

# 高铁隧道长距离施工供电技术

代 炯

(中铁十二局集团第三工程有限公司, 山西 太原 030024)

**摘要** 在长大隧道施工中, 稳定的供电质量是施工的重要保障, 直接影响到工程的进度、成本和安全。但实际施工中, 伴随着隧道掘进不断深入, 供电距离不断延长, 导致供电电压降增大、质量降低, 严重制约着工程的正常推进。本文结合广湛铁路大脊山隧道的用电实践及分析, 提出了解决长大隧道供电不稳的方案, 旨在为保障施工用电的稳定提供参考。

**关键词** 供电; 电压降; 升降压; 高压进洞

中图分类号: U25

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0034-03

隧道施工中, 大型用电设备多、负荷大、供电质量要求高, 采用 380/220V 供电系统时, 因电力传输存在压降的特性, 当隧道掘进到较长距离时, 电压降超过用电设备的允许范围, 导致设备无法正常使用, 从而影响了隧道正常施工。对长大隧道施工而言, 如何制定一套方便快捷、经济适用的供电方案, 克服长距离供电电压过低造成的影响, 对施工尤为关键<sup>[1]</sup>。

## 1 工程概况

广湛高铁大脊山隧道全长 9606m, 为全线第二长隧道, 是全线的控制性工程。隧道划分为隧道进口、隧道出口、隧道斜井三个施工区段, 分别为隧道进口负责 DK137+035 ~ DK139+220 长度 2185m 施工, 斜井负责 1433m 斜井及主线 DK139+220 ~ DK140+100 (斜井与正洞交叉里程) ~ DK142+441 长度 3221m 施工, 隧道出口负责 DK142+441 ~ DK146+641 长度 4200m 施工, 本文对大脊山隧道进口及出口施工用电进行分析。

## 2 施工用电负荷

隧道施工主要用电负荷为空压机、通风机、地泵、湿喷机、电焊机等设备, 另根据隧道涌水量情况配备水泵, 为加强隧道内空气流动配备射流风机, 满足隧道照明布置照明灯具等。

大脊山隧道进口用电负荷为洞外设置压入式风机 2 台功率 220kW、空压机 6 台 792kW, 洞内设置射流风机 2 台 74kW、地泵 1 台 90kW、湿喷机 1 台 70kW、其他用电 50kW, 总负荷共计 1296kW。

大脊山隧道出口用电负荷为洞外设置压入式风机 2 台功率 264kW、空压机 7 台 924kW, 洞内设置射流风机 6 台 222kW、地泵 1 台 90kW、湿喷机 1 台 70kW、其他用电 150kW, 总负荷共计 1720kW。

## 3 出现电压不足的原因

根据《工业与民用配电设计手册》可知, 用电设备端子电压偏差允许值为额定工作电压的  $\pm 5\%$ <sup>[2]</sup>。实践表明, 当隧道掘进长度达到 800m 左右时会出现电压不稳的状况, 可能导致设备无法启动甚至电机烧坏。

电压降计算公式为:  $\Delta u = IR$  (其中  $I = P / (\sqrt{3} * U * \cos \phi$ ,  $R = \rho L / S$ )

式中:  $\Delta u$ ——电压降, V;  $P$ ——负载功率, KW;  $U_n$ ——额定电压, kV;  $I$ ——负荷电流, A;  $\cos \phi$ ——负荷的功率因数, 取 0.8;  $R$ ——线路电阻,  $\Omega$ ;  $\rho$ ——线路电阻率, 铜 0.0175, 铝为 0.0283;  $L$ ——线路的长度, m。

当隧道掘进到 800m 时, 假设末端负荷约为 210kW, 同期率为 0.8, 变压器低压出线端供电线路原始电压  $U$  为 0.38kV, 功率因素  $\cos \phi$  取 0.8, 额定电压  $U_n$  为 0.38kV, 供电线路电缆型号为 YJLV3\*240+2\*120, 通过计算隧道供电线路末端的电压降为 30.09V, 计算如下:

$$I = P / (\sqrt{3} U \cos \phi) = 210 * 0.8 / (1.732 * 0.38 * 0.8) = 319.07A$$

$$R = \rho L / S = 0.0283 * 800 / 240 = 0.0943 \Omega$$

$$\text{线路电压降 } \Delta u = IR = 319.07 * 0.0943 = 30.091V$$

$$\text{用电设备允许电压降低值 } \Delta u_1 = 380 * 5\% = 19V$$

实际压降大于允许压降, 故此时电压不满足用电设备工作要求。

## 4 解决压降过大的几种途径

目前用于解决隧道施工用电电压降过大的途径主要有以下三种。

### 4.1 低压稳压

低压稳压是在洞内供电线路末端直接加装稳压设备, 在不改变电压等级的情况下直接进行稳压, 使电压满足供用电设备使用, 稳压长度可达 1.5km 左右。

优点: 无需高压进洞, 安装方便快捷, 节省成本。

缺点: 不适用于长大隧道, 大负荷使用时电压波动大。

#### 4.2 1kV 升降压进洞

利用升压器将 380V 电压升高到 1140V, 并通过洞内既有的 0.6/1kV 低压电缆输送到用电部位, 再通过降压器把电压转换成 380V 电压, 供给前端的用电设备使用, 供电半径可达 3km 左右。

