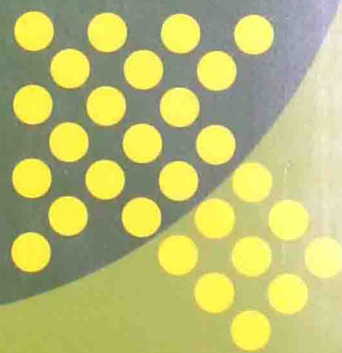


21世纪高等学校规划教材



电力线路金具 基础与应用

李光辉 王伟 主编



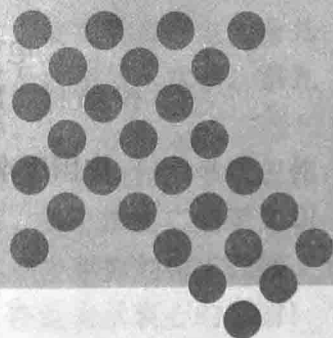
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

21世纪高等学校规划教材



电力线路金具 基础与应用

主编 李光辉 王伟
编写 汪理 刘民 张进
主审 刘树堂



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书系统地阐述了电力线路用悬吊、锚固、连接、保护、接续金具，架空线路用预绞式金具、光缆金具、架空绝缘导线金具等电力线路用其他金具，以及发电厂、变电站用金具的品种、结构性能、使用范围与要求等。此外，还简要介绍了与电力金具密切相关的绝缘子的基本类型、绝缘子串组装技术，以及绝缘子的性能分析及其运行与维护等。

本书既可作为高等院校及职业技术学院输电线路工程专业及相关专业的电力金具和绝缘子的教学教材，还可作为线路施工、线路运行管理及电力线路设计、管理人员的日常工作参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力线路金具基础与应用/李光辉，王伟主编. —北京：中国电力出版社，2014.9

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-5599-6

I. ①电… II. ①李…②王… III. ①输电线路金具-高等学校-教材 IV. ①TM75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 035554 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 433 千字

定价 36.00 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

为了适应国民经济发展和人民生活的需求,我国输电网正朝着特高压、智能化方向发展。新理论、新材料、新工艺也不断应用其中。相应的电力线路金具也在不断地发展和创新。本教材从满足电力工程方向专业的教学要求出发,介绍了电力线路金具的基本原理和应用技术,叙述注重理论和实践相结合,能使读者全面了解和掌握电力线路金具的基础与应用,以适应电力工程中线路金具的设计、施工、检测和科学试验的需求。

本书主要介绍悬吊、锚固、连接、保护、接续金具的型号、结构、技术参数和应用,简要叙述这五种金具的基本设计知识和安装、试验的方法,以及电力线路用其他金具和发电厂、变电站用金具的类型及应用。绝缘子是电力系统中使用数量最多的绝缘器件,是构成电力系统不可或缺的。在电力系统中,电力金具必须与绝缘子组合后才能实现机械支撑和对地绝缘。本书将绝缘子作为一个独立的章节呈现给读者,目的在于让读者了解、认识绝缘子在电力系统中的重要性。

全书共分九章。第一章简单介绍了电力金具的基础知识,可使读者对电力金具及绝缘子有全面、系统、直观的认识;第二~八章系统阐述了电力线路金具、发电厂和变电站用金具的分类、结构性能;并简要叙述了电力金具的设计基础,以及电力线路金具在运行线路中的应用实景,以比较直观形象地将电力金具呈现给读者。这样不仅可大大提高读者对电力金具的认识和理解能力,也能较好地启迪读者对电力金具工程的设计构思及应用技术水平。第九章介绍了绝缘子的基本类型、结构特点,以及绝缘子串的组装技术等。

第一章和第二章由李光辉编写,第三章、第四章和第九章由广西电力职业技术学院王伟编写,第五章由王伟和李光辉共同编写,第六章由三峡大学刘民编写,第七章由广州康大职业技术学院汪理编写,第八章由江西电力职业技术学院张进编写。本书主审为刘树堂教授。

本书在编写过程中,参考了一些专家、学者的专著和研究成果,在此表示衷心的感谢!

由于编写时间仓促,编者的学术水平和实践经验有限,书中难免存在不妥和疏漏之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2014年5月

目 录

前言	
第一章 电力金具基础	1
第一节 电力金具概述	1
第二节 电力金具型号命名方法	6
第三节 绝缘子	8
第四节 电力线路对金具及绝缘子的要求	10
第二章 悬吊金具	13
第一节 概述	13
第二节 悬垂线夹类型	16
第三节 悬垂线夹设计基础	29
第三章 锚固金具	36
第一节 概述	36
第二节 螺栓型耐张线夹	38
第三节 压缩型耐张线夹	43
第四节 新型耐张线夹	50
第五节 拉线金具	53
第四章 连接金具	59
第一节 概述	59
第二节 专用连接金具	60
第三节 通用连接金具	67
第四节 连接金具设计基础	92
第五节 连接金具的选用及连接方式设计	99
第五章 保护金具	103
第一节 机械保护金具	103
第二节 电气保护金具	119
第三节 保护金具设计基础	123
第六章 接续金具	139
第一节 概述	139
第二节 钳压、液压接续金具	142
第三节 爆压接续金具	150
第四节 螺栓接续金具	153
第五节 压接管接续金具设计基础	159

