

文章编号: 0451-0712(2006)04-0233-06

中图分类号: U417.9:TM727.3

文献标识码: B

山区高速公路中压供电系统初探

马锐华

(福建省高速公路监控中心 福州市 350001)

摘 要: 电能是高速公路现代化管理的主要能源和动力,高速公路沿线设施以及智能交通系统的安全可靠运行和其先进的科学技术优势的充分发挥,关键的保证是优质而不间断的可靠供电。初探山区高速公路中压供电系统的新理念,比较分析中压集中供电系统与常规分散供电系统在高速公路上的应用。

关键词: 高速公路; 供配电系统; 中压供电

高速公路与一般公路相比,具有“高效、安全、舒适”的特点和优势,除了高速公路自身建设的等级较高外,在很大程度上要靠交通机电工程和现代化的管理来实现。用于高速公路现代化管理的大型、综合的机电系统随着现代化电子技术系统的发展,对供电系统的要求也越来越高。由于高速公路的自身特点,使其对供电的要求有别于一般的工业与民用供配电系统。首先,高速公路路线长,且跨省市或跨地区运行,常与电力系统现行的区域供电体制冲突,给集中供电造成一定的困难;第二,沿高速公路的用电点多,且用电负荷分散而不均匀;第三,机电设备功率小,对供电质量要求高,关键设备要求不间断供电;第四,隧道通风照明设备的用电负荷高,且相对集中。“安全、可靠、优质、经济”是高速公路对供配电系统的基本要求。

目前在建的许多高速公路为山区高速公路,隧道比较多,隧道的长度也越来越长,由于隧道中的机电设备数量比较多,用电主要集中在隧道,日后的运营养护困难且成本也比较高。而且高速公路沿线多为农村小电网,以中小型水电站发电为主,电网的运行不稳定,线路故障率较高,供电质量较差,无法很好地保证高速公路的正常用电。

由于在高速公路的建设施工和运营管理中,人们常常忽略了可靠的电源供给,采取分散式供电,就近取电,高速公路修到哪里就在哪里接电,用电可靠性比较差,给建设施工和运营用电带来了许多弊端。笔者从高速公路建设施工和运营管理的角度,基于

福建高速公路供配电系统的建设经验来探讨山区高速公路中压供电系统设置的新理念。

1 自建高速公路专用供配电系统的必要性

早期修建的高速公路途经城市周边,供电条件优越,可充分利用国家电网分布的优势,只用较小的投资就可获得相对稳定可靠的电源。随着国家高速公路网建设的深入,新一轮高速公路建设必须向山区和人烟稀少的内陆腹地进军。而在山区,许多地方的供电网非常简陋,基本上是靠村镇自建的小水电站供应,高速公路施工临时用电设施和永久负荷用电设施的建设数量庞大,而小水电站远远满足不了高速公路建设施工用电和运营管理用电的需要。传统的分散式供电方式必须依赖当地的电网水平,在山区修建高速公路如果要保证用电质量的稳定可靠,就必须投资改造地方落后的电网或者建设长距离的输电线路以取得可靠的电源接入点,二者的成本均较大,不经济,而且时常和当地供电部门发生矛盾冲突。与其投资地方电网建设来提供电源,不如自建专用供电网来保证供电,这不仅节约投资,还可以简化与电力部门烦琐的供用电手续,同时也给高速公路建设和运营提供优质可靠的不断电电源,所以自建高速公路专用供配电系统是当前高速公路建设和运营的重要课题。

2 传统分散供电模式的问题

福建省早期的高速公路建设均位于沿海平原地区

带,隧道数量少,用电相对集中在服务区、收费站和管理所。由于所处地区经济相对发达,地方电网也比较发达,供电系统相对可靠,我们采取了就近取电的供电方式,按设计的要求,在短隧道的一侧设一个配电房,在长隧道的两侧各设一个配电房,在服务区、收费站分别设一个配电房,就近取电于地方 10 kV 配电网,经过 10 kV 配电变压器降压后使用。为了达到一级负荷的供电标准,在配电房内设置备用发电机组,隧道口配电房除配备备用发电机组外,还配备 2 h 的大功率 UPS 以备电网突然停电时隧道应急灯、监控电源等一级负荷的不间断用电。虽然整个供配电系统比较烦琐,设备较多,许多设备常处于备用状态,每年要消耗许多维修费用,但是因为隧道数量少,这种分散供电模式相对还是比较经济的。由于这种供电模式是与工业和民用电共用供电线路,随着近年来用电紧张,矛盾日益突出,给供电质量带来严重的影响。

