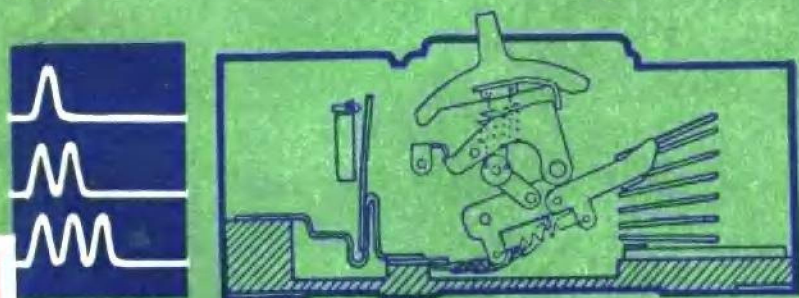
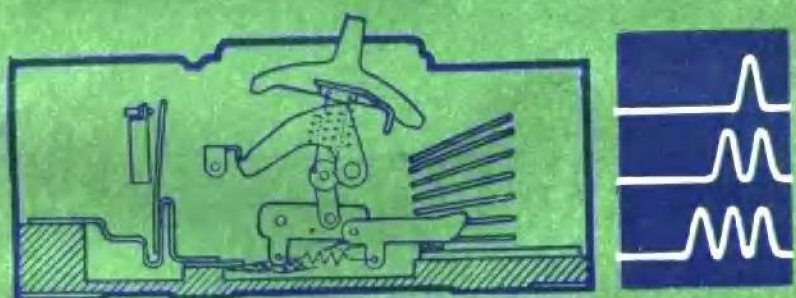


塑壳式低压断路器的 原理及应用

〔日〕 服部 谦 编



机械工业出版社

本书系统地介绍塑壳断路器的结构、性能和使用方法，图文并茂，内容丰富。

书中共分八章，有：塑壳断路器的发展概况，结构，性能及试验，保护特性配合，选型原则，使用环境条件，使用方法及故障分析，塑壳断路器的派生产品。书中附录部分还提供了部分国外标准摘抄、短路电流计算法、短路电流计算用曲线、选择性分断方式组合表以及串联分断方式组合表等资料。

可供从事研究、设计、制造以及使用塑壳断路器的专业人员参考。

ノーヒューズブレーカの原理と適用

服部 謙 編

電気書院

1975

* * *

塑壳式低压断路器的原理及应用

〔日〕 服部 謙 編

牛 驊 徐明山 马祥铭 译

汤仁杰 校

*

责任编辑：李振标

封面设计：田淑文

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $67/8$ · 字数 176 千字

1988 年 12 月北京第一版 · 1988 年 12 月北京第一次印刷

印数 10,001—1,750' · 定价：3.60 元

*

ISBN 7-111-00587-2/TM·86

作 者 序

塑壳断路器迄今在日本已生产了四十年。在此期间，由于技术的进步促进了塑壳断路器的大容量化、小型化和高性能化，且由于市场需求量的增加，采取大批量生产方式，使得价格降低。现在已获得了广泛的应用。塑壳断路器已进入小自家庭用进户总保护开关，大至电力干线用自动空气断路器的极其广泛的领域，成为当今低压配电系统中使用最为普遍的电器产品之一。

1972年，日本塑壳断路器的产值为313亿日元，1973年估计将超过500亿日元。日本的塑壳断路器已向世界各国出口，而且通过技术合作等方式正在世界各地进行生产。

塑壳断路器能够获得这样大的发展，其原因固然有许多，但最重要的原因之一就是由于日本《电气设备技术基准》对用户装设过电流断路器的义务作了明确的规定。然而，所谓的过电流断路器，除了塑壳断路器之外，还有另一类产品就是过去一直沿用下来的熔断器。那么，为什么现今塑壳断路器能取而代之呢？其原因在于：塑壳断路器在分断故障电流之后仍能继续使用，其带电部件装在绝缘外壳之内故安全性高。此外，塑壳断路器的所有极能够同步分断，不必担心造成断相运行故障，且有多种功能的附属装置，可与自动控制系统组合使用等许多优点。除上述原因之外，与刀开关-熔断器组合电器相比较，塑壳断路器所需的安装工时少、占用面积小，因而可以降低总的成本费用，也是能够取而代之的原因之一。

