

文章编号:1006-2106(2010)10-0088-05

一种隧道分区所的布置方式研究^{*}

姚夕平^{**}

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:研究目的:随着铁路建设技术的发展和山区高速客专的修建,牵引供电设施无法避免设于长大隧道内。分区所相对简单,事故时影响面窄,因此通常将分区所设于隧道内,而将重要的牵引变电所设于隧道外。由于隧道洞室空间有限,距离铁路正线较近,而且是一个密闭潮湿的空间,因此,分区所合理的布置、应对恶劣环境的措施及防灾救援方式成为了我们亟待研究的课题。

研究结论:本文介绍了一种隧道分区所的设计,通过简化主接线及设备,实现了分区所在隧道洞室的合理布置。设备采用分散布置,为运输及运营提供了方便。断路器采用 PASS,实现了主要设备的免维护。针对隧道环境的特殊性,提出了设备在防潮、防火、接地等方面的应对措施,使分区所在隧道内能够安全可靠运行。为其他隧道内牵引供电设施的设计提供了借鉴。

关键词:山区铁路;隧道分区所;场坪布置;设备选择;接地方式;防灾救援

中图分类号:U25 **文献标识码:**A

Study on Layout of a Kind of Section Post in Railway Tunnel

YAO Xi - ping

(China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Research purposes: With the development of the railway construction technology and the construction of passenger dedicated line in the mountain area, the traction power supply facilities have to be built in the tunnel. As the section post is simple and its impact range is small when it fails, so it often substitutes for the traction substation to be installed in the tunnel. As the tunnel space is limited, close to the railway main line and a airtight and wet space, so it is urgent to do research on the section post's layout, earthing, and disaster prevention and rescue.

Research conclusions: This paper describes a design of the section post in tunnel and the key points of selecting the equipments. In this design, the main wiring is simplified to save the field and the equipments are of dispersed layout for easy transportation and replacement. This paper also puts forward the key and difficult points for design of section post in tunnel according to the environmental speciality of the section post in the tunnel, researches the earthing of the section post, and introduces the principle of disaster prevention to make the section post in tunnel normal operation and provide the reference to the similar design.

Key words: mountain railway; tunnel section post; site layout; equipment selection; earthing installations; disaster prevention and rescue

随着中国铁路快速发展,铁路建设的各项技术都在突飞猛进,铁路建设的特点也在发生着重大变化,其

中典型的例子就是特大桥、长大隧道的增多,桥隧相连,桥隧比例加大。另一方面,电力牵引以其高效、节

* 收稿日期:2010-06-17

** 作者简介:姚夕平,1978年出生,男,工程师。

能、过载能力强、运营费用低等优点,已被世界公认为是最佳的牵引方式。目前在国内,新建铁路干线均采用电力牵引。因此,牵引供电系统除适应新建铁路行车速度快、运载能力强、供电安全可靠性的特点外,还需适应牵引供电设施选址困难以及牵引供电设施设于铁路区间,位于长大隧道内的新情况。

受供电臂长度的限制,牵引供电设施有时无法避免设于铁路隧道内,通过对牵引供电方案的优化与调整以及综合考虑各种限制因素,力保将复杂的牵引变电所设于隧道外,而将相对简单的分区所、自耦所等设于隧道内。主要考虑其设备少、占地小、故障时影响面窄,使其设于隧道内成为可能。

本文介绍一种直供分区所在隧道内的设置情况,从分区所的主接线、设备选择、布置方式、设备的维护检修方式、防灾救援等方面进行阐述,探讨隧道分区所的设计重点及难点并优化设置方案,最终实现隧道分区所的布置,并使其安全可靠运行,保障铁路运输。

1 主接线

分区所的设置主要是满足复线运行条件下末端并联供电,提高牵引供电能力及末端电压,同时在非正常情况下实现越区供电的功能,普通分区所的主接线型式如图 1 所示。

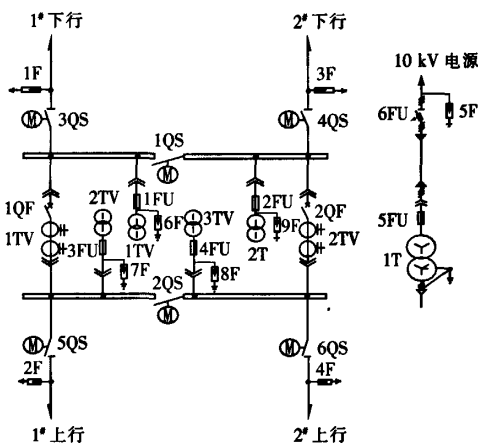


图 1 普通分区所主接线图

为了适应分区所布置在隧道内,并且实现供电臂末端的并联供电及越区供电的基本功能,可以从以下几个方面适当简化主接线:

1.1 进线部分

隧道分区所进线为电缆,接触网在隧道口两端一般设有避雷器,且分相位于所区附近,因此进线端可以不设避雷器,为了节省空间,手动隔开采用柔性机构,

安装于隧道壁侧。

1.2 压互部分

普通箱式分区所采用为手车拉出式,室内网栅分区所采用的是手动隔离隔离检修。对于隧道分区所来说,如果分区所检修,需进入分区所,则必将在天窗时间点内,整个分区所可以退出运行。因此,可以将压互部分直接挂接于进线母线上。

1.3 并联及越区部分

此部分无法简化,为了确保断路器检修时的可靠性,断路器进出端均带三工位的隔离及接地刀闸。

1.4 10 kV 电源部分

为了减少洞室的大小及简化设备,可以取消 10/0.4 kV 变压器,由电力直接提供 380/220 V 交流电源。

因此,简化后的主接线如图 2 所示。

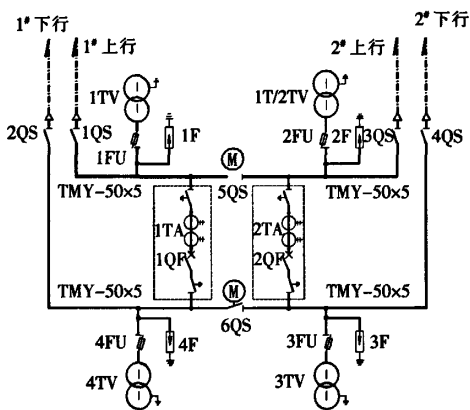


图 2 隧道分区所主接线图

2 隧道环境分析

2.1 极度狭窄

分区所建在隧道的侧洞内,侧洞是开凿砌拱而成,修建费用高,且侧洞的跨度(横向尺寸)不能过大,跨度过大不但加大开凿工程量,而且拱顶和侧壁的强度都需成倍加强,因此,压缩场坪面积和高度将极大降低工程投资。

2.2 场坪地质条件

很可能遇到石质场坪,设备基础及地网均需提前施工,在隧道壁浇筑密封前实施完毕。

2.3 距离铁路正线近

隧道内孔洞造价较高,分区所设备区距离隧道的侧壁如按 3 m 设计,距铁路正线的中心线约 6 m,在列车通过时,将产生较强的振动。列车高速通行时,将对侧壁产生较大的风压,因此分区所的洞门不能做得

太大。

2.4 运输条件差

隧道内分区所无公路直接连接,隧道内不能使用大型机械,设备均应采用轻量化。

2.5 隧道内洞室的优点

一是隧道侧洞环境温度较当地户外环境温度变化小,温度一般在 $5\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内;

二是隧道侧洞与户外相比无太阳光紫外线对硅橡胶、环氧树脂等材料的损害。

2.6 隧道内洞室的不利因素

一是潮湿:这是铁路隧道普遍存在的突出问题,即使分区所侧洞做好防潮措施,其所在的整条隧道也不可能为分区所内的设备做进一步防潮措施。

二是不通风:分区所建在隧道的侧洞内,为一完全封闭的场所,与外面隧道的通风作用甚微,其潮湿环境很难治理。

3 设备特殊要求

虽然分区所设在隧道侧洞内,其电气设备相似于户内,但由于其环境的特殊性,有如下特殊要求:

3.1 设置洞室防护门

在分区所侧洞与隧道间设置防护门,将列车通过卷起的灰尘隔断,承受列车运行时产生的高压,并具有防火功能。由于防护门将分区所洞室与隧道隔离,可以加强洞内防潮效果,营造一个较好的设备运行环境。

3.2 无人值守

场所、环境、交通等所有条件都不可能设人值守,因此设备选择、尤其是监控设备的选择要满足无人值守的要求。

3.3 设备的选择要点

3.3.1 重量轻、紧凑

要求设备重量轻一方面便于运输、装卸(尤其是在隧道内),另一方面在隧道侧洞安装设备不可能依赖大型吊装设备,只有采用小型吊装设备依靠人力,完成安装;

设备支柱采用钢柱。分区所设备支柱包括组合电器和隔离开关安装所需支柱,户外设备支柱通常采用 $\phi 300\text{ mm}\times 4\text{ }000\text{ mm}$ 混凝土支柱,设置 $900\text{ mm}\times 900\text{ mm}$ 基础埋于地下。存在的问题是支柱重量重、易破损、埋设开挖工程量较大,尤其当隧道侧洞的场地为石质时,施工更加困难。采用钢支柱时,其与底座基础是分开施工的,采用螺栓连接,安装方便、重量轻。

