ZN28—10系列真空断路器，可配用CD10Ⅱ型、CD17电磁操动机构，也可配用CT8、CT17G、CT19B弹簧操动机构；隔离开关采用GN19—10或GN24—10、GN22—10（用于2000A以上）系列隔离开关。开关柜加装闭锁装置，满足“五防”闭锁要求。

GG—1A型高压开关柜是20世纪50~60年代仿苏的柜型。它的特点是结构简单，加工成本低；缺点是由于体积庞大，所需的配电室也很大，而且高度很高。近年来由于加工技术的快速提高，GG—1A型高压开关柜已停止生产，但是现场还有在用设备。

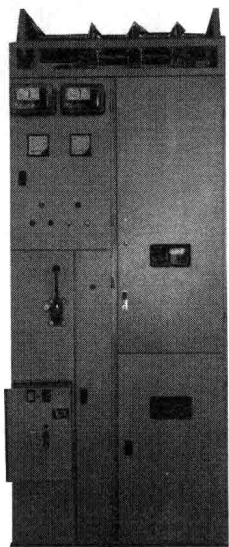


图1-1 GG—1A型固定式金属开关设备外观图

1.2.4.2 XGN2—12箱型固定式金属封闭开关设备

XGN2—12箱型固定式金属封闭开关设备的型号中：X表示箱型；G表示固定式；N表示户内；2表示序列号；12表示电压等级。产品外形尺寸为：宽×高×深=1100mm×2650mm×1200mm，其外观如图1-2所示。

XGN2—12箱型固定式金属封闭开关设备适用于3、6、10kV三相交流50Hz系统中作为接受与分配电能之用。其基本型的母线系统为单母线，可派生出双母线、单母线带旁路结构。开关柜的主开关采用ZN28—10系列真空断路器，可配用CD10、CD17、CT8、CT17、CT19、CT19B等多型弹簧操动机构；隔离开关采用GN30—12双断口、中心旋转式隔离开关。开关柜采用了JSXGN—10型强制性闭锁装置，满足“五防”闭锁要求。这种成套开关设备是GG—1A型固定式金属开关设备的换代产品，是目前工

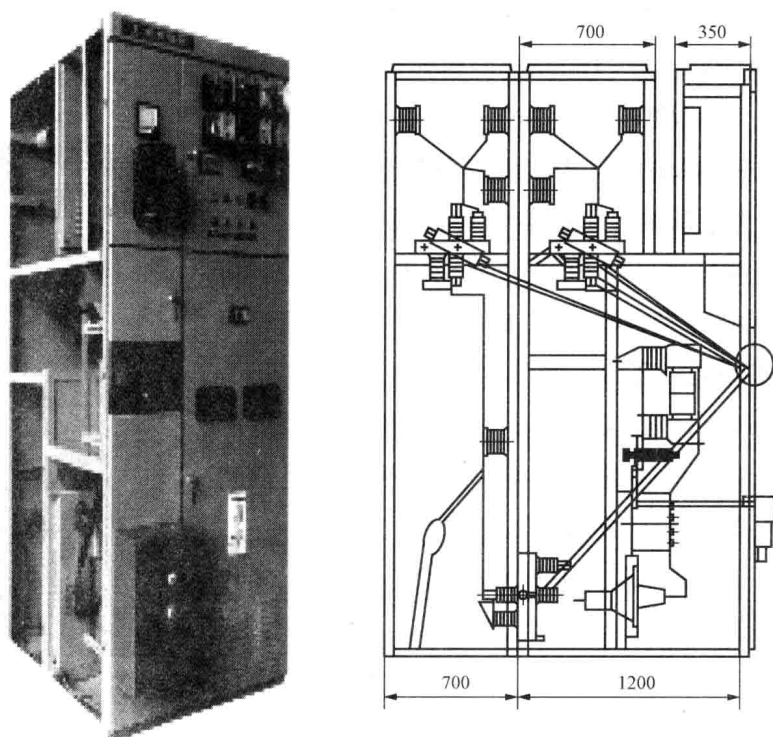


图 1-2 XGN2—12 箱型固定式金属封闭开关设备外观图

矿企业配电室、变电站、开闭站的中级配置柜型。

1.2.4.3 XGN66—12 箱型固定式金属封闭开关设备

XGN66—12 箱型固定式金属封闭开关设备的型号中：X 表示箱型；G 表示固定式；N 表示户内；66 表示序列号；12 表示电压等级。产品外形尺寸为：宽×高×深=900mm×2270mm×1100mm，其外观如图 1-3 所示。

