

泵站工程中大面积混凝土浇筑温控措施设计要点分析

贾 亮

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750000

摘要:黄河首部取水泵站封闭圈埋深较大,封闭圈混凝土结构为大体积混凝土,浇筑过程中混凝土温控为主要技术难点。本文以已建泵站工程为案例,通过对泵站大体积混凝土浇筑难点分析,混凝土温度理论计算,温控措施分析及施工完成后温控效果评价,为类似工程中大面积混凝土设计提供了参考。

关键词:大体积混凝土;温控措施;温度裂缝

1 工程背景

宁夏某泵站为供水工程首部取水泵站,工程总体布置为将游荡性黄河河床处上八顷、高仁、六顷地、青沙窝、东来点、黄土梁、五堆子及三棵柳8座泵站合并,在上游黄河右岸河势稳定处新建取水泵站集中取水,铺设压力管道13.62km扬至大井沟转换池后,向北沿红陶公路铺设重力流管道43.62km,通过自压输水至灌区,同时沿线分水口铺设配水管线与已建或新建调蓄水池连通,为各高效节水片区供水。

2 泵站主要设计参数

首部取水泵站站址位于黄河右岸溜山头处,临近通航产业园区经一路,距离已建月牙湖泵站上游约1.5km处。泵站由进水闸、进水前池、主副厂房、闸房、进场道路等组成。泵站进水闸及前池为C30现浇混凝土结构,进水闸设计为6孔闸,单孔净宽5.0m,进水前池设计6孔,单孔净宽7m,中墩厚2.3m,边墩厚2.5m,底板厚2.5m。泵站封闭圈设计为C35现浇混凝土结构,封闭圈墙高13.6m,墙体厚度为变断面结构,分别为2.8m、2.0m、

0.8m,底板厚2.5m。泵站大体积混凝土部位主要为封闭圈2.8m~2.0m厚墙体,进水闸2.3m、2.5m厚闸墩。

3 泵站混凝土浇筑主要难点分析

一般小型泵站封闭圈埋深较浅,墙体厚度为0.4~1.0m,为小体积混凝土,钢筋绑扎、支模完成后可直接浇筑,混凝土内部温度应力较小,不会使混凝土内部产生有害裂缝。本工程中首部泵站为二级泵站,封闭圈埋深为13.6m,墙体最大设计厚度为2.8m,为大体积混凝土结构,需考虑对入仓混凝土采取温控措施,避免温度裂缝的产生^[1]。大体积混凝土温控措施一般在混凝土重力坝等大型水利水电工程中应用较多,泵站工程中不多见,可借鉴的经验匮乏。因此,本工程泵站封闭圈混凝土浇筑的主要难点为如何降低大体积混凝土墙体的浇筑温度以控制混凝土的墙体裂缝^[2]。

4 泵站混凝土无温控措施浇筑内部中心温度理论计算

4.1 混凝土绝热温升

封闭圈浇筑混凝土由搅拌站拌制,混凝土配合比及有关数据如下:

水泥	膨胀剂	粉煤灰	砂	碎石1	碎石2	水	外加剂1	外加剂2
286	21	113	722	325	758	155	5.46	1.68
砂含水率(%)		碎石1含水率(%)		碎石2含水率(%)		混凝土密度		
0		0		0		2387.14		

因当地气温在15℃左右,具体材料数据如下:

水泥	膨胀剂	粉煤灰	砂	碎石1	碎石2	水	外加剂1	外加剂2
20	20	20	15	15	15	10	15	15
搅拌机棚温度	环境温度	运输时间	卸料时间	浇捣时间	转运次数	运输散失系数	卸料散失系数	浇筑散失系数
20	20	30	30	30	1	0.0064	0.016	0.003

由上可知,所计算混凝土拌合温度约为14.6℃。

4.2 拌合物的出机温度

拌合物的出机温度按下式计算

作者简介:贾亮,1989,男,汉,宁夏银川,工程师,硕士学位,水工设计

$$T = T_0 - 0.16(T_0 - T_i);$$

其中, T_0 为混凝土拌合物温度(14.75℃);

T_i 为搅拌机棚内温度(20℃);

根据上式计算可得: $T = 15.6℃$

4.3 混凝土浇筑温度

混凝土浇筑温度按下式计算：

$$T_j = T_c + (T_q - T_c) \times (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)$$

式中： T_c 为混凝土拌合温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。根据实际经验，按 3°C 计；

T_q 为混凝土浇筑时的大气温度（本工程按 20°C 计）；

A_1 、 A_2 、 A_3 …… A_n 为温度损失系数， $T_j = 15.59 + (T_q - T_c) \times (A_1 + A_2 + A_3)$

