

架空输电线路
施工技术大全

岑阿毛 编著

架空输电线路
施工技术大全

岑阿毛 编著

架空输电线路施工技术大全

岑阿毛 编著

责任编辑：章 辉

宁波出版社出版发行

(地址：宁波市县前街 61 号 邮编：315000)

宁波甬江印刷厂二分厂印刷

787×1092 毫米 1/16 45 印张 1100 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数：3000 册

书号：ISBN 7-80602-106-X/TM·1

定价：169 元

前 言

从二十八年前我大学毕业被分配到送电队当工人的第一天开始,我就深深感到:“输电线路施工”是一个十分艰苦,但又十分浪漫、时刻充满着挑战的行业。局外人简直不可能想象那些位于丛山峻岭的铁塔和通往天际的银线是怎样被一些人们称之为“送电工”的人、借助一些相对讲非常简陋的工具、凭着一招又一招的“怪招”建设而成的。

近卅年来,随着世界进入1000~1150KV特高压输电时代和中国进入500KV超高压交、直流输电时代,“输电线路施工技术”作为一种跨多种学科的综合性的技术得到了全面的、脱胎换骨的发展,并日趋成熟,逐步成为一个独立完整的体系。

使人十分遗憾的是:由于种种原因,无论国内或国外的技术界都一直未能将输电线路施工技术进行系统的总结。为了全面地总结经验和开拓更辉煌的未来,本人收集和整理国内外近卅年的施工技术编写成本书,并以此奉献给奋斗在输电线路施工第一线的广大技术人员和工人师傅。

为便于读者直观地了解各种施工方法,本书有约1200幅插图。此外,为节省篇幅,本书偏重于介绍施工的各种“方法”和需使用的“机具”,而对有关施工设计的“力学计算”尽量不作介绍,请读者参阅“高压架空输电线路施工技术手册”。本书还将主要的参考资料列于各篇末,以便读者进一步深入研究。

本书可供从事架空输电线路施工的技术员、工程师,以及班组长、工区主任、项目经理等作为开拓思路、确定施工方案、组织施工的参考书,也可供各有关大专院校师生或线路设计人员作为参考资料。

本书得到“中国电力企业联合会”李博之先生、“中国电机工程学会线路施工技术分会”(前任)秘书长吴九龄先生、“日本送电线建设技术研究会”(前任)技术委员长林洁先生等的大力支持。本书由王中先生(江苏送变电公司)、戴荣桃先生(浙江送变电公司)、孙顺宝先生(上海送变电公司)审阅,并得到国内外许多施工第一线朋友的热情帮助,在此对他们表示衷心感谢。

宁波东方电力机具制造公司 岑阿毛

(宁波望春工业区 315175)

1996年9月

说 明

一、“东北电力集团送变电工程公司”书中简称“东电送变电公司”。

“福建省第二电力建设公司”书中按习惯称“福建送变电公司”

二、“手扳链条葫芦”简称“手扳葫芦”。

三、“扒杆”、“抱杆”等统称“抱杆”。

“避雷线”、“地线”等统称“地线”。

四、一牵一牵引机、张力机简称“小牵引机”和“小张力机”。

一牵四牵引机、张力机简称“大牵引机”和“大张力机”。

五、长度单位为mm者有时省略。

六、“机动绞磨”有时简称“绞磨机”或“绞磨”，指用小型内燃机驱动的磨芯式牵钢丝绳装置。

七、本书所指“杆塔”主要是指“架空输电线路杆塔”，但也包括“微波通讯塔”。

八、塔材起吊“控制绳”是指分解吊塔时控制塔材在空间水平位置的棕绳或钢丝绳，控制绳上端与被吊塔材相连，下端与地面绞磨机等相连。

九、本书所介绍的施工方法中有许多并不是常规的施工方法，而且并未被大量推广，但是在某种特定的情况下（如特定的工期要求、装备条件、地形条件、经费条件、技术条件等），这些方法也许是一种好方法；而另有一些方法可供读者借鉴，使读者了解哪些方法已经有人使用过取得过哪些经验，以便在前人的基础上创造出更新、更好的施工方法。

