

工程船舶特种机械电力拖动

工程船舶特种机械电力拖动

国防工业出版社

工程船舶特种机械电力拖动

吴斐文 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以挖泥船和起重船为主,介绍了工程船舶特种机械的性能特点及各种电力拖动系统,分析了各种系统的实用线路,提出了电力拖动系统的设计、计算和调整方法。此外,对于工程船舶可能采用的高压供电和某些特种电气设备,研究了其应用范围和提出了一些基本要求,供有关部门研究参考。

本书可供具有中等以上文化水平的造船工人、船员以及船舶电气专业的学员阅读;对工程船舶的设计、制造和用船部门的技术、管理人员也有参考作用。

工程船舶特种机械电力拖动

吴斐文 编著

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张7³/₄ 178千字

1979年6月第一版 1979年6月第一次印刷 印数: 0,001—5,800册

统一书号: 15034·1802 定价: 0.66元

前 言

我们伟大的社会主义祖国，地大物博，江河纵横，湖泊水库星罗棋布，漫长的海岸线蜿蜒连绵。在这些江河海岸上分布着无数的港口，众多的水利工程，以及广阔的海底大陆架。所有这一切，都需要大量的工程船舶为之服务。工程船舶有着广阔的发展远景。

建国以来，在毛主席革命路线指引下，我国已经从无到有初步建立起了一支工程船舶船队，对工程船舶的设计、制造和使用有了一定的经验。随着我国农田水利、航运事业、对外贸易、海洋开发和国际交往的发展，工程船舶的建造有着非常重要和深远的意义。为了加速港口的建设和改造，敬爱的周总理在一九七三年发出了“三年改变港口面貌”的号召。因此，本书特以港口建设中的主要船型——挖泥船和起重船为主，对工程船舶特种机械电力拖动的各种问题进行探讨，以有助于从事电力拖动工作人员的实际应用，并期望获得各方面的注意和关心，为我国船舶机械电力拖动的发展作出贡献。

工程船舶与一般船舶最大的区别在于它们各有某些特种机械。特种机械电力拖动由于其一系列特殊性，所以在船舶电气设计时，不能按一般设计原则和步骤来考虑问题。常规机械（指各类船舶通用的舵、锚、系缆、起货、普通卷扬机等，目前基本都已定型）电力拖动一般在一个交流电站下均能作出方案。而特种机械电力拖动就很难这样做。往往是先对电力拖动方案进行分析和选择，然后才决定电站的电制和功率，甚至牵连到对动力装置合理配置的探讨。所以，在工程船舶上，特种机械电力拖动是一个涉及到特种机械、轮机和电气三个专业的一个主要矛盾，这个问题解决得好，其他问题就能迎刃而解。

本书是遵照毛主席关于“要认真总结经验”的教导，把工程船舶特种机械电力拖动这方面的各种问题在国内工程船舶的设计、制造和使用实践中的体会予以总结。由于水平有限，本书难免有不少缺点和错误，希读者提出批评指正。

目 录

第一章 工程船舶特种机械简介	1
第一节 工程船舶的分类	1
第二节 主要工程船舶及其特种机械	2
第三节 特种机械的基本性能特点	3
第四节 挖土机特性的特点	9
第二章 电力拖动系统基本原理	11
第一节 电力拖动系统分类	11
第二节 交流电力拖动系统	13
第三节 直流电力拖动系统	23
第三章 特种机械电力拖动系统及其控制线路分析	35
第一节 耙吸式挖泥船螺旋桨推进与泥泵拖动	35
第二节 绞刀和斗链的拖动	39
第三节 抓斗和铲斗的拖动	45
第四节 横移绞车的拖动	48
第五节 耙头架、绞刀架、斗桥架和定位桩的升降拖动	55
第六节 旋转式起重机的拖动	59
第七节 布缆机的拖动	74
第八节 低速推进、辅助推进和侧向推进	75
第九节 小结	77
第四章 高压供电问题	79
第一节 应用范围	79
第二节 高压供电的单机拖动	82
第五章 对特种电气设备的要求	85
第六章 电力拖动系统的设计、计算和调整	88
第一节 系统的设计	88
第二节 设备的选择	89
第三节 参数的计算	101
第四节 特性的调整	106
第五节 实例	110
后语	126

第一章 工程船舶特种机械简介

工程船舶在广义上是除了运输船舶和渔船以外的,各有其特殊用途的,不同种类船舶的总称。在实用上常把拖轮、领港船等港口服务船划出在外。工程船舶的第一个特点是种类繁多,要求各不相同。第二个特点是制造困难,因为特种机械的机械加工量大。因此,工程船舶的发展在一定程度上体现出整个造船和用船部门以至国民经济的水平面貌。本章的任务是对工程船舶特种机械及其基本性能特点作一简介,作为从事船舶电气的专业人员了解工程船舶的概貌之用,为进一步研究其电力拖动问题打下基础。

第一节 工程船舶的分类

工程船舶由于种类繁多,所以其分类较为困难。本节提出两种分类法,以供初步了解。

1. 以工程类别分类

1) 港口工程——任务是建设、维护港口码头,保证船只进出、停泊及装卸货物,需使用挖泥船、打桩船、起重船等;

2) 航道工程——任务是疏浚、开挖港湾与河流中的航道,保证船只通航,需使用挖泥船、航道测量船、航标船、炸礁船、碎石船等;

