

# 18 000 t 半潜船交流中压电缆、 单芯电缆的敷设技术要求

蔡睿眸

(华中科技大学交通学院)

**摘 要:**本文介绍和探讨船舶交流电力系统的中压电缆和单芯电缆敷设的特殊技术要求、注意事项以及一些施工事例。

**关键词:**交流中压电力系统 交流中压电缆 交流单芯电缆

## 1 引言

广船国际为广远建造的 18 000 t 半潜船是高技术含量的船舶,该船采用交流 6 600 V 中压电力系统,系统使用了中压电缆和单芯电缆。因广船国际第一次在船舶上运用中压电缆和单芯电缆,故在设计之初对这些电缆的敷设要求比较陌生。随着该船的设计深入,逐渐对交流中压电缆和单芯电缆的敷设要求有了一定的认识和体会,现作总结,供同行参考和探讨。

## 2 船舶交流系统中压电缆的特殊敷设要求

在近来几年的船舶经营洽谈中,广船国际不时地遇到一些要采用交流中压电力系统的船舶,例如丹麦 A.P. Moller 的 35 000 t 成品油轮的侧推系统,原本有打算采用交流中压电力系统的想法;目前在建的采用大功率电力推进的 18 000 t 半潜船等等。所谓交流中压电力系统,一般是指额定电压(相间电压)大于 1 kV 但小于 11 kV 的交流电力系统。在交流系统中,有时由于功率上的需要,可以采用中压的交流电力系统。就一般而言,当系统故障容量在正常工况下超过 50 000 kVA 时,以及发电机组的单机容量超过 2 500 kW 时均适于采用交流中压电力系统。

但由于中压电力系统的电压高,中压电缆的敷设好坏将会对设备、系统的正常工作以及人身的安全有直接的影响,因此敷设时要特别注意。

### 2.1 敷设要求

- 中压电缆应与低压电缆尽可能远离敷设,特别是这两种电缆不得敷设在同一电缆束或者同一管子内、或者同一电缆槽、或者同一管道、或者同一箱内、或者同一盒子内,并且中压电缆应敷设在不易受到机械损伤的地方。

- 除了根据实际使用情况而获得船级社特殊认可后,中压电缆方可敷设在起居处所内。

- 中压电缆应具有红色外层护套或作红色标志。

- 中压电缆应适当地标以“高压”警告牌。

- 管子或者管道或者电缆槽的内壁应光滑,且其端部应形成或加衬套,以防止将中压电缆损伤。

- 对于那些具有铠装或者金属护套并作有效接地的中压电缆,可采用敞开敷设方式,例如在托架上敷设。

- 对于那些既无铠装又无金属护套的中压电缆,则应敷设在金属管或者金属管道、或者金属槽内,并且应确保这些金属管或者金属管道、或者金属槽具有接地的电气连续性。其他电缆不应和中压电缆敷设在同

一金属管或者金属管或者金属槽内。

- 中压电缆槽或者管道、或者管子应设有提请注意高电压和有关危险的“警告牌”。

- 根据中压电缆厂家或规范的要求,注意中压电缆的最小弯曲半径。18 000 t 半潜船采用了电缆厂家 ALCATEL 的中压电缆,这些中压电缆的最小弯曲半径为 9 倍的电缆外径。

- 在敷设中压电缆时,应格外小心,以免损伤中压电缆。建议在敷设路径上,在适当的地方安装水平或者垂直的滑轮,以减少敷设拉放电缆时在中压电缆上的拉力和避免损伤。

## 2.2 试验

当带端接和拼接的中压电缆敷设完毕后,根据 IEC502 号出版物的第 18 条的规定,对每一完工电缆和其附件进行施加电压 15 分钟的电压试验,所加直流电压为电缆的相对地额定电压  $U_0$  的 4 倍,要不然可根据电缆厂家的建议用交流电压试验予以认可。当试验完毕后,为安全起见,导体应连接至地一段足够的时间,以便消除所有捕集的电