而山区高速公路由于隧道数量众多,隧道的用电负荷远远大于服务区和收费站,例如京福高速公路福建段的一期工程,全长约 260 km,有收费站 12 个、服务区(停车区)7 对、隧道 36 座(72.5 km/单洞),其中 1 km 以上的长隧道 9 座,最长的美荪林隧道长 5.6 km。如果按照传统的分散供电模式设计,沿线的配电房数量和 10 kV 外部供电线路将十分庞大,主要存在的问题如下:

(1)变电所和设备的数量较多,配电房的土建投资和设备的购置费用较高;

(2)变电所需专人值班守护,不仅管理控制不便,而且增加了运营成本;

(3)外部供电线路比较长,线路损耗和日后的维护费用也相应比较高;

(4)系统的自动化水平较低,不利于实现高速公路整体的现代化管理;

(5)低压供电半径长,低压损耗大,为保证长隧道末端通风照明用电的额定电压,势必要加大馈线电缆截面来降低压损,这将增加投资和运行损耗;

(6)接入的电源多为农网线路,电价较高,而且经常发生停电、供电故障及电源波动,工业谐波干扰严重,使供电质量难以保证,给一些电子监控设备、收费系统及隧道通风照明系统的正常工作带来严重的影响。另外在日常的运行管理上也常与地方发生矛盾,这都将给高速公路运营管理造成困难。

3 中压供电系统的优越性

福建省高速公路建设经过前 10 年的努力,到 2004 年底已突破 1 000 km。目前福建省刚通车和在建的几条高速公路均为山区高速公路,根据福建省山区地理环境的特点,我们对高速公路的供配电系统进行了不断的技术攻关,吸收了国内外先进的中压电能传输技术,逐步探索出一条新途径,即从就近取电的分散供电模式到自建专用供配电系统的中压集中供电模式,成功地解决了曾经困扰山区高速公路供电的问题,彻底地改变了高速公路的供电理念,以全新的供配电方式确保了高速公路用电的可靠稳定。

中压供电技术是针对高速公路长距离分散负荷供电特点的一种新的设计理念,是一种能将配电终端深入到负荷中心的长距离电能传输系统。采用相对集中供电的方式,在中心变电所引入稳定可靠的外部电源,在高速公路沿线铺设 10 kV 高压电缆送至各用电点,建立起一个相对独立的高速公路专用 10 kV 内部供电网络,以保证供电的可靠性和质量。应用这一技术可以大大减少沿线变电所和值班管理人员的数量,节约高速公路运营管理费用,提高运营管理和服务水平。

中压集中供电系统在技术经济上的优势在于:

(1)技术设计理念成熟先进,系统具有很高的可靠性和很好的扩展性,并具备较长的免维护周期,保证了供电的质量和可靠性;

(2)可大大减少变电所和值班人员数量,降低运营管理费用;

(3)配合电力监控系统的使用,整体的自动化水平高,便于控制管理和维护;

(4)虽然增加了高压电缆和埋地式变压器的投资,但节约了低压电缆及变电所土建和相关的设备投资,可降低部分工程造价;

(5)外部供电线路较短,相应的维护费用也较低,而且由于外部电源接入点相对集中,电价可以和电力部门协商,有利于整体降低电价,减少电费开支;

(6)供电电源取自地方的高压供电主干网,避免了与地方在用电问题上的矛盾,减少了停电和供电故障,保证了高速公路内部系统设备的用电质量。

4 中压供电系统的应用

为解决高速公路传统供电方式存在问题,我们借鉴国内外中压电能传输供电的新技术,根据我国

国情,将国外的中压供电6 kV 电压等级提高到10 kV,在京福高速公路建设中率先实施。根据京福高速公路途经地区的地理位置和沿途供电网的实际情况,按照节省投资、保证电能质量和可靠性的原则,合理规划供电区域,适当跨区域供电,设计全线的供配电系统,采用中压集中供电和分散供电相结合的供电体制,并增加了电力监控系统,形成了以监控分中心为单元的微机电力综合自动化管理系统,取得了较好的安全经济效益。下面我们以2004年刚通车的几条高速公路为例,逐一介绍福建省高速公路中压供电技术发展过程中的几种建设模式。