3) 海洋工程——任务是完成海洋调查、海洋开发、国际交往中有的业务项目,需使用海洋调查船、水文气象船、水声船、地质勘探船、石油钻探船、敷管船、埋管船、布缆船等;

4) 航保工程——任务是保证船只航行安全,不使船只发生事故或事故发生后的救助工作,需使用救生船、打捞船、修理船、浮船坞、破冰船等;

5) 水利工程——任务是改造山河,建设各种水库、水电站,开挖新河道,农用积肥等,需使用挖泥船、排砂船、抛石船、混凝土搅拌船、发电船等;

6) 宇航工程——任务是跟踪、测量导弹、卫星的轨迹和空间活动的数据,对导弹及其它飞行器进行遥控、指令,以及在海上回收导弹头锥、救助降落的宇航员、打捞飞船的指令舱和卫星的仪器舱,需使用导弹、卫星主测量船、辅助测量船、打捞回收船等。

2. 以工程船舶用途分类

1) 疏浚用工程船舶——主要有各种挖泥船,另外包括吹泥船、抛锚艇、泥驳、航道测量船、炸礁船、碎石船等辅助船只;

2) 水工建筑用工程船舶——主要有起重船、打桩船、抛石船、工程地质钻探船、混凝土搅拌船、发电船等、另外还有方驳等辅助船只;

3) 海洋开发用工程船舶——主要有地质勘探船、石油钻探船、海洋调查船、水文气象船、水声船、埋管船等,另外还有辅助工作船(钻探用)、供应船等辅助船只;

4) 防险救助用工程船舶——主要有救生船、打捞船、修理船、浮船坞、破冰船、潜水作业船等;

5) 敷设用工程船舶——主要有航标船、布缆船、敷管船等。

第二节 主要工程船舶及其特种机械

由上节所述可知,各种工程船舶中,挖泥船在五类工程类别中的三类都有作用,但其本身就是一类疏浚船的总称,它有各种技术形态的船只,性能要求不一,可以说挖泥船比较典型地反映了工程船舶的总面貌。其次是起重船,其特点是具有起重机,而其他多种工程船舶,如航标船、救生船、打捞船、海洋调查船、敷管船、埋管船等都有专用的起重机,另一些工程船舶,如打桩船、石油钻探船等也都有兼作起重用途的机械,所以从起重机角度来看,起重船也具有工程船舶的典型意义。本节即以挖泥船和起重船两大类船舶为例,介绍其工作概况和主要特种机械,某些多数是采用液压控制的特种机械及一般性的移船用的锚绞车就不作介绍。

至于石油钻探船的钻机,虽然它也是一种大功率的特种机械,由于它属于机械工业部门的一种产品,由专门的研究所和工厂归口,不由造船系统设计制造,所以不列入工程船舶特种机械范围内,本书不予讨论。但是应当指出,该机械由于功率极大,一般在500~800千瓦,工况变化多,恒功率调节范围大,作为船舶设备来说,牵涉到动力装置、拖动形式和控制方案的综合分析,是很有研究价值的。我国自行设计制造的第一艘石油钻井平台采用过高压电动机单机拖动方案,因绞车采用液力变矩器调速,所以对电力拖动性能要求较低;在第二艘石油钻井平台设计中改用三绕组发电机-电动机系统直流调速拖动方案。然而,我们认为钻机拖动方案还有进一步提高的余地,主要是电机性能还未充分发挥(特别在弱磁调速范围方面),绞车机械结构还较庞大,制动方式也可改进。这些都与控制方案有关,提出来仅供有关部门参考。

除上述已提及的工程船舶之外,其他工程船舶基本没有或极少才有一些较特殊的特种机械。最多各有一些专用的绞车,性能要求不会太高,所以本书不一一讨论。

1. 耙吸式挖泥船

为自航吸扬式挖泥船,吸泥口处设有耙头。随着船舶的低速前进而耙起水底泥土,由泥泵吸入并排在挖泥船的泥舱内,待装满后即高速驶往抛泥区卸泥。主要特种机械是泥泵,由于船舶有高速和低速两种航行工况,所以常把螺旋桨的推进问题联系在一起考虑,另有耙头架升降绞车等。

2. 绞吸式挖泥船

一般为非自航吸扬式挖泥船,吸泥口处设有绞刀。随着船舶的横移和前移,转动的绞刀切碎泥土,由泥泵吸入经船尾拖挂着的浮动排泥管将泥土输送至堆泥处。主要特种机械是绞刀、绞刀架升降绞车、横移绞车、定位桩升降绞车等。

3. 链斗式挖泥船

一般为非自航多斗式挖泥船,个别有采用辅助电力推进装置。随着船舶的横移和前移,通过斗链拖动的一连串泥斗挖取河底泥土,泥土由溜泥槽中滑入泥驳内或经皮带输送机送至堆泥处。当不挖泥时,主机功率可转换给推进电动机使船舶航行的,则为采用辅助电

力推进装置。主要特种机械是斗链、斗桥架升降绞车、横移绞车等。

4. 抓斗式挖泥船

一般为非自航单斗式挖泥船，也有自载自航式。通过船上一台或数台可旋转的抓斗机，在不同角度抓取河底泥土，吊起后将泥卸于泥驳内或挖泥船自己的泥舱内，船舶移位则用一般锚绞车。主要特种机械是抓斗机等。

