

# 上海轨道交通崇明线过江段区间供配电系统关键技术研究

魏 昕

(上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海//高级工程师)

**摘 要** 目的:为解决上海轨道交通崇明线过江段存在的区间动力照明设备供电距离远、土建条件受限等工程难点,需对其区间供配电方案作针对性分析和研究。方法:提出了采用 35 kV/6 kV/0.4 kV 二级降压供电方式,同时对区间变电所的设备选型与布置、接地装置设计、继电保护和电力监控数据传输等关键技术问题进行了重点分析。结果及结论:在该区间中设置 6 kV 中压网络及 6 kV /0.4 kV 区间变电所的设计方案,并对该方案配套的电气主接线方式、主要设备选型、区间变电所接地装置设计、6 kV 系统继电保护配置、变电所综合自动化系统数据上传等关键技术问题进行了深入研究。结果表明,该方案可有效解决上海轨道交通崇明线特长区间内动力照明设备的供电问题。

**关键词** 城市轨道交通;长区间;6 kV 配电系统;区间变电所;继电保护

**中图分类号** U231.8

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.07.018

## Key Technologies of Shanghai Rail Transit Chongming Line River-crossing Interval Power Supply and Distribution System

WEI Xin

**Abstract** Objective: To address the engineering challenges faced by Shanghai Rail Transit Chongming Line river-crossing interval, such as the long distance between the interval power lighting equipment, and the limited civil engineering conditions, a targeted analysis and study of interval power supply and distribution scheme is required. Method: A two-stage voltage reduction power supply method of 35 kV/6 kV/0.4 kV is proposed, and key technical issues such as equipment model selection and layout, grounding device design, relay protection, and power monitoring data transmission for the interval substation are analyzed emphatically. Result and Conclusion: A design scheme for setting a 6 kV medium-voltage network and a 6 kV/0.4 kV interval substation in the interval is proposed, key technical issues such as electrical main wiring, main equipment model selection, interval substation grounding

device design, 6 kV system relay protection configuration, and data upload for substation comprehensive automation system are thoroughly studied. Results show that this scheme can effectively solve the power supply problem for the power lighting equipment in this super-long interval of Shanghai Rail Transit Chongming Line.

**Key words** urban rail transit; long interval; 6 kV power distribution system; interval substation; relay protection

**Author's address** Shanghai Tunnel Engineering & Rail Transit Design and Research Institute, 200235, Shanghai, China

城市轨道交通区间长度通常在 2 km 以内。地下区间动力照明负荷主要为照明、检修电源、风机和水泵等,而地上区间基本只有照明和检修电源,这些低压负荷可由邻近车站降压变电所直接供电<sup>[1]</sup>;对于隧道内安装了机械通风和废水泵等设备的长大区间,当由邻近车站降压变电所提供低压电源不经济时,可在区间风井或盾构竖井内设置跟随式降压变电所。每座降压变电所的供电半径一般不超过 1 km。

上海轨道交通崇明线作为上海轨道交通线网规划中连接中心城和崇明两岛(长兴岛、崇明岛)的 1 条市域线,其过江段新建越江隧道跨越长江口南港和北港。崇明线过江段线路示意图如图 1 所示,其中,南港段隧道长约 7.85 km,北港段隧道长约 9.14 km。由于工程的特殊性,过江段隧道形式与常规地铁隧道存在较大差异,隧道长度也远超一般的盾构区间,因此,有必要对其区间供配电方案作针对性分析和研究。

