浅谈雷神山医院医用气体工程关键施工技术的控制与应用

赵达功 钟周源 刘林 魏民 杨军
（中建三局第一建设工程有限责任公司 武汉 430040）

摘 要：本文依托武汉雷神山医院，针对医用气体工程实施过程中遇到的关键施工技术问题进行总结，从管材的选择、管路的优化、管道的焊接、设备带气电隔离、液氧罐的安装、应急氧源的设置、气源切换电磁阀的选型及泄漏报警系统的设置等8个方面进行了归纳，为类似工程提供指导和借鉴。

关键词：应急医院 医用气体 设备带
中图分类号：TU81 **文献标识码：**B **文章编号：**1002-3607（2020）04-0040-03

在国际上，医用气体系统被称为“Life supporting system”，即生命支持系统。其中，医用氧气系统又是最关键的一个子系统，其供应情况与患者生命直接相关，重要程度不言而喻，医院中的氧气必需保证24小时无故障地持续供应。因此，最大限度地保证医用气体供应的安全性和可靠性是武汉雷神山医院项目实施的重中之重。

1 工程概况

本项目是为积极应对新型冠状病毒肺炎疫情而建设的应急性传染病医院，病区有病床1600张，ICU重症床位60张，手术室1间，各类用气终端点位近5000个，有效工期仅10天。本项目医用气体专业包括中心供氧系统、中心吸引系统、压缩空气系统（后称“三气系统”）。中心供氧系统由液氧站房（主氧源）和汇流排站房（应急氧源）组成，单个液氧罐储存量为20m^{3}液氧，采取3用3备1应急的模式，液氧经汽化器汽化之后，通过气体输送管路、控制阀件、设备带及终端送至病床。中心吸引系统由8台15kW、500Nm^3/h真空泵，共4组机组构成，采取2用2备的使用模式。压缩空气系统由3台55kW的变频空压机及其配备的空气后处理装置构成，采取1用2备的使用模式。经统计，本项目共有医用气体设备111台，不锈钢管11000米，铜管15000m，设备带5000m。

2 气体工程关键施工技术的控制与应用

2.1 医用气体的管材选择

《医用气体工程技术规范》（GB 50751-2012）5.2针对管材要求如下：除设计真空压力低于27kPa的真空管道外，医用气体的管材应采用无缝铜管或无缝不锈钢管。医用气体的管道需要严格进行脱脂，洁净度要达到内表面碳的残留量不超过20mg/m^3。法兰需与管道为统一材质，且法兰垫片必须使用金属垫片，不能使用橡胶垫片等可燃垫片。管道弯头半径不应小于管道半径的3倍。

综合疫情期间的材料供应渠道及现场施工便利性考虑，经设计复核确认，医用气体主干管采用脱脂无缝不锈钢管，病房进设备带支管采用柔性更好的紫铜管。

2.2 主干管道路由优化

按照原设计，项目医用气体系统的主干管道以大环线沿着项目外围走向布置，类似于消火栓系统的环线设计。而实际施工过程中，在结构板房吊装完成后，建筑、装饰装修、机电以及市政等专业便开始了大面积的交叉作业，如果按照原设计的方案组织施工，现场在2月7日才能具备作业条件，无法满足医技楼2月8日的用气需求。因此在“三气系统”实施之初，项目部着手对主干管道路由进行优化，采取分区树干式的路由走向，并反复核算确保最远端气体满足使用要求，经设计确认技术核定单后开始按照新方案随各专业开展穿插施工，最终在2月8日实现对医技楼的送气。医用气体系统主干管道路由优化对比见图1和图2。

