

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2019.03.030

# 双层盲沟截排水设计在基岩裂隙水地区的应用研究

王延辉, 饶 虎, 冯军伟

(中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司, 陕西 西安 710032)

**摘 要:** 针对变电站工程边坡侧面积水导致边坡失稳及地下水位抬升导致的地面积水问题, 提出了一种双层盲沟设计的新方法, 边坡外侧截水盲沟和内侧排水盲沟的双层设计和综合应用, 对边坡形成了有效保护, 并对基岩裂隙引起的地面积水进行了有效疏通, 设计时充分考虑并结合现场实际情况, 盲沟施工方便, 所用材料易取, 且造价低廉, 设计方案具有实用性和创新性, 双层盲沟施工后的效果良好, 达到了预期目标, 设计方案为条件相同的类似情况的排水设计提供了可供借鉴的工程经验。

**关键词:** 水文地质; 基岩裂隙水; 边坡滑塌; 截水盲沟; 盲沟施工

**中图分类号:** P641.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-1144(2019)03-0168-04

## Double Blind Drainage Design in Fissure Water Area of Bedrock

WANG Yanhui, RAO Hu, FENG Junwei

(Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Xi'an, Shaanxi 710032, China)

**Abstract:** A new design method of double-layer blind drainage is proposed to solve the problem of slope instability caused by side area water in substation engineering and surface water accumulation caused by elevation of groundwater level. The bilevel design and comprehensive application of the outer water cut blind ditch and the inner drainage blind ditch form an effective protection for the slope, and the surface water caused by the fissure of the bedrock is effectively dredged, which is fully considered in the design and combined with the actual situation of the site. Blind ditch construction is convenient, the materials used are easy to obtain, and the cost is low. The design scheme of blind ditch is practical and innovative, the effect after construction is better, and the expected goal is achieved. This design scheme could provide engineering experience for similar drainage designs with the same conditions.

**Keywords:** hydrogeology; bedrock fissure water; slope collapse; water cut blind ditch; blind ditch construction

基岩裂隙水是我国分布最为普遍的地下水类型之一<sup>[1]</sup>。贮存并运移于基岩裂隙中的裂隙水, 往往具有一系列与孔隙水不同的特点。在岩土工程勘察中, 有些情况下钻进深度在同一岩层中相距很近的钻孔, 水量悬殊, 甚至部分钻孔见地下水而相邻钻孔却无水的情况, 有时在相距很近的井孔测得的地下水位悬殊, 水质与地下水动态变化规律也明显不同<sup>[2]</sup>, 大量的工程实践表明在基岩裂隙含水层中开挖的矿井, 可能会遇到看似涌水量不大的岩层中局部可能出现大量涌水的现象。诸多事实表明, 与孔隙水相比, 基岩裂隙水表现出更强烈的不均匀性和各向异性<sup>[3]</sup>。但是, 由于基岩裂隙水的埋藏、分布极不均匀, 其赋存条件和运动规律比较复杂, 因而对基

岩地区的水文地质研究较少, 尤其是在工程勘察中未引起应有的重视<sup>[4-6]</sup>。

## 1 工程概况

某变电站工程位于西藏自治区昌都市芒康县境内, 属于高山草甸区, 地表植被发育, 区域降水丰沛。站址区地势相对周边较低, 且地面由北向南地面倾斜坡度约为 3.0%。在工程建设进行场地平整时, 为考虑土方平衡, 场地北侧开挖南侧回填, 在站址四周形成边坡, 其中北侧和东侧为挖方边坡, 最高处达 6.8 m, 因受条件限制, 设计考虑了就地取材, 利用表层高原草甸土为原材料, 采用生态植草袋人工堆砌的护坡方案。

收稿日期: 2019-02-27

修稿日期: 2019-03-25

作者简介: 王延辉(1982—), 男, 河南洛阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事水文地质与工程地质方面的工程实践、科学研究和管理工作。

E-mail: wangyanhui@nwepdi.com

2017年雨季,芒康地区连降暴雨,导致站址北侧东段挖方边坡生态植草袋发生约3 m宽的局部滑塌,另外,现场施工反映从基础施工起,尤其在雨季,站址东侧部分建筑物基础周围有微量的冒水现象。

