

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101936170 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 201010271236.0

(22) 申请日 2010.09.03

(73) 专利权人 中国水利水电第七工程局有限公司

地址 610081 四川省成都市解放路二段 329 号

(72) 发明人 张登柱 伍有刚 陈建国 罗宁 王先平

(74) 专利代理机构 成都市辅君专利代理有限公司 51120

代理人 张堰黎

(51) Int. Cl.

E21D 11/10 (2006.01)

E04C 5/01 (2006.01)

E04C 5/04 (2006.01)

(56) 对比文件

SU 983276 A1, 1982.12.23,

JP 2096100 A, 1990.04.06,

CN 101144386 A, 2008.03.19,

CN 101280684 A, 2008.10.08,

CN 201738935 U, 2011.02.09, 权利要求 1-6.

段书义. 单线铁路隧道洞内拼装拆卸大模板衬砌台车技术. 《铁道建筑》. 2004, (第 6 期), 37-39.

黄立新. 大跨度洞室衬砌模板支架施工技术. 《铁道标准设计》. 2004, (第 9 期), 43-46.

张利等. 圆型隧洞混凝土衬砌底拱模板施工技巧. 《河南水利》. 2003, (第 2 期), 46.

审查员 刘琼

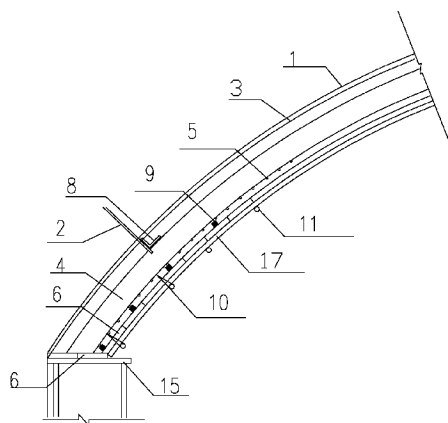
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构及工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构和施工工艺,包括锚杆、钢结构、混凝土和模板,其中锚杆固定在基岩内,钢结构通过锚杆固定,可拆卸模板悬挂固定并与基岩构成洞室顶拱浇筑空间,混凝土通过模喷位于浇筑空间内。施工步骤包括:基岩面处理,锚杆施工,内层钢筋网安装,工字钢安装,外层钢筋网安装,模板安装,喷混凝土等。采用本发明进行施工不需混凝土输送泵、不需搭设满堂承重脚手架、只需少量施工人员和喷射设备,大量节约施工材料,且施工工期短,能代替顶拱衬砌混凝土成为地下洞室永久结构的模喷混凝土,顶拱模喷混凝土在操作上更加方便,质量有保障。



CN 101936170 B

1. 一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构,包括锚杆、钢结构、混凝土和模板,其特征在于:锚杆固定在基岩内,钢结构通过锚杆固定,可拆卸的模板悬挂固定并与基岩构成洞室顶拱浇筑空间,混凝土通过模喷位于浇筑空间内;

所述钢结构包括内层钢筋网(3)、L形连接筋(8)、工字钢(4)和外层钢筋网(5);

所述内层钢筋网(3)焊接固定在锚杆上靠近基岩表面,内层钢筋网(3)全覆盖基岩;

所述L形连接筋(8)的一边焊接固定在锚杆上,一边与工字钢(4)焊接固定,工字钢(4)在洞室纵向间隔布置;

所述外层钢筋网(5)通过工字钢(4)焊接固定,位于工字钢(4)外侧,全覆盖基岩。

2. 根据权利要求1所述的洞室顶拱模喷混凝土施工结构,其特征在于所述可拆卸模板悬挂固定结构是:在钢结构上的外表面有绑扎的混凝土保护层垫块(9),横向围檩钢管(17)有按照设计半径尺寸加工弯曲成的洞室顶拱曲率,铅丝(10)与钢结构绑扎固定纵向围檩钢管(11)于可拆卸模板悬挂固定结构的最外层,纵向围檩钢管(11)支撑横向围檩钢管(17)并将模板(6)固定在混凝土保护层垫块(9)和横向围檩钢管(17)之间。

3. 根据权利要求2所述的洞室顶拱模喷混凝土施工结构,其特征在于:所述可拆卸模板绑扎固定在钢结构的外层钢筋网(5)上。

4. 根据权利要求2所述的洞室顶拱模喷混凝土施工结构,其特征在于:所述内层钢筋网(3)和外层钢筋网(5)的纵向和横向钢筋间距是 $20\times 20\text{cm}$ 。

5. 根据权利要求2所述的洞室顶拱模喷混凝土施工结构,其特征在于:所述模板(6)长1.5m,宽不大于1m。

6. 一种洞室顶拱模喷混凝土施工工艺,其特征在于包括以下步骤:

A、基岩面处理,开挖后进行岩石面(1)欠挖处理及松动岩块的清除;

B、锚杆施工,搭设施工平台(13),进行锚杆(2)钻孔和灌注;

C、内层钢筋网安装,通过锚杆(2)焊接内层钢筋网的架力钢筋,然后将内层钢筋(3)按照设计间距排距 $20\times 20\text{cm}$ 进行绑扎安装;

D、工字钢安装,将L形连接筋(8)的一边焊接固定在锚杆(2)上,另一边焊接固定工字钢(4);

E、外层钢筋网安装,按照设计排距20cm将水平钢筋焊接在工字钢(4)的外侧面上,再将纵向钢筋按照设计间距20cm绑扎在水平钢筋上构成外层钢筋网(5);

F、模板安装,在外层钢筋网(5)上绑扎混凝土保护层垫块(9),垫块(9)按照每块模板1.5m长范围内绑扎2块形成一排,排距为75cm,垫块(9)绑扎好后进行模板(6)安装,模板(6)安装高度不大于1.0米,随模喷混凝土(7)的上升增加高度,在混凝土(7)喷到顶部之前将顶拱模板(6)封闭,模板(6)的横向围檩钢管(17)按照设计半径尺寸加工弯曲成形,利用铅丝(10)与外层钢筋网(5)绑扎固定纵向围檩钢管(11)并支撑横向围檩钢管(17)将模板(6)固定;

