

对灌浆帷幕结构设计初步探讨

付辉明

(新疆水利水电勘测设计研究院勘测总队, 新疆昌吉 831100)

摘要: 帷幕灌浆设计其基本设计思想就是确定出帷幕的最大有效扩散半径和灌浆孔距间所保持的最优关系, 计算出最安全、经济、有效的扩散半径和孔距, 以此获得最大的技术经济效益。

关键词: 帷幕灌浆; 扩散半径; 孔距

中图分类号: TV543 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004—5716(2009)04—0027—04

在灌浆帷幕设计时, 采用何种防渗标准来确定灌浆帷幕的必要性和灌浆范围是至关重要的, 目前许多设计施工单位, 常强调工程地质条件的特殊性将防渗标准提高, 不但在深部及边远处大多都采用与坝基附近完全一样, 怕整个帷幕会失效, 危及坝的安全。这样就使许多设计施工单位都不愿降低标准, 造成工程量的增加没有达到最优的施工效果。故在此对帷幕体的设计进行初步探讨。

1 帷幕灌浆设计内容

(1) 确定从坝体与基岩接触面, 向地基纵深方向的幕体延伸深度。

(2) 确定帷幕在坝基内的具体位置及幕体厚度, 也就是确定灌浆扩散半径、孔距、排数和排距等参数。

在确定帷幕纵深延伸深度时, 应从防渗要求, 施工区的工程地质和水文地质条件出发, 通过渗流计算或电拟试验确定。

在确定幕体厚度时, 应考虑幕体所承受的水头及幕体容许的水力坡度, 来达到幕体在设计水头作用下的渗流稳定。

2 结构设计

在水利水电建设的灌浆工程中, 保证灌浆结构的整体性和密实性是十分重要的。

灌浆是由许多灌浆孔, 按照一定的结构形式, 按一定的技术要求分孔、分段灌浆完成的。故在进行帷幕设计时, 做好孔与孔之间的结合, 保证相邻和相邻段之间连接、连续的牢固, 不能有漏灌和不连续中断现象, 并且要有一定的搭拉厚度, 以保证幕体结构在一定安全条件下, 有足够的强度, 使形成各部分的缝隙在灌浆材料补强填充形成幕体后, 渗透系数降低到设计所要求的数值并能承受设计的最大水压力。

确定帷幕灌浆的整体性和密实性的首要环节是正确设计灌浆相关的各参数。

2.1 位置的确定

大坝坝基岩石在灌浆形成幕体后, 在高水头作用下, 将受到较大的拉应力, 故而要防止帷幕的断裂失效, 在建立起一道有效的帷幕后, 帷幕前将存很高的压力水头, 若设计帷幕放在坝体下游, 就会有较多的坝基岩石处在高扬压力和孔隙压力作用下, 对坝和基岩的稳定极为不利, 这样帷幕将往后放在远离拉应力区, 同时我们又应使坝基基岩都受到帷幕的保护, 则又应尽量向前缘移置, 同时为了解决上述矛盾, 故应对不同的坝型应有不同合理布置。

(1) 就重力坝而言, 其坝型为坝体较厚, 坝基较宽, 坝基主要受到的为压应力, 应布置在坝前较为合理。

(2) 相对拱坝来说, 基坝底较窄, 在坝前一般产生拉应力区, 而在坝后部则为压应力区, 由于拉应力区的存在, 常引起坝底部混凝土和基岩开裂, 从而使大量的水和水头压力导入坝基。而在后部压应力区, 坝基受压缩而变的透水性更差, 使排水效率降低, 故而拱坝前沿可能出现拉应力时, 应将帷幕灌浆前移到受拉区以外。

(3) 在土石坝中存在着坝体渗漏引起的作用在坝体或心墙内的孔隙水压力, 同时还存在由地基渗漏引起的作用在地基内的扬压力, 当帷幕设计在坝后部, 阻断了排水条件, 如不能够采取措施, 将水顺利排出, 当扬压力高出坝体内的压力时, 这时地基内的部分渗流窜入坝体, 不但会使坝体浸润线升高, 严重时会使坝体受到冲刷破坏, 所以, 如果对帷幕的防渗标准要求较高, 幕体的设计就应愈往上游布置。

2.2 扩散半径和孔距的确定

综前所述, 帷幕灌浆的设计首先要确定坝体与基岩接触面的地基纵深方向的幕体延伸深度, 就目前而言, 大家普遍认为帷幕灌浆的作用主要是堵塞大的渗漏通道或小渗流, 结合坝后排水, 降低扬压力, 我们都知道在灌浆设计时, 首先要找到相对不透水层, 将帷幕体嵌在

相对不透水层中,形成封闭的防原子渗体系,当相对不透水层埋藏较深时,就做一个悬挂式的,做到一个适当深度将渗径延长,普遍采用下式计算:

$$S = \frac{H_1}{3} + C$$

式中: S —— 进入基岩的深度, m ;