十、如果读者对书中的内容有不同看法，或另有更好的施工方法，希望不吝赐教，以便在再版时予以进一步介绍。

目 录

第一篇 物料搬运

第一章 车船搬运	1
第一节 汽车拖拉机运输	1
第二节 爬犁运输	2
第三节 船运混凝土杆段	3
第四节 拖牵“炮车”运混凝土杆段	5
第二章 简易轨道小车搬运	7
第三章 索道运输	10
第一节 线路施工用索道的种类	10
第二节 环状牵引索循环索道的结构	14
第三节 环状索道的架设	23
第四节 环状索道的运转和拆除	25
第五节 环状索道设计	26
第六节 缆索吊车式线路施工用索道	37
第七节 单索式索道	39
第四章 直升飞机搬运	41
第一节 概述	41
第二节 地面辅助设施	43
第三节 机载电动葫芦	44
第五章 塔位物资搬运桅式起重机	46
主要参考资料	48

第二篇 杆塔基础施工

第一章 常用杆塔(及拉线)的基础类型	49
第二章 底板式基础施工	54
第一节 基础坑开挖	54
第二节 挡土和隔水装置	62
第三节 基础模板	73
第四节 冬季混凝土施工	81
第五节 底板嵌入原状土的底板式基础	84
第六节 铁塔主材插入基础的底板式基础	87
第七节 斜台立柱基础施工	93
第八节 塑料薄膜及涂料养护混凝土基础	95
第九节 轻型混凝土搅拌机	97

第十节	基础坑回填、夯实和夯实度测定	98
第十一节	预制基础施工	99
第三章	灌注桩基础施工	104
第一节	无地下水处掏挖施工	104
第二节	无地下水处钻孔施工	112
第三节	水下混凝土沉管掏挖施工法	117
第四节	水下钢管沉管掏挖施工法	125
第五节	沉入钢管的施工方法	128
第六节	在地下水中钻孔的方法及机械	131
第七节	水下灌注混凝土	146
第八节	小直径灌注桩(锚桩)承台基础施工	149
第四章	打入桩基础施工	157
第一节	概述	157
第二节	小型打入桩基础施工	161
第三节	中型打入桩基础施工	166
第五章	岩石基础施工	168
第一节	小直径锚桩孔的成形	168
第二节	岩石锚桩混凝土灌注	171
第三节	大直径嵌固式基础施工	173
第六章	几种特殊基础及其施工方法	184
第一节	多螺旋片地锚式基础及施工	184
第二节	带金属部件的机械式基础	186
第三节	地表筏型基础	189
第四节	杆用埋桩、打入桩及套管基础施工	191
第五节	爆沉爆扩桩铁塔基础施工	194
第七章	拉线基础、施工用临时地锚及其施工	195
第一节	埋入和打入式地锚及其施工	195
第二节	螺旋片地锚及其施工	203
第三节	灌注桩地锚施工及压力注浆	211
第四节	岩石地锚及其施工	215
第五节	重力式地锚	217
第六节	爆破成孔安装拉线盘	218
第七节	爆扩桩拉线基础施工	218
第八章	基础检测及加载试验	222
第一节	灌注桩基础超声脉冲检测法	222
第二节	灌注桩基础水电效应检测法	223
第三节	混凝土取芯检测法	224

第四节	基础加载试验	225
第九章	基础施工有关技术	229
第一节	基础移位	229
第二节	铁塔基础加固	229
第三节	土质固化方法	232
第四节	冻土药壶爆破法开挖基础坑	234
第五节	预制金属板卡盘及其安装	236
第六节	充气帐篷用于基础施工	237
第七节	塔位岩石基面微差挤压爆破开挖法	239
	主要参考资料	242