第七章 电力线路用其他金具	167
第一节 架空线路用预绞式金具.....	167
第二节 光缆金具.....	182
第三节 架空绝缘导线金具.....	189
第八章 发电厂、变电站用金具	196
第一节 T型线夹.....	196
第二节 设备线夹.....	201
第三节 铜铝过渡板、覆铜过渡片和母线伸缩节.....	205
第四节 母线金具.....	206
第九章 绝缘子	221
第一节 瓷绝缘子.....	221
第二节 钢化玻璃绝缘子.....	237
第三节 复合绝缘子.....	240
第四节 配电线路绝缘子.....	245
第五节 绝缘子串组装技术.....	259
第六节 绝缘子的性能分析及其运行与维护简介.....	271
参考文献	277

第一章 电力金具基础

第一节 电力金具概述

电力线路广泛使用的铁制或铝制金属附件，升压变电站和降压变电站配电装置中的设备与导体、导体与导线、输电线路导线自身的连接及绝缘子连接成串，导线、绝缘子自身的保护等所用金属（铁制或铝制）附件均称为电力金具。

GB/T 2314—2008《电力金具通用技术条件》电力金具定义：连接和组合电力系统中的各类装置，起到传递机械负荷、电气负荷及某种防护作用的金属附件。

电力金具，包括电力线路金具（主要指架空线路金具）、发电厂和变电站用金具等。

一、架空线路金具

用于架空电力线路安装的金属金具，称为架空线路金具，包括架空裸导线用金具和电力线路用其他金具。

（一）架空裸导线用金具

根据架空裸导线用金具的分类及用途可将其分为五类，见表 1-1。这五类架空裸导线用金具部分实物图如图 1-1~图 1-6 所示。

表 1-1 架空裸导线用金具的分类及用途

分 类	用 途
悬吊金具（又称支持金具或悬垂线夹）	主要用于架空电力线路或变电站，通过连接金具将导线、避雷线悬挂在绝缘子上或将避雷线悬挂在杆塔上
锚固金具（又称紧固金具或耐张线夹）	用于固定导线，以承受导线张力，并将导线挂至耐张串组或杆塔上，起锚固作用，也用来固定拉线杆塔的拉线
连接金具（又称挂线零件）	用于与球形绝缘子连接，绝缘子串相互间的连接，绝缘子串与杆塔及绝缘子串与其他金具之间的连接
保护金具	对各类电气装置或金具本身起电气性能或机械性能保护作用
接续金具	用于两根导线之间的接续，并能满足导线所具有的机械及电气性能要求，承担与导线相同的电气负荷，大部分接续金具承担导线或避雷线的全部张力



图 1-1 部分悬吊金具（悬垂线夹）实物图（一）



图 1-1 部分悬吊金具(悬垂线夹)实物图(二)



