

浆液扩散半径 与最优布孔

杜士斌

(辽宁水电设计院观音阁水库建设管理局
本溪 117100)

[文摘] 基于浆液扩散半径的概念,推导出方格形和梅花形两种布孔形式最优布孔的通用公式。方格形最优布孔为正方形,其孔、排距均为 $\sqrt{2}R$ 。梅花形最优布孔的 α 角随排数的增加而减小,作为特例,单排的 α 角为 45° ,多排的 α 角趋于下限值 30° 。从最优布孔的概念出发,提出了通过灌浆试验确定浆液扩散半径的方法。

[关键词] 灌浆 方格形布孔 梅花形布孔 最优布孔 浆液扩散半径

在灌浆设计中,孔、排距布置得当,既可满足设计要求,又可减少工程量,从而达到节省投资、缩短工期的目的。

关于最优孔、排距的问题,以前曾有人进行过探讨^[1,2],但不够确切,甚至有些误解。本文对于均质的岩(土)体,采用浆液扩散半径的概念,推导出梅花形布孔和方格形布孔的最优孔、排距公式。在此基础上,提出通过灌浆试验确定浆液扩散半径的方法。

1 方格形最优布孔

方格形布孔的计算图见图1:

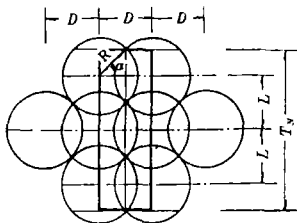


图1 方格形布孔计算图

方格形布孔设计中各项技术参数的通用公式如下:

$$D = 2R\cos\alpha \quad (1)$$

$$L = 2R\sin\alpha \quad (2)$$

$$T_N = 2NR\sin\alpha \quad (3)$$

$$S_N = DT_N = 2NR^2\sin 2\alpha \quad (4)$$

式中 D ——孔距; L ——排距; N ——排数; T_N —— N 排的有效幕厚; S_N —— N 排帷幕的有效水平截面积; R ——浆液扩散半径; α ——同一排相邻两圆重迭部分圆心角的半角。

从上述公式可以看出,在 R 为已知, N 为一定的情况下, D 、 L 、 T_N 和 S_N 均为 α 角的函数。

所谓最优布孔,即 D 大、 T_N 也大,亦即 $S_N = D \cdot T_N$ 为最大。为此,将(4)式对 α 角求导数,并令其等于0,即:

$$4NR^2\cos 2\alpha = 0 \quad (5)$$

从而得出 $\alpha = 45^\circ$ 。将 $\alpha = 45^\circ$ 代入(1)~(4)式,得方格形最优布孔的各项参数为:

$$D = \sqrt{2}R \quad (6)$$

$$L = \sqrt{2}R \quad (7)$$

$$T_N = \sqrt{2}NR \quad (8)$$

$$S_N = 2NR^2 \quad (9)$$

可见,方格形最优布孔形式为正方形。

2 梅花形最优布孔

梅花形最优布孔的计算图见图2。

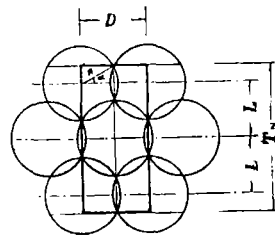


图2 梅花形布孔计算图

梅花形布孔设计中各项技术参数的通用公式如下:

$$D = 2R\cos\alpha \quad (10)$$

$$L = R(1 + \sin\alpha) \quad (11)$$

$$T_N = R[(N - 1) + (N + 1)\sin\alpha] \quad (12)$$

$$S_N = 2R^2\cos\alpha[(N - 1) + (N + 1)\sin\alpha] \quad (13)$$

式中各符号含义同前。

从式(10)~(13)亦可看出,在 R 为已知, N 为一定的情况下, D 、 L 、 T_N 和 S_N 为 α 角的函数。

依据同样的思路,将(13)式对 α 角求导数,并令导数等于 0,即:

$$(N-1)\sin\alpha - (N+1)\cos^2\alpha + (N+1)\sin^2\alpha = 0 \quad (14)$$

从而解得梅花形最优布孔的 α 角:

$$\alpha = \arcsin\left\{\frac{-(N-1)}{4(N+1)} + \frac{\sqrt{(N-1)^2 + 8(N+1)^2}}{4(N+1)}\right\} \quad (15)$$

可见, α 角只与排数 N 有关。将 α 角代入式(10)~(13),即可得出梅花形最优布孔的各项参数。由式(15)还可以计算出不同排数 N 最优布孔的角度 α , α 与 N 的关系见图 3。

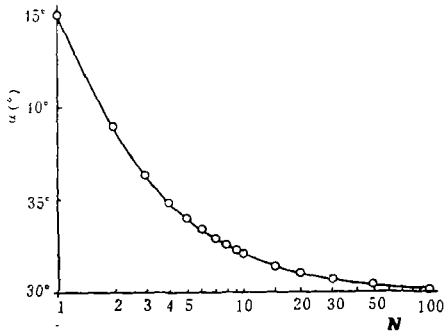


图 3 梅花形布孔最优 α 角与 N 关系曲线

由图 3 可以明显地看出,梅花形最优布孔的 α 角随着排数的增加而减小。作为特例的单排孔,其 α 角最大,为 45° ;当 N 趋向于无穷大时, α 角逐渐趋近于极限值 30° 。

