

声明

本人郑重声明：此处所提交的工程硕士专业学位论文《石景山区配电网络分析与规划》，是本人在华北电力大学攻读工程硕士专业学位期间，在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果。据本人所知，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得华北电力大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 于强 日 期： 2010.6

关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解华北电力大学有关保留、使用学位论文的规定，即：①学校有权保留、并向有关部门送交学位论文的原件与复印件；②学校可以采用影印、缩印或其它复制手段复制并保存学位论文；③学校可允许学位论文被查阅或借阅；④学校可以学术交流为目的，复制赠送和交换学位论文；⑤同意学校可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(涉密的学位论文在解密后遵守此规定)

作者签名： 于强
日 期： 2010.6

导师签名： 郭书林
日 期： 2010.6

摘 要

掌握石景山区的经济发展情况,对配电网进行规划研究,是提高石景山区电网安全水平,是电网的坚强可靠的基础。本文首先对论文工作中的基本理论和方法进行了简要的介绍,并从石景山电网规划思路和电网现状,分析了电网存在的主要问题。文章分析了石景山地区经济和社会的发展,对其特点进行了分析。通过采用空间负荷密度预测法进行负荷预测。文章对电网建设进行总体规划,总结了发展思路和总体目标以及配电网发展的技术原则,进行了石景山配电网的建设安排。

最后,结合分析数据给出了相应规划方案。本文通过数据对石景山电力需求预测进行分析,进行电网建设总体规划和建设安排。同时,对电网建设投资估算及分析了资金筹措方法。

关键词: 配电, 网络, 分析, 规划

ABSTRACT

That controlling the condition of economic development for Shijingshan section and carrying on an investigation into programming of distribution network will raise security of Shijingshan network. It is also the foundation to promising the strong and dependable for the network. First this paper introduces the basic theory and method, and analyses the problems of the network with the planning ideas and situation of Shijingshan network. The paper introduces the Characteristic of the regional economy and the social development to carry on the load forecasting by using the method of space load density forecasting and giving the saturation load forecasting. The paper gives the master plan of the network construction, and illuminates the development direction and general target of network construction.

At last, this paper analyses the programming and the load forecasting of Shijingsha distribution network with the actual data, and then gives the total construction planning and the instruction programming. It also analyses investment estimation and financing method for the network construction.

Yu Lei (Electrical Engineer)

Directed by Prof. Guo ChunLin

KEY WORDS: distribution, network, analysis, programming

目 录

中文摘要

英文摘要

第一章 引言	1
1.1 选题背景及其意义	1
1.2 国内外研究动态	2
1.3 课题研究内容	3
第二章 石景山区电网规划思路和电网现状	5
2.1 石景山电网规划基本思路.....	5
2.2 石景山区网现状	5
2.3 石景山区电网特点及存在的主要问题.....	9
第三章 石景山地区经济及社会发展	11
3.1 石景山地区发展目标	11
3.2 石景山空间发展规划	11
第四章 电力需求预测	14
4.1 石景山区负荷与电量历史数据分析.....	14
4.2 石景山区分类负荷历史数据分析.....	15
4.3 负荷预测方法	16
4.4 石景山区饱和负荷预测.....	19
4.5 石景山区“十二五”期间负荷预测.....	23
第五章 石景山电网建设规划	26
5.1 发展思路	26
5.2 输变电工程建设	26
5.3 110KV 主接线形式	26
5.4 石景山变电站选址及定容结果	28
第六章 石景山区中压配电网规划	30
6.1 配电网规划总体目标论	30
6.2 规划所采取的主要技术原则	30
第七章 电网建设投资估算及资金筹措方法	36
7.1 投资估算	36
7.2 资金筹措方法	36
第八章 结论	37
参考文献	38
致 谢	40

在学期间发表的学术论文和参加科研情况	41
--------------------------	----

第一章 引言

1.1 选题背景及其意义

1.1.1 选题背景

随着社会的发展,国民经济水平的日益提高,电能已成为人类生活和社会活动中应用范围最广、与现代社会紧贴最近、于人们生活质量影响最大的一种能源。

石景山区是北京近代重工业的发源地和集聚区,地处首都东西轴和西部发展带的交汇点,2008年石景山总人口为73万人,其中常住人口53万人,流动人口20万人。近几年来,随着石景山地区的快速建设发展,首钢公司逐步迁出北京市,地区整体规划建设布局发生较大调整,北京市给予了石景山区“首都功能拓展区和城市职能中心、综合服务中心、文化娱乐中心”的全新定位,石景山区由此进入了经济社会发展的战略转型期,正在全力打造北京CRD(首都文化娱乐休闲区),努力把石景山区建设成为生态良好、环境优美、宜商宜居、健康时尚的现代化首都城区。

为此,要满足人民生活水平提高对电力的综合需要,保障地区全面、协调和可持续发展,需要提高地区输配电能力,将石景山电网建设成“供需和谐有序、系统安全稳定、网络坚强可靠、设备先进规范、技经指标优良”的世界一流电网,可以为北京城市建设、经济社会发展和居民生活水平提高提供坚强的电力保障。

1.1.2 选题的目标

根据石景山区经济发展情况和总体规划,结合配电网现状,通过研究分析,规划其配电网达到以下目标和效益:

- ◇ 提高供电可靠性,建设一张可靠、合理的电网。
- ◇ 为石景山地区经济发展服务,满足负荷发展的需要并适当超前。
- ◇ 网络结构合理,站点布局简明、可靠,接线形式统一,运行可靠灵活,有利于防止区域性大面积停电;具有充足的供电能力,适应负荷和电源建设发展的长远需求;各级电压的变电总容量与用户负荷之间,输变配电设备容量之间、有功和无功容量之间比例协调,经济合理;电网的安全稳定性,应满足《电力系统安全稳定导则》的要求。各级电网的供电可靠性应符合“供电安全准则”的规定;在长远规划框架内电网的建设布局应适当超前负荷的发展,做到近期与远期相结合,新建和改造相结合,合理安排电网规划项目的建设和投产。
- ◇ 供电可靠性指标达到99.99%以上;电压合格率达到99%以上。
- ◇ 有利于环境保护,形成发展绿色能源,优化地区能源结构。

1.2 国内外研究动态

城市电网规划工作是一项非常复杂、艰巨的工程系统,它具有规模大、确定因素多且涉及领域广的特点^[1],它不仅需要大量有关城市配网发展的历史数据还需对现状网进行深入的系统分析,同时,也要对城市的未来发展情况有比较全面的了解。完全依靠规划工作者的经验规划未来的城市配电网,已经远远不能满足现代电力系统的要求。以计算机作为工具,采用新技术新方法对城市配电网进行优化规划已在电力系统界达成了共识。开发研制高效、方便、实用的具有计算机智能决策功能的城市电网规划计算机辅助决策系统^{[2][3]},既是我国城市电网建设当前的迫切需要,也是今后长期发展的必要的科学手段。

城网规划的主要目标是安全可靠、调度灵活、确保电能质量、简化接线及电压等级。城网规划主要内容包括现状分析、负荷预测、变电站优化、配电网网架优化、配电网潮流计算、可靠性分析、短路容量校验、投资估算及效益分析等,其中负荷预测、配电网规划是城网规划工作的基础。电力负荷预测是电力系统规划的基础。规划的目的和要求不同,负荷预测的内容和方法不同。电源规划和输电规划通常需要进行系统负荷预测,而配电规划则要求负荷预测不仅预测负荷的量,而且要提供负荷增长位置的信息,即负荷的空间分布^[4]系统负荷预测是对供电区域负荷总量的预测。目前,人们对它的研究比较深入,方法也多,如回归分析法、时间序列法、经济计量模型、神经网络、专家系统、模糊预测等。但管采用哪种方法,系统负荷预测都是基于这样一个事实:系统负荷增长有较强规律性。

作为城网规划的基础,空间负荷预测是一个突出问题,这是一项涉及地理学、社会学和经济学的研究领域,需要优化技术和现代科学决策方法有机结合的一门交叉学科,对其进行深入的研究无疑将极大的提高空间负荷预测的质量和城市电网规划方案的适应性。实际中历史数据的缺乏、收集信息的不完备性以及多种负荷预测方法和预测渠道数据的综合调整都是空间负荷预测研究中必须解决的问题。规划理论和辅助决策系统的设计中另一个重要课题是人机协同规划问题,包括如何协调专家与规划软件的合作关系、保存和运用专家知识和经验、开发具有智能的规划系统等关键技术问题。决策问题贯穿了整个规划过程,如何在决策因素日趋复杂的情况下科学合理地完成决策,也是一个迫切需要解决的问题。最后,如何处理负荷预测与规划决策中的各种不确定性因素,建立系统的“柔性”规划模型^[5~10]与城网规划软件,制定出适应性强的规划方案一直是规划工作者追求的一个目标。配电网规划问题在本质上是一个离散、非线性、多目标的组合优化数学问题,国内外有很多文献报道了各种优化方法在配网规划中的应用,这些算法大致可以分为传统数学优化算法、启发式算法^[11]和智能优化算法。启发式方法不同于优化方法,它是以直观分析为依据的算法,通常基于系统某一性能指标对可行路径上线路参数的灵敏度,根

据一定的原则,逐步迭代得到满足要求的方案为止。这种方法直观,灵活,计算时间短,便于人工参与决策且能给出符合工程实际的较优解。缺点是单网络规模大时,指标对于每一组方案差别不大,难以优化选择。文献^[12]使用支路交换法进行配电网规划,文献^[13]将支路交换应用于多阶段规划,文献^[14]改进了支路交换法,通过计算支路交换后的目标函数的差值缩小支路交换的范围,减少计算时间。文献^[15]则将配电网规划和图论结合,利用寻找最小生成树和最小路径树的方法来寻找最优的网络结构。

对于变电站优化选址,国内外专家对方法进行了大量研究。1974年,Masud 首先采用线性整数规划方法优化变电站容量^[16]。文献^[17]采用最小路径算法和运输问题模型进行变电站的规划和优化。文献^[18]采用分枝定界法进行规划计算。文献^[19]列举了配电网规划的8种方法,并进行了测试和比较。文献^[20]提出一种两阶段变电站优化规划方法。首先应用试探组合和平面多中位选址方案,通过大范围搜索,获得新建变电站的站址、站容作为初始方案;以初始方案为基础,详细考察各个变电站周边环境,针对初始方案中需要进行位置调整变电站,确定相关的可能移动方案,将所有可能的移动方案组合,成为下步优化题的备选方案;然后进一步在备选方案中选择经济性占优且实际可行的方案。这是一种对上述两种选址方法折中的选址方案,具有一定科学性。证据理论又称信度理论(Evidential Theory),是从证据的角度来考虑对事物的信任问题,它把整个问题分解成若干个子问题子证据,在对子问题子证据处理后,合成得到整个问题的结论。