H_1 —— 坝高, m ;

C —— 常数, 一般取 $8 \sim 25m$ 。

在帷幕灌浆结构设计时,在防渗最大有效利用率下,求出孔距与扩散半径之间的最优关系,以此来确定较为经济的各结构参数,相邻灌浆孔之间连接的紧密程度,关系到帷幕的安全,经济效益的发挥。

(1) 现在我们来分析研究一下,孔距搭接厚度和扩散半径之间的关系:

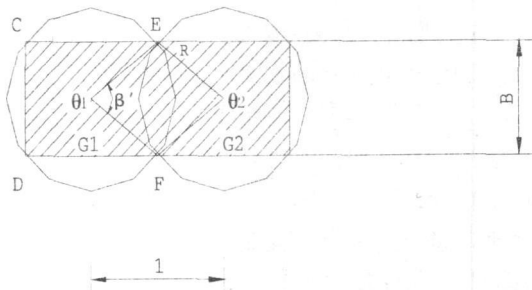


图1 搭接厚度和扩散半径关系示意图

如图1所示, G_1 和 G_2 是两个相邻孔的中心位置, $G_1G_2 = l$ 为孔距, R 为扩散半径, $EF = B$ 是两孔搭接厚度, θ 为 EF 弦所对应的圆心角,在图1中幕体最薄弱对防渗稳定起控制作用的部分是 EF 断面,对单排孔帷幕设计计算厚度取值应为 EF , 而不是圆直径。

一般来说,灌浆孔距 l 值在下列范围内有意义 $R < l < 2R$, 当 l 值变化, B 值也将在 $\sqrt{3}R > R > 0$ 范围内成反比变化。由于 l 和 B 的大小直接影响帷幕有效利用率的高低。

我们所说的经济合理就是在最大有效利用条件下,求出 l 和 B 值,有效利用率就是幕体中的有效部分的面积与总面积的比值,就一个灌浆孔而言,有效面积是指阴影部分矩形 $CDEF$ 的面积,其有效利用率可用:

$$a = \frac{l \cdot B}{\pi R^2} - \frac{2 \sin \theta}{\pi} \quad (1)$$

式中: a —— 有效利用率;

l —— 灌浆孔距;

B —— 搭接厚度;

R —— 扩散半径;

θ —— 圆心角。

根据上式: 当 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, a 值最大:

$$a_{\max} = \frac{2}{\pi} \times 1 = 0.637 \quad (2)$$

孔距与扩散半径之间关系的确定: 只有当孔距与扩散半径之间保持一个适当的关系,才能使帷幕获得最大有效的利用率,依据图1和公式1求得:

$$l = 1.4R \quad (3)$$

幕厚为:

$$B = 1.4R \quad (4)$$

以上的分析分析结果可以看出获得最大有效利用率的最佳设计是依据(3)、(4)式得来。

(2) 扩散半径和孔距之间存在在相互制约的关系,加大孔距,扩散半径也必须相应增大,否则幕体的整体性和连续性将遭到破坏,有效利用率将大为降低,扩散半径的增大,也就是要增加灌浆材料的消耗量,延长灌浆时间,增加灌浆费用,故减少钻孔费用就相应的增加了灌浆的费用,要减少灌浆费用就要相应的增大钻孔费用。因此,二者之间存在一个经济比较优先的问题。由于灌浆工程是由钻孔和灌浆两部分组成的,对于不同的工程对象和不同的灌浆施工条件,所需和钻孔费用和灌浆费用,是各不相同的,在设计灌浆扩散半径和灌浆孔距时,也应将经济因素一并考虑,求出最大有效利用率时最经济的扩散半径和孔距,以单排为例,设 $S =$ 灌浆总费用(元), $S_d =$ 钻孔费用(元/ m), $S_g =$ 每立方米幕体所需的灌浆材料和灌浆工作费用(元/ m^3), 可求得:

$$S_d = \left(\frac{l}{1} + 1 \right) H a \quad (5)$$

$$\text{得: } S_g = \left[l B + \left(\frac{l}{1} + 1 \right) \frac{B l}{2} \left(\frac{\pi}{2} \sin \frac{\pi}{2} \right) \right] H \beta \quad (6)$$

$$S = S_d + S_g \quad (7)$$

$$S = \left(\frac{l}{1} + 1 \right) H a + \left[l B + \left(\frac{l}{1} + 1 \right) \frac{B l}{2} \left(\frac{\pi}{2} \sin \frac{\pi}{2} \right) \right] H \beta \quad (8)$$

式中: L —— 帷幕长度, m ;

l —— 孔距, m ;

H —— 帷幕平均深度, m ;