### 1 工程特点

#### 1.1 土建条件

崇明线过江段区间采用单洞双线和圆形隧道,盾构外径为 13.0 m(内径为 11.9 m),根据功能划



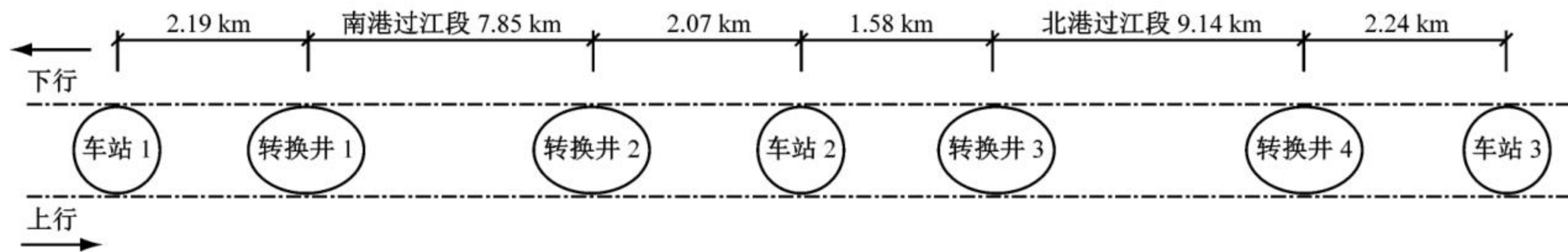


图 1 崇明线过江段线路示意图

Fig. 1 Diagram of Chongming Line river-crossing interval

分,隧道断面由上至下分别为排烟通道、行车空间及检修通道,如图 2 所示。其中,检修通道层结构采用弓字型预制件,内部净高为 2.4 m,一侧作为运营检修通道,另一侧用于布置区间泵房、机电管线等设施。过江段两端设置大小盾构转换井,作为越江大盾构区间隧道至陆域段小盾构区间的工况转换场所兼区间风井。

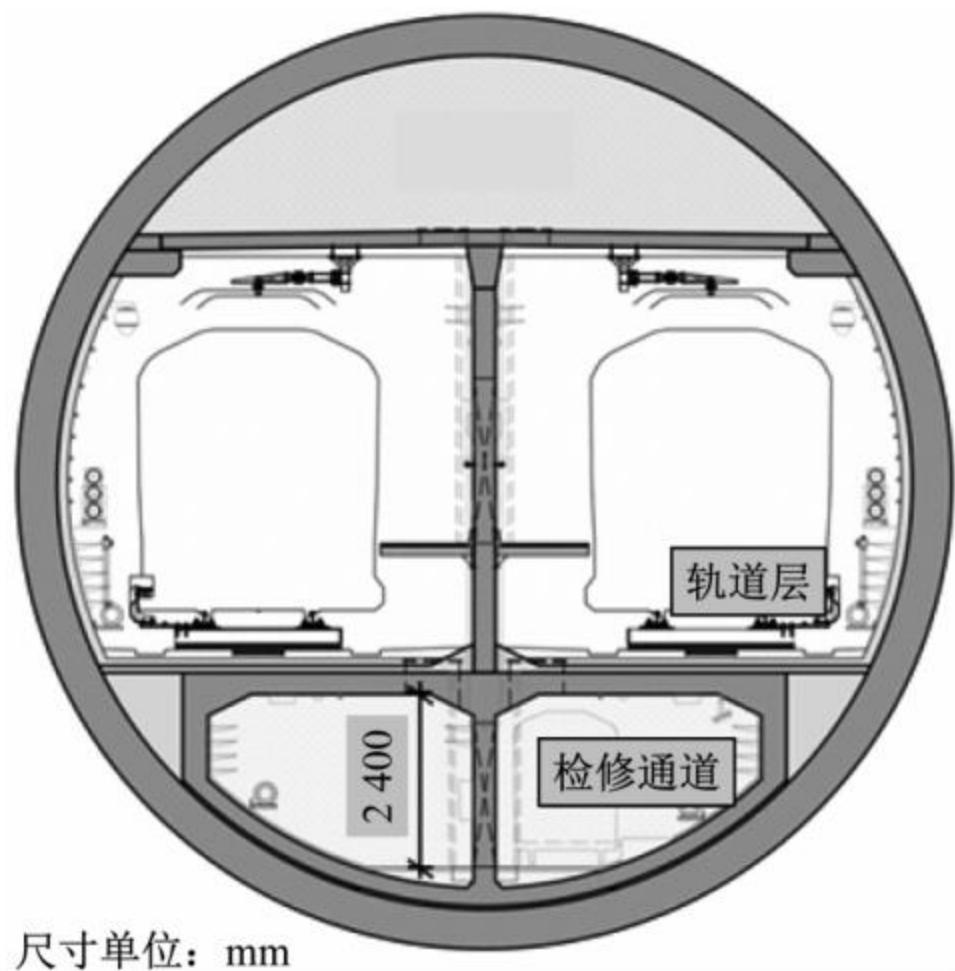


图 2 崇明线过江段隧道典型断面图

Fig. 2 Tunnel typical profile diagram of Chongming Line river-crossing interval

从土建条件看,盾构转换井类似于区间风井,可设置常规降压变电所;越江隧道下部检修通道层虽然空间有限,但理论上仍存在放置变压器、开关柜等供电设备的可能性,还有待作深入研究。