## 3 船舶交流系统单芯电缆的特殊敷设要求

通常,为了避免由感应而引起的过热,交流电力系统应尽量采用多芯电缆,使各相导线都包涵在同一护套内。但在某些情况下,如可能不得不使用单芯电缆时,例如 18 000 t 半潜船由于中压配电板内空间不够等原因,许多中压电缆不得不采用单芯电缆,则单芯电缆的敷设应符合规范规则和制造厂的有关要求。

### 3.1 敷设要求

- 如果在管子或者管道、或者电缆槽内敷设,那么属于同一电路的所有电缆应敷设在同一管子或者管道、或者电缆槽内,除非该金属管子或者管道、或者电缆槽是用非磁

性材料制成的,则可例外。

- 紧固电缆的紧固件应将同一电路所有相的电缆一同夹持,如果紧固件是用非磁性材料制成的,则不在此限。

- 在敷设构成单相电路、三相电路或者三相带中性线电路的 2 根、3 根或者 4 根单芯电缆时,各根电缆应尽可能相互紧贴敷设。如果为冷却目的而必须隔开时,2 根相邻电缆外部护层之间的距离都不应大于单根电缆的直径。

- 当额定电流大于 250 A 的单芯电缆必须靠近钢质舱壁敷设时,该电缆与舱壁之间的距离不应小于 50 mm;但属于同一交流电路的不同相的单芯电缆是按品字形敷设时,则可例外。

- 同一组单芯电缆之间不得放置磁性材料。在电缆穿过钢板时,应将同一线路的所有电缆一起穿过钢板或者填料函,应注意确保其结构使这些电缆和磁性材料之间的距离不少于 75 mm,但属于同一交流电路的不同相的单芯电缆按品字形敷设在一起时可例外。

- 为平衡长度大于 30 m、截面大于 150 mm<sup>2</sup> 的单芯电缆内电路的阻抗,应每隔 15 m 以内,将各相换位一次,但 3 根不同相的单芯电缆呈品字形敷设者可例外。

- 如果线路中的每一相包含 2 根或者 2 根以上的平行敷设的单芯电缆时,那么所有电缆应具有相同的长度和相同的截面积。

- 在线路中每相包括几根单芯电缆并联时,为了防止电流负载的分配不均匀,属于相同相的电缆应尽可能同其他相的电缆交错排列布置。

- 电缆应敷设成使其护套或铠装中的感应电压和任何循环电流限制在安全数值之内。

- 单芯电缆应稳固地固定,所使用的支承件强度应足以承受相应于预期短路电流峰值的应力。

• 单芯电缆的金属外护层或者金属护套,只能在一端接地。

### 3.2 交流系统单芯电缆的几种敷设方式

现以 18 000 t 半潜船为例,根据规则规范和制造厂(Siemens)的要求,给出单芯电缆的几种敷设方式。

在工作中,单芯电缆的机械膨胀要比三芯电缆的大,正因为这个原因,单芯电缆在电缆托架上应敷设成稍微起伏的形状。同时单芯电缆必须以一定的方式布置,这取决于它们是敷设在一个平面上或者按品字形敷设。根据特殊的敷设,它们必须用非磁性的夹子来固定或者用非磁性的电缆带来捆扎以便抵抗由于短路而引起的机械应力。电缆夹子、电缆带、电缆托架或者电缆贯通必须不能围绕任何单芯电缆形成磁环路,否则磁滞损失将会对电缆或者磁环路产生额外的热量。环绕着包涵单芯电缆的完整三相系统的磁环路不会对电缆或者磁环路产生任何额外的热量。例如磁环路会是一个钢板。铜带或者不锈钢带是适合的电缆扎带,塑料带不是适合的电缆扎带。

