

# 预埋“回”字形冷却水管在游乐项目大体积混凝土中的应用

苏 秀

上海宝冶集团有限公司 上海 宝山 201900

**摘要:** 本文针对大型游乐设备项目中的大体积混凝土基础筏板浇筑问题,采用预埋“回”字形冷却水管施工方法降低混凝土结构内部温度,减少混凝土内外温差,达到控制温度裂缝的目的。

**关键词:** 游乐项目;大体积混凝土;冷却水管;“回”字形布置;控制裂缝

引言:随着国内主题乐园行业建设日益兴盛,大型游乐设备项目作为各主题公园的招牌项目从未离开过人们的视野,而牢固可靠的大型设备基础是其安全稳定运行的保障,大体积混凝土基础也愈发常见。我国国家标准《大体积混凝土施工标准》GB50496-2018<sup>[1]</sup>对大体积混凝土的定义为:混凝土结构实体最小尺寸不小于1m的大体量混凝土,或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。

由于大体积混凝土结构尺寸大,水泥水化作用产生的大量热量不易散发,引起混凝土内部温度升高较大,但混凝土表面与大气接触,温度散失比较快。如此,混凝土结构内外温差过大产生温度应力,易造成混凝土表面开裂,对混凝土抗渗性、耐久性甚至承载力造成影响。因此对混凝土温度进行控制,是基础承台大体积混凝土施工中最重要的一步,对于普通工业与民用建筑中所常见的大体积混凝土相关研究较少<sup>[2]</sup>。本文结合工程项目实例,通过采用预埋“回”字形布置冷却水管的施工方法,提高循环冷却水的热交换效率,降低混凝土温度峰值,控制内外温差,减少温度裂缝的产生。

## 1 项目概况及应用前提

开封市文化旅游项目多媒体跳楼机单体采用桩筏基础,基底面积9123m<sup>2</sup>,多处筏板厚度达到3m。基础设置伸缩后浇带分段浇筑,其中一段筏板基础长34m,宽31m,厚度为3m,混凝土设计强度等级为C35,混凝土浇筑量约为3162m<sup>3</sup>,需一次浇筑完成,属于大体积混凝土。

基础施工采用泵送商品混凝土,施工时间在夏季,当地平均气温32℃,最高温度可达38℃。若不采取合理措施,混凝土入模温度可升至35~40℃,且由于混凝土导热性很差,筏板尺寸、厚度较大,混凝土中心部位基本处于绝热状态,温度散失非常缓慢。在混凝土浇筑后,随着水泥水化作用不断释放出大量热量,5~7天混凝土结构内部温度达到峰值,中心温度可升至70~80℃。如此情况下,只采用覆盖养生和蓄水养生难以保证混凝土的成

型质量。

## 2 冷却系统设计

### 2.1 冷却系统组成

#### 2.1.1 冷却管选材及连接

采用内径DN32mm,壁厚1.5mm的GDJ镀锌钢管作为冷却管,GDJ镀锌钢管强度高,导热性良好,端头攻丝,利用弯管街头及直管接头连接。转弯处采用90°螺纹连接弯头,螺纹吊丝上下固定,连接时缠好胶带,以防漏水。

#### 2.1.2 冷却水循环系统

现场设置循环水冷却池,内置循环潜水泵,由循环水池提供混凝土施工冷却用水,且由冷却管排出的水在冷却池冷却后可继续循环利用。冷却管给水主管采用DN65pe管,配置DN65球阀,支管采用DN32pe管,配置DN32球阀,支管与进水口采用聚乙烯软管连接。回水管主管采用DN65pe管,支管采用DN32pe管,支管与出水口亦采用聚乙烯软管连接。

#### 2.1.3 温度监测

在每个回路进水口、回水口设置一个温度计,可直接监测温度。在温度测区内的混凝土内部埋设温度传感器,施工时利用电子测温仪进行混凝土温度实时监测混凝土内部温度。

### 2.2 “回”字形冷却管布置方式

2.2.1 依据大体积混凝土中心温升高,外部四周温升较低的温度场特点<sup>[3]</sup>,选用“回”字形的冷却管布置方式,相邻回路间距为1.5~2m,以“回”字形方式布置,中间回路的冷却管流程更短,同等时间内冷却水循环次数较多,与混凝土内部热交换更加充分,利于更好地控制混凝土中心温度峰值。

2.2.2 冷却水在管道中流动吸收热量会使水温沿程升高,靠近进水口位置处于流程前段,冷却水与混凝土热量交换较少,温度上升不高,与周围混凝土的温差较大,则热交换速率更大;反之,处于流程后段的冷却水吸收热量较多,与周围混凝土温差较小,则热量交换速