第三篇 杆塔组立

第一章	概述	249
第一节	常用杆塔分类	249
第二节	杆塔组立方法概述	250
第二章	杆段准备与组装	253
第一节	混凝土杆裂纹检查	253
第二节	混凝土杆段现场排杆	253
第三节	杆段连接	255
第四节	钢管塔充填混凝土方法	257
第三章	倒落式抱杆整体起立杆塔	258
第一节	立塔方法概述及优缺点	258
第二节	单点吊人字抱杆立塔	260
第三节	两点吊人字抱杆立塔	267
第四节	三点或多点吊人字抱杆立塔	270
第五节	座腿式小人字抱杆立塔	272
第六节	人字抱杆偏置立偏心横担拉门塔	274
第七节	两付小人字抱杆并联立塔	274
第八节	人字抱杆侧面立塔	276
第九节	在空中旋转塔身起立杆塔	277
第十节	倒落式单抱杆起立杆塔	279
第十一节	高低腿杆塔用长短人字抱杆起立法	282
第十二节	倒落式人字抱杆山坡起立杆塔	283
第十三节	起立“主材插入基础式铁塔”	284
第十四节	人字抱杆结构、起立及失效处理	285
第十五节	塔脚的反向制动系统	293
第十六节	杆塔脚部铰接装置	294

第十七节	基础加固和保护	297
第四章	地面直立外抱杆起立杆塔	300
第一节	直立单根抱杆起立杆塔	300
第二节	直立人字抱杆立单杆	303
第三节	两根抱杆整体抬吊立塔	304
第四节	利用已立塔作直立抱杆的立塔法	305
第五章	塔身附着小抱杆(或起重装置)分解立塔	308
第一节	无拉线塔上小抱杆吊塔	308
第二节	外拉线塔上单根小抱杆吊塔	314
第三节	两付外拉线塔上小抱杆抬吊塔段	318
第四节	外拉线外悬浮塔上抱杆吊塔	321
第五节	无拉线塔上外附轮式起重装置吊塔	322
第六节	无拉线攀登式起重机吊塔	322
第六章	内抱杆(无摇臂)分解组立杆塔	326
第一节	内拉线内悬浮抱杆吊塔	326
第二节	外拉线内悬浮抱杆吊塔	334
第三节	外拉线落地内抱杆吊塔	337
第七章	带摇臂内抱杆分解组立杆塔	340
第一节	无拉线落地摇臂抱杆吊塔	340
第二节	无拉线落地回转摇臂抱杆吊塔	346
第三节	内拉线内悬浮回转摇臂抱杆吊塔	353
第四节	内撑杆内拉线内悬浮摇臂抱杆吊塔	360
第五节	外拉线内悬浮摇臂抱杆立塔	361
第六节	外拉线落地带摇臂(或悬臂)内抱杆吊塔	363
第七节	内抱杆回转臂起重机吊塔	368
第八章	倒装法组立杆塔	373
第一节	利用下段顶部小抱杆作支撑的混合倒装法	373
第二节	利用假腿的混合倒装法	376
第三节	用铁塔自身作支撑的无假腿混合倒装立塔	379
第四节	全倒装立塔	381
第五节	倒装立塔的提升及牵引绳系	384
第六节	钢管混凝土杆倒装组立法	387
第九章	吊车起吊杆塔	389
第一节	用普通可回转吊车起吊杆塔	389
第二节	用普通吊车配拖拉机整体立塔	396
第三节	专用吊车起吊杆塔	397
第四节	外塔吊分解吊塔	403