1.3 课题研究内容

调查石景山区电网(不包括首钢地区电网,其属于独立小电网)运行设备基本情况,了解负荷增长情况和需求侧情况,并对区域的电网建设进行分析。

1.3.1 现状网分析

对区域配电网现状进行全面评价,发现现状网存在的线路供电可靠性低、变电站10KV出现间隔利用不均匀等诸多方面的问题,以便对规划提出可行方案。

1.3.2 负荷预测

以2009年为规划基准年,2030年为电量、负荷预测远景年(饱和负荷)。根据石景山远期规划方案,进行远景年负荷分布预测。采取多种负荷预测法进行负荷预测。

1.3.3 中压配网规划

根据空间负荷预测结果和变电站分布情况,选用适合的接线方式完成石景山区中压配电网规划。

本人在进行负荷预测时，充分考虑每个规划功能地块的具体情况，逐个进行负荷分布预测，并得到符合实际需要而且较优的配电网规划。

第二章 石景山区电网规划思路和电网现状

2.1 石景山电网规划基本思路

以国家电网公司《城市电力网规划设计导则》和北京市电力公司《北京电网规划设计技术原则》为指导，以石景山电网“十一五”规划为基础，从调查现有电网入手，分析区内的负荷增长趋势，立足于提高现有电网供电能力，优化电网结构，满足日益增长的负荷需求；以规划年内负荷分布情况为基础，规划建设目标年电网，在兼顾远近衔接、新建和改造结合的前提下，实现现状电网到目标电网的过渡；努力实现电网接线的规范化和电网结构可靠合理；以石景山区规划为基础，以合理规范的电网接线为前提，提出符合规划的变电站站点布置和线路路径规划；注重高、中、低各电压等级的衔接与过渡，优化各电压等级间配合关系，符合地区电网建设的实际情况。

规划范围：石景山电网规划范围为石景山区用地范围（首钢用地除外），总占地面积约为 85.74 平方千米。

规划期限为 2009 至 2015 年。展望 2030 年电网。

2.2 石景山区电网现状

截止到 2008 年 12 月底，石景山境内有发电厂 2 座，分别是高井发电厂（6×100MW）和石景山热电厂（4×200MW）。石景山地区目前没有 500kV、220kV 公司所属变电站。

地区内 110kV 变电站获取的电源方式如下：鲁谷站从位于丰台区的 220kV 张仪变电站获得电源；杏石口站 T 接海淀区宝山站至西山站的双回线路上；古城站及金顶街站均 T 接宝山站至高井电厂双回线路上；五里坨站 T 接在高井至首钢九总降双回线路上；南山站 T 接在吕村至齐庄牵引站双回线路上。

2.2.1 石景山地区中压配电网电源

截至 2008 年 12 月底，石景山地区共有 6 座 110kV 变电站，各变电站主变负载率及 10kV 出线间隔利用情况如表 2-1 所示。

表 2-1 石景山地区 110kV 变电站情况（至 2008 年 12 月）

序号	变电站名称	10kV 出线 间隔总数	10kV 实际 出线数	剩余 10kV 出 线间隔数	10kV 间隔 利用率%	主变最大负载率
1	鲁谷站	41	30	11	73.2	51%、34%、49%

2	古城站	28	20	8	71.4	50%、69%
3	杏石口站	24	22	2	91.7	66%、60%
4	金顶街站	20	3	17	15	2.2%、6.7%
5	南山站	28	7	21	25	3.1%、2.3%
6	五里坨站	28	1	27	3.6	--
合计	--	169	83	86	49.1	--

现状石景山区内变电站共有 10kV 线路间隔 169 个，已利用间隔 83 个，剩余间隔 86 个，利用率为 49.1%。

由表 2-1 可以看出，石景山区 6 个 110kV 变电站中 10kV 出线间隔利用率大于 70%的变电站有 3 个，分别为鲁谷站、古城站和杏石口站；金顶街站、南山站和五里坨站这 3 个新投运的变电站 10kV 出线较少。随着地区负荷的增长及田村站、沙窝站、衙门口站 10kV 切改工程的实施，石景山地区变电站 10kV 出现间隔利用率将有大幅提升。

2.2.2 石景山地区 10kV 开闭站现状

截至 2009 年 5 月，石景山区共有 10kV 开闭站 19 座，分别为海特、西井、八宝、八角、八角南、杨庄、永乐、金鼎、重聚园、西黄村、远洋、西山枫林、晋元庄、山水、茂华、六合园、万达、柳明园、雍景，总容量为 28060kVA，各开闭站均为 201、202 开关受电，245 开关断开，245 自投运行。共有小区配电室 113 座，总容量为 188120kVA；共有箱变 167 座，总容量为 78345kVA。

石景山区 10kV 开闭站现状情况如表 2-2 所示。

表 2-2 石景山区 10kV 开闭站现状（至 2009 年 5 月）

序号	开闭站名称	上级电源站名称	已用 10kV 间隔	剩余 10kV 间隔	受电路名称	额定电流值	最大负载率 %
1	八角	古城	9	3	八角一 210	560	46.43%
					八角二 250	560	51.61%
2	八角南	古城	10	2	八角南一 211	552.5	28.60%
					八角南二 251	552.5	21.72%
3	金鼎	杏石口	9	2	金鼎一 224	552.5	26.43%
					金鼎二 243	552.5	18.28%
4	杨庄	杏石口	11	0	杨庄一 223	552.5	43.98%

序号	开闭站名称	上级电源站名称	已用 10kV 间隔	剩余 10kV 间隔	受电路名称	额定电流值	最大负载率 %
					杨庄二 242	552.5	38.37%
5	西黄村	杏石口	4	5	西黄村一 217	552.5	31.67%
					西黄村二 238	552.5	7.96%
6	海特	杏石口	11	0	海特一 222	552.5	35.66%
					海特二 236	552.5	35.29%
7	西井	杏石口	12	2	西井一 225	552.5	15.75%
					西井二 246	552.5	16.11%
8	重聚园	鲁谷	6	1	重聚园一 231	552.5	20.45%
					重聚园二 260	552.5	13.94%
9	八宝	鲁谷	13	0	八宝一 219	552.5	54.66%
					八宝二 254	552.5	43.08%
10	永乐	衙门口	12	0	永乐一 244	600	7.83%
					永乐二 260	600	12.83%
11	远洋	鲁谷	10	2	远洋一 218	552.5	35.29%
					远洋二 251	552.5	29.50%
12	西山枫林	杏石口	12	0	西山枫林一 219	552.5	23.35%
					西山枫林二 244	552.5	23.35%
13	山水	鲁谷	8	4	山水一 223	552.5	15.02%
					山水二 241	552.5	12.85%
14	茂华	南山	8	4	茂华一 235	552.5	8.45%
					茂华二 255	552.5	9.27%
15	晋元庄	杏石口	4	8	晋元庄一 220	552.5	9.41%
					晋元庄二 239	552.5	11.40%
16	万达	南山	6	8	万达一 232	552.5	14.10%
					万达二 252	552.5	17.23%
17	柳明园	田村	0	12	南玉泉路 17# 杆	552.5	18.79%
18	六合园	鲁谷	8	2	六合园一 232	552.5	26.50%
					六合园二 262	552.5	27.00%

序号	开闭站名称	上级电源站名称	已用10kV间隔	剩余10kV间隔	受电路名称	额定电流值	最大负载率%
19	雍景	杏石口	8	4	雍景一 214	552.5	24.45%
					雍景二 240	552.5	17.89%
合计			161	59			

由表 2-2 可见，石景山地区若不考虑山水和茂华 2 座新建的 10kV 开闭站，现状开闭站已用 10kV 出线间隔 161 个，剩余 10kV 出线间隔 59 个，其中杨庄、八宝等开闭站已无 10kV 出线间隔；石景山地区现状每座 10kV 开闭站均采用双回 10kV 电源进线，双回电源进线平均负载率均小于 50%，满足 N-1 安全运行标准。

2.2.3 石景山地区 10kV 线路现状

石景山地区共有 10kV 电缆 193 条，其中变电站出线 66 条，开闭站出线 127 条，10kV 电缆总长度约为 427 km；共有 10kV 架空线 26 条，均为变电站出线，10kV 架空线总长度约为 90km。

2008 年夏季最大负荷日，石景山区架空线路负载情况如表 2-3 所示。

表 2-3 2008 年夏季最大负荷日石景山区架空线负载情况

站名	路名	开关号	最小元件	最大负载率	线路长度 (km)
古城站	厂东门路	219	552.5	48.36%	4.5
	苹果园路	263	552.5	58.46%	5
	北辛安路	222	560	72.14%	10
	古城南路	260	560	46.07%	4
	橡胶路	261	552.5	63.17%	6
鲁谷站	张仪路	213	600	51.50%	10
	苗圃路	217	600	29.50%	5
	京原路	261	600	41.50%	4
	五芳园路	235	552.5	13.57%	8
	八宝山南路	214	552.5	26.24%	5
杏石口站	八大处路	214	600	47.17%	9
	金顶街路	215	600	52.00%	4
	福田寺路	217	552.5	43.62%	4

	西井中路	234	600	0.00%	3
	西下庄路	235	600	0.00%	3
金顶街站	模式口路	243	552.5	37.47%	6
	琅山村路	260	552.5	0.00%	5

由表 2-3 可知,石景山地区 10kV 局属架空线路主干线长度超过 8km 的线路有 4 条,分别为北辛安路、张仪路、五芳园路和八大处路;10kV 局属架空线最大负载率高于 50% 的线路有 5 条,分别为苹果园路、北辛安路、橡胶路、张仪路和金顶街路,其中北辛安路负载率达到 72.14%。

石景山区现状 10kV 架空线所带低压配变多为单电源进线。

现状石景山区 10kV 线路主干导线截面以架空截面 185 mm^2 和电缆截面 240 至 300 mm^2 为主,从主干导线截面上看能够满足负荷的发展需要。

2.3 石景山区电网特点及存在的主要问题

石景山区 110kV 电网存在如下问题:

(1) 110kV 电源点供电能力较弱

区域内没有 220kV 变电站 110kV 变电站均从周围其他区取得电源支持,110kV 电源点供电能力薄弱。

(2) 供电可靠性较低

110kV 变电站均未实现第二方向电源,且基本以 T 接方式接入系统,供电可靠性较低。

(3) 负荷分配不均

石景山地区新建的 3 座 110kV 变电站现状主变负载率低,10kV 出线少。

(4) 部分线路运行年限过长

古城变的两回 110kV 电源进线均投运于 60 年代,至今运行年限已达 40 年左右,且为架空线,线路运行环境恶劣。

通过对石景山区中压配电网现状进行的分析可以知道,石景山地区中压配电网具有如下特点:

(1) 10kV 开闭站均采用双回 10kV 电源进线,电源线路平均负载率小于 50%,满足 N-1 安全运行标准;

(2) 部分 10kV 架空线主干线过长,线路负载率偏高,且所带配变多为单电源供电;

