

输配电线路 施工技术大全

岑阿毛 编著

上册

云南科技出版社



输配电线路 施工技术大全

(上册)

岑阿毛 编著

云南科技出版社

•昆明•

图书在版编目 (CIP) 数据

输配电线路施工技术大全/岑阿毛编著. —昆明: 云南科技出版社, 2003.12

ISBN 7-5416-1908-6

I. 输... II. 岑... III. 输配电线路—工程施工—施工技术 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 114342 号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 65003

昆明理工大学印刷厂印制 全国新华书店经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 76.75 字数: 1760 千

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

定价: 246.00 元

前 言

随着我国即将进入 750~1000kV 超高压输电,随着新型施工机械、电脑和数字技术不断进入线路施工,架空输电线路施工技术有了全方位的大发展,施工第一线的广大技术骨干急需对输电线路施工技术有一个全新的认识,故编写了本书。

本书的特点是:

1) 书中的内容基本上囊括了全世界送变电行业所有精英的杰出成果,对“架空输电线路施工”这一跨多种学科的综合技术作了最全面的总结,全书共有约 176 万字(含 3000 幅图),内容之新和内容之全堪称世界第一。

2) 书中介绍了若干超前发展的新技术,如:各种“线上作业机器人”、“GPS 全球定位技术的应用”、“直升飞机施工”、“工业电视对现场的监控”等。

3) 对“线施线护与改造”(包括:故障预防、线路损伤测定及修复、杆塔改建、架空线停电改建、雪害防止、线路升压等)、“路工安全”(包括:国外塔上高空坠落保护方法、国外安全带、致冷工作服、保护性接地方法等)、“线路施工用计算机软件”(包括:计算机管理和计算机施工设计)、“光线架设”等与输电线路施工密切相关的技术也作了详细介绍。

衷心希望老一代送电人的奋斗成果能在送变电技术发展史中得到确认,更希望新一代送电人能在中国开创更加辉煌的未来。

感谢“超高压送变电动态报道”娜日莎女士(电力建设研究所)的卓越工作,感谢前辈铃本方正先生(日本)的大力支持,感谢陈家伦先生(宁波东方电力机具制造公司)对本书的审定。

更感谢在施工第一线不断有所发明、做出重大贡献的诸位新、老技术人员和送电工入。

岑阿毛(0574-87287484)

2003 年 11 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”。

“四川省电力送变电公司”书中按习惯称“四川送变电公司”。

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些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；而另有一些方法则可供读者借鉴，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。

十一、书中内容涉及若干国内外专利，如使用有效专利请与专利所有者联系。

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	3
第三节 用水泥船运混凝土杆段	4
第四节 拖牵“炮车”运混凝土杆段	5
第二章 轨道小车搬运	8
第一节 简易轨道小车搬运	8
第二节 登山、登塔助力轨道车	13
第三节 现场小运机器人	15
第三章 索道运输	17
第一节 线路施工用索道的种类	17
第二节 环状牵引索循环索道的结构	21
第三节 环状索道的架设	30
第四节 环状索道的运转和拆除	32
第五节 缆索吊车式线路施工用索道	33
第六节 线路施工用索道的发展状况	37
第四章 直升飞机搬运	45
第一节 概 述	45
第二节 地面辅助设施	47
第三节 机载电动葫芦	49
第五章 塔位物资搬运	51
第一节 桅式起重机	51
第二节 塔上货物搬运吊车	52
第三节 沿铁塔主材搬运器材的升降装置	54
第四节 双电动葫芦塔位起重机	59
附录一 钢丝绳对接方法	61
主要参考资料	63