第十章	直升飞机吊塔	404
第一节	直升飞机分段吊拉线塔	404
第二节	直升飞机分段吊自立塔	406
第三节	直升飞机整体吊拉线塔	408
第四节	直升飞机整体吊自立塔	411
第五节	施工组织及工程费用简介	413
第十一章	特殊立塔方法	415
第一节	滑动推升法立拉杆天线式钢管杆	415
第二节	压力注浆法立拉杆天线式钢管杆	416
第三节	利用窄旧铁塔组立外抱宽塔	416
第四节	爆沉立杆	418
第五节	地面平拉法斜杆顶推整体立塔	421
第六节	混凝土烟囱型跨越塔塔头吊装	422
第七节	靠海铁塔起吊	426
第八节	横担旋转吊装法	427
第九节	斜塔起立	427
第十节	索道吊塔和组塔	429
第十一节	日本100万伏线路钢管塔组立	430
第十二章	杆塔移位、放倒、部件更换或加高	435
第一节	自立铁塔移位	435
第二节	门型混凝土杆侧向整体移动	436
第三节	转角塔带导、地线整体水平转动	437
第四节	拉门塔用单根直立抱杆整体放倒	438
第五节	混凝土杆空中换杆段	439
第六节	铁塔高空更换主材或主柱	441
第七节	铁塔升高	444
第八节	混凝土杆用单杆放倒	456
第十三章	通用吊塔机具	457
第一节	起吊牵引机具	457
第二节	钢索式液压提升装置	462
第三节	钢管塔分解组塔用吊具	465
第四节	螺栓紧固工具	468
第五节	登高工具	471
第十四章	安全组立杆塔	472
第一节	安全带	472
第二节	安全带拴固绳系	473
第三节	安全网	474

第四节	救护方法	.....	475
第十五章	杆塔拉线	.....	476
第一节	拉线线夹	.....	476
第二节	拉线张力测定	.....	478
第三节	拉线装配施工法	.....	480
第四节	杆塔倾斜时拉线的定量调整	.....	483
第五节	杆塔拉线回头固定法	.....	485
主要参考资料		.....	486

第四篇 架线施工

第一章	展放导引绳或牵引绳	.....	495
第一节	森林中人力展放导引绳	.....	495
第二节	附带展放导引绳法	.....	496
第三节	热气飞艇展放尼龙导引绳	.....	499
第四节	氢气球展放导引绳	.....	500
第五节	迫击炮放导引绳	.....	506
第六节	航模飞机放导引绳	.....	507
第七节	火箭展放导引绳	.....	509
第八节	过江(海)展放导引绳、牵引绳	.....	511
第九节	摆动法放导引绳过高速公路	.....	513
第十节	直升飞机展放导引绳	.....	514
第二章	展放导地线	.....	522
第一节	跨江放线	.....	522
第二节	不同规格导线串接时的张力放线	.....	529
第三节	自阻尼导线及其展放	.....	529
第四节	侧弯绕行放线	.....	530
第五节	短时停电跨电力线路架线	.....	531
第六节	不停电跨越电力线路放线	.....	534
第七节	船载牵引机张力放线	.....	543
第八节	环形牵引放线法	.....	544
第九节	牵引场位于线路侧面放线	.....	548
第十节	压接管保护器护线	.....	549
第十一节	山区放线导线过滑车措施	.....	551
第十二节	连接器过卷筒牵引绳防断措施	.....	554
第十三节	光纤复合地线(OPGW)展放	.....	555
第十四节	张力放线布线法	.....	557
第三章	紧线和挂线	.....	559

第一节	一般紧线和挂线	559
第二节	弛度观测	568
第三节	地面画印法架线	572
第四节	装配式架线	574
第五节	多档连紧法紧线	581
第六节	平衡挂线	581
第七节	耐张塔内紧线和挂线	587
第八节	四分裂导线弛度四次调平法	589
第四章	导(地)线连接	591
第一节	张力架线压接工序	591
第二节	液压连接	592
第三节	外爆法导地线连接	594
第四节	内爆法导地线连接	600
第五节	弹簧内楔管导线连接	602
第五章	特殊架线方法	603
第一节	普通地线上增设光纤电缆	603
第二节	新旧塔导地线平移法	605
第三节	索道法跨越换(架)线	606
第四节	主动式滑车低张力架线	612
第五节	日本100万伏线路架线	614
第六节	工业电视及计算机监控架线	615
第七节	紧凑型线路架线	618
第六章	架线机具	621
第一节	牵引机和张力机	621
第二节	夹线工具(卡线器等)	626
第三节	塔上紧线机动绞磨	631
第四节	其它主要架线机具	634
第七章	架线其它有关问题	642
第一节	500kV线路跳线安装	642
第二节	导线防磨损措施	643
第三节	带电线路电感应的防护	645
第四节	导线检修及换线	648
主要参考资料		652
附录 I	绳索及钢丝绳使用	659
附录 II	索道设计有关公式推导	670
附录 III	稀土化学降阻剂用于杆塔接地	679
附录 IV	弛度观测有关公式推导	682

