

—《能源工程技术丛书》—

生物质能技术 在电厂开发中的应用

于永合 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物质能技术在电厂开发中的应用/于永合主编. —武汉:武汉大学出版社, 2015. 10

能源工程技术丛书

ISBN 978-7-307-16528-1

I. 生… II. 于… III. 生物能源—发电厂—经营管理
IV. F407. 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 196609 号

责任编辑:郭 芳

责任校对:王小倩

装帧设计:张希玉

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市金港彩印有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:22 字数:414 千字

版次:2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-16528-1 定价:132.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 简 介

本书结合生物质能技术在电厂开发中的应用实践,丰富和完善了项目群管理理论,创立了生物质能发电项目群全寿命期管理方法,总结了生物质能技术在电厂开发应用中的成功经验。

全书包含六个部分,即生物质能发电技术、生物质能电厂项目群管理、生物质能电厂项目群全寿命期管理、生物质能电厂项目开发与筹备、生物质能电厂的建设管理、生物质能电厂的生产运营等。

本书内容理论结合实际,实用性强。对生物质能源事业的健康发展具有很好的指导作用,特别适合从事新能源投资开发、工程建设、生产运行、工程总承包或咨询、设计、施工、调试、运行维护及监理单位的技术、管理人员以及高等院校相关专业师生参考使用。

主编简介

于永合:男,汉族,1964年生,内蒙古翁牛特旗人,祖籍山东省文登县。1987年毕业于东北电力学院,后就读于华北电力大学。双学士;教授级高级工程师;国家注册咨询工程师(投资);国家一级注册建造师;国家博士后科研工作站科研合作导师;国家火电厂烟气脱硫工程后评估(第一批)专家;中国电机工程学会电力土建专业委员会(第四、五届)委员;国家“863计划”和国家“973计划”重点课题组主要成员。

一直在电力、环保和新能源等行业的各类企业中工作,先后担任过技术员、专责工程师、工地主任、项目经理、副总工程师、总工程师、分公司总经理、公司副总经理、运营总监、建设总监等职务。

主持指挥了一百多项火电、风电、水电、生物质发电、环境保护等工程建设。其中,有一项参建工程荣获2007年度“中国建筑工程鲁班奖”;有一项总承包工程荣获2008年度“中国电力优质工程奖”;有一项参建工程荣获2010—2011年度“国家优质工程银质奖”;有一项总承包工程被确认为2011年“国家重点环境保护实用技术示范工程”;有一项总承包工程于2013年荣获“全国第六届优秀工程总承包铜钥匙奖”。

编著了《火力发电厂烟气脱硫工程总承包项目管理手册》、《火电厂湿法脱硫装置故障分析与处理》、《生物质能电厂开发、建设及运营》等专著;与人合编了《安全施工漫谈》一书;参与编著了“环保装备技术丛书”之《燃煤烟气湿法脱硫设备》等书籍。其中,《火力发电厂烟气脱硫工程总承包项目管理手册》于2013年荣获“第二届湖北出版政府奖(图书奖)”。

参加了多项国家、地方和企业科研项目和管理课题的研究,取得了多项国家发明专利、实用新型专利和科技与管理成果。先后荣获了“国家工程建设(勘察设计)优秀QC小组奖、优秀

QC 小组二等奖”；“全国优秀工程咨询成果三等奖”；“全国优秀工程总承包铜钥匙(项目经理)奖”；“湖北省科技进步一等奖”；“湖北省技术发明二等奖”；“湖北省优秀工程咨询成果一等奖、二等奖、三等奖”；“湖北省工程建设(勘察设计)优秀 QC 小组一等奖”；“武汉市科技进步一等奖、二等奖”；“铁岭市优秀论文一等奖”等奖项。



