

喷射台车在大面积喷射 混凝土工程中的应用技术

马顺利

(中铁十七局集团有限公司 太原 030006)

摘 要 介绍喷射混凝土施工使用的先进喷射设备,以及在大跨度高边墙隧洞大面积喷射混凝土工程中湿喷混凝土作业的施工技术。

关键词 湿喷混凝土 喷射台车 应用技术

1 引言

喷射混凝土施工有干喷法和湿喷法两种,从发展趋势看,湿喷法施工将逐渐取代干喷法成为主要的施工方法。混凝土喷射台车设备具有整体化、自动化特点,在喷射混凝土施工中可确保较高的生产能力,具有稳定的施工质量和安全的工作环境,有的能满足干喷法或湿喷法,或同时满足两种混凝土料喷射施工要求。在海南某工程大量喷射混凝土施工中,使用从芬兰进口的诺麦特 9150WPC 混凝土喷射台车,取得了很好的效果。

2 喷射台车

诺麦特 9150WPC 混凝土喷射台车是一套组合设备,它由以下几部分组成:喷射机械手,包括喷射臂、主臂、喷头系统、控制单元;喷射混凝土泵,提供连续不间断的稳定的喷射混凝土;空压机,提供独立于外部的气压动力和连续的喷射气流;附属装置,包括计量系统、电-液动力系统、控制系统、照明系统、电缆卷筒、高压水清洗装置、速凝剂罐、喷油器等。

喷射台车的特点:(1)喷射能力大。一般为 $3 \sim 20 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上,最适宜于大面积喷射混凝土工程施工。(2)能减少喷射周期。尤其是在断面变化的洞内,可省去搭建和拆卸脚手架等繁琐工序。(3)回弹量少。隧洞边墙湿喷混凝土时最低可控制在 $3\% \sim 5\%$ 。(4)喷射的混凝土均匀,质量稳定。(5)节

省劳动力,减少劳动强度,提高工效,降低成本。(6)可防止因坍塌、混凝土回弹、粉尘等造成的人身安全隐患,改善喷射工人劳动条件。

该台车是专门用于大型隧道或巷道的混凝土喷射设备,它不用移动便可喷射 348 m^2 的顶板面积,喷射手坐在升降平台内就能控制主臂、喷射臂、混凝土泵、计量装置和喷射用空压机,这样可以完全适应不规则工作面的喷射作业。

诺麦特 9150WPC 喷射台车的主要技术参数:(1)喷射能力为 $4 \sim 33 \text{ m}^3/\text{h}$;(2)骨料允许最大尺寸为 16 mm ;(3)速凝剂流量调节范围为 $0 \sim 900 \text{ L/h}$;(4)速凝剂罐容积 $1\,000 \text{ L}$;(5)喷射断面最大为 14 m (宽) $\times 15 \text{ m}$ (高),最小为 4 m (宽) $\times 15 \text{ m}$ (高);(6)喷射操作平台左右摆角为 34° ;(7)喷嘴摆动角度为 45° 。

3 湿喷混凝土施工技术

3.1 湿喷工艺

喷射台车在湿喷混凝土时,台车空压机(也可用外部空压机)提供的压缩空气通过一个特殊设计的混合室进入喷嘴底部,外加剂通过计量泵经由输送管道加入混合室,紊流使空气、混凝土、外加剂充分混合,形成高质量的混凝土连续流体,通过喷嘴(见图1)喷射出去。获得较高加速度的喷射混凝土流体,在喷射至岩面时产生一股强大的冲力,使混凝土射入岩面的孔隙及裂缝中。在拱顶喷射、倒坡面喷射或进行厚层喷射时,为了达到及时凝结的效果,需加入适量的速凝剂,而在边墙和正坡面喷射时,可

收稿日期:2003-11-03

· 隧道/地下工程 ·

以将外加剂量调至最小,以达到理想的混凝土喷射效果。

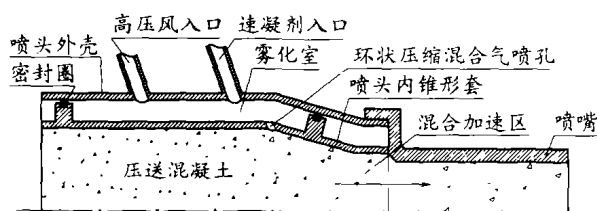


图1 喷头结构

3.2 湿喷混凝土配合比

骨料最大粒径为 16 mm, 过大的骨料粒径不仅无法泵送, 而且容易造成较大的回弹; 另外骨料应有良好的级配, 并控制人工碎石料中针、片状颗粒的含量(不超过 10%)。