第二篇 杆塔基础施工

第一章 常用杆塔(及拉线)的基础类型	65
--------------------------	----

第二章 基面土石方施工	71
第一节 湖中铁塔基础堰堤施工法.....	71
第二节 基面防飞石爆破法.....	73
第三节 土质固化方法.....	73
第四节 湿陷性黄土铁塔基础的灰土垫层处理法.....	77
第五节 充气帐篷用于基础施工.....	78
第六节 塔位岩石基面微差挤压爆破开挖法.....	80
第三章 底板式基础施工	83
第一节 基础坑开挖.....	83
第一节 挡土和隔水装置.....	94
第三节 基础模板.....	102
第四节 斜台立柱基础施工.....	110
第五节 塑料薄膜及涂料养护混凝土基础.....	115
第六节 基础坑回填、夯实和夯实度测定.....	117
第七节 预制底板式基础施工.....	119
第四章 铁塔主材插入式基础	124
第一节 主材下端找正.....	124
第二节 主材上端找正.....	126
第三节 角钢主材位置控制和检测.....	135
第四节 主材半自动找正检测系统.....	141
第五节 转角塔预偏的主材位置计算.....	143
第五章 施工人员入孔的灌注桩基础	146
第一节 底板式扩底基础人工掏挖法.....	146
第二节 扩底桩简易钻扩法.....	147
第三节 深孔基础沉管掏挖法.....	150
第四节 深孔基础护壁挡土人工掏挖法.....	161
第五节 深孔基础开放式钻孔.....	172
第六节 深孔直柱护壁.....	178
第七节 深孔排土.....	182
第八节 深孔基础扩底.....	184
第九节 深孔基础插入钢管找正.....	189
第十节 钢筋笼焊接架.....	192
第十一节 扩底处抛浆护壁法.....	192
第十二节 深孔浇筑混凝土.....	194
第十三节 基础直柱空腔气囊成型法.....	195
第六章 施工人员不入孔的灌注桩基础	198
第一节 无地下水处封闭式钻孔施工.....	198
第二节 沉入钢管的施工方法.....	200
第三节 在地下水中钻孔的方法及机械.....	202

第四节 水下灌注混凝土	218
第五节 小直径灌注桩(锚桩)承台基础施工	221
第七章 打入桩基础施工	228
第一节 概 述	228
第二节 小型打入桩基础施工	232
第三节 中型打入桩基础施工	240
第四节 大型打入桩基础施工	241
第八章 岩石基础施工	243
第一节 小直径锚桩孔的成形	243
第二节 岩石锚桩混凝土灌注	247
第三节 大直径嵌固式基础施工	249
第九章 几种特殊基础及其施工方法	259
第一节 螺旋片地锚桩基础及施工	259
第二节 钢管钻入桩基础及施工	262
第三节 地表筏型基础	265
第四节 电杆用基础及施工	266
第五节 爆沉爆扩桩铁塔基础施工	270
第六节 拉 V 塔主柱基础球铰现浇施工	270
第七节 半沉井式基础施工	272
第八节 铁塔临时基础	273
第十章 拉线地锚和临时地锚的施工	227
第一节 埋入和打入式地锚及其施工	227
第二节 螺旋片地锚及其施工	285
第三节 灌注桩地锚施工及压力注浆	294
第四节 岩石地锚及其施工	298
第五节 重力式地锚	303
第六节 爆扩桩拉线基础施工	304
第七节 桩式地锚	307
第十一章 基础检测及加载试验	308
第一节 灌注桩基础超声脉冲检测法	308
第二节 灌注桩基础水电效应检测法	309
第三节 混凝土取芯检测法	310
第四节 基础加载试验	311
第十二章 基础施工有关技术	315
第一节 基础移位	315
第二节 铁塔基础加固	316
第三节 冬季混凝土施工	319
第四节 大体积混凝土承台的温度控制	322
第五节 预制金属板卡盘及其安装	325

第六节 底板式基础更换上部	326
第七节 用静态破碎法拆除混凝土基础顶部	326
第八节 轻型混凝土搅拌机	328
主要参考资料	330

第三篇 杆塔组立

第一章 概 述	340
第一节 常用杆塔分类	340
第二节 杆塔组立方法概述	341
第三节 转角塔预偏	343
第二章 杆段准备与铁塔组装	345
第一节 混凝土杆裂纹检查	345
第二节 混凝土杆段现场排杆	345
第三节 杆段连接	347
第四节 钢管塔充填混凝土方法	349
第五节 铁塔主材的施工用孔	349
第三章 倒落式抱杆整体起立杆塔	351
第一节 立塔方法概述及优缺点	351
第二节 单点吊人字抱杆立塔	354
第三节 两点吊人字抱杆立塔	362
第四节 三点或多点吊人字抱杆立塔	364
第五节 座腿式小人字抱杆立塔	366
第六节 人字抱杆偏置立偏心横担拉门塔	368
第七节 两副小人字抱杆并联立塔	368
第八节 人字抱杆侧面立塔	370
第九节 在空中旋转塔身起立杆塔	372
第十节 倒落式单抱杆起立杆塔	374
第十一节 高低腿杆塔用长短人字抱杆起立法	376
第十二节 倒落式人字抱杆山坡起立杆塔	378
第十三节 起立“主材插入基础式铁塔”	379
第十四节 人字抱杆结构、起立及失效处理	380
第十五节 塔脚的反向制动系统	388
第十六节 杆塔脚部铰接装置	389
第十七节 基础加固和保护	393
第四章 地面直立外抱杆整体起立杆塔	395
第一节 直立单根抱杆起立杆塔	395
第二节 直立人字抱杆立单杆	399

