



高速公路机电工程丛书

高速公路供配电照明系统 理论及应用

张洋 赵祥模 许宏科 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高速公路机电工程丛书

高速公路 供配电照明系统理论及应用

张 洋 赵祥模 许宏科 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容提要

本书比较全面系统地介绍了高速公路供配电照明系统的基本理论、技术知识、设计原理、系统构成和功能。特别针对高速公路道路、桥梁、站区、广场、隧道供配电照明系统的不同特点分别作了全面、系统及深入的阐述。主要包括:高速公路 10kV 高压供电系统、低压供配电系统、线路敷设、备用电源、照明系统、防雷接地系统、供电系统的运行维护与检修、电能节能等。除了相关技术知识外,本书还从实际工作出发,介绍了供配电照明系统的实施过程及质量控制方法,这对于实际工程的施工及管理工作具有重要指导意义。本书综合了大量科研成果,并适当吸取国内外的先进技术和设备,对高速公路供配电照明系统的新技术、新手段作了简要介绍,力图使之成为内容充实、结构紧凑、通俗实用的参考书。

本书既可作为大专院校相关专业本科生、研究生及成人继续教育的教材,也可以作为高速公路交通机电工程建设管理、运营维护、设计、施工安装和工程监理技术人员的重要参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路供配电照明系统理论及应用/张洋,赵祥模,许宏科编著. —北京:电子工业出版社,2003.11

(高速公路机电工程丛书)

ISBN 7-5053-9284-0

I. 高… II. ①张…②赵…③许… III. ①高速公路—供电电力系统 ②高速公路—配电系统 ③高速公路—照明 IV. U412.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 098432 号

责任编辑:夏平飞 李 洁

印 刷:北京天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

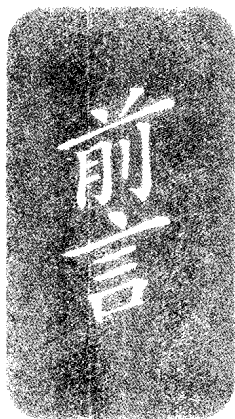
经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:17.5 字数:390 千字

版 次:2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。



发展高速公路是解决城市间交通的重要手段。1988年,上海至嘉定高速公路18.5km建成通车,实现了中国大陆高速公路零的突破。1998年以后,国家加大基础设施的建设力度,特别是高速公路的建设,使高速公路的通车里程有了飞跃性的发展。在2001年,新建高速公路3000km,使全国高速公路的通车里程达到1.9万km,总长度超过加拿大而位居全球第二。高速公路的建设和投入使用,提高了公路运输的效率,使公路运输时间大幅度缩短,在加快改革开放、推动社会进步、振兴国家经济、促进运输结构日臻完善、巩固国防等方面发挥了巨大的作用。

随着高速公路不断的修建和投入使用,其配套设施的建设任务也急剧增加,交通机电系统作为高速公路运营管理是必不可少的附属系统,涉及的知识领域广,并具有边缘应用的特点。在生产实践中,人们已经意识到,高速公路交通机电系统是提高高速公路运营维护管理水平的重要手段。机电系统的运行,依靠供配电照明系统提供电能支持,随着机电系统建设的逐步完成,高速公路供配电系统已发展成为电力供电系统的一个重要分支。因此,结合高速公路机电系统的特点,研究高速公路供配电照明系统是十分必要的。

《高速公路供配电照明系统理论及应用》是集我国高速公路供配电照明系统工程建设、管理、科研、设计成果和经验于一体的《高速公路机电工程丛书》之一。本书比较全面系统地介绍了高速公路供配电照明系统的基本理论、技

术知识、设计原理、系统构成和功能。特别针对高速公路道路、桥梁、站区、广场、隧道供配电照明系统的不同特点分别作了全面系统及深入的阐述。主要内容包括:高速公路10kV高压供电系统、低压供配电系统、备用电源、线路敷设、道路及隧道照明系统、防雷接地系统、供电系统的运行维护与检修等。除了相关技术知识外,本书还从实际工作出发,介绍了供配电照明系统的实施过程及质量控制方法,对实际供配电照明系统工程的施工及管理工作具有重要指导意义。本书在编写的过程中综合了大量科研成果,吸取和参考了许多国内外有关资料,引用了本领域许多已有的研究成果和文献资料,在此向这些著作与文献资料的原作者表示由衷感谢。