1.2 动力照明负荷分析

与常规地下区间类似,过江隧道内动力照明负荷主要为照明、检修电源、区间废水泵及监控系统等低压负荷。此外,为实现长区间内的烟气控制,隧道两端转换井内各设有 1~2 台大功率的 6 kV 排烟风机,并在隧道各纵向通风区段集中排烟风口处设有电动组合风阀。隧道内信号设备等重要弱电负荷,由各自系统负责其内部配电,这里不作讨论。

从负荷分布看,除转换井内 6 kV 隧道排烟风机外,区间内总体负荷并不大,但相对分散,不利于长距离低压供电,特别是疏散照明采用额定输出电压

不大于 DC 36 V 的集中电源进行供电,供电距离过长将造成配线截面显著增加。

2 总体供电方案的提出

2.1 供电方式及电压等级的确定

崇明线供电系统采用常规的集中供电方式,经主变电所降压后,以 35 kV 电压向沿线车站及转换井内的牵引、降压变电所供电。针对过江段 2 个特长区间,低压负荷全部采用由两端转换井内降压变电所接引 400 V 电源,通过电缆引至隧道内的配电方式显然是不合理的。对此,拟采用中压传输网络结合区间变电所对隧道内低压负荷进行分区配电,可大大减少隧道内低压电缆数量及线缆损耗。

结合土建条件,隧道内可供设备安装的最大高度仅为 2.4 m,而目前市场上适用于 35 kV 系统的小型化设备——40.5 kV GIS(气体绝缘开关柜)高度基本在 2.2 m 以上,加上 35 kV 电缆进出柜弯曲半径要求,主流厂家现有柜型在该空间内均无法实施。因此,在该断面条件下区间变电所采用常规 35 kV 电压等级供电基本不可行。且由于涉及 6 kV 排烟风机的供电问题,转换井内除设置常规低压配电系统外,还需增加 35 kV/6 kV 降压及 6 kV 配电系统的设计。考虑到转换井内可提供 6 kV 电源且 6 kV 供电设备对土建需求大大降低,初步提出隧道内区间变电所采用 6 kV 供电,即设置 6 kV/0.4 kV 配电变压器,对区间动力照明负荷采用 35 kV/6 kV/0.4 kV 两级降压供电方式。

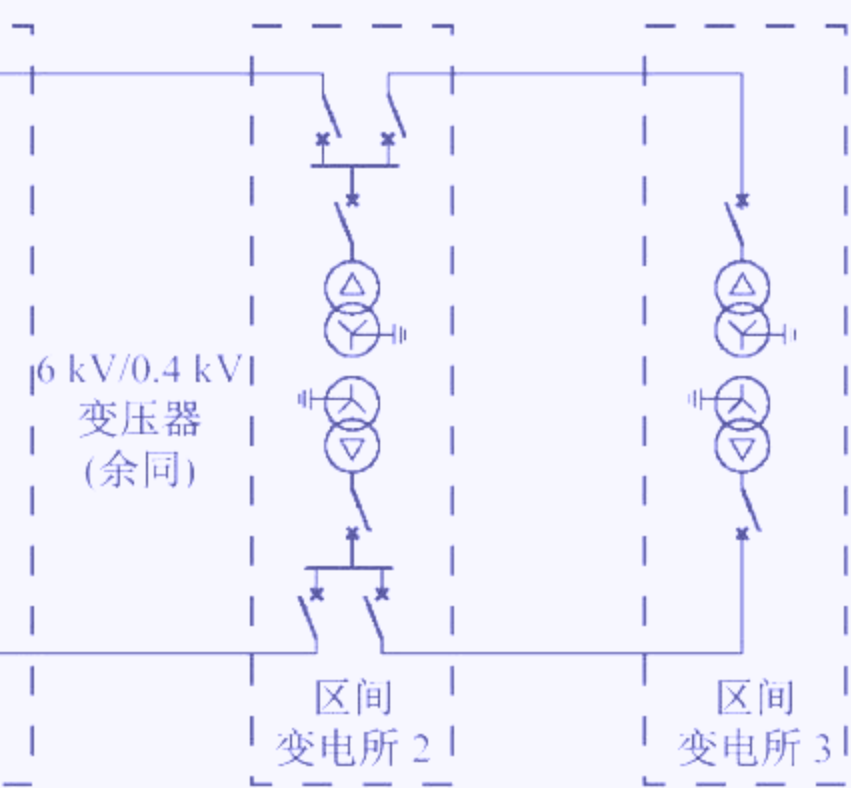
根据隧道内负荷分布,区间变电所宜均匀设置,间距不超过 2 km,并优先考虑邻近区间废水泵房设置,便于水泵的配电和集中管理。结合过江段线路条件,南港拟设区间变电所 6 处,北港拟设 7 处。