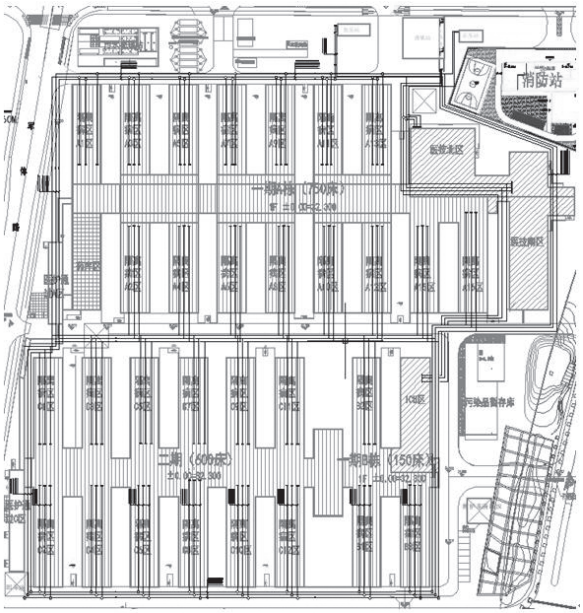

图1 原设计气体主管道布置图

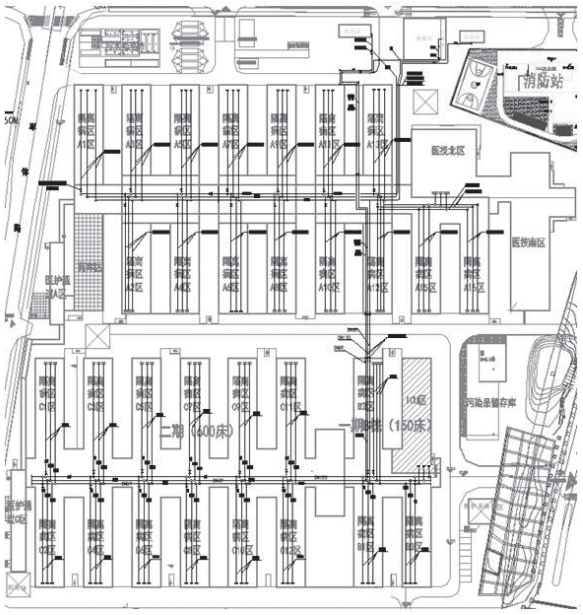

图2 优化后气体主管道布置

医用气体系统主干管道路由经优化后，实现了工序的提前穿插，节省不锈钢管近4500m，施工作业量减少约29%，缩短了工期，确保了工程按时交付。

2.3 管道的焊接

本项目主管道采用φ159、φ89、φ57无缝脱脂不锈钢管，氩弧焊连接；末端支管采用φ8紫铜管，承插后铜基钎焊连接；铜管与不锈钢管采用银基钎焊连接，或使用不锈钢与铜的转换接头连接，转换接头见图3。

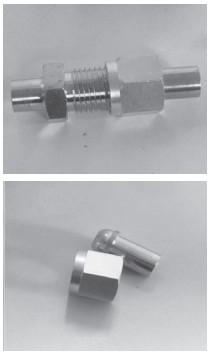

图3 不锈钢与铜的转换接头

铜管与不锈钢管连接前，需先在主管道支管钻φ6的小孔，再进行施焊。施工初期，铜管与不锈钢管采用了转换接头的连接方式，要进行两次施焊后，再将活接拧紧，因这种连接方式效率太慢，严重影响进度，项目马上改用银基钎焊的方式连接，在取消转接头的同时减少一道焊接工序。两种连接方式的质量都是满足规范和使用要求的，采用银基钎焊的连接方式，施工效率高，经济成本高；采用铜管与不锈钢管转换接头的连接方式，施工效率低，经济成本低。在具体施工过程中是侧重工期进度还是经济成本，应以实际需求来选择更加合理的实施方案。

2.4 设备带中弱电、强电与供气管路隔离问题

本项采用了国内主流使用的三仓设备带，集成了气路末端接口、电源插座、床头灯及开关、网络插座、呼叫器等一系列末端点位。行业规范《医用中心供氧系统通用技术条件》（YY T0187 –1994）第4.2.3.2条规定氧气管道不允许和导电线路、电缆共架敷设，也不允许与导电线路、电缆交叉接触，防止漏电火花击穿管道造成事故。故三个专业要分仓布置，弱电线路布置在上仓，气体管路布置在中仓，强电线路布置在下仓。但是实际使用中，氧气终端与电源插座、传呼器共用安装面板的设备带是无法达到此条款要求的，因为强、弱电末端安装在中间气路仓的面板上，强、弱电线需要从强、弱电仓引到气路仓才能够接线，而这样强、弱电线路就与气体管路形成了交叉（见图4）。

图4 设备带上末端点位均布置在气仓

在施工过程中，项目部采用对电线加装绝缘管，并对气路仓与强、弱电仓的过路孔进行密封处理，同时将电线与插座的连接点采用玻璃胶胶封等措施来防止电弧产生，这虽起到了一定的保护作用，但严格说来，仍然与行业规范相悖。

