

水下回流缝隙灌浆技术在水闸加固中的应用

姚立宏

(江苏省水利建设工程总公司, 江苏 扬州 225002)

摘要:应用水下回流缝隙灌浆技术在控制的压力范围内进行缝隙灌浆,使原基础在不受任何扰动的情况下得以加固,并使已产生的缝隙得到浆液充填。水下回流缝隙灌浆技术具有灌浆压力稳定、压力可调的特点,灌浆过程中能确保浆液的均一性和流动性,无固管现象。在巴基斯坦 KOTRI 水闸加固工程中应用该技术取得了较好的灌浆效果。

关键词:水闸;回流灌浆;加固

中图分类号:TV543

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)06-0051-02

1997 年 7 月至 2000 年 1 月,江苏省水利建设工程总公司独立承担了巴基斯坦 KOTRI 水闸加固工程 K3 项目的施工。KOTRI 水闸于 1955 年 3 月建成,设计流量为 $25000\text{m}^3/\text{s}$,全长 910m,分 44 个闸孔,每孔净宽 18.3m,闸墩宽 2.13m,上下游最大水位差为 8.4m。

雷达检测仪的探测结果表明,在原施工缝部位有部分缝隙存在于混凝土底板下。作为 K3 项目的一个单项工程,要求采用水下回流缝隙灌浆技术对缝隙部位进行灌浆加固。为确保闸体安全,防止在灌浆孔钻进过程中扬压力对底板下基础材料产生扰动,所有灌浆工作必须始终控制在维持一定水位的底部与混凝土底板接触密封的立管中进行。整个灌浆系统必须采用无压力波动的回流控制系统,以保证灌浆的连续性和灌浆孔内浆液的均一性。

1 施工组织及施工方案

1.1 设备选型

标书技术规范中对灌浆设备的要求如下:①灌浆泵必须是 MONO 系或其它批准的螺旋型排液灌浆泵,最大输出压力为 $500\text{kN}/\text{m}^2$,在没有压力波动的情况下,在立管顶部注浆点的注浆速度要能达到 $120\text{L}/\text{min}$;②灰浆拌和机必须是高速胶状型设计,最小拌和能力为 $150\text{L}/\text{min}$;③在灰浆的拌制和注射点之间必须安装一台带有机械搅拌的储浆桶,储浆桶的容量要大于拌浆机的制浆能力,桶上需装有带刻度的液位指示器以便能观测桶中的灰浆体积;④用于灰浆用水计量的水表读数精度要达到每次拌和水

量误差不超过 2L;⑤所有压力表的读数精度需达到 $25\text{kN}/\text{m}^2$;⑥所有闸阀及附件的质量和标准必须满足灌浆要求;⑦灌浆栓塞的设计要求能通过自身膨胀将灌浆孔封堵,在承受相当于最大灌浆压力的水压下,至少 10min 无任何渗漏。

现场配备的灌浆设备选型为:灌浆泵为 NM-076-0.8, $800\text{kN}/\text{m}^2$, $120\text{L}/\text{min}$;拌浆机为 ZJ-400;浆液搅拌机(储浆桶)为 JJS-10(容量 1000L);勘探钻机为 SGZ-1A;灌浆平台为 $5\text{m} \times 12\text{m}$;立管外径 168mm,长 5.8m;潜水设备为轻潜;吊车为 25t;趸船为 $3.5\text{m} \times 7\text{m} \times 1.5\text{m}$ 。

1.2 回流系统布置

回流系统的布置要保证整个灌浆系统能提供连续匀质的循环灰浆,并能在不同的灌浆速度下精确地控制灌浆压力。灌浆回路的设计要能提供一条自注浆处至储浆桶的回浆管,使灌浆泵和灌浆孔之间的输浆管能形成一不间断灰浆连续流(图 1)。

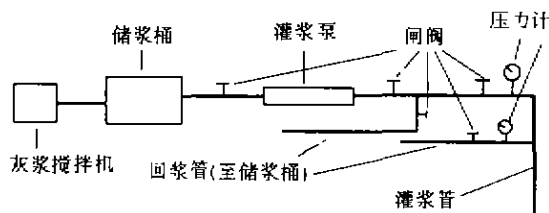


图 1 回流系统布置

1.3 灌浆管设计和制作

在设备选型确定后,灌浆工作关键的问题是采用何种灌浆管才能保证整个灌浆系统中灰浆的注射和回流顺畅,并能有效地进行压力控制。在 KOTRI

水闸加固工程 K3 项目的施工现场,我们制作的灌浆管结构如下:

灌浆密封栓塞采用内径 $\varnothing 45\text{ mm}$,外径 $\varnothing 89\text{ mm}$,长 110 mm 的密封橡皮套 2 只,当其受力受到挤压时会膨胀,松开时能自行复原,使用时将其套在外径为 $\varnothing 38\text{ mm}$ 的回浆镀锌钢管上,中间用 3 块铁瓦垫隔开,上部和底部用与回浆管固定的管接头限位,灌浆时,灌浆管下部置于内径为 $\varnothing 91\text{ mm}$ 的导向管中,上下瓦垫分别受管接头和立管底部法兰的限制,当收紧灌浆管上部压板时,即可对栓塞施加压力,迫使栓塞膨胀与导向管密封接触,从而达到止水效果。

灌浆管的进浆管采用外径为 $\varnothing 26\text{ mm}$ 的镀锌钢管(下述尺寸全指外径,所用管材都为镀锌钢管),上部与一压力表和控制闸阀连接,其下方用 26 mm 变 21 mm 内丝牙接头与一根 $\varnothing 21\text{ mm}$ 管连接,在此接头外侧装一根 $\varnothing 38\text{ mm}$ 的开孔回浆管,此回浆管外侧包一根 $\varnothing 50\text{ mm}$ 钢管, $\varnothing 50\text{ mm}$ 钢管上部与一根 $\varnothing 45\text{ mm}$ 的钢管连接,用于输送回浆, $\varnothing 45\text{ mm}$ 钢管用 45 mm 变 26 mm 的三通与 $\varnothing 26\text{ mm}$ 回浆管连接,将回流灰浆送回储浆桶,在 $\varnothing 26\text{ mm}$ 回浆管上安装一压力表和闸阀,用于控制回浆压力。在 $\varnothing 45\text{ mm}$ 回浆管上口和 $\varnothing 26\text{ mm}$ 进浆管之间套一压座,压座下方用麻丝或其它填料充填,压座上方加一压板,压板两头下挂花篮螺丝,花篮螺丝与灌浆平台连接,灌浆时收紧花篮螺丝,通过压板对压座施加压力,此压力通过回浆管传至栓塞,迫使栓塞膨胀以达到止浆的目的。灌浆管的进浆管和回浆管用高压软管分别与灌浆泵和储浆桶连接。

施工过程中,灌浆管置于一维持一定水位的立管内,立管采用内径为 $\varnothing 168\text{ mm}$ 的钢管,立管底部用 45 mm 厚的止水橡皮通过压板与混凝土底部接触,当收紧立管上部花篮螺丝时,即可达到止水效果。内径为 $\varnothing 91\text{ mm}$ 的导向管用焊接的方法固定于立管底部,用于灌浆管导向和栓塞的密封。灌浆管的结构见图 2。

2 灌浆操作

a. 成孔。灌浆孔用勘探钻孔钻机成孔,选用成孔直径为 $\varnothing 75\text{ mm}$ 的钻具,对于自平台至孔底不超过 7 m 高度的浅孔,也可选用风动式冲击钻,配直径为 $\varnothing 39\sim\varnothing 40\text{ mm}$ 的钻头,成孔直径为 $\varnothing 41\text{ mm}$ 。

b. 灌浆顺序。钻孔灌浆必须按序进行,初级钻孔灌浆第 1 号灌浆点位于施工缝最靠近上游的位置,当第 1 号灌浆点灌浆完成后,将钻机移至施工缝的中间进行第 2 号灌浆点的钻孔灌浆工作,在完成第 2 号灌浆点的灌浆以后,再移至施工缝最靠近下游的部位进

行第 3 号灌浆点的钻孔灌浆。当 3 个灌浆点的灌浆结束后,在第 1~2 和第 2~3 点之间用勘探钻机分别钻二级检查孔,通过钻取岩芯来检查灌浆效果。如果岩芯显示灰浆已注入混凝土底板下部缝隙,即可将设备移至下一条施工缝;如果岩芯表明缝隙没有被灰浆灌注,必须在初级灌浆孔和二级检查孔之间钻三级灌浆孔进行灌浆。当三级灌浆孔完成后,再钻检查孔检查,直至证明缝隙已被灰浆灌注。