G、喷混凝土,自下而上进行混凝土喷射,喷头(12)离受喷面的距离不超过1.0米,喷射到顶部时,从侧面进行喷射,并在封闭模板(6)时采取顶部分段退步封闭进行封闭喷射,3米长一段分成两段进行封闭,同时在顶部位置加设振捣棒,以防止在顶部时受空间的限制喷设骨料集中形成托空;

H、混凝土凝结硬化后拆除模板(6)。

一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构及工艺

技术领域

[0001] 本发明属于建筑工程混凝土施工技术领域,尤其涉及水利水电工程混凝土施工技术领域,特别涉及一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构和施工工艺。

背景技术

[0002] 混凝土施工在建筑工程中经常应用。常规的混凝土施工经混合、振捣可实现混凝土浇筑。水利水电工程地下洞室的顶拱永久结构传统方式为混凝土衬砌,采用传统顶拱混凝土衬砌优点是施工技术成熟,缺点是将使用大量的管材搭设承重脚手架、配套的混凝土拌和系统、混凝土罐车、混凝土输送泵和混凝土施工人员,而在顶拱混凝土衬砌完成后这部分材料、机械设备和施工人员又会因后续工作面不具备施工条件而闲置,增加施工成本;并且顶拱混凝土衬砌施工工期长。改进和创新洞室顶拱混凝土施工是目前水利水电工程施工中重要的技术问题。

发明内容

[0003] 本发明根据现有技术的不足公开了一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构和施工工艺,本发明采用模板悬挂技术解决了现有洞室顶拱混凝土施工工期长、施工成本高、安全及质量急需提高的问题。

[0004] 本发明要解决的第一个问题是:提供一种在洞室顶拱模喷混凝土施工中的模板固定结构和混凝土钢结构。本发明通过以下技术方案实现:

[0005] 洞室顶拱模喷混凝土施工结构,包括锚杆、钢结构、混凝土和模板,其中锚杆固定在基岩内,钢结构通过锚杆固定,可拆卸模板悬挂固定并与基岩构成洞室顶拱浇筑空间,混凝土通过模喷位于浇筑空间内。

[0006] 进一步所述可拆卸模板悬挂固定结构是:在钢结构上外表面有绑扎的混凝土保护层垫块,横向围檩钢管有按照设计半径尺寸加工弯曲成的洞室顶拱曲率,铅丝与钢结构绑扎固定纵向围檩钢管于最外层,纵向围檩钢管支撑横向围檩钢管将模板固定在混凝土保护层垫块和横向围檩钢管之间。

[0007] 更进一步所述钢结构包括内层钢筋网、L形连接筋、工字钢和外层钢筋网;所述内层钢筋网焊接固定在锚杆上靠近基岩表面,内层钢筋网全覆盖基岩;所述L形连接筋的一边焊接固定在锚杆上,一边与工字钢焊接固定,工字钢在洞室纵向间隔布置;所述外层钢筋网通过工字钢焊接固定,位于工字钢外侧,全覆盖基岩。

[0008] 所述可拆卸模板绑扎固定在钢结构的外层钢筋网上。

[0009] 所述内层钢筋网和外层钢筋网的纵向和横向钢筋间距是 $20\times 20\text{cm}$ 。

[0010] 所述模板长 1.5m ,宽不大于 1m 。

[0011] 本发明要解决的第二个问题是提供一种利用本发明模板悬挂技术和钢结构进行施工的工艺。

[0012] 施工工艺具体步骤是:

- [0013] A、基岩面处理,开挖后进行岩石面欠挖处理及松动岩块的清除;
- [0014] B、锚杆施工,搭设施工平台,进行锚杆钻孔和灌注;
- [0015] C、内层钢筋网安装,通过锚杆焊接内层钢筋网的架力钢筋,然后将内层钢筋按照设计间距排距 $20 \times 20\text{cm}$ 进行绑扎安装;
- [0016] D、工字钢安装,将 L 形连接筋的一边焊接固定在锚杆上,另一边焊接固定工字钢;
- [0017] E、外层钢筋网安装,按照设计排距 20cm 将水平钢筋焊接在工字钢的外侧面上,再将纵向钢筋按照设计间距 20cm 绑扎在水平钢筋上构成外层钢筋网;
- [0018] F、模板安装,在外层钢筋网上绑扎混凝土保护层垫块,垫块按照长每块模板 1.5m 长范围内绑扎 2 块,排距为 75cm ,垫块绑扎好后进行模板安装,模板安装高度不大于 1.0m ,随模喷混凝土的上升增加高度,在混凝土喷到顶部之前将顶拱模板封闭,模板的横向围檩钢管按照设计半径尺寸加工弯曲成形,利用铅丝与外层钢筋网绑扎固定纵向围檩钢管支撑横向围檩钢管将模板固定;
- [0019] G、喷混凝土,白下而上进行混凝土喷射,喷头离受喷面的距离不超过 1.0m ,喷射到顶部时,从侧面进行喷射,并在封闭模板时采取顶部分段退步封闭进行封闭喷射, 3m 长一段分成两段进行封闭,同时在顶部位置加设振捣棒,以防止在顶部时受空间的限制喷设骨料集中形成托空;
- [0020] H、混凝土凝结硬化后拆除模板。
- [0021] 在 A 步骤中欠挖的处理保证建筑结构尺寸达到设计要求,保障结构的稳定。
- [0022] 在 B 步骤中开挖后进行锚杆施工,在岩体中增加筋骨,增强了锚固区围岩的强度。
- [0023] 在 C 步骤中内层钢筋网使混凝土结构在受力变形时增加里层受拉区的强度。
- [0024] 在 D 步骤中工字钢的强度高,与锚杆连接成一体后通过混凝土的包裹,增强了混凝土的强度。
- [0025] 在 E 步骤中外层钢筋网与工字连接成一体,增强混凝土强度。
- [0026] 在 F 步骤中混凝土保护层垫块保证钢筋的混凝土包裹厚度,使模喷混凝土结构不侵占设计断面,并减少喷设混凝土的回弹损失。
- [0027] 在 G 步骤中喷射到顶拱时,受顶拱空间的限制,喷射混凝土的方向由原来的垂直模板长度方向改为与模板平行,喷射角度改变了 90° ,顶拱部位的空间高度也只有 40cm ,这样喷射角度改变后的喷射距离达到 $2.5 \sim 3\text{m}$,喷射距离过大;影响顶拱部位喷射混凝土的质量;为此在顶拱部位的模板封闭时,先只安装一块模板 1.5m 长度模板顶拱的封闭,在该部分顶拱喷射混凝土完成后再进行另一半的顶拱模板的封闭,最后将顶拱混凝土喷射完成,这样顶拱 3m 宽的混凝土采用分两段退步施工,解决因顶拱部位空间受限,喷射距离过大的问题,为弥补平行模板长度方向喷射混凝土时工字钢对混凝土的阻绕,喷射时同时在顶部位置加设振捣棒,以防止在顶部时受工字钢的阻绕喷设骨料回弹集中形成托空。通过喷射机械,利用压缩空气,将混凝土拌合料,通过管道高速喷射到已架设好模板内,并与模板内固定好的钢筋网、工字钢凝结硬化成钢筋混凝土结构。
- [0028] 混凝土凝结硬化后拆除模板。
- [0029] 所述模喷混凝土是:通过架设模板形成设计结构,借助喷射机械,利用压缩空气,将混凝土拌合料,通过管道高速喷射到已架设好模板内,并与模板内固定好的钢筋网、工字钢凝结硬化成钢筋混凝土结构,混凝土不需振捣。