(3) 现状 10kV 线路主干导线截面以架空截面 185 mm^2 和电缆截面 240 至 300 mm^2 为主,能够满足负荷的发展需要。

石景山区 10kV 配电网存在如下问题：

(1) 10kV 架空线路供电可靠性低

石景山区 10kV 架空线路投运年代早，主干线平均长度达到 5.3km，有 4 条线路主干线长度超过 8km，有 5 条线路负载率超过 50%，且 10kV 架空线路所带配变多为单电源供电。应该在今后实施 10kV 切改工程及 10kV 架空线入地工程，以提高地区配网供电可靠性。

(2) 变电站 10kV 出线间隔利用不均

石景山区新建的 3 座 110kV 变电站 10kV 出线间隔利用率低，导致 110kV 变电站负载率低，建议尽快实施 10kV 切改工程，以改善地区 110kV 变电站 10kV 出线间隔利用不均的问题。

第三章 石景山地区经济及社会发展

3.1 石景山地区发展目标

随着对石景山的城市功能进行了重新定位，即“一区三中心”——城市功能拓展区、城市职能中心、城市综合服务中心和文化娱乐中心。石景山地区将立足“山水轴园”优势和深厚的“京西文化”底蕴，以建设现代化首都新城为目标，以发展现代服务业、高新技术产业为先导，大力营造生态良好的城市环境和健康时尚的文化氛围，努力打造集文化创意、休闲娱乐、商务金融、高新技术、旅游会展等功能为一体的首都文化娱乐休闲区。

3.2 石景山空间发展规划

按照区域协调整体发展原则，石景山区将结合空间形态和“山水轴园”的优势，按照“东引、中聚、西拓”的空间发展思路，努力打造“一轴、一核、一园、一带、多支点”的空间发展格局。

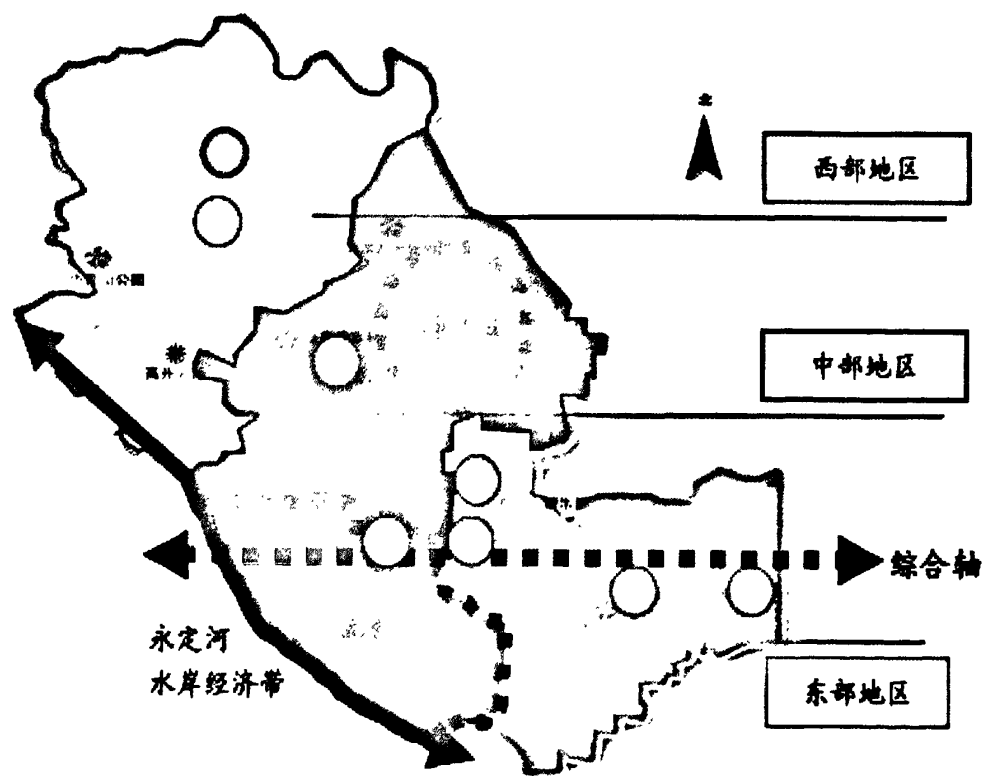


图 3-1 石景山区空间发展布局

长安街西延长线综合轴：发挥长安街西延长线的品牌优势、区位优势和交通优

势，重点打造银河商务区、京西会展商务区、京燕酒店商务区、京西综合商务区和北京国际雕塑园地下商务区。



图 3-2 京西财富大道示意图

首钢新区核心区（京西综合商务区）：首钢新区范围为首钢搬迁调整地区，与周边石景山区、丰台区、门头沟区的部分地域，共同构成协作发展区。

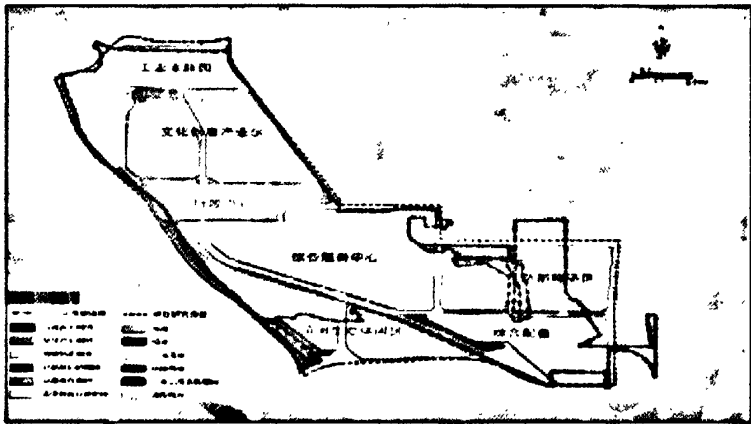


图 3-3 首钢主厂区发展规划图

中关村科技园区石景山园：园区总面积 3.45 平方公里，分为北 I、北 II 和南区三个区域。充分利用石景山科技园加盟中关村科技园区的有利条件，创新发展思路，建设和提升以北 I 区为载体的创意产业核心区、以北 II 区为载体的科技产业先导区、以南区为载体的新兴产业发展区，大力发展新能源、研发设计、移动通信、新材料、节能环保等高新技术产业，积极发展游戏、动漫、数字影视、科技总部服务等符合 CRD 发展定位的新兴产业。



图 3-4 中关村科技园石景山园示意图

永定河水岸经济带：发挥永定河联结门城、丰台区北部的纽带优势，加快对永定河的治理、保护和开发，恢复湿地景观，改善生态环境，加快西部地区基础设施建设。加快五里坨生态建设区、天泰山生态休闲城和西山国际小镇建设，大力发展休闲健身、旅游观光和商业服务等产业，促进石景山区西部地区和周边区域经济联动发展。

若干重要功能区：围绕 CRD 发展定位要求，按照“功能引导项目、项目构建载体、载体聚集产业、产业促进发展”的思路，探索实践“区分功能、规划组团、政府储备、有序推进”的土地开发利用模式，重点推进五里坨生态建设区、银河商务区、北京国际雕塑园地下商务区、京燕商务区、京西会展商务区、TSM 商务区、苹果园交通枢纽商务区和西山国际小镇的建设，加大招商引资力度，重点发展商务办公和总部经济，使其成为重要的产业集群载体和地区经济发展的增长极，辐射和带动

第四章 电力需求预测

电力系统的负荷预测是制定电力系统发展规划的基础,在电力系统安全可靠和经济运行中发挥着越来越重要的作用,是电网工程建设的重要依据。为了保证石景山电网规划的系统性、科学性和综合性,本章采用多种预测方式对石景山地区的负荷和电量进行分析预测。

4.1 石景山区负荷与电量历史数据分析

石景山区面积 85.74 km²,常住人口约 53 万人。其中西北部为山区,占全区面积的 1/3;。通过对石景山区 1999-2008 年负荷电量历史数据进行汇总分析,可以对石景山区的负荷电量发展特点进行分析,详细数据见表 4-1 所示。

表 4-1 石景山地区 110kV 及以下电量负荷数据统计 (1999 至 2008 年)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
常住人口 (万人)	46.5	47	47.9	48.7	49.4	50.3	51.5	52.2	53	53.2
年用电量 (亿 kW·h)	3.05	3.06	4.41	4.90	5.24	5.74	6.29	8.9	9.82	10.03
最大整点负荷 (MW)	77.92	86.37	96.63	119.74	116.00	136.54	160.76	171	175	208
最大负荷利用小时数 (h)	3916	3540	4566	4094	4518	4204	3914	5205	5611	4822

(1) 电量情况

从全社会用电量增长情况来看,石景山地区近年来整体用电量保持平稳快速增长,全年用电量由 1999 年的 3.05 亿 kW·h 增长到 2008 年的 10.03 亿 kW·h。就增长速度而言,石景山地区 2000 年至 2008 年的年用电量平均增长速度为 15.1%,其中 2001 年和 2006 年的年增长率均在 40%以上,地区电力需求旺盛。

(2) 最大整点负荷增长情况

石景山地区近年来最大负荷呈现平稳快速增长的态势。最大整点负荷由 1999 年的 77.9MW 增长到 2008 年的 208MW。就增长速度而言,石景山地区 2000 年至 2008 年的最大整点负荷年均增长率为 11.8%,其中 2002 年的年增长率达到 24%,2004、2005 和 2008 年的年增长率均在 18%左右,这在一定程度上反应了石景山地区整体电力需求增长旺盛。

(3) 最大负荷发生时间及最大负荷利用小时数分析

根据最大负荷发生时间的统计分析,从 1999 年到 2008 年,石景山地区最大负荷均出现在度夏期间,年均最大负荷利用小时数为 4439 小时。考虑石景山地区主

要的变化负荷来自居民空调等，最大负荷发生时间主要集中在夏季湿热期间。随着地区的发展和居民生活水平的提高，居民空调负荷将呈现快速增长的趋势，预计石景山地区最大负荷发生时间仍然在夏季。

4.2 石景山区分类负荷历史数据分析

石景山地区 1999~2008 年各产业用电情况如表 4-2 所示。

表 4-2 石景山地区历年分产业用电构成					单位：亿 kW.h、%			
产业分类	1999 年		2000 年		2001 年		2002 年	
	电量	占比	电量	占比	电量	占比	电量	占比
石景山地区	3.05	100.0	3.05	100.0	4.42	100.0	4.90	100.0
第一产业	0.16	5.25	0.12	3.94	0.11	2.49	0.11	2.24
第二产业	0.48	15.73	0.67	21.97	1.07	24.21	1.16	23.67
第三产业	1.88	61.64	1.34	43.93	2.12	47.96	2.22	45.31
居民生活用电	0.53	17.38	0.92	30.16	1.12	25.34	1.41	28.78
产业分类	2003 年		2004 年		2005 年		2006	
	电量	占比	电量	占比	电量	占比	电量	占比
石景山地区	5.24	100.00	5.75	100.00	6.29	100.00	8.90	100
第一产业	0.12	2.28	0.12	2.09	0.12	1.90	0.12	1.35
第二产业	1.18	22.52	1.18	20.52	1.22	19.40	2.76	31.01
第三产业	2.45	46.76	2.68	46.61	2.98	47.38	3.85	43.26
居民生活用电	1.49	28.44	1.77	30.78	1.97	31.32	2.17	24.38
产业分类	2007 年		2008 年					
石景山地区	电量	占比	电量	占比	电量	占比	电量	占比
全社会用电量	9.82	100	10.03	100				
第一产业	0.11	1.12	0.10	1.00				
第二产业	2.88	29.33	2.57	25.62				
第三产业	4.5	45.82	4.84	48.26				
居民生活用电	2.33	23.73	2.52	25.12				