《生物质能技术在电厂开发中的应用》 编审委员会

主 编 于永合

参 编 徐尹生 宋泽清 杨 虹 易 明
裴林科 韩 旭 王南平

目 录

1	生物质能发电技术	1
1.1	生物质能发电现状	1
1.2	生物质能电厂前期工作与技术经济指标	5
1.3	生物质能电厂燃料及其输送系统	21
1.4	生物质能电厂锅炉及其辅助系统	34
1.5	生物质能电厂汽轮发电机及其辅助系统	38
1.6	生物质能电厂水工设施	50
1.7	生物质能电厂仪表和控制	55
1.8	生物质能电厂总平面布置	57
1.9	生物质能电厂主厂房布置	63
2	生物质能电厂项目群管理	70
2.1	项目群管理组织	70
2.2	项目群管理原则	79
2.3	项目群管理制度	85
2.4	项目群管理重点	90
3	生物质能电厂项目群全寿命期管理	96
3.1	项目群全寿命期管理概述	96
3.2	项目群全寿命期开发与筹备管理重点	98
3.3	项目群全寿命期建设管理重点	100
3.4	项目群全寿命期生产运营管理重点	103
3.5	项目群全寿命期经营管理重点	107
4	生物质能电厂项目开发与筹备	112
4.1	电厂的投资开发	112
4.2	电厂的建厂筹备	121
4.3	建设、生产协助事项	137
5	生物质能电厂的建设管理	144
5.1	建设管理模式	144
5.2	设计管理	146
5.3	采购管理	162

2 | 生物质能技术在电厂开发中的应用

5.4	施工管理	169
5.5	调试管理	184
5.6	进度管理	188
5.7	现场 SHE 管理	199
5.8	质量管理	235
5.9	建设工程的监理	249
5.10	合同费用管理	257
5.11	工程竣工档案管理	268
6	生物质能电厂的生产运营	274
6.1	组织机构与生产准备	274
6.2	生产管理及运行优化	276
6.3	设备的检修与维护	293
6.4	燃料管理	304
6.5	安全与应急管理	307
6.6	CDM 监测工作	323
	参考文献	338

1 生物质能发电技术

1.1 生物质能发电现状

1.1.1 中国能源状况

1.1.1.1 能源分类

能源的形式多种多样,按获得方法可分为一次能源和二次能源。一次能源是从自然界取得后未经加工的能源,它来源于太阳光、地球固有的物质和太阳系行星运行的能量;二次能源是经过加工与转换而得到的能源。按被利用的程度分为常规能源和新能源,常规能源是指技术上比较成熟且已被大规模广泛利用的能源;新能源通常指尚未大规模利用、在新技术基础上加以研究开发利用的能源。按是否可再生分为可再生能源和非再生能源,自然界中可以不断再生并有规律的得到补充的能源称为可再生能源;随人类的利用而越来越少的、总有枯竭之时的能源称为非再生能源。

常见的能源类别见表 1.1。

表 1.1 常见的能源类

类别		常规能源	新能源
一次能源	可再生	水能	生物质能、太阳能、风能、潮汐能、海洋能、地热能
	非再生	原煤、原油、天然气	油质岩、核燃料
二次能源		焦炭、电力、氢气、蒸汽、酒精、汽油、柴油、煤油、重油、液化气、木炭、沼气等	

1.1.1.2 中国能源形势

2014年11月19日,国务院发布《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》。到2020年,中国一次能源消费总量控制在48亿吨标准煤左右,一次能源生产总量达到42亿吨标准煤,能源自给能力保持在85%左右。煤炭消费总量控制在42亿吨左右,煤炭消费比重降至62%以内,非化石能源占一次能源消费比重达到15%。

据权威数据显示,2008年,中国一次能源总产量达到26亿吨标准煤,是世界第一大的能源生产国。2011年,中国的能源消费总量为34.8亿吨标准煤,成为世界第一大能源消费国。2013年,中国的电力装机容量达到12.5亿千瓦,也已成为世界上装机容量最大的国家。

2013年,中国一次能源生产总量是34亿吨标准煤,占全球总供应量的18.9%。中国的能源消费总量为37.5亿吨标准煤,占全球消费量的22.4%。在中国能源消费结构中,煤炭占比为66.0%,石油占比为18.4%,天然气占比是5.8%,非化石能源占比达到9.8%,中国仍然是世界上最大的能源生产国和消费国。

截至2014年底,中国发电装机容量是136019万千瓦。其中,火电为91569万千瓦(含煤电82524万千瓦、气电5567万千瓦),占全部装机容量的67.32%。水电30183万千瓦(含抽水蓄能2183万千瓦),占全部装机容量的22.19%。风电9581万千瓦,占全部装机容量的7.04%。太阳能发电2652万千瓦,占全部装机容量的1.95%。核电装机容量达2010万千瓦,占全部装机容量的1.48%。