## 2 水文地质条件

根据区域地质资料及收集到的相关资料,站址区域地质构造复杂,新构造运动活动频繁,风化作用强烈,且站址位于高山山间盆地、谷地地段,降水丰沛,使得浅部基岩呈破碎状态,易形成裂隙通道,从而形成基岩裂隙潜水水流。根据区域资料及建设工程场地岩土工程勘探结果,站址区地层成典型的二元结构,上部地层为第四系冲洪积粉质黏土混砾石,厚1 m~3 m,下伏新近系沉积形成的大厚度泥质砂岩,砂岩顶部10 m~20 m基岩裂隙较发育。故判断边坡滑塌及基础冒水均与暴雨导致的地下水流变化和基岩裂隙水抬升有关。

### 2.1 站外冲沟调查

站址区位于高山中下部,属于山间局部小型冲洪积洼地地貌,四周均为高耸的雪山,站址区总体地势为四周高,中部低。原始地貌站址区内及附近仅存在季节性小型冲沟,沟内可见地下水溢出,在洼地形成沼泽。站址区外对站址有影响的冲沟有8条,自西南向东北顺时针编号依次为I、II、II-1、III-1、III-2、III-3、IV和V(见图1)。站外冲沟中,I号冲沟位于站址西南方向,地表水流排向站外,对站址区几乎没有影响;其他冲沟均位于站址西侧或北侧地下水上游方向,对站区地表排水和地下水有一定影响。现场调查在站址区域及周边未发现泉水出露,仅在V号冲沟源头发现泉眼一处。

站外对站区有影响的冲沟形成的地表水均流向站外截洪沟,经站外截洪沟排向站址下游方向。根据访问了解,站外冲沟多为季节性地表水流,在雨季、冰雪融水季节站外冲沟多存在地表水流。

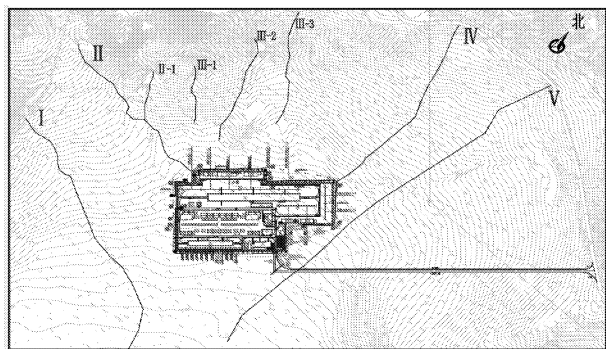


图1 站外冲沟分布示意图

### 2.2 含水层的分布特征

根据地下水的形成条件、赋存规律和水力特征,站址所在区域浅部地下水可划分为基岩裂隙潜水和冲、洪积层孔隙潜水两种基本类型。

(1) 基岩裂隙水。站址四周均为山地,山体高大,山体由古老的沉积岩组成,构造裂隙和风化裂隙均发育,降水渗透形成基岩裂隙水。区域裂隙水埋藏浅,水质较好,易于开采,但是因为风化壳厚度有限一般水量都不大。站址区域存在基岩风化裂隙水,根据岩土工程勘察成果,上部基岩裂隙较发育,具有一定的导水性能,但是因为泥质的存在,对裂隙具有一定的充填作用,加之砂岩裂隙本身的富水性特征,综合判断站址及周边区域基岩裂隙水水量一般,属弱富水性分区。

(2) 冲、洪积层孔隙潜水。站址区冲、洪积地层岩性为粉质黏土混砾石,渗透性一般,第四系冲、洪积地层与下覆基岩之间无隔水层存在,故可认为是同一层水,冲、洪积层孔隙潜水接受大气降水、冰雪融水、地表水的侧向径流补给等,垂直下渗直接形成对基岩裂隙水的补给。站址区场平时在北侧和东侧形成高边坡,在坡面上未见到孔隙潜水流,主要沿冲、洪积覆盖层和下部基岩的交界面上渗出,表明冲、洪积层导水性及含水性能一般,属于弱富水性分区。