[0030] 与传统的顶拱混凝土衬砌相比本发明具有的优点是：

[0031] 1、使用本发明结构工期短，开挖后出露的岩石面得到及时有效的封闭，保障结构的稳定；

[0032] 2、减少了顶拱混凝土衬砌所必须的承重排架的搭设，和承重混凝土浇筑及等强时间，节约了工期；

[0033] 3、减少了混凝土拌和系统，延缓了混凝土输送泵和施工人员的进场时间，降低了经营成本；

[0034] 4、模喷混凝土模板随混凝土上升而加高，操作上更加简便；

[0035] 5、在模喷混凝土施工过程中振捣设备的应用，使得喷射混凝土的施工质量更加得到保障，尤其是在顶拱部位衬砌混凝土施工最为薄弱的地方，模喷混凝土通过模板关闭的可操作性，使得顶拱模喷混凝土在操作上更加方便，质量有保障。

[0036] 综上所述，本发明公开了一种洞室顶拱模喷混凝土施工结构和施工工艺，采用本发明进行施工不需混凝土输送泵、不需搭设满堂承重脚手架、只需少量施工人员和喷射设备，大量节约施工材料，且施工工期短，能代替顶拱衬砌混凝土成为地下洞室永久结构的模喷混凝土，顶拱模喷混凝土在操作上更加方便，质量有保障。

附图说明

[0037] 下面结合附图说明和具体实施例对本发明进一步说明：

[0038] 图 1 是本发明洞室顶拱模喷混凝土结构示意图；

[0039] 图 2 是本发明洞室顶拱各构件组合结构示意图；

[0040] 图 3 是本发明各构件组合结构放大示意图；

[0041] 图 4 是本发明模喷混凝土施工状态示意图；

[0042] 图 5 是素混凝土结构示意图；

[0043] 图 6 是钢筋混凝土结构示意图；

[0044] 图 7 是工字钢 + 钢筋混凝土结构示意图；

[0045] 图 8 是混凝土结构受力分析图。

[0046] 图中，1 是基岩面，2 是锚杆，3 是内层钢筋网，4 是工字钢，5 是外层钢筋网，6 是模板，7 是模喷混凝土，8 是 L 形连接筋，9 是混凝土保护层垫块，10 是模板悬挂铅丝，11 是纵向围檩钢管，12 是混凝土喷头，13 是施工平台，14 是混凝土储存罐，15 是底模承重架，16 是混凝土输送管道，17 是横向围檩钢管。

具体实施方式

[0047] 混凝土结构受力分析。

[0048] 结合图 5 至图 8

[0049] 1 结构的抗弯承载力计算

[0050] 1.1 素混凝土结构，结合图 5。

[0051] 由《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002) 可知，

[0052] 受弯构件的受弯承载力应符合下列规定：

[0053] 对称于弯矩作用平面的截面 $M \leq \gamma_f t W$

[0054] 对于矩形截面 $W = bh^2/6$

[0055] 式中 M ——弯矩设计值,

[0056] γ ——塑性发展系数,对矩形截面,取 1.75,

[0057] 则 $M \leq \gamma f_t b h^2 / 6 = 1.75 * 1.1 * 750 * 352^2 / 6 = 29.81 \text{ kN} \cdot \text{m}$

[0058] 1.2 钢筋混凝土结构,结合图 6。

[0059] 根据水工混凝土结构设计规范 SL 191-2008 得

[0060] $KM \leq Mu = \alpha f_c b h_0^2 + f_y' A_s' (h_0' - a')$

[0061] $f_c b h_0 \varepsilon = f_y A_s - f_y' A_s' h_0$

[0062] 由题意 $f_c = 9.6 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 1.1 \text{ N/mm}^2$

[0063] $f_y = f_y' = 300 \text{ N/mm}^2$

[0064] $\Phi 22 A_s = 380.1 * 3.75 = 1425.375 \text{ mm}^2$

[0065] $\Phi 8 A_s' = 50.3 * 3.75 = 188.625 \text{ mm}^2$

[0066] $\varepsilon = \frac{f_y A_s - f_y' A_s'}{f_c b h_0} = \frac{300 * 1425.375 - 300 * 188.625}{9.6 * 750 * 352} = 0.1464$

[0067] $\varepsilon = 0.1464 \leq 0.85 \varepsilon_b = 0.468$

[0068] $x = \varepsilon h_0 \leq 2a'$

[0069] $KM \leq Mu = f_y A_s (h_0 - a') = 131.28 \text{ kN/m}$

[0070] 1.3 工字钢 + 钢筋混凝土结构,结合图 7。

[0071] 此种情况最大弯矩为钢筋混凝土与工字钢所受弯矩之和。由《水工钢筋混凝土结构学(第四版)》(中国水利水电出版社)和水工混凝土结构设计规范 SL 191-2008,得