XGN66—12 箱型固定式金属封闭开关设备在内部元件布局上与 XGN2—12 型类似，但在结构上不是固定焊接式，而是采用型钢为骨架的组装式。开关柜的主开关采用 ZN63A—12 型真空断路器，断路器自配弹簧操动机构；隔离开关采用 GN19—12 型单断口式隔离开关。这种成套开关设备是 XGN2—12 箱型固定式金属封闭开关设备的轻型替代产品，内部结构更为紧凑，占地面积更小，也是工矿企业配电室、小型变电站、开闭站的中级配置柜型。

1.2.4.4 HXGN—12 箱型固定式金属封闭开关设备（简称环网柜）

HXGN—12 箱型固定式金属封闭开关设备的型号中：H 表示环网；X 表示箱型；G 表示固定式；N 表示户内；12 表示电压等级。产品外形尺寸为：宽×高×深=800mm×2270mm×1100mm，其外观如图 1-4 所示。

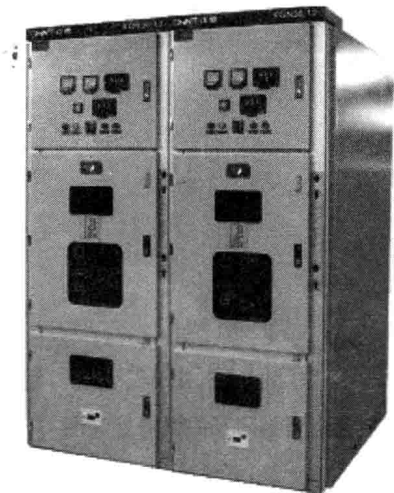


图 1-3 XGN66—12 箱型固定式
金属封闭开关设备外观图

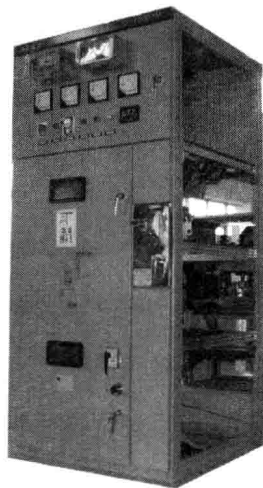


图 1-4 HXGN—12 箱型固定式
金属封闭开关设备外观图

环网柜是为城市电网改造和建设需要而设计的新型开关设备，在供电系统中作为开断负荷电流和短路电流以及关合短路电流之用。环网柜适用于 3~10kV、50Hz 的配电系统，广泛应用于城市电网改造和建设工程、工矿企业、高层建筑和公共设施等，作为环网供电单元和终端设备，起到电能分配、控制和电气设备的保护作用。由于该设备的体积最小，故多装于箱式变电站的高压室，作为高压进线的控制和变压器的保护设备。

环网柜内配 FZN21—12D 型或 FZRN21—12D 型复合开关。

复合开关中的隔离开关、真空负荷开关、熔断器与接地开关、柜门之间有完善可靠的机械联动、联锁装置，能有效防止误操作，并确保安全维护。

1.2.4.5 KYN28—12 型铠装移开式交流金属封闭开关设备（简称中置柜）

KYN28—12 型铠装移开式交流金属封闭开关设备的型号中：K 表示铠

装式；Y 表示移动式；N 表示户内；28 表示序列号；12 表示电压等级。其外观如图 1-5 所示。



图 1-5 KYN28—12 型铠装移开式交流金属封闭开关设备外观图

KYN28—12 型中置柜是额定电压 3.6~12kV 三相交流 50Hz 的户内成套配电装置，用于发电厂送电、电力系统和工矿企业变电所受电、配电，还可以用于频繁启动高压电动机等。中置柜能满足 GB3906、DL404、IEC—298 等标准的要求，并且具有“五防”功能，是户内高压成套开关设备中的高配产品。

1.2.4.6 PK—10 型控制保护屏

PK—10 型控制保护屏的型号中：P 表示屏；K 表示控制保护；10 表示封闭式。其外观如图 1-6 所示。

PK—10 型控制保护屏适用于大中容量发电厂及变电所中户外设备的户内控制部分，并作为远方控制与保护发电、变电及配电设备之用。自 20 世纪 90 年代末，开关电源式的直流屏、综合自动化保护系统也采用 PK—10 型屏体。

在用于户外设备的保护中，屏体装于继电器室。在一些老站多采用继电器保护，根据屏体要求，继电器要采用架装式，屏后布线。在改造后的站及新站，保护采用综合自动化保护系统，在一面屏上可安装多个单元的