4.1 京福高速公路三明连接线中压供电系统

4.1.1 工程简介

京福高速公路三明连接线全长约20 km。沿线主要有沙县收费站、淘金山隧道(948 m)、堍东隧道(490 m)、堍东停车区、余厝隧道(2 276 m)、三明收费站等6处用电负荷点,并负责为沿线3大系统机电设施供电。

4.1.2 原设计方案(分散供电)

原设计供配电方案为常规分散供电系统,沿线设计有8座变电所(其中淘金山和余厝隧道的进出

口各1座),干式变压器共10台,每座变电所分别就近引入一路10 kV 外部电源,并各自配备UPS不间断电源和柴油发电机组备用电源应急。

4.1.3 优化设计方案(中压供电)

优化设计方案为双电源中压集中供电系统,全线分为2个中压供电区:沙县收费站、淘金山隧道、堍东隧道、堍东停车区为一个供电区,余厝隧道和三明收费站为一个供电区,分别在沙县收费站和三明收费站各设置1座中心变电所。中心变电所为10 kV 双电源进线,一路引自附近35 kV 变电站,另外一路引自当地110 kV 变电站,一主一备采用自动切换运行方式。

三明中心变电所采用两进三出环网柜,一路供给三明收费站,一路沿高速公路边坡铺设1条10 kV 铠装高压电缆接入余厝隧道内3处配电洞室,配电洞室设在隧道横洞内,放置地埋式变压器和配电柜,另外一路备用泉三高速公路;沙县中心变电所同样采用两进三出环网柜,一路供给沙县收费站,一路用10 kV 电缆送至淘金山隧道2处配电洞室和堍东隧道洞口整体箱变,另外一路备用京福高速公路主线段。

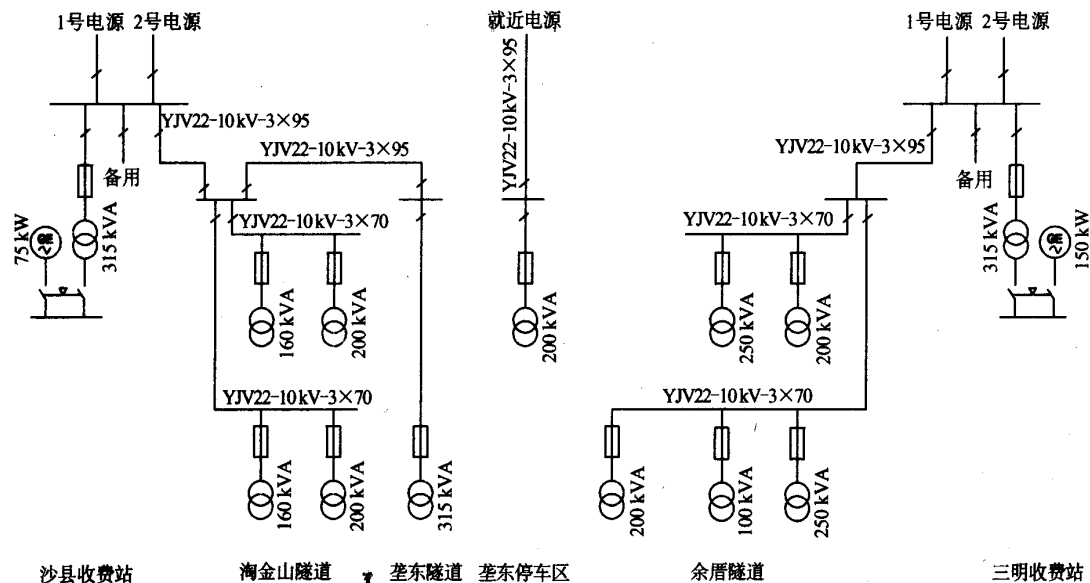


图1 三明连接线中压供配电系统示意

4.1.4 经济性比较

采用传统的分散供电方式和中压供配电方式的经济性比较情况列于表1。

中压供电优化设计方案借鉴了国内早期中压供电系统设计和建设的经验,率先采用了10 kV 电压

等级的国产S11-MRD型地埋式变压器做通风照明负荷配变,克服国外进口地埋式变压器电压6 kV不能直接入网的弊病,而且变压器容量大,可以满足射流风机的负荷要求。它采用非晶合金材料的卷铁芯和三相一体插拔式连接,具有低损耗(0.3%)、防

表 1 两种供电方式的经济性比较

序号	项目	分散供电	中压供电
1	变电所	8 座	2 座
2	隧道配电室	0	5 座
3	电源接入点	8 处	2 处
4	10 kV 电缆	0	13 km
5	柴油发电机	8 台	2 台
6	电力监控系统	无	1 项
7	工程投资	1 360 万元	1 200 万元