[0072] $KM \leq Mu = f_y A_s (h_0 - a') + M_{\perp}$

[0073] $M_{\perp} = 1.00 * f_y * W_{nx} * \gamma_x$

[0074] $= 1.00 * 300 * 237 * 1.05 / 1000 = 74.655 \text{ kN} \cdot \text{m}$

[0075] $KM \leq Mu = 131.28 + 74.655 = 205.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$

[0076] 1.4 结构对比分析

[0077]

	$KM = ql^2/8$	L (m)	q (kN/m)
素混凝土	29.81	13	1.045
钢筋混凝土结构	131.28	13	4.603
工字钢+钢筋混凝土结构	205.935	13	7.221

[0078] 2 结构的抗压承载力计算

[0079] 2.1 素混凝土结构,结合图 5。

[0080] 当全截面达到混凝土抗压强度时,素混凝土达到抗压承载力

[0081] $N_1 = f_c A_s = 9.6 * 750 * 400 = 2880 \text{ kN}$

[0082] 2.2 钢筋混凝土结构,结合图 6。

[0083] 由《水工钢筋混凝土结构学（第四版）》（中国水利水电出版社）知，

$$[0084] \quad N_2 = N_1 + f_y' A_s' \quad (5-1)$$

[0085] 由变形协调条件知 $f_c/E_c = f_y' / E_s$

$$[0086] \quad \text{得} \quad f_y = E_s/E_c * f_c$$

$$[0087] \quad N_2 = 2880 + 2.0 * 10^5 / (2.25 * 104) * 9.6 * (1425.375 + 188.625)$$

$$[0088] \quad = 3017.728 \text{ kN}$$

[0089] 2.3 工字钢 + 钢筋混凝土结构，结合图 7。

$$[0090] \quad N_2 = N_1 + f_y' A_s' \quad (5-1)$$

[0091] 由变形协调条件知 $f_c/E_c = f_y' / E_s$

$$[0092] \quad \text{得} \quad f_y = E_s/E_c * f_c$$

$$[0093] \quad N_2 = 2880 + 2.0 * 10^5 / (2.25 * 104) * 9.6 * (1425.375 + 188.625 + 3557.8)$$

$$[0094] \quad = 3321.327 \text{ kN}$$

[0095] 2.4 结构对比分析

[0096]

	KN (kN)	f_c (N/ mm ²)	备注
素混凝土	2880	9.6	$N_1 = f_c A_s$
钢筋混凝土结构	3017.728	10.06	$A_s = bh$
工字钢+钢筋混凝土结构	3321.327	11.07	$= 750 * 400 = 300000$

[0097] 3 结构的抗拉承载力计算

[0098] 1) 素混凝土结构，结合图 5。

[0099] 当全截面达到混凝土抗拉强度时，素混凝土达到抗拉承载力

$$[0100] \quad N_1 = f_t A_s = 1.1 * 750 * 400 = 330 \text{ kN}$$

[0101] 2) 钢筋混凝土结构，结合图 6。

[0102] 由《水工钢筋混凝土结构学（第四版）》（中国水利水电出版社）知，

$$[0103] \quad N_2 = N_1 + f_y' A_s' \quad (5-1)$$

[0104] 由变形协调条件知 $f_t/E_c = f_y' / E_s$

$$[0105] \quad \text{得} \quad f_y' = E_s/E_c * f_t$$

$$[0106] \quad N_2 = 330 + 2.0 * 10^5 / (2.25 * 104) * 1.1 * (1425.375 + 188.625)$$

$$[0107] \quad = 345.78 \text{ kN}$$

[0108] 3) 工字钢 + 钢筋混凝土结构，结合图 7。

$$[0109] \quad N_2 = N_1 + f_y' A_s'$$

[0110] 由变形协调条件知 $f_t/E_c = f_y' / E_s$

$$[0111] \quad \text{得} \quad f_y = E_s/E_c * f_t$$

$$[0112] \quad N_2 = 330 + 2.0 * 10^5 / (2.25 * 104) * 1.1 * (1425.375 + 188.625 + 3557.8)$$

$$[0113] \quad = 380.5687 \text{ Kn}$$

[0114] 计算结果比较保守, 偏小。

[0115] 现考虑混凝土开裂推出工作的情况, 结合图 8。

[0116] 由上图得 $KN = N_1 + N_2 + N_3$ 公式 1

[0117] 情况 1 N_1, N_2 达到屈服强度, N_3 未知, 则对 N_3 求矩, 得

[0118] $KN * (h/2 - a') = f_y A_s'' l_1 + f_y A_s (h_0 - a')$

[0119] $KN * (200 - 45) = 300 * 3557.8 * 207 + 300 * 1424.775 * (352 - 45)$

[0120] $KN = 2272.0 \text{ kN}$

[0121] 由公式 1, 得 $N_3 = 777.2 \text{ kN} \geq f_y A_s' = 56.5 \text{ kN}$ 钢筋 3 已经破坏, 不符合之前所设的假定, 因而此种情况不存在。

[0122] 情况 2 N_1, N_3 达到屈服强度, N_2 未知, 则对 N_2 求矩, 得

[0123] $KN * [l_1 - (h/2 - a')] = f_y A_s' l_1 - f_y A_s l_2$

[0124] $KN * [207 - (400/2 - 45)] = 300 * 188.4 * 20 - 300 * 1424.775 * 100$

[0125] $KN \leq 0$, 与假定的受拉情况矛盾。为使 KN 为正, 则 N_1 钢筋必定达不到屈服强度。

[0126] 情况 3 N_2, N_3 达到屈服强度, N_1 未知, 则对 N_1 求矩, 得

[0127] $KN * (h/2 - a) = f_y A_s'' l_2 + f_y A_s' (h_0 - a')$

[0128] $KN * (200 - 48) = 300 * 3557.8 * 100 + 300 * 188.4 * (352 - 48)$

[0129] $KN = 816.4 \text{ kN}$

[0130] 有公式 1, 得 $N_1 = -307.5 \text{ kN}$ (受压) $\leq f_y A_s = 427.4325 \text{ kN}$, 满足情况。