本书由张洋、赵祥模、许宏科编著。第一章、第五章由靳引利编写;第二章、第三章、第四章由张洋编写;第六章、第十章由许宏科编写;第七章由张洋、朱岩编写;第八章由赵祥模编写;第九章由关可、王建平编写;最后由张洋、赵祥模、许宏科统稿。另外,参加本书部分编写、校对及图表绘制工作的还有:施维颖、邓明、李明利、孙宏琦、朱岩、赵建有。

本书在编写过程中,长安大学信息工程学院的领导和同志们给予了许多的关心和支持,在此对帮助本书写作、出版的朋友们表示衷心的感谢。

由于学识水平有限,加之时间仓促,本书难免有很多不完善之处,恳请读者批评指正。

作者

2003年8月

第一章 绪论	1	六、电气系统的运行方式	31
第一节 概述	1	七、10kV 供电系统	31
一、高速公路供配电照明系统的基本要求	2	第三节 无功功率补偿	33
二、高速公路供配电照明系统的有关概念	2	一、功率因数和无功功率补偿的基本概念	33
三、决定高速公路供配电系统供电质量的主要指标	4	二、无功补偿的目的	33
第二节 高速公路供配电照明系统的组成	6	三、无功补偿容量的选择	34
一、高低压供配电系统	6	四、无功补偿方式	34
二、线路敷设	6	第四节 直流供电系统	35
三、备用电源	7	一、直流供电的应用	35
四、道路照明系统	8	二、直流供电系统的组成与分类	35
五、隧道配电照明系统	8	三、整流装置与储能装置	36
六、防雷系统	9	第五节 几种典型供配电系统	37
七、接地系统	9	一、收费站供配电系统	37
第三节 高速公路供配电照明系统的新特点	10	二、大型桥梁供配电系统	37
一、备用电源的管理	10	三、隧道供配电系统	37
二、变配电所的综合自动化	10	第六节 箱式变电所	38
第二章 高速公路供配电系统	11	一、箱式变电站的型号及结构形式	38
第一节 概述	11	二、箱式变电所的技术参数	39
一、高速公路供配电系统的特点	11	三、箱式变电所的箱体安装	40
二、高速公路对供配电系统的要求	12	第三章 高速公路电力电缆	42
三、负荷分类	13	第一节 概述	42
四、高速公路供配电方式	13	一、电力线路的作用	42
第二节 高速公路供配电系统	15	二、电力线路的分类和特点	42
一、供配电系统的构成	15	第二节 架空线路	42
二、高速公路供配电系统设计	16	一、架空线路的结构	42
三、供电系统的负荷计算	17	二、架空线路的敷设	45
四、变配电所	20	第三节 电缆线路的敷设	47
五、高低压供配电设备的选择	24	一、电缆线路的结构	48
		二、电缆线路的敷设	49
		三、电缆施工安装要点	54
		第四节 电力导线电缆截面选择	55

一、选择导线和电缆截面应满足的条件	55	三、高速公路照明系统的现状与展望	90
二、按发热条件选择导线和电缆的截面	55	第二节 照明基本知识	91
三、按经济电流密度选择导线和电缆截面	57	一、基本术语	91
四、按允许电压损耗来选择导线和 电缆截面	57	二、人的视功能	92
五、按机械强度来选择导线和电缆截面	58	三、照明指标	93
第四章 高速公路备用电源	59	四、高速公路照明标准	96
第一节 备用电源的用途、组成及 基本工作原理	59	第三节 高速公路照明设计	99
一、发电设备——备用电源	59	一、高速公路照明设备	100
二、备用电源的用途	60	二、照明器的灯杆、灯基础	104
三、备用电源的组成及作用	60	三、高速公路照明形式	106
四、四冲程柴油机的结构和基本工作原理	61	四、高速公路照明布灯方式	106
五、交流发电机	63	五、高速公路照明计算	112
六、控制屏的组成及功用	64	六、照明供电系统	113
第二节 柴油发电机组	65	七、路面结构对路面亮度的影响	115
一、柴油机的组成及功用	65	第四节 高速公路照明设施方案	118
二、自励恒压三相交流同步发电机的 组成及功用	72	一、功能性照明	118
第三节 高速公路备用电源的选择	73	二、美化照明	125
一、发电设备分类	73	第五节 监控机房照明	127
二、高速公路备用电源的选择	73	一、监控室的特点及类型	127
三、发电机室的选择	73	二、照明设计的要求	127
四、运转方式与启动时间	74	三、照明方式	128
五、柴油发电机设备的特性	75	四、光源和灯具选择	128
第四节 备用电源的日常维护保养	75	五、照明灯具布置	129
一、维护保养的重要性	75	第六节 照度测量	130
二、备用电源的日常维护保养	75	一、概述	130
第五节 常见故障排除	77	二、照度计	130
一、柴油机部分	77	三、道路照明的照度测量	130
二、燃油供给和调速系统的常见故障	85	四、反射比的测量	132
三、发电机部分	88	五、测量条件及测量方法	133
第五章 高速公路照明系统	89	第七节 高速公路照明节能与控制	134
第一节 概述	89	一、节能	134
一、高速公路照明系统的作用和意义	89	二、高速公路照明控制	137
二、高速公路照明的分类	90	三、照度标准与节能的关系	138
		四、高速公路照明系统的投资分析	138
		第六章 高速公路隧道照明系统	140
		第一节 隧道的视觉现象	140