该工程喷射的混凝土配合比为: 水泥: 碎石: 砂: 水: 速凝剂: 防水剂 = 1: 1.45: 2: 0.44: 0.05: 0.1, 每 m^3 混凝土用水泥 480 kg(水泥为广西鱼峰 32.5 级普硅), 砂的细度模数 2.9, 砂率 58%, 坍落度 11 cm。

3.3 施工技术要点

喷射混凝土的特殊性在于要求喷射手领会和掌握施工操作要点, 提高操作熟练程度。在该工程施工实践中, 通过不断摸索, 总结出了喷射台车操作的要点: 先粗喷, 后找平, 先点喷, 后面喷, 多层喷涂, 循环喷射, 底层混凝土采用大排量粗喷, 外层混凝土采取小排量细喷, 直至喷射面光滑平整, 达到最大限度地将混凝土拌和料以最小的回弹量喷射于岩面, 形成一个压紧、致密、固化的粘结层的目的。喷射技术要点如下。

(1) 喷射前的准备。为使喷射混凝土与基底有效粘结, 喷射前应先将喷射表面湿润, 并用喷嘴处的压缩空气和水将喷射面松散的浮石和岩碴等材料清除, 确保喷射面清洁和潮湿; 被喷射面有裂隙水时应先做好治水工作。

(2) 在隧洞施工中, 喷射混凝土应从下部边墙开始, 有规律地向拱顶作左右横向扫喷, 在由边墙到拱顶的喷射过程中可以稍微增加一些速凝剂, 使混凝土凝结速度加快。尽量多层、薄层喷射, 而不宜一次性全厚度喷射。在隧洞拱顶部位, 初喷层厚度不应超过 5 cm, 以防喷层过厚发生坠落现象。

(3) 喷射挂网钢筋岩面时, 钢筋网必须牢固地固定在岩石上, 如果钢筋网固定得不牢靠, 强大的混

凝土喷射流体会造成钢筋网片振动, 从而加大混凝土的回弹量, 造成浪费并影响喷射混凝土粘结强度。

(4) 硬岩基底粘结能力不如软弱围岩, 喷射硬岩部位时底层厚度一定要薄, 在大面积硬岩部位, 先用喷射混凝土扫地, 再逐渐增加喷层厚度; 在软弱岩石部位, 底层喷射时可适当增加初喷厚度。

(5) 影响喷射混凝土回弹量的因素主要有供风量、喷嘴对喷射岩面的角度、速凝剂的掺量、喷嘴至喷射岩面的距离、喷射部位等, 应根据不同情况作适当调整。

①风量的调整 风量调整可直接控制喷射混凝土流速, 9150WPC 喷射台车在正常使用时气压表指针在 0.45 ~ 0.50 MPa, 为了达到比较平整的喷射面, 并尽量减少回弹, 在正常风压下, 根据喷射混凝土坍落度的变化、混凝土喷射距离的远近和围岩类型要随时调整风量旋钮, 改变供风量大小。坍落度大时风量减小, 反之则加大风量; 喷射距离远时加大风量, 反之减小风量; 喷射硬岩时减小风量, 反之加大风量。

②喷射角度的调整 喷嘴对喷射岩面的喷射角度是影响喷射质量的重要因素, 应经常保持喷嘴与喷射岩面呈直角, 在喷射裂隙、挂网钢筋和超、欠挖等不规则岩面部位时要随时调整喷射角度, 以保证喷射混凝土更加密实地填充到岩面的隐蔽部位。

③喷射距离的调整 正常的混凝土喷射距离为 1 ~ 2 m。距离太小, 将无法形成层状, 因为喷射混凝土一触击到岩面就被后续的强大冲击力所吹走; 距离太大, 则因冲击力不足而无法满足喷射混凝土的粘结和密实要求。如果根据喷嘴处混凝土的流速来调节喷嘴距岩面的合理距离, 则回弹量可控制到最小范围, 所以如何准确地掌握喷射距离是非常重要的。另外, 混凝土坍落度变了, 喷射距离也需要进行调整, 坍落度较小时, 喷射距离取小值(1 ~ 1.2 m); 坍落度较大时喷射距离取大值(1.5 ~ 2 m)。同时, 在粗喷或毛喷时喷射距离也要尽可能小, 面层找平时喷射距离可大些, 最后喷射层找平时的喷射距离可大到 2 ~ 2.5 m。

