



www.sxjz.org

陕西土木建筑网™

SHAANXI CIVIL CONSTRUCTION SOCIETY
陕西省土木建筑学会

搜索

- [土建学会](#)
- [新闻资讯](#)
- [专家学者](#)
- [陕西建筑](#)
- [学术活动](#)
- [学会动态](#)
- [毕业设计](#)
- [资料下载](#)

1493陕西建筑

- 44[建筑文化](#)
- 91[环境规划](#)
- 184[建筑设计](#)
- 134[工程结构](#)
- 493[建筑施工](#)
- 136[地基基础](#)
- 260[建筑管理](#)
- 151[建筑经济](#)



关注排行

- 26547 [1 联系我们...](#)
- 18725 [2 级配压实砂石垫层在西安地区的施...](#)
- 17459 [3 低碳城市建设在西安的探索与实践...](#)
- 15313 [4 圆弧车道施工时标高控制的等分直...](#)
- 13033 [5 先进集体、先进个人事迹选登...](#)
- 12800 [6 CFG桩复合地基质量检测中的若干...](#)
- 12708 [7 陕西土木建筑网简介...](#)
- 12278 [8 宝鸡市青少年科技活动中心设计...](#)
- 12138 [9 建筑材料二氧化碳排放计算方法及...](#)
- 11089 [10 陈旭教授谈6A类布线安装与维护系...](#)
- 10975 [11 柴油发电机房的火灾危险性类别分...](#)
- 10971 [12 西安交通大学人居生态楼建筑设计...](#)
- 10752 [13 某工程十字钢柱与箱型钢梁外包钢...](#)
- 10595 [14 短肢剪力墙的配筋要求...](#)
- 10404 [15 浅谈水平固定管的单面焊双面成型...](#)

阅读 3088 次 预应力锚索墙柱综合治理高边坡的工程实践

摘要：本文针对黄河壶口瀑布风景区禹王庙西侧高边坡治理，对主要地质病害作了原因分析，并介绍锚索墙柱综合治理措施和施作。...

预应力锚索墙柱综合治理高边坡的工程实践

——黄河壶口瀑布风景区禹王庙西侧高边坡治理

田建强

陕西省第四建筑工程公司

1、工程概况

1.1 建筑工程概况

黄河壶口瀑布风景名胜区禹王庙建筑群位于陕西省宜川县黄河瀑布风景区上游1.5公里，黄河右岸龙王辿河段。它西依大山，东瞰黄河，十里坪至壶口公路在它面前弯曲穿行而过。它是黄河航运鼎盛的清明时代的繁华码头，它始于明代，盛于清代，衰于日军侵华时期。

新建禹王庙是在原古渡口旧址上修建的一座集宾馆、商店、游览、观光的现代建筑群，它由三段建筑物组成，其中，一段1218平米、二段2892平米、三段1191平米，框架结构，建筑总面积5302平米。建筑物总高度23.9平米。

1.2 场地岩土工程条件

1.2.1 地形地貌

该边坡位于黄河壶口瀑布上游1.5公里，龙王辿河段河流右岸，属于黄河晋陕峡谷的南部地段。黄河在此为山西省和陕西省的天然分界线，瀑布区西临陕西省宜川县，东靠山西省吉县。壶口瀑布所处的黄河河道坡降大，河流下切作用强，宏观的河谷断面在这一带呈“U”型状态，谷宽约为500余米，由于黄河强烈的下切作用，在河谷两侧形成陡峻的陡坡，坡度近于直立，高度30~50余米。在这开阔宽展的谷地之中，河水以瀑布形式再次在河床中央下切形成了谷中谷这一奇特的地貌现象。在河流两侧，分布有宽度不等的一阶阶地，分布不连续。本次建筑场地为禹王庙便属于黄河右岸一级阶地，为典型的侵蚀基座阶地。治理的边坡高度均40~60米岩质边坡，边坡下缓上陡，南北长向500米。

1.2.2 岩土工程条件

边坡岩层为钙质砂岩和紫色泥质粉砂岩互层构成，产状平缓，倾向西北，倾角5°。边坡下段主要为紫色泥质粉砂岩，薄~中厚层，层状结构，节理发育，为较软岩岩类，属软化岩石，易风化剥蚀；边坡中段陡立地段为灰色钙质胶结砂岩，厚~巨厚层，节理较发育，岩石质地较坚硬，抗风化剥蚀能力较强，为较硬岩类；坡体上部为紫红色泥质粉砂岩与灰白色钙质砂岩互层体，坡顶上覆薄层黄土状土或松散堆积物。

