

高速公路隧道机电安装工程施工分析

宋 谦

江苏安防科技有限公司湖南分公司 湖南长沙 410000

【摘 要】在交通基础设施的建设领域，高速公路隧道机电系统的安装工作显得至关重要，该工程的施工品质，直接关乎隧道的使用安全及其运行的效率，本研究深入探讨了高速公路隧道机电安装工程的施工特性、技术规范以及常见难题，基于此，提出了相应的施工工艺优化策略和工程质量提升方法，根据最新研究，确保工程建设按部就班、高效推进，离不开周到的施工安排、高效的施工设备以及先进的管理策略。针对施工中的常见问题，如施工环境复杂、技术难度大等，提出了相应的解决方案。本文旨在为类似工程的施工提供理论参考和实践指导。

【关键词】高速公路；隧道；机电安装工程；施工分析；质量控制；技术要求

引言：

高速公路隧道作为重要的交通基础设施，其建设质量直接关系到交通的安全和效率。隧道机电安装工程是隧道建设的重要组成部分，涵盖了电气、通风、照明、监控等系统的安装与调试，具有技术复杂、工艺要求高等特点。随着我国高速公路建设的不断发展，隧道机电安装工程面临的挑战也日益增多。为了提高工程质量、确保施工安全，有必要对机电安装工程的施工过程进行全面的分析和总结。本文通过对现有工程案例的研究，总结了施工中的经验与教训，旨在为今后类似工程的施工提供有价值的参考。

1 高速公路隧道机电安装工程的施工特点

1.1 工程的复杂性

1.1.1 多系统集成

高速公路隧道机电安装工程是一项复杂的系统工程，它将电气系统、通风系统、照明系统、监控系统和消防系统等多种子系统有机地集成在一起，每一个系统，从其蓝图设计到安装流程，再到最终调试完成，无一不需严密协调与精准管理，位于中国的秦岭隧道群，其运行涉及多系统的复杂集成，这种集成不仅要求每个系统都能独立可靠地运行，还必须确保各个系统能够协同工作，这样在面对突发事件时，可以提升整体的运营效率，这种涉及多个系统的集成导致的复杂性，提升了施工的难度，并对施工团队提出了更高的技术要求。

1.1.2 高技术要求

在高速公路隧道建设中，机电安装工程是关键环节，它对技术标准有着严苛的要求，稳定的电源供应与有效的故障防护是电气系统运行的两个关键要素；为隧道设计合理

的通风系统，是确保隧道内部空气新鲜、排除有毒气体的关键。为了确保隧道安全，需要部署一个全方位覆盖的监控网络，这样能够对隧道内部情况实施实时监控，并在发生紧急状况时，能够迅速做出响应和处理^[1]。位于京港澳高速的八达岭隧道，装有尖端监控和管理系统，确保了其安全顺畅地运营与管理，高技术含量的需求不仅体现在选择和安装设备上，更在于系统集成与调试工作的专业性与经验丰富性，这对施工队伍的知识结构与实践能力提出了高标准。

1.2 工程的环境因素

1.2.1 隧道施工环境特点

隧道建设场地通常处于密闭空间，伴有高湿度、剧烈的温差以及照明不良等独特条件，这些特性为机电安装工程带来了更为严苛的标准，在我国的五岭隧道建设工地，鉴于隧道内部湿度较大，对电气设备采取有效的防潮手段变得格外关键，在建筑施工阶段，必须执行特定的安全防护措施，以保障机械设备的持久稳定运作，狭窄的隧道空间与繁杂的地质状况，使得施工过程面临重重挑战，同时安全隐患也随之增加。

1.2.2 不利环境对施工的影响

在隧道施工过程中，诸多不利的环境因素会对机电安装工程产生显著影响，在高湿度环境下，电气设备容易遭受腐蚀，从而引发故障；若温度波动剧烈，设备的运行性能及使用寿命均可能受到不利影响；施工现场的光照条件不佳，这增加了作业的复杂性，可能会引起操作失误和安全事件，在沪蓉西高速南部隧道群的建设过程中，一支技术精湛的施工团队面对复杂环境，通过架设临时照明、选