相应的各产业用电所占比例参见图 4-1 所示。

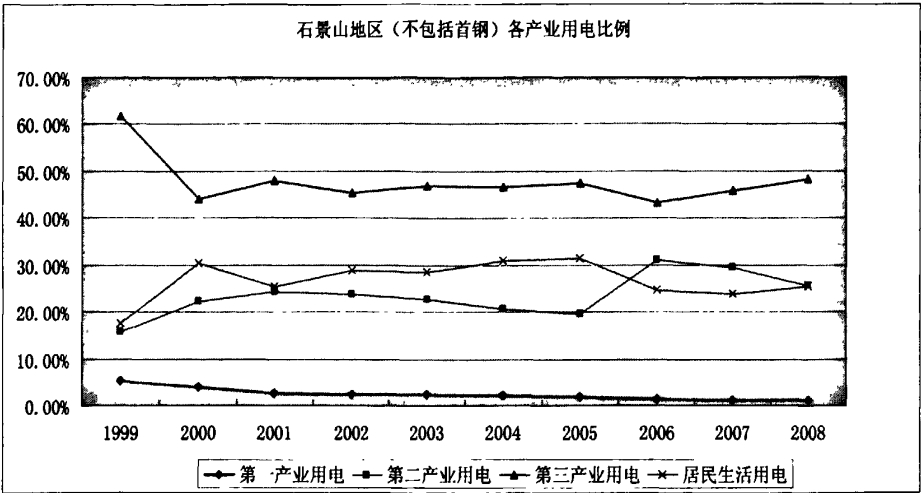


图 4-1 石景山地区各产业用电比例

由表 4-2 和图 4-1 可知，石景山地区第三产业用电需求较大，除 1999 年外，第三产业用电量占全社会用电量的 43%-49%之间；第一产业用电量比例呈下降趋势，由 1999 年的 5.13%下降至 2008 年的 0.1%；第二产业和居民生活用电比例较为稳定，所占比例在 2000 年至 2008 年均介于 21%-31%之间。

4.3 负荷预测方法^[21]

4.3.1 负荷密度法

不同功能的区域，其负荷密度是不同的。利用负荷密度法，一般要将预测区域分成若干功能区，如商业区、工业区、居住区和文教区等，然后根据区域的经济发展规划、人口规划和居民收入水平增长情况等，参照本地区或国内外类似地区的用电水平，选择一个合适的负荷密度指标，推算功能区和整个预测区的用电负荷。

计算公式：

$$W=Ad$$
 (4-1)

式中：A——土地面积；
d——用电密度。

该方法主要适用于土地利用详细规划比较明确的城市区域，我们在石景山区配电网规划预测负荷时采用了该方法。

4.3.2 趋势外推法

当电力负荷依时间变化呈现某种上升或下降的趋势，并且无明显的季节波动，又能找到一条合适的函数曲线反映这种变化趋势时，就可以用时间 t 为自变量，时

序数值 y 为因变量, 建立趋势模型

$$y=f(t) \quad (4-2)$$

当有理由相信这种趋势能够延伸到未来时, 赋予变量 t 所需要的值, 可以得到相应时刻的时间序列未来值。这就是趋势外推法。此类方法利用历史数据通过各种数学模型进行趋势外推, 以获得目标时间段的总量发展规律。

特点: 能从时间上, 对近几年的总量发展有比较强的把握能力; 但难以在空间上把握总量的分布, 不能对突发事件做出反映, 不适合远期预测, 目前常用的有:

(1) 等增长率法

等增长率法是假定今后的电力负荷与过去有相同的增长比例, 用历史数据求出比例系数, 按比例预测未来发展。

(2) 时间序列法

时间序列法是在假定负荷过去的变化规律会持续到将来的前提下, 根据过去的负荷统计数据, 找到其随时间变化的规律, 建立时序模型, 以推断未来负荷数值的方法。

时间序列平滑法是一种常用的确定性的时间序列分析方法。平滑的作用在于消除随机干扰, 这样模式可以外推到将来作为未来预测值。时间序列平滑法包括移动平均和指数平滑法。

①移动平均法是以最近 n 期负荷资料的算术平均或加权平均作为下一期的预测值: 移动平均又可分为一次移动平均和二次移动平均。

②指数平滑法 该方法的基本思想就是对历史数据按照“重近轻远”的原则加以不同的权值进行叠加, 以强化近期数据的作用, 弱化远期数据的影响。常用的指数平滑法有一次指数平滑、二次指数平滑。

指数平滑法的基本公式是:

$$S_t = a y_t + (1-a) S_{t-1} \quad (4-3)$$

式中, S_t —时间 t 的平滑值;

y_t —时间 t 的实际值;

S_{t-1} —时间 $t-1$ 的实际值;

a —平滑常数, 其取值范围为 $[0, 1]$ 。

(3) 相关分析法

相关分析法是寻找负荷与影响因素之间的因果关系, 建立相关分析模型, 通过对观察数据的统计分析和处理进行预测的方法。该方法特点是将影响预测对象的因素分解, 在考察各个因素的变化中, 估计预测对象未来的数量状态。相关分析法可使预测人员清楚地得到负荷增长趋势与其他可测量因素之间的关系。但是需利用较多相关社会经济发展指数, 造成实际预测的困难。

(4) 回归分析法

回归分析方法是变量与变量之间非确定性的统计相关关系，寻求表达 Y 与 $x_1, x_2, \dots, x_r$ 的相关关系的经验回归方程，利用回归方程

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum (x_i - \bar{X})^2} \quad (4-4)$$

在一定可靠度的要求下，预估当自变量 $x_1, x_2, \dots, x_r$ 取确定值时，随机变量 Y 的取值。回归预测方法也存在诸多问题，一是选取的影响因素的预测往往比电力负荷的预测更为困难；二是要求较大的样本数量，数据获取困难；三是自变量之间存在共线性时多元回归方法失效，虽然逐步回归可以改善自变量的筛选效果，但仍不能保证回归方程的可靠性。

(5) 灰色模型法

灰色预测是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。该方法可在数据不多的情况下找出某个时期内起作用的规律，建立负荷预测的模型。

①一阶灰色系统模型

②等维新息模型

③灰色系统包络模型

包络模型的原理是在原始数列和主模型曲线上分别取最大值（上包络点）和最小值（下包络点），然后在此基础上进行建模，得到的二条模型曲线所夹的空间便构成了未来电量的变化区间。这种区间预测在电力行业实用价值很大。在建模时可采用以等维新息模型为基础的包络模型。

4.3.3 弹性系数法

弹性系数法：电力弹性系数是地区总用量平均年增长率与工农业总产值平均增长率的比值，是反映电力发展与国民经济发展之间关系的一个宏观指标。

$$K = VW/V \quad (4-5)$$

$$W_h = (1 + KV)^n W_0 \quad (4-6)$$

式中 W_0 、 W_h —计算期初、期末用电量

K —电力弹性系数

V —国内生产总值平均增长速度

VW —用电量平均增长速度

n —规划年限

一般来说，电力工业适度超前发展，就是电力弹性系数应大于 1，但是由于电力弹性系数是根据地区负荷结构、性质，并对历史资料及各类用电比重发展趋势加以分析后慎重确定的，因此，弹性系数法一般用于校核中期或远期的宏观负荷预测。弹性系数法：电力弹性系数是地区总用量平均年增长率与工农业总产值平均增长率的比值，是反映电力发展与国民经济发展之间关系的一个宏观指标。

4.3.4 其他方法

主要包括：专家系统预测法、优选组合预测法等，主要是提升负荷预测精度。

(1) 专家系统预测法

专家系统预测法是对数据库里存放的过去几年、甚至几十年的、每小时的负荷数据进行分析，从而汇集有经验的负荷预测人员的知识，提取有关规则，按照一定的规则进行预测的方法。专家系统预测法适用于中长期负荷预测。该方法能汇集多个专家的知识经验和占有资料、信息多，考虑的因素也比较全面，有利于得出较为正确的结论。缺点是：受数据库里存放的知识总量的限制；对突发性事件和不断变化的条件适应性差；难以取得确定的长期预测结果。

(2) 优选组合预测法

因为在预测实践中，常常可以对同一问题采用不同的预测方法。不同的预测方法提供不同的有效信息，其预测精度往往也不同。如果简单的将预测误差较大的一些方法舍去，将会丢失一些有用的信息，这种做法对信息是一种浪费，应予以避免。一种更为科学的做法是，将不同的预测方法进行适当的组合，从而形成组合预测方法。其主要目的是综合利用各种方法所提供的信息，尽可能的提高预测精度。只要组合适当，这一目的是完全可以实现的。

优选组合预测有两类概念，一是将几种预测方法所提的预测结果，选取适当权重进行加权平均的一种预测方法；二是在几种预测方法中进行比较，选择拟合优度最佳或标准离差最小的预测模型作为最优模型进行预测。如等权平均组合预测法、方差—协方差优选组合预测法、模型群优选预测法，新兴的模糊变权重组合预测方法等等。

4.3.5 石景山区负荷预测方法

对石景山负荷预测采用时间序列法、趋势增长法

4.4 石景山区饱和负荷预测

4.4.1 空间负荷密度法

根据石景山区总体规划和空间布局规划，该区将打造“一轴、一核、一园、一带、多支点”的空间发展格局，形成集文化创意、休闲娱乐、商务金融、高新技术、旅游会展等功能为一体的首都文化娱乐休闲区。

本次规划选取空间负荷密度法对石景山区的饱和负荷进行预测。取 2030 年为饱和负荷年，根据地区整体规划将该区划分为五个负荷分布区，分别为：西部山区，以京西旅游、文化产业为主；中部地区，以商务办公、娱乐休闲为主；东部地区，以总部经济、商务办公为主；京西综合商务区，拟形成高端产业功能区；中关村高科技园石景山园区，发展游戏、动漫、数字影视、科技总部等新兴产业。区域划分