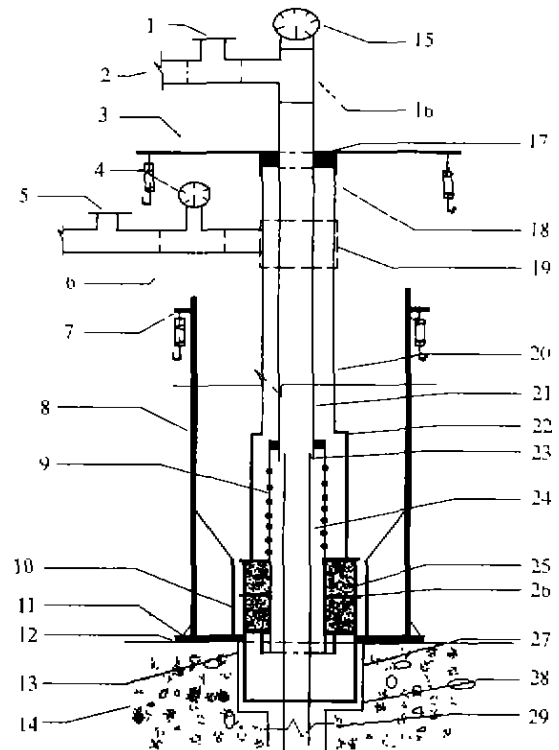


图 2 灌浆管结构示意图

1—进浆阀;2—外径为 26 mm 的进浆管口;3—压板(下挂花篮螺丝);4—回浆压力表;5—回浆阀;6—外径为 26 mm 的回浆管;7—立管管顶压板(下挂花篮螺丝);8—外径为 168 mm 的立管;9—外径为 38 mm 的开孔回浆管;10—内径为 91 mm 的导管;11—立管底座压板;12—压板底部止水橡皮(45 mm 厚);13—瓦垫限位(与回浆管连接);14—混凝土底板;15—进浆压力表;16— 26 mm 三通;17—压座(下填麻丝或其它填料止水);18—外径为 45 mm 的螺纹接管;19— 45 mm 变 26 mm 三通;20—外径为 45 mm 的回浆管;21—外径为 21 mm 的进浆管;22—外径为 50 mm 的回浆管;23— 26 mm 变 21 mm 内丝牙接头;24—外径为 21 mm 的进浆管;25—密封橡皮栓塞套(内径 45 mm ,外径 89 mm ,高 110 mm);26—瓦垫;27—外径为 89 mm 的导管(上部与立管底部压板焊接);28—内径为 91 mm 的导孔;29—内径为 75 mm 的灌浆钻孔

c. 压力控制。灌浆的压力需根据现场条件(水下测压计读数、尾水位、混凝土厚度等)来确定,要特别注意不能突然增加灌浆泵的压力和速度,不能超过规定的灌浆压力。灌浆压力及注浆流量的大小由安装在注浆管和回浆管上的闸阀来控制。

在注浆前,可通过简易压水试验来了解钻孔周围混凝土的缺陷情况,并预测灌浆时(下转第 65 页)

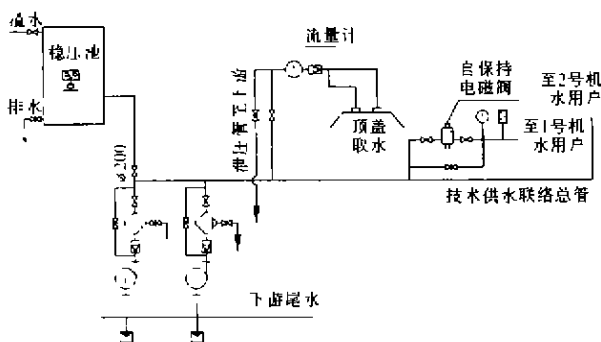


图1 东留水库电站技术供水系统

况区,引起水泵组效率下降.设置稳压池,可改善水泵运行工况,降低厂用电的消耗.

c. 若由于上游水库水位降低到最低工作水位引起顶盖取水水量和水压的不足,可通过启动技术供水泵将尾水送至稳压池,进行水量和水压的补充.

