

# 浅谈温度控制对管片质量的影响

王浩

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

**摘要:**预制管片衬砌是双护盾TBM掘进中的重要施工环节。为了确保TBM的正常掘进,应有足量、合格的预制管片储备,介绍了在管片生产过程中温度对管片质量的影响,从所需要的设施布置、蒸养室内温度的控制和管片成型后堆放静养等方面阐述了温度对管片质量的影响以及所采取的相应的质量保障措施,使管片生产日产量最大化。

**关键词:**管片质量;温度控制;脱模强度

**中图分类号:**TV554+.3;TV545;TV51;TV52

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2016)05-0019-02

## 1 工程概况

Coca Codo Sinclair水电站项目位于厄瓜多尔共和国Napó和Sucumbios省内,总装机容量为1 500 MW。主要建筑物包括首部枢纽、输水隧洞、调蓄水库、压力管道、厂房发电系统等。输水隧洞工程线路全长24.8 km,其中调节水库施工区TBM2管片衬砌段约13 km,隧洞开挖直径为9.1 m,一次衬砌采用豆粒石回填并灌浆,二次衬砌采用管片衬砌,管片衬砌后内径为8.2 m,管片厚30 cm。管片混凝土强度等级根据围岩类别分为B、C、D三种类型,其中B型管片设计强度为C40,C型管片和D型管片设计强度为C50。因隧洞断面较大,一环管片衬砌需由七片管片组合安装。

C40、C50高标号混凝土密实度高、抗渗性能好、耐久性强,但其早期收缩大,若控制措施不当,容易产生裂缝,所以,在施工过程中要严格控制混凝土养护室的温度和湿度。

## 2 设施布置

(1) 供热设施布置。在预制厂内合适的位置设置一套锅炉系统,锅炉容量、型号按需求蒸汽量配置。采用管路供热方法为蒸养室内供送蒸汽,主供热管在分支供热回路上安装专业的自动供气阀,以控制蒸汽的输送速度和输送量。

(2) 蒸汽养护室的布置。蒸汽养护室采用整体式养护室,外形美观且易于安装。在蒸养棚安装时需保证接缝处的密封性,以形成密闭气室,避免因蒸养棚漏气造成室内温度、湿度达不到设计

要求进而影响管片质量。

(3) 低温条件下生产时,若有必要的话应对砂石骨料进行加热保温,以保证混凝土的拌和质量(如当地有低温季节时)。

(4) 夏季施工应采取搭凉棚、洒水、喷雾、加大骨料堆高或地坑取料的方式以降低砂石料等原材料的温度。

## 3 蒸汽养护室的温度控制

管片混凝土蒸汽养护分为静停阶段(预养阶段)、升温阶段、恒温阶段、预降温阶段和降温阶段五部分。CCS项目管片蒸养室布置有三条生产线,每条线上有11个模具,共有33个模具,每条蒸养线上按照4:4:3的模具比例划分,即4个升温区模具,4个恒温区模具,3个降温区模具。以每小时浇筑5个管片为例,管片在升温区的时间为144 min,然后管片进入恒温区,时间同样为144 min,之后进入降温区的时间为108 min,管片即完成了整个蒸养过程。蒸养时,要保证恒温区温度在50℃至60℃范围内,同时湿度要不小于80%。这是两个重要的外部条件,同时,管片的浇筑应均衡有序的进入蒸养线,并同时控制升温速度和降温速度在15°/h左右,防止管片不均衡进入和不均衡升降温对管片的质量造成不利影响。

### 3.1 静停阶段(预养阶段)

静停阶段又称预养阶段,是指管片混凝土在入仓振捣结束至管片即将进入蒸养室升温区的养护阶段。通过静停(预养)可增加混凝土在升温期对结构破坏作用的抵抗能力。静停期(预养期)的长短取决于混凝土性能、外界温度和恒温

收稿日期:2016-08-15

温度等,厄瓜多尔常年气温在 $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ,故此阶段预养时间较短,约为20 min。