2.2 电气主接线

根据上文分析,转换井内设置 1 座 35 kV/6 kV 降压变电所,为 6 kV 排烟风机及过江隧道内 6 kV/0.4 kV 区间变电所供电。排烟风机属于一级(消



防)负荷,该变电所设置2台35 kV/6 kV 风机变压器,电源分别引自转换井内共用的35 kV 一、二段母线,6 kV 侧则采用单母线分段接线方式,中间设母联断路器,并设置母联保护装置。均采用熔断器保护。由图3可知:区间变电所2台6 kV/0.4 kV 变压器电源分别引自转换井6 kV 一、二段母线,每段6 kV 母线设置进线、出线及变压器馈线1路(最末端变电所仅设置馈线开关),供电范围以隧道中心为界。



意图

n in the conversion well

时,各级配电母线上的电压要求:电动机启动时,不宜低于额定电压的85%。  
井1为例,通风专业设有2台6 kV 排烟风机,功率630 kW/台,功率因数取值为0.8;启动方式,软启动器故障时采用直接启动(启动倍数取7);风机电源线截面选择 $3\times 95\text{ mm}^2$ ,线路长度为50 m;其余接入负荷相对较小(区间照明负荷),按80 kW 估算。若仅按负荷计算,变压器容量选择1 600 kVA 即可,但考虑以下4个方面:

- 1) 以负荷统计计算结果为依据,正常运行时2台变压器分列运行,长期工作负载率不宜大于85%;当1台配电变压器退出运行时,另1台配电变压器应承担其供电范围内的全部一、二级负荷。
- 2) 为防止电动机启动时影响同一母线上其他用电设备的正常工作,变压器容量还应满足大功率

供电可靠性的要求,本文推荐采用供电可靠性高、电缆投资较少的单侧供电、双回路树干式接线,同时为便于快速隔离故障,区间变电所进、出线开关

变压器低压侧中性点采用小电阻接地方式,有利于实现灵敏且有选择性的接地保护,最大接地短路电流取1 000 A。

隧道内6 kV 配电系统可采用放射式、树干式或环网接线方式。结合区间变电所的容量、分布及对

图如图3所示。0.4 kV 配电系统采用放射式接线,每段6 kV 母线设置进线、出线及变压器馈线开关各1路(最末端变电所仅设置馈线开关),供电范围以隧道中心为界。