优点: (1) 利用既有低压电缆, 无需购买高压电缆, 节省成本。(2) 升降压器安装和普通配电箱安装步骤一致, 可跟随开挖深度同步向前移动, 方便快捷。

缺点: (1) 升压器与降压器之间电压为 1140V, 用电需降压器先降压。(2) 对电缆线路耐压要求高。

#### 4.3 10kV 高压进洞

从洞外预留的 10kV 接线端利用高压电缆将 10kV 电压延伸到隧道内, 在洞内设置 10/0.4kV 变压器将 10kV 电压变为 0.4kV, 供施工设备使用, 供电半径可达 10km~15km 左右。

优点: 供电电压稳定, 输送距离长, 适用于长距离大负荷施工。

缺点: (1) 需要购置高压电缆, 配备专用变压器, 成本高。(2) 电压等级高, 电缆头制作、电缆、变压器安装复杂、安全风险高、周期长。(3) 供电部门监管严格。

### 5 实际应用

根据解决压降过大的几种途径的适用范围及优缺点, 结合大脊山隧道进口及出口的实际情况, 制定了相适应的供电方案, 并进行了分析对比, 具体如下。

#### 5.1 大脊山隧道进口供电方案及分析对比

##### 5.1.1 供电方案

10kV 高压进洞供电方案: 采用 1685mYJLV22 3\*35 型高压电缆从洞外直接将 10kV 电压引入洞内, 洞内设置 1 台 315kVA 型箱式变压器, 箱变随隧道掘进不断向前移动, 与掌子面保持 500m 以内距离。

1kV 升降压供电方案: 采用 1685m 采用既有 YJLV 3\*240+2\*120 低压电缆通过 1kV 电压升降压进洞, 设置 1 台 500kVA 升压器、1 台 500kVA 降压器, 降压器随隧道掘进不断向前移动, 与掌子面保持 500m 以内距离。

##### 5.1.2 费用对比

10kV 高压进洞供电方案费用: 购置 315kVA 箱变 1 台 (8 万元/台), 购置并架设 YJLV22 3\*35 高压电缆 1685m (38 元/m), 费用共计 14.433 万元。

1kV 升降压进洞供电方案费用: 购置 500kVA 升压器 1 台 (2 万元/台)、降压器 1 台 (2 万元/台), 费用共计 4 万元。

##### 5.1.3 进度对比

在不考虑设备及材料影响的情况下, 10kV 高压进洞供电方案每次施工周期为 5 天, 1kV 升降压高压进洞每次施工周期为 0.5 天, 1kV 升降压供电方案更节省时间 4.5 天。

#### 5.2 大脊山隧道出口供电方案及分析对比

##### 5.2.1 供电方案

10kV 高压进洞供电方案: 采用 3700mYJLV22 3\*35 型高压电缆从洞外直接将 10kV 电压引入洞内, 洞内设置 2 台 315kVA 型箱式变压器, 箱变跟随隧道掘进不断向前移动, 与掌子面保持 500m 以内距离。

10kV 高压进洞+1kV 升降压供电方案: 前部 1200m 采用 YJLV22 3\*35 型高压电缆从洞外直接将 10kV 电压引入洞内, 设置 1 台 315kVA 型箱式变压器; 后部 3000m 采用既有 YJLV 3\*240+2\*120 低压电缆通过 1kV 电压升降压进洞, 设置 1 台 800kVA 升压器、2 台 500kVA 降压器, 降压器随隧道掘进不断向前移动, 与掌子面保持 500m 以内距离。

##### 5.2.2 费用对比

10kV 高压进洞供电方案费用: 购置 315kVA 箱变 2 台 (8 万元/台), 购置并架设 YJLV22 3\*35 高压电缆 3700m (38 元/m), 费用共计 30.06 万元。

1kV 升降压进洞供电方案费用: 购置 315kVA 箱变 1 台 (8 万元/台), 购置 800kVA 升压器 1 台 (4.2 万元/台)、500kVA 降压器 2 台 (2 万元/台), 费用共计 20.76 万元。

##### 5.2.3 进度对比

在不考虑设备及材料影响的情况下, 10kV 高压进洞供电方案每次施工周期为 5 天, 1kV 升降压高压进洞每次施工周期为 0.5 天, 10kV 高压进洞+1kV 升降压供电方案节省时间 4.5 天。

#### 5.3 方案选择

由此可见, 大脊山隧道进口选择 1kV 升降压供电方案, 大脊山隧道出口选择 10kV 高压进洞+1kV 供电方案费用更省, 对施工影响小。在隧道施工长度小于 3000m 时采用 1kV 升降压供电方案、隧道施工长度大于 3000m 时采用 10kV 高压进洞+1kV 供电方案更加合理。

