

不同结构环形混凝土电杆的特点分析

湖北中南管道有限公司，蒋强忠 430065

近年来，随着全国城乡电网建设的迅速发展，电力架线等级越来越高，线径越来越粗，对电力线路安全和等级提出了更高的要求，从而推动电杆向超高、大弯矩方向发展。

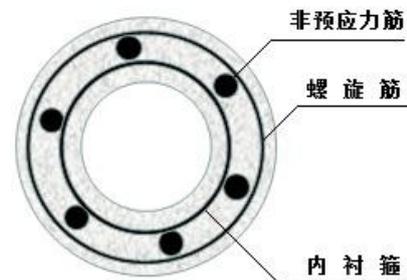
为了满足城乡电网建设的需要，电杆结构形式也从单一的非预应力电杆（即钢筋混凝土电杆）、和纯预应力电杆向复合型结构——部份预应力钢筋混凝土结构方向发展。现简单介绍一下这三种不同结构电杆的优劣。

一、非预应力电杆

非预应力电杆（国标中称钢筋混凝土电杆）是我国早期生产的一种架线杆，和方形电杆等在六七十年代，在我国西、北方使用较多。此类电杆的纵向钢筋只有圆钢或螺纹钢（如右图）。外荷载主要由纵向非预应力钢筋承受，属于普通钢筋混凝土构件类型，故在结构配筋时，耗钢量大，同时抗裂性能差，极易出现裂纹。

新国标 GB4623-2014《环形混凝土电杆》中对钢筋混凝土电杆力学性能检测抗裂性能“钢筋混凝土电杆加荷至开裂检验荷载时，裂纹宽度不得超过 0.20mm，卸荷后残余宽度不应大于 0.05mm”要求中可以看出，电杆在达到检验荷载时允许有环向裂缝，说明其出现裂缝难以避免，抗裂性能差。

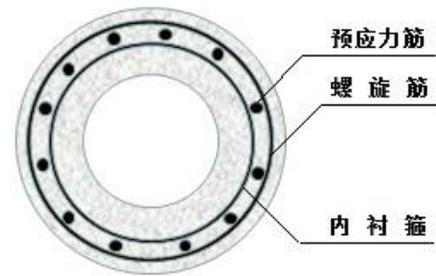
从实际使用中也可看到，采用钢筋混凝土电杆架设的供电线路，经过 3 年运行后，70%的电杆出现不同程度的环向和纵向裂纹；5 年运行后，90%的电杆均出现裂纹，其中许多电杆环向裂纹出现锈蚀斑点。当裂缝出现后，由于雨水和潮气浸入裂缝，到达钢筋后就产生锈蚀，造成电杆强度的降低。并且在冬季反复结冰膨胀，使砼保护层剥落，钢筋裸露在空气中，致使主筋锈蚀，这样，耐久性降低严重影响使用寿命。



钢筋混凝土电杆截面图

二、环形预应力混凝土电杆

环形预应力混凝土电杆纵向主筋为预应力钢筋。是一种预应力混凝土预制构件。早期预应力电杆均采用甲级冷拔丝（抗拉强度 $f_{py}=650\text{MPa}$ ）作为纵向预应力筋，现在主要采用预应力混凝土用高强钢丝（抗拉强度 $f_{py}=1570\text{MPa}$ ）作为预应力筋（见右图）。预应力混凝土电杆因通过张拉设备，预先将预应力筋张拉，待混凝土强度达到脱模强度后，切断钢筋的锚固头，使钢筋存在收缩趋势，形成电杆两端向中间的预压应力，从而提高电杆的刚度和抗裂性能。新国标 GB4623—2014《环形混凝土电杆》中预应力电杆检验要求当加荷到 100%开裂检验荷载时，不允许出现裂纹，表明此类电杆的抗裂性能较好。