第二节 隧道照明设计	142	二、架空线路的防雷措施	168
一、隧道照明系统	142	三、传输电缆防雷措施	168
二、隧道照明亮度与照度标准	142	四、传输光缆防雷措施	170
三、隧道入口照明	143	五、电源系统的防雷保护措施	171
四、隧道基本段和出口段照明	144	六、紧急电话的防雷措施	172
五、接近段的减光措施	145	七、弱电设备的内部防护措施	173
六、隧道内应急照明	146	八、闭路监视系统综合防雷措施	173
七、洞外引道照明	147	九、高速公路机电系统中心控制大楼 的防雷措施	176
第三节 隧道内照明器选择与布设	147	十、防止室内外电位差的措施	178
第四节 隧道照明计算	150	十一、收费站交通机电系统采用多级 防雷示例	178
一、入口段亮度计算	150		
二、过渡段亮度 L_{tr}	150	第五节 运行维护	178
三、基本段平均照度	151		
第五节 隧道照明的节能措施	153	第八章 高速公路供配电接地系统	180
一、合理选择隧道照明用行车速度	153	第一节 概述	180
二、隧道照明控制	153	一、地	180
三、合理选定洞外亮度 $L_{20}(S)$	153	二、接地	180
四、调光	154	三、接触电压	181
五、提高隧道墙面的反射率	154	四、跨步电压	182
六、灯具的维护	155	第二节 接地装置	182
第七章 高速公路供配电防雷系统	156	一、接地端子	182
第一节 概述	156	二、接地体	182
第二节 雷电的基本知识	156	三、接地线	183
一、雷电的形成	156	四、流散电阻、接地电阻和冲击接地电阻	184
二、雷电的危害	157	五、普通地网的制作	185
三、雷电过电压的基本特性	159	六、接地装置的运行维护	185
四、雷电流的量级和分配	160	第三节 接地系统的作用和分类	186
五、防雷系统的组成	160	一、功能性接地	186
六、雷暴等级的划分	163	二、保护性接地	187
第三节 高速公路防雷设计	164	三、重复接地	188
一、高速公路防护等级	164	四、联合接地系统	189
二、综合防雷技术概念	164	五、选择接地形式时的注意事项	189
三、防雷区的概念	164	第四节 接地方式	190
四、防雷技术的原理	165	一、单点接地系统	190
第四节 高速公路综合防雷措施	167	二、多点接地	190
一、高速公路 10kV 变电所防雷措施	167	三、混合接地	191

第五节 特殊设备接地	191	五、调压设备及试验变压器容量的选择	220
一、变电所接地	191	六、操作方法及注意事项	220
二、电源接地	192	第六节 直流耐压试验	221
三、电子计算机接地	195	一、试验特点	221
四、供电系统接地	195	二、试验的接线与步骤	222
五、电子设备的系统工作地	196	三、试验结果的判断	223
六、通信站接地系统	196	第七节 变配电所设备试验项目与	223
七、路灯设施的接地保护	198	试验标准	
八、供电线路的低压设备保护	198	一、电力变压器	223
第六节 施工中应注意的要点	199	二、互感器	225
第七节 接地的电磁兼容性	199	三、断路器	227
一、电磁干扰	199	四、隔离开关	229
二、地线的阻抗	203	五、母线、绝缘子及套管	230
三、地线干扰机理	204	六、阀型避雷器	232
四、地线干扰对策	205	七、电力电缆	234
五、电路搭接	207	八、并联电容器	235
第九章 高速公路供配电电气试验	209	第八节 高压绝缘电阻的测试方法	236
第一节 概述	209	一、变压器、电压互感器绝缘电阻	236
一、电气设备绝缘损坏或劣化的原因	209	的测量	
二、检查电气设备绝缘性能的基本方法	209	二、测量并联电容器的绝缘电阻值	237
第二节 绝缘电阻和吸收比的测量	209	三、阀型避雷器绝缘测量	238
一、试验的目的	209	四、断路器导电回路电阻测量	239
二、试验的接线与步骤	210	五、接地电阻和土壤电阻率的测量	240
第三节 泄漏电流试验	211	六、相位、相序测定及核定	242
一、试验目的	211	第十章 高速公路供配电照明系统	246
二、试验的接线与步骤	211	工程管理	
三、对试验结果的判断	213	第一节 供配电照明系统施工组织设计	246
第四节 介质损失角正切值试验	213	一、概述	246
一、试验的目的	213	二、施工进度图	247
二、试验的接线与步骤	214	第二节 供配电照明系统技术管理	249
三、对试验结果的判断	216	一、电气安装施工准备内容	249
第五节 交流耐压试验	216	二、安装施工的技术管理	249
一、试验的特点及意义	216	三、工程例会	256
二、几种接线方式	216	四、安全施工技术管理	257
三、高压侧电压的测量	218	五、施工技术档案管理	258
四、限流电阻及其作用	219	第三节 质量控制与管理	259