#### 5.4 施工用电布置图

根据上述结论以及洞内用电负荷情况, 大脊山隧道进口及出口施工用电布置图如图 1 所示。

### 6 安全技术措施

1. 洞内低压采用 TN-S 供电系统, 三级配电、二级保护配电系统, 开关箱满足“一机一闸一漏一保护”

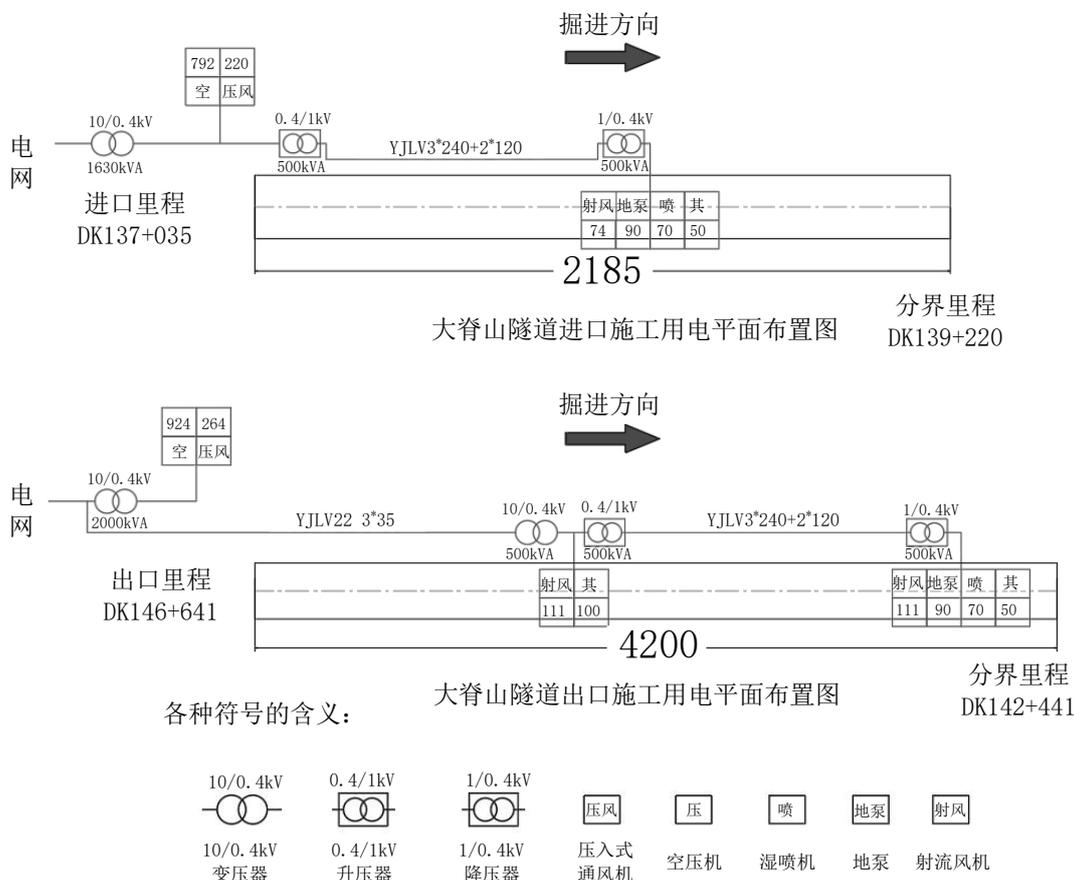


图1 大脊山隧道进口及出口施工用电布置图

原则<sup>[3]</sup>。

2. 洞内供电线路应分层架设, 高压线路挂设高度为3.5m, 低压线路挂设高度为2.5m。

3. 隧道内台车及开挖面应采用不高于36V安全照明电压<sup>[4]</sup>。

4. 变配电设施设置防护栅栏、安全锁、安全标识及警示灯, 并由专职电工负责管理, 严禁无关人员进入。

5. 电线电缆应采用国标电缆, 出具检验检测报告, 并进行复检合格后方可使用。

6. 变配电设施应做好工作接地和保护接地, 工作接地电阻不大于4Ω, 重复接地电阻不大于10Ω<sup>[5]</sup>。

7. 电工应持证上岗, 每天做好变配电设施进行巡查, 检查设施运行是否正常, 消除安全隐患。

### 7 结语

随着隧道施工机械化程度越来越高, 施工设备用电量也越来越大, 供电质量已经成为影响隧道施工的一个重要因素, 本文基于广湛高铁大脊山隧道进口及出口的施工用电实践, 分析了电压降出现的原因, 提

出了解决问题的思路, 制定了供电方案, 并进行了比选, 最后得到了合理的解决方案, 有效解决了供电电压不足对隧道施工造成的影响, 确保了施工进度和用电安全, 降低了施工成本。

### 参考文献:

[1] 范平. 客运专线长大隧道高压进洞供电施工技术[J]. 价值工程, 2017(05):131-134.

[2] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册(第三版)[J]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

[3] 中华人民共和国建设部. 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46-2005)[S]. 2005.

[4] 同[3].

[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 《建筑施工安全检查标准》(JGJ59-2011)[S]. 2011.