第一篇 物料搬运

第一章 车船搬运

第一节 汽车拖拉机运输

图1-1-1-1所示为前苏联用越野卡车拖运整基已组装铁塔的方法,铁塔前部铰接固定在汽车顶部的梁上,铁塔底端与一台两轮拖车相连。此种方法适用于平坦地形。

图1-1-1-2所示为前苏联在山区或沼泽地区用履带拖拉机进行塔材运输的方法。

图1-1-1-3所示为前苏联用汽车加拖车运输大型混凝土杆和大型铁塔构件(长25.5m),也可利用履带拖拉机牵引大型平板车的办法来进行运输。

图1-1-1-4a所示为前苏联在运输大型混凝土杆时所用的托架,前托架与汽车底盘水平铰接,后托架固定在拖车上。两个托架呈“山”字形,中间由一根纵向角钢长梁相连,两侧为可活动的挡板,用来将杆子卡固在托架上。中间的竖柱上方有滑轮,卸杆时可以设置钢丝绳,将左右挡板转动而斜支撑在地面后,用前后托架上的钢丝绳将杆子缓缓降至地面。

图1-1-1-4b所示为黑龙江送变电公司曾采用过的类似装置。该装置利用手摇棘轮卷扬机通过中间竖杆上的磨芯松紧各自的卸车用钢丝绳,又在托架内左右和下方衬入缓冲橡胶带,以保护杆子。混凝土杆段运输装置已由宁波东方电力机具制造公司批量生产。[1]

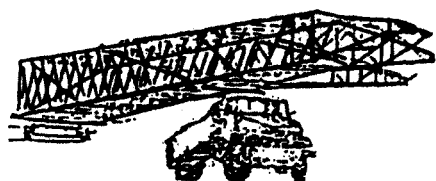


图 1-1-1-1 汽车拉运铁塔

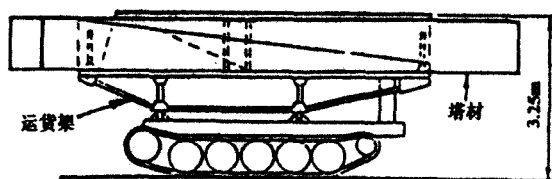


图 1-1-1-2 履带拖拉机运输塔材

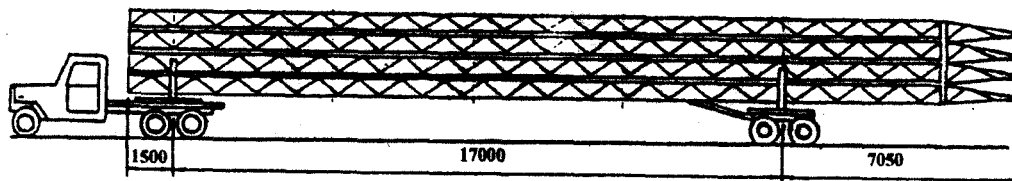
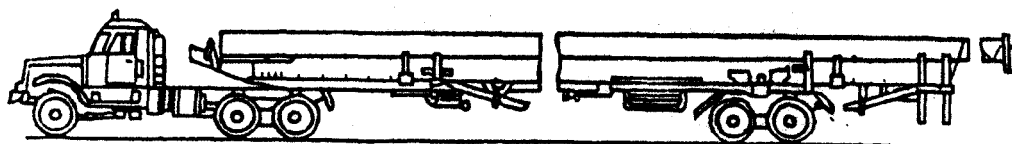