(1) 三根单芯电缆敷设在一个平面上的情形

如果三根电缆敷设在一个平面上,它们之间的间距等于一个电缆外径。避免组合 1 kV 以上的单芯电缆并敷设在一个平面上,因为这会增加电缆铅耗(即包皮损耗)和必要的托架数目。然而,如果要敷设几个并行的单芯电缆系统,则用图 1 的方式布置。

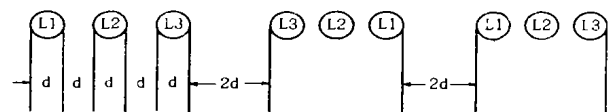


图 1 几个并行单芯电缆系统的平面敷设方式

一个系统的三根电缆之间的间距应等于电缆外径  $d$ , 这些系统之间的间距应大约为  $2 \times d$ 。单芯电缆的相序必须按图 1 所示的方式来布置。

如果系统是一个敷设在另一个的上方,则它们之间的间距应大约为  $6 \times d$ ,如图 2 所示。

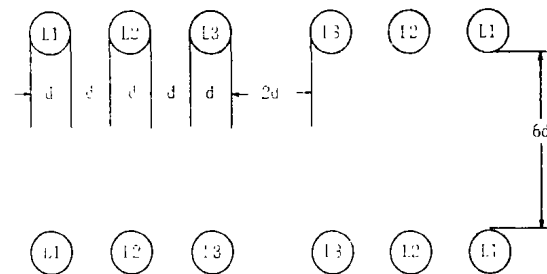


图 2 几个并行单芯电缆系统的上下平面敷设方式

(2) 三根单芯电缆敷设在一个平面上的固定

用非磁性夹子将单芯电缆水平布置和固定在电缆托架上,最大许可固定距离  $L=0.6\text{m}$ ,如图 3 所示。

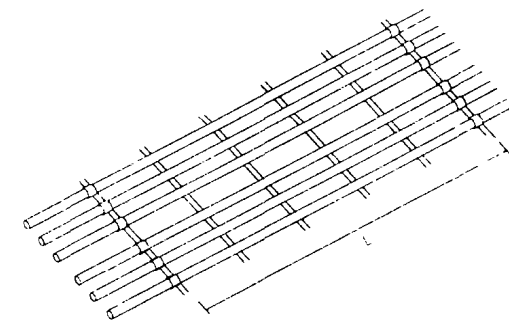


图 3 三根单芯电缆敷设在平面上的固定

(3) 三根单芯电缆的品字形布置

电缆呈品字形布置敷设可优化有关电流分配和电缆铅耗(即包皮损耗)的状况,因此单芯电缆更适宜按品字形布置来敷设。

在一个平面上各个系统之间的间距大约为  $2 \times d$ ,单芯电缆的相序应按图 4 所示来布置。

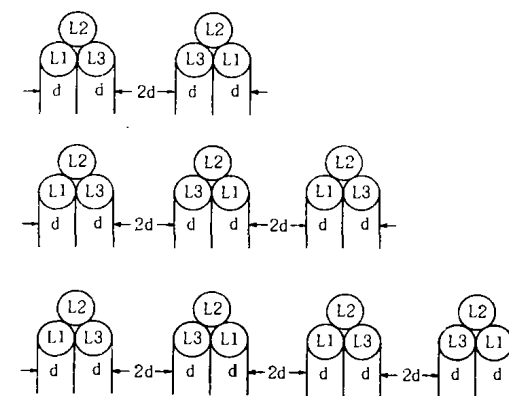


图 4 单芯电缆按品字形布置成平面的形式

如果系统是一个布置在另一个上方,则两个系统之间的间距大约为  $4 \times d$ ,如图 5 所示。

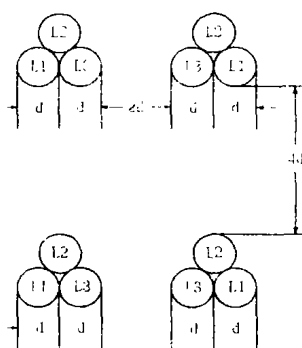


图 5 单芯电缆按品字形布置成上下平面的形式

(4) 三根单芯电缆按品字形布置的固定和捆扎

固定到电缆托架上的固定距离  $L_1$  应考虑到电缆的膨胀。在一个平面上的单芯电缆的品字形布置必须用非磁性夹子(N)固定到电缆托架上,非磁性电缆带(M)的最大许可固定距离  $L_2$  为 0.6 m,如图 6 所示。