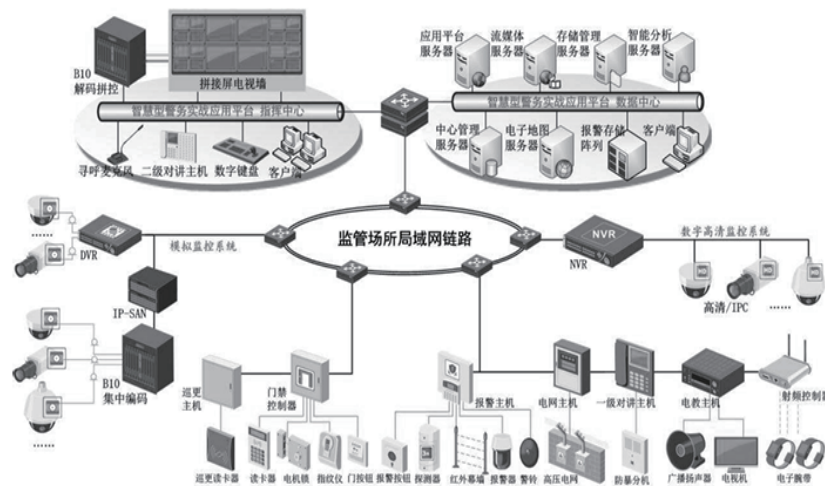


图1 隧道机电系统

用耐腐蚀材料和强化设备维护等措施，不仅保障了工程进度，还显著提升了施工质量。

1.3 工程的安全要求

1.3.1 安全生产规范

在高速公路隧道机电安装领域，将安全生产置于首位，是确保工程顺利进行的关键，在我国，为了保障施工现场人员和设备不受伤害，施工单位须严格遵循国家制定的安全生产规范标准进行作业，例如，《公路隧道施工安全技术规范》明确了隧道施工中的安全措施和操作要求，从施工准备、设备安装到施工结束的每一个环节都进行了详细规定。施工单位需要定期培训施工人员，确保其掌握必要的安全知识和操作技能。

1.3.2 施工安全措施

在进行隧道机电设备的安装作业中，严格执行施工安全措施是确保工程顺利进行的关键，在秦岭终南山隧道建设期间，项目团队严格执行安全规定，配备了先进的监控系统，装置了醒目的安全标识，并通过强化现场管理确保了工程安全，施工方制定了一系列应对突发情况的预案，并且定期举行实战演练，以此提升员工面对紧急状况时的应对技能^[2]。这些办法显著减少了施工期间可能遇到的安全隐患，确保了项目能够顺畅地进行。（见图1）

2 技术要求与施工工艺

2.1 电气系统安装

2.1.1 电气设备选择

在高速公路隧道建设中，为了保证电气系统的稳定运行，关键在于合理选择设备，在选择适用于高湿度环境及需要抵抗化学腐蚀的电气设备时，必须重视其可靠性，位于中

国境内的秦岭山脉中，有一条名为终南山隧道，该隧道采用了一种能够有效防水防尘的高压开关柜及变压器设备，确保了在隧道这一特殊环境条件下，设备的正常运作不受影响，在选择设备时，应确保其具有过载保护与短路保护功能，这样做是为了提升电气系统的安全性和可靠性。

2.1.2 电气线路布置

在隧道中布置电气线路时，必须深入考虑隧道的空间布局及其所处的环境因素，在隧道施工中，线路设计应最大限度规避潮湿地带，同时，必须实施防水、防火以及防机械损害的多重策略，位于上海的洋山港东海大桥隧道内，选用了抗拉强度高、耐腐蚀能力强的电缆，通过隧道内电缆的管道敷设与严密的保护层包覆，大幅提升了电气线路的安全性与可靠性，在布置电缆时，应力求其路径精简直接，尽量减少中间的连接点，这样做可以有效降低出错的概率。

2.2 通风系统安装

2.2.1 通风设备安装

在隧道环境中，恰当的通风系统挑选与配置是确保空气质量达标与维护安全运营的关键所在，长大隧道为了确保空气流通，常结合使用轴流风机和射流风机进行通风作业，位于沪蓉西高速南部的隧道群内，部署了大功率轴流风机集群，这样做是为了保证隧道内部空气新鲜，废气能被及时排出，从而维持空气的持续流通，在风机安装过程中，必须确保其安装稳固，同时进行防震处理，目的是在运行时减少震动与噪音的产生。

2.2.2 通风管道布置

在隧道中设置通风管道，需全面兼顾隧道长度、横截面形式以及通风所需的各项条件，管道设计时需尽量走直

线路径，避免过多弯曲，这样做可以有效减少空气阻力，进而提升通风系统的运行效率，位于中国秦岭的隧道内，通风系统通过隧道顶部与两侧布局的管道构成，利用精心设计的分支和出口，保障了空气顺畅遍布，杜绝了通风盲区，在选择通风管道的构建材质时，必须考虑其防火与抗腐蚀的性能，这样可以确保其使用寿命得到显著延长。