图 1-2 部分锚固金具(耐张线夹、拉线金具)实物图



图 1-3 部分连接金具(挂线零件)实物图

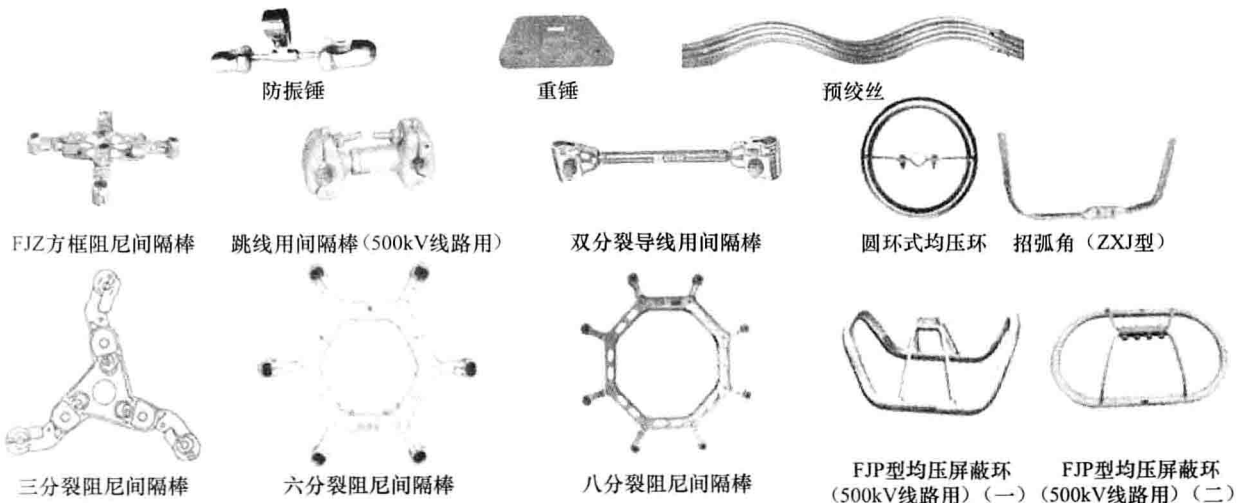


图 1-4 部分保护金具实物图

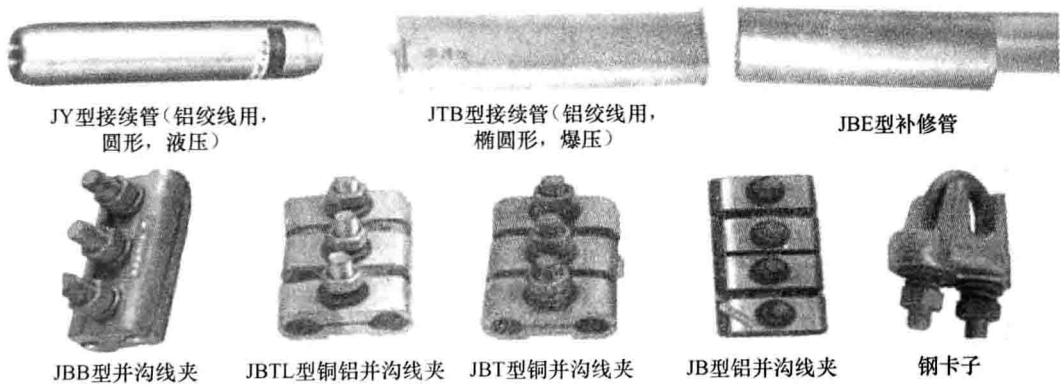


图 1-5 部分接续金具实物图



图 1-6 部分拉线金具实物图

图 1-7 所示为部分线路金具的线路安装实景。

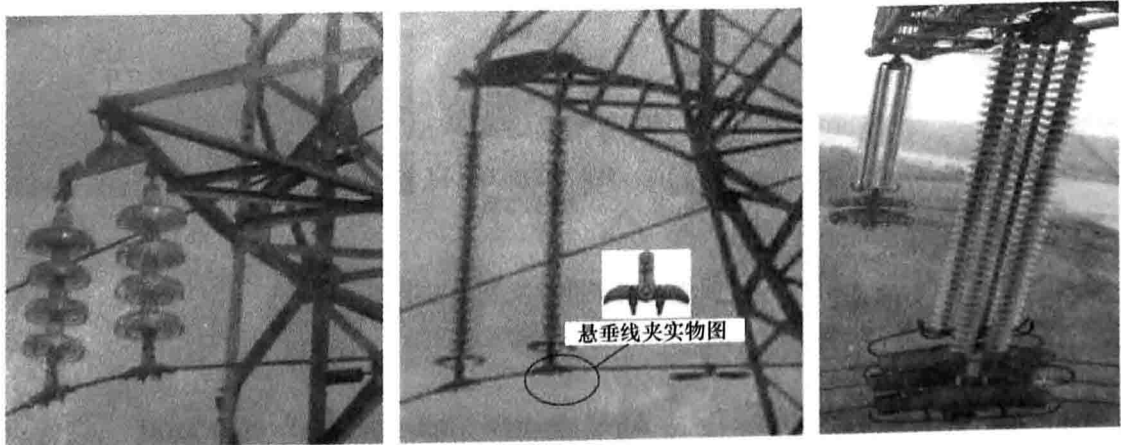


图 1-7 不同结构的悬垂线夹在不同电压等级的线路安装实景图

(二) 电力线路用其他金具

电力线路用其他金具是指架空线路用预绞式金具、光缆金具、架空绝缘导线金具、电气化铁路用金具，以及通信线路用金具等。

1. 架空线路用预绞式金具

自 20 世纪 50 年代国际上研制成功了架空线路用预绞式金具，在一些发达国家已大量应用架空线路用预绞式金具，并达到了满意的运行效果。

架空线路用预绞式金具（其实物及安装实景图如图 1-8 和图 1-9 所示）与传统的其他结构金具相比，具有以下独特之处：较强的抗疲劳性能；安装简单快捷，一致性强；高效节能；适应性广泛和防腐性能好。