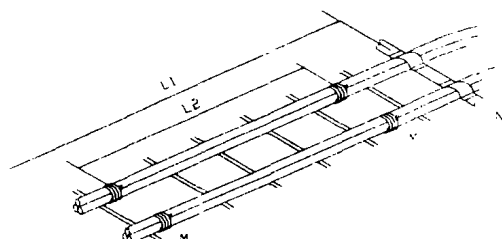


图 6 三根单芯电缆按品字形布置的固定和捆扎方式

按品字形布置的电缆必须用非磁性电缆带来捆扎,以抵抗由于短路而引起的机构应力。非磁性电缆带的最大许可固定距离  $L=0.6$  m,如图 7 所示。

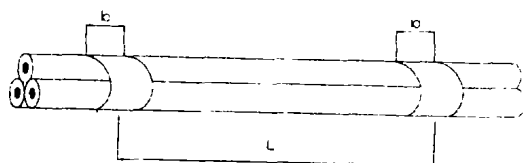


图 7 单芯电缆按品字形布置的捆扎距离

非磁性的电缆带,例如铜带或不锈钢带不适合于直接将单芯电缆安装在电缆托架上,以防万一短路的情况下,这些电缆带会

切入到电缆外层护套内。然而,这些电缆带适合于用着捆扎件。

以上的电缆布置之间的间距或者品字形布置的形式是一般的捆扎和固定的规范。电缆夹子必须能抵抗短路应力和在电缆轴线上要有切成圆弧的边缘。

(5) 线路中每相使用几根单芯电缆并联时的敷设

如果线路中每相有几根单芯电缆并联时,属于相同的电缆应尽实际可能与其他相的电缆交错排列布置,如表 1 所示。

表 1 线路中每相有几根单芯电缆并联时的敷设方式

每相关联根数	一层排列次序	二层排列次序	三层排列次序
2	L1L2L3L1L2L1	L1L2L3 L3L2L1	
3		L1L2L3L1 L2L3L1L2L3	L1L2L3 L2L3L1 L3L1L2
4		L1L2L3L1L2L3 L3L2L1L3L2L1	L3L1L2L3 L2L3L1L2 L1L2L3L1
5		L1L2L3L1L2L3L1 L2L3L1L2L3L1L2L3	L1L2L3L1L2 L2L3L1L2L3 L3L1L2L3L1
6		L1L2L3L1L2L3L1L2L3 L3L2L1L3L2L1L3L2L1	L1L2L3L1L2L3 L2L3L1L2L3L1 L3L1L2L3L1L2

(6) 单芯电缆的屏蔽接地

单芯电缆的屏蔽只能一端接地,这些单芯电缆的另一端屏蔽要绝缘隔离。18 000 t 半潜船的主配电板和变频器箱适合于单芯电缆的屏蔽接地。变频器变压器和 SSP 滑环单元不适宜单芯电缆的屏蔽接地。

## 4 结束语

以上讨论和叙述了船舶交流中压电缆和单芯电缆的一些特殊的敷设要求,是笔者的一些肤浅认识,希望能起到抛砖引玉的作用,供大家共同商讨。由于笔者水平所限和首次接触船舶交流中压电缆和单芯电缆,不当之处敬请各位指正。许多具体的细节以及结果还有待实船建造的检验。

(收稿日期:2002-05-22)

蔡睿晖:18 000 t 半潜船交流中压电缆、单芯电缆的敷设技术要求