塑壳断路器生产厂家不仅致力于上述硬件技术的开发研究，而且还致力于保护特性配合、串联分断和选择性分断等软技术的开发研究，以方便用户使用。相信塑壳断路器在低压配电系统中的应用将越来越广泛。

另一方面，从国外的情况来看，尽管塑壳断路器的诞生地——美国仍然大量使用熔断器，但欧美等国已经认识到了塑壳断路器的优越性，在这些国家中的应用正在稳步发展中。此外，发展中国家塑壳断路器的应用，也大有急剧增长的趋势。

纵观上述形势，塑壳断路器的发展前景是无可限量的。然而，这样有希望的产品，无论是日本国内还是国外几乎找不到与之有关的书籍。荣幸的是，承蒙日本电气书院的推荐，使本书得以出版发行。若本书能为塑壳断路器的制造技术做出贡献，我们将深感欣喜。

若本书能对塑壳断路器感兴趣的各界人士有所帮助，我们将感到十分荣幸。

1974年12月

服部 谦 编

本书由三菱电机公司福山制作所技术部的下列人员共同执笔：

牧野节夫

和田宏康

松蒲 清

山本啓一

藤井 保

中山 丰

江口清司

译 者 序

塑壳断路器是低压配电系统中极为重要的保护和操作电器。我国的塑壳断路器在原有基础上近几年来又获得了长足发展，目前年产量已达百万台以上，已成为用量最大、应用最广的低压电器产品之一。鉴于这种形势，考虑到国内尚无塑壳断路器的专著，我们特将这本书介绍给广大读者，希望能够在我国塑壳断路器的开发与应用方面发挥作用。

本书的作者服部谦曾任日本三菱电机公司福山工厂技术部部长，多年从事塑壳断路器的研究、开发工作，其他执笔人也均为该技术部的成员。本书立足于应用，选材精心，论述全面，在日本国内也受到欢迎。

本书可供从事低压电器的研究、设计和制造的专业人员阅读，也可作为高等院校有关专业的教学参考书。

限于水平，译文中必定会存在不少错误和疏漏之处，希望广大读者批评指正。

译者

目 录

第1章 概述	1
1.1 何谓塑壳式低压断路器	1
1.2 为何需要使用塑壳断路器	2
1.3 与熔断器、框架式自动空气断路器及电磁开闭器的比较	3
1.4 塑壳断路器的发展历史	5
1.5 类别与用途	6
1.6 塑壳断路器有关标准	9
1.6.1 日本国内标准	9
1.6.2 其他标准	11
1.7 其他国家的产品	12
第2章 塑壳断路器的结构	16
2.1 基本结构	16
2.2 脱扣器	18
2.2.1 热脱扣器	19
2.2.2 电磁式脱扣器	24
2.2.3 半导体式脱扣器	27
2.3 操作机构	29
2.4 触头	33
2.5 去游离灭弧室	35
2.6 塑料外壳	36
2.7 接线端子与连接型式	37
2.7.1 前接式塑壳断路器	37
2.7.2 背接式塑壳断路器	38
2.7.3 埋入式塑壳断路器	38
2.7.4 插接式塑壳断路器	41
2.7.5 抽屉式塑壳断路器	41
2.8 限流装置	42
2.8.1 电动斥力触头	43