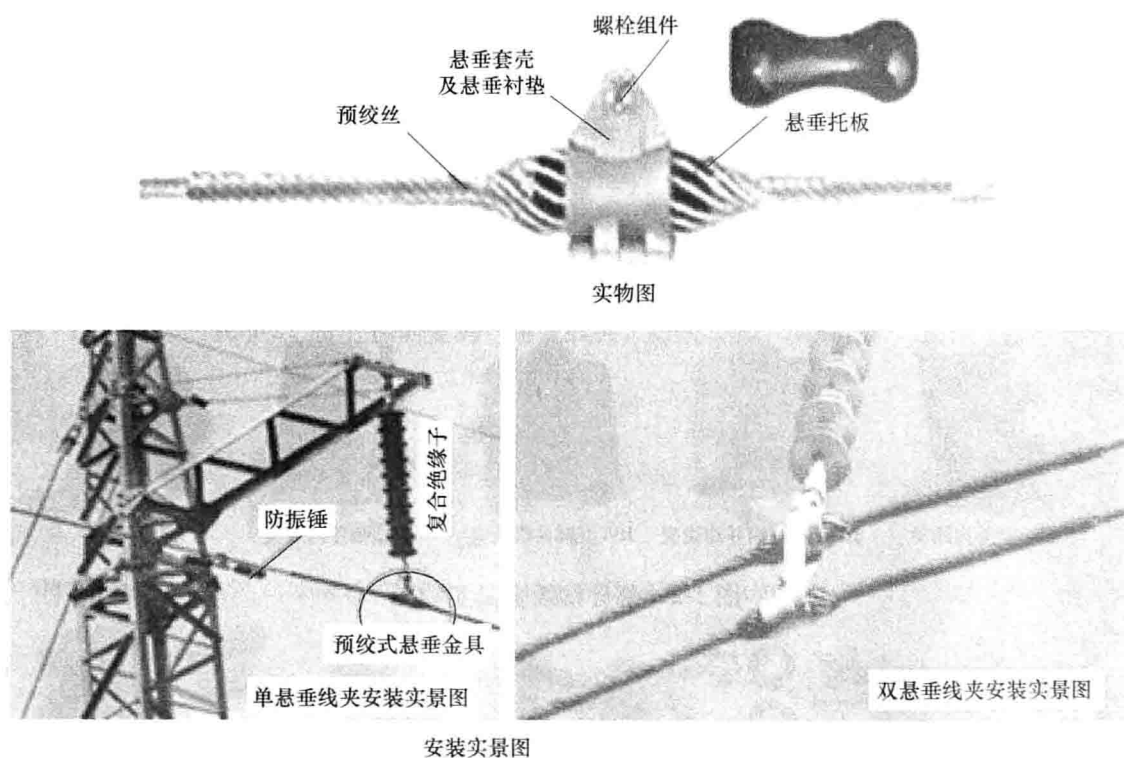


图 1-8 预绞式悬垂线夹实物及在线路中的安装实景图

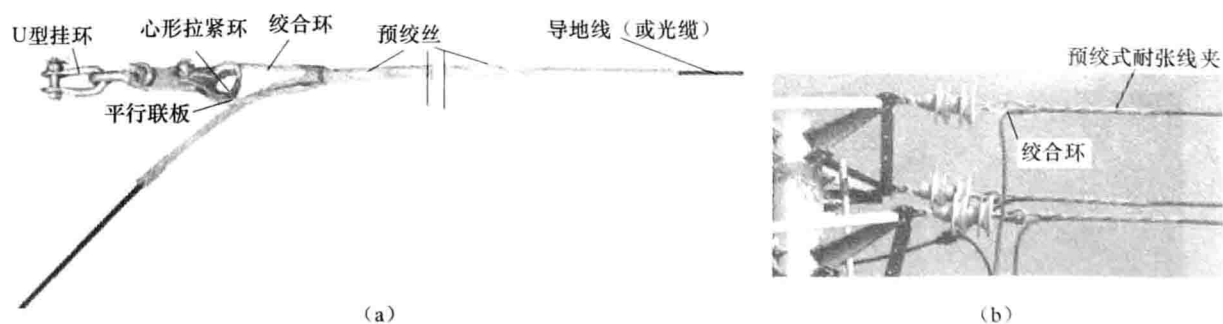


图 1-9 预绞式耐张线夹实物及安装实景图

(a) 实物图；(b) 安装实景图

2. 架空绝缘导线金具

用于架空绝缘导线的金具称为架空绝缘导线金具。它与架空裸导线用线路金具相同，仅

在金具外罩有绝缘罩，用以保护线路安全运行。

架空绝缘导线金具也包括绝缘耐张线夹、悬垂线夹、绝缘连接金具等。图 1-10 所示为架空绝缘导线金具在配电线路中的安装实景。

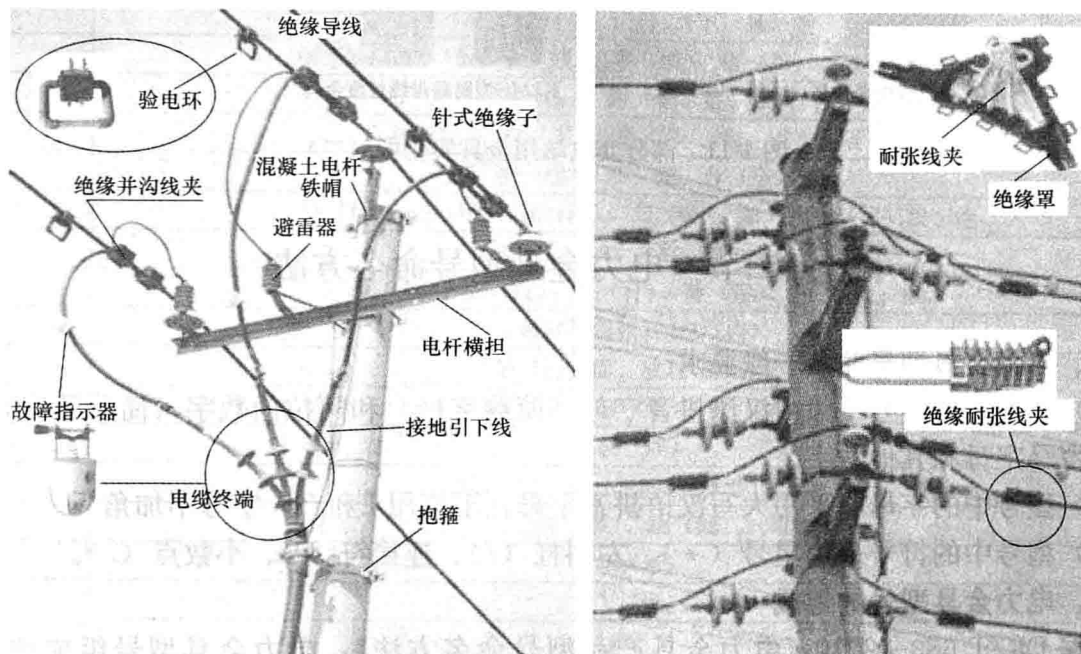


图 1-10 架空绝缘导线金具（如耐张线夹、验电环等）在配电线路中的安装实景图

二、发电厂、变电站用金具

发电厂、变电站用于连接铜线、架空线，以及组合各类母线、配电装置，以传递机械、电气负荷，改善绝缘子串的电压分布，减少或消除电晕现象等用途的金具，称为发电厂、变电站用金具。其部分实物图如图 1-11 所示。



图 1-11 部分变电站用金具实物图（一）



图 1-11 部分变电站用金具实物图 (二)

第二节 电力金具型号命名方法

一、电力金具型号命名一般要求