项目部想到的解决方案是，可将设备带下仓加高，使强、弱电末端安

装在下仓的面板上（见图5）；或者开发一种将强、弱电末端单独设置仓体的设备带，气体管路可从强、弱电末端舱体后部通过（见图6）。以上两种方案即可解决气电同仓的问题。

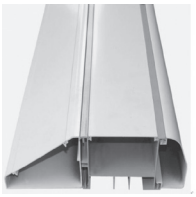

图5 下仓加高的设备带

图6 插座等末端单独设置仓体的设备带

2.5 液氧罐的安装

本项目以液氧罐作为供氧系统的氧源，项目部知道液氧汽化温度为–183℃，一旦泄露极易出现冻伤及爆炸事故。本项目液氧罐为立式罐体，外形尺寸为 ϕ 2.62m × 8.76m，由三个支腿支撑（每个支腿与地面接触面积0.07m^2），空罐重量为8.25t，注满液氧时重量达到20t，故液氧罐安装的稳固性尤为重要。

为保证在2月8日按时供出氧气，液氧罐必须于2月2日前进场，而液氧罐基础混凝土（标号C35）浇筑时间是2月1日，常温养护28天才能达到100%强度，而设备要求基础混凝土强度必须达到100%设计强度才能安装，显然难以达到要求。

项目部与设计院反复研讨后确定了基础加固方案：先在400mm厚混凝土板上满铺20mm厚钢板，并将全部钢板焊接连接后，使用20#化学锚栓将钢板固定在混凝土板上；再将液氧罐吊装在钢板上，把其支腿与钢板满焊，即通过钢板分散地面的受力；最后用20#通长槽钢横跨钢板后，使用20#化学锚栓将槽钢固定在混凝土板上，以此保证液氧罐的稳固性，实施方式见图7。

图7 液氧罐基础加固方案

因本项目作业条件受限，液氧罐为立式罐体，对基础及罐体固定要求较高。项目部建议在以后类似工程中，要优先考虑选用卧式气罐，以保证罐体安装的稳固性。

2.6 应急氧源的配置

本项目应急氧源分为自动应急及人工应急两部分。自动应急氧源由40套40L瓶装氧气组成，应急氧源与主管道连接阀门为常开状态，压力表实时监测主管道的使用压力，当压力低于使用压力0.05MPa就开始启动氧气瓶输氧，保证系统的稳定运行。

因本项目输气管道路由较长，自动应急氧源只能提供不足2小时的供氧，故项目部考虑并配备了就地手动应急氧源，包括20套40L瓶装氧、20套20L瓶装氧及70台分子筛制氧机，以供不时之需。

2.7 氧气自动切换柜电磁阀的选型

本项目采用了汇流排做为备用氧源，当主用液氧氧源的汽化氧气压力不足或中心制氧系统发生故障时，需要由自动切换装置将汇流排的氧气接入供氧系统。传统氧气自动切换装置需使用继电器驱动电磁阀执行器动作，运行时难免会产生电火花，同时由于普通电磁阀线圈发热量较大、容易发生短路烧毁等问题，如遇氧气逸出很容易引发火灾。

备用汇流排氧源的切换宜采用差压式气体汇流排自动切换装置[1]，即可避免电火花的产生。

2.8 液氧站报警系统的设置

本项目原设计未对报警系统有明确要求，后经项目部内部讨论，出于安全因素考虑，补充安装了两套报警装置。在液氧罐设置GPRS/NB–I0T物联网传感装置，通过手机APP即可实时监测罐体压力、剩余体积、当前液氧液位及历史运行曲线，可靠监测并记录液氧实时数据，以实现对用氧量、灌氧时间及灌氧量的指导性数据支撑。同时在液氧汽化后的南北两区的主管道始端设置氧气压力声光报警装置，当汽化压力与设置压力大于0.05MPa时，声光报警器将进行报警并通知维保人员进行处理。两套报警装置为氧气系统的平稳运行提供了有力保障。

3 结语

对于呼吸系统传染病应急医院而言，医用气体对生命的延续起着至关重要的支持作用，只有在施工的各个环节严格工艺、安全管控，强化技术措施，兼顾质量与效率，才能保证系统平稳运行，为患者提供强有力的生命支撑。

参考文献：

[1] 差压式气体汇流排自动切换装置：CN203570733U[P].2006–01.