2.8.2	限流熔断器	44
2.8.3	限流电阻	47
2.8.4	自复熔断器	47
2.9	辅助装置	49
2.9.1	辅助开关	50
2.9.2	报警开关	50
2.9.3	分励脱扣器	50
2.9.4	欠电压脱扣器	50
2.9.5	电动操作装置	50
2.9.6	应用举例	51
2.9.7	外部操作手柄	51
2.9.8	机械联动装置	54
2.9.9	手柄锁定装置	55
2.9.10	辅助装置用接线端子台	55
2.9.11	外箱体	55
2.9.12	接线端子防护罩	56
第3章	塑壳断路器的性能	60
3.1	动作特性	60
3.1.1	长延时脱扣动作特性	62
3.1.2	瞬时脱扣动作特性	66
3.1.3	短延时脱扣动作特性	66
3.1.4	使用条件对动作特性的影响	67
3.2	分合操作性能	73
3.3	分断性能	74
3.3.1	分断现象	74
3.3.2	短路试验与分断能力	76
3.3.3	限流性能	80
3.4	绝缘性能	82
第4章	保护配合	85
4.1	何谓保护配合	85
4.2	选择性分断方式与串联分断方式	88
4.2.1	选择性分断方式	88

VI

4.2.2 串联分断方式	89
4.3 导线的保护	92
4.4 与电动机和电磁开闭器的匹配	96
4.4.1 电动机用断路器与电动机的匹配	97
4.4.2 塑壳断路器与电磁开闭器及电动机的匹配	99
4.5 塑壳断路器与塑壳断路器的匹配	100
4.5.1 选择性分断方式中的塑壳断路器	100
4.5.2 串联分断方式中的塑壳断路器	101
4.6 塑壳断路器与其他保护电器的匹配	101
4.6.1 塑壳断路器与框架式自动空气断路器的匹配	101
4.6.2 塑壳断路器与熔断器的匹配	103
4.6.3 塑壳断路器与高压侧断路器的匹配	104
第5章 塑壳断路器的选择	108
5.1 根据线路制式选定极数和脱扣元件数目	108
5.2 额定电流值的确定	111
5.2.1 确定额定电流值的各种条件	111
5.2.2 干路	112
5.2.3 支路	114
5.2.4 各类负载	119
5.2.5 用于变压器一次侧的塑壳断路器	129
5.3 分断能力的选择	126
第6章 环境特性	130
6.1 正常使用条件	130
6.2 特殊使用条件	130
6.2.1 高温	130
6.2.2 低温	131
6.2.3 特殊气氛	131
6.2.4 高海拔地区	131
6.2.5 振动与冲击	132
第7章 使用与维修	133
7.1 分合操作	133
7.2 使用	133

7.3 检查	138
7.3.1 定期检查	138
7.3.2 故障检查	138

第8章 塑壳断路器的派生产品 139

8.1 漏电断路器	139
8.2 船舶发电机保护用断路器	140
8.3 半导体装置保护用塑壳断路器	143
8.4 励磁保护用断路器	144
8.5 去游离开关	145
8.6 舰用断路器 (AQB与NQB)	145
8.7 电流限制器	146
8.8 安全断路器	147

附 录 148

附录1 塑壳断路器标准一览表	148
附录2 短路电流计算方法	178
附录3 短路电流特性曲线	187
附录4 导线与母线槽的容许电流值与阻抗值	200
附录5 按不同型式塑壳断路器 (NFB)分类的选择性分断方式 组合一览表 (示例)	203
附录6 按不同型式塑壳断路器 (NFB)分类的串联分断方式的 组合与分断能力一览表 (示例)	205
附录7 塑壳断路器与高压侧过电流继电器的匹配 (示例)	208

第 1 章 概 述

1.1 何谓塑壳式低压断路器

塑壳式低压断路器（以下简称为塑壳断路器），在日本 JISC 8370〔1〕（以下简称 JIS）标准中称为“配线用断路器”，在美国标准 NEMAAB-1〔2〕中称为“模塑式空气断路器”（MCCB）。这是一种用于低压线路过载和短路保护的“塑料外壳”防护式断路器。