5. 铲斗式挖泥船

为非自航单斗式挖泥船。挖泥时将两根前桩和一根后桩插到海底，并将船舶抬到一定高度，使船舶的一部分重量支撑在前面两根桩上，这样使铲斗机挖泥时产生的强大反力不会使船舶移动。船舶移位则靠铲斗放在水底固定不动，用拉动铲斗的背度钢缆和以后桩控制船向的办法来进行。铲斗挖泥是先放下斗柄使与海底垂直，推压机构使斗柄不断向海底下压，同时起升机构提升，则铲斗向前方推移而起挖掘作用，装满后斗柄回收至空处，以便起升机构将铲斗提升至水面上，挖掘平台回转，将铲斗中的泥土卸于泥驳内，然后回转依次在不同角度放下铲斗重新挖泥。主要特种机械是铲斗机、定位桩、升降绞车等。

6. 吹泥船

为非自航浮动泵站，是挖泥船的主要辅助船只之一。吹泥时将船旁泥驳中的泥土用高压水冲成稀泥浆后，由泥泵吸入经排泥管吹排出去，一般可用于吹填洼地、造田或农田积肥。主要特种机械是泥泵等。

7. 起重船及特种起重机

一般为非自航浮动吊车，常称浮吊，也有采用辅助电力推进装置的。起重船以吊放重物为其主要工作状态，用于装卸货物或工程施工。船舶移位则用一般锚绞车。当不起重时，主机功率可转换给推进电动机使船舶航行的，则为采用辅助电力推进装置。主要特种机械是起重机等。

在其他工程船舶上设有的特种起重机，从起重机性能、结构及控制要求来看，与起重船上的起重机基本相同，因此可以同样考虑。

第三节 特种机械的基本性能特点

从上述各种工程船舶的简介中，我们已简略地了解了这些船上有哪些特种机械以及它们在船上的作用。为了确定这些特种机械的电力拖动方式，首先要分析它们有些什么基本性能特点和对电力拖动有哪些要求。本章就是从总的方面进行归纳分析，使我们对特种机械的基本性能特点有一初步的概念，而每个机械的具体要求则在第三章的分析中分别说明。

工程船舶特种机械的基本性能特点有以下几点：

1) 具有大功率拖动机械，是决定船舶电站及动力装置配置的主要用电设备。

表 1-1 列出了部分已建造使用的我国自行设计的工程船舶的最大功率的机械名称及其功率占发电机装置总功率和动力装置总功率的比值分析表。可见，无论是单机拖动还是调速系统，均有可能达到电动机的功率与发电机的功率可比拟的程度，甚至电动机功率与发电机功率是匹配的。这种情况在常规船舶中是少见的。因此船舶电站的配置或动力装置的选型实际上是围绕着该机械的拖动型式的选择来决定的。如果按照常规船舶的设计方法，仅从一张电力负荷表的计算来决定船舶电站及动力装置的配置，在工程船舶的设计中显然

是很难做到的。在表 1-1 中序号 1、2、3、6、7、10、13、14、15、17、19 都属于这种类型。

表1-1 工程船舶大功率特种机械功率比值表

序号	船型	最大功率 机械名称	功率×数量 (千瓦×台)	拖动 方式	发电机总功率 (千瓦×台)	机械 功率 所占 比值 (%)	动力装置总功率 (马力×台)	机械 功率 所占 比值 (%)	备 注
1	4500方耙吸	泥 泵	直流780×2	调速	直流840×2 交流250×2	71.5	主机及发电2660×2 发电 405×2	34.5	另有 250 ×1备用
2	800方耙吸	泥 泵	直流370×2	调速	直流410×2 交流120×2	70	主机及发电1320×2 发电 204×2	33	另有120 ×1备用
3	350方绞吸	绞 刀	直流160×1	调速	直流170×2	47	发电 300×2 主机 1080×1	13	
4	200方绞吸	绞 刀	交流75×1	单机	交流90×2	41.5	发电 171×2 主机 750×1	9.3	
5	40方绞吸	绞 刀	交流22×1	单机	交流50×1	44	发电 77×1 主机 120×1	15	
6	500方链斗	斗 链	直流160×2	调速	直流170×2 直流135×2	52.5	发电405×2	53.5	
7	120方链斗	斗 链	直流40×2	调速	直流48×4	41.5	发电171×2	32	
8	350方抓斗	抓 斗	直流100×2	调速	直流200×2	50	主机及发电400×2	34	
9	2方抓斗	抓 斗	交流75×2	单机	交流250×1	60	发电405×1	50.5	回转不同 时工作
10	2方抓斗	抓 斗	直流160×1	调速	直流170×1 直流48×1	73.5	发电405×1	53.5	使用反映 48×1太小
11	4方铲斗	铲 斗	直流350×1 直流72×2	调速 调速	交流250×2	98.5	发电405×2	83	
12	500吨起重船	主 钩	直流100×2	调速	交流192×2	52	发电305×2	44.5	
13	180吨起重船	主 钩	直流55×2	调速	直流65×2 直流48×1	62	发电102×2 发电68×1	55	
14	50吨起重船	主旋 钩 转	直流55×1 直流22×2	调速 调速	直流65×2 直流48×1	55.5	发电102×2 发电68×1	49.5	
15	航 标 船	起 重 机 低速推进	直流75×1 直流55×2	调速 调速	直流65×2 直流65×2	71	发电102×4 主机1080×2	9.8	
16	打 捞 船	低压空压机 中压空压机 高压水泵	交流155×1 交流70×3 交流75×1	单机 单机 单机	交流200×3 直流200×1	55	发电200千瓦×4 主机2000×1	19.5	
17	浮 船 坞	水 泵	交流40×6	单机	交流250×1	96	发电405×1	80	
18	布 缆 船	布 缆 机 侧向推进	交流55×1 直流100×1	调速 调速	交流90×2 直流115×1	52.5	发电171×3 主机1100×1	13	另有90× 1备用
19	钻井平台	钻 机 泥 浆 泵	交流500×2 交流500×2	单机 单机	交流1000×2	100	发电1800×2	75.5	

