



输变电工程 起重与运输

施工技术手册

李庆林 主编



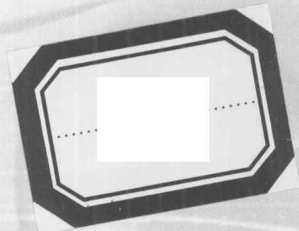
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

输变电工程 配平与运输

第二版

（供配电专业）





输变电工程 起重与运输

施工技术手册

李庆林 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本手册依据相关标准,紧密结合输变电工程施工现场实际,总结了国内输变电工程起重与运输施工的常规成熟经验,介绍了施工中涌现的新机具、新工艺、新技术等创新成果,还从施工计算理论上进行分析和阐述,介绍了主要起重与运输机具设备的规格、性能、试验、检验及选择方法。

本手册包括起重与运输两部分内容共十九章。主要包括:起重与运输的基本知识;输变电工程中常用的起重机具性能、技术要求及选择计算方法;工地大、小运输及装卸的方法;索道运输、电力大件的装卸与运输;主要起重机具的试验、检验等。

本手册主要适用于从事输变电工程施工、监理及运检维修的技术人员阅读使用,也可供从事起重与运输专业机具制造的人员、工程设计人员及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

输变电工程起重与运输施工技术手册 / 李庆林主编. —北京:
中国电力出版社, 2013. 11
ISBN 978 - 7 - 5123 - 4586 - 7

I. ①输… II. ①李… III. ①输电 - 电力工程 - 起重机械 - 技术手册 ②输电 - 电力工程 - 运输机械 - 技术手册
IV. ①TH2 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 131555 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 11 月第一版 2013 年 11 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 34.75 印张 852 千字
印数 0001—3000 册 定价 110.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

输变电工程起重与运输施工技术手册

编写委员会

主任 李 东

副主任 凌一朋

成 员 李庆林 卢 勇 郭学闻 何能文 彭小武

审稿委员会

主任 郑怀清

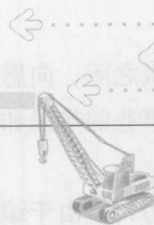
副主任 方森华 周 强

成 员 (排名不分前后)

李桂生 吴汉镕 吴 冰 艾肇富 曾志伟

王洪英 徐守琦 姜效礼 郑晓广 余秋安

马 勇 张 航 马凤臣 褚玉杰



前言

输变电工程建设中,起重与运输作业是施工的重要组成部分,是施工安全的关键控制点。为了适应高压电网特别是超高压和特高压电网建设的需要,广西送变电建设公司组织我们编写了本手册。

本手册遵照我国现行的国家标准、行业标准及相关工艺导则等编写。如果有新标准发布,而本手册与新标准有矛盾时,应按新标准执行。有些产品尚无国家标准和行业标准时,参考了个别的企业标准。还有些产品虽已有了新标准,但依据旧标准生产的产品还在使用,为了便于读者参考,将新旧标准的产品型号同时编入本手册。

本手册包括起重与运输两部分内容共十九章。第一章为起重与运输施工的基本知识;第二章至第十二章主要介绍了输变电工程中常用的起重机具性能、技术要求及选择计算方法,并列出了一些常用图表;第十三章至第十六章介绍了工地大、小运输及装卸的方法;第十七章、十八章分别介绍了索道运输和电力大件运输;第十九章介绍了主要起重机具的试验、检验等。

本手册具有下列主要特点:内容符合本行业相关技术安全规程、规定;既总结了国内输变电工程起重与运输施工的常规成熟经验,还特别介绍了施工中涌现的新机具、新工艺、新技术等创新成果;紧密结合输变电工程施工现场实际,从施工计算理论上进行分析和阐述;还介绍了主要起重与运输机具设备的规格、性能、试验、检验及选择方法,具有较强的实用性、可操作性和较广的适用范围。

本手册初稿完成后,征求了广西送变电建设公司部分工程技术人员的意见并进行了修改;本手册第二稿完成后,又特别邀请国家电网公司交流建设分公司郑怀清先生、中国南方电网有限责任公司基建部方森华先生、广西电网公司周强先生及行业内一些专家(名单见审稿委员会成员)进行审查,他们提出了许多建议和意见,在此表示衷心的感谢。我们在历时3年多的编写过程中查阅了相关的参考文献和论文资料,跟踪了部分创新成果,经过分析和整理,使手册内容更加充实、完善。