断路器通常是按照灭弧方式进行分类的。塑料外壳式自动空气断路器是一种带有“去游离灭弧室”〔3〕的空气断路器。结构上，

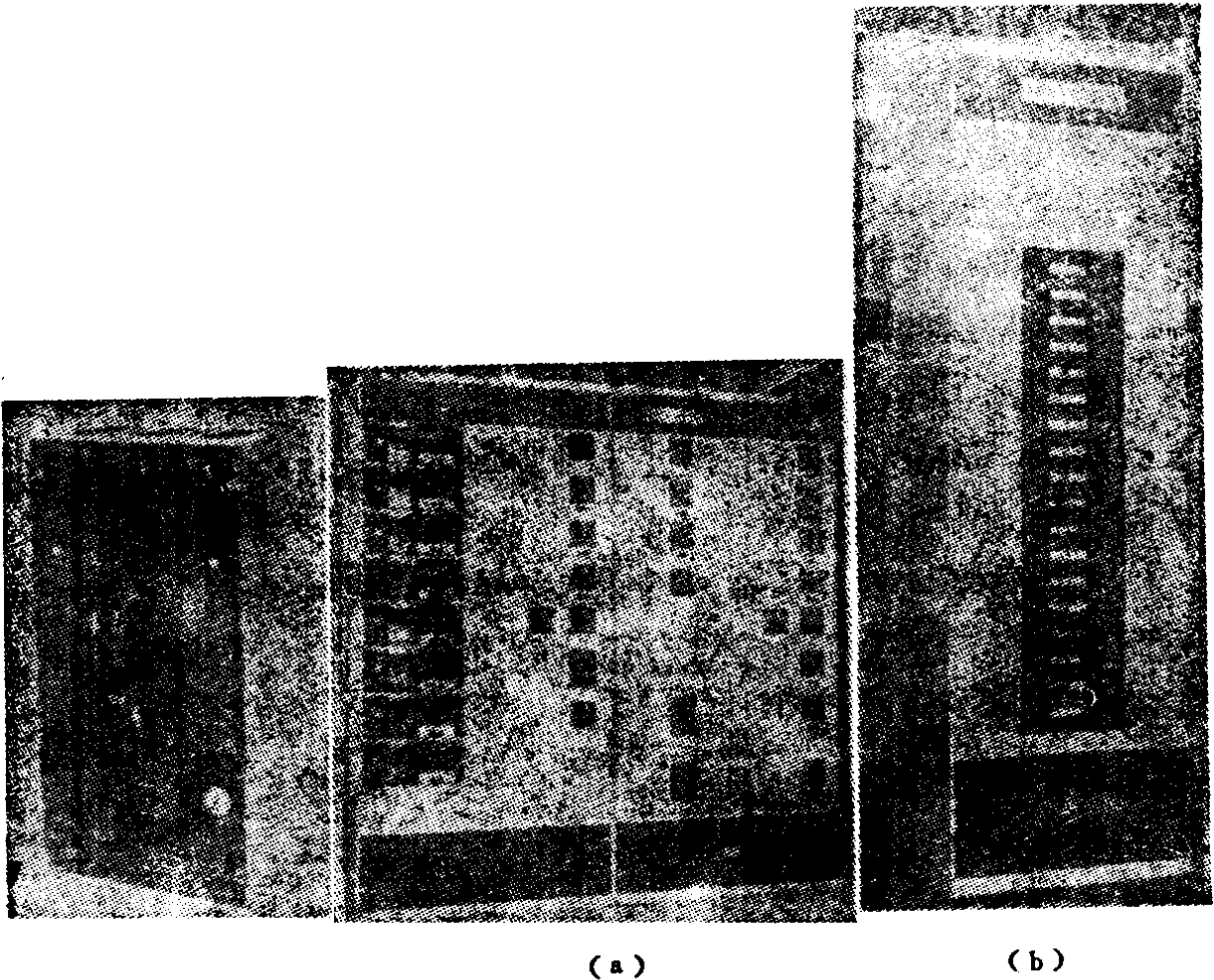


图1.1 塑壳断路器外观（日本三菱电机公司产，NF225-G型）

图1.2 使用塑壳断路器的控制中心配电盘和分电盘

- （a）使用塑壳断路器的控制中心
- （b）使用塑壳断路器的分电盘

在塑料外壳内部装有触头、去游离灭弧室、操作机构、脱扣器等装置，体积小，结构紧凑。另外，塑料外壳内部还可增加装设进行电气操作和电信号控制等所需的附属装置。

塑料外壳式自动空气断路器在日本最为普遍使用的名称是“无熔断器式自动空气断路器”，多简称为“NFB”。作为商品名称，也有将塑壳断路器叫作“电路断路器”、“自动断路器”及“无熔断器断路器”的。本书中，以后各章均使用其简称“塑壳断路器”。

1.2 为何需要使用塑壳断路器

在日本《电气设备技术基准》〔4〕中，对于低压户内电路中装设开闭器和过电流断路器的问题作了如下规定：

（1）在低压户内电路进线孔附近，人易于进行操作的位置处必须装设开闭器（摘录第180条第一项）；

（2）在低压户内干路的电源侧电路中，应装设保护该低压户内干路的过电流断路器（摘录第185条第4项）；

（3）自低压户内干路分支联接至用电设备的低压户内电路，必须按下款规定进行敷设。——自与低压户内干路分支的分支点起算，在电线长度不超过三米处必须装设开闭器及过电流断路器（摘录第186条）。

按照该《电气设备技术基准》的说明，之所以要在进线端设置开闭电器，是为了便于进行熔丝的更换、户内电路绝缘电阻值的测量、户内线路的修理与其它的维护工作，同时，在雷雨天气时还可以断开开闭器，以防止异常电压自外部侵入内部电路。