率下降，降温效果较弱。布置冷却管时颠倒相邻回路间进出口的位置，如此改变相邻冷却管间循环水的流向；使筏板基础内循环冷却水的降温效果更加均衡，便于均匀地控制混凝土内部温度。

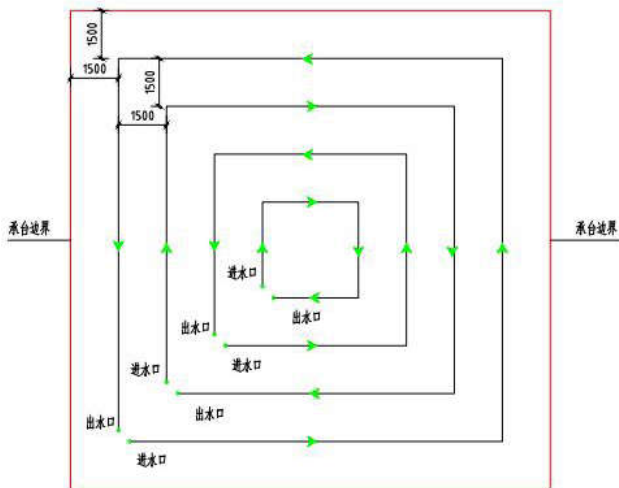


图1 冷却管循环水流向示意

2.2.3 冷却管的层数设计由混凝土的厚度决定，对于混凝土厚度  $< 3\text{m}$  时，降温管按一层布设；对于混凝土厚度  $\geq 3\text{m}$  时，降温管按两层或多层布设，上下层层间距一般设计为  $1.5\text{m}$ 。本工程筏板基础厚度达到  $3\text{m}$ ，混凝土体量较大，循环冷却管按上下两层布置，冷却管置于浇筑层的中间位置。若筏板基础厚度不一，“回”字形布置方式灵活，较厚处可多层布置。

### 3 预埋冷却管降温施工

#### 3.1 工艺流程

冷却管预埋固定—测温仪器预埋固定—进水管、回水管连接—通水试验—混凝土浇筑—温度监测记录—通水降温控制—混凝土养护—冷却管注浆封堵

#### 3.2 冷却管降温施工控制要点

##### 3.2.1 冷却管预埋固定

在进行基础筏板钢筋绑扎作业时，预先定位绑扎冷却管架立筋，架立筋由  $C22$  竖向支撑钢筋和  $C16$  水平支撑钢筋构成，支撑钢筋与筏板钢筋绑扎连接，相互支撑；按既定高度将冷却管排布于架立筋上，并用扎丝绑扎牢固；设置进水口立管伸出基础顶部以上  $300\text{mm}$ ，且回水口立管伸出基础顶部以上  $200\text{mm}$ ，以保证冷却水顺利循环流通。

##### 3.2.2 测温仪器预埋固定

采用便携式建筑电子测温仪进行大体积混凝土施工的温度监测，温度监测测点布设方法：平面上选取每个筏板区平面对称轴线的半条轴线为温度监测区，每个监测区设置5个监测点。沿筏板厚度方向上，按在顶面、中心、

底面三排布置，以便均匀反映混凝土内部温度变化情况。

#### 3.2.3 进水管、回水管连接

基础内每层冷却管设置独立进水口及出水口，不得相互串联，每个回路进水口位置设置控制阀，用于控制循环水流速。相邻回路进水口和回水口错位布置，另相邻两回路内部循环水流向相反，保证混凝土内部温度均匀降低。

#### 3.2.4 温度监测

混凝土浇筑后  $1\sim 3$  天内，每隔2小时测温一次，浇筑  $4\sim 7$  天内，每个4小时测温一次，之后每隔8小时测温一次。当混凝土最高温度与环境最低温度连续3天不超过  $20^\circ\text{C}$  时即可停止监测。应监测混凝土的入模温度、内外温差、温降速率以及环境温度。

#### 3.2.5 温度控制

当开始浇筑的混凝土覆盖到冷却管时，即可打开该层冷却管的进水口阀门，开始通入冷却水，避免因混凝土内部温度已经上升较高时与冷却水温差过大，而引起内部温度裂缝。

混凝土浇筑完成时，通过进水口阀门控制冷却水流速保持在  $18\sim 20\text{L}/\text{min}$ <sup>[4]</sup>，并密切监测混凝土的温度；应控制进出口水的温差在  $10\sim 15^\circ\text{C}$ ，当过大或过小应及时调整入口水温及流速；同时应控制混凝土降温速率不大于  $2^\circ\text{C}/\text{d}$ ，且应始终控制混凝土内外温差小于  $25^\circ\text{C}$ 。