本手册编写过程中,得到了广西送变电建设公司领导、工程技术人员和施工人员的大力支持和帮助。还得到了常熟电力机具公司陈建高先生、西安兴庆电力科技公司崔随林先生及其他一些机具厂家提供的参考资料。协助本手册编写的人员还有冯正夏、汪硕、李梅等同志。借此机会向所有在本手册编写过程中给予支持、帮助的同志表示诚挚的

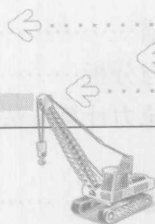
谢意。

本手册主编借手册出版之际，向恩师——已故送变电施工专家官其斌、周炽珩先生表示深切怀念。他们对送变电事业的热爱和执著，工作上的勤奋和认真，技术上的严谨和刻苦永远值得后人学习。

虽然我们尽了很大努力，但由于编者的经验和水平有限，书中不妥和疏漏在所难免，请读者批评指正。

编 者

2012 年 11 月 18 日于南宁



目 录

前言

第一章 起重与运输施工基本知识	1
第一节 起重运输方式分类与作业指导书	1
第二节 物体的计算载荷	3
第三节 物体的重心距离及截面特性计算	7
第四节 起重机具的安全系数及相关系数	12
第五节 钢与钢材	15
第六节 变形铝合金及其铆钉性能	30
第二章 起重抱杆	34
第一节 抱杆的分类	34
第二节 抱杆的材料	38
第三节 抱杆的长细比	39
第四节 轴心受压构件的稳定系数	46
第五节 风载荷的计算	53
第六节 单抱杆横截面积的选择计算及容许中心压力	55
第七节 单抱杆组立杆塔的施工计算	66
第八节 座地四摇臂抱杆的强度验算	84
第九节 座地双摇臂内拉线抱杆的强度验算	91
第十节 内悬浮外拉线铰接式抱杆简介	101
第十一节 金属抱杆制造和使用的要求	104
第三章 临时地锚	106
第一节 临时地锚分类	106
第二节 土壤的分类	107
第三节 地锚(坑锚)的承载能力计算	110
第四节 桩锚的承载能力计算	119
第五节 地钻锚	122

第六节	岩石锚筋地锚	127
第七节	地锚的试验与分析	130
第八节	桩锚容许抗拉力计算方法的讨论	133
第四章	起重滑车及滑车组	139
第一节	起重滑车的分类及构造	139
第二节	滑车组	142
第三节	滑车的技术要求及使用安全	146
第四节	滑车主要零件的强度校验	149
第五节	起重吊钩的等级及强度校验	152
第六节	起重滑车的型号及基本尺寸	157
第七节	绝缘滑车与吊点滑车	166
第五章	钢丝绳	171
第一节	钢丝绳的分类及标记代号	171
第二节	钢丝绳的材料及技术要求	176
第三节	钢丝绳的选择	179
第四节	常用的钢丝绳规格	183
第五节	防扭钢丝绳	190
第六节	钢丝绳的附件、连接及使用	196
第六章	纤维绳	204
第一节	纤维绳分类	204
第二节	白棕绳	206
第三节	绝缘绳	209
第七章	吊装索与吊装带	218
第一节	吊装索的张力计算	218
第二节	吊装索规格的选择	221
第三节	合成纤维吊装带	223
第四节	吊装带的选择、使用与储存	228
第五节	常用绳扣系结法	231
第八章	卸扣、索具螺旋扣与 U 形挂环	233
第一节	卸扣的分类、标记和技术要求	233
第二节	卸扣的额定起重量及主要尺寸	237
第三节	卸扣的强度验算	243
第四节	索具螺旋扣	245

第五节 U 形挂环	246
第九章 简单起重机具	249
第一节 千斤顶	249
第二节 葫芦	255
第三节 双钩紧线器	263
第十章 绞磨与建筑卷扬机	267
第一节 绞磨	267
第二节 建筑卷扬机	273
第三节 卷扬机的安装计算	279
第十一章 流动式起重机	283
第一节 履带起重机	283
第二节 汽车起重机	291
第三节 起重机作业的施工计算	313
第四节 汽车起重机吊装杆塔实例简介	316
第五节 履带起重机吊装 LV 型铁塔实例简介	322
第六节 变电站钢构架的吊装	325
第十二章 塔式起重机与组立铁塔专用吊装机械	332
第一节 塔式起重机的类型及组塔专用吊装机械的发展	332
第二节 建筑用塔式起重机型号及主要技术性能	333
第三节 QTZB 型双水平臂自升式起重机简介	339
第四节 自平衡塔式起重机简介	342
第五节 LB3 型双平臂座地抱杆简介	343
第六节 塔式起重机的安装	345
第七节 塔式起重机吊装铁塔构件与拆除	350
第八节 组塔专用吊装机械使用的安全要求	353
第九节 组塔专用吊装机械组立铁塔的施工计算	356
第十三章 工地运输的准备工作	363
第一节 工地材料站的选择	363
第二节 工地运输的平均运输半径	364
第三节 器材的运输量及运输工具的选择	370
第四节 公路与临时运输道路	372
第五节 临时桥梁涵洞的修建与加固	374
第六节 临时性装配式钢桥的设计与试验	381