预应力电杆截面图

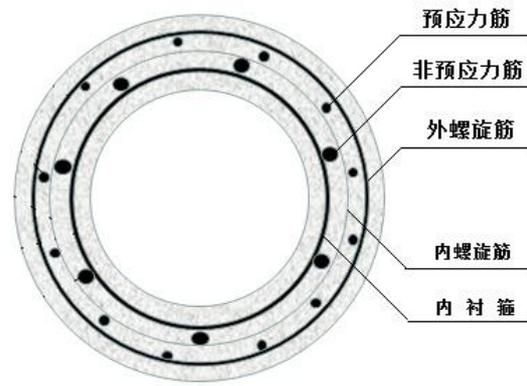
因受到电杆壁厚和混凝土强度等级的影响，预应力筋配筋数量有限，所以只能生产小弯矩电杆，承载能力偏低。新国标 GB4623-2014《环形混凝土电杆》产品规格表中，预应力最高只能达到 0 级（开裂检验荷载 8.0kN）。一般只用于 10kv 以下，线径较小的输电线路工程。生产中当预应力筋分布不均，或张拉断筋时，极易出现弯杆、纵向裂缝等质量问题。还有因预应力值过高，电杆产生的横向拉应力也大，易超过混凝土本身的抗拉力而出现裂缝。使用中，当遇到无法承受的外力影响（大风、碰撞）时，预应力钢筋绷断，使电杆易发生“脆断”。

三、部分预应力电杆的特性

部分预应力结构是后期发展、利用的新型构件形式，它兼具钢筋混凝土结构和预应力结构的优点，在城市建设中应用越来越广泛。如桥梁、楼板、高架快速道、输水管道等各类混凝土构件。部分预应力电杆纵向预应力筋增加电杆的抗裂性能，同时配置纵向普通钢筋（通常为 HRB400 级螺纹钢）增加其荷载能力。其截面是一种环形薄壁结构，受结构限制，中间配筋数量是有一定限度的。部分预应力结构较好的糅合预应力和非预应力