塑壳断路器正如日本 JIS 标准中所规定的那样，不仅能够以手动操作方式或电气操作方式断开和闭合正常状态下的电路，而且能够在过载或短路等异常状态下自动分断电路，兼备开闭器和过电流断路器的功能，因此，在进线端、干路和支路中，都重叠设置有开闭器和过电流断路器。电路产生的故障当中，因短路电流是最急剧地消耗大量能量的，所以，若不迅速进行分断，将

导致电路的严重破坏和烧损。此外，若过载处于持续状态也会导致电路过热。所以，必须在产生绝缘劣化和烧损之前进行分断。这些就是需要装设过电流断路器的理由，而塑壳断路器、框架式自动空气断路器以及熔断器等也正是为此而使用的。对于上述这些电流断路器的详细比较，将在下面1.3节中加以叙述。塑壳断路器除操作使用方便、安全以及任何人都能进行操作等优点之外，还具有许多其他优点。因此，从照明电路中用的小容量塑壳断路器到高层建筑干路用的大容量塑壳断路器，均获得了广泛应用。

1.3 与熔断器、框架式自动空气 断路器及电磁开闭器的比较

低压电路用过电流保护电器除塑壳断路器之外，还有熔断器、框架式自动空气断路器及电磁开闭器等。

熔断器使用时间最早，它具有结构简单、价格便宜等特点，但由于熔断器本身不能进行电路的接通和分断操作，所以通常与刀开关相组合使用。这种组合电器与塑壳断路器相比较，塑壳断路器具有如下优点，其性能逐渐为人们所承认而获得广泛应用。

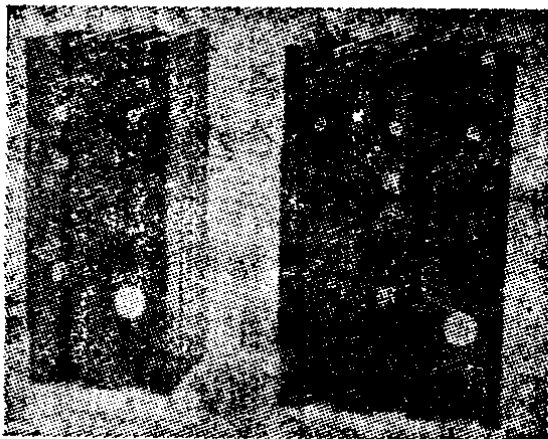
- (1) 分断过载电流后仍能“重复使用”；
- (2) 采用绝缘外壳防护，因而能够“安全”地操作；
- (3) 多极同时分断，因而不会产生断相故障；
- (4) 加装电气操作和电信号控制用附属装置后，能够实现自动控制。