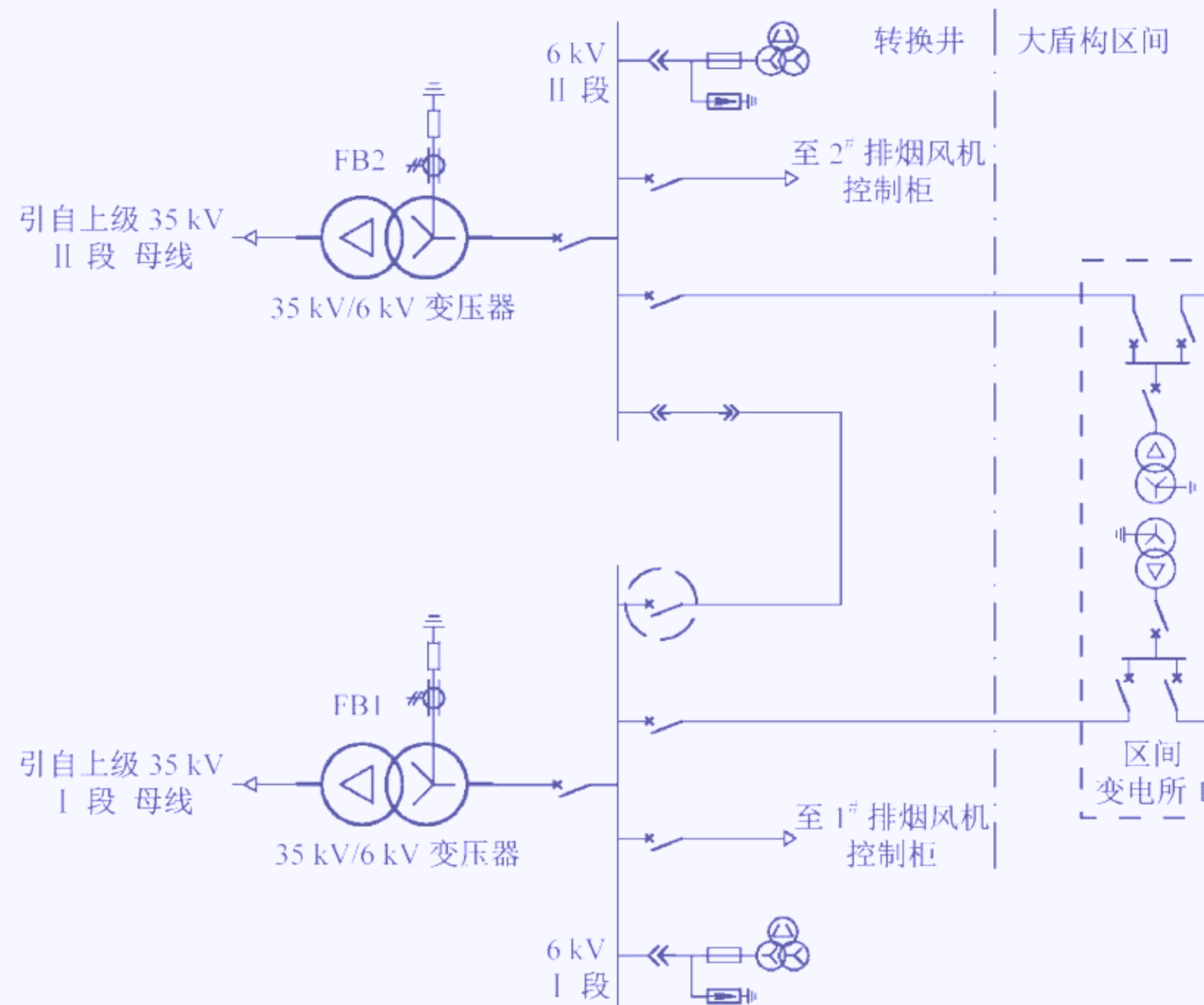


图3 转换井6 kV 供电系统主接线示意图

Fig. 3 Main wiring diagram of 6 kV power supply system

与常规降压变电所类似,区间变电所0.4 kV 侧采用单母线分段接线方式,以满足区间照明、区间废水泵等一级负荷的供电要求。当一段区间电缆故障时,对应的下级变压器因失压退出运行,0.4 kV 母联断路器合闸,由所内另一台变压器负责其供电范围内的全部一、二级负荷。

### 2.3 变压器容量选择

区间配电变压器容量的选择与常规车站类似,这里主要讨论转换井内35 kV/6 kV 风机变压器容量的选择,并给出以下4个方面:

- 1) 以负荷统计计算结果为依据,正常运行时2台变压器分列运行,长期工作负载率不宜大于85%;当1台配电变压器退出运行时,另1台配电变压器应承担其供电范围内的全部一、二级负荷。
- 2) 为防止电动机启动时影响同一母线上其他用电设备的正常工作,变压器容量还应满足大功率电动机启动时的要求。当1台配电变压器退出运行时,另1台配电变压器应承担其供电范围内的全部一、二级负荷。