(1) 电力金具型号一般由汉语拼音字母 (简称字母) 和阿拉伯数字 (简称数字) 组成, 不使用罗马字母和其他数字。

(2) 型号中的字母应采用大写汉语拼音字母, 不使用 I 和 O, 字母不加角标。

(3) 型号中的符号采用星号 (*)、左斜杠 (/)、连接符 (-)、小数点 (.)。

二、电力金具型号的组成

根据 DL/T 683—2010《电力金具产品型号命名方法》, 电力金具型号组成如图 1-12 所示。

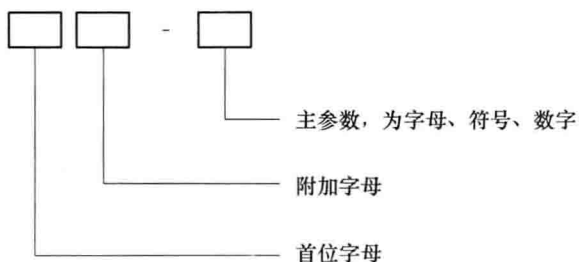


图 1-12 电力金具的型号组成

(一) 首位字母

电力金具型号中, 首位字母代表类别或连接金具产品的系列名称。当首位字母出现重复时, 或需使用字母 I 和 O 时, 可选用金具类别或名称的第二个汉字的汉语拼音的第二个字母表示, 也可选用其他字母表示, 或用附加字母来区分。首位字母的含义见表 1-2。

表 1-2

首位字母的含义

字母	表示类别	表示连接金具产品的系列名称	字母	表示类别	表示连接金具产品的系列名称
D	—	调整板	Q	—	球头
E	—	EB 挂板	S	设备线夹	—
F	防护金具	—	T	T 型线夹	—
G	—	GD 挂板	U	—	U 型
J	接续金具	—	V	—	V 型挂板
L	—	联板	W	—	碗头
M	母线金具	—	Y	—	延长
N	耐张线夹	—	Z	—	直角
P	—	平行			