第三节	两根抱杆整体抬吊立塔	400
第四节	利用已立塔作直立抱杆的立塔法	401
第五章	塔身附着小抱杆(或起重装置)分解立塔	404
第一节	无拉线塔上小抱杆吊塔	404
第二节	外拉线塔上单根小抱杆吊塔	412
第三节	两副外拉线塔上小抱杆抬吊塔段	416
第四节	外拉线外悬浮塔上抱杆吊塔	418
第五节	无拉线塔上外附轮式起重装置吊塔	418
第六节	无拉线攀登式起重机吊塔	419
第七节	四柱固定式小抱杆分解吊塔	424
第六章	内抱杆(无摇臂)分解组立杆塔	426
第一节	内拉线内悬浮抱杆吊塔	426
第二节	外拉线内悬浮抱杆吊塔	436
第三节	外拉线落地内抱杆吊塔	441
第七章	带摇臂内抱杆分解组立杆塔	444
第一节	无拉线落地摇臂抱杆吊塔	444
第二节	无拉线落地回转摇臂抱杆吊塔(日本)	449
第三节	内拉线内悬浮回转摇臂抱杆吊塔	456
第四节	内撑杆内拉线内悬浮摇臂抱杆吊塔	466
第五节	外拉线内悬浮摇臂抱杆吊塔	468
第六节	外拉线落地带摇臂(或悬臂)内抱杆吊塔	471
第七节	内抱杆回转臂起重机吊塔	475
第八节	抱杆顶升架拉线初张力设定器	484
第九节	利用塔心旋梯的可旋转内摇臂抱杆吊塔	486
第八章	倒装法组立杆塔	488
第一节	利用下段顶部小抱杆作支撑的混合倒装法	488
第二节	利用假腿的混合倒装法	490
第三节	用铁塔自身作支撑的无假腿混合倒装立塔	493
第四节	全倒装立塔	496
第五节	倒装立塔的提升及牵引绳系	498
第六节	混凝土杆倒装组立法	501
第七节	钢管电杆倒装组立法	502
第八节	拉门塔倒装组立法	507
第九章	吊车起吊杆塔	509
第一节	用普通可回转吊车起吊杆塔	509
第二节	用普通吊车配拖拉机整体立塔	516
第三节	专用吊车起吊杆塔	517
第四节	外塔吊分解吊塔	524
第五节	用两台吊车的空中转体、对接吊塔法	525

第十章 直升飞机吊塔	526
第一节 直升飞机分段吊拉线塔	526
第二节 直升飞机分段吊自立塔	528
第三节 直升飞机整体吊拉线塔	530
第四节 直升飞机整体吊自立塔	534
第五节 施工组织及工程费用简介	536
第十一章 特殊立塔方法	538
第一节 滑动推升法立拉杆天线式钢管杆	538
第二节 压力注浆法立拉杆天线式钢管杆	539
第三节 爆沉立杆	539
第四节 地面平拉法斜杆顶推整体立塔	542
第五节 混凝土烟囱型跨越塔塔头吊装	543
第六节 靠海铁塔起吊	549
第七节 横担旋转吊装法	550
第八节 斜塔起立	550
第九节 索道吊塔和组塔	552
第十节 大型钢管塔组立	553
第十二章 通用吊塔机具	559
第一节 起吊牵引机具	559
第二节 钢索式液压提升装置	562
第三节 钢管塔分解组塔用吊具	565
第四节 螺栓紧固工具	568
第五节 登高工具	571
第六节 塔脚高低调整装置	572
第十三章 杆塔拉线	574
第一节 拉线线夹	574
第二节 拉线张力测定	577
第三节 装配式拉线施工法	578
第四节 杆塔倾斜时拉线的定量调整	582
第五节 杆塔拉线回头固定法	584
主要参考资料	585

第四篇 架线施工 (下册-略)

第五篇 线路维护与改造 (下册-略)

第六篇 第工安全 (下册-略)

第七篇 线路第工用计算机软件 (下册-略)

附录三~附录十二 (下册-略)