框架式自动空气断路器的简称是 ACB (Air Circuit Breaker)。虽如1.1节所述，塑壳断路器 (NFB) 也是一种空气断路器，不过，一般把符合日本 JEC160 标准〔5〕规定的低压空气断路器称为框架式自动空气断路器 (ACB)。

框架式自动空气断路器在其金属框架上或金属箱体内装有更复杂的机构，操作寿命长，承受动稳定电流能力强。框架电流等级为400~6000 A，可用于较大容量的电路中。而框架式自动空

气断路器与塑壳断路器相比较时，塑壳断路器的结构是把较为简单的机构装设在塑料外壳内部，操作更为方便。外壳电流等级〔6〕为30~5000 A 左右，使用范围很广。

电磁开闭器是由电磁接触器和过电流继电器组合而成，用于负载（主要是电动机）的控制与保护。在控制方面，电磁开闭器的操作寿命远高于塑壳断路器，而且能够频繁操作；在保护方面，虽能分断比额定电流值大10余倍的负载电流，但不能分断短路电流，因此，一般需与塑壳断路器进行组合使用。



(a)



(b)



(c)



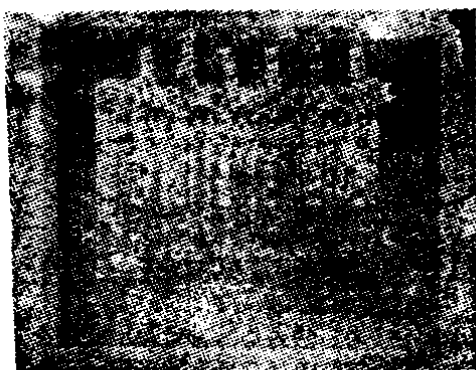
(d)

图1.3 用于低压电路中的过电流保护电器

(a) 塑壳断路器 (b) 框架式断路器
(c) 熔断器 (d) 电磁开闭器

1.4 塑壳断路器的发展历史

从何时开始就使用带触头的过电流断路器,这一点尚不明确。不过,从美国西屋公司于1924年已经对装有双金属片和自由脱扣式操作机构的断路器提出专利申请来看,可以推断当时在美国已经使用着与塑壳断路器结构相类似的保护用断路器了。那时的操作机构成了现时塑壳断路器操作机构的基础。其后西屋公司于1929年(即经过五年的研究与实验之后)发表研制出一种具有塑料外壳和去游离灭弧室的断路器。这种断路器的结构与现在的塑壳断路器的结构几乎是相同的。极数为单极,额定电流值为15~35 A。其后的几年里,又研制开发了外壳电流等级为50 A的单极、两极和三极,外壳电流等级为100 A的两极和三极,外壳电流等级为225 A的两极和三极等多种规格的塑壳断路器。另外,在英国也差不多在同一时期制造出了小型断路器〔7〕,但是未能象美国那样迅速获得普及。不过,这种小型断路器后来有许多国家都生产。



(a)



(b)

图1.4 美国最初使用塑壳断路器的住宅(所示分电盘与该住宅使用过的分电盘相类似)

在日本,最初于1934年制造出了与上述西屋公司的断路器相类似的单极和两极塑壳断路器,额定电流值为15 A、20 A、25 A、30 A及35 A。此后,于1936年制造出干路用的两极和三极断路器,外壳电流等级为100 A,1937年制造出外壳电流等级为225 A的断路器,其后逐级制造出容量越来越大的塑壳断路器。到了1965年前后,已能制造限流熔断器式及电动斥力式等限流式塑壳