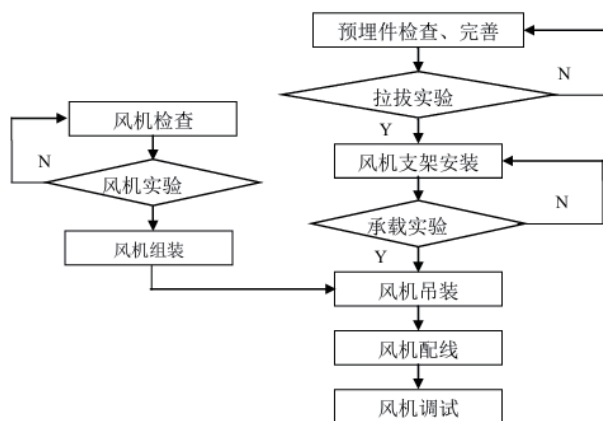


图2 通风设施工艺流程

3.1 照明系统安装

3.1.1 照明设备选择

在隧道照明系统中，挑选设备时必须考虑高亮度、低能耗和长寿命等因素，LED灯具，以其卓越的高效节能特性和长久寿命，已经成为隧道照明领域的首选之光，例如，位于北京的京承高速隧道内，安装了大功率LED照明灯具，此举不仅提升了照明效果，而且显著降低了能耗与维护费用，在挑选灯具时，其防水与防尘的功能是至关重要的考量点，这关乎灯具能否适应隧道内多变且复杂的环境条件。

3.1.2 照明系统调试

在隧道环境中，灯光装置的细致调整是实现光线分布均匀和避免视觉眩光的关键操作过程，在隧道内部，针对实际情况对灯具进行调试，改变其安装角度和照射范围，以保证照明效果符合设计标准，在秦岭终南山隧道中，照明系统经过反复测试与调整，最终达到光线均匀分布的效果，保障了驾驶员在隧道内行车的视线清晰，极大提高了行车安全。

4.1 监控系统安装

4.1.1 监控设备安

在高速公路隧道内，安装包括摄像头、传感器、数据传输设备在内的监控系统，以确保隧道内的安全和管理，杭州湾跨海大桥的隧道区域，装置了具备高清晰度图像捕捉功能摄像头与多样化感应能力的传感器，以此达成对

隧道内部车流状况、环境品质以及火险等紧急事件的即时监管，设备的部署需考虑其位置的合理布局，以实现全面监控，无任何盲区，同时，必须对设备进行防水与防尘处理，以确保其能够维持长时间的稳定运作。

4.1.2 监控系统调试

为了保证监控系统运行良好，必须测试各个监控设备配合是否默契，以及数据传送是否稳定可靠，在调试阶段，必须对摄像头的拍摄角度、传感器的反应敏感度进行详尽修改，以保证监控图像的清晰度和数据的准确性，位于京港澳高速的八达岭隧道，其监控系统经过反复调试与优化，已能迅速响应及精确定位隧道内的紧急情况，从而显著提升了隧道的安全管理效率，遵循上述技术规范与施工方法，能保证高速公路隧道内机电设备安装流程的无缝对接，从而增强隧道安全性能与运营效率^[3]。

3 施工中常见问题及解决方案

3.1 施工环境复杂性带来的问题

3.1.1 湿度高对设备的影响

在隧道这样的封闭空间中，常常会遇到湿度过大的情况，这对内部的机电设备安装构成了挑战，过高的湿度可能会引起电气设备的锈蚀，以及金属结构的损耗，进而干扰到它们的正常运作，在我国秦岭与终南山之间的隧道建设过程中，因湿度较大，部分电气设施出现了问题，针对出现的这一难题，负责施工的团队实施了一系列对策：首先，挑选具备卓越防潮和防腐蚀能力的设备，并在其安装之前实施必要的保护措施；在隧道内部，安装了专门用于控制环境的除湿系统，以确保内部空气的湿度维持在一个可管理的水平；最后，必须定时对各类机械设施执行检修与护理，以便及时发掘并处理那些隐藏的故障。

3.1.2 隧道长度对施工进度的影响

对于较长隧道的建设过程中，进度的掌控是一项涉及众多环节的复杂工程，随着隧道长度的增加，施工所需时间相应延长，同时，各个施工工序之间的协调工作难度也逐步提高，在沪蓉西高速公路南部隧道群的建设作业中，鉴于隧道群总长颇长，施工方采用了分阶段进行的建设方法，通过精心的施工计划安排和时间节点的控制，保障了各个施工段的顺利按照既定计划向前推进。在建筑施工过程中，应用了前沿的隧道开挖机械和自动化建设工具，从而有效提升了建设的速度和效率，并大幅缩减了项目完成所需的时间，借助实时监督与信息化管理手段，施工进度调整与优化得以进行，成功解决了隧道长度所引发的施