[0131] 情况 4 N_1, N_3 钢筋已经被破坏, 所受拉力完全由工字钢承担, 则

[0132] $KN = f_y A_s''$

[0133] $KN = 300 * 3557.8 = 1067.3 \text{ kN}$

[0134] 4) 结果对比

[0135]

	KN (kN)	ft (N/mm ²)	备注
素混凝土	330	1.1	$N_{1满} = f_t A_s$
钢筋混凝土结构	345.78	1.1526	$A_s = bh$
工字钢+钢筋混凝土结构	816.4	2.71	$= 750 * 400 = 300000$

[0136] 由上可知混凝土结构中添加钢筋结构能够有效提高结构的抗弯刚度, 抗弯承载能力大大提高; 添加工字钢对结构的承载力提高明显; q 值由 4.6 kN/m 提高到 7.2 kN/m , 效果显著; 混凝土结构中添加钢筋结构对结构的抗压承载力有一定提高, 但不明显, 工字钢未充分发挥其作用, 但是留有足够的安全储备; 混凝土土结构中添加钢筋结构对结构的抗拉承载力也有较大提高, 钢筋也没有发挥应有的作用, “工字钢+钢筋混凝土结构”的抗拉承载力 (816.4) 小于“工字钢”单独的抗拉承载力 (1067.34 kN), 基本发挥钢筋的强度, 选用工字钢尺寸比较合理, 并考虑“工字钢”单独的抗拉承载力作为安全储备; 本拱结构主要承受弯矩和压力, 局部拉力较小, 故应用“工字钢+钢筋混凝土结构”, 结构合理, 受力均匀, 能够极大

的改善混凝土结构的承载力。

[0137] 实施例 1。

[0138] 结合图 1 至图 3。

[0139] 图 1 是本发明洞室顶拱模喷混凝土结构示意图。图中示意了洞室顶拱锚杆 2 和钢结构,本发明采用模板悬挂技术,在混凝土施工过程中钢结构和模板悬挂结构的重量利用锚杆 2 支撑,锚杆 2 的数量及钻孔深度根据现场设计需要,这是常规力学计算设计,无论多少锚杆 2 及如何固定都属于本发明保护的范围。钢结构是混凝土浇筑必须的结构特征,混凝土结构中的钢结构是加强整体混凝土结构的韧性,增加抗拉力,无论采用什么混凝土钢结构都属于本发明保护的范围。

[0140] 图 2 是本例洞室顶拱各构件组合结构示意图,图 3 是本例各构件组合结构放大示意图。由基岩面 1 开始顺序向洞内方向依次是内层钢筋网 3、工字钢 4、外层钢筋网 5、混凝土保护层垫块 9、模板 6、横向围檩钢管 17、纵向围檩钢管 11;其中锚杆 2 固定在基岩面 1 内,L 形连接筋 8 一边与锚杆 2 焊接固定、一边与工字钢 4 焊接固定。

[0141] 具体结构包括锚杆 2、钢结构、混凝土和模板 6,锚杆 2 固定在基岩 1 内,钢结构通过锚杆 2 固定,可拆卸模板 6 悬挂在钢结构上与基岩 1 构成洞室顶拱浇筑空间,混凝土通过模喷位于浇筑空间内。

[0142] 在钢结构上外表面有绑扎的混凝土保护层垫块 9,横向围檩钢管 17 有按照设计半径尺寸加工弯曲成的洞室顶拱曲率,铅丝 10 与钢结构绑扎固定纵向围檩钢管 11 于最外层,纵向围檩钢管 11 支撑横向围檩钢管 17 将模板 6 固定在混凝土保护层垫块 9 和横向围檩钢管 17 之间。

[0143] 钢结构包括内层钢筋网 3、L 形连接筋 8、工字钢 4 和外层钢筋网 5;内层钢筋网 3 焊接固定在锚杆上靠近基岩表面,内层钢筋网 3 全覆盖基岩;L 形连接筋 8 的一边焊接固定在锚杆上,一边与工字钢 4 焊接固定,工字钢 4 在洞室纵向间隔布置;外层钢筋网 5 通过工字钢 4 焊接固定,位于工字钢 4 外侧,全覆盖基岩。

[0144] 混凝土保护层垫块 9 和纵向围檩钢管 11 绑扎固定在钢结构的外层钢筋网 5 上。内层钢筋网 3 和外层钢筋网 5 的纵向和横向钢筋间距是 $20 \times 20\text{cm}$ 。模板 6 长 1.5m,宽不大于 1m。

[0145] 实施例 2

[0146] 结合图 1 至图 4,图 4 是本例模喷混凝土施工状态示意图。

[0147] 采用本例具体结构通过以下步骤进行施工:

[0148] A、基岩面处理,开挖后进行岩石面 1 欠挖处理及松动岩块的清除;欠挖的处理保证建筑结构尺寸达到设计要求,保障结构的稳定。

[0149] B、锚杆施工,搭设施工平台 13,进行锚杆 2 钻孔和灌注;开挖后进行锚杆施工,在岩体中增加筋骨,增强了锚固区围岩的强度;

[0150] C、内层钢筋网安装,通过锚杆 2 焊接内层钢筋网的架力钢筋,然后将内层钢筋按照设计间排距 $20 \times 20\text{cm}$ 进行绑扎安装。内层钢筋网使混凝土结构在受力变形时增加里层受拉区的强度;

[0151] D、工字钢安装,将 L 形连接筋 8 的一边焊接固定在锚杆 2 上,另一边焊接固定工字钢 4;工字钢的强度高,与锚杆连接成一体后通过混凝土的包裹,增强了混凝土的强度;

[0152] E、外层钢筋网安装：按照设计排距 20cm 将水平钢筋焊接在工字钢 4 的外侧面上，再将纵向钢筋按照设计间距 20cm 绑扎在水平钢筋上；外层钢筋网与工字连接成一体，增强混凝土强度。