我国是一个人口众多的国家,但一次能源储量少,其中煤的储量为世界的12.6%,石油储量为世界的1.34%,天然气储量为世界的1.35%。而我国人口占世界的1/4,相比之下,一次能源人均占有量相当低。随着我国经济持续快速发展,对能源需求量日益增加,2008年,全国能源消费总量为29.1亿吨标准煤;2009年,全国能源消费总量为30.7亿吨标准煤;2010年,全国能源消费总量为32.5亿吨标准煤;2011年,全国能源消费总量为34.8亿吨标准煤;2012年,全国能源消费总量为36.2亿吨标准煤;2013年,全国能源消费总量已达到37.5亿吨标准煤,主要以煤炭为主。其中,煤炭生产量为36.8亿吨(约占全球总产量的47%),煤炭消费量为36.5亿吨。石油进口2.8亿吨,对外依存度为58%。天然气进口527亿立方米,对外依存度达31%。据初步预测,到2020年,全国能源消费总量将超过50亿吨标煤。根据环保局统计,2003年我国耗煤15.8亿吨,全国探明的煤炭可开采的储量为618亿吨,30年左右将被开采完。就世界煤、石油、天然气储量而言,煤只能用230年,石油只能用44年,天然气只能用62年。

世界一次能源缺乏,而我国一次能源更是紧缺,各国都在寻找开发可再生能源,如太阳能、风能、垃圾废料、生物质能等。我国在能源开发、节约利用等方面做了大量工作,垃圾和生物质能发电装机容量也已接近 1000 万千瓦,但与国际发达国家相比仍有很大差距。

1.1.2 生物质能的发展趋势

生物质能是由植物的光合作用固定于地球上的太阳能,资源分布广泛,人类对生物质能的利用由来已久。随着能源需求的快速增长及资源的急剧减少,生物质能的开发利用越来越受到许多国家的重视。欧洲如丹麦、德国等大力发展生物质能发电,南美洲如巴西致力于生产生物酒精。

我国政府及有关部门对生物质能的利用也极为重视,开展了多种生物质能利用的研究与开发,例如,通过发酵后得到沼气为农村人口提供优质的生活燃料;利用生物质制取技术得到的甲醇、乙醇,可以替代部分汽油或柴油作为内燃机的燃料;直接用于锅炉燃烧发电及供热;汽化后获得可燃性气体,不仅可以用于发电,还可以合成生物柴油。

中国生物质能主要利用方式如图 1.1 所示。

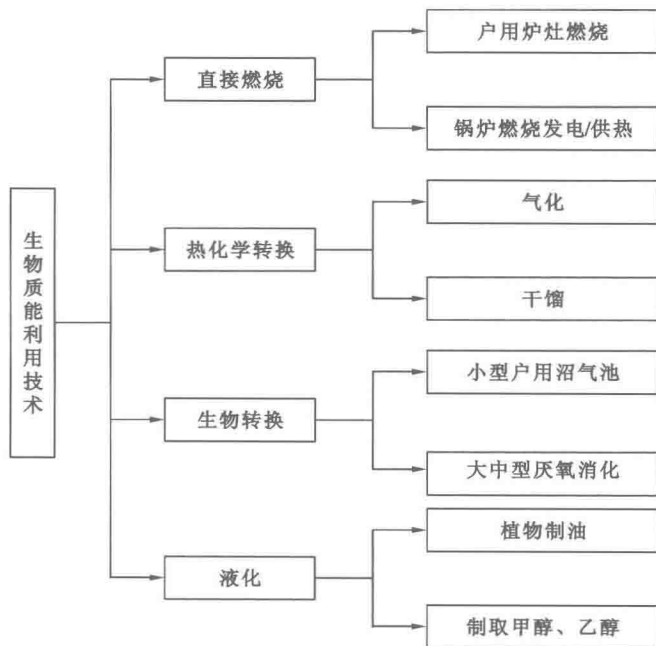


图 1.1 我国生物质能利用技术

目前可供利用开发的资源主要为生物质废弃物,包括农作物秸秆、薪柴、禽畜粪便、工业有机废弃物和城市固体有机垃圾、薪炭林等。在众多生物质中,种植速生能源林是解决生物质燃料不足的一个较好的途径。