边坡区构造简单。该区属于鄂尔多斯构造盆地的一部分，地层总体呈单斜状向西北倾斜，倾角3°~5°，局部有起伏不大的挠曲存在。由于；边坡区岩体节理发育，侵蚀切割作用发育，在平面上常组成棋盘格式构造，其中一组走向和瀑布区的跌水断面走向近于平行，一组走平行于黄河河床。各组地层中边坡岩体结构特征有如下特点：

1) 铜川组泥质粉砂岩：薄~中厚层状结构，层厚一般5~35cm，局部夹薄层泥岩，单斜分布，岩层近于水平，略向西北倾斜，倾角一般小于3°，岩层软硬相间，差异风化现象明显，属剪性节理，节理面呈闭合状，无充填，地表浅部呈张性裂开，该组节理属优势结构面，对崩塌、危岩体等的形成起控制作用。

2) 铜川组钙质粉砂岩：块状结构，层厚一般大于100cm，岩性坚硬，胶结程度较好，单斜分布，岩层近于水平，略向西北倾斜，倾角一般小于3°，组成边坡陡坎，该组节理属张性节理，节理面呈闭合状，无充填。为典型优势结构面，对崩塌、危岩体等的形成起控制作用。

3) 纸坊组泥质粉砂岩与泥岩互层体：薄~中层状结构，层厚一般2~25cm，岩性软硬相间，泥质胶结，单体分布，岩层近于水平，略向西北倾斜，倾角一般小于3°，分布于坡脚，形成自然斜坡，该组节理属剪性节理，节理面呈闭合状，无充填。由于该组岩层处于坡脚，属应力集中区，其主应力方向为水平方向，岩层软硬相间，临空面大，地层沿相对软弱层发生滑移-----压致----拉裂破坏，导致部分层位在浅表部位卸荷裂隙发育。另外，由于该处处于坡脚，局部分布有地下水，沿体的吸水性较弱，导致该处沿体线表部位住物理风化作用下强烈风化裂隙发育。

2、边坡主要地质病害

根据勘察报告和踏勘现场，结合上述边坡病害成因分析该边坡主要地质病害表现为：

2.1边坡下段为紫色泥质粉砂岩风化剥蚀强烈，与上部钙质砂岩接触部位边坡形成水平向凹槽，导致上伏钙质砂岩产生临空面，形成悬挑岩体，极可发生坠石和重力崩塌。坠石和崩塌破坏景区景观，并危及景区人身生命和建筑物的安全。

2.2钙质砂岩受节理切断，岩体局部存在游离孤石，这些孤石可在震动下坠落。

2.3钙质砂岩存在张性裂缝，岩层易沿裂缝风化破坏。

2.4边坡破体下部分布的紫红线泥质粉砂岩软化岩石，抗风化能力差，整个破体差异风化现象明显，若长期暴露风化剥落，会形成危害，崩塌体等，对坡体稳定不利。

3、边坡治理目的

3.1防止紫色泥质砂岩风化剥蚀，维持现边坡稳定；

3.2防止紫色泥质砂岩与钙质砂岩间剥蚀凹槽进一步发展，导致上伏岩层重力崩塌破坏。

3.3防止钙质砂岩裂缝发展和坠石灾害发生。

3.4防止坡顶松散堆积物和坡体危岩坠落对建筑物的安全使用造成危害。

4、边坡综合治理措施

采用锚索墙柱内侧现浇混凝土挡土板，自然坡度大于45度的坡段，采取厚层基材绿化和系统锚杆防护，裂缝灌浆固结方法，钙质砂岩和紫色泥质砂岩接触形成的风化剥蚀凹槽，采用布置锚杆，回填C15素砼加固。钙质砂岩陡岩区域，人工清理活石，并用短锚杆固定危岩，裂缝灌浆固结方法加固。增设排水设施等综合治理措施。

4.1预应力锚索墙柱

4.1.1一级坡面上设置了预应力锚索墙柱。从地面以下0.6米沿直立墙布置墙柱,水平间距30米，墙高9米，截面60*45cm，采用锚索固定，锚索分作二种形式，A型锚索要求入岩深度8m，B型锚索要求入岩深度6m，每孔锚索设计拉力为700KN，锚索墙柱168根，每根墙柱设2个锚孔，每孔6根无粘结钢绞线，其直径15.24mm，每2根为一单元，采用压力分散型锚索形式施工。墙柱内侧现浇混凝土挡木板，板厚15cm，配双层 ϕ 200mm钢板网，板内填碎石土。