注：1.所列机械功率为电机额定值，未计负荷系数。

2.所列机械数量均系同时工作。

3.电动机和发电机的效率损耗未计，所以比值(%)偏小。

4.动力装置功率均为目前船用配套功率，略偏大，所以其比值(%)也偏小。

5.停泊发电机均未计算在内。

但是,随着可控硅技术的发展,我们也应看到这样的萌芽事物,在表 1-1 中序号 11、12 的机械功率已有足够大的程度、并且都采用调速系统,但由于应用了可控硅技术,它们都只具有一个普通的交流电站。动力装置的配置显然是比较简单的,并且不受什么选择的约束,基本上回到了常规船舶的设计方法。当然,在这种情况下,由于交流电网电压波形的严重畸变,使直流电机换向恶化,温升增高,振动、噪音、无线电干扰增大,以及柴油机工作的不正常等问题带来的影响是很多的,必须采取措施解决。在这方面,目前迫切需要加强研究工作,进行运行考察,积累使用经验,才能得以普遍使用。然而,电动机功率与发电机功率匹配的例子还没有。我们认为,在像表 1-1 中序号 11、12 的使用经验还不丰富的阶段,暂时还不宜作功率可匹配的事例的推广。

从表 1-1 中可得出几个印象,其一是大功率机械功率占发电机总功率的比值起码在 40% 以上,很多均在 60% 以上,其对船舶电站的影响之大是不言而喻的;其二是每种类型船舶,不管其大小,都有一个差不多的比值指标;其三是非自航船比自航船的动力装置比值指标要高得多。

2) 有调速和堵转的要求,但对调速系统的精度与快速性要求不高。

表 1-2 列出了工程船舶主要特种机械调速要求。必须说明,表 1-2 的要求不是绝对的,并且一般的是从偏高的要求提出的,特别在大中小不同功率和不同使用场合中是会有出入的。工程机械一般来说是较“粗糙”的,大部分是属于变负荷的设备,也较少频繁的调速

表 1-2 工程船舶主要特种机械调速及堵转要求汇总表

船 型	机械名称	调 速	堵 转	备 注
耙吸式挖泥船	推 进 泥 泵 艏 架 架 升 降	1:5 * 1:5~8	1.5~2 1.5~2	* 调速系大功率电机起动要求
绞吸式挖泥船	绞 刀 横 移 绞 刀 架 升 降	1:5~8 1:5 1:2~3	1.3~1.5 1.3~1.5	大 中 功 率 用
链斗式挖泥船	斗 链 横 移 斗 桥 架 升 降 艏、艮 锚	1:5~8 1:5 1:2~3 1:2~3	1.3~1.5 1.3~1.5	大 中 功 率 用 大 功 率 用
抓斗式挖泥船	起 升 闭 斗 旋 转	1:5~8 1:5~8 1:2~3	2 2	堵 转 为 大 功 率 用 大 功 率 用
铲斗式挖泥船	起 升 推 压 旋 转	1:5~8 1:2~3 1:2~3	2 2	堵 转 为 大 功 率 用 大 功 率 用
起 重 船	起 升 变 幅 旋 转	1:8~10 1:3~5 1:2~3		大 功 率 用
航 标 船	起 重 机	1:8~10		
打 捞 船	起 重 机	1:8~10		
布 缆 船	布 缆 机	1:8~10	1.3~1.5	
钻 井 船	钻 机	1:8~10	1.3~1.5	
有关船舶	辅助推进 侧向推进 低速推进	1:2~3 1:2~3 1:2~3		

需要, 这些就决定了对于电力拖动的各项指标要求是不高的。诸如调速范围、特性硬度、静差度以及动态性能方面的一些指标都无甚特殊要求。这是与冶金、机床、造纸等企业的电力拖动有显著不同的一点。

3) 有大电流主电路的工况转换。

前面已经列举了各种工程船舶的大功率特种机械, 它们中的一些随着工程作业工况的变化, 有着几种工作状态可能性。因此必须进行主电路的工况转换, 而这种主电路的特点是大电流的。为此, 我们不仅要选用各种大电流的用作转换目的的电器元件, 更重要的是如何设法使这种元件减少数量和尽可能的简单。这个任务实质上应在船舶电站和动力装置配置的同时结合考虑, 因为这个问题牵涉到如何合理确定发电机的单机功率和数量, 以使在各种不同的工况下充分利用功率和方便地进行转换。

表 1-3 列出了工程船舶主要工况功率转换的几种情况。

表1-3 工程船舶主要工况功率转换表^①

船 型	工 况	机 械 名 称
耙吸式挖泥船	耙 吸 自 航	泥泵、低速推进 推进
绞吸式挖泥船	横 移 前 移	横 移 定 位 桩
链斗式(抓斗式)挖泥船	挖 泥 自 航 ^②	斗链(抓斗) 推 进
起 重 船	起 重 { 起升、变幅 自 航 ^③ { 起升、旋转 变幅、旋转	起升、变幅 起升、旋转 变幅、旋转 推 进
航 标 船	敷设航标 自 航 ^③	起重機、低速推进 推 进
钻井平台	升 船 { 钻 井 钻 井 { 钻 井 起下钻	液压系统 转 盘 车
打 捞 船	打 捞 自 航 ^③	空压机、水泵、起重機 推 进
布 缆 船	布 缆 自 航 ^③	布缆、低速推进、侧向推进 推 进