第一篇 物料搬运

第一章 车船搬运

第一节 汽车拖拉机运输

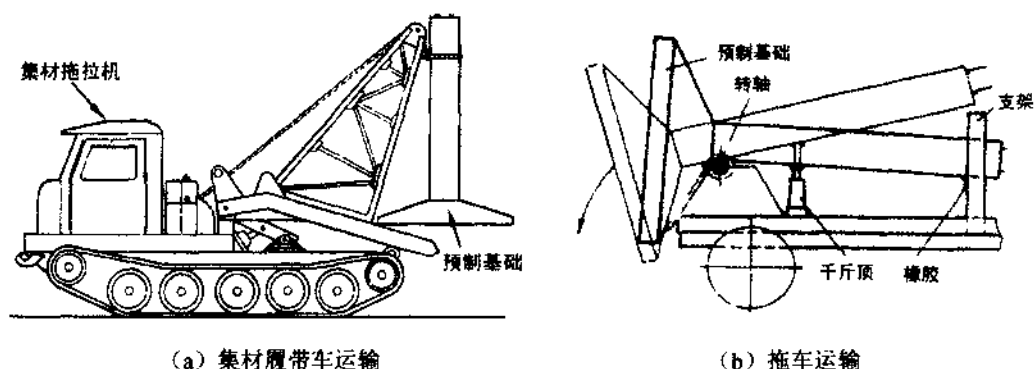


图 1-1-1-1 预制钢筋混凝土基础运输方法

图 1-1-1-1 所示为前苏联运输预制钢筋混凝土基础的方法。

当采用集材履带车运输时，可利用集材履带车上的绞车来卸货（见图 1-1-1-1-a）。

当采用拖车运输时，可利用千斤顶和车上的转轴来卸货（见图 1-1-1-1-b）。^[1]

图 1-1-1-2 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 1-1-1-3 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。

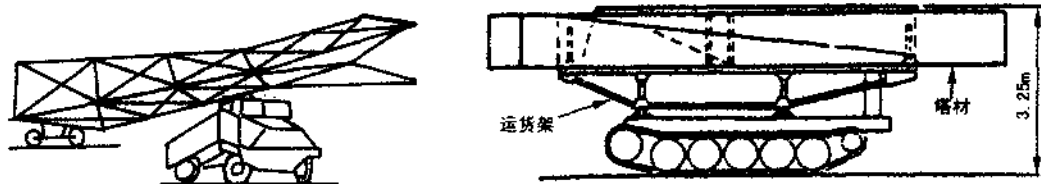


图 1-1-1-2 汽车拉运铁塔

图 1-1-1-3 履带拖拉机运输塔材

图 1-1-1-4 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 1-1-1-5a 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，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。^[2]

图 1-1-1-5b 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冲击橡胶带，以保护杆子。^[3]