一、电气设备安装工程质量检验的内容和标准	259	二、工程质量评分方法	263
二、电气安装工程质量检验常用工具	260	三、工程质量等级评定办法	265
三、电气施工与土建的配合	260	四、质量检验的分类	265
四、工程质量控制	262	五、施工单位应提交的质量保证资料	266
第四节 工程验收	263	六、供配电系统、照明系统的质量评定	266
一、工程质量评分前的准备	263	参考文献	269

第一章 绪 论

第一节 概 述

公路的发展,对于国民经济的发展起着重大的影响。改革开放以来,我国的国民经济有了快速的发展,国民生产总值持续高速增长,人民生活水平进一步提高。在经济发展的过程中,公路交通工具的数量也快速增加,加大了公路交通的压力,公路交通设施已经不能适应经济发展的要求,成为制约国民经济的“瓶颈”。

高速公路的通行能力和效率远远高于普通公路,发展高速公路是解决城市间交通的重要手段。1988年,上海至嘉定高速公路18.5km建成通车,实现了中国大陆高速公路零的突破。1998年以后,国家加大基础设施的建设力度,特别是高速公路的建设,使高速公路的通车里程有了飞跃性的发展。在2001年,新建高速公路3000km,使全国高速公路的通车里程达到1.9万km,总长度超过加拿大而位居全球第二。

高速公路的建设和投入使用,提高了公路运输的效率,使公路运输时间大幅度缩短,在加快改革开放、推动社会进步、振兴国家经济、促进运输结构日臻完善、巩固国防等方面发挥了巨大的作用。

高速公路与一般公路相比具有鲜明的经济技术特征,是公路交通先进生产力的集中代表。高速公路的发展水平是一个国家经济实力和经济发展水平的重要标志之一,同时也是一个国家经济发展活力的重要标志。世界上经济发达的国家无一不是高速公路发展水平较高的国家,美国、加拿大、德国、法国、意大利等国家高速公路的总里程和其在公路中所占的比例,均名列世界前茅。21世纪,中国经济的发展质量、水平和速度,将进入一个全新的历史阶段,步入一个更为健康和快速的轨道。经济的发展对公路的总量和质量会有更高的要求。

高速公路使人们的出行更为方便、舒适、安全和快速,时空观念将有很大改变。货物运输将在信息、组织、集散、运送、服务等方面向快速优质方面发展。高速公路将给经济发展和人们的社会生活带来更多活力,大大提高经济的发展速度和社会生活的质量。

随着高速公路不断的修建和投入使用,其配套设施的建设任务也急剧增加,交通机电系统作为高速公路运营管理是必不可少的附属系统,涉及的知识领域广,并具有边缘应用的特点。在生产实践中,人们已经意识到,高速公路交通机电系统是提高高速公路运营维护管理水平的重要手段。

机电系统的运行,依靠供配电照明系统提供电能支持,随着机电系统建设的逐步完成,高速公路供配电系统已发展成为电力供电系统的一个重要分支。因此,结合高速公路机电系统的特点,研究高速公路供配电照明系统是十分必要的。

一、高速公路供配电照明系统的基本要求

供配电照明系统是交通机电系统(包括收费系统、通信系统、监控系统和供配电照明系统)的重要组成部分之一,供配电照明设施是高速公路附属工程配套设施。其目的在于确保其用电的安全、合理和可靠性,满足高速公路管理部门生产、生活的需要,确保高速公路安全、通畅、经济、快速和舒适等综合效益最大限度地发挥,实现高速公路运营与管理过程的现代化。为此,供配电照明系统必须达到以下基本要求:

- (1) 安全——在电能的供应、分配和使用中,不应发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠——应满足用户对供电可靠性的要求。
- (3) 优质——应满足用户对电压质量和频率等方面的要求。
- (4) 经济——系统的投资要少,运行费用要低,并尽可能地节约电能和减少有色金属的消耗量。

此外,在工作中,应合理地处理局部和全局、当前和长远的关系,既要照顾局部和当前的利益,又要有全局观念,能顾全大局,适应发展。

供配电照明系统设施的优劣标志着高速公路现代化的程度,因此供配电照明系统的建设与管理应体现“技术先进,经济合理,节省能源,维修方便”以及“先进性与实用性相结合,安全性和可靠性相结合,标准化和统一化相结合,开放性和扩充性相结合”的原则,最大限度地发挥高速公路管理功能和服务水平,改善行车条件,为道路使用者提供良好的服务,创建优美的环境。

二、高速公路供配电照明系统的有关概念

高速公路供配电照明系统属于电力系统的一个电力用户,因此,有必要先简单介绍一下有关电力系统的概念。

1. 电力系统的构成

一个完整的电力系统由分布在各地的各种不同类型的发电厂、升压和降压变电所、输电线路及电力用户组成,它们分别完成电能的生产、电压变换、电能的输送、分配及使用。

发电厂按它所利用的能源不同,可分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂等类型。

电力系统中各级电压的电力线路及联系的升、降压变电所,叫做电力网,简称电网。但习惯上,电网或系统往往按电压等级来区分,比如说 10kV 电网或 10kV 系统。这里所说的电网或系统,实际指的是以某一电压相互连接的整个电力线路。

电网可按电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网。区域电网范围大,电压高,一般在 220kV 级以上;地方电网的范围小,电压一般在 110kV 以下,高速公路供配电及照明系统就属于地方电网。

建立电力系统,可以更经济合理地利用地方动力资源,减少电能损耗,降低发电成本,保证供电质量,并大大提高供电的可靠性。

2. 电力系统的额定电压

电力系统中的所有电气设备,都是在一定的电压下工作的,电力系统的电压直接影响电气设备的运行。

电网电压是有等级的,电网的额定电压等级是根据国民经济发展的需要、技术经济的合理性以及电气设备的制造水平等因素,经全面分析论证,由国家统一制定和颁布的。我国公布的标准额定电压如表 1-1 所示。

表 1-1 我国交流电力网和电气设备的额定电压

	电力网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
低压(V)	220/127	230	220/127	230/133
	380/220	400	380/220	400/230
	660/380	690	660/380	690/400
高压 (kV)	3	3.15	3,3.15	3.15,3.3
	6	6.3	6,6.3	6.3,6.6
	10	10.5	10,10.5	10.5,11
	—	13.8,15.75,18,20	13.8,15.75,18,20	—
	35	—	35	38.5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	750	—	750	—

注:表中斜线“/”左边数字为三相电路的线电压,右边数字为相电压。

电气设备的额定电压等级与电网额定电压等级相对应。根据电气设备在系统中的作用和位置,电气设备的额定电压简述如下。

(1) 用电设备

用电设备的额定电压和电网的额定电压一致。实际上,由于电网中有电压损失,线路上各点的实际电压会偏离额定值。为了保证用电设备的良好运行,国家对各级电网电压的偏差均有严格规定。因此,用电设备应具有比电网电压允许偏差更宽的正常电压工作范围。

(2) 发电机

为补偿电网上的电压损失,发电机的额定电压一般比同级电网额定电压高出 5%。

(3) 变压器

变压器的额定电压分为一次和二次绕组。

对于一次绕组,当变压器接于电网末端时,性质上等同于电网上的一个负荷(如高速公

路供电系统中的降压变压器),故其额定电压与电网一致;当变压器接于发电机引出端时(如发电厂升压变压器),则其额定电压应与发电机额定电压相同。

对于二次绕组,额定电压是指空载电压,考虑到变压器承载时自身电压损失(按5%计),变压器二次绕组额定电压应比电网额定电压高5%;当二次侧输电距离较长时,还应考虑到线路电压损失(按5%计),此时,二次绕组额定电压应比电网额定电压高10%。

3. 电力系统的中性点运行方式

在电力系统中,当变压器或发电机的三相绕组为星形连接时,其中性点可有两种运行方式:中性点接地和中性点不接地。中性点直接接地系统常称大电流接地系统,中性点不接地和中性点经消弧线圈(或电阻)接地的系统称小电流接地系统。中性点运行方式的选择主要取决于单相接地时电气设备绝缘要求及供电可靠性。