B —— 帷幕有效厚度, m ;

a —— 每米钻孔费用, 元/ m ;

β —— 每立方米幕体的灌浆费用, 元/ m^3 。

在最大有效利用率时 $l = B$, 将(8)式化简:

$$S = - \frac{L H a}{l} + H a + 1.285 l H \beta + 0.285 H l^2 \beta \quad (9)$$

求 S 对 l 的一阶导数并令其等于零。

$$\frac{dS}{dl} = \frac{L H a}{l^2} + 1.285 H \beta + 0.57 H B \beta = 0 \quad (10)$$

即:

$$-\frac{La}{\beta l^2} + 1.28L + 0.571L = 0 \quad (11)$$

由于 $L \ll l$ 故式(11)左边最后一项可以略去最后求得:

$$l = 0.882 \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} \quad (12)$$

由于:

$$\frac{d^2 S}{dl^2} > 0 \quad (13)$$

因此当 l 值由式(12)确定时,帷幕所需要的总费用

为最少,即最经济的孔距公式: $l = 0.882 \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$

最经济的扩散半径公式为:

$$R = 0.624 \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} \quad .$$

这个扩散半径只是以经济上考虑得出的,能否实现还需要根据浆液的性能,地层的地质特性和灌浆工艺技术条件因素综合确定,由于地质条件的不均匀性,灌浆浆液在裂缝处孔隙中的渗透性能也大多不均匀的,而且难于确切了解分析时,一般是由假设均质,各向同性等,侧向无限延伸的渗透模式考虑,故在冲积松散介质内灌浆建议采用下式计算扩散半径:

$$R = \sqrt{\frac{0.64KtH \frac{V_0}{v}}{n\lambda}} \quad (15)$$

式中: R —— 扩散半径;

K —— 地基渗透系数;

t —— 灌浆持续时间;

H —— 实际容许灌浆压力(水头计);

V_0, V —— 水和浆液的运动粘度;

λ —— 浆液充填系数;

n —— 孔隙率。

在岩石裂隙中灌浆时可采用下式计算:

$$R = 9005^{2.21} \sqrt{\frac{(p_c - p_0) T b^2 r_c^{0.21}}{n}} + r_c \quad (16)$$

式中: R —— 浆液扩散半径;

T —— 灌浆持续时间;

p_c —— 容许灌浆孔内压力;

b —— 裂隙宽度;

p_0 —— 受灌缝的地下水压力;

r_c —— 灌浆孔半径;

n —— 浆液粘度。

对松散介质地层:

当用式(14)计算的 R 值大于用式(15)计算的 R 值

时,取用式(15)计算的 R 值[因受灌浆压力限制,实际已达到用式(14)计算的 R 值];

当用式(14)计算的 R 值小于用公式(15)计算的 R 值时,取用式(14)计算的 R 值[灌浆实际上已达到式(14)计算的 R 值]。

对于岩石地基:

当用式(14)计算的 R 值大于用式(16)计算的 R 值时,取用式(16)计算的 R 值;

当用式(14)计算的 R 值小于用式(16)计算的 R 值时,取用式(14)计算的 R 值。

2.3 孔距的确定设计

灌浆孔距的设计中否恰当,直接影响着灌浆的经济合理性,孔距设计的太大,最终达不到规定的防渗标准。以致不得不进行补强灌浆,孔距太小,将形成不必要的重复灌浆,所以应做到使钻孔最少,能使有效填充范围相衔接,而又不使搭接重复的部分太多,从而形成一个连续的帷幕,将上述取它的 R 值分别代入(12)式中,求出一个基本符合技术经济的参考孔距来,具体在施工中,还需要在现场做灌浆实验加以检验修正。

2.4 幕厚度的设计

帷幕厚度一般按下式确定:

$$\delta = \frac{\Delta H}{J}$$

式中: δ —— 幕厚;

ΔH —— 幕两侧的水头差;

J —— 幕体容许的水力坡度。

帷幕厚度与两侧的水头差 ΔH 成正比,帷幕深度的加深,两侧的水头差也相应减小。因此,幕厚也需要相应的变薄,帷幕的排数随深度的加深而减少,形成上厚下薄的形状,帷幕的下端应伸入到不透水层或相对不透水层内,设计单排孔帷幕时,为了使帷幕保持最大的有效利用率应使 $B = \delta$, $L = \delta$ 。

2.5 灌浆孔的排数设计

多排孔的设计,其设计原则与单排孔设计相同,分别用下式计算:

$$b = (1 + \sin 45^\circ) R = 1.707R$$

$$n = \frac{\delta}{1.707R}$$

$$B_n = \{1.707R - 0.1465[1 - (-1)^n]\} R$$

式中: b —— 排距;

n —— 排数(取正整数);