如图 4-2 所示。

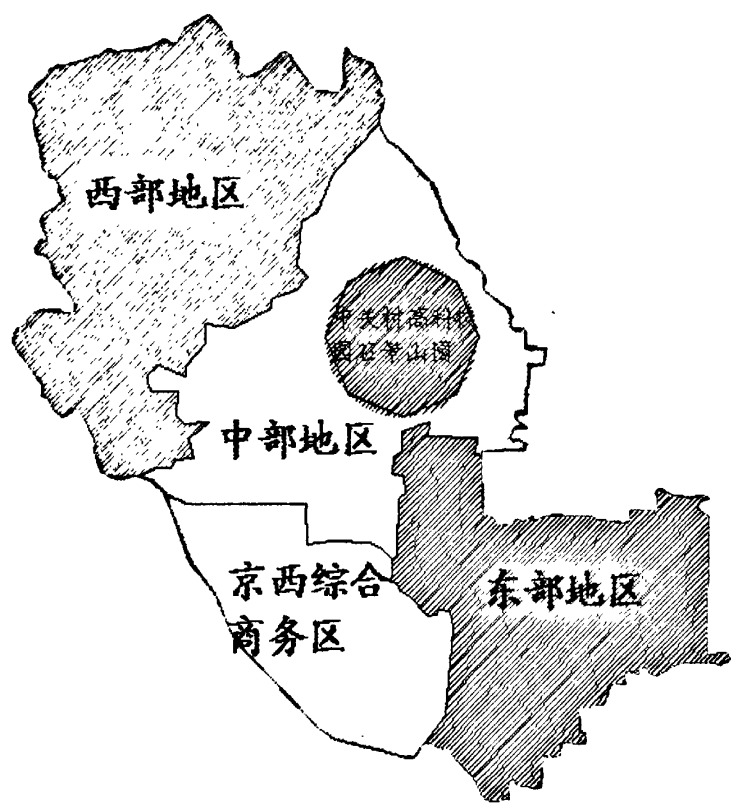


图 4-2 石景山区区域划分图

根据石景山区控制性详细规划，石景山区除去西部山区和东部部分边缘区域外，共分为 17 个分区，分区情况如附图 4-3 所示，各分区饱和负荷预测结果按照小负荷指标和大负荷指标如表 4-3 和表 4-4 所示。

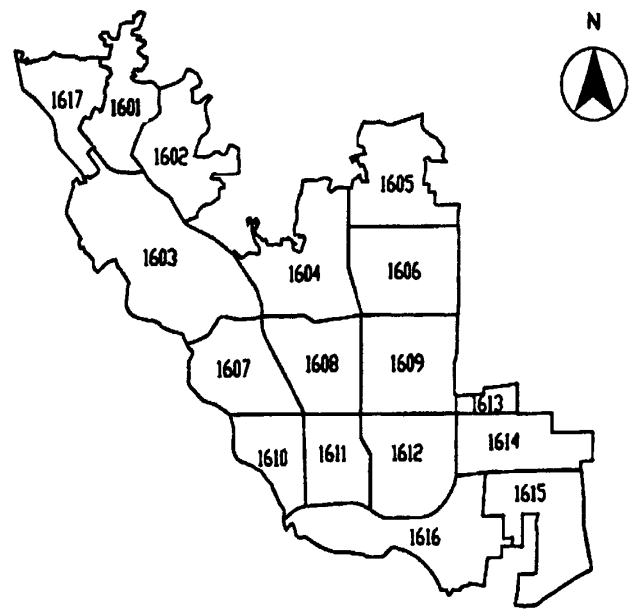


图 4-3 石景山区控制性详细规划分区图

表 4-3 饱和年石景山区控制详细规划分区负荷预测（小负荷指标）

序号	地块名称	用地面积(公顷)	建筑面积(万 m ²)	负荷(MW)
1	地块 1	277.98	222.47	59.1
2	地块 2	337.01	137.42	6.9
3	地块 3	774.19	370.71	113.0
4	地块 4	455.01	388.37	77.8
5	地块 5	383.7	377.97	120.9
6	地块 6	413.58	457.41	133.2
7	地块 7	328.54	336.48	100.9
8	地块 8	332.92	467.71	191.4
9	地块 9	410.25	461.33	144.2
10	地块 10	221.5	132	40.7
11	地块 11	243.27	258.99	88.7
12	地块 12	378.37	423.77	183.8
13	地块 13	62.77	71.95	13.3
14	地块 14	307.63	450.84	127.0
15	地块 15	400.94	415.16	138.4
16	地块 16	514.8	20.55	8.5
17	地块 17	254.35	149.86	39.6
	总计	6096.81	5142.99	1587.2

表 4-4 饱和年石景山区控制详细规划分区负荷预测（大负荷指标）

序号	地块名称	用地面积(公顷)	建筑面积(万 m ²)	负荷(MW)
1	地块 1	277.98	222.47	59.1
2	地块 2	337.01	137.42	6.9
3	地块 3	774.19	370.71	114.1
4	地块 4	455.01	388.37	92.9
5	地块 5	383.7	377.97	120.8
6	地块 6	413.58	457.41	136.0
7	地块 7	328.54	336.48	141.3

8	地块 8	332.92	467.71	191.4
9	地块 9	410.25	461.33	144.2
10	地块 10	221.5	132	57.5
11	地块 11	243.27	258.99	117.3
12	地块 12	378.37	423.77	190.8
13	地块 13	62.77	71.95	13.3
14	地块 14	307.63	450.84	127.0
15	地块 15	400.94	415.16	143.4
16	地块 16	514.8	20.55	8.5
17	地块 17	254.35	149.86	41.1
	总计	6096.81	5142.99	1705.5

由表 4-3 和表 4-4 可知，饱和年石景山区除去西部山区和东部部分边缘区域外的 17 个地块，总负荷在 1587.2MW 至 1705.5MW 之间。

石景山区西部山区和东部部分边缘区域饱和年负荷预测如表 4-5 所示。

表 4-5 饱和年石景山区西部山区和东部部分边缘区域负荷预测

区域名称	用地面积(公顷)	负荷密度(MW/ km ²)	负荷 (MW)
西部山区及东部部分边缘区域	2477.19	5 至 8	123.9 至 198.2

由表 4-5 可知，饱和年石景山区西部山区和东部部分边缘区域总负荷在 123.9MW~198.2MW 之间。

汇总石景山全区饱和年负荷预测结果如表 4-6 所示。

表 4-6 饱和年石景山全区负荷预测

指标选取	用地面积/公顷	负荷 (MW)	
		不计及同时率	计及同时率 0.8
小负荷指标	8574	1711.1	1368.8
大负荷指标	8574	1903.7	1522.9

由表 4-6 可知，根据空间负荷密度法预测，石景山区饱和负荷在 1711.1MW 至 1903.7MW 之间，计及同时率 0.8，石景山区饱和负荷在 1368.8 至 1522.9MW 之间，选取中间量，即石景山区饱和负荷为 1400MW。

4.4.2 人均负荷预测法

根据《石景山区“十一五”人口发展和调控规划》，石景山区饱和年人口规模控制在 51 万人，其中户籍常住人口 32 万，流动人口 19 万。

按照饱和年人均负荷 2000 至 2500W 考虑，石景山区采用人均负荷预测法进行负荷预测，饱和年负荷在 1020 至 1275MW 之间。

4.4.3 小结

根据空间负荷密度法对石景山区饱和负荷进行预测，其饱和年负荷在 1368.8 至 1522.9MW 之间；根据人均负荷预测法对石景山区饱和负荷进行预测，其饱和年负荷在 1020 至 1275MW 之间。

考虑石景山区发展定位为“首都文化娱乐休闲区”，其人口密度较低，常住人口较少，而第三产业用电需求大，本报告以空间负荷密度法得到的石景山区饱和负荷数据为电网规划依据，并选取中间量，即石景山区饱和负荷为 1400MW。

4.5 石景山区“十二五”期间负荷预测

4.5.1 时间序列法

根据石景山地区历史负荷特点分析，石景山地区表现为夏季高峰负荷高于冬季高峰负荷，故最大负荷预测主要进行夏季高峰负荷的预测。但是由于夏季高峰负荷主要受制于当年夏季天气状况，而未来几年的夏季天气状况又是难于预料的，故本次预测不考虑不可测的因素，按照已知的负荷历史数据，利用时间序列法对 2009 至 2015 年的负荷进行预测。详细的负荷预测情况如下：

(1) 2009 年至 2010 年受到全球金融危机的影响，地区的经济发展将出现一定程度的下降，地区经济开发速度将有所放缓，但是由于石景山区将于 2010 年完成包括奥运绿化环境建设、三条景观轴线建设、商务区配套设施建设等 30 余项工程，地区的负荷将继续维持增长，增长率将低于 2008 年的 18.9%，约为 10%至 12%左右。

(2) 根据相关经济专家的预测，2010 年前后国内经济环境将有一定程度的缓建，则预计 2010 年至 2015 年石景山地区的负荷增长将保持在 6%至 8%左右。

石景山地区各年预测负荷结果见表 4-7 所示。

表 4-7 石景山地区时间序列法负荷预测 单位：MW

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
高方案	208	233	252	272	294	317	342	370
中方案	208	231	247	264	283	303	324	347
低方案	208	229	243	257	273	289	306	325

预测结果：由表 4-7 可知，根据时间序列法对石景山地区进行负荷预测，高方案 2015 年负荷为 370MW，中方案 2015 年负荷为 347MW，低方案 2015 年负荷为 325MW。

4.5.2 趋势增长率法

根据石景山地区 1999 至 2008 年负荷增长情况，确定地区负荷增长趋势如图 4-4 所示。

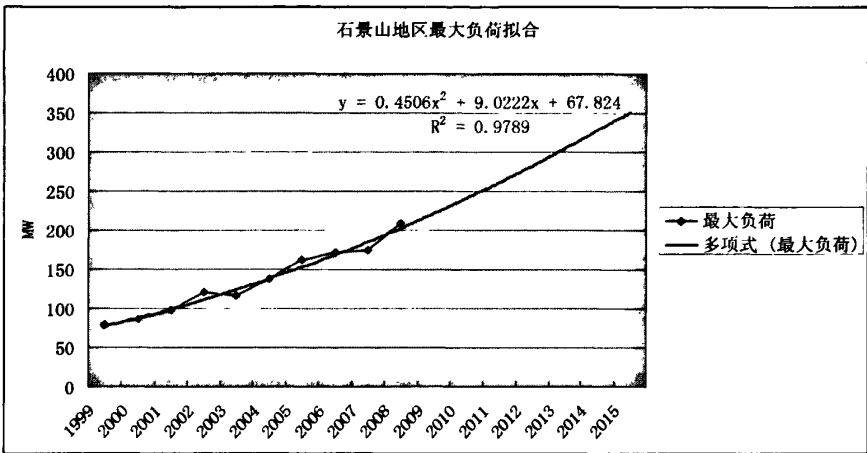


图 4-4 石景山地区最大负荷拟合

根据年度最大负荷曲线拟和方式，地区最大负荷增长的曲线公式为

$$y = 0.4506x^2 + 9.0222x + 67.824 \tag{4-7}$$

曲线拟和度为 $R^2 = 0.9789$ (4-8)