[0153] F、模板安装，在外层钢筋网 5 上绑扎混凝土保护层垫块 9，垫块 9 按照长每块模板 1.5m 长范围内绑扎 2 块，排距为 75cm，垫块 9 绑扎好后进行模板 6 安装，模板 6 安装高度不大于 1.0 米，随模喷混凝土 7 的上升增加高度，在混凝土 7 喷到顶部之前将顶拱模板 6 封闭，模板 6 的横向围檩钢管 17 按照设计半径尺寸加工弯曲成形，横向围檩钢管 17 支撑模板 6，利用铅丝 10 与外层钢筋网 5 绑扎固定纵向围檩钢管 11 支撑横向围檩钢管 17 将模板 6 固定；通过混凝土保护层垫块 9 安装保证钢筋在混凝土内的包裹厚度，使模板混凝土结构不侵占设计断面，并减少喷设混凝土的回弹损失。

[0154] G、喷混凝土，白下而上进行混凝土喷射，喷头 12 离受喷面的距离不超过 1.0 米，喷射到顶部时，从侧面进行喷射，并在封闭模板 6 时采取顶部分段退步封闭法进行封闭喷射；混凝土为 3 米宽，在喷射到顶拱前采用两块长 1.5m 的模板 6 一次拼装安装形成，喷射到顶拱时，受顶拱空间的限制，喷射混凝土的方向由原来的垂直模板 6 长度方向改为与模板平行，喷射角度改变了 90°，顶拱部位的空间高度也只有 40cm，这样喷射角度改变后的喷射距离达到 2.5~3m，喷射距离过大；影响顶拱部位喷射混凝土的质量；为此在顶拱部位的模板 6 封闭时，先只安装一块 1.5m 长的模板 6 封闭顶拱，在该部分顶拱喷射混凝土完成后再进行另一半的顶拱模板的封闭，最后将顶拱混凝土喷射完成，这样顶拱 3m 宽的混凝土采用分两段退步施工，解决因顶拱部位空间受限，喷射距离过大的问题，为弥补平行模板长度方向喷射混凝土时工字钢对混凝土的阻饶，喷射时同时在顶部位置加设振捣棒，以防止在顶部时受工字钢的阻饶喷设骨料回弹集中形成托空。通过喷射机械，利用压缩空气，将混凝土拌合料，通过管道高速喷射到已架设好模板内，并与模板内固定好的钢筋网、工字钢凝结硬化成钢筋混凝土结构。

[0155] 模喷混凝土：通过架设模板形成设计结构，借助喷射机械，利用压缩空气，将混凝土拌合料，通过管道高速喷射到已架设好模板内，并与模板内固定好的钢筋网、工字钢凝结硬化成钢筋混凝土结构。混凝土凝结硬化后拆除模板。

[0156] 工程例：

[0157] 某电站调压室长 133m，宽 13m，最大高度 84.711m。岩石为 III₂~IV 类围岩，顶拱设计采用衬砌钢筋混凝土 1.5m 厚。按照原来设计的衬砌混凝土施工，需用 80T 架管搭设满堂承重脚手架、混凝土罐车 3 辆，混凝土泵 1 台，HZS60 拌和站一套，混凝土施工人员 60 人，工期 4.5 个月。后来顶拱采用“锚杆 + 钢筋网 + 工字钢 + 40cmC20 模喷混凝土”进行施工，工期缩短为 30 天，施工人员 20 人。减少了衬砌混凝土和双层钢筋的工程量，减少拌和系统等设备。节约成本 88.5 万元，节约工期 105 天，可增加发电产值 3727 万元。