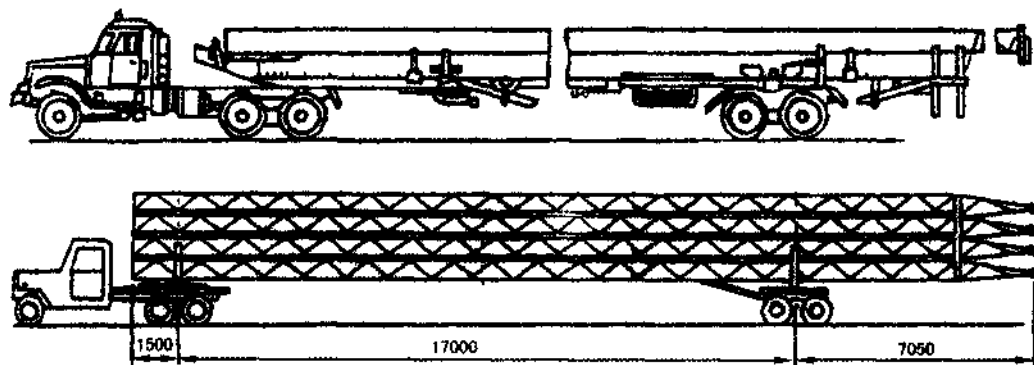


图 1-1-1-4 汽车与拖车运输大型杆塔构件

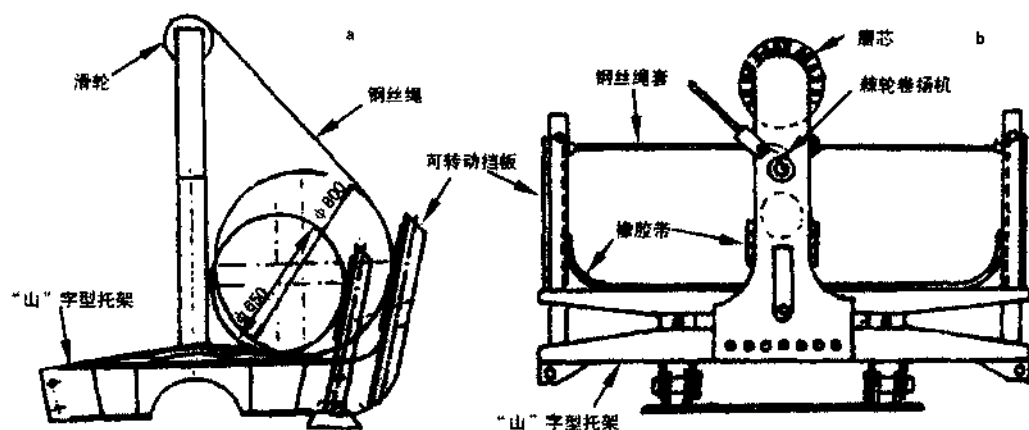


图 1-1-1-5 托架结构

当使用汽车吊来装卸较长、较重的混凝土电杆时，应通过横梁来进行。图 1-1-1-6 所示为是前苏联曾使用的一种专用横梁，可以起吊长 22.6m、重 6t 的电杆。横梁由钢管制成，可在现场拆卸和组装。^[1]

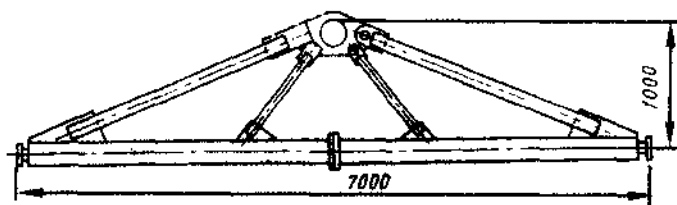


图 1-1-1-6 吊装混凝土电杆专用横梁

第二节 爬犁运输

在山区运输混凝土杆时,在小运道路(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,用于连接牵引钢丝绳,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。^[4]

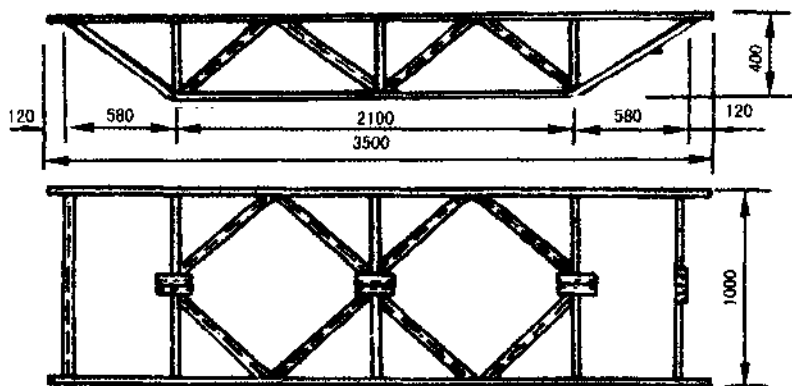


图 1-1-2-1 爬犁外形(云南)

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 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 $3.2\text{m} \times 2.5\text{m}$ (长 $\times$ 宽)。外型尺寸为 $5.3\text{m} \times 2.5\text{m} \times 0.6\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。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 $4.5\text{m} \times 2.4\text{m}$ (长 $\times$ 宽)。^[5]

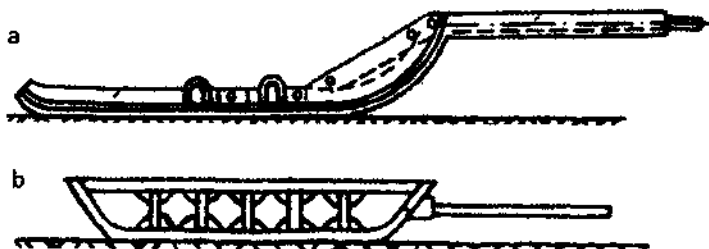


图 1-1-2-2 爬犁外形(前苏联)

第三节 用水泥船运混凝土杆段

安徽送变电公司曾用排水量为 5~8t 的水泥船（即用钢筋混凝土制成的小型内河船）大量运输混凝土杆段。

一、船荷载大小和着力点的选择

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。排水量为 5t 的水泥船允许装 2~3 段混凝土杆，8t 的水泥船允许装 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 100~150mm，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

- 1) 利用船锚，使船不前后移动。
- 2) 混凝土杆段装船时，船不宜靠岸太近，以防搁浅。
- 3) 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从中心向左右吊装,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。