### 3.2 升温阶段

混凝土的结构破坏主要发生在升温阶段,该阶段主要表现为粗孔体积增大,气、液相数量增多。若升温速度过快,由于粗骨料与终凝后的水泥砂浆的热膨胀系数差别较大,将会导致热应力的产生,当热拉应力和剪应力大于混凝土的抗拉抗剪强度时就会出现裂纹,因此,应将升温速度控制在 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 左右。该工程实际按升温阶段 $50^{\circ}\text{C}$ 左右控制。

### 3.3 恒温阶段

恒温期是混凝土强度的主要增长期。混凝土在恒温时的硬化速度取决于水泥品种、水灰比和恒温温度等。影响升温时间的因素有水泥品种、强度等级、升温速度等。为避免养护温度与环境温度相差太大,使管片在出模时温度过高,对环境温度变化过于敏感而造成裂缝现象的出现,该工程在实际生产施工中将恒温阶段的温度控制在 $60^{\circ}\text{C}$ ,恒温时间控制在144 min左右。

### 3.4 预降温阶段

在混凝土强度达到要求后,即可开始降温。若降温速度过快会导致管片内外表面因温差过大产生裂缝,所以,在降温阶段要缓慢、均匀降温。该工程实际将降温阶段分为两部分:预降温阶段和降温阶段。该工程在实际生产施工中将预降温阶段的温度控制在 $50^{\circ}\text{C}$ 左右。

### 3.5 降温阶段

经过预降温阶段后的管片温度与环境温度依然存在较大的温差,故该工程在预降温阶段后又设置了降温区,该区域只设置保温蒸汽管路而未设置加热管路,以便管片能够缓慢均匀地降温,以免产生因降温过快、管片产生过大的收缩应力,导致管片表面出现龟裂及疏松等结构损伤现象。该工程在实际生产施工中将降温阶段的温度控制在 $35^{\circ}\text{C}$ 左右。

混凝土管片蒸汽养护室各区域蒸养温度和蒸养时间的确定影响着管片的生产质量和管片生产效率。合理的设计和确定蒸养制度既能提高混凝土管片质量,也能提高生产效率,节约成本。表1为CCS项目管片蒸养后脱模强度表。

综合生产系统的运行速度并结合隧洞的地质

表1 CCS项目管片蒸养后脱模强度表

结构名称	混凝土等级	蒸养时间/h	平均脱模强度/MPa (圆柱体试模)
管片	C40	5	10.4
管片	C40	6	12.8
管片	C40	7	16.3
管片	C50	5	12.1
管片	C50	6	14.8
管片	C50	7	19.2

情况,CCS项目需要大量的B型管片,且当地规范要求脱模强度不得低于 $12\text{MPa}$ (圆柱体试模),故B型管片(C40)采用6 h蒸养时间,从而使每天的产量平均可达112片,即16环,能够满足TBM掘进要求。

## 4 管片室内静养间的温度控制

混凝土管片成型后的表面温度约为 $38^{\circ}\text{C} \sim 43^{\circ}\text{C}$ ,出仓强度约为 $12 \sim 14\text{MPa}$ (圆柱体试模),故需在室内静养间进行后期养护。

为避免因环境温度与管片表面温差较大而造成管片表面龟裂的出现,需在室内静养几小时,然后洒水养护,从而使管片温度能够缓慢的降至环境温度。

对于成型管片的养护一般为喷淋养护、浸泡养护和喷淋养护剂养护等。该工程采用水喷淋养护方法,在室内、外静养间设置养护水喷淋设备,定期进行喷淋养护。

## 5 分析与总结

要充分认识到管片成型的每个阶段对管片质量的影响,重视管片生产的每个环节,针对每个阶段制定相应的应对措施。

(1)管片静停期(预养期)的作用在于提高水泥在蒸气养护开始前的水化程度,使混凝土具有必要的初始结构强度,以增强混凝土对升温期结构破坏的抵御力。混凝土管片的预养时间越长,混凝土的初始结构强度就越大,混凝土蒸养后,管片内部的损伤就减小。但静停(预养)时间越长,则其管片生产周期就越长,导致其无法满足施工现场要求,因此,应结合当地实际环境情况确定具体的静停时间。

(2)管片蒸养最主要的影响阶段是升温和降温阶段,这是减少管片表面龟裂纹和管片内在质

(下转第38页)