图 1-1-1-3 汽车与拖车运输大型杆塔构件

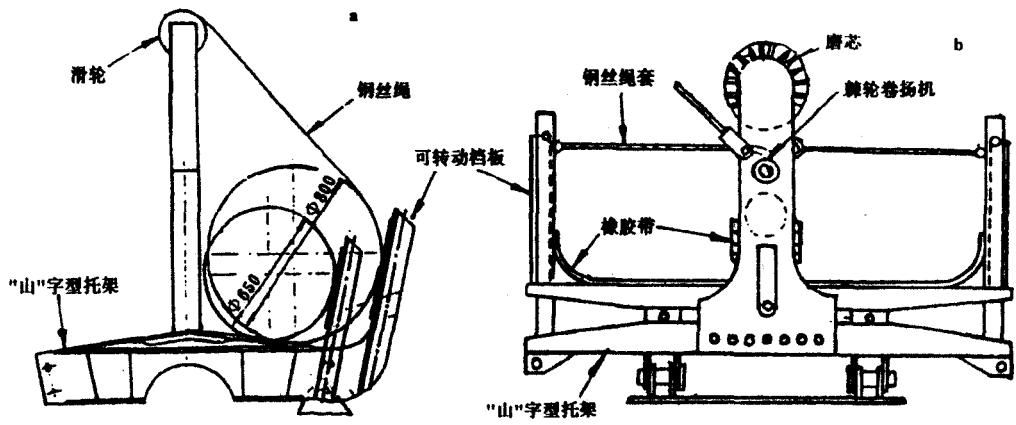


图 1-1-1-4 托架结构

第二节 爬犁运输

在山区运输混凝土杆时,在狭窄的小运道路(或非正式公路)上,云南送变电公司曾采用如图1-1-2-1所示的爬犁运输混凝土杆段。

爬犁是用轻型钢轨、角钢、钢管等焊成的船形结构,两端焊有钢环,用于连接牵引绳,底部为两根轻型钢轨,下端又补焊扁铁以增其耐磨性。爬犁共有两种,一种是整体焊成的,另一种是焊成两半,中间用螺栓联接的,后者便于装车运输,但要在现场组装。两种尺寸大致相同,重量约220kg。

爬犁用75马力履带式推土机进行牵引。因爬犁在地面滑动时摩擦力较大,所以上坡时不会自行下滑,下坡时不需刹车装置,而且其重心较低,不易翻车。在运输过程中如山路狭窄,还可用推土机先将路面加宽。

存在问题是钢轨下焊的扁铁磨损较快。[2]

图1-1-2-2所示为前苏联使用的两种类似的运输用爬犁,适用于不同的施工条件。图

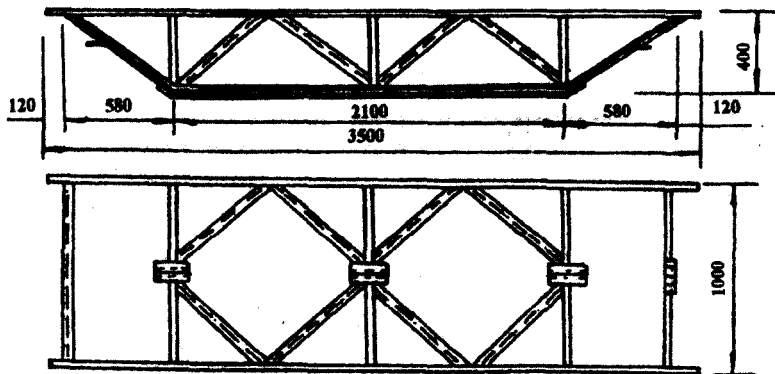


图 1-1-2-1 爬犁外形(云南)

1-1-2-2a 所示为拖船式, 适用于沼泽地, 自重 0.9t, 可载货 10t, 载货区 $3.2 \times 2.5\text{m}$ 。外型尺寸为 $5.3 \times 2.5 \times 0.6\text{m}$ 。图 1-1-2-2b 所示为雪橇式, 适用于冰冻雪地, 自重 1.2t, 可载货 5t, 总长 6.3m, 载货区 $4.5 \times 2.4\text{m}$ 。

