

蓬莱田横山栈道工程设计与施工技术

赵光贞, 盛根来

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要 结合田横山栈道的设计与施工经验, 介绍了田横山栈道的 8 大组成部分的设计及施工关键过程现场布置。构筑物平台、锚杆施工、悬索网架桥安装的控制。该工程设计中采用了以锚为主, 锚、护、支、跨相结合的综合方案, 施工中采用了潜孔锤钻进和岩锚挂网喷射砼等技术、工艺。

关键词 栈道 施工平台 锚杆 危岩加固 挂网

中图分类号: K928.78 文献标识码: B 文章编号: 1000-3746(2002)S1-0263-03

1 工程概况

田横山位于山东省蓬莱市蓬莱阁西偏北 300 m。田横山自然地理位置优越, 处于渤海与黄海分界线上。蓬莱阁风景区为开发新的旅游资源——黄海与渤海分界线旅游项目, 实施了田横山栈道工程设计与施工。

田横山悬崖岩面主要为裸露的石英岩、断层角砾岩及条带状碧玄岩夹层, 石英岩分布于整个岩面, 呈灰白、灰褐色, 坚硬性脆, 碎裂结构, 且岩石相当破碎, 岩石可钻性为 10 级。悬崖的下部有一层紫红色石英岩, 坚硬性脆, 上部岩面较好, 岩石相对完整, 离海面 13 m。全长 177 m 的田横山栈道就修建于该层岩面上。

2 栈道设计

田横山栈道设计由 8 部分组成: 台阶式栈道(两端)、普通栈道 85 m, 悬挑栈道 60 m, 空中悬索网架桥 24 m, 钢筋砼桥 8 m, 危岩加固锚杆, 防护网, 装饰。栈道平面为“之”字型结构。考虑到悬崖的稳定性, 本设计未采用隐式栈道。

2.1 台阶式栈道

为阶梯式结构, 一侧或两侧设计钢结构护栏, 护栏高度 1.00 m。

2.2 普通(悬挑)栈道

栈道路面设计宽度为 1.50 m, 外侧设计钢结构护栏, 护栏高度 1.00 m。利用原有外凸的紫红色石英岩岩面, 将碧玄岩清除, 满足栈道宽度的采用普通栈道, 达不到设计宽度的采用悬挑栈道。

2.2.1 普通栈道

(1) 栈道外侧危岩加固, 锚杆倾角 25° , 水平间距 1.50 m, 锚杆长度($\varnothing 110$ mm) 10 m, 杆体 $\varnothing 28$ mm 螺纹钢。锚杆张拉后与护栏焊接。

(2) 栈道路面设计由过垫层和钢筋砼路面组成。垫层为 C20 砼, 厚度 80~100 mm; 路面 C30 砼, 钢筋网规格为 $\varnothing 16$ mm \times 150 mm \times 150 mm, 砼厚度 110 mm, 砼保护层厚度 ≤ 50 mm。

2.2.2 悬挑栈道

悬挑栈道设计由抗拉(加固岩体)锚杆、支撑(加固岩体)锚杆、水平杆、斜支撑杆、护栏、钢筋砼栈道路面组成(如图 1)。设计宽度为 1.50 m, 允许荷载 3.5 kN/m², 上下层锚杆间距为 1.50 m。

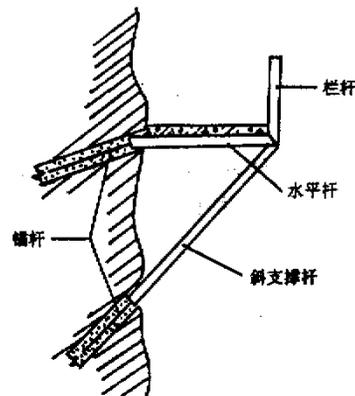


图 1 田横山悬挑栈道剖面

(1) 抗拉(加固岩体)锚杆倾角 15° , 水平间距 1.50 m, 锚杆长度($\varnothing 110$ mm) 8 m, 杆体 $\varnothing 28$ mm 螺纹钢。锚杆张拉后与 $\varnothing 89$ mm \times 6 mm 水平杆焊接。

收稿日期: 2001-11-27

作者简介 赵光贞(1961-), 男(汉族), 山东寿光人, 山东省地矿工程勘察院副总工程师, 高级工程师, 钻探工程专业, 从事岩土工程技术工作, 山东省济南市经十东路 294 号(0531)8930774; 盛根来(1962-), 男(汉族), 山东临朐人, 山东省地矿工程勘察院副总工程师, 高级工程师, 岩土工程地质工程, 从事岩土工程技术工作。

