

关于地下综合盾构管廊的电气设计探讨

马家伟

深圳市市政设计研究院有限公司

摘要: 本文针对含有高压、中压电力电缆、长途通信光缆、市政给水、再生水等管道的地下综合盾构管廊,了解相关政策背景及相关国家规范,根据综合管廊各区域不同设备的特点,探讨合适的低压配电方案。

关键词: 综合盾构管廊; 政策; 低压配电方案

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.101

引言

随着城市建设用地扩张、发展水平提升,城市规划中对土地资源的利用越发充分,所需的市政管线也越发复杂,各类管线需要敷设更多的干线和支线,导致规划不仅复杂,而且存在道路反复开挖、重复建设、浪费社会资源的问题。

建设综合管廊能容纳多种市政管线,不仅提高空间利用率,解决了部分城市土地空间紧缺的问题;而且后期管道的敷设不再需要侵占市政道路资源,避免了对市政道路的反复开挖;还能实现对多种市政管线统一监管、维护,增强市政生命管线的安全性,提高城市抗灾能力。

本文从政策背景及相关国家规范,明确建设综合管廊的重要性,并根据管廊各类用电设备的特点,分析低压配电方案,并提出长距离配电的实施建议。

一、政策背景

从2013年国务院发布《关于加强城市基础设施建设的意见》(国发[2013]36号)提出综合管廊试点工程以来,我国近年来多次发布综合管廊的相关政策,国务院办公厅《关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》(国办发〔2015〕61号)、住房城乡建设部《关于提高城市排水防涝能力推进城市地下综合管廊建设的通知》(建城[2016]174号)、住房城乡建设部/能源局《关于推进电力管线纳入城市地下综合管廊的意见》(建城〔2016〕98号)、财政部/住建部《关于开展中央财政支持地下综合管廊试点工作的通知》(财建[2014]839号)等,明确了各类市政管线入综合管廊的重要性,并积极指导地方政府推进城市综合管廊的规划建设。

二、综合盾构管廊各用电设备情况

针对含有高压、中压电力管线、长途通信光缆、给水、再生水等管线的地下综合盾构管廊,根据《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015(以下简称管廊规范)第4.3.7条:“110kV及以上电力电缆,不应与通信电缆同侧布置”的要求,可将110kV以上的高压电缆单独成高压舱;将中压电力管线和长途通信光缆成中压电力舱,分开设置于舱室两侧;将给水、再生水等管道单独成舱,或与中压电力管线、长途通信光缆成综合舱。设置多处综合井变配电所或地面箱变,为综合管廊工程所有用电设备提供供电电源。

在综合井或综合管廊节点内的用电设备有:消防

火灾报警系统、应急照明系统、监控区域控制单元(ACU,含安防、监控、通信等多种弱电系统设备)、潜水泵、给水阀、中水阀、楼梯间正压送风机、送/排风机、空调设备、一般照明、检修插座箱等。

在综合盾构管廊区间内的用电设备有:消防火灾报警系统、应急照明系统、监控ACU、一般照明、检修插座箱、巡检机器人、电动液压逃生盖板、区间低点潜水泵及阀门等。

三、低压配电方案分析

根据管廊规范第7.3.2条,消防设备、监控与报警设备、应急照明设备应按二级负荷供电。其余设备可按三级负荷供电。可将综合管廊内的应急照明设备、监控与报警设备(ACU等)、消防设备(区域火灾报警控制器、灭火控制器、防火门控制器等)、潜水泵、水管阀门、楼梯间正压送风机、送排风机按二级负荷供电;一般照明、检修插座箱以及除二级负荷外的负荷按三级负荷供电。本文不对市政供电条件进行分析,以市政供电条件满足负荷供电设计要求为基础,对低压侧配电方案进行分析。

根据管廊规范第7.1.6条,应每隔200m进行防火分隔;第7.3.3条,应采用交流220V/380V系统,系统接地型式应为TN-S制。应以防火分区作为配电单元。可在综合井内设置变配电所或在综合管廊节点外地面设置箱变,每个箱变或变电所为两侧区间供电的供电半径原则上不超过0.8km。低压配电系统采用三相四线制,接地形式采用TN-S系统。综合管廊区间内每隔200m设置防火分隔。以每个防火分隔作为一个配电分区。以1#箱变/变电所为例,1#箱变/变电所供电范围示意图如下图1所示。

