

桥巩水电站混凝土结构外观质量缺陷成因分析及处理方法

石覃升,黄继廷

(广西水电工程局,广西 南宁 530001)

摘要 根据施工情况及特点,结合工作经验分析了桥巩水电站混凝土外观质量缺陷产生的主要原因有 模板加工精度不够、模板表面锈斑为清除或清除不彻底、模板支撑不牢固 混凝土拌合物选用的同种材料的品牌不同,或用量不准 混凝土浇筑方法不当、浇筑工艺不妥 钢筋混凝土结构表面产生显筋及其他一些养护等方面的因素。对此采取的混凝土结构外观质量缺陷控制措施主要有模板工艺质量控制和混凝土浇筑工艺质量控制。混凝土浇筑工艺质量控制主要从混凝土配合比、混凝土搅拌、混凝土浇筑以及混凝土的养护及拆模质量控制等方面着手。混凝土结构外观质量缺陷修补的工艺措施分为大面积质量缺陷修补和局部质量缺陷修补,大面积质量缺陷修补主要有干修法和湿修法。

关键词 混凝土施工 外观质量缺陷 缺陷处理方法 桥巩水电站

中图分类号 :TV73 ;TV431 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2009)S2-0028-03

桥巩水电站位于来宾市迁江镇清水河口以上 3 km 的红水河上,电站安装 8 台灯泡式水轮发电机组,单机容量 57 MW,总装机容量 456 MW,电站主体 I 标、II 标、IV 标混凝土生产施工由广西水电工程局承建,混凝土生产施工量达 100 多万 m³。混凝土的外观质量直接影响了工程质量好坏的评价,随着社会的不断发展,对建设工程不仅要求混凝土“内实”,而且还要求“外光”。混凝土外观质量是公众接触与了解混凝土施工质量的最直接部分,在相当程度上决定了公众对混凝土工程质量的评价。搞好混凝土的外观质量,对混凝土工程具有重要意义,也是创造品牌工程必要的条件之一。因此,防止外观质量缺陷的发生具有十分重要的意义。

1 混凝土结构外观质量缺陷产生的原因

1.1 模板

模板存在的问题包括 4 个方面 :①模板缝加工精度不够,拼装后存在渗漏的缝隙。②模板表面不平整或者有伤痕。③模板表面的锈斑未清除或清除不彻底,模板涂油过早,脱模剂用废机油涂刷,模板表面所涂的油黏度过大。④模板支撑不牢固,模板拆除过早。

1.2 混凝土拌合物

采用不同品牌的水泥、脱模剂和不同料场的砂

石料,水泥用量较多或用量过少,砂子用量过多,或石子粒径过小,配料时计量不准,搅拌不透彻,混凝土拌合物坍落度过大等,都是导致出现外观质量缺陷的主要因素。

1.3 混凝土浇筑

混凝土浇筑施工存在的问题包括 2 个方面 :

①振捣方法不当,即早振、过振、快振、振捣时既早振又过振、迟振、欠振、漏振、振捣程序不对等。②浇筑工艺不妥,如混凝土浇筑过程中落差过大,会导致混凝土离析、产生色差等。

1.4 钢筋显隐

钢筋混凝土结构的表面易产生显筋,即混凝土表面显露钢筋的痕迹。但不是露筋。其原因主要有 混凝土保护层偏小,未达到设计要求,钢筋骨架发生变形 振捣过程中钢筋产生振动 施工中对钢筋或者模板有冲击等。

1.5 其他

混凝土养护时表面不能保持湿润,养护力度不够,或在养护时采用不同的水质及方法。冬季施工时使混凝土受冻等。

2 混凝土结构外观质量缺陷控制措施

2.1 模板工艺质量控制

模板拼装时,按设计先把各分块的相接模板用

U形扣连接。各分块模板竖缝及上下模板接茬横缝中,采用5 cm厚的双面胶带填充,并要求其低于模板面3 mm左右,在浇筑混凝土后使其形成水泥砂浆凸缝,待拆模后人工将其轻轻敲掉,并用砂纸打磨平整。模板支撑系统采用直径32 mm的螺纹钢筋支撑,间距为1.0 m×1.0 m。