④外加剂的调整 为了使喷射至岩面的混凝土在短时间内达到凝固、密实的效果, 在喷射混凝土时掺入速凝剂, 速凝剂的掺入量显示在速凝剂指示表上。在调整外加剂时, 应考虑以下几点: 第一, 根据喷射的不同部位及时调整速凝剂掺入量。例如在该

公路隧道闭口段施工过程的动态模拟分析

杨哲峰

(中铁十六局集团第六工程有限公司 北京 101100)

摘 要 隧道洞口明挖段围岩一般自稳能力较差,如何通过支护等手段保证洞口明挖段在施工过程中的围岩稳定是至关重要的问题。为保证隧道安全顺利施工,采用三维空间弹塑性有限差分法(FLAC)对隧道施工过程进行模拟分析计算,包括施工过程中周边土体的应力分布状况、变形情况、地表沉降情况、支护与衬砌的受力情况和变形状况等方面。根据模拟分析结果对隧道周边土体的稳定性和支护参数做出综合评判,为隧道施工提供科学依据。

关键词 隧道施工 动态模拟 应力分布 变形 受力

1 工程概况

广州市新光快速公路闭口段隧道里程为 K11 + 320 - K11 + 440 和 K11 + 710 - K11 + 800,设计全长 210 m,按设计采用明挖法施工。根据钻孔揭露的岩性,隧道闭口段上层为第四系冲洪积层,自上而下依次为人工填土,海陆交互相沉积的淤泥、淤泥质土层,冲洪积形成的黏性土层和砂层及残积亚黏土层;下伏基岩为白垩系下统猴岗段砂岩,总体围岩强度较软弱。地下水一般埋深 0.30 ~ 3.50 m,局部埋深较大。地下水的补给来源主要为大气降水及地表湖塘水,补

给受气候季节影响明显。

为了保证施工的顺利进行,对特殊地段采用了一些特殊的施工措施,如开挖汉溪大道时,一侧开挖一侧通车,地下水丰富的地段在沿线井点降水等。另外,根据工程的具体情况也采用了一些辅助施工方法:(1)基坑开挖按 1:1.5 的坡度分台阶进行放坡开挖。开挖完后在坡面上打设长 0.5 m,直径 $\phi 12$ 的锚杆,按 1 m \times 1 m 的间距梅花形布置,然后在坡面上挂铁丝网并喷射厚 5 cm 的细石混凝土。(2)必要时,在隧道内进行降水。

2 施工过程动态模拟计算与分析

采用三维空间弹塑性有限差分法(FLAC)对隧道

工程中,喷射混凝土使用了河南巩义生产的“跨越 2000”速凝剂,在喷射隧洞竖墙部位时,速凝剂掺入量在 1.8% 以下,喷射拱部时则增加到 3%;第二,根据喷射混凝土坍落度调整速凝剂掺量,坍落度小时,则将速凝剂掺量调小;坍落度大时,将速凝剂掺量调大。要注意的是,速凝剂掺量过高或过低都会造成喷射混凝土回弹量的增加。速凝剂过少时,混凝土凝结时间过长,强度增长不足,后喷的混凝土会吹掉之前还没有凝结的混凝土,造成回弹;反之速凝剂过多,如 8% 以上时,喷射混凝土急剧凝结成坚硬的表面,导致更多的骨料回弹。

造成喷射混凝土回弹的因素是多方面的,喷射混凝土的界面和部位不同,回弹量也不同,硬岩面回弹量要比软岩面高许多;拱顶部位回弹量要比边墙

部位高得多。

(6)喷射施工时,配备台车长 1 名,负责台车的全面管理工作,正常作业时需要喷射手 1 名,地面操作工 1 名,混凝土疏料工 2 名。

4 结束语

在海南工程中,90% 以上的湿喷混凝土都是用喷射台车完成的,消耗的工序时间只相当于传统施工方法的 1/8,免去了繁杂的辅助工序。喷射混凝土质量稳定,回弹少,综合成本降低近 20%。但是,由于喷射台车的操作不同于一般的设备操作,在很大程度上取决于喷射手的技能和经验,因此对喷射手的素质、技术要求比较高。

收稿日期:2004-01-10; 修回日期:2004-02-20