断路器了。与此同时，也进行了断路器小型化的开发，目前，即使是相同外壳电流等级的塑壳断路器又分为小型廉价式、标准式、高性能式等多种型式的塑壳断路器，实现了产品的多样化。

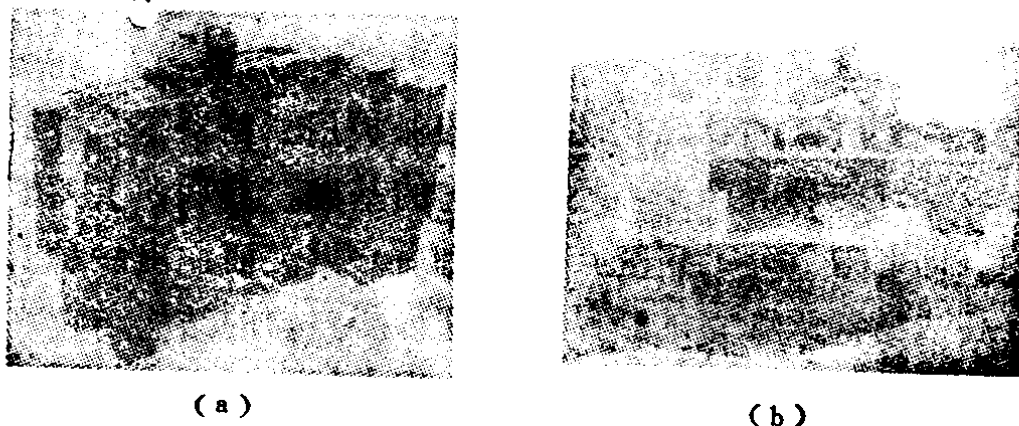


图1.5 日本最初制造的塑壳断路器

1.5 类别与用途

塑壳断路器产品因其结构及性能的不同而有许多类别，首先是按外壳电流等级、极数、额定参数值等，其次是按脱扣器型式、接线端及装接型式以及限流装置的有无和类别等进行划分的。表1.1所示为按照各大类项目划分的塑壳断路器的分类表。表中的第2~7项是根据电路（包括负载）的类别和条件而细分的项目，详细情况将于第5章中进行叙述。

脱扣方式中以热动式脱扣方式使用得最多。热动式脱扣方式是利用负载电流所产生的焦耳热使双金属片受热来检测过电流的一种方式，但对于短路电流，欲使之进行瞬时动作，一般还需要使之与电磁铁并用，也有将这种并用方式称之为热动-电磁式脱扣方式的。热脱扣器所具有的动作特性适于对线路进行过电流保护，使其避免因过电流而过热甚至烧损。

电磁式脱扣器是一种使用电磁铁的脱扣器，为了获得延时动作特性〔8〕，该脱扣器带有油阻尼器〔9〕。其最小动作电流值〔10〕不受环境温度的影响，是电磁式脱扣器的一个特点。另外，10 A以下小容量电磁式脱扣器的制造非常容易，大多用于电动机的保护。