(二) 附加字母

电力金具型号中的附加字母是对首位字母的补充, 以区别不同结构、特征和用途, 同一

字母允许表示不同的含义。一般附加字母的含义见表 1-3 (但不限于表 1-3)。

表 1-3 一般附加字母的含义

字母	代表含义
B	板、爆压、并(沟)、变(电)、避(雷)、包
C	槽(形)、垂(直)、(下、悬)垂
D	倒(装)、单(板、联、线)、导(线)、搭(接)、镀锌、跑(道)
F	方(形)、封(头)、防(晕、盗、振)、覆(铜)
G	固(定)、过(渡)、管(形)、沟、钢、间隔垫
H	护(线)、环、弧、合(金)
J	均(压)、矩(形)、间(隔)、支(架)、加(强)、(预)绞、绝
K	卡(子)、(上)杠、扩(径)
L	螺(栓)、立(放)、拉(杆)、菱(形)、轮(形)、铝
N	耐(热、张)、户(内)
P	平(行、面、放)、屏(蔽)
Q	球(绞)、轻(型)、牵(引)
R	软(线)
S	双(线、联)、三(腿)、伸(缩)、设(备)
T	T(形)、椭(圆)、跳(线)、(可)调
U	U(形)
V	V(形)
W	(户)外
X	楔(形)、悬(垂)、悬(挂)、下(垂)、补(修)
Y	液压、圆(形)、(牵)
Z	组(合)、终(端)、重(锤)、自(阻尼)

(三) 主参数

电力金具型号标记组成中,以数字、字母、符号表示主参数。

1. 数字

主参数中的数字采用以下一种或多种组合表示:

(1) 表示适用于导线的标称截面积(mm^2)或直径(mm)。

(2) 当产品可用于多个标号的导线时,为简化主参数数字,采用组合号代表相应范围导线标称直径。或按不同产品型号单独组合号,见表 1-4。

表 1-4 组 合 号

组合号	导线地线标称直径 D (mm)		组合号	导线地线标称直径 D (mm)	
	用于导线	用于地线		用于导线	用于地线
0	$5.4 \leq D < 8.0$	—	6	$30.0 \leq D < 35.0$	$20 \leq D < 23$
1	$8.0 \leq D < 12.0$	$6.4 \leq D < 8.6$	7	$35.0 \leq D < 39.0$	—
2	$12.0 \leq D < 16.0$	$8.6 \leq D < 12.0$	8	$39.0 \leq D < 45.0$	—
3	$16.0 \leq D < 18.0$	$12.0 \leq D < 14.5$	9	$45.0 \leq D < 51.0$	—
4	$18 \leq D < 22.5$	$14.5 \leq D < 17$	10	$51.0 \leq D < 70.0$	—
5	$22.5 \leq D < 30$	$17 \leq D < 20$			

(3) 表示标称破坏荷载,按 GB/T 2315—2008《电力金具 标称破坏荷载系列及连接型式尺寸》的规定执行。

- (4) 表示间距 (mm、cm)。
- (5) 表示母线规格 (mm、cm)。
- (6) 表示母线片数及顺序号。
- (7) 表示承重导线根数和载流导线根数。
- (8) 表示导线根数。
- (9) 表示圆杆的直径或长度 (mm、cm)。

2. 字母

DL/T 683—2010 指出：电力金具型号中，主参数的字母用于补充的区分标记。其字母的含义：以 A、B、C、D 做区分标记，其含义见表 1-5。

表 1-5 区分标记

区分标记字母	区分总长度	区分引流角度	区分附属构件
A	短形	0°	附碗头挂板
B	长形	30°	附 U 型挂板
C		90°	

以字母作为导线标记，导线型号和名称表示方法按 GB/T 1179—2008 《圆线同心绞架空导线》执行。

以字母作为区分导线的型号标记，导线的型号和名称表示方法按 GB/T 1179—2008 执行，见表 1-6。

表 1-6 导线的型号和名称对应表

型 号	名 称	型 号	名 称
JL	铝绞线	JL/LB1A	铝合金芯铝绞线
JLHA2、JLHA1	铝合金绞线	JLHA2/LB1A、JLHA1/LB1A	铝包钢芯铝绞线
JL/G1A、JLG1A、JL/G2B、JLG3A	钢芯铝绞线	JG1A、JG1B、JG3A	钢绞线
JL/G1AF、JLG2AF、JLG3AF	防腐性钢芯铝绞线	JLB1AJ、LB1B、JLB2	铝包钢绞线
JLHA2G1A、JLHA2/G1B、JLHA2G3A	钢芯铝合金绞线	T	铜绞线
JL/LHA2、JLHA1	钢芯铝合金绞线	K	扩径导线

三、型号命名的管理

(1) 新产品型号的命名不应与已有的型号重复。

(2) 已有产品改进设计，如主参数和性能不变或只是不同形态，可沿用原有产品名称和型号，仅需在原型号标记的最后加 (·)，再以 A、B、C、D、…、Y、Z 表示改进顺序，并在技术文件中加以说明。