3.3.2 寿命长、免维护

以适应无人值守、运输交通困难、事故抢修、日常维修困难的条件。

3.4 防火消防

建在隧道侧洞内的分区所一旦故障失火,不单造成分区所设备故障扩大,更会波及铁路正线运输,因此,必须选取具有防火功能要求的设备。

3.4.1 组合电器

依据组合电器企业标准的有关规定,组合电器在结构布置上应使内部故障电弧对其继续工作能力的影响降至最小。电弧效应限制在起弧的隔室或故障段的另一些隔室(若该段的隔室之间有压力释放措施时)之内,将故障隔室或故障段隔离以后,余下的设备应具有继续正常工作的能力。通常还可采取一系列的措施来避免内部故障引起电弧及限制电弧持续的时间和产生的后果。

对电弧的外部效应:为了对人身提供可靠的保护,应采取适当的保护措施使电弧的外部效应限于外壳出现穿孔或开裂而无任何碎裂。同时可规定一个允许的內部故障电弧持续时间。在此时间内,当短路电流不超过某一数值时,将不发生电弧的外部效应。

选择的组合电器以低压力六氟化硫气体做绝缘和灭弧介质,且具有较高的技术参数和性能,确保不会产生电弧的内部效应和外部效应。

3.4.2 其它设备

不采用充油(变压器油)设备,其中的自用变压器、电压互感器采用环氧树脂真空浇铸全绝缘式。

3.4.3 高压熔断器

选择高性能熔丝,熔断时熔断管不会爆炸,且优化安装方式,避免熔断器故障后引发次生故障。

3.4.4 设置防火装置

根据洞室大小设置气体灭火装置或在控制设备处设置气体灭火装置,在高压设备设置自爆式灭火器。

3.5 防尘、防潮、防腐

要求所有高压电气设备具有耐“污闪”、耐“湿闪”的能力,为此,所有高压电气设备都选用户外防污高原型设备,其绝缘爬距按污秽等级IV级选择,采用的组合电器为户外设备,可选择约 27.5 kV 电压更高的额定电压,如 72.5 kV ,使其具有更高的防尘、防潮能力。

组合电器外壳采用铝合金铸造,具有较高的防腐能力。

组合电器、电动隔离开关操作机构箱体外壳采用加厚热浸锌措施,测控屏屏体加强防腐措施,箱体、屏体皆应具有良好的密封性,内部配温湿度控制器和加热设备,确保内部清洁、防潮;所有二次设备、配件、端子都应有防腐性能,所有的螺钉材质应为镀银铜质(导电连接)和不锈钢(固定连接)。

设备支架钢柱以及设备接地线材表面应采用加厚

热镀锌等隔离措施。

3.6 导流回路导体加强

强电回路的电气设备和母线,应选用较实际负荷电流更大一级、二级的额定工作电流,以减小这些设备工作时的发热,确保不通风的狭小场所温度不会过高。

3.7 防振措施

高压电器、箱屏安装采取减振措施;所有螺钉设防松的弹簧垫圈。

4 设备的选择与布置

隧道内能提供的稳定空间大小有限,如果采用整体布置的方式,不利于运输及维护更换,通过方案比选,隧道内设备应采用户外分散式布置。综合以上使用条件的分析,设备选择如下:

4.1 并联断路器

充分考虑隧道内分区所按无人值守设计、远离供电段检修基地、馈线保护动作频繁等因素,故选择高性能、高可靠性的著名电气设备厂家 ABB 公司所生产的 SF6 气体绝缘组合开关 (PASS),实现免维护要求,并且在低温、潮湿、高海拔、重污秽的环境下能可靠运行。PASS 开关集合了断路器、接地隔离开关、电流互感器等,不但重量轻而且最大限度压缩了场所面积和空间。其本身自带支架,安装于隧道内预制的混凝土基础之上。

4.2 压互、避雷器

设备采用无油、无瓷的干式电压互感器及硅橡胶避雷器,减少隧道内发生火灾的几率,并增强抗污秽能力。设备的金属体及部件连接均采用抗湿密封处理,以适应隧道内湿度大、空间密闭的运行条件。

4.3 隔离开关

进线隔离开关采用手动机构,安装于高压设备区外侧隧道壁上,检修时将其打开。机构操作杆采用柔性操作杆以适应弧形隧道壁的安装条件,以节省隧道内布置空间。越区开关采用电动隔离开关,以便越区时远程操作。电动隔离开关采用可靠性高、性能较好产品。电动隔离开关布置于 2 台并联断路器中间,以方便接线,支架采用高性能工字钢。