根据以上公式计算得： $T_j = 19.09^{\circ}\text{C}$

4.4 绝热温升

由于3天后混凝土的水化温度达到最大值，固计算3天龄期的绝热温升，具体按下式计算。

$$T(t) = W \times Q \times (1 - e^{-mt}) / (C \times r)$$

式中： $T(t)$ 为在 t 龄期时混凝土的绝热温升（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

W 为每方混凝土的水泥用量（ kg/m^3 ），本工程取 $286\text{kg}/\text{m}^3$ ；

Q 为每公斤水泥28天的累计水化热（ KJ/kg ），本工程采用C35高抗硫水泥， Q 为 $300\text{KJ}/\text{kg}$ ；

C 为混凝土比热，取 $0.97\text{KJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ；

r 为混凝土容重，取 $2387.14\text{kg}/\text{m}^3$ ；

e 为常数，取 2.71828 ；

m 为与水泥品种、浇筑时温度有关，可查大体积混凝土施工标准中表B.1.5-2；

t 为混凝土龄期（ d ），取最大值。

$$T(t) = W \times Q \times (1 - e^{-mt}) / (C \times r) = 37.05^{\circ}\text{C}$$

4.5 混凝土内部中心温度计算

$$T_{1(t)} = T_j + T_{h(t)} \times \xi_{(t)}$$

式中： T_j 为混凝土浇筑温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T_{1(t)}$ 为 t 龄期混凝土内部中心计算温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$\xi_{(t)}$ 为 t 龄期降温系数，查表可得；

根据公式， T_j 取 19.09°C ， $\xi_{(t)}$ 取浇筑层厚 2.5m 不同龄期计算

龄期	温度 $^{\circ}\text{C}$	龄期	温度 $^{\circ}\text{C}$
T1(3) =	43.17	T1(10) =	39.10
T1(4) =	42.08	T1(11) =	37.99
T1(5) =	42.43	T1(12) =	36.87
T1(6) =	42.06	T1(13) =	35.64
T1(7) =	42.43	T1(14) =	34.40
T1(8) =	40.83	T1(21) =	27.61
T1(9) =	40.21		

从混凝土温度计算得知，混凝土在第3天时其中心温度最高，为 43.17°C ，比外部大气温度（ 20°C ）高出 23.17°C 。因此必须采用一定的温控措施，防止大体积钢筋混凝土产生温度裂缝。

5 本工程设计温控措施

本工程设计通过主要措施及辅助措施进行温控。主要措施为加快混凝土的散热，本工程采用预埋冷却水管进行混凝土内部散热；辅助措施为对混凝土的配合比、入仓温度、散热、保温与养护方面进行要求，降低混凝土的水化热。具体措施如下：

5.1 主要措施设计方案

泵站封闭圈 $2.8\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 厚墙体混凝土采用埋设冷却管进行降温，冷却管利用外径为 $\phi 32\text{mm}$ ，壁厚为 2.0mm 的镀锌钢管，相邻冷却管的间距为 1.5m （如图所示），在安装完成后进行管道的密封性进行试通水进行检测。

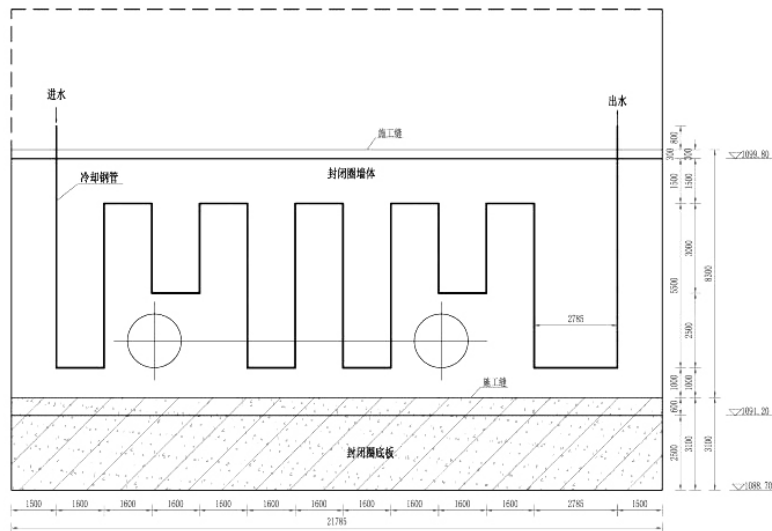


图1 墙体混凝土冷却水管布置图

墙壁混凝土浇筑完成后,首先采取与底板同样的方式储热养护,并及时监测温度。通过测温仪器检测数值,在墙壁附近放置2*2*1m的水箱,保证足够的循环水,水源使用降水井抽排的地下水,提前1天注入水箱,水箱使用两个独立的水泵供水,用水泵将水箱内水压进管道一端,水经过冷却管后从另外一端流到水箱内,反复循环进行降温。进水管及出水管处各设置水温测温器。