① 本表不包括机械本身的工况变换(即数量变换)。

② 系指辅助电力推进时。

③ 系指采用独立电力推进时。

4) 有的船舶需要低速推进或附加辅助电力推进, 因此有采用各种电力推进装置的可能。

由于工程船舶具有大功率的特种机械, 并且在其工程作业时, 船舶处于系泊或低速航行状态。因此, 对于需自航的工程船舶来说, 完全有可能将其推进功率转换出来, 供给特种机械工作用。最简单可行的办法就是采用各种电力推进装置。

在工程船舶上可采用的电力推进装置类型基本有三种:

(1) 独立电力推进装置

螺旋桨专由推进电动机带动, 可作全速或低速航行, 这是最常用的电力推进方式。主

发电机除供电给推进电动机外，在工程作业时，尚可把一部分电能供给特种机械使用。如图 1-1 所示。

(2) 联合电力推进装置

这种装置如图 1-2 所示。它可以有三种工况：

- A. 螺旋桨由推进电动机带动（此时主机与螺旋桨脱开），作低速航行；
- B. 螺旋桨由主机带动（此时推进电动机与螺旋桨脱开）；
- C. 在航行时推进电动机由主轴带动，作发电运行，把电能回馈给电网（相当于轴带发电机）。

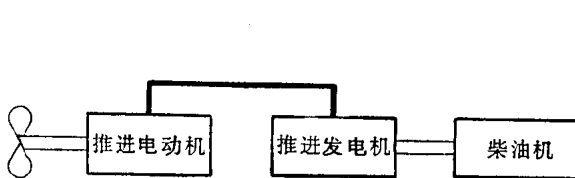


图1-1 独立电力推进装置

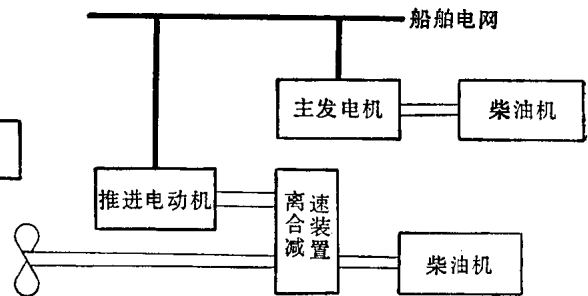


图1-2 联合电力推进装置

(3) 辅助电力推进装置

主发电机用来供电给大功率特种机械，船舶为系泊状态。船舶不作业时，主发电机供电给推进电动机，作为船舶推进。这种装置中，主发电机功率不是按推进要求决定的，而是取决于特种机械的功率。如图 1-3 所示。

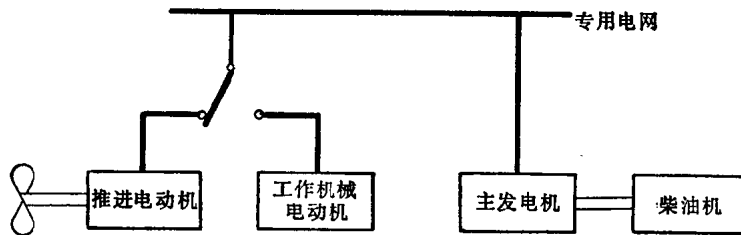


图1-3 辅助电力推进装置

在表 1-3 中已列出了各种工程船舶可采用的电力推进装置类型。耙吸式挖泥船的自航状态可采用多种型式的推进装置，详见第三章分析。航标船、打捞船、布缆船也不是仅有一种独立电力推进型式，而只是指出一种可能性，如采用其它推进型式（例如可变螺距桨推进）也就难以实现功率的转换。链斗式（抓斗式）挖泥船及起重船如需采用自航型式，从船舶总体布置、技术性能和经济性来分析，应该说是采用辅助电力推进装置是最有利的。

5) 有采用高压供电的可能。

由于工程船舶具有大功率拖动机械以及船舶电站容量很大，在技术措施上有采用高压供电的可能。某些船舶，如绞吸式挖泥船、吹泥船是以岸电作为动力；发电船是将动力送至船外，它们大多数是采用高压电的。

表 1-4 列出了部分已建造使用的我国自行设计制造的采用高压电的工程船舶的电气参数。关于高压电应用方面的一些问题将在第四章中进行分析。高压电在船舶上的应用目前还不普遍,因此运行经验还不丰富,技术措施也要逐步充实全面。然而,从目前发展趋势来看,高压电的应用问题已提到议事日程上来了。国外不仅在工程船舶,而且在大型客船、油船、货船上都已采用。为此,我们希望有关单位共同来关心这个问题,使之得以提高。

表1-4 采用高压电的工程船舶电气参数表

船 型	电压(千伏)	电站容量 (千瓦×台)	最大功率机械 (千瓦×台)
60方绞吸式	3	岸 电	泥泵 170×1 变压器 100×1
120方绞吸式	3	岸 电	泥泵 430×1 变压器 180×1
120方绞吸式	6	岸 电	泥泵 550×1 变压器 180×1
1000方吹泥船	6	岸 电	泥泵 550×1 变压器 560×1
3000千瓦发电船	3	1500×2	变压器560×1
钻井平台	3	1000×2	钻机 500×2 泥浆泵 500×2 变压器 750×2
采 金 船	6	岸 电	变流机 360×1 变压器 750×1