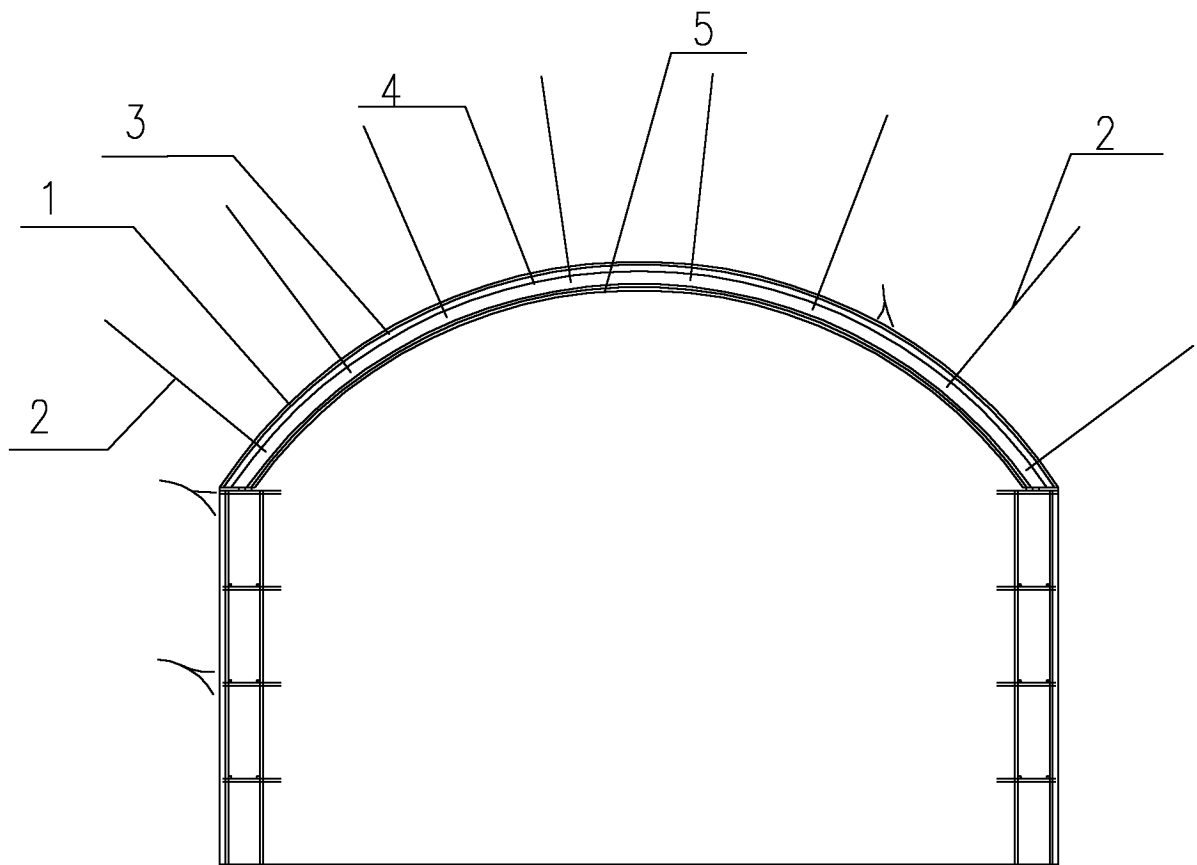


图 1

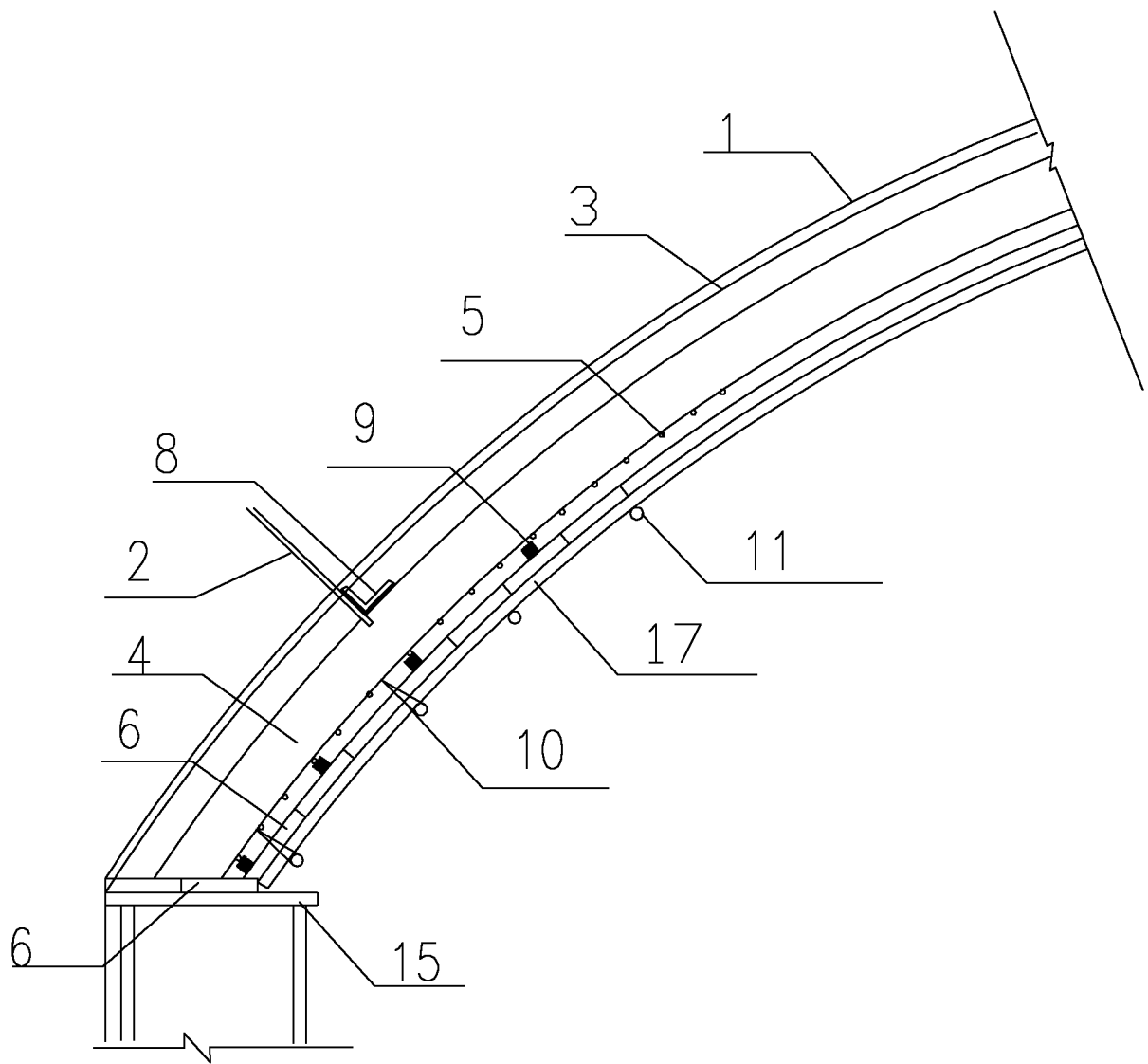


图 2

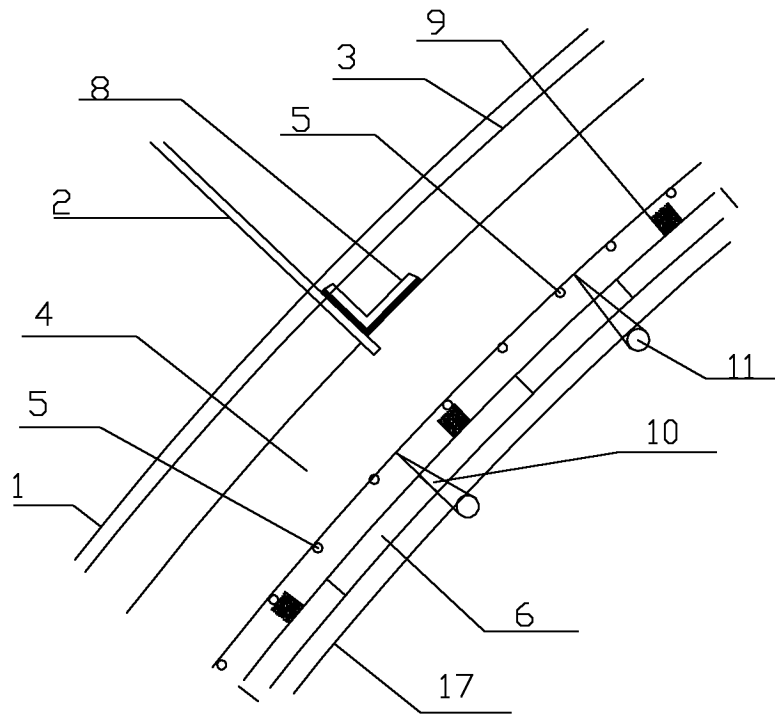


图 3

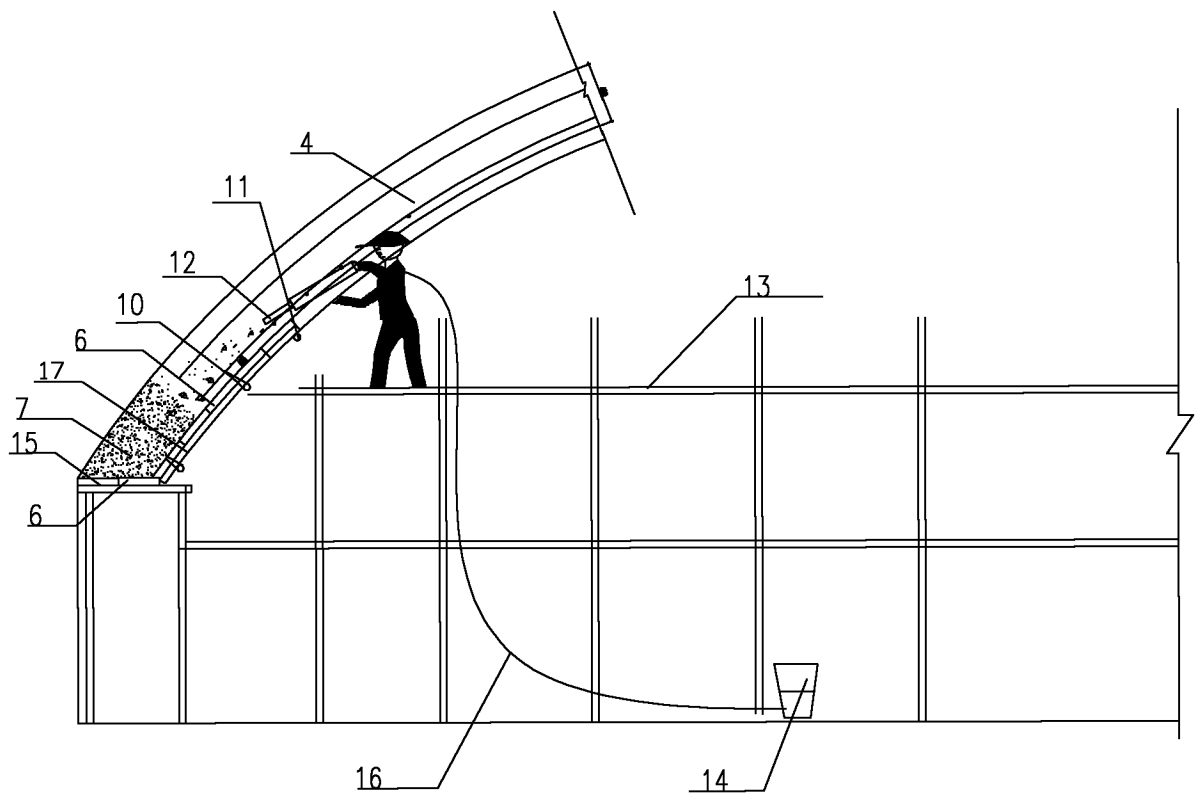


图 4