根据曲线拟和公式推算出 2009 至 2015 年年度最大负荷情况如表 4-8 所示。

表 4-8 石景山地区曲线拟和方式负荷预测 单位：MW

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
曲线拟和	208	222	241	261	282	305	328	351

4.5.3 小结

石景山地区负荷预测结果：时间序列法预测 2010 年负荷约为 243 至 252MW，2015 年负荷约为 325 至 370MW；趋势增长率法预测 2010 年负荷约为 241MW，2015 年负荷约为 351MW。

考虑石景山区近年发展迅速，且“十二五”期间有包括银河商务区、京燕酒店商务区、北京国际雕塑园地下商务区、京西会展商务区、TSM 商务区、苹果园交通

枢纽商务区、中关村科技园石景山园等多个重点项目的建成，将在很大程度上带动地区用电需求的发展。综合考虑，选取时间序列法中方案负荷预测结果较为科学，即石景山地区 2010 年负荷约为 247MW，2015 年负荷约为 347MW。

第五章 石景山电网建设规划

5.1 发展思路

石景山地区终期将建设以 110kV 为主干高压配电网的供电体系，因此石景山电网规划的重点在于区域内 110kV 电网变电站的新建、增容、改造，线路的新建与改造，形成以 110kV 主干网络的规划布局为基础，向 10kV 中压配网提供满足需求的供电电源点的供电模式。

5.2 输变电工程建设

5.2.1 变电站规划

变电站规划是电网规划的重要组成部分之一。根据现状石景山变电站分布与容量情况，以地区负荷预测情况为主要依靠，依据石景山发展的定位和总体规划，根据地区整体负荷预测情况，将地区变电站的布点和主变容量规划按照年度进行划分与布置，以满足地区整体负荷增长的需求。

变电站规划的思路如下所示：

(1) 基于石景山规划建设的相关情况，根据石景山地区 2009 至 2015 年度负荷情况以及 2030 年的负荷情况，确定地区年度变电站的总量需求。

(2) 基于地区年度负荷预测以及地区开发建设的时序，确定石景山 110kV 电压等级的变电站建设位置、建设容量和建设时序，同时对 220kV 变电站建设进行规划。

(3) 以饱和年变电站网络接线方式为目标，节省资源，避免重复建设，采用有序过渡的方式建设变电站相应外电源工程。

5.2.2 线路规划

供电线路型号和路径的选择是电网规划的重要部分之一。以石景山发展的定位和总体规划为基础，以规划的变电站位置为依据，对现状线路进行改造、整合，对规划线路的型号选择和路径选择进行规划。

线路规划的总体思路如下：

(1) 确保电力网输配电安全，供电线路选型应当满足系统 N-1 故障方式下不出现线路过载现象。

(2) 减少拆迁，降低投资，缩减工期。

(3) 预留线路路径通道，作为电网发展备用。

5.3 110kV 主接线形式

5.3.1 两个安装四台主变的变电站典型链式接线

石景山地区新建 110kV 变电站按照终期 4 台主变建设规模考虑，2 座 4 台主变的 110kV 变电站构成典型链式接线形式，如图 5-1 所示。

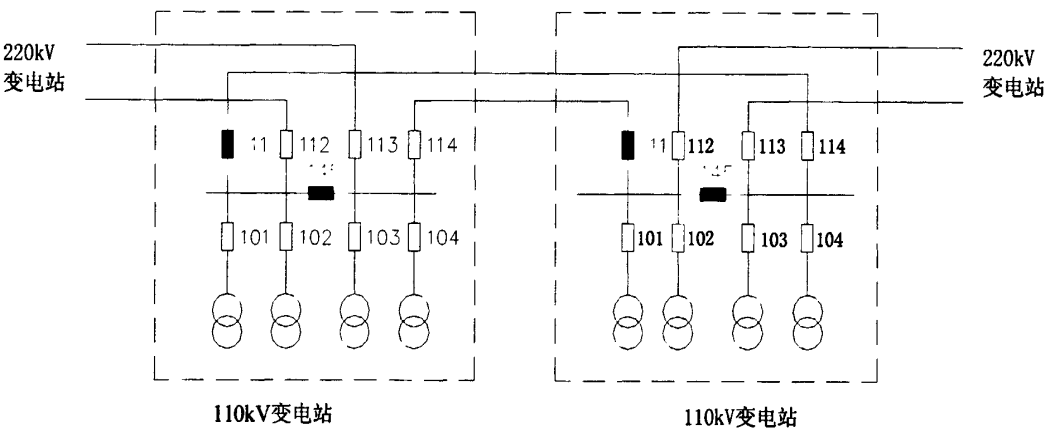


图 5-1 110kV 四台-四台主变结构接线（典型接线方式一）

如图 5-1 所示分别自两座 220kV 变电站各引出双回 110kV 电源线路，正常方式下，每回电源线路带 1 座 110kV 变电站 2 台主变并列运行，与另外两台主变之间分列运行，以保证有两个不同方向的电源。当电源线路发生 N-1 故障情况时，145 开关自投，由非故障线路带全站 4 台主变。当其中一个 110kV 变电站失去两回主供电源时，即发生同方向 N-2 故障情况时，站内 4 台主变由 1 条 110kV 联络线供电，单条主供线路最多带 6 台 50MVA 主变，主变负载率按照 80%考虑，站间同时率按照 0.9 考虑，负荷为 216MVA(1134A)；单条联络线路最多带 4 台 50MVA 主变，主变负载率按照 80%考虑，负荷为 160MVA (840A)。

5.3.2 安装三台主变和安装四台主变的变电站典型接线

石景山地区鲁谷 110kV 变电站和古城 110kV 变电站终期规模为 3 台主变，考虑其与另一座终期规模 4 台主变的 110kV 变电站构成链式接线形式，如图 5-2 所示。

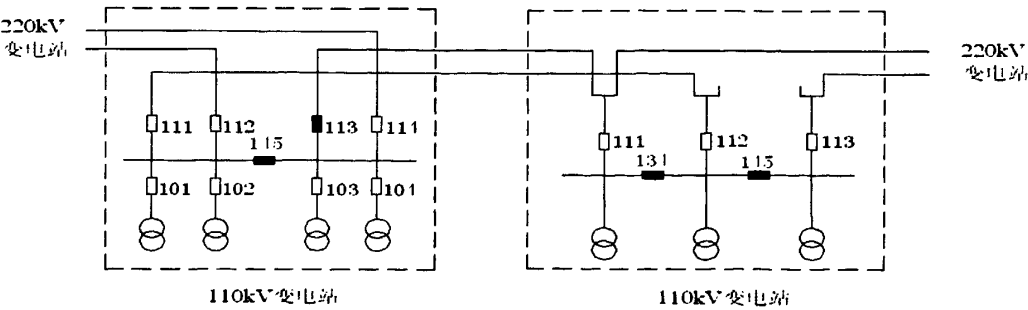


图 5-2 110kV 三台-四台主变结构接线（典型接线方式二）

如图 5-2 所示，一个安装三台主变的变电站和一个安装四台主变的变电站构成非规范的链式接线。正常方式下，左侧变电站 113、145 断开，右侧变电站 134、145 断开，每回线路（电缆）带三台、二台和一台主变，当三台主变侧双回电源故障时左侧变电站 113、右侧变电站 145 闭合，两回电源分别带四台和三台主变，当四台主变侧双回电源故障时左侧 113、145 闭合，右侧 111、112 断开，134，145 闭合，两回电源分别各带一个变电站全部主变，电源电缆最大电流为 840A，四台主变侧电源电缆选用 XLPE-1×800 型号，三台主变侧电源电缆选用 XLPE-1×630 型号均可以满足要求，其它电缆根据需要选用 XLPE-1×400 或 XLPE-1×630 型号，可以满足要求。

5.4 石景山变电站选址及定容结果

在负荷分布预测的基础上进行 2009~2030 年变电站规划。在规划过程中，为了保证变电站终期建设以及相应的过渡过程的合理性，部分地块与开发用户进行充分的协商与沟通，有针对性的提出相应的电网建设规模与方案，保证了电网建设符合地区发展的实际情况；对于地区规划不确定的地区参考了类似开发地块的负荷分布情况进行相应修正；为了保证地区规划的先进性，项目借鉴了南京电网规划国际咨询和青岛国际咨询的部分成果。

通过对石景山总体情况的分析，“十二五”期间石景山地区需要规划新建 6 座 110kV 变电站，扩容 1 座局属 110kV 变电站为古城站。如果计及石景山范围内现有的 6 座 110kV 变电站，至 2015 年，石景山范围内 110kV 地区变电站共计 12 座，变电站容量由 2008 年 11 月的 630MVA 增加到 2015 年的 1280MVA。

石景山电网建设的 2009 至 2015 年详细建设情况如表 5-1 所示。

表 5-1 2009 至 2015 年石景山地区变电站建设

序号	项目名称	投产 年限	建设规模		110kV 新 增变电容 量 MVA	所在石景 山地块
			台	MVA		
1	石莲 110kV 变电站一期	2010	2	50	100	1608
2	苹果园 110kV 变电站一期	2011	2	50	100	1601
3	石景山 220kV 输变电	2011	2	180	0	
4	白庙 220kV 站改扩建	2011	3	180	0	
5	古城 110kV 变电站扩容	2012	3	50	50	1610

6	古城东 110kV 变电站一期	2012	2	50	100	1611
7	北辛安 110kV 变电站一期	2012	2	50	100	1603
8	京原 110kV 变电站一期	2013	2	50	100	1606
9	月季园 110kV 变电站一期	2014	2	50	100	1641
合计					650	

根据对上述规划方案的分析,结合石景山地区规划建设的实际情况,还有以下几点需要说明:

(1) 根据上述变电站的建设,截至到 2015 年,电网基本能够满足地区负荷发展的需求,但仍有部分变电站未达到终期规模,主要因为石景山建设存在一定的不确定因素,其建筑性质及面积存在变化可能,故考虑这部分变电站的建设终期应当根据实际情况进行调整。

(2) 根据石景山地区电网建设特点,电网建设主要以新建变电站为主。若某地区开发建设进度加快,再配套建设相应变电站不仅选址选线困难,同时投资也将成几何级倍数增长。为了争取电网建设主动权,建议“十二五”期间以新建变电站为主,增容扩建变电站工程形式为辅的建设策略。

第六章 石景山区中压配电网规划

6.1 配电网规划总体目标

城市配电网的优化与规划是在满足技术要求（包括变电站“N-1”安全运行的最大容量约束和电压损耗约束）的前提下，确定原有变电站是否扩建、是否需新建变电站以及相应线路，以使在规划电网的年费用最少，一方面优化城市配电网结构，提高城市高压配电网的供电能力，另一方面提高供电可靠性并使之与经济发展带来的负荷增长速度相适应，并实现电力发展适度超前经济发展。通过完善网络结构和对输变电设备的建设与改造，增加电网受电能力，提高电网供电质量，提高供电可靠性，降低电网损耗，努力把规划区电网建设成为层次分明、结构合理、可靠性高、供电能力强、电能质量优、运行灵活的坚强电网。