### 2.3 地下径流及动态变化

站址所处区域地下水的径流方向总体上是由北向南,水力坡度与地形坡度大致相似,仅在站外沿IV号冲沟上游方向,地下水水力坡度在靠近站址区较缓,上游较陡。据芒康县气象站基本气象要素逐月平均统计表,降水多集中在6月—9月份;4月到5月为冰雪融化期,融雪水形成地表水流或者补充增大了流量,所以4月至9月为地下水的丰水期,1月至3月为枯水期,其他时段为平水期。区域地下水变幅较大,初步判断年地下水位年变幅 $\pm 3.0$  m。

## 3 原因分析

### 3.1 边坡滑塌原因分析

生态植草袋人工堆砌护坡方案正常情况下处于稳定状态,但是该护坡方案没有固定植草袋的外部作用力,使得植草袋处于自然状态<sup>[7]</sup>,当坡高大于一定高度且放坡比例较大时,在极端天气和外部其他作用比如边坡外堆载等情况下,可能导致边坡失稳<sup>[8-10]</sup>。

另外,站址地层为典型的二元结构,基岩上部地

段裂隙较发育,具有一定的导水性能,但是因为表层粉质黏土的存在,对基岩顶部裂隙具有一定的充填作用,故在覆盖层底部和基岩的交接面上易形成地下潜水水流面,当此水流流向边坡并由边坡侧壁流出时,在覆盖层和基岩交接面处形成易滑动带<sup>[11]</sup>,边坡在水的作用下可能失稳。本次站址北侧东段挖方边坡滑塌即是由埋深约 1.9 m 处的覆盖层底部开始,首先形成局部鼓凸变形从而导致成片区域滑塌。

### 3.2 站内东侧地下水来源分析

根据现场调查及补充勘探情况判断,产生基岩裂隙水的原因是由于站址区东北侧汇水面积大,该区Ⅳ号冲沟与其他站外冲沟相比切割深度相对较大,水蚀和风化作用强,地势有利于风化带的形成和保存,因此站外东北侧区域基岩裂隙发育程度较高,故形成风化裂隙通道,从而形成基岩裂隙水。站址施工时进行了场地整平,站内东侧构架地段属于挖方区,开挖整平导致基础底面达到地下基岩裂隙水位,基岩裂隙水上涌聚集是站内局部地段积水的主要原因。根据孔内地下水水位统一观测结果结合地质剖面分析,观测时站内东侧地下水位低于现有地面标高(见图 2 中的现状水位线),因此站内遗留积水排干净的情况下是不会存在地面积水的。根据现场施工人员反馈的信息,雨季之后随着降雨量的较少,原有地面积水正在逐步散去。但在雨、洪季节及冰雪融水季节,地下水水位将会提升,当地下水位提升 2.0 m 时,即为图 2 中的预测雨季水位线,假定达到预测的雨季地下水位,站内东侧部分地段地下水位已高出现有地面,故地下水在站内局部地段地表溢出形成地面积水。

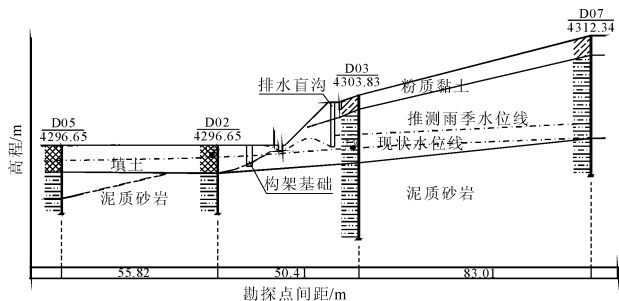


图 2 季节影响下的基岩裂隙水水位变化图

## 4 双层盲沟设计

为了对边坡进行保护,并保证变电站运行之后,站内地面干燥不受雨季地下水抬升的影响,根据现场实际情况并结合施工条件,对站址截排水进行了专门设计。设计思路以保护边坡和站内排水为目