1.1.3 中国生物质燃烧发电技术概况

利用生物质能发电是我国迫切需要的,是解决能源出路的最好途径之一。为此,我国于2005年2月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议通过了《可再生能源法》,目的是为了可再生能源的开发利用,增加能源供应,改善能源结构,保障能源安全,保护环境,实现经济社会的可持续发展。根据《可再生能源法》的规定,可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源,该法明确指出:国家将可再生能源的开发利用列为能源发展的优先领域,通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施,推动可再生能源市场的建立和发展;国家鼓励各种所有制经济主体参与可再生能源的开发利用,依法保护可再生能源开发利用者的合法权益。

生物质能发电作为新能源领域的一个重要组成部分,已越来越多地受到多方面的关注,随着国家各项产业政策的相继出台,生物质燃烧发电将步入投资建设的高峰期。

生物质燃烧发电因资源量限制了其装机规模,目前电厂的装机容量原则上控制在30 MW以内,属小型火力发电的范畴。因小型火电项目受到国家政策的严格控制,《小型火力发电厂设计规范》自1994年发布后至今未做修订,随着我国国力的增强和技术的进步,其某些方面已经不能适应电力建设发展的要求;而《火力发电厂设计技术规程》适用于125~600 MW级的大型火力发电。通过对早期生物质燃烧发电厂安装及投运过程的调研,建设部组织编制了《秸秆发电厂设计规范》(GB 50762—2012),作为首次编制的行业规范目前已正式发布实施。

生物质燃烧发电的原理及工艺流程与常规火力发电没有区别,主辅机设备均为传统的定型产品,其区别主要在于燃料的不同带来的相关系统及设备的差异,以及由此造成的总平面布置上的不同。

1.2 生物质能电厂前期工作与技术经济指标

1.2.1 生物质能源开发利用的政策法规

(1) 国家为可再生能源的开发利用出台了一系列政策性文件,如:

- ① 《中华人民共和国可再生能源法》;
- ② 《节约能源法》;
- ③ 《能源法》;
- ④ 《国务院关于加强发展循环经济的若干意见》(国发[2005]22号);
- ⑤ 《国务院关于发布实施〈促进产业结构调整暂行规定〉的决定》(国发[2005]40号);
- ⑥ 《国家发展改革委关于印发〈可再生能源产业发展指导目录〉的通知》;
- ⑦ 《国家发展改革委关于印发〈可再生能源发电有关管理规定〉的通知》(发改能源[2006]13号);
- ⑧ 《国家发展改革委关于印发〈可再生能源中长期发展规划〉的通知》(发改能源[2007]2174号);
- ⑨ 《农林生物质直接燃烧发电项目管理办法(征求意见稿)》;
- ⑩ 《国家发展改革委关于生物质发电项目建设管理的通知》(发改能源[2010]1803号)。

(2) 国家在税收、产品价格、财政、贷款等方面也制定了相应的优惠政策,以推动我国再生能源的发展,如:

- ① 《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》(财建[2006]237号);
- ② 《关于印发〈节能技术改造财政奖励资金管理暂行办法〉的通知》(财建[2007]371号);
- ③ 《关于印发〈秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法〉的通知》(财建[2008]735号);
- ④ 《财政部、国家发改委、税务总局、林业局关于〈发展生物能源和生物化工财税扶持政策〉的实施意见》(财建[2006]02号);
- ⑤ 《关于部分资源综合利用及其他产品增值税政策问题的通知》(财税[2001]98号);
- ⑥ 《关于印发〈可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法〉的通知》(发改价格[2006]7号);
- ⑦ 《可再生能源电价附加收入调配暂行办法》(发改价格[2007]44号);

⑧《可再生能源发电有关管理规定》(发改能源[2006]13号);

⑨《国家发展改革委〈关于完善农林生物质发电价格政策〉的通知》(发改价格[2010]1579号)。

(3) 国家除出台上述的政策性文件外,在技术、管理方面制定的相关办法及规定有:

①《生物质能开发利用管理暂行办法(讨论稿)》;

②《非粮食生物液体燃料试点示范项目暂行管理办法(讨论稿)》;

③《主要农业生物质资源评价方法(讨论稿)》;

④《农作物秸秆直接燃烧发电项目资源调查与评价技术规定(试行)》;

⑤《秸秆发电厂设计规范》(GB 50762—2012);

⑥《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》(环发[2008]82号);

