

西霞院工程上第三系地层水文地质特征

张 一, 常福庆, 闫长斌

(黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

摘 要: 西霞院工程上第三系地层成岩时间短, 岩、土性质并存, 是介于岩石与土之间的过渡性地层。该地层工程地质、水文地质性质特殊, 其透水性跨越中等透水、弱透水、微透水、极微透水等多个透水等级, 且透水性渐变特征明显。加之各类地层的分布规律性差和构造复杂, 工程区形成了较为复杂的水文地质条件, 在进行防渗设计时应予以重视。

关键词: 上第三系地层; 地下水; 渗透系数; 承压水

中图分类号: P641; P534. 61

文献标识码: A

文章编号: 1671 - 1211 (2009) 05 - 0554 - 04

0 引言

西霞院工程上第三系河、湖相地层广泛分布于黄土台塬、级阶地及河床河漫滩覆盖层以下, 其岩性以灰白色中细砂、土红色泥质粉砂、浅紫红色泥质粉砂岩、棕红色粘土 (岩) 为主, 局部夹薄层灰白色钙质砂岩。该类地层成岩时间短, 岩、土性质并存, 是介于岩石与土的过渡性地层, 工程地质、水文地质性质非常特殊, 主要表现为岩性的多样性、岩土性质的过渡性、强度差异大、渗透性差异大等特点。

在西霞院工程电站厂房基坑开挖后, 对上第三系地层进行了专门试验研究, 本文主要从地层的渗透性、渗透稳定性、地下水的性质等方面对该区上第三系地层的水文地质特征进行总结。

1 上第三系地层分类

1.1 岩性分类

由于该地层的成因复杂, 其岩性也很复杂, 根据细粒 (粉粒、粘粒) 含量可将其概化为以下两大类岩性地层:

类地层 总称为泥 (岩) 类地层, 该类地层颗粒组成以粉粒、粘粒为主, 包括泥质粉砂岩、(粉砂质) 粘土岩及 (粉质) 粘土等, 成岩固结一般较好, 一般呈坚硬、硬塑状, 局部较软, 接近可塑状。泥岩中小的隐裂隙发育, 一般呈闭合状。

类地层 总称为砂 (岩) 类地层, 该类地层颗粒组成以砂粒为主, 岩性以 (含泥、泥质) 砂层、砂岩为

主, 局部为砂卵石层、砾砂层, 胶结程度各处不一, 和颗粒的组成、级配及细粒 (粉粒、粘粒) 含量有关。一般情况是: 泥质细砂、粉砂, 轻微胶结; 较纯的或含泥较少的中、细砂, 基本没有胶结; 在岩性转换的层面上, 由于地下水的钙质淋漓作用, 往往形成厚度 < 1 m 的强度较高的钙质砂岩。

1.2 成岩作用分类

根据上第三系地层的成岩作用可将其概化为以下两大类地层:

似土地层 包括未胶结的 (含泥) 中细砂层、砂卵石层、砾砂层, 微胶结的 (含泥) 泥质细砂、粉砂及少量呈可塑—硬塑状的粘土类地层, 又稍具有土的性质, 成岩作用差, 颗粒连接弱或没有连接, 具有沉积层理, 主要具有土的工程地质特性, 总称为似土地层。