二级坡面设置了预应力锚索墙柱，水平间距3.0米，墙高9米，截面60*45cm，采用锚索固定，锚索分作二种形式，C型锚索要求入岩深度10m，D型锚索要求入岩深度8m，锚索墙柱161根，每根墙柱设2个锚孔，每孔6根无粘结钢绞线，其直径15.24mm，每2根为一单元，采用压力分散型锚索形式施工。墙柱内侧现浇混凝土挡木板，板厚15cm，配双层 ϕ 200mm钢板网。挡土板与边坡体之间的缝隙填碎石土。两级挡墙顶设置2米的碎石槽，可防坠石危害，同时平台上可植树种草，美化环境。

4.1.2锚索墙柱工作原理

预应力锚索加固岩体边坡设计常用的一种方法,就是基于可能出现的岩体失稳形式,采用刚体极限平衡法对加固前的岩体进行分析,再根据下面的公式计算保持边坡稳定所需施加的预锚力。

$$Q_1 + Q_2 \tan \alpha = K T$$

式中：T—加固前岩体的下滑力； α —动面的内摩擦角； Q_1, Q_2 ——由预应力锚索提供的切向抗滑力和法向正压力；K—安全系数。然后由经验和一些近似计算公式来确定其余的布锚参数，包括锚索的布设范围、间距、方向、长度、锚固方式、锚固段长度等。

预应力锚索墙柱是通过锚固在坡体深部稳定岩体上的锚索将力传给墙柱，再经墙柱对不稳定坡体施加一个预应力，将不稳定松散岩体挤压，使岩体间的正压力和摩阻力大大提高，增大抗滑力，限制不稳定坡体的发育，从而起到了加固边坡稳定坡体的作用。锚索孔内高压注浆，使浆液填充了锚孔周围坡体内裂隙，提高了坡体的整体稳定性。

4.1.3 锚索墙柱施工流程



图1 施工流程

4.1.4 预应力锚索墙柱主要参数的选取

- (1) 预应力钢绞线：选用直径15.24mm,强度1860MPa的高强度低松弛无粘结钢绞线，延伸率 $\geq 3.5\%$ 。
- (2) 设计拉力：锚索设计拉力700kN，每孔6 Φ 15.24预应力钢绞线。
- (3) 安全系数：锚索安全系数取2.0~2.2。
- (4) 钻孔直径及设备：钻孔直径 Φ 130mm,设备采用YM160步履式土锚钻机和无锡探矿机械厂、宣化英格索兰工程机械有限公司、东北岩土工程公司等单位生产的岩锚钻机。
- (5) 锚索张拉力与锚固力：锚索采取差异分步张拉，每孔6根分为3个单元，根据设计荷载和锚索长度计算确定差异荷载，锚索的预应力在补足差异荷载后分5级按设计荷载700kN的25%、50%、75%、100%和110%进行施拉，每次持荷时间2~5min，最后一级持荷稳定观测10min以后按设计要求锁定，锁定后48h内没有出现明显的应力松弛现象，即可进行封锚。

压力分散型锚索加荷等级与测读位移应遵守下列规定：

- ① 首先把所有的锚索一起拉到 $A \times f_{ptk}$ 的0.1倍（A为锚索的截面积， f_{ptk} 为锚索承载力标准值），使锚索拉直，然后松开；随后再采取循环加荷，每级加荷增量宜取初始荷载 $0.1A \times f_{ptk} +$ 差异荷载。
- ② 在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不应小于3次。
- ③ 在每级加荷等级观测时间内，锚头位移不大于0.1mm时，可施加下一级荷载；否则需延长观测时间，直至锚头位移增量2h小于2mm时，方可施加下一级荷载。

(6) 张拉主要设备：YCW150B型千斤顶，OVMZ-500型油泵，HVM锚具。

(7) 锚索挤压套挤压设备：ZB4-500型电动油泵，柳州产GYJA挤压器。

(8) 锚固长度及胶结：锚固段嵌入坡体的长度为14m,锚固段采用强度为M40纯水泥浆胶结，水灰比0.4~0.5,水泥为普通硅酸盐P.O 42.5R。

(9) 锚索钢筋混凝土：采用C25现浇钢筋混凝土"1"字型墙柱设计，墙柱为0.6m \times 0.45m矩形截面，主筋为 Φ 22，箍筋为 Φ 12。

5、坡面防护

5.1.缓坡岩地段直接覆土，有土地段可不覆土保持有植被，自然坡度大于45度的钙质砂岩坡段，采取厚层基材绿化和系统锚杆防护。系统锚杆间距2.0 \times 2.0m长度分别为1.5~6m，钻孔孔径不小于4.5cm，锚孔与坡面成90度，锚杆体短锚杆 Φ 16螺纹钢，长锚杆为 Φ 25的螺纹钢；锚杆呈梅花型交错布置，挂 Φ 2mm的镀锌铁丝网。系统锚杆为全长粘结式锚杆，锚杆抗拔力不低于50KN，注浆强度不小于25Mpa，厚层基材植草，将TBS绿化基材，纤维，种植土，植被种子的混合物喷射到钙质砂岩岩石坡面，形成绿化层，基材的喷射厚度为8cm。