护等级高(IP68)、防水防爆、性能好、免维护等优点,它利用快速高压熔丝保护,简化了高压连接电路,节省了高压进线开关等设备,减小了投资,便于管理维护。

由于采用的埋地式变压器容量较大,所以数量少,设备相对集中在配电洞室内,但依旧保留了隧道应急照明用的应急电源UPS。在中压供电设计方案提出时,土建工程已经接近尾声,由于担心爆破开挖配电洞室有可能会破坏隧道衬砌,所以以人工开挖为主,工程难度比较大,也影响了工程进度。

4.2 京福高速公路主线段中压供电系统

4.2.1 系统简介

由于有了三明连接线的设计施工经验,我们联

合设计单位对中压供电系统进行了进一步的优化设计,采用一主一备的环网供电结构,形成了10 kV内部供电环网。(1)全线统一划分供电区,中压供电半径约20 km,将低压回路的供电半径控制在300 m以内;(2)取消隧道人行横洞内配电洞室,减小变压器容量,将埋地式变压器放置在隧道洞壁配电洞内;(3)在中短隧道洞口使用分体埋地式组合箱变,将埋地式变压器放置在洞口地坑内;(4)取消隧道应急照明的应急电源UPS,将原应急灯改为自带电源式应急灯,应急点亮时间2 h;(5)所有高低压回路的控制和监测均由电力监控系统远程控制。

4.2.2 经济技术比较

新的中压供电设计理念借鉴了电力部门成熟的供配电经验,突破了以往国内中压供电设计的旧模式。(1)进一步简化了高压连接电路,一主一备的环网供电结构可靠稳定;(2)由于缩短了低压供电半径,馈线电缆的截面可以减小许多,一般在300 m以内分布的隧道照明负荷电流小,用25 mm²的截面电缆就可以满足压损要求,不仅降低了工程造价,还减少了低压损耗,取得了明显的节能效果;(3)利用交通监控传输通信平台和配电点RTU的实时信息采集,由电力监控软件实现供配电系统的全程自动化管理,实现隧道供配电系统的无人值守。

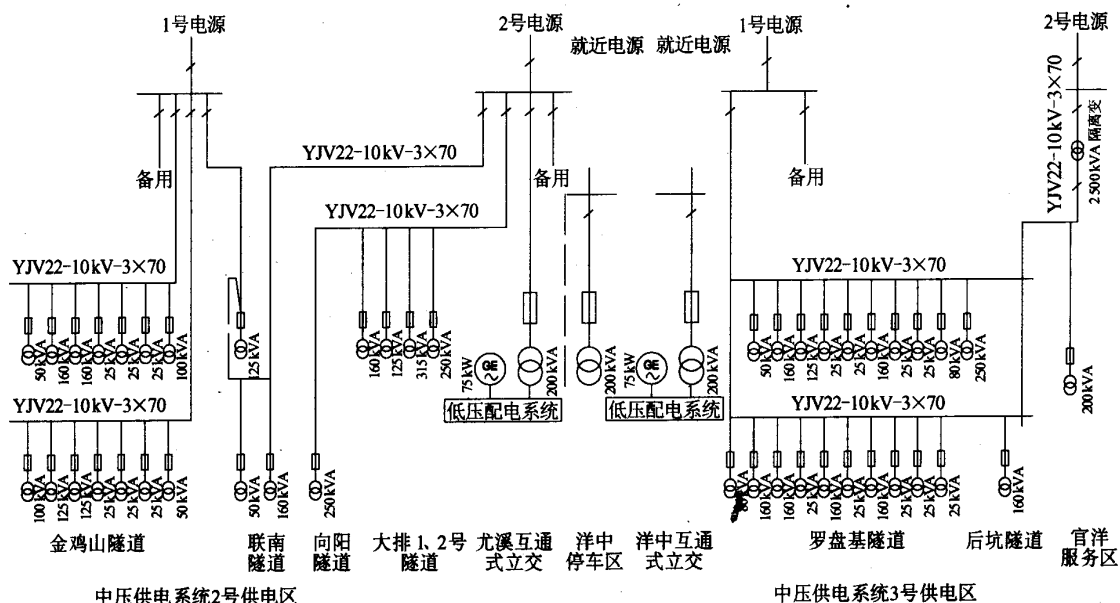


图 2 京福高速公路主线(三明)段中压供配电系统示意

4.2.3 电力监控系统

京福高速公路不仅率先采用了中压供电技术,

而且投入建设的电力监控系统与交通监控配合使用,配备本地和远程控制装置,并采用微电脑继电器保

护装置,通过分中心监控主机的自动化软件的远程集中监控功能,以达到高速公路全供配电系统及隧道通风照明的智能化管理,真正做到变电所和配电房无人值守和远程集中控制,可实现“四通”(通信、遥测、遥控、遥调)功能,提高了整个系统的自动化水平,节省了设备维护和人员开支,促进了高速公路的现代化运营管理。