(2) 支撑(加固岩体)锚杆倾角 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$, 水平间距 1.50 m, 锚杆长度($\varnothing 110$ mm) 8 m, 杆体 $\varnothing 28$ mm 螺纹钢。锚杆张拉后与 $\varnothing 89$ mm \times 6 mm 斜支撑杆焊接。

(3) 水平杆、斜支撑杆、栏杆在同一点焊接后, 将 $\varnothing 16$ mm \times 150 mm \times 150 mm 钢筋网焊接在水平杆上, 钢筋砼路面同 2.2.1(2)。

2.3 悬索网架桥

悬索网架桥设计长度 24.00 m, 桥宽 2.00 m, 桥两端与悬挑栈道相连接。该桥由 4 个索支座、4 个桥支座、桥身(钢网架结构、路面为方木)、2 根主索($56\varnothing 5$ mm 高强度预应力钢丝)组成(见图 2)。

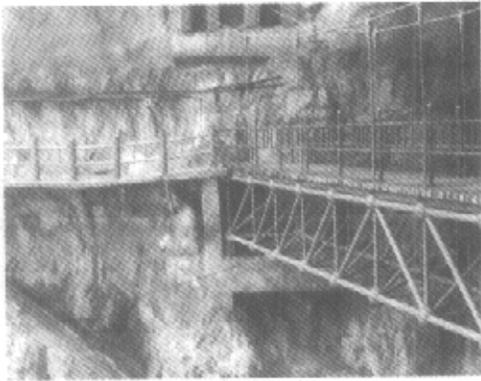


图 2 田横山悬索网架桥与悬挑栈道

2.3.1 索支座

(1) 单索支座, 设计锚杆 4 根, 成正方形布置, 设计抗拔力 600 kN。锚杆长度($\varnothing 110$ mm) 15 m, 倾角 15° , 杆体为 $2\varnothing 28$ mm 螺纹钢。

(2) 锚杆张拉后采用槽钢将 4 根锚杆连为一体, 锚板与槽钢焊接, 形成索支座。

2.3.2 桥支座

单桥支座设计锚杆 5 根, 成正方形布置, 第 5 根设在对角线交汇处, 锚杆设计同 2.3.1(1)。用槽钢将 5 根锚杆连为一体, 形成 C30 钢筋砼桥支座。

2.4 钢筋砼桥

该桥跨越老虎洞, 设计桥长 8.00 m, 桥宽 1.50 m, 桥板厚度 400 mm, 桥的每端设计垂直锚杆 4 根($\varnothing 110$ mm)与桥主梁 $4\varnothing 127$ mm \times 6 mm 钢管相连, 铺设 150 mm \times 150 mm 钢筋网($\varnothing 16$ mm 钢筋), 安装护栏, 现场浇筑 C30 砼。

2.5 危岩加固锚杆

该层锚杆设计距栈道路面高度 2.50~2.80 m, 加固长度 120 m, 锚杆水平间距 2.00 m, 锚杆倾角 15° , 锚杆长度($\varnothing 110$ mm) 13.00 m, 杆体为 $\varnothing 28$ mm 螺纹钢。挂网规格为 20 mm \times 20 mm 镀锌铁丝

网)喷射 C20 细石砼。

2.6 防护网

悬崖面为破碎石英岩, 经常有碎石滑落, 在栈道上方 2.50 m 处设计了钢制防护网, 防护网水平投影宽度 ≤ 1.5 m。防护网主要由 2 层粘结锚杆、角钢、槽钢、钢板网组成。锚杆、角钢、槽钢构成三角形稳定支架。

2.7 装饰

地面(除索桥外)采用仿木纹装饰, 护栏采用仿树皮装饰, 裸露金属及施工面采用喷砼造旧处理。

3 栈道工程施工

田横山栈道工程施工工艺流程为:

测量定位 \rightarrow 场地布置 \rightarrow 设备进场 \rightarrow 构筑工作平台 \rightarrow 锚杆施工(危岩加固) \rightarrow 栈道修建 \rightarrow 钢筋砼桥建造 \rightarrow 悬索网架桥安装 \rightarrow 防护网安装 \rightarrow 装饰。