第三节 绝 缘 子

绝缘子在电力系统中的应用很广，一般属于外绝缘，在大气条件下工作。架空输电线路、发电厂和变电站的母线和各种电气设备的外部带电导体均需用绝缘子支持，并使之与大地（或接地物体）或其他有电位差的导体绝缘。

1. 盘形绝缘子

盘形绝缘子一般分瓷质和玻璃两种，在电网建设和发展中起着巨大的作用。广泛用于各级

电压线路上。盘形绝缘子具有良好的绝缘性能、耐气候性、耐热性和组装灵活等特点，部分实物图如图 1-13、图 1-14 所示。



图 1-13 部分绝缘子实物图



图 1-14 部分盘形悬式钢化玻璃绝缘子实物图

(a) 标准型；(b) 防污型；(c) 空气动力型；(d) 地线（玻璃）绝缘子

除盘形绝缘子外，还有蝶式瓷绝缘子、针式瓷绝缘子、瓷横担绝缘子、悬式棒形瓷绝缘子、支柱式瓷绝缘子等。

2. 复合绝缘子

复合绝缘子，也称合成绝缘子或硅橡胶绝缘子、有机复合绝缘子或非瓷绝缘子，如图 1-15 所示。该类绝缘子，也分复合针式绝缘子、复合横担绝缘子、悬式（耐张）复合绝缘子、支柱式复合绝缘子等。图 1-16 所示为复合绝缘子安装实景。