似岩地层 包括胶结较好的泥质粉砂岩、(粉砂质) 粘土岩及钙质砂岩、砾岩等, 成岩固结较好, 隐裂隙较发育, 主要具有岩石的工程地质特性, 总称为似岩地层。

1.3 工程地质分类

根据工程地质特性及物理力学性质, 将岩性及成岩作用结合起来, 可将上第三系概化为以下 6 类地层 (-1、 -2、 -1、 -2、 -3、 -4)。

-1: 泥岩类地层, 为 类地层中似岩类地层, 成岩作用相对较好, 主要包括泥质粉砂岩、粉砂质粘土岩等, 多呈互层状分布, 总称为泥岩类地层。

-2: 粘土类地层, 为 类地层中的土类或似土类地层, 主要包括粉质粘土、粘土, 该类地层往往由于粘

粒含量高,成岩作用差,呈可塑—硬塑状,镜面相对发育,分布不稳定,具有老粘土的性质,总称为粘土类地层。

-1:为砂类地层中的土类地层,主要为密实的(含泥)中细砂层,较纯,基本没有胶结,局部为(含砾)中粗砂、砾砂层。

-2:为砂类地层中的似土类地层,主要为(含泥、泥质)粉细砂层,微胶结,较均一。

-3:为砂类地层中的岩石地层,是本区成岩作用最好的地层,主要为钙质中细砂岩层,局部为薄层钙质砾岩,厚度较薄,分布不稳定。

-4:为砂类地层中的砂卵石层或砂砾石层,局部微胶结,厚度较薄,呈透镜体分布。

2 地质构造与分区

从电站厂房基坑揭露的情况看,上第三系地层的小构造比较复杂,尤其是西北角(B区)的构造比较发育,基坑内小断层较多,多数发育在泥岩类地层中,砂类地层中很少见。从走向看共有三组:一组为近 SN 向($350^{\circ} \sim 10^{\circ}$);一组为近 WE 向($80^{\circ} \sim 95^{\circ}$),大部分倾向 NW,倾角 75° 至直立;另一组为泥岩类走向断层($50^{\circ} \sim 70^{\circ}$),倾角与岩层倾角基本一致。断层延伸的可见长度多为 $5 \sim 10$ m,宽度 $0.5 \sim 2$ cm,断距多在 30 cm 以下,断层面一般平直光滑,多见有泥膜与擦痕,充填物多为泥质与粘土岩碎屑。基坑区比较大的断层主要有 F_{13} 断层、 F_{21} 断层、 F_{34} 断层。

电站厂房基坑的地层产状以 F_{13} 断层为界,可分为两个大的区。 F_{13} 断层下盘(下游地层)多为缓倾角地层,地层分布相对稳定,一般走向为 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$,倾向 NW,倾角 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$; F_{13} 断层上盘(上游地层)一般为陡

倾角地层,受小构造影响,地层的产状极不稳定。

根据地层分布和地层产状特点,电站厂房基坑的地层产状以 F_{13} 断层及 F_{21} 断层为界,可分为两个工程地质区(A区和B区)。 F_{13} 断层下盘(下游地层)及 F_{21} 断层以南为 A 区, F_{13} 断层上盘(上游地层)及 F_{21} 断层以北为 B 区。A 区地层多为缓倾角地层,地层分布相对稳定;B 区多为陡倾角地层,受小构造影响,地层的产状极不稳定。

3 地层的透水性

3.1 渗透性分类

从开挖后揭露的情况看,不同类地层的透水性差异较大,根据其透水性强弱,可将上第三系概化为以下 3 类地层:

(1) 微—极微透水层 主要包括胶结较好的泥质粉砂岩、(粉砂质)粘土岩、(粉质)粘土及钙质砂岩、砾岩等,即 -1、-2、-3 类地层。

(2) 弱透水层 主要包括微胶结(含泥、泥质)粉细砂层,即 -2 类地层。

(3) 中等透水层 包括未胶结的(含泥)中细砂层、砂卵(砾)石层、粗砂或砾砂层透镜体,即 -1、-4 类地层。

3.2 渗透试验及渗透系数

为了解上第三系地层的透水性,分别进行了室内土工试验、试坑渗水试验及钻孔涌水试验等不同方法的渗透试验,试验成果见表 1。

根据上第三系地层渗透试验成果,并结合工程经验,提出上第三系地层的渗透系数,并根据不同透水层的比例,计算出其平均渗透系数,根据计算成果,建议上第三系地层砂类地层的平均渗透系数取 $1 \sim 2$ m/d。

表 1 上第三系地层渗透试验成果表

Table 1 Permeability test results of upper Tertiary strata

试验方法	地层类别	组数	渗透系数			
			单位	最小值	最大值	平均值
室内土工试验	-1 类	17	cm/s	4.90×10^{-5}	1.68×10^{-3}	3.40×10^{-4}
			m/d	0.042	1.452	0.294
	-2 类	22	cm/s	1.78×10^{-6}	5.02×10^{-4}	1.15×10^{-4}
			m/d	0.002	0.434	0.099
试坑渗水试验	类	10	cm/s	1.21×10^{-4}	4.95×10^{-3}	1.49×10^{-3}
			m/d	0.105	4.277	1.287
钻孔涌水试验	-1 类	16	cm/s	1.20×10^{-4}	1.99×10^{-3}	1.13×10^{-3}
			m/d	0.10	1.72	0.98

3.3 渗透性规律分析

从开挖后揭露的情况及室内渗透试验成果看,不同类地层的透水性差异较大,上第三系的渗透性主要与地层的颗粒组成关系密切,也与成岩作用有一定关系。用图 1 可以较为清晰的反映上第三系地层的渗透性和变化规律。