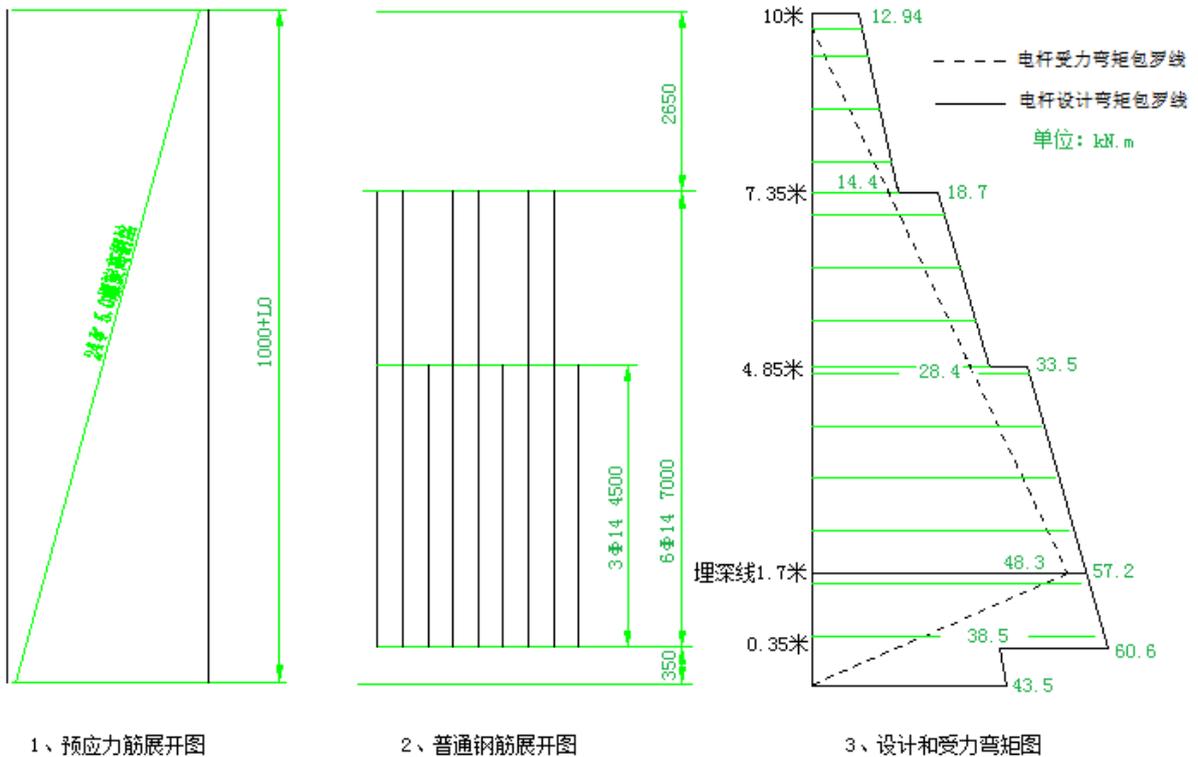
两种钢筋的特点，发挥出钢筋更大优势。

环形混凝土电杆的受力属纯受弯薄壁构件。其小头所需抗弯力矩小，由预应力钢筋担负，由上而下，电杆断面逐渐增大，断面能承受的抗弯力矩也随之增加，部分预应力电杆除了由通常的预应力钢筋担负外，其不足部份可由非预应力钢筋来担负，使电杆各断面处的含筋率大体保持一致，以弥补预应力电杆小头含筋率过高，预应力过大，而有可能导致小头混凝土被压碎的缺陷，同时也克服了过多的配筋在构造上造成的困难，并改善了预应力电杆大头由于预应力钢筋数量少，难以达到所要求的抗弯力矩和不能使应力传递均匀的现象。



部分预应力电杆截面图

以 $\Phi 190 \times 10 \times M \times BY$ 部分预应力电杆为例（见配筋和弯矩图），部分预应力电杆可根据电杆不同高度的受力弯矩情况，阶梯式增加钢筋数量，



1、预应力筋展开图

2、普通钢筋展开图

3、设计和受力弯矩图

$\Phi 190 \times 10 \times M \times BY$ 部分预应力电杆配筋和弯矩图

使电杆不同断面的弯矩设计值，始终大于电杆受力时承受的弯矩，保证了整体结构的合理性，减少材料的浪费。

部分预应力电杆的纵向主筋有预应力筋，也有非预应力筋，结构较钢筋混凝土电杆和预应力电杆工序复杂，故生产难度也比前两种电杆大。生产线建设中需要的设备更多，人工费和设备费用比较高。

以 $\Phi 190 \times 10 \times I$ 级电杆为例，预应力杆、非预应力杆和部分预应力的各项经济、技术参数对比如下：

对比项目		预应力结构		非预应力结构		部分预应力结构	
		配筋	重量	配筋	重量	配筋	重量
主受力筋	预应力钢筋	24 $\Phi 5.0$	37kg	——	——	20 $\Phi 5.0$	31kg
	非预应力钢筋	——	——	9 $\Phi 12$	67 kg	6 $\Phi 10$	17kg
衬箍、螺旋筋等辅筋		4.3kg		5.3kg		5.2kg	
混凝土	设计强度	C50		C40		C50	
	壁厚/砼体积	45mm/0.3 m ³		55mm/0.35 m ³		60mm/0.37 m ³	
制作难度		一般		简单		难	
承载能力		低		一般		高	
抗裂性能		最高		差		高	
脆断		易发生		不发生		不发生	
安全系数		低		一般		高	
大致成本		292 元/根		375 元/根		376 元/根	
说明	材料市场价格：C40 混凝土 280 元/m ³ ；C50 混凝土 300 元/m ³ ；普通钢筋 3000 元/吨；预应力钢筋 3500 元/吨。 人工成本：预应力杆 7 元/米；非预应力杆 7 元/米；部分预应力杆 9 元/米。						

从上表中可以看出，部分预应力电杆的材料成本比预应力杆高，与非预应力杆大致相当，但其性能相对预应力杆、非预应力杆有明显优势。

四、结论

部分预应力电杆结构更合理，并且产品抗裂性能好、承载能力高、使用寿命长、不易发生脆断、使用安全等优点，更能满足输电线路、通信线路架设要求，确保线路安全运行。