当表层温度与中心温度大于20℃时,在已布设的冷却管内通水,利用水和混凝土的温差带走部分混凝土热量,达到降温的效果;当混凝土内部、表面温度明显下降时,根据实际情况进行间断通水;当混凝土的绝热温度下降速度超过2℃/d,混凝土内部温度与表面温度、表面温度与大气环境最低温差控制在15℃以内时,结束通水。

5.2 辅助措施设计方案

(1)在混凝土原材料及配合比方面,封闭圈混凝土为C35,要求混凝土中减少水泥用量,采用低热水泥,水泥用量小于300kg/m³,水胶比小于0.45,在施工及混凝土和易性允许的情况下,尽可能降低混凝土坍落度,使入模坍落度控制在140mm以下。

(2)在混凝土入仓温度方面,封闭圈大体积混凝土部分浇筑时间安排在4~5月份进行浇筑。

(3)在混凝土散热方面^[1],混凝土浇筑采用分块分层浇筑,结合封闭圈的分缝情况,将封闭圈分为三块进行浇筑,每块进行分层,每层浇筑厚度为0.2~0.4m;此外,在封闭圈2.8m~2.0m厚墙体部位采用预埋冷却水管的方法进行散热。

(4)混凝土保温与养护方面,混凝土浇筑完成后及时进行养护,保温采用土工布和养护专用棉被双层覆盖洒水的方式进行,养护指派专人养护和专人巡视督促制度,养护应保持养护材料湿润但不得过度洒水浸泡混凝土,养护时间不宜小于14d并不得小于7d。

(5)及时进行混凝土温度监测,温度监测采用HC-TW80混凝土无线测温仪进行监测混凝土内部温度。

5.3 混凝土温度监测方案

5.3.1 监测点位的布设

每块底板设置25个热电偶组进行观察和记录水化热过程中筏板混凝土余热,每个热电偶组设置四个热电偶,采用HC-TW80混凝土无线测温仪,所有热电偶按顺序编号,并绘制热电偶布置图。

5.3.2 温度监测指标及频率

(1) 温度监控指标

混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值要求不超过50℃;浇筑混凝土的里表温差不超过25℃;当浇筑混凝土的降温速率在1.8℃/d以下时进行正常养护,1.8℃/d~2.0℃/d时进行预警,加强测温频次,采取应急措施,大于2.0℃/d时,启动应急预案,进行应急措施的处理。混凝土浇筑体表面与大气温差不大于20℃。

(2) 监测周期与频率

HC-TW80混凝土无线测温仪可24小时监测,混凝土浇筑结束后4d内使用混凝土无线测温仪,上午测温2次,下午测温3次,夜间测温2次,每次测温时间为4h;混凝土浇筑结束后5~7d内每8h测温一次;混凝土浇筑结束后7~10d每12h测一次;当内外温差小于20℃时,停止测温。

6 泵站混凝土温控效果分析

由监测数据可知,混凝土浇筑前入仓温度控制在30℃左右,浇筑完成后,混凝土里表温差为23℃,混凝土浇筑体表面与大气平均温差保持在16~18℃。监测结果基本满足设计要求。现场查勘时,封闭圈及进水闸墙体无明显裂缝,通水运行后封闭圈内部无渗水现象。

7 结论

1.泵站工程中大体积混凝土墙体(墙厚大于1.5m)应考虑采取温控措施,减小温差,降低温度应力,最大程度降低混凝土温度裂缝的危害。

2.泵站工程中大体积混凝土浇筑后应该采取温度监测设备,随时掌握混凝土内部温度及内外温差,温度出现异常时应及时采取措施,保证温度或温差在允许范围内。

3.工程案例中供水泵站通过对大体积混凝土原材料及配合比方面、混凝土入仓温度方面、混凝土散热方面、混凝土保温与养护方面及混凝土温度监测方面做了技术要求,并结合混凝土中预埋冷却水管的工程措施,使大体积混凝土温度控制在合理的范围,减小了混凝土温度应力,有效避免了混凝土温度裂缝的产生,保证了工程的质量,充分说明了温控措施设计的合理性、必要性。

参考文献

- [1]苏宪新,雷亮,夏康等.大体积混凝土浇筑技术及裂缝控制[J].安装,2023(S2):122-125.
- [2]许雪艳.大体积混凝土开裂的原因及防裂措施[J].散装水泥,2023(06):149-151.
- [3]张雪娟.水工大体积混凝土中低热水泥的应用研究[J].黑龙江水利科技,2023,51(11):105-108.DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2023.11.044.