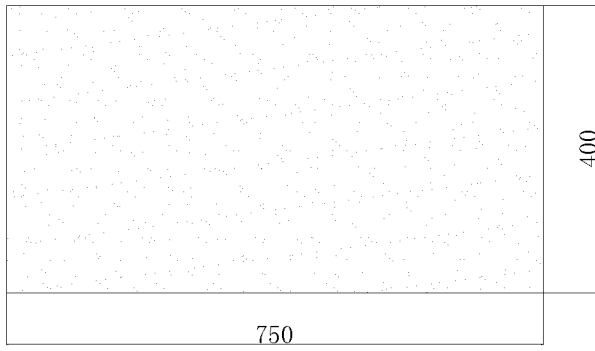


图 5

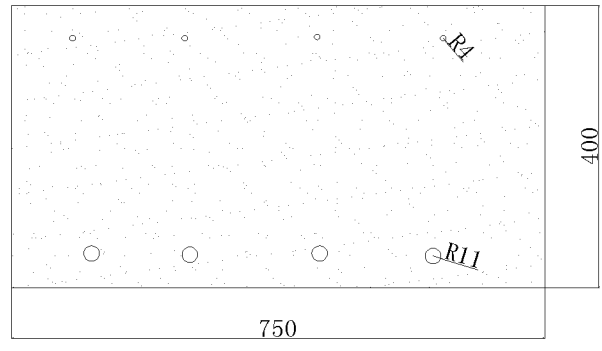


图 6

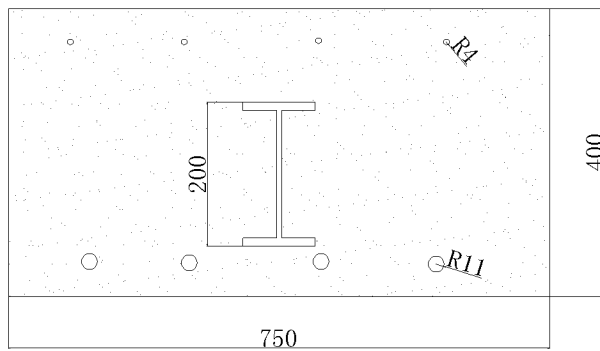


图 7

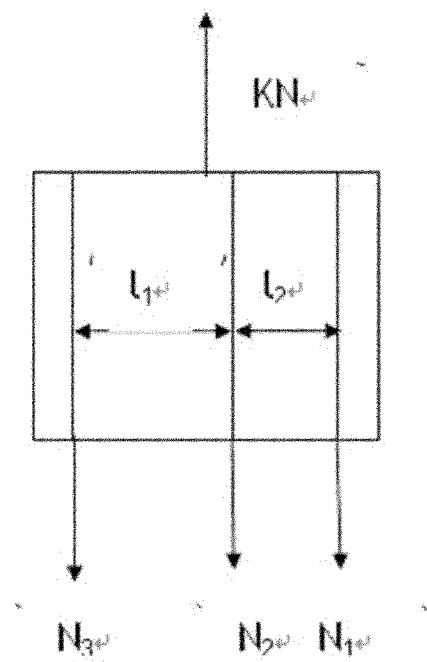


图 8