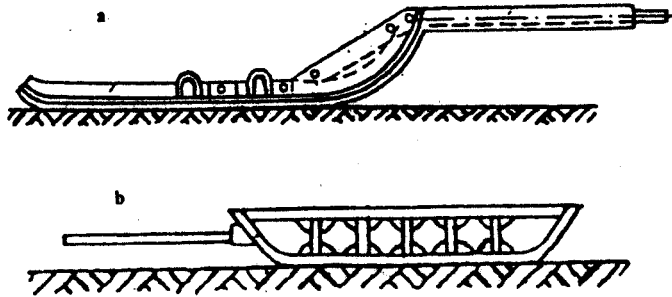


图 1-1-2-2 爬犁外形(前苏联)

第三节 船运混凝土杆段

安徽送变电公司曾用 5~8t 水泥船大量运输混凝土杆段。

一、船荷载和着力点的选择

1. 杆段放置在船的甲板上, 为了增加船的稳定性, 在船的中舱内装载固体配重, 配重重量为船的额定装载重量的 $1/4 \sim 1/3$;
2. 为了防止沉船, 不得超载。5t 水泥船允许装 2~3 段混凝土杆, 8t 水泥船允许装 4~5 段混凝土杆;
3. 为了防止翻船, 混凝土杆段和水泥船必须相对固定, 船体应处在允许的左右倾斜度内, 混凝土杆段不得滚动和滑动;
4. 为了防止断船, 混凝土杆段在船上的两个支撑着力点必须在水泥船中舱的前后隔梁上。

二、混凝土杆段的固定和装卸

1. 混凝土杆段、枕木、船体的相对固定:

为保护混凝土杆段和水泥船, 在杆段和船之间必须垫枕木。枕木放置位置如图 1-1-3-1 所示。应控制枕木高度, 确保混凝土杆端不能接触到船体。枕木在船上的固定方法可利用隔梁上的孔进行绑扎, 也可用附加的木块和扒钉, 使枕木可靠地附着在船体左右和梁上, 使之不会左右、前后移动。还可使枕木左右超出船体 $100 \sim 150\text{mm}$, 然后用小棕绳或铁丝通过船外底部进行绑扎固定。混凝土杆段和枕木之间的固定可利用三角形硬木楔垫牢, 并用绳索绑扎。

2. 船靠岸后的固定:

- a. 利用船锚, 使船不前后移动;
- b. 混凝土杆段装船时, 船不宜靠岸太近, 以防搁浅;
- c. 卸混凝土杆段时, 船尽量靠岸, 稍搁浅为宜, 卸下一根混凝土电杆, 收紧一次岸上缆绳;

3. 混凝土杆段装船:

混凝土杆段装船地点应是大船运载混凝土杆段的卸货点, 采用吊车装船。

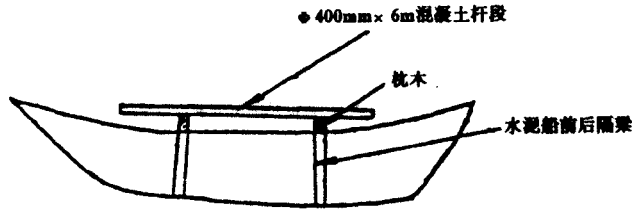


图 1-1-3-1 水泥船垫枕木方法

用红漆在枕木上标出船的中心线位置。吊车吊装混凝土杆段上船的顺序是先内侧后外侧, 如图1-1-3-2中①②③④所示, 每上一根混凝土杆段都用三角形硬木楔垫牢并用绳索绑扎。

4. 混凝土杆段下船

卸杆时没有吊车, 必须平行放置相距4m左右的两块跳板, 滚杆下船。如图1-1-3-3所示。

- a. 如岸端跳板低, 可在船上设制动绳, 滚动下船。
- b. 如岸端跳板高且高差大时, 则需用两根钢丝绳牵引, 两个地锚的位置分别在跳板的延长线上, 钢丝绳一端固定在地锚上, 另一端通过混凝土杆段下方绕到上方, 再通过挂在地锚上的转向滑车进入绞磨牵引。
- c. 当滚动的混凝土杆段到达跳板上时, 应暂停牵引, 同时调整船上剩余混凝土杆段的位置, 使船平衡或使靠岸侧较低。[3]