在混凝土开始浇筑前认真地对模板尺寸和垂直度等技术指标进行检查,使之符合图纸和规范要求。模板与承台接触面采用砂浆填塞密实,为便于日后拆模,安装模板前需用抹布给面板均匀刷上液压油。

2.2 混凝土浇筑工艺质量控制

2.2.1 混凝土配合比

设计满足质量要求的混凝土配合比。混凝土配合比在实验室通过试验确定,除满足强度、耐久性要求和节约原材料外,应该具有施工要求的工作性。

2.2.1.1 水泥用量

水泥品种较多,按用途和性能分为通用水泥、专用水泥及特种水泥。在使用时须区分水泥的品种及强度等级,并通过试验掌握其性能和使用方法。在桥巩水电站混凝土施工中采用的广西红水河股份有限公司生产的红水河牌P·042.5水泥,其物理性能指标符合国家标准,物理性能检验结果见表1。施工中按照物理性能检验结果来优化配合比中的水泥用量。

表1 红水河牌P·042.5水泥物理性能检验结果

细度/ % cm ⁻³)	密度/ (g· cm ⁻³)	标准稠 度用水 量/%	水化热/ (kJ·kg ⁻¹)		安 定 性	凝结 时间/h		抗折强 度/MPa		抗压强 度/MPa	
			3 d	7 d		初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
1.8	3.1	26.0	267	312	合格	2.33	2.83	6.1	9.0	33.7	58.8

2.2.1.2 混凝土骨料

细骨料采用桥巩水电站工程砂石系统生产的人工砂,其物理性能检验结果如下:饱和面干密度为2.70 g/cm³,堆积密度为1480 kg/m³,孔隙率为45%,泥块含量为0,含粉量为17.1%,含石量为0.3%,吸水率为1.4%,细度模数为2.6。

粗骨料采用桥巩水电站工程砂石系统生产的5~20 mm、20~40 mm、40~80 mm碎石,其物理性能检验结果见下面表2、表3。

2.2.1.3 坍落度

对有外观质量要求的混凝土,坍落度较通常采

表2 粗骨料物理性能检验结果

规格/ mm	饱和面 干密度/ (g·cm ⁻³)	堆积 密度/ (kg·m ⁻³)	孔隙 率/%	泥块 含量/%	含泥 量/%	吸水 率/%	针片状 颗粒 含量/%	压碎 指标 值/%
5~20	2.71	1490	45	0.0	0.0	0.1	4.0	9.3
20~40	2.71	1530	43	0.0	0.0	0.1	3.0	
40~80	2.71	1580	42	0.0	0.0	0.1	3.0	

表3 石子级配组合

级配	粒级组合比例/%			堆积 密度/ (kg·m ⁻³)	孔隙 率/%
	80~40 mm	40~20 mm	20~5 mm		
二级配		70	30	1490	45
		65	35	1490	45
		60	40	1530	44
三级配	50	30	20	1600	41
	45	30	25	1620	40
	40	30	30	1620	40
	45	35	20	1630	40

用的坍落度略减少1~2 cm,使混凝土拌和物稠一点黏一点,这样有利于混凝土外观质量。为此,在工程实践中把通常的非泵送混凝土的坍落度由7~9 cm,调整为(7±1) cm,泵送混凝土的坍落度由6~12 cm调整为11~14 cm。施工时,要求混凝土搅拌运送,对混凝土坍落度波动严格按照上下限限差控制,以保证混凝土的塑性稳定。

2.2.2 混凝土搅拌

混凝土搅拌必须达到计量准确、搅拌透彻、坍落度稳定的基本要求,否则混凝土拌合物中必然出现水泥砂浆分布不均或水泥浆分布不均现象,给混凝土浇筑带来先天不足,会在混凝土表面留下色差,或出现混凝土振捣容易离析、泌水等非匀质现象。所以混凝土最小拌和时间应满足:

①拌和容量在0.8 m³≤L≤1 m³范围的自落式拌和机需90 s,强制式需60 s。②容量在1 m³<L≤3 m³范围的自落式拌和机需120 s,强制式需75 s。③容量L>3 m³的自落式拌和机需150 s,强制式需90 s。

2.2.3 混凝土浇筑

a. 浇筑混凝土前应检查钢筋位置和保护层厚度是否准确,是否按要求固好垫块,操作时不能踩踏钢筋,若钢筋有踩弯或脱扣者应及时调直,补扣绑好,以免露筋。

b. 混凝土卸料高度超过2 m时用串筒或溜槽等下料,避免混凝土离析。

c. 开始浇筑混凝土时底部应先填约5 cm与浇筑混凝土等强度的水泥砂浆,防止底层混凝土胶结不好。

d. 设专职振捣作业队,控制振捣程序、方法、时间、间距等,做到先周围、后中间,并注意混凝土摊铺四周高、中间低,以便把气泡往中间赶出,避免气泡聚集在模板处。振捣时做到不漏振、不过振,控制插入式振捣器振捣间距不大于其作用半径的1.5倍,并与侧模保持50~100 mm的距离,插入下层混凝土50~100 mm,待混凝土停止下沉并不再冒出气泡,表面呈现平坦、泛浆后徐徐提出振动棒,并避免碰撞模板、钢筋及其他预埋件。浇筑过程中若出现泌水较多,须采

取措施将水排除,查明原因,并采取措施减少泌水。

e. 浇筑中仓面出现下列情况之一应停止浇筑。
①混凝土初凝并超过允许面积。②混凝土平均浇筑气温超过允许偏差值,并在 1 h 内无法调整至允许温度内。③在浇筑过程中出现大雨或暴雨天气。

2.2.4 混凝土的养护及拆模质量控制

a. 混凝土的养护。为使混凝土中水泥充分水化,加速混凝土的硬化,防止混凝土成型后因曝晒、风吹、干燥、寒冷等自然因素的影响出现不正常的收缩、裂缝破坏等现象。混凝土浇筑完后应及时洒水养护,保持混凝土表面湿润。①塑性混凝土应在浇筑完后 6~18 h 内开始洒水养护,低塑性混凝土宜在浇筑完后立即喷护并及早开始洒水养护。②混凝土应该连续养护,养护期内必须确保混凝土表面处于湿润状态,养护时间不宜少于 28 d。

b. 模板拆除。拆模的迟早直接影响到混凝土质量,拆模时间应根据设计要求、气温和混凝土强度等级情况而定。对非承重模板,混凝土强度达到 2.5 MPa 以上,其表面和棱角不因为拆模而损坏方可拆除;对承重模板达到规定的时间后才能拆模。
①悬臂板、梁:跨度小于或等于 2 m,强度达到 70% 时可拆模;跨度大于 2 m,强度达到 100% 时可拆模。
②其他梁、板、拱:跨度小于或等于 2 m,强度达到 50% 时可拆模;跨度为 2~8 m,强度达到 70% 时可拆模;跨度大于 8 m,强度达到 100% 时可拆模。

3 混凝土结构外观质量缺陷修补的工艺措施

3.1 大面积质量缺陷修补

a. 干修法。拆模后,立即采用一定比例的半干硬性水泥砂浆把混凝土表面散布的较大气泡眼填实、刮平后 1~3 h 内采用一定比例的黑、白水泥调制成的中稠灰浆进行展延性补浆,范围是细小的气泡带、气泡群。2 道工序后,间隔一定时间(一般为 2~4 h)将补浆面打磨平整。最后采用一定比例的黑、白水泥混拌干灰,并用棉纱头将混凝土面全面抹擦 1 遍,待自然静置过夜(不少于 6 h)再进行覆盖洒水保养。该法适用于混凝土面无大的跑模漏浆、蜂窝麻面等外观缺陷的处理。