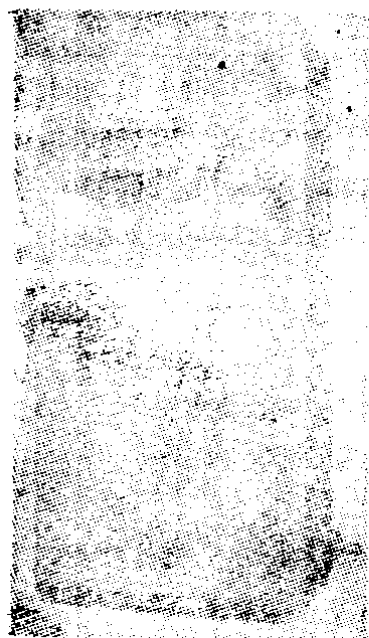
半导体脱扣器则不同于一般的热脱扣器和电磁脱扣器，而且



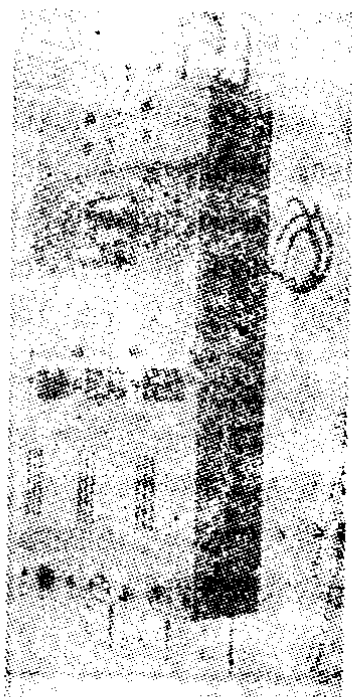
(a)



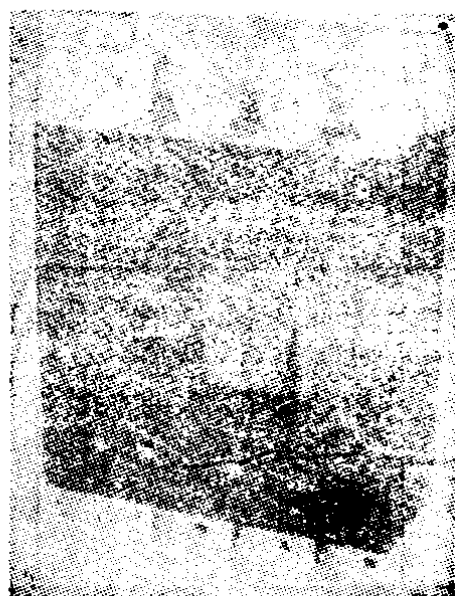
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

图1.6 各种型式的塑壳断路器

表1.1 塑壳断路器的分类表

No	项 目	分 类
1	外壳电流等级(A)	30, 50, 100, 225, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3200, 5000
2	极数	1极, 2极, 3极, 4极
3	交流或直流	交流用, 直流用, 交直流两用
4	(频率)(Hz)	50, 60, 50/60*
5	额定电压值(V)	AC 110, 110/220**, 220, 265, 460, 550 DC 125, 250
6	额定电流值 (A)	15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2500, 2800, 3000, 3200, 4000, 5000
7	额定分断能力 (A)	AC(对称值) 2500, 5000, 7500, 10000, 14000, 18000, 22000, 25000, 30000, 35000, 42000, 50000, 65000, 80000, 100000, 150000, 180000, 200000 DC 2500, 5000, 7500, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 35000, 40000
8	脱扣方式	热动式, 电磁式, 半导体式
9	有无限流装置	无, 有(限流熔断器式、电动斥力式、自复熔断器式)
10	接线端子及安装方式	前接式, 背接式, 嵌入式, 插接式, 抽屉式
11	操作方式	手动操作式, 电动操作式
12	用途	一般线路保护用, 照明分电盘用, 电动机保护用, 船舶用

注: * 50Hz与60Hz通用的塑壳断路器。
** 当为单相三线制时, 其两条端线相互之间的额定电压值为220V, 而端线与接地中性线相互之间的电压值为110V。(表中所列数值为一般标准值, 此外还有特殊规格的非标准值)

产品的数量也少。但由于动作特性的可调整范围大, 如果将半导体脱扣器装配于干路断路器上, 就能使干路断路器与高压侧断路器及支路断路器之间获得适当的动作匹配〔11〕。

限流装置用于一部分塑壳断路器中, 利用限流装置的限流作用〔12〕可以提高塑壳断路器的分断能力〔13〕。带有限流装置的塑壳断路器称为限流断路器, 使用于短路电流大的电路中。另外,