目前,在我国电力系统中,110kV以上高压系统,为降低设备绝缘要求,多采用中性点直接接地运行方式;6~35kV中压系统中,为提高供电可靠性,首选中性点不接地方式,当接地电流不满足要求时,可采用中性点经消弧线圈或电阻接地的运行方式;低于1kV的低压配电系统中,考虑到单相负荷的使用,通常均为中性点直接接地运行方式。

三、决定高速公路供配电系统供电质量的主要指标

1. 高速公路供配电系统的特点

高速公路供配电系统由变配电所、供电线路和各种用电设备等组成,其中变配电所是电力系统的一个终端降压变配电所。

高速公路供配电系统的供电电压一般在35kV及以下;高压配电电压通常为10kV;低压配电电压一般采用380V/220V,其中线电压380V接三相动力设备及380V的单相设备,相电压220V接一般照明灯具及其他220V的单相设备。

供电系统一经确定,就决定了高速公路供配电系统内部用电负荷的供电可靠性和供电质量。充分考虑每个用电设备的工作特点和对供电质量指标的具体要求,设计一个安全、可靠、灵活、经济的供配电系统,对保证高速公路安全正常运营、节约电能、提高经济效益等方面具有重要意义。

2. 决定供电质量的主要指标

决定高速公路供配电系统供电质量的指标为电压、频率和可靠性。

(1) 电压

理想的供电电压应该是幅值恒为额定值的三相对称正弦电压。由于供电系统存在阻抗、用电负荷的变化和用电负荷的性质(如冲击性负荷、非线性负荷)等因素,实际供电电压无论是在幅值上、波形上还是三相对称性上,都与理想电压之间存在着偏差。

①电压偏差 电压偏差是指电网实际电压与额定电压之差,实际电压偏高或偏低对用电设备的良好运行都有影响。以照明白炽灯为例,电压升高,则光效高,但寿命减少;电压降低,寿命虽然有所增加,但光效严重下降。

按照《工业与民用供配电系统设计规范》规定:正常运行情况下,用电设备端子处电压

偏差的允许值为:

电动机 $\pm 5\%$;

照明灯 在一般工作场所 $\pm 5\%$;在视觉要求较高的场所 $+5\%$ 、 -2.5% ;在远离变电所的小面积一般工作场所难以满足上述要求时, $+5\%$ 、 -10% ;

其他用电设备 无特殊规定时 $\pm 5\%$ 。

这里所说的电压偏差值是以额定电压的百分值来表示的,即

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100$$

式中 $\Delta U\%$ ——设备端的电压偏差百分比;

U ——设备端的实际电压;

U_N ——设备的额定电压。

②电压波动和闪变 电网电压方均根值随时间的变化称为电压波动,由电压波动引起的灯光闪烁对人眼脑产生的刺激效应称为电压闪变。当大容量冲击性负荷运行时,剧烈变化的负荷电流将引起线路压降的变化,从而导致电网发生电压波动。电压波动不仅引起灯光闪烁,还会使电动机转速出现脉动、电子仪器失常等。

③高次谐波 当电网电压波形发生正弦畸变时,电压中出现高次谐波。高次谐波的产生除电力系统自身背景谐波外,在高速公路供配电及照明系统中主要由大功率变流设备、荧光灯和高压钠灯等气体放电灯、交流电动机等非线性用电设备所引起的。高次谐波的存在,将导致供电系统能耗增大,电气设备尤其是静电电容器过流及绝缘老化加快,并会干扰自动化装置和通信设施的正常工作。

④三相不对称 三相电压不对称指三个相电压在幅值和相位关系上存在偏差。三相不对称主要由系统运行参数不对称、三相用电负荷不对称等因素引起。供电系统的不对称运行对用电设备及供配电系统都有危害,低压系统的不对称运行还会导致中性点偏移,从而危及人身和设备的安全。

(2) 频率

我国规定的电力系统标称频率(俗称工频)为 50Hz,国际上标称频率有 50Hz 和 60Hz 两种。由电力系统供电的交流用电设备的工作频率应与电力系统标称频率相一致。为了达到某种特殊目的,有些用电设备需在其他频率下工作,则可配以专用变频电源供电,如高频加热、感应电动机变频调速等。