第十四章	器材及设备的装卸	389
第一节	器材分类及装卸安全.....	389
第二节	细长构件的支吊点选择.....	392
第三节	细长构件的人力装卸.....	395
第四节	细长构件的机械装卸.....	401
第五节	叉装机装卸设备.....	403
第六节	电气瓷套管的装卸.....	405
第十五章	汽车运输	407
第一节	汽车型号及分类.....	407
第二节	载重汽车的技术性能和交通安全一般规定.....	409
第三节	汽车运输器材(含电气设备).....	414
第四节	专用汽车的行驶安全要求.....	416
第十六章	工地小运输	419
第一节	人力与畜力运输.....	419
第二节	马车与炮车运输.....	421
第三节	履带式山地运输车简介.....	427
第四节	船舶运输.....	429
第五节	导向浮升装置简介.....	431
第六节	变电站站内运输.....	433
第十七章	架空索道运输	435
第一节	架空索道的分类.....	435
第二节	架空索道的构成与设计原则.....	439
第三节	承载索规格的选择.....	442
第四节	牵引索规格的选择.....	446
第五节	中间支架的设计计算.....	448
第六节	架空索道的试验、安装及维护.....	450
第七节	架空索道运输实例简介.....	452
第十八章	电力大件的装卸与运输	459
第一节	电力大件装卸及运输作业的前期准备.....	459
第二节	履带起重机装卸电力大件.....	461
第三节	桅杆起重机装卸电力大件.....	464
第四节	液压推进滑移法装卸电力大件.....	472
第五节	牵引法装卸电力大件.....	476
第六节	电力大件的公路运输.....	479

第十九章	起重机具的试验与检验	487
第一节	起重机具试验的基本要求	487
第二节	起重抱杆的试验与检验	490
第三节	起重滑车及吊钩的试验与检验	491
第四节	钢丝绳的试验、检验及报废标准	495
第五节	卸扣的试验与检验	505
第六节	螺旋千斤顶与油压千斤顶的试验与检验	508
第七节	手拉葫芦与手扳葫芦的试验与检验	512
第八节	机动绞磨与建筑卷扬机的试验与检验	517
第九节	起重机械的检查、维护与使用	519
附录 A	简单梁的支点反力、剪力、最大弯矩及挠度的计算公式	524
附录 B	等边角钢截面尺寸及截面特性	527
附录 C	工字钢截面尺寸及截面特性	531
附录 D	槽钢的截面尺寸及截面特性	533
附录 E	热轧圆钢、方钢、六角钢的尺寸及理论质量	535
附录 F	钢管的截面尺寸及截面特性	537
附录 G	风级划分表	540
附录 H	主要参考技术标准	541
参考文献		543

起重与运输施工基本知识

第一节 起重运输方式分类与作业指导书

输变电工程施工中，起重与运输作业占有重要地位，在输电线路施工各工序中更发挥着重要作用。例如，在线路基础工序中，起重与运输作业主要是吊装和运输预制混凝土构件或钢构件；在杆塔工序中，起重与运输作业主要是吊装和运输电杆、铁塔等；在架线工序中，起重与运输作业主要是吊装和运输架线器材、牵张设备等。

一、起重方式分类及准备工作

1. 起重方式分类

根据起重所用机具的不同，起重作业大体可按下列方式分类：

- (1) 简单机械起吊物件，如用千斤顶、葫芦等。
- (2) 用起重抱杆及机动绞磨或卷扬机起吊物件，如用单抱杆吊装铁塔、用人字抱杆整立杆塔等。
- (3) 用起重机吊装物件，如汽车起重机、履带起重机等。

2. 选择起重方式的要素

选择起重方式应着重考虑下列三个要素：

- (1) 被吊物件的外形尺寸、质量、性质及作业批量。
- (2) 被吊物件所处的地理条件，即地形、地质、地貌。
- (3) 施工单位自身的机具及人员条件。

3. 起重作业的准备工作

实施起重作业前应做好下列准备工作：

- (1) 对被吊物件及地理条件进行调研，掌握起重方式三个要素的相关资料。
- (2) 进行起重施工技术设计。
- (3) 编写起重施工作业指导书。
- (4) 对施工人员进行技术安全交底。

