

大型抽水蓄能电站地下厂房施工期通风研究

卢新杰 章建军

浙江省隧道工程集团有限公司

[摘要]抽水蓄能电站由地下厂房、输水管道、输电设备等组成,在电力负荷低谷和高峰时期通过抽水和放水的方式实现储能和发电的功能,可以对电力系统起到稳定和调节的作用,当电力系统发生事故时,也宜作为备用,对于提高系统中电站的发电效率起着很大作用。某抽水蓄能电站机电安装期地下厂房通风系统进行了分析,讨论了施工通风的规律和影响因素,提出了相应的处理方案。

[关键词]抽水蓄能电站; 地下厂房; 施工通风

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1445

在水电工程地下厂房洞室群施工期的通风问题是一个十分复杂的问题。爆破后通过通风排出产生的炮烟及粉尘,但是从洞室外部进入的空气会迅速降低掌子面的温度,导致支护时混凝土回弹率高等问题。

一、抽水蓄能电站工期通风介绍

某大型抽水蓄能电站位于南方沿海地区,电站枢纽主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房及开关站等建筑物组成,300MW可逆式水泵水轮机组。电站在电网中主要承担调峰、填谷、调频、调相和事故备用等任务。

1、第一阶段。第一阶段指洞室的独头掘进阶段。在洞室(如进厂交通洞、通风兼安全洞、施工洞等)的初期开挖进尺过程中,基本上采用独头掘进,长度为几百m至2000 m左右。目前,国内外的独头开挖施工通风基本上均采用压人式通风,通过设置在洞口的高压对旋轴流式风机和布风管,将新鲜空气压入施工工作面,保证工作面的环境卫生要求,消除爆破、开挖、装载过程中产生的炮烟和粉尘。通过压人式通风方式,将污染空气通过长洞室由洞口排出。目前,交通洞和施工兼安全洞的断面尺寸基本上为7.5m×7.5m左右,施工通风量为2000 m³min左右。

2、第二阶段。第二阶段为电站地下三大洞室的开挖阶段。这时一些通向外部的洞室如进厂交通洞、通风兼安全洞、排风竖井等已经挖成,开始分层开挖主厂房洞、主变洞和尾水闸门洞等。这个阶段是一个大断面的动态开挖过程,在开挖的不同阶段,不同的洞室相互贯通,运输通道不断改变,施工通风的主要目的是尽快排除开挖过程中产生的炮烟和开挖转载过程中产生的大量粉尘和施工机械产生的热量,施工通风应尽可能利用开挖完成的洞室形成直流回路。可充分利用自然通风,部分时段进行局部机械通风,优化气流组织,保证开挖进度和工期不受通风因素的影响。

3、第三阶段。第三阶段是指从地下厂房土建开挖完成,不再放炮开始算起,到工程永久通风空调系统设备投入运行这段时间。该阶段施工通风主要目的是满足地下厂房内设备安装时的焊接烟雾、金属构件打磨产生的金属粉尘、土建围护结构浇筑散湿、土建装修粉尘的排除,满足机电设备的安装调试环境要求和安装调试人员的劳动卫生与健康要求。在建设安装期

间,蜗壳打磨、焊接,钢筋焊接的烟雾量较大,水轮机设备打磨除锈产生的尘埃比较多,主副厂房二期混凝土浇筑及装修工程的散湿量较大,造成厂房环境烟雾聚集,热湿环境差,不能满足机电设备环境要求和安装、调试人员的劳动卫生要求。

4、整个施工期间通风。由于地下厂房的特殊地理环境,在整个施工期间地下厂房的潮湿对机电设备安装、调试的影响也应充分加以重视。这部分空气中的水分,主要来源于围护结构的浇筑、岩石的渗透和二次装修的散湿。根据影响地下厂房施工空气环境因素的类别,制定相应的防范和治理措施:对于有毒有害气体,可以从源头预防、实时监测和降低浓度方面着手;对于热湿环境,需要根据电站施工环境的实际情况,灵活采用通风除湿、冷却除湿、吸附除湿、吸收除湿、热泵除湿等除湿技术。

二、地下抽水蓄能电站施工的通风方式及特点

1、开挖期施工通风。抽水蓄能电站具有复杂庞大的建造构成,所以开挖期的开挖施工是抽水蓄能电站建设的重要内容。开挖期施工的主要工作内容是利用爆破、掘进、开挖、支护等施工手段,对抽水蓄能电站的众多功能隧道与地下厂房进行施工开掘,施工强度较大,伴随着大量机械设备与爆破炸药的使用,过程中会产生大量的有毒有害气体与粉尘,所以需要布置有效的通风系统,及时的改善施工环境。对于掘进巷道的施工通风,按照局部通风机工作方式的不同,又可分为压入式通风、抽出式通风和混合式通风。

(1)压入式通风。送风机将新鲜气流通过风管送至工作区内,在持续通风产生的正压作用下送风将携带工作区内的污染物被逐渐压出工作区,再经隧道最后排出。压入式通风可将通风直接送至施工区内,对施工区内的环境改善效果明显。但由于送风距离较长,会产生较大的通风阻力与送风损失;压入式通风的排风路径为已开挖完成的隧道,排风速度较慢,且随着掘进长度的增加,排风路径也随之增加,在增加排风阻力的同时也会对已开挖完成的隧道造成污染。压入式通风主要应用于中小型隧道的开挖施工。

(2)抽出式通风。负压风机通过风管对施工区内部进行抽风,在排除污染物的同时利用负压将外界的新鲜气流源源不断的通过隧道送入施工区内,从而改善施工区的作业环境。由

于负压作用，抽出式通风的风管必须采用刚性风管，或者带有刚性支撑。且随着施工区与排风机的距离增大，抽风速度会逐渐衰减，越来越小。故抽出式通风通常作为辅助方式，结合其他通风方式共同设置。