当电能供需不平衡时,系统频率便会偏离其标称值。频率偏差不仅影响用电设备的工作状态、产品的产量和质量,更重要地会影响到电力系统的稳定运行。

高速公路供配电系统的电压频率是由电力系统保证的。我国国标规定,电力系统正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$,当系统容量较小时,偏差值可以放宽到 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

(3) 可靠性

可靠性即根据用电负荷的性质和突然中断其供电在政治上或经济上造成损失或影响的程度,对用电设备提出的不允许中断供电的要求。按照供电可靠性要求,用电负荷分为以下

三级:

一级负荷 突然停电将造成人身伤亡,或在经济上造成重大损失,或在政治上造成重大不良影响者。

二级负荷 突然停电将在经济上造成较大损失,或在政治上造成不良影响者。

三级负荷 不属于一级和二级负荷者。

各级用电负荷的用电方式,应根据负荷对供电可靠性的要求和地区供电条件按下列原则考虑确定:

一级负荷应由两个独立电源供电,有特殊要求的一级负荷,两个独立电源应来自两个不同的地点。

二级负荷应由两回线路供电,当负荷较小或取得两回线路有困难时,可由一回专用线路供电。

三级负荷属于不重要负荷,对供电方式无特殊要求。

所谓两个独立电源,是指任一电源故障时,不影响另一电源继续供电。当两电源具备下列条件时,可视为两个独立电源:两个电源来自不同发电机;两个电源间无联系,或虽有联系但能在任一电源故障时自动断开其联系。

高速公路机电设施属一级负荷,应由两个独立电源供电。必要时,还应增设紧急电源。

第二节 高速公路供配电照明系统的组成

高速公路供配电照明系统主要由高低压供配电系统、电力线路、备用电源、道路及隧道照明系统、防雷接地系统等组成。

一、高低压供配电系统

供配电系统是高速公路交通机电系统必不可少的支持系统,它的作用是保证 24 小时不间断供应电能,既能正常供电,又能紧急供电。

供电系统包括变压器、高压和低压开关柜、各种配电屏和配电箱等。

紧急供电系统一般配备柴油发电机组、防酸漏铅电瓶或 UPS 电源等。

二、线路敷设

电力线路是电流的传输通道,一般按电力线路电压高低分 1kV 以上为高压线路,1kV 以下为低压线路;电力线路按其结构又可分为架空线和电缆线路。

目前高速公路 10kV 专板供电线路广泛采用架空线路,其优点是设备材料简单、造价低、施工方便、易于发现故障而且便于检修;但缺点是容易受外界环境影响,供电可靠性较差。随着我国高速公路的现代化发展和美化环境的要求,站区及沿线用电设施越来越多的采用电缆线路,其供电的特点是受外界因素(如雷害、鸟害、风害等)的影响小,供电可靠性高;电力电缆电容较大,可改善线路的功率因数;提高供电电压质量,减少无功损耗;有利于

环境美观。但成本高,一次性投资较大,约为同电压等级架空线路的 10 倍;电缆线路分支困难,接头工艺复杂;故障点较难发现,不便及时处理故障。

为了保证用电安全、经济、合理、可靠的运行,导线和电缆的截面选择,应从经济、技术上考虑。导线和电缆的截面选择过大,既增加建设的投资,又浪费有色金属;导线截面选择过小,线路在运行中会造成很大的电压降和电能损失,并使导线接点处过热而温度过高,导致事故发生,影响供电系统安全和电气线路设备的正常运行,所以必须适当选择导线和电缆截面。

定期检查和维护是保证电力线路正常工作的手段。对架空线路,定期巡视检查要根据架空线路的运行情况、完好程度、沿线路环境及重要性来具体确定。一般要求每月进行一次巡视检查。如遇大风大雨及发生故障等特殊情况时,需临时增加巡视次数或随时巡检;根据架空线路的负荷大小及绝缘子污秽程度适当增加夜间巡视;架空线路发生故障后,应根据变电站出线开关保护装置的动作情况进行具体巡视检查。

三、备用电源

高速公路机电系统的正常运行,依赖于稳定可靠的电源系统。一旦停电,机电系统将不能正常工作,严重影响高速公路的运营管理和通行效率,为保证高速公路的供电系统在供电电源因故中断时,交通机电系统设备能够正常工作,高速公路供电系统应配备备用电源。

对于交流供电系统一般多采用柴油发电机组,当供电停电时,能够在规定的时间内启动柴油发电机组供电。目前国内已开始采用自动柴油发电机组,在供电断电时,机组能够自动启动、发电和自动实现电源的切换而无需人工干预。