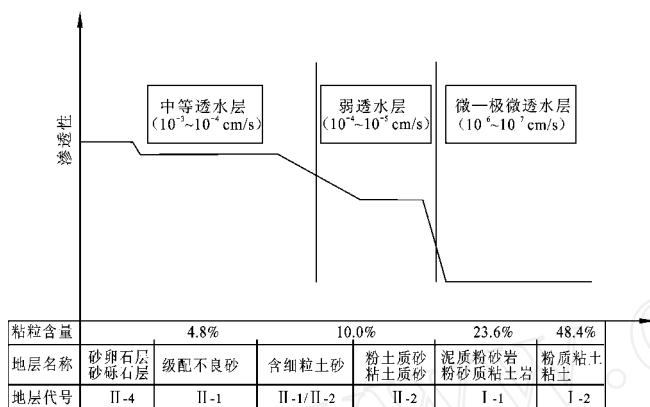


图 1 上第三系地层渗透性示意图

Fig 1 Pemeability sketch map of upper Tertiary strata

从图中可以看出,除成岩作用较好的钙质砂岩、钙质砾岩外,上第三系地层的透水性粘粒含量关系密切。总的说来,按 -4 类、-1 类、-2 类、-1 类、-2 类地层的顺序,颗粒组成逐渐变细,细粒(粉粒、粘粒)含量逐渐增多,透水性逐渐减弱,渗透系数从 10^{-2} cm/s 降低为 10^{-7} cm/s,透水性跨越中等透水、弱透水、微透水、极微透水多个透水等级,说明该区上第三系地层的透水性跨度也很大,并且其透水性往往是渐变的,加之各类地层的分布规律性较差和构造比较复杂,从而形成了本区较为复杂的水文地质条件。

4 上第三系地层地下水承压性分析

基坑开挖后补充勘察的部分钻孔出现涌水现象,上第三系地层地下水局部表现出临时承压性质。从钻孔涌水观测成果看,在 A 区 60 m 深的范围内大概有 2 ~ 3 层临时承压水,主要分布在 -1 未胶结砂类地层中(主要为中细砂层),涌水量一般为 $10 \sim 70$ m³/d。在 B 区,由于受构造的影响,地层产状比较乱,承压含水层的分布没有明显的规律。

4.1 地下水类型

根据地下水的赋存条件、含水层特征,坝址区地下水可分为浅层第四系松散岩类孔隙水与深层上第三系地层孔隙(裂隙)水两种类型。

4.1.1 浅层第四系松散岩类孔隙水

主要赋存于河漫滩及两岸级阶地下部砂卵石层

孔隙中,以潜水为主,在南岸级阶地后缘具有微承压性质。

坝址区黄河水位一般为 120 ~ 121 m,左岸地下水位低于河水位,左岸河漫滩部位由黄河向级阶地方向,地下水位逐渐降低,至级阶地部位水位一般 112 ~ 114 m,主要接受黄河水的补给。

右岸地下水水位普遍高于河水位,主要接受邛山地下水及大气降水补给;在右岸河漫滩部位,地下水水位一般为 120 ~ 122 m,在级阶地前缘附近,地下水水位一般为 118 ~ 119 m,向阶地后缘方向,水位逐渐抬高。

4.1.2 深层上第三系地层孔隙(裂隙)水

坝址区上第三系地层,岩性主要为砂(岩)类地层与泥(岩)类地层互层,其中的泥(岩)类地层基本为相对隔水层,但其中砂类地层,尤其是未胶结的中细砂层、砂卵石层,孔隙率高,胶结程度差,渗透性较大,赋存一定的孔隙水,主要接受上部浅层第四系松散岩类孔隙水的补给。

4.2 上第三系地层地下水局部承压性的形成机制

基坑开挖补充勘察的部分钻孔出现涌水现象,上第三系地层地下水局部表现出临时承压性质,分析原因主要是与上第三系地层的结构特征有关。概括的说,上第三系地层由微-极微透水的泥岩层、钙质砂岩薄层与弱透水-中等透水的砂层两大类不同透水性质的地层组成,总体上呈互层分布。微-极微透水的泥岩层、钙质砂岩薄层可以看作相对隔水层,而不同层位的弱透水-中等透水的砂层就形成多层含水层,并且与上部第四系砂卵石层在不同部位相连,主要接受上部砂卵石层中地下水的补给,形成一个相互连通的储水体系。故此,总体上可以把两层地下水看作一个相互连通的含水层,只是下部含水层极不均一,渗透系数小,透水性弱,地下水连通性较差,并且由于上第三系地层中的泥岩类地层、钙质砂岩可以构成相对隔水层(一般不稳定),故可以在局部形成承压水。