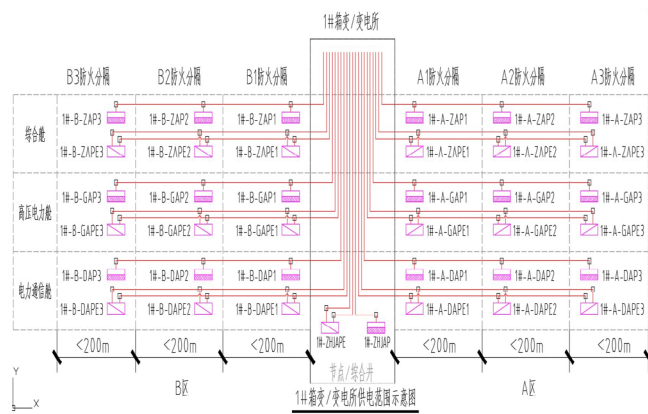


图 1.1# 箱变 / 变电所供电范围示意图

在每个综合井或设备节点内,设置一面非消防负荷箱(如图1中1#-ZHJAP),为井内的普通照明、检修、监控ACU系统等配电;设置一面消防负荷双电源切换箱(如图1中1#-ZHJAPE),为应急照明系统、备用照明、

消防火灾报警系统、防火卷帘、电动防火阀等配电；风机、水泵、阀门等，根据需求设置多面配电柜。

在管廊各区间内，每个防火分隔中间位置设置一面非消防负荷箱（如图1中1#-A-ZAP1），为该防火分隔的、监控ACU、巡检机器人、照明、检修等配电；设置一面消防负荷双电源切换箱（如图1中1#-A-ZAPE1），为消防火灾报警系统、逃生电动盖板、应急照明系统等配电。设置多面水泵配电柜，为区间低点潜水泵及阀门配电。

在管廊各区间内，每个非消防配电箱考虑21kW（含15kW检修插座箱）。因管廊分区数量多，若同时检修，检修负荷功率过大，需增加变压器容量，导致变压器平时负载率较低；同时地下管廊通风量需求增大，需增加风机功率，增大风机及区间非消防配电箱的电缆截面。故而本文项目规定每个箱变或变电所供电范围内的所有管廊区间，同一舱室仅能同时使用一个检修插座箱，不可同时启用同一舱室、不同防火分隔的检修插座箱。

对于综合管廊内除消防相关的电机类设备，为降低启动时冲击电流对系统的影响，减小长距离电缆的规格，容量小于等于7.5kW的采用直接启动方式；大于7.5kW且小于等于15kW的采用星三角软启动方式；大于15kW的采用软启动或变频方式启动方式。

(一) 树干式配电方案

根据GB50052-2009《供配电系统设计规范》第7.0.2条，当大部分用电设备为中小容量，宜采用树干式配电。

若采用树干式配电方案，每个箱变或变电所两侧配电分区，分别采用一根电缆，为各舱室的非消防负荷箱配电；分别采用两根电缆为各舱室的消防负荷箱配电，如图2所示。

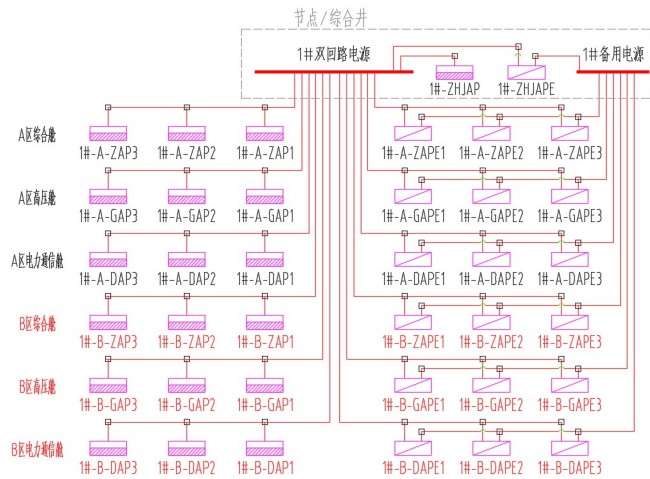


图 2.1# 树干式配电示意图

以A区高压舱的非消防配电干线为例，考虑33kW（仅可同时启用一个15kW检修插座箱）、供电距离分别为150/350/550/750m，功率因数0.8，计算额定电流为62.7A，低压柜出线采用施耐德塑壳断路器NSX100N Mic5.0 80 3P，电缆采用WDZB-YJY-0.6/1kV-4*120+1*70电力电缆。低压配电开关设备选型及电缆计算校验过程如下：