6.2 规划所采取的主要技术原则

6.2.1 配电网发展一般性技术原则^[22]

（1）依据地区变电站供电范围或城市功能区域，分成若干个相对独立的分区配电网（包括公用和客户专用的架空或电缆配电网）。分区配电网应有大致明确的供电范围，一般不应交错重叠，并应随新增加的变电站及负荷增长进行合理调整，低压配电网一般不跨街区供电。

（2）划分分区配电网的主要原则是根据电网现状、负荷现状与预测结果、区域负荷密度、变电站位置，主变台数和容量以及线路走廊条件等因素来确定。

（3）中压配电网应有一定的容量裕度和灵活的运行方式，以满足用电负荷增长和转移的需要。市区配电网应逐步满足下述要求：

当任何一路中压线路因检修或故障停运时，应能倒闸操作，通过其它线路继续向该线路的非检修或非故障段供电；

当任何一个中压馈电开关因检修或故障停运时，应能通过倒闸操作，由其它线路继续供电；

当变电站一台主变及一条中压母线检修或故障时，应能使其馈线所带负荷通过配电网转移，继续供电。

（4）特殊客户的配电室低压侧应形成联络具有各自投的功能，或者在负荷终端设联络点用于转移负荷。

（5）中压配电网应规范化，载流元件配套一致，新建的线路干线和开闭站建筑均应按规划一次建成。当增加新线路或插入新电源站点时，应使负荷均衡分布，而配电网的网架结构基本保持不变。

(6) 开闭站的双路电源一般应取自同一座 110 (220) kV 变电站的不同母线，对有条件的重要开闭站考虑设置联络线或第三电源，以提高其供电可靠性。

(7) 为了缓解变电站出线间隔紧张，以及考虑用地困难因素，可考虑设备小型化，采用紧凑型、智能型的开闭站。

(8) 配电设施的建设改造应与周围环境保持协调。

(9) 应逐步建立和完善配电网地理信息管理系统，以满足配电网规划设计和运行管理的需要。

(10) 配电网的建设及设备选型要适当超前于城市的发展。

6.2.2 石景山区中压配网规划技术细则

6.2.2.1 架空线路

(1) 高负荷密度区域架空线尽量采用三分段三联络的接线模式，见图 6-1 所示，线路负载率控制在 75% 以内；负荷密度较低的区域或较短的架空线路可根据情况适当减少分段联络，甚至可分段不联络。

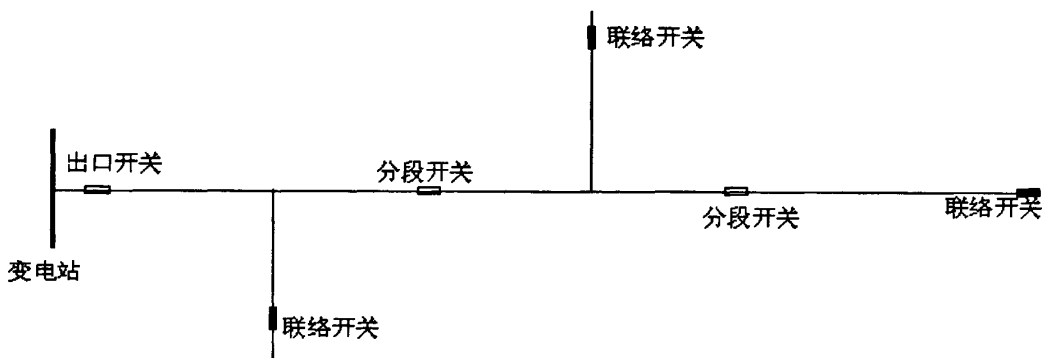


图 6-1 架空线路三分段三联络接线模式

(2) 有条件的线路，采用电压时限型分段开关，实现故障自动隔离。

(3) 对于新建设的架空线路应全部绝缘化，已有的架空线路需要逐年进行绝缘化改造，采用铝芯交联聚乙烯绝缘线，并采取相应的防雷措施。

(4) 对于较长架空线，在线路上加装电压调整装置，解决末端电压低的问题；对线路分段并安装重合器，解决保护灵敏度不够的问题。当条件具备时，需对线路进行切改，以缩小线路的供电半径、降低线损。

(5) 在架空线路上接入的所有中压客户，在产权分界点的客户侧，安装客户分界负荷开关（俗称看门狗装置）。

(6) 主干线采用线径为 185mm^2 的铝线，支线选择 120 、 70mm^2 铝线，大档距线路采用钢芯铝绞线。

(7) 高负荷密度区低压供电半径不大于 100m，低负荷密度区不大于 250m，公网架空线路所接单台变压器容量原则上不大于 400kVA；根据负荷密度情况，可选用 200kVA、315kVA、400kVA 等几种初装容量。

(8) 主干线的分段处和分支处加故障指示器。

(9) 架空线路在入地改造电缆线路的过程中，主干线在重新规划路由时可按照电缆网的接线模式设计，当改造过程中不能按照电缆网重新规划时，主干线 T 接点处采用开闭器，与架空线路保持联络，但应保持多分段多联络的结构。

(10) 架空线路供电的小容量普通客户和住宅楼可采用单相柱上变供电。

6.2.2.2 电缆线路

(1) 双射网两路电源进线来自不同的变电站（开闭站）或者同一座变电站（开闭站）不同母线，线路负载率不宜超过 50%，见图 6-2 所示。

变电站或开闭站

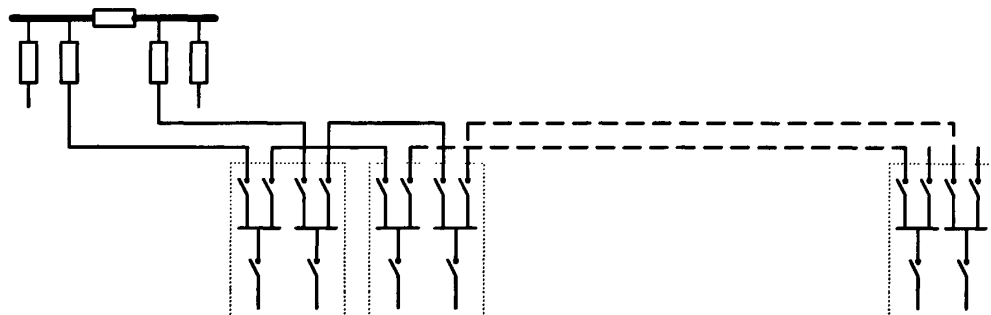


图 6-2 电缆线路双放射接线方式

(2) 单环网电源来自同一供电区域的两座变电站、或一座变电站和一座开闭站、或两座开闭站，正常开环运行，线路负载率不宜超过 50%，见图 6-3 所示，单环网宜一次建成，新建住宅区应采用单环网的供电方式，已有住宅区配网改造时可采用单环网的供电方式。

变电站或开闭站

变电站或开闭站

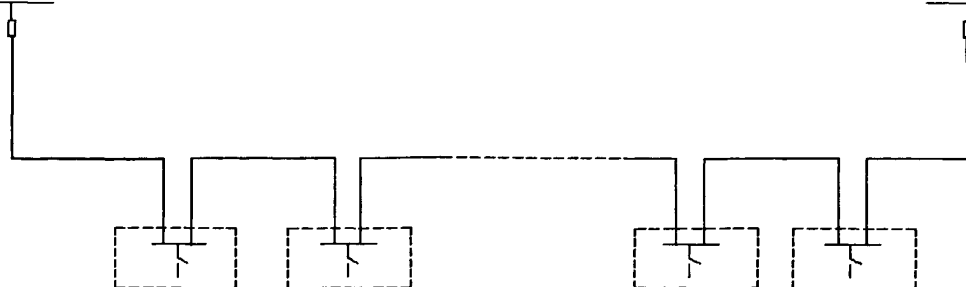


图 6-3 电缆线路单环网接线方式

(3) 单放射网应逐步改造为单环网。

(4) 双环网四路电源来自同一供电区域的两座变电站或两座开闭站的不同段母线，见图 6-4 所示，这种接线方式线路负载率不宜超过 75%。

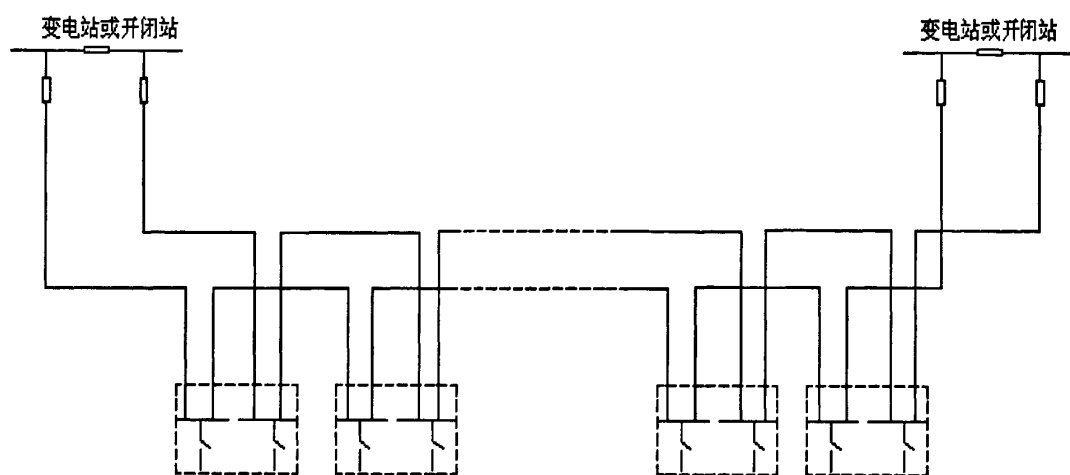


图 6-4 电缆线路双环网接线方式

(5) 电缆线路应采用交联聚乙烯铜芯电缆；大截面电缆逐步推广单芯绞合电缆。

(6) 变电站 10kV 电缆单路出线总长度不宜超过 15 公里。

(7) 变电站出线选用铜芯 400、300、240 mm² 电缆。

(8) 开闭站进线选用交联聚乙烯铜芯绞合电缆，新建的开闭站，所带负荷应考虑充分的发展，进线截面选择 400mm²，对已有开闭站进行改造，其进线截面按照负荷的情况可选择 400、300mm²，开闭站的出线每路可选用 240 或者 150 mm² 的电缆。

(9) 开闭器、电缆分支箱和电缆分界室进线选用 240mm² 电缆，开闭器和电缆分界室出线每路可选用铜芯 150mm² 电缆，电缆分支箱出线每路可选用铜芯 120mm² 电缆。