6) 工作可靠性要求特别高,并且要求维护方便,自修能力强。

我们提出这一条,并不是否定其它各种电力拖动机械对此就没有要求,而只是为了相对地强调这些要求与其它电力拖动技术经济管理指标相比时的重要性。评价一个电力拖动装置时,常从技术性能、经济指标和运行管理维护修理三个角度制订一些指标。技术性能主要有:生命力、可靠性、操纵性、适应性(符合机械的工作要求)等;经济指标主要有:重量轻、占地面积小、效率高、造价低等;运行管理维护的要求主要有:管理监视的目标少而集中、排除故障容易、维护方便、减轻劳动强度、增强自修能力等。这些指标之间都要达到是很困难的,必须根据具体情况确定重点,其它则尽可能兼顾之。对工程机械来说,从上述六个性能特点来分析,可以用“复杂而不精”五个字来概括,这一条要求就是在这些错综复杂的指标中提炼出来的。从船员的使用反映中也特别强调这一点。这一点是符合我国目前的国情的,因为在目前工程船舶还不能充分满足我国社会主义建设事业的需要情况下,如何提高工程船舶使用率是一个重要问题。工作可靠、维护方便就能直接产生保证高效率工作的效果。

但是,可靠性的含义和如何评价可靠性也不是一个能简单的下结论的问题,可能出现各种不同观点,这有待深入研究解决。

从上述六个性能特点来看,工程船舶特种机械的电力拖动与船舶常规机械电力拖动相比,有着明显不同的要求,考虑问题的出发点完全不同。因此,应当针对各种船舶具体机械的不同情况对电力拖动方案进行仔细地选择,既满足各项性能指标,又能充分体现工作可靠,维护方便的要求,使机械发挥出最大的效能。

第四节 挖土机特性的特点

工程船舶特种机械电力拖动系统的技术性能中,很大一部分机械均需采用挖土机特性,即堵转特性。这是因为在发生严重过载时,为了保护工作机械不受损坏,并且由于这些机械工作时经常发生这种过载,所以一般不采用断开系统工作的办法(例如过载跳闸),以避免产生过分频繁的“通”-“断”-“通”工作状态,而是采用具有电流反馈堵转的办法。

典型的挖土机特性表达在工作机械电动机的机械特性曲线图上,见图 1-4 所示。相应的发电机的特性如图 1-5 所示(以直流调速系统为例说明)。

图 1-4 中, AB 段为电动机正常工作特性, BC 、 CD 段或 BD 段即为挖土机特性。一般取 B 点为额定工作点, D 点即为堵转点, C 点称为转折点,以期得到两种斜率的下垂特性,使过载开始时,转速下降稍慢一些,相应过载能力也就强一些,然后较快地过渡到堵转状态。简单情况下可不分两段。通常取 $M_{d1} = (1.2 \sim 2)M_e$, M' 则视具体要求而定。然而,在船舶有限电网中,由于发电机的饱和等影响,实际得到的特性不可能这样清晰的过渡和线性,而是像图 1-6 所示那样圆滑的弯曲。

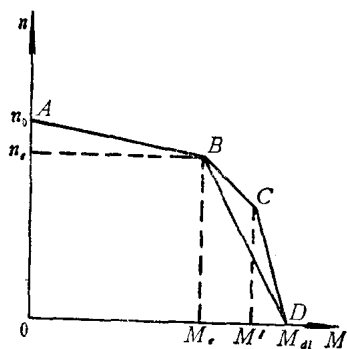


图1-4 典型的
挖土机特性

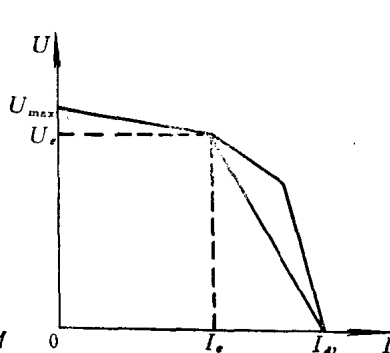


图1-5 具有挖土机特性的
发电机特性

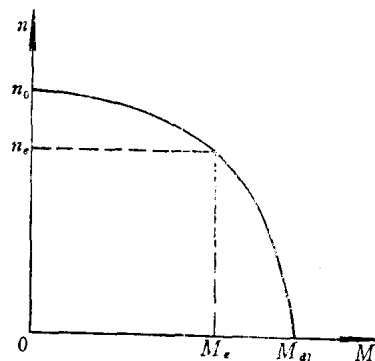


图1-6 实际的
挖土机特性

挖土机特性的优点是:

1) 静态堵转转矩使工作机械的强度得到保证,在过载时不会损坏。

很多特种机械经常会有过载产生,并且其过载大小不能事先预见,而工作机械的结构强度是不能做得无限大的,规定了静态堵转转矩,就使结构强度的考虑有了一个最大值的限制。当然我们也不能忽视过载发生时转矩瞬时冲击的动态影响。定性上可以这样来判断,若静态堵转转矩规定较小,瞬时冲击的影响就较大,反之亦然。这种冲击在工作机械材料的疲劳程度不同时影响也不同,这在实践中是很容易证明的,同样大小的作用力,很易使陈旧的零件损坏。