3 最优布孔在帷幕设计中的应用实例及比较

最优布孔最适用于固结灌浆的布孔设计,因为其限制条件相对来说不很严格。但在帷幕灌浆设计中,往往由于按最优布孔计算的幕厚并不恰好等于设计幕厚而受到限制。在这种情况下,为了不致因增加不必要的幕厚而造成浪费,可对最优布孔的 α 角略加调整,从而得出接近最优的布孔设计。

3.1 计算方法及实例

某工程设计幕厚 $T_D = 30\text{m}$, $R = 1.9\text{m}$,求两种布孔形式的排数及孔、排距。

3.1.1 方格形布孔

计算方法、步骤及结果见表 1。

表 1 方格形布孔计算表

步骤	内容	计算结果
(1)	按式(8)反求 N	11.2
(2)	选定 N	11
(3)	按式(3)反求 α	45.87°
(4)	将 α 代入式(1),求 D	2.646m
(5)	将 α 代入式(2),求 L	2.727m
(6)	将 α 代入式(3),求 T_N	30m

注:步骤(3)中,公式(3)的 T_N 用 T_D 代替。

计算时,先根据设计幕厚 T_D 求 N ,如求出的 N 为整数,则恰好可按最优布孔设计;如果计算出的 N 带有小数,则将小数部分按四舍五入取整,从而确定 N ,再计算其它参数,即可得出既满足设计幕厚要求,并接近最优布孔的孔、排距。

3.1.2 梅花形布孔

计算方法、步骤及结果见表 2。

表 2 梅花形布孔计算表

步骤	内容	计算结果	
(1)	假定 N	10	11
(2)	按式(15)求 α	32.11°	31.93°
(3)	按式(12)求 T_N	28.21m	31.06m
(4)	$ T_N - T_D $	1.79m	1.06m
(5)	选定 N	11	
(6)	按式(12)求 α	28.85°	
(7)	按式(10)求 D	3.33m	
(8)	按式(11)求 L	2.82m	
(9)	按式(12)求 T_N	30m	

注:步骤(6)中,公式(12)的 T_N 用 T_D 代替。

计算时,先由假定的 N 值求出 T_N ,然后比较 T_N 与 T_D 。如 $T_N = T_D$,则恰好可按最优布孔设计;如 T_N 与 T_D 相差太大,则需重新设定 N 值,并重复步骤(1)~(4),直至 $|T_N - T_D| \leq R$ (R 为允许差值)为止,从而选定 N 值。按步骤(6)~(9)可计算出满足幕厚设计要求,并接近最优布孔的孔、排距。

3.2 两种布孔形式经济性比较

在完全相同的条件下,两种布孔形式的工程量大小取决于同一范围内的布孔总数。现仍

以上例为例,求出 100m 幕长范围内两种形式的布孔总数加以比较,详见表 3。

表 3 两种布孔形式 100m 幕长布孔总数比较

布孔形式	方格形	梅花形
布孔总数计算式	$\frac{100}{2.646}(\text{取整}) \times 11$	$\frac{100}{3.33}(\text{取整}) \times 11 + 5$
布孔总数	418	346
百分比(%)	120.8	100

上述比较表明,如果没有特殊要求,在同样满足设计要求的情况下,该例中方格形布孔总数要比梅花形布孔增加 1/5 左右。亦即梅花形布孔要比方格形布孔更经济、更合理。

4 确定浆液扩散半径的方法

上述分析表明,最优布孔的关键参数是浆液扩散半径 R 。确定 R 的方法,可参考有关文献资料,也可通过工程类比法确定,但最可靠的方法是通过灌浆试验确定。本文从最优布孔的概念出发,分别提出方格形布孔和梅花形布孔试验确定浆液扩散半径的方法。鉴于浆液扩散半径与排数无关,因此试验均按两排布孔。

4.1 方格形布孔

根据经验,假定 3~5 个浆液扩散半径 R ,务使将要选定的浆液扩散半径位于其间。再按最优布孔,将上述各假定的 R 值分别代入(6)式、(7)式,计算其相应的孔、排距,并布置如图 4。对 1~16 孔进行灌浆。然后,在每个正方形单元的中点布设检查孔 J_1, J_2, \dots, J_5 ,作压水试验,并计算 W 值。在 W 值满足设计要求的各单元中,取相应的浆液扩散半径的最大值作为设计采用的浆液扩散半径。