1. 线路压降计算：根据《工业与民用供配电设计手册（第四版）》表9.4-3电压降计算公式 $\Delta u\% = (R' \cdot \cos \phi + X' \cdot \sin \phi) I \cdot L \cdot \sqrt{3} / (380 \cdot 10)$ ，相关参数查表9.4-19，可得电压降为 $U\% = (0.181 \times 0.80 + 0.0770 \times 0.6) \times 62.67 \times 750 \times \sqrt{3} / (380 \cdot 10) = 4.09\%$ ，满足线路允许电压降5%要求；

2. 电缆载流量校正：根据《工业与民用供配电设计手册（第四版）》表9.3-5敷设在自由空气中多芯电缆载流量校正系数、9.3-25 0.6/1kV交联聚乙烯绝缘电力电缆桥架敷设载流量 $\theta_n = 90^\circ\text{C}$ ，120mm²电缆校正后载流量：335A \times 0.71=237A，237A>62.7A满足要求；

3. 断路器选择：根据GB50054-2011《低压配电系统设计规范》第6.3.3条“过负荷保护电器的动作特性，应符合下列公式的要求： $I_B \leq I_n \leq I_Z$ (6.3.3-1)； $I_2 \leq 1.45 I_Z$ (6.3.3-2)”。回路计算电流62.7A \leq 断路器额定电流80A \leq 导体允许持续载流量237A；断路器可靠动作的电流80A \leq 1.45 \times 237A要求；

4. 灵敏度校验：根据GB50054-2011《低压配电系统设计规范》第6.2.4条，短路电流不应小于断路器瞬时或短延时过电流脱扣器整定电流的1.3倍，查表《工业与民用供配电设计手册（第四版）》表4.2-38 YJV-0.6/1kV 4芯（等截面）电缆（铜芯）电气参数，计算得末端短路电流为220V / (0.69197 \times 0.75km) = 423A，断路器瞬动倍数选择4倍，则有423A \geq 1.3 \times 80A \times 4=416A，即断路器瞬动倍数选择4倍，末端短路电流大小满足灵敏度要求；

(二) 放射式配电

根据GB50052-2009《供配电系统设计规范》第7.0.3条，当用电设备为大容量或负荷性质重要，宜采用放射式配电。

若采用放射式配电方案，则分别采用一根电缆，为各区间非消防负荷箱配电；分别采用两根电缆为各区间消防负荷箱配电，如图3所示。

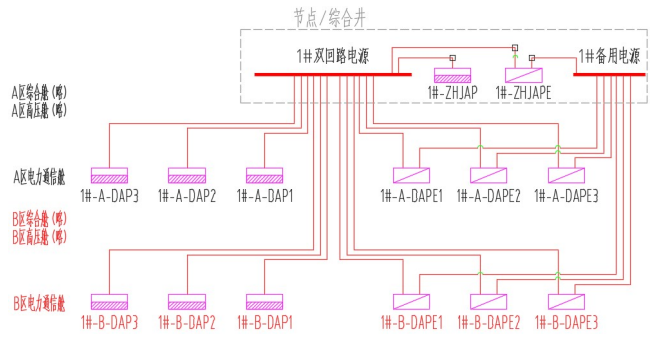


图 3.1# 放射式配电示意图

以A区高压舱的非消防负荷箱为例，每个考虑21kW（含15kW检修插座箱）、供电距离分别为150/350/550/750m，功率因数0.8，计算额定电流为39.9A，低压柜出线采用施耐德塑壳断路器NSX100N Mic5.0 50 3P，断路器瞬动倍数选择4倍，电缆分别采用WDZB-YJY-0.6/1kV-4*95+1*50、4*70+1*35、4*35+1*16、5*16电力电缆。计算过程不再一一列举。