b. 湿修法。先用水冲洗混凝土表面,接着用一定比例的水泥稠浆,将混凝土面全面披刮 1 遍,待面干时用棉纱头擦除全部浮浆,再遵循干修法中的前 2 道工序方法进行 2 遍补浆,待达到干凝状态后再对补浆面作第 1 次打磨并洒水养护。之后的两三天重复以上工序。该法适用于修饰混凝土面残留气泡眼较大、较多或明显的混凝土离析砂斑线、泌水迹、浅层蜂麻、色差。

3.2 局部质量缺陷修补

将蜂麻面周边外延 2~3 cm 范围内的表皮混凝土剔掉,剔深 2~3 cm(至少削掉水泥皮),并挖除蜂麻部分的表面浮浆,浇水湿润后采用湿修法补浆、打磨,最后对局部或连同大面范围采用适当比例的黑、白水泥干灰干擦 1 遍。结构混凝土表面经过局部修饰和大面积修饰后仍不能达到令人满意效果的,可采用喷涂修饰法清除色差。

3.3 混凝土结构质量缺陷修补实例

3.3.1 质量缺陷存在对结构的影响

在混凝土浇筑施工中产生的蜂窝、麻面和狗洞,不仅会导致混凝土本身设计强度降低和强度不足,严重的会导致结构混凝土出现渗漏。比如在厂房混凝土工程中如果竣工后没有进行处理或只是简单的缺陷处理就运行会导致机电设备锈蚀、仪表失灵,会使混凝土内的钢筋锈蚀,从而降低钢筋的设计强度,严重时致使钢筋混凝土结构遭到破坏。同时,混凝土表面跑模也会导致构件有效受力计算截面削弱,严重时危及结构安全。所以通过工作实践,结合桥巩水电站工程在实际施工中出现的综合问题,桥巩水电站出现的外观质量缺陷主要有混凝土浇筑不密实,存在冷缝;部分仓面拆除模板后存在蜂窝、麻面和狗洞;在临空面处,由于跑模而形成局部混凝土凸块等,这些部位均需要进行处理。

3.3.2 非溢流坝段混凝土质量缺陷处理

桥巩水电站的挡水坝段主要有左、右岸发电厂房,安装间及右岸闸检室。其存在的混凝土质量缺陷主要集中表现为:底板局部的混凝土冷缝,厂房周边墩墙蜂窝、麻面和狗洞,还有一些临空面的露石和露筋问题。针对这些混凝土质量缺陷,通过对现场施工作业量的比对分析,对处在非溢流坝段混凝土质量缺陷处理如下:①冷缝的处理由具体部位而定,如在底板(基础)中产生的冷缝会影响结构安全的应首先采取锚杆固定底板,接着在底板上钻孔进行固结灌浆,最后在冷缝内部辅以化学灌浆和在冷缝表面上采用环氧砂浆涂抹。一般部位出现的冷缝,未影响到结构的安全性能的,其处理是为了防止质量缺陷的进一步恶化,只在冷缝面上进行化学灌浆或凿槽嵌补环氧砂浆。②蜂窝、麻面和狗洞或露石和露筋的混凝土:对面积小、数量不多的,先用钢丝刷或高压水洗刷,然后用 1:2~1:2.5 的水泥砂浆抹平;对较大面积的应按其全部深度凿去薄弱的混凝土层,然后用钢丝刷或高压水冲刷,再用比原混凝土强度等级高一个级别的细骨料混凝土填塞,并仔细捣实。

(下转第 37 页)