B_n —— n 排孔帷幕的厚度。

在砂砾冲积层内建造帷幕时,由于灌浆边界条件不同,工艺要求也不同,可以在一个帷幕内采用多种孔距,幕体边缘排一般都是先灌浆,为了控制浆材耗量,应采

某工程边坡的成因机制及稳定性分析

刘谢伶, 朱继良

(广西电力工业勘察设计研究院, 广西南宁 530023)

摘要: 某工程边坡为中层的小型土质滑坡, 周界明显, 呈“圈椅状”, 前后缘高差为 25m。滑体内有 4 级滑面, 主滑方向为 125° ; 坡体破坏的方式为牵引式。失稳的主要因素是开挖坡度过大和强降雨的影响, 其次是支护和排水措施不到位。此外, 也与古滑坡的形成等其它因素有关; 研究表明, 滑坡破坏之前, 稳定性系数较低, 处于不稳定的状态。应急处理后的边坡则处于极限平衡状态。若受降雨等因素的影响, 边坡极易失稳, 因此, 有必要对其治理。

关键词: 边坡; 开挖; 破坏; 稳定性

中图分类号: TV223 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004—5716(2009)04—0030—04

某工程边坡位于岩滩水电站大坝右岸约 1km 的山坡上。由于该变电站不能满足现在供变电的需要, 因此进行扩建。拟扩建后的变电站占地面积约 800m^2 。

1 滑坡区的地质环境

1.1 地形地貌

本工程为构造剥蚀中—低山地形, 地形绝对高程为 210~450m^[1]。主要山脉受区域构造线控制, 呈北西—南东走向。场地区域山地呈现“圈椅”状, 可见基岩出露; 而在滑坡场地处未见基岩出露, 且覆盖层较周边山体厚。

场地地貌为岩溶丘陵谷地, 山顶出露灰岩, 其下为侵入灰岩。场地处于“圈椅状”地貌的右侧(南侧), 场地西(后)面为平缓的坡地, 坡度一般为 $25^\circ \sim 30^\circ$, 局部 $30^\circ \sim 35^\circ$ 。经人工整平后, 修建成变电站。其中, 变电站南侧土坡较高, 北侧土坡相对较低。坡地上是当地群众的玉米地, 靠近变电站挡土墙的北侧有一条小冲沟。

1.2 地层与岩土性质

场地区域第四系覆盖层较厚, 基岩为晚古生代华力西期辉绿岩和后期石英岩脉侵入而形成的石英岩脉岩和蚀变辉绿岩, 局部有下二叠统栖霞阶大理岩夹角岩分布^[1]。

根据勘探揭示, 场地内主要岩土体为残坡积土、粘

土、粉质粘土(含球状风化岩石)。其中, 粉质粘土是古滑坡体的辉绿岩经全风化后的产物。据场地勘察、室内鉴定, 自上将岩土层分别为: ①耕植土层厚为 0.5~1.5m; ②粘土层厚为 0.8~4.0m; ③粘土层厚为 3.6~10.7m; ④全风化辉绿岩层厚 35.6m。

1.3 水文地质条件

根据场地的钻孔揭露, 终孔水位为钻孔以下 1.0~3.0m(钻孔是在坡体削坡约 1~3m 的场地上施工), 地下水位随着天气的变化而上下变幅约 0.1~0.5m^[1]; 且在现场坡体可见到约 12 个出水点, 由于勘察期间降雨量少, 出水口的出水量较小, 局部出水口慢慢枯竭。挡土墙北侧的底部(高出变电站地面约 20cm)有一个排水管(直径约 5cm)在勘察期间一直有水排出。

场区土质为坡残积粘土、粉质粘土, 夹杂砾石和球状风化岩, 土质稍密~密实, 透水性强, 下层全风化辉绿岩渗透性较弱, 地下水主要埋藏于②层中。

此外, 根据《中国地震动峰值加速度区划图》, 所在场地地震动峰值加速度为 0.05g, 相当于地震烈度为 6 度, 地震动反应谱特征周期 0.35s。

2 滑坡的形态特征

滑坡周界明显, 呈“圈椅状”, 后缘高程约 338m, 前

用较小孔距, 而内部各排因是后灌浆, 周围处于半封闭情况下, 灌浆压力随着逐渐加密而得到逐步提高, 浆材不会过多流失, 可以采用较大的孔距和较大的灌浆压力, 降低浆液粘度的延长灌浆时间。

3 结束语

由于地层的不均匀性, 灌浆浆液在裂隙和孔隙中的

渗透性能也大多是不均匀的及材料, 施工工艺, 人员素质等因素, 难以确定, 在实际施工中应根据实际情况, 随时加以修正, 在大坝施工时对已知地质条件较差, 需灌浆部位进行灌浆, 在帷幕形成后, 通过对排水孔观测的渗流量和扬压力变化, 可行补充灌浆。