二、工地运输分类及准备工作

输电线路工程的器材运输与变电站的器材、设备运输有着明显的差别，输电线路的器材运输主要是指工地材料站到杆塔位的运输，而变电站的材料站一般设置在变电站内或附近，因此工地运输主要是针对输电线路的器材运输。

1. 工地运输的分类

工地器材运输按运输到达目的地不同分为：

(1) 输电线路工地大运输。即由工地材料站将器材运至杆塔位或靠近杆塔位的道路（水道或道路）旁的运输。

(2) 输电线路工地小运输。即将器材由靠近杆塔位的道路旁运至杆塔位的运输。

(3) 变电站站内运输。

2. 运输方式的分类

根据不同的道路交通条件，应采用不同的运输方式，例如公路上应采用汽车运输，河流上应采用船舶运输，山区无通行道路时宜采用人力或架空索道运输等。

(1) 汽车运输。汽车是工地大运输的主要机械。

(2) 船舶运输。船舶运输主要适用于线路靠近河流或湖泊的地区，它适用于工地大、小运输。

(3) 炮车与马车运输。适用于工地小运输。

(4) 架空索道运输。利用架空钢索构成运输器材的通道，主要适用山区或地形地貌较复杂的地区。

(5) 人力与畜力运输。

(6) 其他机具运输。如履带车、直升机运输等。

3. 工地运输前的准备工作

(1) 对运输器材进行调查和统计。

(2) 对运输道路及桥梁、涵洞进行调查，必要时应进行修补。

(3) 编制工地运输施工组织设计。

(4) 选择运输工具，安排运输作业计划，以满足工程进度计划要求。

三、编写起重与运输作业指导书

起重与运输作业在输变电工程中涉及范围较广，哪些项目应编写作业指导书，哪些项目可不编写，尚无统一规定。基本原则是：重要的危险度较高的项目应编写作业指导书，如输电线路施工中的杆塔组立、变电站的构支架吊装及大件设备运输等；其他项目可不编写作业指导书，但应有施工安全措施。

作业指导书是施工技术文件，经批准后，它就是施工作业必须执行的技术规定，未经批准人同意不得随意变更，其重要性可想而知。编写前应做好各项准备工作，包括现场调查、熟悉设计图纸及进行施工技术设计等。一项完整的作业指导书至少应包括下列内容：

(1) 编写依据。

(2) 工程概况。工程概况除介绍与作业指导书相关的工程参数及背景外，还应介绍与作业指导书有直接关联的作业项目有关参数。例如，组立杆塔作业指导书还应介绍杆塔型式及外形尺寸、分段质量等参数。

(3) 适用范围。作业指导书是针对特定工程特定作业项目编写的，具有极强的针对性，

因此,适用范围应明确适用的工程项目直至标段,明确是什么作业项目。

(4) 工艺流程。

(5) 施工准备。包括技术、机具、材料及人员等。

(6) 操作工艺要求。操作工艺要求应与工艺流程中的步骤相一致。工艺要求除操作要求外还应配置现场布置图及工器具、人力配置表等。

(7) 安全风险辨析及预防措施。

(8) 质量检验标准及控制措施。

(9) 强制性条文的执行措施(如果作业项目的规范、规程有强制性条文时,应有此内容)。

(10) 环境保护措施。

(11) 应急预案。

作业指导书一般应由编写人、审核人及批准人签字后方能成为有效的技术文件。

第二节 物体的计算载荷

输变电工程起重与运输作业前,必须明确起重与运输的物体质量或重力,以便进行起重施工技术设计及选择起重与运输工具。

一、物体重力的计算

(1) 当已知物体质量时,物体的重力为

$$G=9.807Q_0 \quad (1-1)$$

式中 G ——物体的重力, N;

Q_0 ——物体的质量, kg。

质量为 1kg 的物体,在地球引力场中,受到的引力为 9.806 65N (近似取 9.807N)。所以,重力(单位 N) = 9.807 × 质量(单位 kg)。

(2) 当已知物体密度时,物体的重力为

$$G=9.807V\rho\times10^{-3} \quad (1-2)$$

式中 V ——物体的体积, cm^3 ;