依次提升整个仓位的模板。重复上述模板面板调节步骤,调整多功能全悬臂模板面板。

4 多功能全悬臂模块的优缺点

多功能全悬臂模板制作和提升方便。模板平面是刚性的,在任何外力作用下都能保持矩形原状,在立面上是线刚性的,立面整体是柔性的,无抗扭刚度,制作时全部是线性控制,格肋式面板由厂家制作。全悬臂大块模板除首次就位使用门机外,其次均可使用葫芦架提升,一般提升 1 块模板只要 2 个人,可以大片提升,提升时间短,并且节省材料,减少人工费,相对于散装模板和半悬臂模板更加安全方便。多功能全悬臂模块面板系统可以根据不同坡度调节,并且调节方便、灵活,适用面广。

采用多功能全悬臂模块可以减轻模板安装、拆卸难度,节约人工费;节约顶、拉、锚筋;减少门机的使用台班费。根据桥巩水电站上游墩墙的使用情况,每层高 3.0 m,每层安模时间可节约 2 ~ 3 d。减

少了材料的周转次数,可将散模、蝴蝶扣、钢管、管扣、U 形扣等材料用于其他结构较多的部位。但该模板组装前的零部件比较多,现场拼装比较繁琐,部件容易丢失。

模板的适用条件为:①混凝土垂直面和仰斜面(正坡角度小于或等于 30°)。②混凝土浇筑分层层高为 3.0 m。③混凝土浇筑速度不大于 0.5 m/h。

5 结 语

多功能全悬臂模板克服了传统散装模板浇筑混凝土出现的挂帘、错台、变形、蜂窝等质量通病,外观质量好。提升方便,时间短,大幅度缩短了施工工期,加快了施工进度,而且节省材料,减少人工费,节约了施工成本。

参考文献:

[1] 常彦斌,孙利.多功能全悬臂大块模板在桥巩水电站的应用[J].红水河,2008(6):63-65.

(收稿日期 2009-12-02 编辑 骆超)

(上接第 30 页)

3.3.3 溢流坝段及机组流道过流区表层混凝土质量缺陷处理

桥巩水电站正常蓄水高程为 84.00 m,其溢流坝堰面的高程为 84.00 m,发电机组流道高程为 44.405 m,最小水头也有 20 余 m,因此在其表层出现质量缺陷时不能简单地按常规方法运用水泥砂浆进行修补,这样会经受不起高速水流的冲刷而剥落,不利于结构的安全。结合具体的施工条件,对于处在高流速区的表层质量缺陷,为保证强度和平整度,减少砂浆干缩,通过试验综合考虑采用预缩砂浆修补法。

预缩砂浆是经拌和好之后再归堆放置 30 ~ 90 min 才使用的干硬性砂浆。预缩砂浆配置时,水灰比为 0.3 ~ 0.34,灰砂比为 1:2 ~ 1:2.5,并掺入水泥质量 1/1 000 的加气剂,以提高砂浆的流动性。修补时,对凿毛、清洗过的湿润表面先涂 1 层水泥浆,然后再填入预缩砂浆,分层以木锤捣实,直至表面出现浆液为止。每次铺料层厚 4 ~ 5 cm,捣实后为 2 ~ 3 cm,层与层之间用硬刷刷毛,最后 1 层表面必须用铁抹子反复压实抹光,并与原混凝土接头平顺密实。施工完成 4 ~ 8 h 内进行养护。

4 结 语

混凝土结构外观质量控制是一个系统工程,要从混凝土的原材料、配料、搅拌、运输、浇筑、养护等

方面加以控制。按照本文提出的处理方案,桥巩水电站在施工过程中出现的混凝土质量缺陷问题得到有效解决,从成品混凝土的外观可知提出的整改措施是恰当的、符合实际的。所选用的材料、配方、施工工艺是合理、可行的,达到了预期的目的,满足了工程质量的要求。

参考文献:

[1] 缪长江,丁士昭,江见鲸.水利水电工程管理与实务[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
[2] 全国水利水电工程施工技术信息网(组编).《水利水电工程施工手册》编.水利水电工程施工手册:混凝土工程(第 3 卷)[K].北京:中国电力出版社,2002.

(收稿日期 2009-12-02 编辑 高建群)