4.4 控制屏、交直流屏

设置馈线保护装置、通讯管理机及远动通信装置,设置交直流系统。装置采用在潮湿、高海拔、重污秽、强震动等恶劣环境能长期稳定运行的智能装置,基本实现免维护。设备屏体在外壳防护上须进行抗湿及密封处理,内部配温湿度控制器和加热设备,确保内部清洁、防潮。所有二次设备、配件、端子都应有防腐性能,所有的螺钉材质应为镀银铜质(导电连接)和不锈钢

(固定连接),以确保设备性能良好。

4.5 保护配置

充分考虑分区所无人值班无人值守的要求,根据分区所可能存在的运行方式,配置种类齐全的馈线保护,设置正反向距离保护各 I 段、电流速断、过电流、电流增量保护等,并设置故障测距、负荷录波、故障录波。

如果存在分区所微机保护拒动,则牵引变电所馈线微机保护设置有过电流、距离 II 段等保护,其动作范围包含了分区所保护范围,这样,当分区所保护拒动时,则由牵引变电所微机保护的馈线过流、距离 II 段延时动作馈线断路器切断故障。

4.6 总平面布置

通过自身设备安装空间的需求及隧道专业能提供的空间型式,制定了如图 3 所示的布置方式。

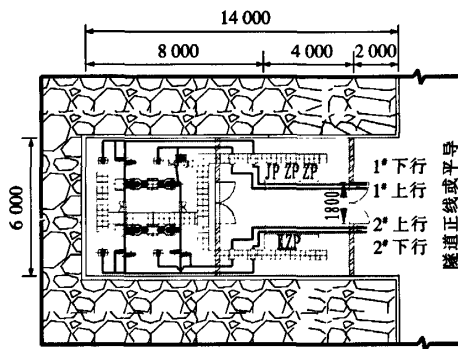


图3 隧道分区所总平面布置图(单位:mm)

5 接地系统

接地是隧道侧洞内分区所较大的技术难题,其表现在:

(1) 场坪极度狭小。接地网的接地电阻值与接地网面积的平方根值成反比,在只有 6 m × 17 m 的场坪内,接地网的接地电阻很难达到要求(如接地电阻按“ $R \leq 2000/I_k$ ”考虑,式中 I_k 为接地短路电流值,按供电臂末端金属短路,其 I_k 应在 2 000 A 左右,即 $R \leq 1 \Omega$)。

(2) 场坪地质条件不可能期望土壤电阻率较低。

(3) 分区所有外引电缆至接触网分相悬挂处。

(4) 地质环境对接地网腐蚀较重;

针对上述问题,应采取如下措施:

(1) 外引的高压电缆屏蔽层在所内一端直接接地,上网处通过接地保护器接至接触网接地系统中,将与网接地系统间隔开,避免将高电位引至所内。

(2) 在分区所及电缆外引的上网连接范围内(有条件最好再各自向外扩展 30 ~ 50 m)的隧道接触网悬

挂的接地线(或回流线)不直接就近接地,而是通过隧道壁上的接地汇流扁钢引开,在上述范围外再接地。从而使上网处接触网绝缘破坏造成的接地短路故障不会引发分区所接地网产生高电位。

(3) 采用性能较好的接地组件,接地网由铜接地棒、铜接地排构成,在洞室范围内设接地网格。同时,将接地网通过低压电缆引接至附近的大容量扼流变中性点,以提供分区所短路电流回变电所的通路。

6 防灾救援

当机车通过隧道时发生火灾或所内设备发生爆炸及火灾时,均需快速隔离故障,减少事故范围,避免牵引设施与正线运营相互影响。

(1) 修建隧道分区所的衬砌、隔墙及防护门,其耐火极限均应按不小于3.0 h考虑。

(2) 隧道分区所应尽量设置于隧道平导或横洞旁,利用其作为分区所快速抢修的通道。

(3) 所内设置消防设施。根据所区布置的实际情况,可分区采用七氟丙烷气体灭火装置,快速灭火并隔离事故区。同时配备多具ABC干粉灭火器。

(4) 所区设置红外摄像机。利用红色摄像机,对所区进行远程巡视并监控,及时发现并处理故障。

(5) 所区设置各种监测传感器。在所区重要位置设置SF₆浓度传感器、瓦斯浓度传感器、烟雾传感器、温湿度传感器,并将这些信息上传至调度,随时查看并监测,并且可以自动启动风机进行排除。

7 结论

本文通过对分区所运行情况的分析,简化了主接线及设备配置,满足了分区所并联供电及越区供电的要求,缩小了洞室空间,最终实现了分区所设备在隧道内的合理布置。针对隧道环境的特殊性,提出了设备在防潮、防火、接地等方面的应对措施,并采取了特殊设计,使分区所设备在隧道洞室内能够安全可靠运行,保障了铁路运输,消除了长大隧道对牵引供电方案的限制。为其他类型的隧道分区所、自耦所的设计研究提供了借鉴。

参考文献:

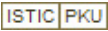
- [1] 中国中铁二院工程集团有限责任公司. 扒挪块分区所施工图[Z]. 成都:中国中铁二院工程集团有限公司,2008.
China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd. The Working Drawing of Banuokuai Section Post [Z].

Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd,2008.

- [2] TB 10009—2005,铁路电力牵引供电设计规范[S].
TB 10009—2005, Design Code of Railway Electric Traction Feeding[S].
- [3] TB 10063—2007,铁路工程设计防火规范[S].
TB 10063—2007, Code for Design on Fire Prevention of Railway Engineering[S].
- [4] TB 10003—2005,铁路隧道设计规范[S].
TB 10003—2005, Code Design on Tunnel of Railway [S].
- [5] 谭秀炳. 交流电气化铁道牵引供电系统[M]. 成都:西南交通大学出版社,2007.
Wei Xiubing. Traction Power Supply System in AC Electrified Railways[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press,2007.
- [6] 魏以德,郑舟康. 复线电铁牵引网分区所主接线方案探讨[J]. 电气化铁道,2007(2):1-4.
Wei Yide, Zheng Zhoukang. Discussion On Main Wire Connection Scheme for Section Post of Double-track Electrified Railway Traction Network [J]. Electric Railway, 2007(2):1-4.
- [7] 钱生校,刘淑芳. 铁路隧道防灾安全监控与应急救援保障信息系统研究[J]. 中国铁路,2009(10):44-46.
Qian Shengxiao, Liu Shufang. The Study on Railway Tunnel Disaster Prevention and Emergency Rescue Information System[J]. Chinese Railways, 2009(10):44-46.
- [8] 张浩. 隧道安全防护措施探讨[J]. 铁道工程学报,2009(4):35-38.
Zhang Hao. Exploration on the Security Measure for Railway Tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society,2009(4):35-38.
- [9] 武江虹,郑瑞武. 隧道内整体道床拨接地段轨道研究设计[J]. 都市快轨交通,2005(6):54-57.
Wu Jianghong, Zheng Ruiwu. A Study and Design of the Track in the Connection Section of Monolithic Track Bed in Tunnel [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2005(6):54-57.
- [10] 段伟. 浅析无砟轨道隧道的综合接地设计[J]. 铁道建筑技术,2009(12):96-98.
Duan Wei. Study on the Comprehensive Earthing System Design for Ballastless Track in Tunnel [J]. Railway Construction Technology, 2009(12):96-98.

(编辑 赵立兰)

一种隧道分区所的布置方式研究

作者: [姚夕平](#), [YAO Xi-ping](#)
作者单位: [中铁二院工程集团有限责任公司](#), 成都, 610031
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2010 (10)
被引用次数: 1次

参考文献(10条)

1. [中国中铁二院工程集团有限责任公司](#) [扒挪块分区所施工图](#) 2008
2. [TB 10009-2005](#). 铁路电力牵引供电设计规范
3. [TB 10063-2007](#). 铁路工程设计防火规范
4. [TB 10003-2005](#). 铁路隧道设计规范
5. [谭秀炳](#) [交流电气化铁道牵引供电系统](#) 2007
6. [魏以德](#); [郑舟康](#) [复线电铁牵引网分区所主接线方案探讨](#) [期刊论文] - [电气化铁道](#) 2007 (02)
7. [钱生校](#); [刘淑芳](#) [铁路隧道防灾安全监控与应急救援保障信息系统研究](#) [期刊论文] - [中国铁路](#) 2009 (10)
8. [张浩](#) [隧道安全防护措施探讨](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2009 (04)
9. [武江虹](#); [郑瑞武](#) [隧道内整体道床拨接地段轨道研究设计](#) [期刊论文] - [都市轨道交通](#) 2005 (06)
10. [段伟](#) [浅析无砟轨道隧道的综合接地设计](#) [期刊论文] - [铁道建筑技术](#) 2009 (12)

引证文献(1条)

1. [付向建](#) [山区高速铁路隧道内电气化过轨研究](#) [期刊论文] - [建筑电气](#) 2013 (12)

引用本文格式: [姚夕平](#). [YAO Xi-ping](#) [一种隧道分区所的布置方式研究](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2010 (10)