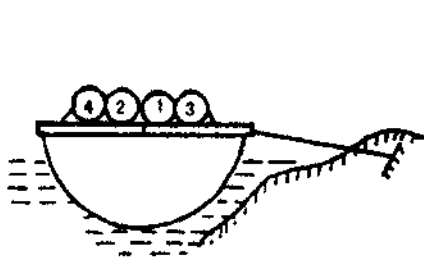


图 1-1-3-2 吊装顺序

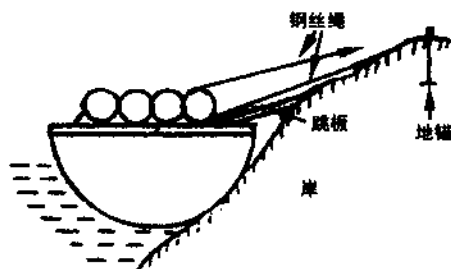


图 1-1-3-3 卸杆方法

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。

1) 如靠岸侧跳板低,可在船上设制动绳,滚动杆段下船。

2) 如靠岸侧跳板高且高差较大时,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,如图 1-1-3-3 所示。

3) 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。^[6]

第四节 拖牵“炮车”运混凝土杆段

一、手扶拖拉机拖车“炮车”

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,吉林送变电公司曾用它来运输混凝土杆段。当把混凝土杆段架放在拖车轴上时,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

手扶拖拉机驾驶员 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 ($\Phi 9.5 \times 50\text{m}$) 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，就可保证平稳运输。在急转弯时，要前后互相配合，前左后右，或前右后左，在对角线的方向进行控制，此时要特别注意防止杆头杆尾碰伤手脚。中间设 1 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。此时杆头人员将绳控紧控制方向，要求人员离杆 2m，杆尾用手扶好杆身，不使杆头前冲碰地。反之上坡时杆头人员扶杆，杆尾人员拉紧尾绳控制方向。

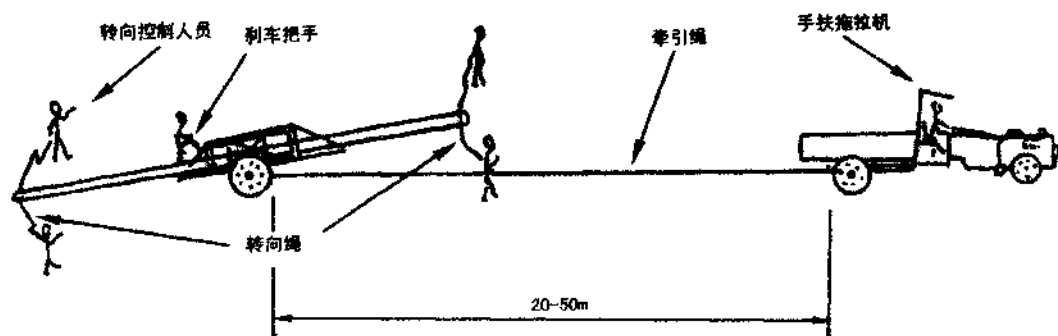


图 1-1-4-1 “炮车”运杆段方法

在上陡坡时，先将牵引绳加长到 40~50m，利用惯性冲上陡坡。当惯性即将消失时，手扶拖拉机已冲到坡顶。在手扶拖拉机牵引不上时，可先推炮车，后推手扶拖控机，并利用钢钎、木杆输车轮轴，互相推控冲上陡坡。在烂泥路时，同样也先加长牵引绳至 40~50m，先把手扶拖拉机抬过去，然后在手扶拖控机或手扶拖拉机所带绞磨牵引下抬炮车。

4. 安全注意事项

- 1) 炮车本身刹车要可靠，使用前作好检查，刹车控制人员要认真负责。
- 2) 炮车前后位人员在转弯、过沟、道路不平、下陡坡时，要特别注意杆段头尾的晃动，以防杆头杆尾摆动碰伤手脚。
- 3) 手扶拖拉机和炮车要密切配合，下陡坡和转急弯时，应控制好刹车，手扶拖拉机放慢速度或停止牵引。
- 4) 装卸车时，各部位人员要配合好，同起同落。^[7]

二、下挂式“炮车”

日本一种简易的类似运杆车如图 1-1-4-2 所示，其特点是杆子下挂在车的下方，利用车上的紧线器和钢丝绳可方便地升降杆子，而且由于重心低，不易翻车，但对运输的道路要求较高。