其中, 场地布置、构筑工作平台、锚杆施工、悬索网架桥安装为本工程的关键过程。

3.1 施工设备

钻机: JMZ-150 型锚杆钻机 2 台, 转速 25、65 r/min, $\varnothing 89$ mm 钻杆。

空压机: W-9/7 型 4 台, 额定风压 0.7 MPa, 额定风量 9 m³/min。

钻具: CIR-110、GC-100 型冲击器及 $\varnothing 110$ mm 钻头。

喷砼机、灰搅拌机、砼搅拌机、张拉机、吊车(16 t)、注浆泵、电焊机、砂轮切割机、风钻、运输船等。

3.2 场地布置

见图 3, 施工场地北临大海, 南依悬崖。涨潮时, 崖下沙滩全部被海水浸没 1~2 m, 崖下不能存放大型设备和材料。利用距崖底约 36 m 的天然小广场, 作为大型设备、材料、工具的储存加工场地。所用钢筋、钢管、石料、砼、水泥均用吊车送至工作平



图 3 田横山悬索网架桥至混凝土桥施工

台。施工用风、电、水泥砂浆,通过送风管、电缆线、注浆管由崖顶送至工作平台。

3.3 构筑工作平台

该工程总计构筑工作平台长度 190 m(图 3、4),由 3 部分组成,东西方向平台长 120 m,悬索网架桥平台长 25 m,悬索网架桥至混凝土桥平台长 45 m,共用 $\varnothing 48$ mm 钢管 150 t,总长度达 3 万 m;由船送至施工场地。平台宽度为 6 m,高度 14~17 m 根据工作需要加高平台或降低平台。平台网架结构为 1.00 m \times 1.00 m \times 1.00 m,纵横 2 个方向每 2.00 m 设斜拉杆构成稳定结构。立杆与岩石接触,水域部分雇用潜水员进行特别加固,使之稳定。

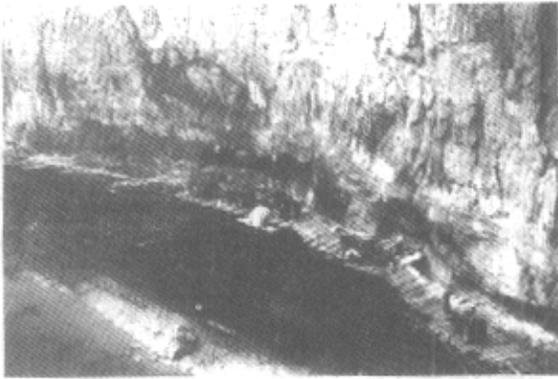


图 4 田横山东西方向栈道施工

3.4 锚杆施工

根据田横山岩面为破碎坚硬石英岩的特点,锚杆施工具体施工工艺如图 5。

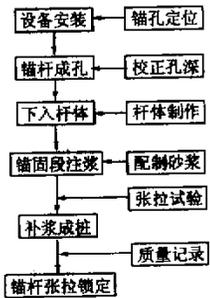


图 5 锚杆施工工艺流程图

3.4.1 锚孔施工技术

采用潜孔锤钻进,技术参数为:转速 25 r/min,给进压力 4 kN,工作风压 0.6 MPa,风量 12 m³/min

(2 台空压机并联)

3.4.2 水泥砂浆配比

水泥:砂:水:膨胀剂=1:0.38:0.46:0.07,使用 525 普通硅酸盐水泥和粗粒河砂,其强度为 M30。

该工程采用压力注浆方式注浆,其注浆压力为 0.8~1.0 MPa。

3.5 悬索网架桥安装

3.5.1 主索固定

索支座按要求施工后采用 54 mm \times $\varnothing 5$ mm 孔墩头锚将主索两端按设计要求固定。

3.5.2 网架桥安装

桥身构件在车间制造加工,验收后,用船运至施工现场,将原工作平台拆至桥支座以下,用木地板铺平,分段组装,最后将每段连接,组成整个网架结构桥体。以索支架、主索为固定点,用 6 个 5 t 手动葫芦将桥体安装到位。

4 结语

该工程 1998 年 4 月 1 日开工,同年 9 月 30 日竣工,共开动锚杆钻机 2 台。施工中采用潜孔锤钻进和岩锚挂网喷射砼等技术、工艺,提高了工效,保证了质量。该工程共施工锚杆 208 根,锚杆总长 2667 m,挂网喷射砼 700 m²,修建栈道及护栏 177 m,长 24 m 悬索网架桥 1 座,渤海、黄海分界点“一脚跨两海”平台 1 座,搭设脚手架平台高度 14 m,最高 17 m。自 1998 年 10 月 1 日投入运营以来,证明工程质量完全满足设计要求,现已成为蓬莱阁旅游风景区的一大新景点。