2) 过载发生时,使工作机械转速骤然下降,这对很多工作机械来讲,都能或多或少减小过载的程度,以便恢复正常工作。

对于某些严重过载,转速的下降甚至可达到停止状态,即达到堵转状态。这是一种特殊的“停转工作”状态。这时在采取了各种相应的措施后,消除了过载的原因,在堵转转矩的作用下,工作机械开始加速,又转入正常的“转动工作”状态。这个工作状态的转换

过程是自动进行的，它既能保证工作的连续性，又能减轻操作人员的劳动强度。

允许堵转的时间一般是有规定的。因为长期堵转在实用上显然是没有意义的。堵转电流对电机、电缆等设备的发热是个恶化因素。因此，允许堵转时间的长短对设备的经济性是有影响的，必须合理地统筹考虑。当超过允许堵转时间后，过载仍未消除，显然应该自动断开系统工作并发出信号。一般允许堵转时间为 10~30 秒。

3) 在有一定过载能力的条件下，可以限制动力装置的输出功率，避免配备过大的装置功率。

在船用条件下，工程船舶特种机械的装置功率往往是该船动力装置功率的主要部分，特别是一些大功率机械，单纯从过载能力出发来增大动力装置功率的办法是不可取的。采用挖土机特性就能很妥善地解决这个矛盾。当过载产生时，工作机械的转速骤然下降，就能使输出功率限制在一定的范围内，即使稍微有些增加，也远小于转矩过载的程度。这个增加量对于一般船舶动力装置来说是可以接受的。事实证明，在这种条件下，完全按工作机械装置功率来配置动力装置功率，也能很好地进行工作。

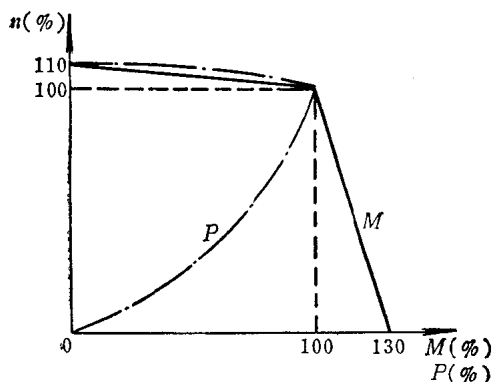


图1-7 具有挖土机特性的电动机功率特性

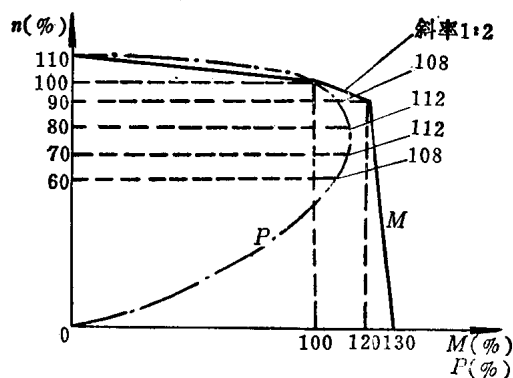


图1-8 具有挖土机特性的发电机功率特性

对应于图 1-4 中不同斜率的两种挖土机特性，其相应的功率特性分别见图 1-7 和图 1-8。从图中可明显地看出，在采用挖土机特性的情况下，输出功率并不会过载，或者过载得很小，动力装置本身即能承担这种短时过载。

4) 可限制起动电流，保证快速起动。

除了出于过载原因考虑外，对于某些一般不会出现过载现象的机械（如起重机起吊规定的负载），在某些场合下也有采用挖土机特性。这通常是因为以下的一些因素：如电动机功率较大；有调速要求；起动频繁等。此时其目的主要是限制起动电流，以保证快速起动，而不是为了堵转。所以在这种情况下，对挖土机特性的本身要求显然是不高的。

挖土机特性的适用范围，是在进行电力拖动系统方案选择中经常反复考虑的一个问题。一般很难规定一些明确的标准以供套用。它与船舶类型、工作机械的作用地位、功率等级、经济指标等要求的关系较密切。一般，同样的挖泥船，用于港口、水利工程的就比用于内河、航道的要求要高，因为前者的适应性要强些；同型的挖泥船，大型的也比中小型的要求应高些。但是当各种因素综合在一起时，我们不能排斥其中的一种被否定的可能性，这种情况往往要顾及很多方面，才能作出决断。