④开始顶进前,必须制定坡度计划,对每一米、每节管的位置、标高需事先进行计算,确保顶进时正确,最终以符合设计坡度要求和质量标准为原则。

(2)根据监测数据,随时分析地面产生变形的原因,合理调整顶管机设定的土压力、减阻泥浆注浆量和推进速度等施工参数,以控制地面变形,达到保护好沿线建筑物的目的,确保工程顺利进行。

(3)针对地面变形量的施工要求,结合该工程的实际情况,制定了以下控制地面变形的具体要求。

①将接近顶管机切口前方的测点布置在略有隆起的部位。

②根据监测数据,调整减阻泥浆注浆量,减少管节背土现象,控制地面沉降。

③顶管施工的初次放样及顶进尤为重要。另外,由于顶管后靠顶进中要产生变化,因此,对后台的布置要保持其始终不变形、移位,以确保顶管施工测量的正确性。

#### 4.2 工作坑边坡稳定性的监控

(1)监测控制。采用经纬仪、水准仪监测钢板桩垂直位置是否存在偏移。

(2)监测点的设置。在临边位置的钢板桩上焊接倒“L”形 $\phi 12$ 的钢筋头作为观测点。

(3)监测措施。顶管施工过程中,由专人观测钢板桩的稳定性,发现下沉、松动、变形和水平

(上接第20页)

量的重要阶段。以该工程为例,若将蒸养室升温区温度设置为 $55^{\circ}\text{C}$ 、恒温区温度设置为 $65^{\circ}\text{C}$ 时,则管片出仓的表面温度为 $43^{\circ}\text{C} \sim 48^{\circ}\text{C}$ ,管片外表面易出现龟裂或脱皮现象。在控制温度的同时,不能忽略蒸养室内的湿度,应保证其湿度不小于80%。

(3)管片室内静养间养护是非常关键的生产工序,管片蒸养制度和后期的养护方法将直接对混凝土的物理力学性能、体积稳定性和耐久性产生影响,一旦控制不当,就有可能造成混凝土产生裂纹和耐久性下降。因此,对室内静养间的温度控制和养护用水水温都应引起重视。喷淋养护用水水温与管片温度温差不超过 $15^{\circ}\text{C}$ ,避免

位移情况时应及时予以解决。

边坡变形的预警值:水平位移和垂直位移累计值大于 $35\text{mm}$ ,日均位移速率大于 $2\text{mm/d}$ ;当坡顶沉降、水平位移观测数据出现预警值后,立即停止顶管施工,疏散人员并及时进行加固处理。

#### 4.3 检查验收

顶管施工结束后,其质量应满足以下要求:顶进的管道不偏移,管节不错口,管道坡度没有倒坡;顶管接口套环对正管缝与管端外周并保证密贴;管内填料饱满平整,橡胶圈安放正确;管节没有裂缝,不渗水,管内无泥土和建筑垃圾等杂物;所有指标满足设计及规范要求。

#### 5 结语

通过该工程实践得知:顶管法施工不但能保证工程质量、进度及施工安全,还不需要中断即有道路交通,具有良好的社会和经济效益,值得类似工程借鉴,特别是随着当代城市规模的扩大及城市基础设施的不断兴建,地下管线需求量也在逐年增加,该施工方法将得到更进一步的推广。

#### 参考文献:

- [1] 于冰泉,陈传灿.顶管施工技术[M].北京:人民交通出版社,1998.

#### 作者简介:

蒲红斌(1970-),男,四川南部人,副局长,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

赵永涛(1987-),男,陕西凤翔人,项目工程部部长,助理工程师,从事公路工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

管片产生裂缝。

#### 6 结语

为了保证管片施工质量,必须充分了解和认识管片生产中的各个环节温度对管片质量的影响。根据现场实际情况,布置加热保温蒸汽管路,选择合适有效的蒸养密封措施。严格控制蒸养阶段的温度和湿度,保证管片能够均匀的升降温度且恒温温度不能过高。要充分监测环境温度变化对管片质量的影响,做好管片成型后的后续养护工作。

#### 作者简介:

王浩(1973-),男,四川成都人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)