5.2 钙质砂岩和紫色泥质砂岩接触形成的风化剥蚀凹槽，采用布置锚杆回填C15素砼加固。锚杆@2.0m，入岩1.5m，外端距拟设板10cm，锚杆1 Φ 20。

5.3钙质砂岩陡岩区域，人工清理活石，并用短锚杆固定危岩，裂缝灌浆固结方法加固。

5.4施工工序

木边坡应按以下工序进行施工：

清除活石—2.锚杆危岩加固、裂缝灌浆—3.一级锚索墙柱施工—4.二级锚索墙柱施工—5.墙内填土—6.岩石凹槽回填—7.厚层基材绿化和系统锚杆防护—8.锚索张拉锁定—9.截水沟、急流槽和排水孔施工。

5.5.截水沟、急流槽

为了避免山体地表水，雨水浸刷松散岩体引起坡体滑坡，需在坡面上方5m处设置浆砌片石截水沟，在坡顶汇水处设边坡急流槽兼做检查梯。急流槽每100m设1道。每集平台设排水沟汇集于急流槽或截水沟、边沟。

5.6排水孔

(1)泄、排水孔：在1级混凝土护面墙上设 $\phi 75$ PVC泄水孔，间距 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 交错布置，每级设3排水平间距为4m，垂距为3m的排水孔。孔深1~3m,孔内布 $\phi 46$ 有孔塑料管及过滤网。

(2)排水水平孔：在边坡地下水密集的坡面处，布设平孔排水，孔口高出边沟面0.5m，纵向间距5.0m孔的水平夹角 $5 \sim 10$ 度，孔深5m，排水管采用 $\phi 100\text{mm}$ ，广式透水软管（酌情套硬管），排水管长度5m，管身按一定的间距交错设置渗水孔，管的端头及管体采用滤网或土工布做反滤层，在第一级第二级设排水沟。施工时可根据地下水的实际情况酌情加密设平孔排水，补偿排水。

6、结束语

(1)边坡坡面高陡，泥质粉砂岩风化剥蚀强烈，根据边坡病害的特征和规律，采用锚索墙柱结构综合治理措施进行工程整治，达到安全可靠和经济合理的目的，并为治理此类边坡病害探索一种新的防护加固模式和治理思路。

(2)对于复杂边坡防护加固工程，由于地质条件复杂，应做好坡体监测与预报工作，结合现场实际地层信息及坡体结构条件进行必要的调整与完善，即进行动态设计和信息化施工，使其经济、安全可靠。

(3)随着近年锚索技术的发展和进步，预应力锚固工程技术得到了良好的应用和发展。

主要参考文献：

- 1、《宜川县黄河壶口瀑布风影名胜龙王辿庙宇群西侧边坡岩土工程勘察报告》西北综合勘察设计院。
- 2、《禹王庙总平面图》中国建筑西北设计研究院有限公司。
- 3、《锚杆喷射混凝土支护技术规程》（GB50086-2001）；
- 4、《土层锚杆设计与施工规范》（CECS22：90）；
- 5、《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2002.
- 6、《建筑地基基础设计规范》GB50007-2000.
- 7、《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029-2004.

(本文来源：陕西省土木建筑学会 文径网络：文径 尹维维 编辑 刘真 审核)

关于 [锚索 墙柱 治理 高坡](#) 的相关文章

·[浅谈办公室中甲醛的危害及治理](#) 2017-7-27

·[屋面渗漏的成因分析与治理](#) 2016-1-20

·[浅谈施工现场建筑垃圾的主要成因及治理措施](#) 2014-5-13

·[锚索复合土钉墙在大厚度填土深基坑中的应用](#) 2013-11-20

·[预应力锚索锚固段应力分布影响因素分析](#) 2013-10-15

·[排水检查井与沥青路面衔接的病害治理](#) 2013-9-27

上一篇：[抗浮锚杆在地下室抗浮设计中的应用](#)

下一篇：[湿陷性黄土地基处理的常用方法及应用实例](#)



 陕公网安备 61010302000391号