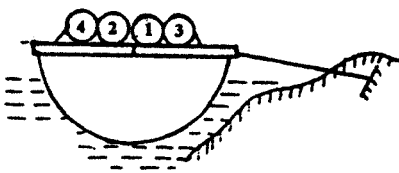


图 1-1-3-2 吊装顺序

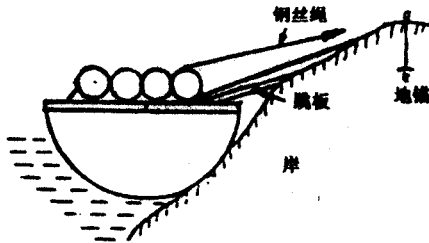


图 1-1-3-3 卸杆方法

第四节 拖牵“炮车”运混凝土杆段

利用手扶拖拉机拖车的轮和轴，再焊一个框架，就可制成一台双轮车，可用来运输水泥杆段。当把水泥杆段架放在拖车轴上，其外形如一门大炮，俗称“炮车”。炮车上装有刹车装置，框架长约1.4m。

凡是农村的一般便道、农机道路、较平缓的山坡、丘陵，只要是手扶拖拉机能走，就可以用手扶拖拉机拖炮车来运杆。即使是连手扶拖拉机也难通过的小路，由于炮车的轮轴宽度仅0.9m，同样可用人拉或绞磨把炮车拖到杆位。施工效率和经济效益都比直接修路、人抬或绞磨拖杆高出数倍。

1. 人员和工具配备：

手扶拖拉机机手1人	技工1~2人	民工10~12人
木杠6根，钢钎2根	铲、锄各1把	6m棕绳4条
钢丝绳(Φ9.5×50m)或棕绳(50m)1条		

2. 装车：

所有工具用手扶拖拉机运到杆段堆放处，炮车底部要垫木板，并用棕绳绑固。装车时用钢钎、木杠将杆段小头(即杆头)抬起，把炮车顺抬起方向推进去；将炮车放在杆段的中间略偏大头(即杆尾)处。用木板或木杠将杆段两侧垫紧，并用棕绳绑好。杆段两头都绑上转向控制绳(见图1-1-4-1)。

3. 运输：

炮车通过钢丝绳或大棕绳牵引，杆头在前，牵引绳的一头绑在炮车轮轴中间，另一头绑在手扶拖拉机的拖车轮轴中间。起运时，杆头杆尾各两人，主要通过杆两头的棕绳，前后、左右配合控制转向。一般平路和慢转弯时，杆头人员用手扶好杆头，轻轻推拉，就可保证平稳行驶。在急转弯时，要前后互相配合，前左后右，或前右后左，对角线的方式控制，此时要特别注意防止杆头杆尾碰伤手脚。中间设一人(技工)主要是控制手刹车，保证杆的平稳转向运输。下坡时手扶拖拉机不起牵引作用，利用刹车控制自滑下坡。此时杆头

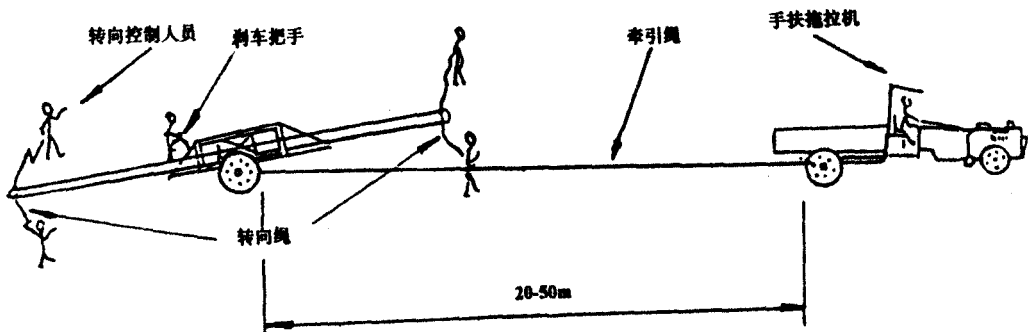


图 1-1-4-1 “炮车”运杆段方法