基本型柴油发电机组由发电机、柴油机、散热器、控制箱或控制屏等组成。散热器、柴油机和发电机安装在公共底盘上。柴油机和发电机之间采用弹性联轴器或钢片联轴器连接,控制箱置于发电机上或通过支架置于底盘上。对于大容量采用控制屏的机组,控制屏单独落地安装。

发电机组控制箱的面板上装有交流电压表、交流电流表、频率表、电压换相测量开关、电流换相测量开关、电压整定电位器、复位充磁按钮、发电指示灯、合闸指示灯和电压异常指示灯等。箱内装有电压异常保护单元及发电机励磁电压自动调节器、电流互感器、自动空气断路器。

自动型柴油发电机组是在基本型人工操作、控制、调节和测量的基础上,实现机组的自动启动、暖机、升速、合闸、运行、调频、调压、调节负载、分闸、冷机和自动停机等功能。发电机组的自动控制器在检测到主电网电压异常时,经 3s 延时判断确认后,自动启动升速达到额定转速。当电压、频率达到额定值时,发出合闸指令向负载供电。机组运行正常时可实现上述自动调节功能,并在出现异常时实现自动保护。当电网供电恢复正常时,经 10s 延时判断确认后,自动发出机组分闸指令,转换开关自动转换到电网供电的状态。

对于直流供电系统一般由交流电源经整流器整流后得到,直流供电系统的不间断电源一般多由蓄电池组构成。

而对于某些重要设备,还可以采用静止型交流热备份电源,以保证系统电源的不断电和无瞬变的要求。

柴油发电机组均作为市电故障停电后的应急备用电源的提供者,绝大多数时间机组处于待机备用状态,一旦停电,就要求机组“启得动,供得上”,否则备用电源将失去意义。由于机组长期处于静态,机组本身各种材料会与机油、冷却水、柴油、空气等发生复杂的化学、物理变化,从而将机组“放”坏。实践证明:加强日常维护保养才是最经济、最有效的方法。备用电源的维护包括:常规维护、一级技术保养、二级技术保养和大修等。

四、道路照明系统

道路照明系统是交通机电系统的重要内容之一,对高速公路交通安全畅通起着重要作用,并最大限度地满足高速公路交通机电系统功能上的需要,如为闭路监视系统提供夜间监视条件,改善夜间行车环境,减少交通事故的发生,为道路使用者提供良好的服务,创建优美的环境。照明系统主要包括主线照明、大桥照明、隧道照明、匝道照明、广场照明、收费站照明以及景观照明等。

高速公路以其良好的线形与交通条件,较高的运营经济效益与巨大的社会效益,吸引着众多的用户。但同时高速公路又具有车流量大、行车速度高的特点,给高速公路的行车安全造成很大的威胁,特别是高速公路的夜间行车安全。有关资料介绍,在不设置照明系统的道路上,美国夜间交通事故死亡率为白天的 2.5 倍;英国夜间交通事故为白天的 1.8 倍;法国夜间交通流量比白天低 3 倍,而事故发生率比白天高得多。

高速公路照明系统的设置是为车辆驾驶人员创造良好的视觉环境,当汽车夜间高速行驶时,驾驶员能迅速准确地接受必要的视觉信息(如路上有无障碍物、前后车辆的相对位置、速度、各类标志、路面宽度和线型等),使其及时做出反应,以便事先防止由于视距不足而发生的交通事故。高速公路行车的通视与诱导性,使驾驶员容易注视前方,缓和了注意力的紧张程度,从而可以大大减轻驾驶员的驾驶疲劳,增加夜间行车的安全感和舒适感,提高交通运输效率及道路的利用率,达到防止犯罪活动和美化环境的效果。国外统计资料表明,许多国家由于改善了道路照明设置,夜间交通事故减少了 40%~60%,重大交通事故也显著减少,见表 5-1~表 5-2 所述。因此,从公路交通运输长远发展的角度来说,设置良好的高速公路照明系统,形成合适的夜间交通环境对减少交通事故、保证车辆在高速公路上安全、迅速、舒适地行驶有着重要意义。

五、隧道配电照明系统

作为高速公路重要组成部分的隧道是既能缩短交通途径,又能简捷通过险要地段的重要手段之一,其环境与普通路段环境相比具有:隧道内外亮度差极大、空气污染严重、侧向净宽较小且高度有限、没有扩展活动的余地和噪声高等特点,加之车辆的迅速增长,使高速公路的优越性大大减弱,交通问题显得十分突出,通行能力、行程速度、交通安全性能客观上比其他路段差,交通事故发生率、交通能耗及对环境的污染成倍增加。在此情况下要保证来