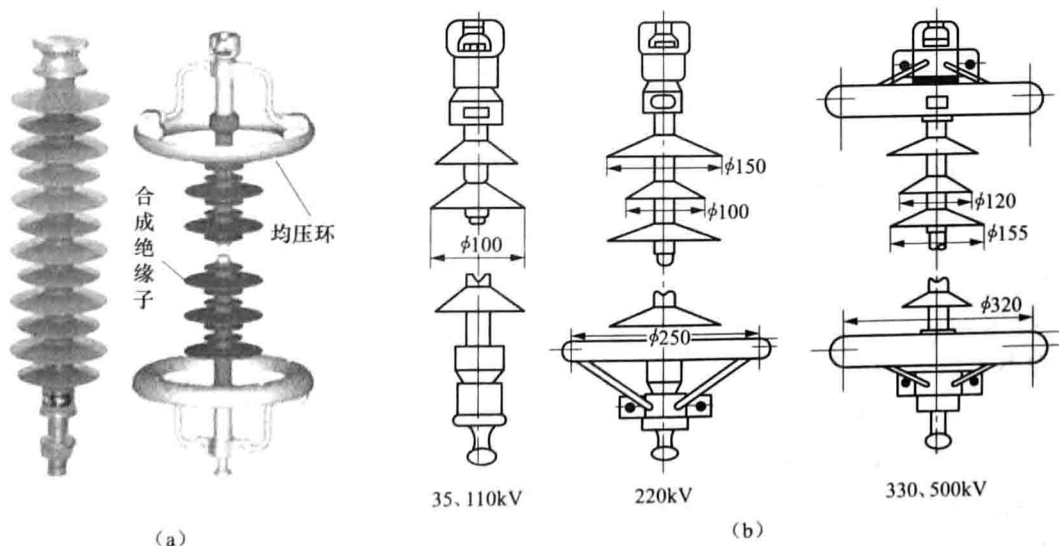


图 1-15 部分合成绝缘子实物图及结构图

(a) 实物（等伞）图；(b) 结构（大小伞）图

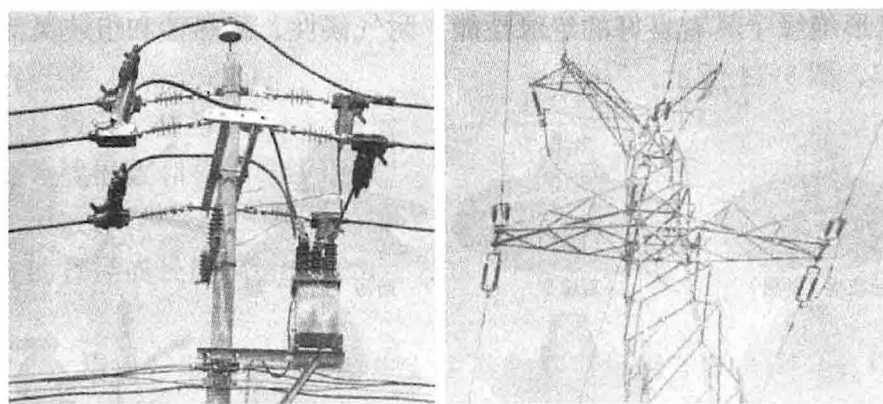


图 1-16 复合绝缘子安装实景图

第四节 电力线路对金具及绝缘子的要求

一、对运行中架空电力线路金具的要求的一般规定

- (1) 金具本体不应出现变形、锈蚀、裂纹，连接处应转动灵活，强度不应低于原值的 80%。
- (2) 防振锤、防振阻尼线、间隔棒等金具不应发生位移、变形、疲劳。
- (3) 屏蔽环、均压环不应出现松动、变形，均压环不得反装。
- (4) OPGW 型预绞线夹不应出现疲劳、断脱、弧滑移。
- (5) 接续金具不应出现下列任一情况：
 - 1) 外观鼓包、裂纹、烧伤、滑移或出口处断股，弯曲度不符合有关规程要求。
 - 2) 温度高于相邻导线温度 10°C ，跳线联板温度高于导线温度 10°C 。
 - 3) 过热变色或连接螺栓松动。
 - 4) 金具内部严重烧伤、断股或压接不实（有抽头、弧位移）。
 - 5) 并沟线夹、跳线引流板螺栓扭矩值未达到表 1-7 给出的相应规格螺栓力矩。

表 1-7 螺栓形金具钢质热镀锌螺栓拧紧力矩值

螺栓直径 (mm)	8	10	12	14	16	18	20
拧紧力矩 (N·m)	9~11	18~22	32	40	50	115~140	105

二、对制作金具材料的要求

电力线路金具一般由铝合金、铸钢和可锻铸铁制成。铝合金材料制成的金具具有节能、防电晕的效果，已被广泛采用。

制作金具的材料机械强度必须满足规定的要求。当金具的破坏荷载 $T_p \leq 120\text{kN}$ 时，采用牌号为 KT33-8 的可锻铸铁，它是一种机械性能高、经过退火处理的黑心铸铁件，韧性高、切削性能好、可锻性好，抗拉强度 $\delta_b \geq 323\text{MPa}$ ，伸长率为 8%，适于复杂形状的制作，如悬垂线夹、耐张线夹、楔形线夹等。

金具的标称破坏荷载大于等于 160kN 时，应采用 QT50-5 型的球墨铸铁。它的抗拉强度 $\delta_b \geq 490\text{MPa}$ (N/mm^2)，伸长率为 5%，具有强度高、韧性好的特点，适于制造碗头挂板、联板等。

连接金具中对机械强度要求最严格的是球头挂环、各种挂板、U型环和耐张线夹等。对于这些部件应采用 Q235、Q245 型优质碳素结构钢，且采取特定的工艺制造。

三、电力线路金具及绝缘子安全系数

为了保证线路的安全运行，金具的机械强度必须满足线路的破坏荷载作用的要求，并应留出足够的裕度，即具有安全系数 K_j 。安全系数 K_j 可按下式计算

$$K_j = \frac{T_P}{T_{\max}} \quad (1-1)$$

式中 T_P ——金具的破坏荷载有 39、69、98、118、157、196、245、295、585kN 等十个等级；

T_{\max} ——金具所承受的最大荷载力，kN。

GB 50545—2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》规定（强制性条文），悬式绝缘子机械强度安全系数不应小于下列数值：在最大使用荷载时为 2.7，在断线情况下为 1.8，在断联情况下为 1.5；对瓷质悬式盘形绝缘子，还应满足正常运行情况下常年荷载状态下安全系数不小于 4.5 的要求。各国绝缘子、金具的安全系数 K_j 见表 1-8。

表 1-8 各国绝缘子、金具的安全系数

国别	强度设计方式	安全系数（最大允许荷载）		备注
		绝缘子	金具	
美国	A	2.0~2.5		按加荷性质分别使用
	B	100% RUS		
加拿大	A	2.0		按加荷性质分别使用
	B	(60%~85%) RUS	(60%~85%) RUS	
法国	A	3.0		覆冰
	B	60% RUS	60% RUS	
德国	A	3.0~3.6	2.5~5.0	按绝缘子种类、金具材质不同，分别使用
瑞典	A	2.0~3.0	2.0	按绝缘子不同分别使用
前苏联	A	2.7	2.5	
日本	A	2.5	2.5	
	A	2.5	2.5	
	B	60% RUS	60% RUS	

注 1. 强度设计方式：A—对应于最大平均荷载，取最大的安全系数；B—对应于极限荷载，适当地取标称强度百分比。

2. RUS—极限强度。

GB 50061—2010《66kV 及以下架空电力线路设计规范》规定，绝缘子和金具的选择可采用机械强度安全系数法，绝缘子和金具的机械强度安全系数应符合表 1-9 的规定。

表 1-9 绝缘子和金具的机械强度安全系数

类型	安全系数		
	运行工况	断线工况	断联工况
悬式绝缘子	2.7	1.8	1.5
针式绝缘子	2.5	1.5	1.5