4.3 与浅层第四系松散岩类孔隙水的关系

位于上第三系浅部的地下水,通过上第三系地层中砂层、卵石层等弱-中等透水层与上部第四系松散岩类(主要是砂卵石层)的地下水相互连通,主要接受上部砂卵石层地下水的补给,存在基本相同的地下水位。

由于基坑开挖降水的影响,在基坑周边形成较大的地下水降落漏斗,最大降深约 27 m,故观测的承压水位就不尽相同。在 A 区,从不同层位承压水的水文地质观测中可以看出,承压水的水头与层位埋深有关,

层位越深,承压水头就越高。浅层承压水的承压水头较低,一般不超过 10 m,承压水位一般为 98 ~ 105 m,与基坑边坡地下水逸出点附近的地下水位比较接近,说明浅层承压含水层在基坑边坡比较近的范围内就与上部砂卵石层中的地下水相连通。而较深层位的承压含水层由于延伸距离远,在稍远的地方(基坑边坡外围)才与上部砂卵石层中的地下水相连通,承压水头就相对较高,最高水位为 115 m,但也没有超过上部砂卵石层的地下水位,这也反映上第三系地层中的地下水与上部砂卵石层中的地下水相连通,具有临时承压性质。在 B 区,承压水位也没有超过上部砂卵石层的地下水位,说明虽然受构造的影响,承压水含水层也在某一地方与上部砂卵石层相连,承压水没有高压承压性质,属于临时承压水。

5 上第三系地层渗透稳定性

西霞院工程电站厂房地基主要为上第三系地层,该类地层中存在中等透水性的中细砂层(渗透系数 $1.5 \sim 3 \text{ m/d}$),存在渗流稳定问题,应采取适当的防渗措施。上第三系砂层的渗透变形主要表现在以下两个方面:部分补充钻孔及排水管井出现小量的涌水现象,并带出星点状砂粒或泥质颗粒;另外,砂层边坡在地下水集中渗流条件下,经过长时间陶蚀,出现砂洞。

鉴于上第三系砂层存在的渗流稳定问题,对该类地层专门进行了渗透变形试验(用大环刀直接取样)。渗透变形成果表明,该类地层渗透变形的临界比降为 $1.49 \sim 4.58$,仅有 1 组样品达到流土破坏,其余 4 组未达到破坏。这反映出该类地层的渗透变形机理和一般土层有一定差别,虽然存在渗透变形问题,但由于本身存在一定的结构强度,其抗渗强度明显大于一般土层。

6 结语

西霞院工程上第三系地层岩性为一套由粘土岩、砂层(岩)、卵砾石(岩)组成的多层结构,由于粘粒含量及胶结程度的差异,该类地层透水性跨度很大(渗透系数为 $10^{-2} \sim 10^{-7} \text{ cm/s}$),其透水性跨越中等透水、弱透水、微透水、极微透水多个透水等级,总体上可概括为微—极微透水的泥岩层、钙质砂岩薄层与弱透水—中等透水的砂层两大类不同透水性质的地层。微—极微透水的泥岩层、钙质砂岩薄层可以看作相对隔水层,而不同层位的弱透水—中等透水的砂层就形成多层含水层,并且与上部第四系砂卵石层在不同部位相连,形成一个相互连通的储水体系。由于各类地层的透水性往往是渐变的,并且分布规律不明显,故上第三系地层形成了较为复杂的水文地质结构,在进行防渗设计时应予以重视。

Hydrogeological Characteristics of Upper Tertiary System Strata in Xixiayuan Project

ZHANG Yi, CHANG Fuqing, YAN Changbin

(Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450003)

Abstract: Diagenetic time of upper Tertiary strata in Xixiayuan engineering is short, and the rock and soil exist at the same time, which is transitional strata between rock and soil. Its engineering geological and hydrogeological properties are very special and its permeability spans more than one grade including middle, weak, tiny and ultra fine permeability, with obvious gradual change. Together with bad layout and complex structure of all kinds of strata, relative complicated hydrogeological condition developed in the engineering area, which should be attached importance to at the seepage control design stage.

Key words: upper Tertiary strata; groundwater; permeability coefficient; confined water