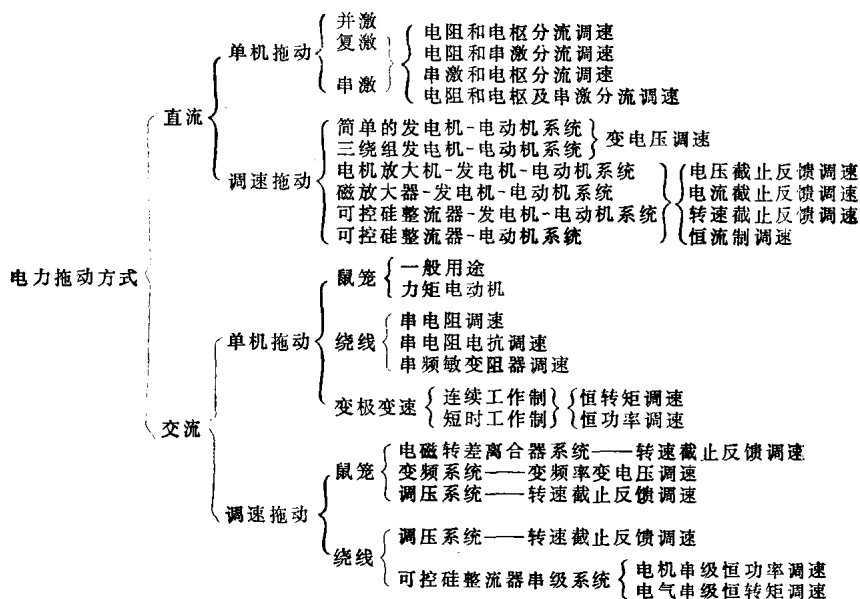
第二章 电力拖动系统基本原理

本章叙述各类特种机械可采用的电力拖动系统基本原理，其中绝大多数是已实用的，有的则作为可取的方案供设计时的分析比较用。每个系统都以其主电路简图及电动机机械特性为主来说明它们的工作原理。

第一节 电力拖动系统分类

电力拖动方式种类繁多，目前，常用的可见表 2-1 所示。表 2-1 是以电动机种类为基础划分的，因此可分为直流和交流两大类，另外又以电力拖动系统中有无电源变换装置区分为单机拖动和调速拖动两大类，系统中无电源变换装置的属单机拖动类型，有电源变换装置的属调速拖动类型。有些单机拖动也有有限的调速性能。

表2-1 电力拖动方式分类



特种机械电力拖动方式目前仍以直流调速拖动为主，其次为交流单机拖动或交流调速拖动（见表 1-1）。这是因为直流单机拖动需用大量电阻和继电器接触器，除了必须用直流电网时尚可考虑外，基本上已可不予采用。直流调速拖动性能优良，特别适宜于大功率机械使用。交流单机拖动在要求简单的场合普遍适用，但调速性能不好，在工程船舶上多数适宜在小功率机械使用。交流调速拖动本身还处于研究阶段，无论船舶、陆上都还使用不多，其中只有电磁转差离合器系统比较成熟，在一定范围内使用尚多。

直流调速拖动由于调速范围广，调速平滑，没有发热损耗，都属于经济型调速方法，并且除了简单的发电机-电动机系统外，都易于实现挖土机特性。基于第一章第三节中提出

的要求,所以对特种机械电力拖动的适应性较强,并得到广泛应用。缺点是设备投资较大,能量转换多,效率降低较多。

在直流调速拖动中,目前较多的还是采用各种型式的发电机-电动机系统。以表 1-1 所列大功率机械来看,十三例直流调速拖动中,只有两例(序号 11、12)是采用可控硅整流器-电动机系统,省去了直流发电机而直接从船舶交流电网获得供电。使用可控硅方法的比例较小,在今后随着可控硅技术的发展,是否会很快提高呢?我们认为,可控硅整流器-电动机系统从技术与经济性上来分析是较好的,但这是从普遍的一般的意义上来认识的,因此这只是矛盾的普遍性。从工程船舶的特殊性来看,由于船舶电网不是无穷大的,在拖动大功率机械时,特别在某些功率比值很高甚至匹配的情况下,直接采用直流发电机组作专用供电的办法是简单可行的。如果拘泥于可控硅整流器-电动机系统,而一定要用交流发电机加上大容量主电路可控硅装置,无论从哪一方面分析,都可认为是不大合理的。有些船舶,即使机械功率不大,但只要是采用单独供电的动力装置时也属于这种情况。此外,第一章第三节中已提及的可控硅应用的一些迫切需要解决的问题也影响着可控硅整流器-电动机系统使用的发展。所以,可控硅整流器-电动机系统只有在大电网、小功率、高要求的情况下才有较大的优越性。另外还有一种情况也有独特的好处,当由于某种原因,必须采用高速柴油发电机组时(一般指 1000~1200 转/分以上),由于换向能力受限制,不可能制造大功率直流发电机,而交流发电机就没有这种限制,此时可控硅整流器-电动机系统就成为典型的交-直流电力拖动系统。

对于直流发电机的励磁,可采用三种办法:电机放大机励磁、磁放大器励磁和可控硅整流器励磁。这三种放大元件的性能比较可见表 2-2 所示。至于采用哪一种,一般应具体分析而定。基于工程船舶的实际情况,我们的倾向意见是在基本不反转的要求不高的场合以磁放大器为主,在频繁正反转或要求较高的场合以电机放大机或可控硅整流器为主。

对于直流调速拖动中的各种调速方法,在表 2-1 中列出了常用的五种。前四种(变电

表2-2 各种放大元件的性能比较

比较项目	电机放大机	磁 放 大 器	可控硅整流器
放大系数	$10^4 \sim 10^5$	$5 \times 10^2 \sim 1.5 \times 10^2$	触发值 2.5~4 伏 20~200 毫安
输出功率	0.15~50 千瓦	0.04 瓦~15 千瓦	元件 5~500 安 50~2000 伏
时间常数	较小 0.04~0.2 秒	较大 0.005~1.5 秒	最 小
过渡过程	快	慢	最 快
线 性 化	好	稍差	非线性
综合信号	高	高	高
强励能力	强	强	弱
过载能力	大	大	小
工作可靠	转动有触点	静止无触点	静止无触点
维 护	困 难	方 便	方 便
调 整	方 便	方 便	困 难
可 逆 性	方 便	困难(双拍效率低,有触点可逆性能差)	两套装置或有触点可逆
调速范围	广	稍差(受最小输出限制)	广
无信号时	有剩磁	有最小输出	无输出
尺 寸	大	较 小	小