的,分别在边坡外侧及站内东侧设计内外两层截水盲沟。

### 4.1 站外截水盲沟设计

根据现场实际情况,站区东北、东侧挖方区出现大面积出水点,经各施工方案论证,最终考虑在挖方边坡上游提前截断出水的施工方案,利用截水盲沟导流的方式解决该处的大面积出水<sup>[12-13]</sup>。截水盲沟距边坡坡顶外侧约 1.5 m,盲沟宽 1.2 m,盲沟靠近站址的侧壁、底部以及靠近外侧底部以上 500 mm 铺设双层防渗土工膜,深度与环站址的排水沟底部相同,盲沟自下而上依次为底部 300 mm 厚的级配碎石——双层土工膜——1 600 mm 厚的级配碎石其中部分为大块石——场地土(见图 3)。设计盲沟作用总长度约 400 m,分为四段表现形式:

- (1) 分别在朝向站区方向的盲沟内侧设两道土工膜以及级配碎石段盲沟总长度约 272.08 m。
- (2) 仅铺设碎石段引水盲沟总长度约 22.65 m。
- (3) 引水盲沟末端设 600xH 素混凝土排水明沟段长度约 66.60 m。
- (4) 引水盲沟末端设 1000xH 素混凝土排水明沟长度约 38.67 m。

因受场地条件限制,同时考虑到施工队已有边坡的影响,站外截水盲沟深度有限,底部与边坡坡脚高度近似,其目的主要是已有边坡的正常运行,但因未穿透全部含水层,故不能对站内地下水起到截水作用。

盲沟施工时:首先在边坡上游外围挖设盲沟沟渠,将盲沟沟渠内的地下水抽排后,铺设砂砾石垫层;然后在盲沟沟渠的内侧壁下部、底部及整个外侧壁上铺设双层防渗土工膜,在双层防渗土工膜的底部铺设砂砾石回填料;再在盲沟沟渠的内侧铺设碎石回填料至地下水位线以上,在碎石回填料外侧与双层防渗土工膜之间铺设砂砾石回填料;最后在碎石回填料上方继续铺设砂砾石回填料,再在砂砾石回填料上方铺设场地土回填料至地面高度,完成施工<sup>[14]</sup>。

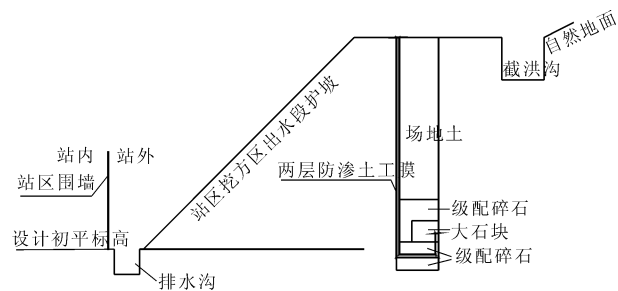


图 3 站外截水盲沟断面图

## 4.2 站内排水盲沟设计

为了不使站址东侧在夏季地表阴水甚至积水和冬季结冰,给运行带来不利或不便,站内采用盲沟排水方案。

结合站区最东侧原设计南北向站区雨水管线设计一条主排水盲沟,根据该区域构支架基础、电缆沟等布置情况,东西向设计6条分支排水盲沟(见图4),西至其西侧道路,东接主排水盲沟,主排水盲沟在低端就近接入站区雨水井。站区内雨水干管及盲沟连接管均采用DN300钢筋混凝土管,盲沟形式:钢丝网框填充级配碎石。根据施工方法不同,也可采用钢丝网骨架。