⑦《关于发布项目申请报告通用文本的通知》(发改投资[2007]1169号)。

1.2.2 前期开发主要工作

各省发改委对于生物质能电厂的核准程序略有差别,基本工作流程如图1.2所示。

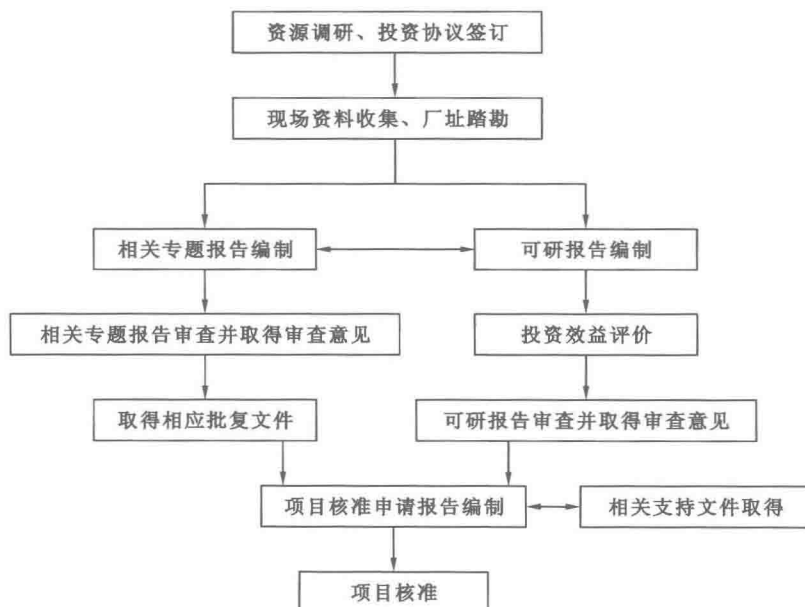


图 1.2 生物质能电厂的核准程序

需委托有资质的单位编制的专题报告有:接入系统、环境影响、水土保持、水资源论证、地震安全性评价、地质灾害危险性评估等;需取得有关主管部门对项目接入系统、土地预审、环境保护、水土保持、取水许可申请以及热电联产等的批复文件。

生物质能电厂的核准流程与小型火力发电厂基本一致,特别之处在于以下两点:

(1) 国家的相关文件已提出需重视生物质能发展规划工作,项目必须进入国家“十二五”规划;

(2) 必须由专业机构进行秸秆资源调查与评价,并撰写资源调查与评价报告,须严格按《农作物秸秆直接燃烧发电项目资源调查与评价技术规定》进行相关工作。

1.2.3 厂址选择

1.2.3.1 选址原则

(1) 发电厂的厂址选择,按规划选厂和工程选厂两个阶段进行,并分别作为初步可行性研究和可行性研究的主要内容之一。

(2) 发电厂的厂址选择,需结合地区土地利用规划、城镇总体规划及区域秸秆分布、现有生产量、可供量进行。综合厂址的自然环境条件、交通运输条件、建设条件和社会条件等因素,经技术经济综合评价后确定。

1.2.3.2 选址工作程序

- (1) 至项目现场收集相关资料;
- (2) 根据收集的资料进行分析研究,做好室内选址工作;
- (3) 厂址现场踏勘和补充收集资料工作(规划选址一般不进行现场勘探工作);
- (4) 对厂址进行比选,根据规定比选厂址不能少于2个;
- (5) 确定初选厂址,并向当地政府有关部门汇报、沟通。

1.2.3.3 厂址选择条件

(1) 厂址用地。

① 用地原则。

土地是有限的自然资源,是农业的基本生产资料,是各类工程项目进行建设的重要物质基础和人类赖以生存的基本条件。电力项目建设必须认真贯彻“十分珍惜和合理利用每寸土地,切实保护耕地”的基本国策。选址时应优先利用荒地、劣地及非耕地,不得占用基本农田。

选址中需根据当地建设总体规划,在规划的建设用地上进行选址,按规定应至少选2个厂址进行比选。在确定比选厂址时,需充分考虑场地土石方工程量。

② 用地规模。

国家能源局《农林生物质直接燃烧发电项目建设技术导则》第3.2条规定:厂内干料棚(室内料库)及露天堆放的总储量一般按项目5~10天燃耗考虑;第5.2条规定:厂区占地面积根据项目建设规模控制在6~10 hm²(公顷)以内,即每个电厂占地面积不超过150亩。

