

四、结 束 语

分析发电机的发热与冷却,掌握机组通风冷却的一般规律,有助于制造厂提高产品质量,用户也可以使机组正常运行。制造厂与用户共同研究,互相配合,使机组获得最佳冷却效果,保持最长的使用寿命,充分发挥其最大的经济效益,是我们共同努力的目标。

学术讨论

对“压力隧洞预应力素混凝土衬砌设计与施工”一文的讨论

张文倬 贺行军

(水电部昆明勘测设计院)

《四川水力发电》1985年1期刊载的艾家驷同志的文章,感到该文对水工隧洞预应力灌浆所提出的一些看法于隧洞设计与施工是有益的。为了有利于工程实际运用,对该文提出几点粗浅意见供商榷。

(一) 原文为了充分利用岩体初始应力,缩短支护时间,建议用喷混凝土及预应力灌浆相结合 无疑这是一种好的措施,因为这样便可以在开挖后立即进行喷混凝土。可是喷混凝土后,究竟要间隔多长时间进行预应力灌浆?采用多大的预应力灌浆压力等等重要问题,原文均未能述及。因为喷混凝土达到一定强度后,产生的支撑力一般是 $1 \sim 3$ 公斤/厘米²,最高只达5公斤/厘米²。但是预应力灌浆压力是很大的,因此在未衬砌混凝土时是难于承受的,对这个问题,建议实际工程中要进一步试验。其次,如果在素混凝土衬砌施工后进行灌浆,此时喷混凝土薄层在高压灌浆压力 q_0 作用下,同样也产生较大的环向拉应力,很可能达到破坏程度(可按无限平板孔口只受均布内压 q_0 作用算出孔口内缘拉应力进行校核);因而是否可以将素混凝土衬砌和喷混凝土层联合受力也值得慎重考虑。第三,软弱围岩在高压灌浆压力 q_0 作用下,将产生较大的径向和环向变形,而且持续时间较长,能否维持预应力效果更值得怀疑,因此,笔者建议在软弱围岩地区采用预应力素混凝土衬砌要特别谨慎,必须由科学试验确定。

(二) 预应力灌浆尚涉及到围岩可灌性问题 大家知道,在软弱围岩区域,建筑高压隧洞更需提高围岩抗力的,亦即提高岩石的弹性模量。然而一些工程实践经验表明,洞体通过地质较差区域,在岩性软弱、节理裂隙发育或断层破碎段,其围岩天然抗力系数低,渗透性大,但可灌性差。因而不易提高岩石弹性模量,这也就直接影响预应力灌

(下转121页)

(上接111页)

浆效果。如西洱河二级引水洞尾段,在节理裂隙发育的滑石片岩与云母石英片岩区,设计曾采用固结灌浆,但施工时发现岩性软弱,有夹泥,可灌性差。后经研究,灌入一些水泥浆液,亦因夹泥关系,也未能将破碎围岩联成整体,更难形成连续坚固的防护圈,最后只好采用钢板衬砌,以策工程安全。

(三)关于预应力灌浆最终保持应力为初期应力的40~70%,这是实践工程经验得到的,原文提出提高预应力效果,这是大家希望的问题。问题是采用什么办法增强围岩抗力,如原文述及的设法缩小松弛区,及扩大压密区,其中我们认为关键是缩小松弛区,而松弛区范围主要是取决于施工开挖方法。如水电十四局二处对西洱河一级引水洞试验量测,在新鲜坚硬较完整的黑云母角闪片麻岩,裂隙不甚发育和在云母片麻岩,片理较发育,顺片理有花岗岩脉侵入,岩脉质地坚硬,裂隙较发育,多是闭合状,用掘进机开挖,对这两种中等岩石条件,均未形成松弛圈。所以提高灌浆预应力的效果,应考虑如何与开挖方法相配合,也是值得研究的问题之一。

(四)原文据加略金及拉梅公式推导的素混凝土衬砌在灌浆压力 q_0 作用下算式有笔误,现作如下更正:

据厚壁圆筒弹性理论解的 G·Lame 公式,当衬砌在(灌浆压力 q_0 作用下,混凝土衬砌横断面上任意的环向压应力为:

$$\sigma = \frac{t^2 r^2 + r_H^2}{r^2 (t^2 - 1)} q_0$$

当 $r=r_B$ 时及 $t=r_H/r_B$,代入上式后得:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\left(\frac{r_H}{r_B}\right)^2 r_B^2 + r_H^2}{r_B^2 \left[\left(\frac{r_H}{r_B}\right)^2 - 1\right]} q_0 \\ &= 2 q_0 \frac{r_H^2}{r_H^2 - r_B^2} \end{aligned}$$

取 $\sigma \leq (\sigma_m)$,则上式变为:

$$2 q_0 \frac{r_H^2}{r_H^2 - r_B^2} \leq (\sigma_m)$$

此式即为原文式(5)改正式。

主 要 参 考 文 献

- [1] 刘元岐、张文倬:关于水工隧洞抗裂衬砌的围岩固结灌浆问题,《地下工程》1982年8期。
- [2] 刘元岐、张文倬、贺行军:有压水工隧洞抗裂衬砌和围岩预应力灌浆压力探讨,《隧道工程》1983年第3、4期。