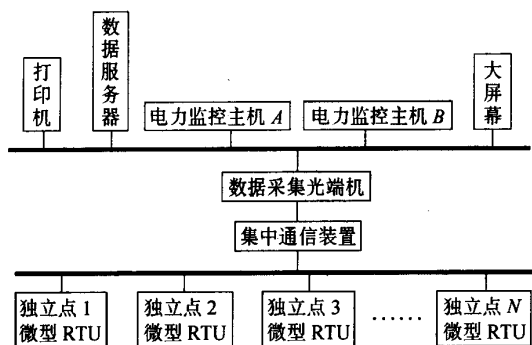


图3 电力监控系统结构示意图

4.3 漳龙高速公路(漳州段)中压供电系统

自建高速公路专用供配电系统是一项为智能交通提供安全经济供电方式的全新理念,我们在漳龙高速公路(漳州段)首先采用了这种方式。漳龙高速公路(漳州段)全长约80 km,有收费所5座、服务区(停车区)3对、隧道10座(总长7 858 m),地方电网简陋,供电条件差。鉴于漳龙高速公路所处的地理位置,吸取以往智能交通设备因供电质量不好带来许多弊端的教训,经过多次的技术论证,率先采用了自建专用供配电系统的新设计(图4)。该路段自2004年12月29日投入运营以来,系统运行稳定,解决了传统供电存在的常见问题,而且建设投资比传统供电方式投资更低,确保了该路段智能交通机电设备的正常运行,发挥了可喜的经济效益。

4.3.1 自建35 kV专用变电站

在漳龙高速公路风霜岭隧道至石砬山隧道间自建一座35 kV变电所,35 kV高压侧电源引自地方主电网的110 kV龙山变电站和35 kV金山变电站,采用双母线三角环的供电方式,装设一主一备35 kV/10 kV容量4 000 kVA的主变各一台,确保了高压侧电源的不间断性,并配备微机综合自动化保护,实现无人值守。

4.3.2 采用10 kV双回路环网供电

中压系统设10 kV单母线六回路出线间隔,采用YJV22-3×50交联电缆沿高速公路两侧直埋,

供电半径25 km。

4.3.3 实行智能化管理

全线利用智能交通的通信平台传输电力监控RTU装置采集的实时信息和监控指令,以及高速公路专用35 kV综合自动化监控信息,实现远程自动化管理,实现全线无人值守,只需在监控分中心进行操作管理;长隧道前和供电终端均配备智能型的环网柜,实现投切自动化远程管理;隧道通风照明综合配电柜具有远程软起动装置和可控硅自动节能装置,配合隧道口的光强检测器实现隧道照度的自动控制;全线供配电系统由监控分中心实现全程微机自动化管理,能掌握电网的实时运行情况,能遥测全网各供配电点的实时电压、电流、功率等数据和定期打印系统运行日、月报表,并具有事故自动报警和备用自动投切功能,所有供电点的主开关、照明回路均能远程操作,中心数据库可备存两年。

4.4 中压供电系统与电力系统的关系

福建高速公路中压供电系统的建设得到了电力部门的大力支持,从设计之初电力系统专家就参加了方案的论证,并提出了许多宝贵意见。我们也充分借鉴和吸收了许多电力行业的设计施工经验,在建设过程中争取当地电力部门的积极配合,签定供电合同,划清工程界面,使项目得以顺利实施。

由于目前电力管理体制的原因,高速公路的10 kV线路和供配电网还必须服从地方统一电力调度,在用电问题上存在一定的矛盾;一主一备的环网供电形式使用热备用是理想的,由于当地电力部门的意见,只好使用冷备用,延长了切换时间;高速公路尚缺乏高压系统管理养护的经验,高压线路和设备的维护还须依托电力部门等社会化的力量。