工难题^[4]。

3.2 技术难度大带来的问题

3.2.1 设备调试问题

设备调试对于隧道机电系统的正常运行至关重要,然而,由于隧道内部环境的复杂性,这项工作常常遭遇重大挑战,在北京京承高速隧道建设项目中,当施工队伍对电气设备进行调试作业时,遭遇了设备启动失败的难题,经过详细检查,确定故障的根源在于隧道环境中的电磁干扰过于强烈,导致设备运作出现问题,针对出现的难题,团队通过屏蔽电缆、配置隔离变压器等手段,显著减少了电磁干扰,保障了设备的正常调试与运行。

3.2.2 系统集成难度

隧道之中,各种机电系统的整合对于保障其整体运作的顺畅至关重要,然而,由于这些系统之间存在着错综复杂的相互作用,使得系统集成过程变得相当具有挑战性,在沪蓉西高速公路南部隧道群的建设施工过程中,负责施工的团队在整合通风、照明以及监控系统过程中遇到了一些挑战。具体来说,这些系统之间出现了通信故障和信号互相干扰的问题。为应对挑战,施工队伍采纳统一通讯协议与接口标准,对系统结构进行了改良,在实际操作过程中,他们进行了众多调试与测试,确保了各系统之间能够顺畅对接,并保持了长期的稳定运作。

3.3 施工质量控制问题

3.3.1 施工人员技术水平

施工人员的技能高低,直接关乎工程的品质与建设的速度,在秦岭终南山隧道的建设作业中,部分负责施工的工人因未掌握隧道机电设备安装的技术与经验,结果引发了一系列的质量瑕疵并造成施工进度的拖延,施工单位针对施工人员采取多种提高技术能力的策略。引入专门的培训机构,为施工人员提供系统的训练,以此提升他们的专业知识和操作技能^[5]。借助现场讲解和技术说明,使每个参与施工的员工都能对施工标准有明确的认知并予以遵循,制定严密的考核制度及激励措施,旨在点燃施工人员的工作热情和增强其责任感。

3.3.2 施工材料质量

在工程建设中,施工材料的品质直接关系到整个项目的质量,因此,它是保证工程质量的根本,在八达岭隧道建设过程中,曾发生由于建材缺陷引发的设备故障与施工重新作业,施工方为了防止类似问题的再次出现,对建筑材料的选购及材料的运用过程实施了严格的监管:首先,

需挑选信誉卓著的供应商,以保障所需材料的品质及信得过的可靠性;进场材料必须经过严格的质量筛查和认可程序,确保无瑕疵产品才能投入使用,防止任何不符合标准的材料流入工地;在施工的各个阶段,需对建筑材料进行严格监管与维护,以防不恰当的储存方式造成物品损坏或性能降低。

结语:

高速公路隧道机电安装工程是现代交通基础设施建设中的重要组成部分,其施工质量直接影响隧道的安全运行和使用寿命。通过对施工特点、技术要求、常见问题及解决方案的分析,可以看出科学合理的施工组织、先进的施工设备及科学的管理方法在工程实施中发挥了关键作用。在实际施工过程中,面对复杂的隧道环境和高技术要求,施工单位需要制定科学的施工计划和高效的人员配置,以保证工程顺利推进。采用先进的设备和技术,不仅提高了施工效率和质量,也有效应对了施工中的各种挑战。严格的施工现场管理和质量控制措施,确保了每一个施工环节的规范操作和工程质量的最终达标。以中国的多个知名隧道工程为例,如秦岭终南山隧道、京港澳高速八达岭隧道和沪蓉西高速南部隧道群等,这些项目通过科学的施工组织和管理,克服了环境复杂、技术难度大等诸多难题,成功实现了高质量的工程建设。

参考文献:

- [1] 冯文斌. 高速公路隧道机电安装工程施工问题研究[J]. 运输经理世界, 2023, (15): 148-150.
- [2] 葛日林. 高速公路隧道机电安装工程施工[J]. 安装, 2004, (02): 26-27+36.
- [3] 邹俊杰, 顾浩宇, 徐鸿伟, 等. 高速公路隧道机电安装工程施工风险评估[J]. 低温建筑技术, 2023, 45 (05): 162-166. DOI: 10.13905/j.cnki.dwjz.2023.5.035.
- [4] 杨海霞. 高速公路隧道机电安装施工技术重点分析[J]. 江西建材, 2021, (09): 181+183.
- [5] 王坤, 李养林, 党琪强. 高速公路隧道机电安装工程施工措施分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017, 13 (07): 101-103.

作者简介:

宋谦(1978.08—), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 湖南长沙, 学历: 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 电子系统工程。