ρ ——物体的密度, g/cm^3 。

常用物体的密度见表 1-1。

表 1-1

常用物体的密度

固 体		液 体	
名 称	$\rho (\text{g}/\text{cm}^3)$	名 称	$\rho (\text{g}/\text{cm}^3)$
铸钢	7.8	柴油	0.83~0.92
钢材	7.85	汽油	0.7~0.73
可锻铸铁	7.3	机油	0.91
纯铜	8.9	变压器油	0.86~0.89
铝(含铝合金)	2.71	酒精(CH_4O)	0.79
铝材	2.78	海水	1.03

续表

固 体		液 体	
名 称	ρ (g/cm ³)	名 称	ρ (g/cm ³)
金	19.32	水 (4℃时)	1.0
银	10.50	树脂	1.6
花岗岩	2.6~3.0	甘油 (C ₃ H ₈ O ₃)	1.26
石灰岩	2.6~2.8	丙酮 (C ₃ H ₆ O)	0.79
大理石	2.6~2.7	锌	7.05
电石	2.22	铅	11.4

(3) 已知材料容重时, 材料的重力为

$$G=9.807V_1\gamma \tag{1-3}$$

式中 γ ——材料的容重, kg/m³;

V_1 ——材料的体积, m³。

容重与密度都是单位体积的物体质量。容重往往指体积内含有空隙。当单位体积内无空隙时密度与容重相等。

常用工程材料的容重见表 1-2。

表 1-2 常用工程材料的容重

名 称	容重 γ (kg/m ³)	名 称	容重 γ (kg/m ³)
水泥	1200	生石灰	1100
片石	1600	熟石灰	1200
碎石	1300~1450	竹材	900
河卵石	1650	软木	250~450
粗沙	1400~1900	泡沫塑料	200
细沙	1400~1650	胶合液	560
普通混凝土	2200~2400	红松	440~550
振捣钢筋混凝土	2500~2600	杉木 (云杉)	400~490 (417)
离心钢筋混凝土	2600~2860	纯橡胶	930
红砖	1400~2200	煤	1200~1800
石棉板	1300~1400	砌片石 (干、浆)	2100~2300

二、物体的计算载荷

(1) 物体的计算载荷为

$$Q_1=K_hG \tag{1-4}$$

式中 Q_1 ——起吊物体的计算载荷, N;

K_h ——载荷系数, 当设计图纸已明确物体质量时取值宜为 1.0, 当物体质量不准确时取值宜为 1.05~1.1。

(2) 物体运输的计算载重量。物体在运输过程中, 因道路不平可能引起振动, 在验算

强度（例如混凝土电杆等）和选择运输机具时物体计算载重量应考虑动荷系数 K_1 ，即

$$Q_2 = K_1 Q_0 \tag{1-5}$$

式中 Q_2 ——物体运输的计算载重量，kg。

K_1 ——物体运输的动荷系数，其值宜为：用船舶运输， $K_1 = 1.1$ ；用火车运输， $K_1 = 1.2$ ；用汽车运输， $K_1 = 1.2 \sim 1.3$ （公路取 1.2，乡村大道取 1.3）；用胶轮板车运输， $K_1 = 1.2 \sim 1.25$ ；用索道运输， $K_1 = 1.1 \sim 1.2$ 。

三、物体体积的计算

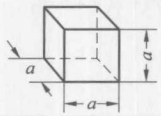
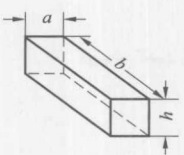
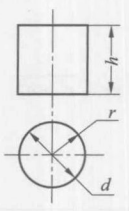
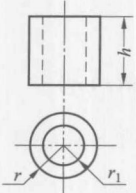
计算物体重力之前，应根据物体形状计算其体积，物体的体积应按下述方法计算：

（1）对于单一形状物体，如正方体、长方体等，可依据表 1-3 的计算公式计算体积。

（2）对于复合形状的物体，即由两个或以上单一形状物体组合而成的物体，其体积可拆分为几个单一形状物体，先计算各个单一物体的体积，再相加得出复合形状物体的体积。

常用体积及表面积的计算公式见表 1-3。

表 1-3 常用体积及表面积计算公式

名 称	简 图	计 算 公 式	
		表面积 S 、侧表面积 M	体积 V
正方体		$S = 6a^2$	$V = a^3$
长方体		$S = 2(ab + bh + ah)$	$V = abh$
圆柱		$M = 2\pi rh = \pi dh$	$V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$
空心圆柱 (管)		$M = \text{内侧表面积} + \text{外侧表面积}$ $= 2\pi h(r + r_1)$	$V = \pi h(r^2 - r_1^2)$