一般情况下生物质能电厂生产及辅助区占地需100亩,50亩料场可满足10天的燃耗,同时考虑电厂所处的地域条件、因燃料的季节性而设置燃料二级堆场及灰渣综合利用场地等原因,电厂总占地按200亩[即(250~350)m×(380~530)m]~300亩[即(300~400)m×(500~670)m]考虑比较合适。厂址地块以矩形为优,其场地利用率较高。

厂址场地标高应大于50年一遇的洪水位和内涝水位,主厂房地面标高应高于50年一遇的洪水位以上0.5 m,岸边水泵入口地面标高不应低于100年一遇的洪水位。

(2) 电厂水源条件。

厂址选择尽量靠近水源。电厂工业用水量与供水系统(分为直流系统、循环系统)、冷却介质(水或空气)、项目所在地区的气象条件(与循环水冷却倍率有关)等有关。

目前,绝大多数生物质能电厂均采用二次循环供水系统,电厂工业用水量的参考值如下:

2台12 MW机组,补水量约为145 t/h(直流供水系统,水量为1.8 m³/s);1台25 MW或1台30 MW机组,补水量约为150 t/h(直流供水系统,水量为1.6 m³/s);以上补充水量均考虑全厂30 t/h的供热条件。若采用空气冷却,用水量可节约50%以上,但工程投资将增加1500万元左右,煤耗将增加8~10 g/(kW·h)。

电厂水源需可靠,设计枯水条件需保证:从河道取水时,需取取水点频率为95%的最小流量;从水库取水时,需取频率为95%的枯水年水量。

全厂生活水最大用水量约为0.5 m³/h。生活给水水源一般来自自来水公司供水管网。

(3) 电厂燃料供应条件。

生物质发电燃料主要有:农业秸秆(成熟农作物收获籽实后的剩余部分和枝状林作物的统称)、林业废弃物(采伐剩余物、造林剩余物、加工剩余物等,简

称林业“三剩物”)和森林抚育间伐资源等、农作物籽实外壳、林作物籽实外壳和木屑等少量碎料(通称辅助燃料)。

秸秆又分为硬质秸秆和软质秸秆两类,硬质秸秆有:棉花秸秆、大豆秸秆、树枝、木材加工下脚料等木本类植物。软质秸秆有:玉米、小麦、水稻、高粱、甘蔗、芦苇等草本类农作物秸秆。

生物质燃料供应量、运输半径、价格、质量(如含水量)等,将直接影响电厂的生死存亡,据介绍,目前国内绝大部分生物质能电厂都是亏损的,其原因是多方面的,而燃料是主要问题之一。

目前2台12 MW机组或1台25 MW等级机组,需燃料量为18万吨/年左右(年利用小时按6000 h考虑)。

电厂所需燃料供应宜在半径80 km范围内获得。

(4) 工程地质条件。

厂址不应选在危岩、滑坡、岩溶发育、泥石流地段和地震断裂带以及地震时发生滑坡、山崩、地陷地段。地震烈度必须按照国家颁布的现行的《中国地震烈度区划图》和《中华人民共和国防震减灾法》确定。

选址中应尽量选在地质构造与区域稳定性好、地貌类型单一、场地地质条件好、地基承载力较高、宜采用天然地基的地段上。

建(构)筑物地基分天然地基与人工地基两类。根据地质勘察资料,当天然地基的允许承载力不能满足建(构)筑物基础荷载要求时,对地基进行人工处理,如桩基、换填、强夯等,即称为人工地基;反之,则称为天然地基。根据有关资料,电厂单机容量为12~25 MW时,天然地基主要受力层[地基主要受力层是指基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度),且厚度不小于5 m的范围]的地基承载力标准值 $f_k \geq 180$ kPa(不含湿陷性黄土)。

(5) 电厂出线条件。

电厂接入系统一般采用架空线路。电厂出线回路数根据电厂容量、出线电压等级、输电线路长度等因素确定。

① 出线走廊要求。

1回35 kV线路,出线走宽 ≥ 8 m;导线对地面最小距离:居民区为7 m,非居民区为6 m,交通困难地区为5 m;导线与建筑物之间最小距离为4 m。

1回110 kV线路,出线走宽 ≥ 13 m;导线对地面最小距离:居民区为7 m,非居民区为6 m,交通困难地区为5 m;导线与建筑物之间最小距离为5 m。

1回220 kV线路,出线走宽 ≥ 20 m;导线对地面最小距离:居民区为7.5 m,非居民区为6.5 m,交通困难地区为5.5 m;导线与建筑物之间最小距离为6 m。