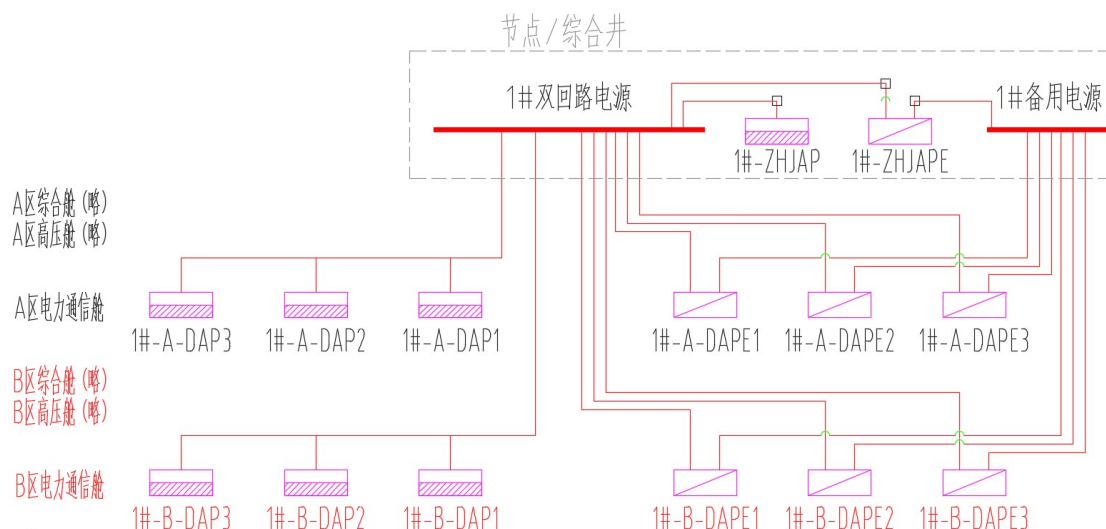


图 4.1# 树干式、放射式结合配电示意图

（三）树干式、放射式结合配电

综合盾构管廊区间中，对于消防负荷箱，采用放射式配电；对于非消防负荷箱，采用树干式配电，如图4所示。

（四）各种配电方式比较

树干式配电的优点有：降低投资成本；系统结构简单；使用电缆数量少，布线更便捷；多个（非）消防负荷箱采用同一干线电缆，干线电缆规格比每个负荷箱单独放射式配电电缆规格大，有更优异的动热稳定性能，并显著降低长距离电缆的阻抗，减小回路压降和损耗，同时更容易达到灵敏度要求及实现（非）消防负荷箱内断路器，与上级低压柜内断路器的配合，满足GB50054-2011《低压配电设计规范》第6.1.2条“配电线路装设的上下级保护电器，其动作特性应具有选择”及GB51349-2019《民用建筑电气设计标准》第7.6.1条“上、下级保护电器，其动作应具有选择性”的要求。

放射式配电的优点有：供电可靠性高，各区间线路故障时互不影响，即故障影响范围小；能够在低压柜处，实现集中控制。

树干式、放射式结合配电的优点有：结合了两种配电方式的优点。既能为消防类负荷提供更高的供电可靠性；又能保持非消防类负荷配电电缆较低的投资、更好的电缆性能和上下级开关的配合等优势。

结论

在前期方案设计时，供配电专业需与总体专业、给排水专业、通风专业相互配合，选择合理的供电半径，确定变配变电所（综合井）/箱变位置，可能减少区间及低点水泵/送排风机的配电距离。

在综合盾构管廊进行低压配电设计时，可根据造价、供电可靠性、项目等级等不同的需求，选用树干式配电、放射式配电和树干式与放射式结合配电的方式。

一般情况下，建议优先考虑树干式配电方式，相对更简单的系统结构，在降低前期投资成本的同时，也降低了后期维护的成本。

参考文献

- [1] 城市综合管廊工程技术规范：GB 50838-2015[S]. 2015.
- [2] 产品选型 施耐德电气（中国）有限公司LV-Compact NSX塑壳断路器. 低压行业商鉴，2016-2017，（288），年鉴，CNKI.
- [3] 工业与民用供配电设计手册（第四版）上、下册[J]. 供用电，2018，35（06）：2.
- [4] 供配电系统设计规范：GB 50052-2009[S]. 2009.
- [5] 低压配电设计规范：GB 50054-2011[S]. 2011.
- [6] 中国建筑标准设计研究院. 19DX101-1建筑电气常用数据[M]. 中国计划出版社，2019.
- [7] 民用建筑电气设计标准：GB 51348-2019[S]. 2019.
- [8] 《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号[J]. 标准生活，2017（01）：60-61.
- [9] 国务院办公厅关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见[J]. 建筑监督检测与造价，2015，8（06）：1-3.
- [10] 住建部发文推进城市地下综合管廊建设[J]. 居业，2016（09）：26.
- [11] 住房城乡建设部能源局关于推进电力管线纳入城市地下综合管廊的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报，2016，（30）：53-55.
- [12] 黎林峰. 地下综合管廊试点工作将获财政支持[J]. 中国建设信息，2015（03）：3.