每过  $12\text{h}$  后，调换冷却管循环水的流向，以便更均匀地控制混凝土各断面温升。

#### 3.2.6 混凝土养护

混凝土浇筑完成，可进行湿润洒水养护，待混凝土终凝后，采用无纺土工布湿润覆盖养护，可避免混凝土表面混凝土散失过快，造成温度裂缝。

3.2.7 当达到温控要求且混凝土养生完成后，拆除冷却管进出口连接的管道，利用空压机将冷却管内残留的水分吹干，然后用注浆机向冷却管内压注水泥浆封堵严密。

### 3.3 主要施工过程总结

#### 3.3.1 降温管循环通水

降温管安装完成后，须通水试运行，检查水管密闭情况。混凝土浇筑前应该在降温管中预先注满冷水，混凝土浇筑施工完成，初凝后开始通水进行水循环，由软管连接附近水源，将冷水由每个循环回路的进水口注入降温管，循环一周后通过出水口流出，流出至混凝土表面配合洒水进行混凝土养护。循环通水过程派专人看管，防止堵管，水循环持续7天。通过冷却排水，带走混凝土体内的热量。

#### 3.3.2 大体积混凝土浇筑施工

混凝土浇筑采用斜面分层法进行，使混凝土在浇

筑过程中均匀上升,降低水泥水化热(内部)。采用“一个坡度,薄层浇筑,循序推进,一次到顶的浇筑方法”,尽量缩小混凝土的暴露面,加大混凝土的浇筑强度以缩短浇筑时间。为保证新浇筑在底层混凝土初凝前覆盖,每层浇厚控制在0.4m之间。

### 3.3.3 割除降温管、灌浆封堵

使用完毕后可将降温管露出部分割除,进出口位置灌水泥浆液进行封堵。

### 3.4 成型效果

在确保了施工质量的前提下,我们创新性地采用了降温管“回”字形布置代替“弓”字形布置,其降温导热效果良好,减少了大体积混凝土裂缝产生,混凝土表面光洁、平整。

## 4 经济性及应用性分析对比

### 4.1 与传统“弓”字形布置费用对比分析

采用镀锌管“回”字形布置,降温导热效果好,提高施工效率,节省成本,提升工程质量。以多媒体跳楼机单体基础承台约2000方大体积混凝土为例:

- ① “弓”字形布置(直径40mm,壁厚3.5钢管)
- ② “回”字形布置(直径32mm,壁厚1.5mm镀锌管)

表1 “回”字形与“弓”字形布置成本对比表

对比项目 布置方式	布设长度 (米)	材料单价 (元/每米)	材料费用 (元)	人工 (人)	人工价 (元)	工期 (天)	人工费 (元)	总计费用 (元)
①	404	14.4	5817.6	2	220	1	440	6257.6
②	366	8.2	3001.2	2	220	0.5	220	3221.2

采用传统降温管布设方法大约需要 6257.6 元;采用改进后降温管布设方法大约需要 3221.2 元;可节省约 3036.4 元,可节省工期约 0.5 天。

本项目共34个单体,涉及基础大体积混凝土约8万方,共节省 $80000/2000 \times 3036.4 = 121456$ 元,共节省工期 $80000/2000 \times 0.5 = 20$ 天。

### 4.2 其他应用性能对比

材料选用:直径32mm,壁厚1.5mm的JDG镀锌管材

料造价低,节省成本。

施工方法:镀锌管壁薄,导热性好,降温导热效果较好,施工方便,布置灵活,效率高。

循环方向:不同回路循环降温管水流方向相反,便于均匀降低混凝土内部温度。

线路长短:线路短,中心降温管循环水回路短,由中心到四周降温管循环回路逐步扩大,易于更好地带走混凝土内部热量,降低混凝土内外温差,减少裂缝,提升工程质量

### 结束语

经过在开封市文化旅游主题公园项目应用实践,预埋“回”字形冷却管大体积混凝土施工技术,可明显降低大体积混凝土施工内部温升峰值,且有利于控制混凝土内部均匀温升,达到控制裂缝生产的效果,保证混凝土成型质量。

(1)采用冷却管“回”字形布置方式,能充分利用中心区域管路流程短、降温效果好的特点,能更好地控制混凝土中心温升峰值,利于控制混凝土内外温差。

(2)冷却管“回”字形布设,利用相邻回路相反的水流方向,合理分配冷却管降温效果,实现混凝土内部各断面更加均匀的温控效果。

(3)冷却管“回”字形布设,可实现多回路独立控制,利于更加实现精确地温度控制效果。

### 参考文献

- [1]GB50496-2018大体积混凝土施工标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [2]黄永刚.大体积混凝土温度检测与裂缝控制[D].西安:西安建筑科技大学土木工程学院,2004.
- [3]刘睫.大体积混凝土水化热温度场数值模拟[J].混凝土与水泥制品,2010,5:17,18.
- [4]陈伟,张燎军,卢斌.大型泵站混凝土底板冷却水管布置方案研究[J].水电能源科学,2012,30(1):172,212.