5 结语

综上所述,传统分散供电方式与中压集中供电方式的经济技术及效益比较,后者有明显的优势,在高速公路交通领域是一个全新理念,为山区高速公路的建设和管理提供了很好的模式,它可以彻底地解决传统供电存在的许多问题。中压供电系统的创新设计不仅仅是设计思路的更新,更重要的是高速公路设计和建设者的设计理念和管理思路的变革,它将为高速公路交通进入智能化时代注入新的生命力,推动高速公路的现代化管理进程。

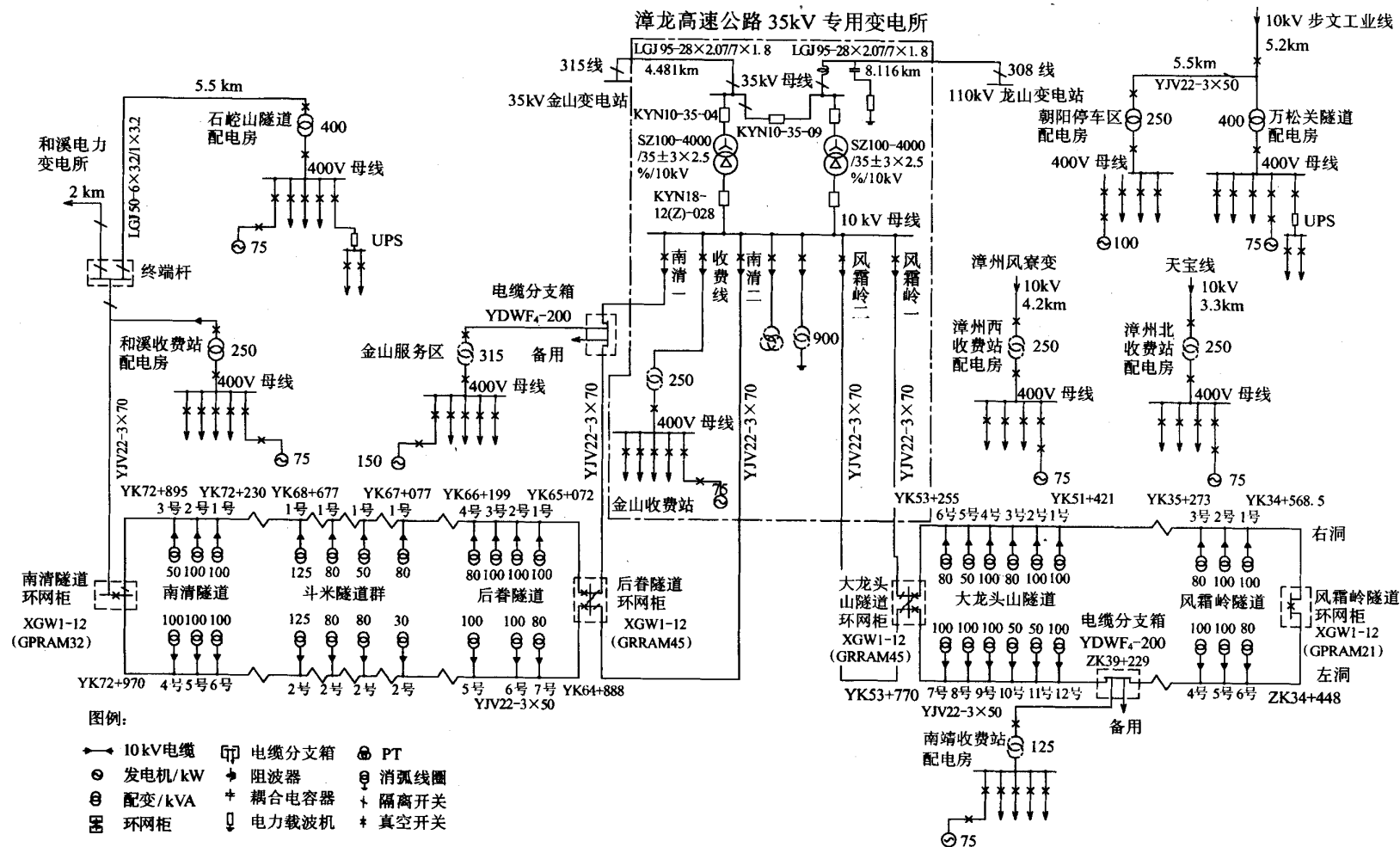


图 4 漳州高速公路 (漳州段) 中压供电系统示意