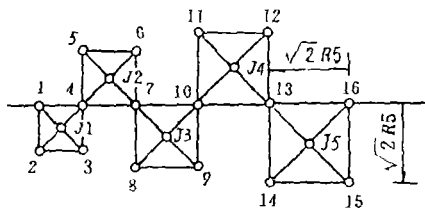


图 4 试验确定浆液扩散半径的方格形布孔图

4.2 梅花形布孔

选定 3~5 个 R 值,并取两排孔最优 $\alpha = 38.95^\circ$,计算出相应的孔、排距,布孔如图 5。对

1~11 孔进行灌浆。然后,从各三角形单元的顶点向底边作垂线,分别截得 R_1, \dots, R_5 ,从而确定检查孔的孔位,作压水试验,并计算 W 值。在 W 值满足设计要求的各单元中,取相应的浆液扩散半径的最大值作为设计采用的浆液扩散半径。

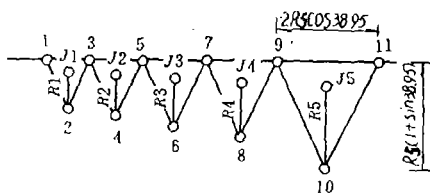


图 5 试验确定浆液扩散半径的梅花形布孔图

5 结论

(1)方格形最优布孔为正方形,其孔、排距均为 $\sqrt{2}R$ 。

(2)梅花形最优布孔的 α 角随排数 N 的增加而减小。作为特例的单排布孔,其最优的 α 角最大,为 45° 。多排孔最优的 α 角随排数 N 的增大而趋于下限值 30° 。

(3)最优布孔最适用于固结灌浆的布孔设计。在灌浆帷幕设计中,由于受到设计幕厚的限制,往往需要对最优布孔的 α 角略加调整,以便得出既满足设计幕厚要求,又接近最优布孔的孔、排距。

(4)如果没有特殊要求,在满足同样条件的情况下,梅花形布孔要比方格形布孔更经济、更合理。

参考文献

- 程柳岸. 关于灌浆孔距排距与半径最优关系的探讨. 水力发电, 1982, (9).
- 李茂芳, 孙钊. 大坝基础灌浆(第二版). 北京: 水利电力出版社, 1987.



area have been popularized in a large scale in Shaanxi, Gansu, Ningxia, Inner Mongolia and Shanxi. It is shown by the results of experiments and investigation that the plant of levelled gullies in hilly area has multi-functions of holding runoff, preventing soil and water loss and increasing soil fertility and crop capabilities of drought resistance and cold resistance. When the average annual depth of runoff on slope surface is 12 mm, the water and soil loss of farmlands with the levelled gullies can be effectively reduced by 1300 cubic meters and 650 tons per hectare respectively. Because the way of plant of levelled gullies is to put seed and manure at a stable moisture-content layer of gully bottom, artificially creating a layer of nutrition supply for the growth of crops, the output usually is 35%-300% higher than that of common slope land.

Key words: planting in leveled gullies, test and populization, slope land, loess plateau

Correlation Analysis on River Terraces of Kuye River

Bai Zhanguo (Northwestern Institute of Soil and Water Conservation of Academia Sinica, Xianyang, Shaanxi, 712100) (24)

In this paper, the neotectonics of the Kuye River basin have been reconstructed based on the extensive field investigation and correlation analysis. These analytical results show that the neotectonics of the Kuye River basin have remarkable characteristics of the divided quadratic parabola as well as vibration and inheritance and synchronization along the channel. Its uplifting extents, speeds, centres, extreme value and gradients have been gained. The more intense amplitudes of the neotectonics are, the more serious the soil erosion will be.

Key words: river terrace, neotectonics, correlation analysis, Kuye River

Economic Analysis of Xiaolangdi Hydroelectric Power Station

Li Jingzong (Reconnaissance, Planning and Design Institute of YRCC, Zhengzhou, 450003) (31)

The paper analyses and proves the optimum installation schedule and the economic benefits of the Xiaolangdi Hydroelectric Power Station, using the least cost for expanding the capacity of Henan power system in the period of 1995~2015. The study results on the optimum installation schedule are shown as follows: putting 600 MW into operation in 1999, 1200 MW in 2000 and 1800 MW in 2002. In order to meet the increasingly increased requirements on power and energy of Henan power system, the Xiaolangdi hydroplant has been decided to be constructed. The building of the project can approximately save 1278 million Yuan investment for power supply construction for the state, save 1.65~1.68 million tons of standard coal annually and the net present value of annual economic benefits from power generation is 243 million Yuan.

Key words: electric power system, economic analysis, peak-load regulation, capacity increase

Grout Divergence Radius and Optimum Arrangement of Grouting Holes

Du Shibin (Guanying Reservoir Management Bureau of Liaoning Hydroelectric Design Institute, Benxi, 117100) (38)

In this paper, the optimum arrangement of grouting holes is studied, and a universal formula for determining hole intervals are given as well. Square arrangement is better for rectangular system, the optimum intervals of holes and rows are all equal to $\sqrt{2} R$. The optimum intervals of holes and rows for triangular system are dependent upon angle which decreases when row number increases. Especially, the optimum arrangement is obtained where a approaches 45° for single row, and 30° for infinite rows. The method to determine grout divergence radius by means of grouting test is also included.

Key words: grout, hole arrangement in square or rectangular, optimum arrangement, grout divergence radius