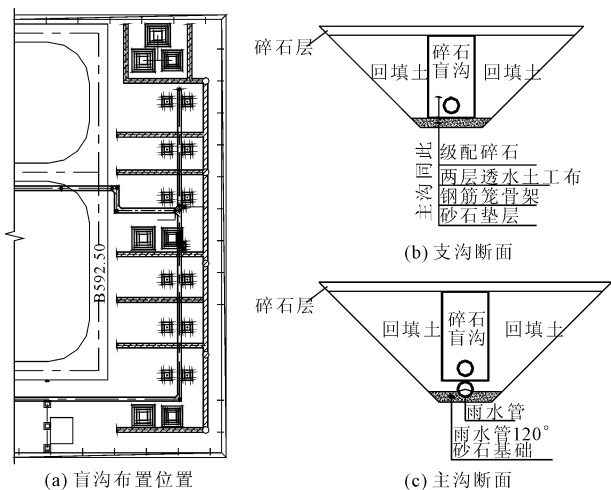


图4 站内排水盲沟平面和断面图

设计采用圆形中空塑料盲沟<sup>[15]</sup>,塑料盲沟是由塑料芯体外包裹滤布组式,该材料具有重量轻,施工方便,排水性好,抗压性强等优点在工程中得到广泛应用<sup>[16]</sup>。盲沟施工时先开挖基槽,验槽合格后施工管线基础,敷设雨水管,雨水管安装完成后,回填土分层压实至管顶,且压实系数不小于0.94,绕后现场加工U型钢筋笼骨架,内壁布置两层透水土工布,钢筋笼骨架内填充级配碎石,加工钢筋笼骨架顶盖,整体成矩形钢筋笼骨架,最后分段吊装盲沟就位,回填土至地面标高。

## 5 结论

目前,双层盲沟设计方案已得到应用,实际效果表明,站外截水盲沟对植草袋边坡起到了有效的保护作用,站内排水盲沟有效的降低了地下水位,站内积水通过盲沟顺利排走。本次双层盲沟设计是依据项目实际情况并结合高原地区的施工可行性提出

的,施工方便,造价低廉,具有经济实用性的特点,设计方案不拘泥于常规设计,尤其是防渗土工膜和塑料盲沟的实际应用,具有创新性的特点。为基岩裂隙水地区的截排水盲沟设计提供了可供借鉴的工程经验。

## 参考文献:

- [1] 卢金凯.基岩裂隙水的野外调查方法[M].北京:地质出版社,1985.
- [2] 李建锋.谈工程地质勘察中的误区与需要注意的问题——基岩裂隙水的特点[J].云南水力发电,2009,25(6):14-15.
- [3] 王大纯,张人权,史毅虹,等.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1995.
- [4] 杨会军,韩文峰,谌文武,等.基岩裂隙水渗流特性探讨与工程实例[J].岩石力学与工程学报,2003,22(S2):2582-2587.
- [5] 于超云,唐世斌,唐春安.荷载与水共同作用对红砂岩蠕变特性的影响[J].水利与建筑工程学报,2019,17(1):24-26.
- [6] 杨会军,韩文峰,谌文武,等.基岩裂隙水渗流特性探讨与工程实例[J].岩石力学与工程学报,2003,22(2):79-80.
- [7] 耿东阳,孙云彪,丁海鹏.边坡滑坡的影响因素与防治措施[J].山西建筑,2007,33(29):106-108.
- [8] 汪鸿儒,周海清,吴润泽,等.土体的结构性边坡突失稳影响研究综述[J].水利与建筑工程学报,2015,15(6):64-66.
- [9] 潘坤.某电厂后边坡岩体倾倒变形特性及失稳破坏模式分析[J].水利水电快报,2019,40(1):23-25.
- [10] 杨俊杰,王亮,郑建国.生态边坡客土稳定性研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(2):414-422.
- [11] 高玮,冯威,王家超,等.一种基于滑动带的土坡稳定分析方法研究[J].水利与建筑工程学报,2017,15(6):1-4.
- [12] 于卫红.盲沟设计经验点滴[J].中国给水排水,2000,16(5):39-40.
- [13] 刘小文,许成承,沈细中.碎石盲沟排水对黄河放淤固堤工程淤背体固结影响[J].水文地质工程地质,2011,38(1):80-83.
- [14] 王延辉,杨生彬,鄢治华,等.一种用于边坡防治的盲沟结构:中国CN 207700204 U[P].2017-12-01.
- [15] 顾卫,邵琪,许映军.塑料盲沟用于边坡客土底部排水的实验研究[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(3):379-389.
- [16] 吴福生,张树奎,刘家豪.塑料盲沟水力学性能试验[J].灌溉排水,2001,20(3):79-80.