6.2.2.3 开闭站

(1) 在变电站出线间隔紧张的地区，近期应大力建设开闭站。

(2) 在变电站出线间隔紧张的地区，可将有条件的配电室改造为小型开闭站。

(3) 新建的居民小区建筑面积超过 500,000m²，必须建设开闭站，面积 300,000 至 500,000m²，需建设开闭站。

(4) 开闭站一般采用单母分段的接线，双路电源进线，开闭站单路出线电缆

线路总长度不超过 15 公里。

(5) 在负荷密度较高的地区, 开闭站可接入三路电源, 可采用两主一备的接线模式。

(6) 原则上采用电缆线路带开闭站的形式进行供电。

6.2.2.4 配电室和箱变

(1) 高档住宅楼或地面一层为商业等公用设施的高层住宅楼, 可在楼内地下一层及以下设置配电室, 但应有防火、防水措施, 采用低噪音干式变压器, 具有电器设备吊装口, 并考虑采取通风、散热、防噪音和防建筑共振等措施。

(2) 配电室双路电源进线, 10kV 馈出线为 2 至 4 路, 一般采用双射形式供电, 安装两台变压器, 容量为 630kVA 或 800kVA, 低压侧应形成联络。

(3) 以电缆网供电的其它小容量普通客户和住宅楼可采用小型箱变供电。

(4) 箱变原则上采用单环网供电方式, 一般地区采用容量为 200kVA、315kVA、400kVA 的变压器, 特殊地区变压器容量不超过 630kVA。

(5) 为了缩小低压供电半径, 提高供电能力, 普通居住区可采用箱变到负荷终端的供电方式, 有条件的新建住宅区可采用集中供电的独立配电室模式。

6.2.2.5 电缆敷设方式

同路径规划和现状 10kV 电缆线路数量 6 条及以上的地方, 应采用管加井或电缆隧道敷设方式, 同路径规划和现状 10kV 电缆线路数量在 6 条以下时, 可采用直埋敷设方式, 直埋电缆需要穿越道路、河流和铁路等对电力电缆容易产生破坏或不宜直埋敷设的地方时, 一般采用过街电力隧道或敷设过街管加井的方式。

6.2.2.6 客户供电方式

(1) 特级客户

特级客户的电源一般应来自同一供电区域的两个不同变电站馈出的双路或多路电源。

现有的特级客户, 满足导则要求的, 供电方式可保持不变, 不满足导则要求的, 遵循导则要求进行改造。

新建的特级客户, 可采用两主一备的接线方式, 此时备用线路可作为同一等级客户的备用电源或低一等级客户的电源。

特级客户内部低压负荷必须有两路电源供电, 能保持联络或有自投功能。特级客户内部重要场所宜采用定制电力技术及定制电力技术装置(如: 固态切换开关、动态电压恢复器、飞轮储能系统等)。

(2) 一级客户

一级客户应采用双路电源供电, 可根据负荷情况, 确定由变电站出线, 或者从

开闭站、双射网中的分支箱（室）提供双路电源供电，并根据电缆线路的负荷能力以及实际情况，串接相同等级客户，串接客户数不宜超过 3 户。

（3）二级客户：二级客户一般采用双路电源供电。

（4）普通客户

架空网供电的普通客户一般采用单路电源供电，当客户需要较高可靠性供电且电网具备条件时，可采用双路电源供电，如果条件不具备，应在与客户签订供用电合同时，明确其供电可靠性。

安装变压器总容量在 630kVA 及以上的客户或双路供电的客户，应从 10kV 电缆网供电，安装变压器容量在 630kVA 以下的客户，可从 10kV 架空线路供电。

（5）客户报装容量（含累计容量）超过 20000kVA，需要由 110kV 电网进行供电。

（6）重要客户应采用电缆网供电，且须自备除电力系统提供的电源之外的独立的保安电源及非电力保安措施。

（7）重要客户在配电室应留有应急接口以备发电车热备。

（8）对电能质量和供电可靠性有特殊需求的用电客户，推荐其采用定制电力技术及定制电力技术装置（如：固态切换开关、动态电压恢复器、飞轮储能系统等）。

第七章 电网建设投资估算及资金筹措方法

7.1 投资估算

依据规划结果，至 2015 年石景山区总投资估算见表 7-1。

表 7-1 石景山区总投资估算表

序号	项目名称	投资（万元）
1	110kV 电网	130270
2	10kV 配网	110000
合计		240270

2009 年至 2015 年，石景山区新建 6 座 110kV 变电站及配套送电工程，3 处 110kV 切改工程，1 处 110kV 变电站扩容工程，1 处 110kV 送电工程，投资估算约 130270 万元；10kV 配网投资估算约 110000 万元。以上投资共计约 240270 万元。

7.2 资金筹措方法

北京市规定新建道路五年内不得进行开挖工程，考虑到石景山供电公司资金紧张，同时为了避免电力供应困难以及重复建设带来的困难和浪费，建议采用以下五种方式筹措资金，均以最终产权属电力公司为原则，为电力基础设施的建设提供保障：

- （1）可以考虑由政府部门、石景山供电公司、客户三方投资；
- （2）按照电网优质优价的原则，向政府争取经过电力部门核定的电价政策及配套政策，由政府集资，政府协调；
- （3）初期政府投资，供电公司逐年还款；
- （4）采用预先建设电缆隧道，采取对客户预收使用费或隧道占用费的方式回收资金；
- （5）积极支持地区经济招商需求，由政府或开发单位垫资或出资部分费用，适度提前新建电网项目投运时间。

第八章 结论

通过对现状电网分析的基础上进行负荷预测，并根据负荷预测结果，结合石景山的规划发展情况对电网进行了规划。主要成果如下：

（1）石景山区现状主要问题在于全区没有 220kV 公司所属变电站，网架薄弱，电网供电可靠性差。

（2）根据对现状负荷的调查分析和石景山区规划情况的研究，进行负荷预测，可以得出石景山地区负荷在 2009 至 2015 的总体情况。预测石景山区 2010 年负荷约为 243 至 252MW，2015 年负荷约为 325 至 370MW。

（3）依据负荷分布预测结果，对石景山区进行了变电站选址及定容。2009 至 2015 年石景山地区需要规划新建 6 座 110kV 变电站，扩容 1 座 110kV 变电站为古城站，如果计及石景山范围内现有的 6 座 110kV 变电站，至 2015 年，石景山范围内 110kV 地区变电站共计 12 座，变电站容量由 2008 年 11 月的 630MVA 增加到 2015 年的 1280MVA。解决了区域 110kV 变电容量不能满足需求的问题。

（4）对石景山中压配电网进行规划，研究确定了规划的技术细则，电网规划安全可靠。

（5）石景山电网 2009 年至 2015 年总投资 240270 万元，其中 10kV 配网部分投资约为 110000 万元。

参考文献

[1]Lakervi E, Nurmi M. Present status in applying mathematical planning methods in AM/FM/GIS system[C]. International Conference on Electricity Distribution-CIRED. Birmingham(UK), 1997. 2~5

[2]余贻鑫, 王成山, 肖峻等. 城网规划计算机辅助决策系统[J]. 电力系统自动化. 2000, 24(15): 59~62

[3]Yu Y. X., Wang C. S., Xiao J., et al. A decision making support system for urban distribution planning: models, methods and experiences[C], IEEE International Conference on Power System Technology. Proceedings. PowerCon 2000, 2000, vol. 1: 485~490

[4]H. L. Willis, J. E. D. Northcote-green. Spatial electric load forecasting: A tutorial review[J]. Proc. IEEE, February 1983, 71(2): 232~253

[5]张洪明, 樊亚亮. 输电系统灵活规划的模型及算法[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(1): 23~26

[6]张焰, 陈章潮. 不确定性的电网规划方法研究[J]. 电网技术, 1999, 23(3): 15~18

[7]苏建设, 陈陈. 电网灵活规划研究综述[J]. 华东电力, 2001, 29(1): 7~9

[8]阙讯, 程浩忠. 考虑柔性约束的电网规划方法[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(24): 17~20

[9]李靖霞, 鞠平. 配电网模糊优化规划 (I) —模型与方法[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(14): 45~48, 75

[10]李靖霞, 鞠平. 配电网模糊优化规划 (II) —算例与分析[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(17): 62~65

[11]Bradley S. Stewart. Ching-Fang Liaw. Chelsea C. White III. A bibliography of heuristic search through 1992. IEEE Transactions on systems. Man. and Cybernetics, February 1994, 24(2): 263~293

[12] S. KGowsami. Distribution System Plannig Usnig Brach Exchange Technique. IEEE Trans on power Systems, 1997. 718~724

[13] Heijiro kuwabara, KOichiNara. Multi-year and Multi-state Distribution Systems Expansion Planning by Multi-stage Branch Exchange. IEEE Transactions On Power Delivery, 1997. 57~63

[14]delmiroMiguez, JoseCidras, Diaz-Dorado. An Improved Branch Exchange Algorithm for Large-Scale Distribution Network Planning. IEEE Trans on Power System, 2002. 1354~1359

[15]曲伟君, 张步涵. 开式配电网络的优化设计. 水电能源科学, Vol.18No.1, 2003, 35~38

[16]D. I. Sun, D. R. Farris, P. J. Cote, R. R. Shoults, M. 5. Chen. optimal Distribution Substation and Primary Feeder Planning via the Fixed Charge Network Formulation. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol.101, No.3, 1982.602~608

[17]T. H. Fawzi, S. M. EI-Sobki. A New Planning Model for Distribution Systems. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.102, No.9, 1983, 3010~3017

[18]M. A. El-Kady. Computer-Aided Planning of Distribution Substation and Primary Feeders. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.103, No.6, 1984, 1183~1189

[19]H. Lee Willis, J. E. D. Northeote Green. Comparison of several distribution Planning methods. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.104, No.1, 1985, 233~240

[20]H. Lee Willis, H. N. Tram, R. W. Powell. Substation Sitting and Capacity Selection Based on Diversity Maximization. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.2, No.3, 1987, 692~699

[21]黄其励. 电力工程师手册. 东北电力集团公司编. 北京: 中国电力出版社, 2000

[22]北京电力公司中压配电网规划编制大纲及深度要求. 北京: 北京电力公司, 2007

[23]城市中低压配电网改造技术导则, Q/ZDJ04-2001. 国家电力行业监督管理委员会, 2001

致 谢

向我的导师郭春林副教授和曹广月高工致以最真诚的感谢！感谢导师在这几年的时间里对我的教导与培养。导师亲切和善的教学态度、深厚渊博的知识体系、耿直真诚的个性和严谨认真的科研作风都给我留下了十分深刻的印象。从选题到研究以及论文的最后完成，其中任何一点成绩的取得都离不开导师的悉心关怀和点拨。在此向导师致以衷心的感谢和崇高的敬意。

在论文的研究过程中，同时要感谢电气与工程学院的领导和有关老师，他们对我的课题研究提供了便利条件和多方面的帮助。

真诚地感谢所有支持和帮助我的老师、朋友和家人。

在学期间发表的学术论文和参加科研情况

研究生期间发表的文章

于磊.全户外变电站改造过渡期工程特点及管理.2010 年全国项目管理教育论文集
(《项目管理技术》增刊).2010 年 06 月