3 系统应用情况及供水效益分析

顶盖取水供水系统自2000年10月投入运行.初期运行时,机组空载运行,测得顶盖取水水压为0.2 MPa,取水流量为120 m³/h;带上额定负荷时,其取水水量为210 m³/h,水量与机组负荷成正比,基本为线性关系.取水水压随上游库水位的增减而增减,与机组负荷关系不大.各种运行工况,水质、水量、水压均能满足要求.机组刚刚启动时,存在短时水量和水压满足不了要求的情况,但仍能满足启动需要,

因为在启动初期,机组各轴承负荷及温度都较低,机组从空载到带上负荷历时很短,冷却用水能满足要求.各种运行工况机组轴承温度均低于45℃.

水轮机顶盖取水不仅水质干净,运行可靠,其经济效益也非常显著.在东留水库电站中,每台机组需供水量为180 m³/h,按常规采用尾水取水水泵供水作为主水源的供水方式,需设置3台离心水泵,其中2台为工作泵,1台为备用泵,每台水泵电动机功率为45 kW.这种供水方式,其供水可靠性相对较低,容易出现因水泵组机械、电气故障而引起的技术供水不正常,导致机组停机,减少发电量,而且水泵供水还存在水泵的维护、检修、耗电等问题,每年消耗电量超过36万kW·h,按电站上网电价0.3元/kW·h计,年耗电10.8万元.采用顶盖取水作为主水源的供水方式,不仅节省了电能,而且大大提高了供水的质量和可靠性.

4 结 语

在中高水头水电站中,采用顶盖取水作为机组技术供水,不仅能降低厂用电的消耗,而且提高了技术供水的水质和可靠性,实现了供水、停水与开机、停机同步,并且节省了因泵房布置困难而带来的土建投资增加,减少机电设备的一次性投资,简化设备操作、维护工作量.鉴于顶盖取水独特的优点,在充分论证的基础上,对150 m左右水头段电站应积极推广顶盖取水技术.

(收稿日期:2001-01-20 编辑:张志琴)

(上接第52页)串冒以及吸浆量的大小,以便采取相应的措施,其方法是用低于80%的灌浆压力对钻孔进行注水,同时对原来安装在混凝土底板下的测压计读数变化以及混凝土施工缝上部的情况进行观察,并做好有关记录,加压时稳定10 min即可结束.浆液的扩散能力与使用的灌浆压力的大小密切相关,灌浆时不能使混凝土结构和原基础遭到破坏,宁可适当地增加钻孔数,这是确定灌浆压力的基本原则.灌浆开始时,一般选用低压,然后逐级升压,分序灌浆.通过压力控制,可保证灌浆材料在不破坏原基础的情况下有效地渗入缝隙周围的基础材料,并充填缝隙,从而达到加固效果.

d. 灌浆材料.灌浆用水应符合拌制混凝土的用水要求,水泥为普通硅酸盐水泥.用于灌浆的浆液为水泥浆,水泥浆的浓度是决定结石强度大小的关键,水灰比越大,水化反应越充分,形成结石含水越小,其力学性能和结石密实性就越好.如浆液不稳定,多含水分不能排出,浆液将沉淀析水而形成新的空隙,根据本工程的特点,混凝土底部基础材料为砂土,选用的水灰比为2:1.

e. 特殊情况的处理.对于串冒严重的孔,灌浆前应用棉花、麻丝或加速凝剂的干硬性水泥浆等材料嵌填好集中串冒的部位,对于小的串冒可以不处理,灌浆过程中会逐渐自动封填.此外,在灌浆过程中如发现回浆变浓时,应予稀释,稀释两次仍变浓即可结束灌浆.

f. 结束标准及屏浆.在规定的压力下,如灌浆孔段的吸浆量小于0.2 L/min时(段长在2.5 m以内),关闭灰浆进出闸阀,维持原压力30 min左右,在灰浆达到初凝后即可结束灌浆,并对钻孔进行封填,封填材料采用水下抗收缩水泥砂浆或其它专用产品.

g. 现场记录.灌浆工程系隐蔽工程,每道工序都必须详细、真实地做好现场原始记录.

3 结 语

通过对灌浆后钻取的岩芯进行分析,结果表明,采用水下回流缝隙灌浆技术,灌浆效果明显,能达到预期的加固目的.水下回流缝隙灌浆技术可供国内水工和其它建筑物的水下基础加固工作借鉴.

(收稿日期:2000-06-20 编辑:张志琴)