(3) 混合式通风。混合式通风兼具压入式与抽出式通风的优点。正压风机负责将新鲜气流压入施工区，负压风机负责将污浊空气从施工区抽出，对施工区内环境的改善明显，通风净化效率高。但同时也会提高通风系统的基础投资。

2、机电安装期施工通风。抽水蓄能电站机电安装期一般在开挖期之后，抽水蓄能电站的主要开挖任务已完成，抽水蓄能电站整体内部空间已完成构建，此时需要对大量机械设备及发电机组进行安装，存在大量的焊接工作任务，所以会产生大量焊烟，且施工位置、施工强度、施工环境、污染物种类等都与开挖期有较大不同，且机组均未开始运行，通风强度与热湿要求又不及运行期通风，所以机电安装期通风需要单独进行研究。

由于机电安装期施工通风时，整体抽水蓄能电站厂房形貌已基本完成，所以通风的空间与对象比开挖期的通风空间更大且更复杂，具体包括以下特点：由于机电安装期的焊接工作主要在洞室内部进行，距离洞外送风机较远，所以会使送风风管的长度极大增加，送风会存在较大的通风阻力，致使沿途会产生较大的压力损失，增大初投资；

由于各洞室与支洞均已贯通或已部分贯通，若采取单纯的压入式或抽出式通风方式，则容易使内部气流紊乱，发生相互窜流与涡流情况，致使污染物无法顺利排出工作区域，通风效果较差；

焊接位置存在不确定性，由于机组设备需要安装在厂房内部，但存在较多变化，致使焊烟产生位置也存在较多变化，难以集中控制。

三、解决方案

由于施工期空气中污染物变化频繁，为减少控制工作量，提高效率，在施工期第二和第三阶段，尝试在厂房的排风系统中设置一套智能控制系统（由污染物探测器、传感器和系统控制器组成），用于监测空气质量，为后续的施工通风自动控制做好基础工作。对施工期的抽水蓄能电站恶劣的空气环境，开发了一套适用于复杂情况下的空气环境监测系统。该监测系统根据国家相关标准确立系统采样的对象类型和设备要求，采用无线通讯原理实现多种传感器的数据远程无线传输与处理，基于监测点的可靠性原则进行安装，通过与监测数据的对比，推导得到监测数据与距离的关系，可用于推算污染源附近的有毒有害气体浓度。现场采用自动记录仪进行有毒有害气体的监测，主要监测对象包括：二氧化碳（CO₂）、一氧化碳（CO）、二氧化硫（SO₂）、一氧化氮（NO）、硫化氢（H₂S）、二氧化氮（NO₂）、甲烷（CH₄）监测对象均采用对

应的传感器自动检测，检测数据通过电缆传输到存储器。同时测定洞室的风速、温度和湿度。

应对地下厂房施工期间的临时通风进行专项设计，专项设计应充分考虑主厂房、主变洞室排风洞和通风兼安全洞的临时隔断、临时风道等。可以采取以下具体措施：

1、在安装机电设备的前期（焊接第1台蜗壳开始），可以在主副厂房与通风兼安全洞部位设置2~3台对旋排风机和排风布风管，在主变洞端头主变排风道部位设置1~2台对旋排风机和排风布风管，直至排风竖井处。风机风量和软管布置由施工专业确定。这样可以保证主厂房和主变洞污浊空气的排除。

2、厂房浇筑、砖墙砌筑完成后，排风通道被挡，这时主厂房网架通常已经形成，网架上部的通风、排烟风管（一般断面尺寸在1400mm×1400mm以上）也已安装完成，可以将排风机与上述3根风管连接，利用网架顶部风口继续为主厂房排风。此时，应注意土建及网架和风管的时间节点，风管的采购和安装应及时跟上施工进度，同时利用尾水施工洞进风将底部蜗壳焊接的烟雾带出，形成下进上排的气流。

3、施工后期，要注意施工期通风与永久期通风设备的转换对接，既不影响厂房空气质量，又兼顾永久期设备的安装，主要表现在副厂房顶层组合式空调机组、主厂房排烟系统与施工通风机的转换施工对接。

4、对施工期转换永久期的时间节点应事先规划，做好先期使用设备管路、风口的清洁工作，避免后期再返工清扫。

结论

1) 地下厂房永久阶段通风采用的隧道通风机和施工期间通风采用的对旋风机型式、结构、参数都不同，前者采用大风量、小压头的风机，后者刚好相反，采用小风量、大压头的风机，因此，风机不可相互替代。

2) 施工期，地下厂房所需风量、通风路径、通风形式是动态变化的，应根据不同阶段设计。地下厂房永久通风系统所用风机的风量不能完全满足机电安装全寿命周期使用。

3) 机电安装期，可根据需要设置必要的局部通风设施，同时应设置局部除湿设备，保证电气设备室的温湿度满足设备调试和运行要求。

参考文献

- [1] 杨庆学, 郑家祥. 大型地下洞室群施工通风动态仿真研究[J]. 水电站设计, 2019(01): 5.
- [2] 卢文波, 苏利军. 水电大型地下洞室群施工中的通风散热问题研究[J]. 湖北水力发电, 2019(3): 39-43.
- [3] 李雪林, 谭金龙. 大型地下工程洞室群施工期通风研究[D]. 天津: 天津大学, 2017.
- [4] 刘雪朋. 水电站地下主厂房施工通风动态数值模拟与优化[D]. 天津: 天津大学, 2018.